



Monitoring Panel Surya Menggunakan Mekanisme Tracking berbasis IoT

Tugas Akhir

**Oleh:
Fikri Azni Hawari (3232311031)**

**Program Studi Teknik Instrumentasi
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2025**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa Tugas Akhir berjudul "Monitoring Panel Surya Menggunakan Mekanisme Tracking berbasis IoT" sepenuhnya merupakan hasil karya saya sendiri. Penyusunan tugas ini dilakukan tanpa melibatkan cara-cara yang tidak diperkenankan, serta tidak menyalin atau mengklaim karya orang lain sebagai milik pribadi. Seluruh sumber yang digunakan telah dicantumkan secara lengkap dalam daftar pustaka. Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, saya siap menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 04 Agustus 2025



METERAI
TEMPEL
1A0FEAOX032091573

Fikri Azni Hawari
NIM: 3232311031

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh
gelar
Ahli Madya Teknik (AMd.T.)
di
Politeknik Negeri Batam

Oleh:
Fikri Azni Hawari (3232311031)
Tanggal Sidang: 04 Agustus 2025
Disetujui oleh :

1. Penguji I



Rahmi Mahdaliza, S.Si., M.Si
NIK: 117195

1. Pembimbing I



Ahmad Syafi'i, S.Pd., M.T.
NIK: 124311

2. Penguji II



Eka Mutia Lubis, S.Pd., MPd
NIK: 117186

Monitoring Panel Surya Menggunakan Mekanisme Tracking berbasis IoT

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi konversi energi matahari menjadi listrik melalui sistem panel surya dengan mekanisme pelacakan otomatis satu sumbu (*single axis*). Sistem ini menggunakan sensor LDR untuk mendeteksi intensitas cahaya matahari dan menggerakkan linear actuator yang dilengkapi motor servo guna menyesuaikan posisi panel terhadap arah datang cahaya. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 digunakan sebagai unit pemantau performa sistem secara real-time, dengan integrasi ke aplikasi Android melalui *Firebase*. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif, dengan melakukan pengujian perbandingan daya listrik yang dihasilkan antara sistem panel surya statis dan sistem dengan pelacakan otomatis. Hasil data yang diperoleh pada panel surya *Tracking* adalah 225w sedangkan pada panel surya *non-Tracking* adalah 163w sehingga Hasil pengujian data selama 10 jam menunjukkan peningkatan efisiensi energi hingga 38% pada sistem dengan tracking dibanding panel non-Tracking. Sistem ini memiliki potensi besar untuk diterapkan di wilayah tropis seperti Indonesia dalam mendukung optimalisasi energi surya yang berkelanjutan.

Kata Kunci: panel surya, *single axis tracking*, *linear actuator*, *NodeMCU ESP8266*, efisiensi energi.

Solar Panel Monitoring Using IoT based Tracking Mechanism

Abstract

This research aims to improve the efficiency of converting solar energy into electricity through a solar panel system with a single-axis automatic tracking mechanism. This system uses an LDR sensor to detect sunlight intensity and drives a linear actuator equipped with a servo motor to adjust the panel's position relative to the direction of the incoming light. A NodeMCU ESP8266 microcontroller is used as a real-time system performance monitoring unit, integrated into an Android application via Firebase. The research method used is a quantitative approach, by comparing the electrical power generated between a static solar panel system and a system with automatic tracking. The data obtained for the tracking solar panel is 225W, while for the non-tracking solar panel it is 163W. The results of the 10-hour data test show an increase in energy efficiency of up to 38% in the tracking system compared to the non-tracking system. This system has great potential for application in tropical regions such as Indonesia to support sustainable solar energy optimization.

Keywords: solar panel, single-axis tracking, linear actuator, NodeMCU ESP8266, energy efficiency.

Kata Pengantar

Segala puji dan syukur penulis kepada Allah S.W.T. atas rahmat dan karuniaNya. Shalawat serta salam senantiasa penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad S.A.W. sehingga penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir dengan judul “Monitoring Panel Surya Menggunakan Mekanisme Tracking berbasis IoT”. Penulisan ini diajukan untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Proyek Akhir dan Laporan serta menjadi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya Teknik (AMd. T.) dari jenjang Diploma 3, Program Studi Teknik Instrumentasi, Jurusan Teknik Elektro di Politeknik Negeri Batam.

Proyek akhir ini dapat diselesaikan semata-mata karena penulis menerima banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak serta ridho-Nya. Maka dari itu dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua yang selalu memberikan nasehat, semangat dan motivasi untuk menyelesaikan proyek akhir ini.
2. Bapak Ahmad Syafi'i, S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, serta memberikan masukan, saran dan juga arahan hingga akhir.
3. Ibu Eka Mutia Lubis, S.Pd., M.Pd. selaku Dosen Wali.
4. Seluruh sahabat, teman se-angkatan, dan seluruh teman-teman seperjuangan baik secara langsung maupun tidak langsung terlibat dalam proses pengerjaan proyek akhir.

Penulis sadar bahwa Proyek Akhir ini tak luput dari kekurangan baik segi isi maupun penulisan. Oleh karena itu, kritik dan saran akan penulis terima dengan senang hati. Penulis berharap semoga Proyek Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Batam, 04 Agustus 2025



Fikri Azni Hawari

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir.....	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	vi
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar.....	viii
Daftar Tabel	ix
Bab 1. Pendahuluan.....	1
1.1. <i>Latar Belakang</i>	1
1.2. <i>Rumusan Masalah</i>	1
1.3. <i>Tujuan</i>	2
1.4. <i>Manfaat</i>	2
1.5. <i>Batasan</i>	2
1.6. <i>Work Breakdown Structure</i>	3
Bab 2. Tinjauan Pustaka	4
2.1. <i>Kondisi Lingkungan</i>	4
2.2. <i>Mikrokontroler</i>	4
2.3. <i>Sensor</i>	4
2.4. <i>Interface Aplikasi</i>	5
2.5. <i>Database</i>	5
2.6. <i>Sistem Sumber Energi</i>	6
2.7. <i>Sistem Komunikasi</i>	6
2.8. <i>Sun Tracker</i>	6
Bab 3. Metode Pelaksanaan	8
3.1 <i>Perancangan</i>	8
3.1.1. Perancangan Mekanikal.....	8
3.1.2. Perancangan Elektrikal.....	9
3.1.3. Perancangan <i>User Interface</i>	11
3.1.4. Pembuatan Program <i>Mikrokontroler</i>	17

3.1.5. Perancangan Sistem Keseluruhan.....	17
3.2. <i>Pengujian</i>	19
3.2.1. Pengujian Sensor	19
3.2.2. Pengujian <i>Internet of Things</i>	19
Bab 4. Hasil dan Pembahasan.....	21
4.1. <i>Pengujian Sensor PZEM-017</i>	21
4.2. <i>Pembahasan</i>	22
4.2.1. Perbandingan Dua Data.....	22
4.2.2. Penentuan Sudut pada Panel Surya.....	22
4.2.3. Grafik Perbandingan <i>Tracking</i> dan <i>Non Tracking</i>	24
4.2.4. Sistem <i>Tracking</i>	26
4.2.5. Sistem Penggerak <i>Linear Actuator</i>	27
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	28
5.1. <i>Kesimpulan</i>	28
5.2. <i>Saran</i>	28
Daftar Pustaka	29
Lampiran.....	32

Daftar Gambar

Gambar 1. <i>Flowchart</i> Tahapan Perancangan.....	8
Gambar 2. Desain Mekanikal Panel Surya.....	9
Gambar 3. Desain Elektrikal Sistem <i>Tracking</i>	10
Gambar 4. Desain Elektrikal Sistem <i>Monitoring</i>	10
Gambar 5. <i>Splash Screen</i>	11
Gambar 6. <i>Login Page</i>	12
Gambar 7. <i>Signup Page</i>	12
Gambar 8. <i>Home Page</i>	13
Gambar 9. <i>Admin Page</i>	14
Gambar 10. <i>Statistic Page</i>	14
Gambar 11. <i>Logbook/Calendar Page</i>	15
Gambar 12. Grafik PDF.....	16
Gambar 13. <i>Settings Page</i>	16
Gambar 14. <i>Use Case</i> Aplikasi	17
Gambar 15. Perancangan Sistem Keseluruhan	18
Gambar 16. Penentuan dan Skema Optimasi Kemiringan Sudut Panel Surya	22
Gambar 17. Perbandingan Arus Panel Surya <i>Tracking</i> dan <i>Non Tracking</i>	24
Gambar 18. Perbandingan Tegangan Panel Surya <i>Tracking</i> dan <i>Non Tracking</i> ...	24
Gambar 19. Perbandingan Daya Panel Surya <i>Tracking</i> dan <i>Non Tracking</i>	25
Gambar 20. Perbandingan Energi Panel Surya <i>Tracking</i> dan <i>Non Tracking</i>	26
Gambar 21. <i>Weather</i> Saat Pengambilan Data.....	32
Gambar 22. <i>Mind Map</i> Aplikasi Sunergy.....	32
Gambar 23. Tampilan <i>User Interface</i> Android Studio	33
Gambar 24. Data <i>User</i> di <i>Firebase Authentication</i>	33
Gambar 25. Kodingan Sistem <i>Monitoring</i> menggunakan Arduino	33
Gambar 26. Kodingan Android Studio Pengambilan Data dari <i>Firebase</i>	33
Gambar 27. Kodingan Android Studio <i>Convert</i> Data menjadi Grafik PDF.....	33

Daftar Tabel

Tabel 1. <i>Work Breakdown Structure</i>	3
Tabel 2. Data CSV	15
Tabel 3. Pengambilan Data Panel Surya dengan mekanisme tracking.....	21
Tabel 4. Pengambilan Data Panel Surya dengan mekanisme non tracking.....	21
Tabel 5. Data sudut pada panel surya <i>tracking</i>	23
Tabel 6. Data sudut pada panel surya <i>non tracking</i>	23
Tabel 7. Pergerakan <i>Linear Actuator</i> Berdasarkan Intensitas Cahaya	27

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan energi terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan perkembangan teknologi. Peningkatan kebutuhan ini menimbulkan tantangan besar bagi ketersediaan sumber energi konvensional, terutama bahan bakar fosil yang memiliki keterbatasan pasokan dan dampak lingkungan yang signifikan. Ditengah kesadaran akan pentingnya keberlanjutan, energi surya menjadi salah satu alternatif yang paling menjanjikan, mengingat ketersediaan sinar matahari yang melimpah dan sifatnya yang ramah lingkungan (Lu, 2020).

Panel surya atau fotovoltaik telah banyak digunakan sebagai metode konversi energi matahari menjadi energi listrik. Namun, efisiensi dari panel surya seringkali dipengaruhi oleh kondisi posisi dan sudut penempatan panel yang menentukan intensitas energi matahari yang dapat diserap. Dalam sistem konvensional, panel surya ditempatkan pada posisi tetap, yang membuatnya tidak mampu menyerap sinar matahari secara optimal sepanjang hari (Sharma, 2021).

Mekanisme tracking terbagi menjadi dua jenis utama, yaitu *single-axis tracking* dan *dual-axis tracking*. Sistem *single-axis tracking* menggerakkan panel dalam satu arah, biasanya dari timur ke barat, sementara *dual-axis tracking* memungkinkan pergerakan dalam dua arah, mengikuti sudut vertikal dan horizontal dari matahari (Kumar, 2022).

Mengenai efektivitas panel surya dengan mekanisme tracking dalam berbagai kondisi geografis menunjukkan adanya peningkatan efisiensi yang signifikan dibandingkan dengan sistem tetap. Dalam studi tersebut menunjukkan bahwa mekanisme tracking dapat meningkatkan efisiensi hingga 20-30% dibandingkan panel tetap, terutama di daerah dengan paparan sinar matahari yang tinggi. Di Indonesia, yang berada di daerah tropis dengan paparan sinar matahari yang cukup intens, potensi peningkatan efisiensi ini sangat relevan (Zhao, 2022).

Dalam penelitian ini, kami mengembangkan “Perancangan dan Implementasi *User Interface* Aplikasi *Monitoring* Panel Surya Berbasis Android dan *Firebase* untuk Meningkatkan Efisiensi Energi”. Sistem ini akan dilengkapi dengan sensor cahaya untuk mendeteksi posisi matahari, Mikrokontroler untuk mengolah data sensor, dan motor servo untuk menggerakkan panel surya ke posisi optimal. Selain itu, kami akan mengintegrasikan sistem ini dengan fitur monitoring berbasis IoT, sehingga data efisiensi dan performa sistem dapat dipantau secara real-time melalui aplikasi.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, maka rumusan masalah yang akan dibahas pada proyek akhir ini sebagai berikut.

1. Bagaimana cara memonitor energi, tegangan, daya, dan arus yang masuk ke dalam baterai?
2. Bagaimana mekanisme pembuatan sistem mekanikal?
3. Bagaimana cara mengirim data komunikasi menggunakan NodeMCU

ESP8266?

4. Bagaimana cara menyimpan data tersebut di database dan menampilkannya melalui aplikasi Android Studio?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari proyek akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis perbedaan efisiensi energi antara panel surya statis dan panel surya dengan mekanisme *tracking*.
2. Mengukur peningkatan efisiensi energi yang diperoleh melalui penggunaan mekanisme *tracking* dalam berbagai kondisi lingkungan.
3. Mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi efektivitas mekanisme *tracking* dalam meningkatkan efisiensi panel surya.

1.4. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan data dan analisis tentang perbedaan efisiensi energi antara panel surya statis dan panel surya dengan mekanisme *tracking*.
2. Mengoptimalkan penggunaan energi surya di berbagai kondisi lingkungan.
3. Menyediakan informasi mengenai efektivitas mekanisme *tracking* yang berguna untuk pengembangan teknologi panel surya yang lebih efisien.

1.5. Batasan

Adapun batasan masalah dalam proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Data efisiensi energi hanya diukur berdasarkan intensitas sinar matahari yang diterima dan energi listrik yang dihasilkan, tanpa mempertimbangkan material panel atau efisiensi penyimpanan energi.
2. Penelitian ini difokuskan pada panel surya berbasis silikon dengan teknologi fotovoltaik konvensional.
3. Penelitian ini hanya bersifat proto type, perlu penambahan panel fotovoltaik (PV) lebih banyak agar modul bisa di aplikasikan secara optimal.
4. Karena penelitian ini memiliki kendala BHP dan keterbatasan alat yang ada, maka kami hanya menggunakan 1 model panel surya (*tracking* dan non *tracking*). Dengan pengambilan data di dua hari yang berbeda tetapi dengan kondisi cuaca yang serupa.

1.6. Work Breakdown Structure

Tabel 1. *Work Breakdown Structure*

No	Nama	Tugas dan Tanggung Jawab dalam Tim
1	Ories Tiana Vitriani	Perancangan dan Implementasi User Interface Aplikasi Monitoring Panel Surya Berbasis Android dan Firebase untuk Meningkatkan Efisiensi Energi
2	Abdurrahman Al Ghifari	Rancang Bangun pada Panel Surya Menggunakan Mekanisme Tracking.
3	Fikri Azni Hawari	Monitoring Panel Surya Menggunakan Mekanisme Tracking berbasis IoT

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1. Kondisi Lingkungan

Saat menguji panel surya dengan mekanisme *tracking* (sistem pelacak matahari), kondisi lingkungan seperti intensitas cahaya matahari, suhu, kelembaban, dan kondisi angin sangat mempengaruhi kinerja panel surya dan efisiensi sistem pelacak. Semakin tinggi intensitas cahaya matahari, semakin besar energi yang dihasilkan oleh panel surya. Sistem pelacak matahari bertujuan untuk memaksimalkan penerimaan cahaya matahari dengan mengikuti pergerakan matahari. Sistem pelacak matahari dirancang untuk menjaga sudut datang sinar matahari tetap optimal terhadap panel surya sepanjang hari. Dengan adanya sistem ini, panel surya dapat menghasilkan energi atau daya yang lebih optimal.

2.2. Mikrokontroler

NodeMCU ESP8266 merupakan modul mikrokontroler yang didesain dengan ESP8266 di dalamnya. ESP8266 berfungsi untuk konektivitas jaringan Wifi antara mikrokontroler itu sendiri dengan jaringan Wifi. NodeMCU sering digunakan dalam proyek-proyek IoT (Internet of Things) karena ukurannya yang kecil, kemampuannya yang andal, dan harganya yang terjangkau. NodeMCU ESP8266 karena mudah deprogram dan memiliki pin I/O yang memadai dan dapat mengakses jaringan internet (Pangestu, 2019).

2.3. Sensor

Sensor Cahaya *Light Dependent Resistor* (LDR) adalah suatu bentuk komponen yang mempunyai perubahan resistansi yang besarnya tergantung pada cahaya. Cara kerja dari sensor ini adalah mengubah energi dari foton menjadi elektron, umumnya satu foton dapat membangkitkan satu elektron (Desmira, 2022). Modul sensor LDR adalah perangkat elektronik yang menggunakan LDR (Light Dependent Resistor) untuk mendeteksi intensitas cahaya. LDR, atau resistor yang peka terhadap cahaya, adalah komponen utama pada modul ini yang mengubah resistansi listriknya berdasarkan tingkat cahaya yang mengenainya. Sensor yang Kami gunakan yaitu dua buah LDR dengan fungsi berbeda, yaitu Sensor A (mendung) dan Sensor B (terang). Sensor A untuk mendeteksi kondisi dengan intensitas cahaya rendah, seperti saat cuaca mendung. Sementara itu, Sensor B untuk mendeteksi kondisi dengan intensitas cahaya tinggi, seperti saat siang hari dengan cuaca cerah. Pembagian fungsi ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi pemantauan dan pengambilan keputusan dalam sistem.

Sensor PZEM-017 adalah modul sensor yang dirancang untuk mengukur parameter kelistrikan pada sistem DC (arus searah). Modul ini populer dalam aplikasi monitoring daya dan energi, khususnya untuk sistem tenaga surya, baterai,

atau perangkat elektronik yang menggunakan sumber daya DC. Sensor PZEM-017 berfungsi Mengukur Daya DC dari 0.05 VDC- 300 VDC dan Pengukuran Arus pada rentang Pemasangan shunt ekstrenal 50 A – 300 A (Risma, 2022).

2.4. Interface Aplikasi

Perancangan aplikasi menggunakan platform Android Studio untuk memantau daya yang dihasilkan oleh panel surya secara real-time dari jarak jauh. Platform Android Studio ini berfungsi sebagai antarmuka yang memungkinkan pengguna memantau output daya listrik panel surya, seperti tegangan, arus, dan efisiensi sistem, melalui perangkat. Data dari panel surya akan dikirimkan melalui mikrokontroler yang terhubung dengan sensor (Sulistyorini, 2022).

Aplikasi Solar Panel *Monitoring* yang saya bangun secara *native Android* menggunakan Android Studio versi Electric Eel (2022.1.1 Patch 2) dengan bahasa pemrograman Kotlin dan tata letak XML berprinsip Material Design. Pemilihan *native Android* + Kotlin dilakukan karena performa yang stabil untuk pembaruan grafik berkala, integrasi yang mulus dengan *Firestore Authentication* dan *Firestore Realtime Database*, serta fitur *null-safety* dan *coroutines* pada Kotlin yang mempermudah penanganan proses asinkron (misalnya pembacaan data *realtime* dan unduh berkas) tanpa memblok UI.

Tampilan aplikasi menggunakan *Bottom Navigation Bar* yang berisi menu *Home*, *Statistic/Data Realtime*, *Logbook/Calendar*, dan *Setting*, dengan sistem *Fragment* supaya navigasi antarhalaman cepat dan ringan. Di halaman *Data Realtime* atau *statistic*, grafik arus, tegangan, daya, dan energi ditampilkan menggunakan *library* *MPAndroidChart* dengan tampilan garis melengkung (*Cubic Bezier*) dan fitur penanda nilai saat titik data disentuh. Halaman *Logbook/Calendar* digunakan untuk memilih tanggal, melihat data, dan mengeksport grafik ke *CSV* atau *PDF* yang otomatis tersimpan di folder *Download* dengan notifikasi. Dan *Admin Page* khusus admin untuk mengelola pengguna.

2.5. Database

Database pada sistem ini menggunakan *Firestore Realtime Database* sebagai media penyimpanan dan pengelolaan data. Prinsip kerja akuisisi data dimulai dari sensor PZEM-017 yang dipasang pada sistem panel surya untuk membaca parameter kelistrikan berupa arus, tegangan, daya, dan energi. Data dari sensor dikirim ke mikrokontroler *ESP8266 (NodeMCU)* melalui komunikasi *Modbus RS485*, kemudian diolah dan diformat sesuai kebutuhan. Selanjutnya, *ESP8266* yang sudah terhubung dengan jaringan *Wi-Fi* mengirimkan data tersebut ke *Firestore Realtime Database* dengan struktur penyimpanan berdasarkan tanggal (yyyy-MM-dd) dan waktu (HH:mm:ss).

Firestore secara otomatis menyimpan setiap data baru ke dalam cloud server dan mendukung proses sinkronisasi realtime, sehingga perubahan atau penambahan data langsung dapat diakses oleh aplikasi Android tanpa perlu refresh manual. Pada aplikasi Android, data dipanggil melalui API Firestore menggunakan Kotlin dan ditampilkan ke antarmuka sesuai menu yang dipilih. Di halaman Statistics, data yang masuk divisualisasikan menjadi grafik arus, tegangan, daya, dan energi menggunakan pustaka MPAndroidChart. Sedangkan di halaman Riwayat/Calendar, data ditampilkan berdasarkan tanggal tertentu dan dapat diekspor ke file CSV maupun PDF.

Dengan prinsip kerja ini, sistem mampu melakukan akuisisi data secara berkelanjutan mulai dari sensor → mikrokontroler → Firestore Realtime Database → aplikasi Android. Proses ini menjamin data yang ditampilkan selalu up-to-date, akurasi terjaga, serta mempermudah pengguna maupun admin dalam memantau dan membandingkan performa panel surya tracking dan non-tracking.

2.6. Sistem Sumber Energi

Pemilihan baterai sebagai sumber energi utama yang menawarkan fleksibilitas. Dengan menggunakan Baterai aki adalah jenis baterai yang dapat diisi ulang kembali setelah habis daya. Hal ini memungkinkan kami untuk melakukan pengujian selama 10 jam yaitu dimulai dari jam 7 pagi sampai jam 5 sore.

2.7. Sistem Komunikasi

Sistem komunikasi menggunakan NodeMCU ESP8266 Berfungsi sebagai mikrokontroler utama yang menangani pengambilan data dari sensor (misalnya sensor PZEM-017 dan LDR), serta mengelola proses komunikasi data secara nirkabel. Firestore *Real time* Database Data hasil pengukuran listrik dan performa panel surya dikirim dari NodeMCU ke *firebase*, yang berfungsi sebagai *cloud database* untuk menyimpan dan menyinkronkan data secara instan. Aplikasi Android Studio digunakan untuk menampilkan data secara *real time* dari *firebase* ke antarmuka pengguna. Sistem monitoring ini memungkinkan pengguna untuk melihat informasi seperti tegangan, arus, daya, energi, dan grafik performa panel.

2.8. Sun Tracker

Aplikasi Sun Tracker yang digunakan dalam penelitian ini tidak memerlukan koneksi langsung dengan mikrokontroler atau perangkat keras sistem monitoring. Fungsi utamanya adalah memberikan informasi mengenai posisi matahari secara real-time berdasarkan lokasi geografis pengguna dan waktu saat itu. Aplikasi ini memanfaatkan sensor perangkat (seperti GPS dan kompas) untuk menampilkan arah matahari dari timur ke barat sepanjang hari.

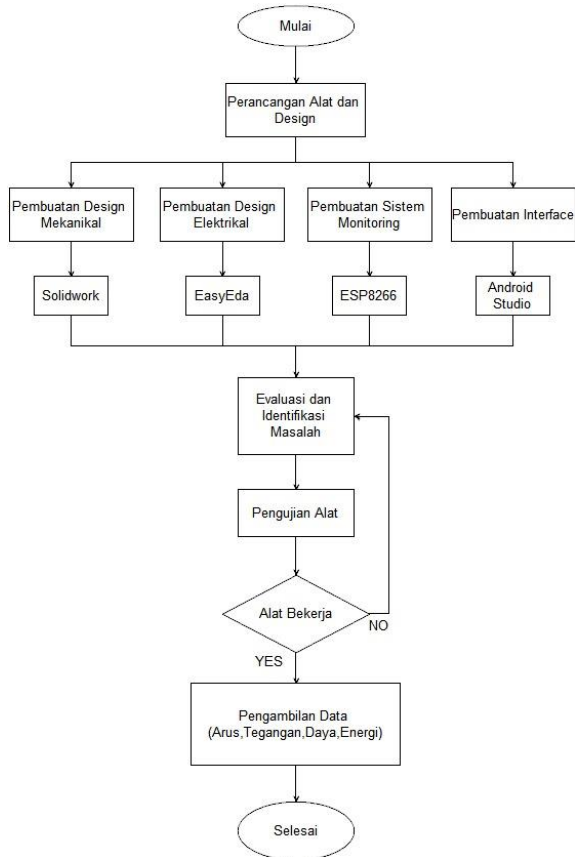
Proyeksi Realitas Tertambah dari jalur Matahari untuk lokasi pengguna saat ini.

- Visualisasi 3D interaktif posisi Matahari di Peta. Cara ampuh untuk memvisualisasikan sisi properti mana yang akan mendapatkan sinar matahari paling banyak.
- Simulasi bayangan 3D interaktif. Letakkan pohon atau kotak di suatu titik di peta dan proyeksikan di mana objek tersebut menghasilkan bayangan sepanjang tahun

Bab 3. Metode Pelaksanaan

3.1 Perancangan

Tahapan pelaksanaan proyek diuraikan pada Gambar 1 yang menjelaskan secara umum urutan pelaksanaan kegiatan proyek akhir.

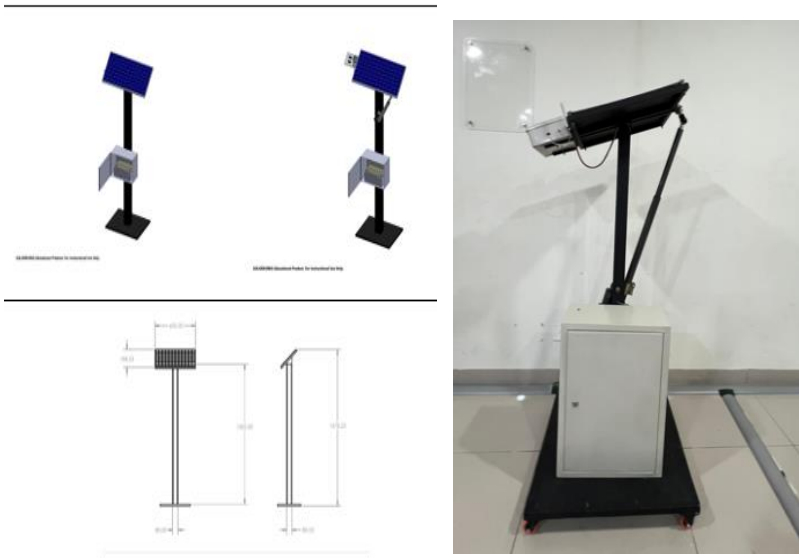


Gambar 1. Flowchart Tahapan Perancangan

3.1.1. Perancangan Mekanikal

Perancangan mekanikal dilakukan menggunakan software SolidWorks dengan menyusun peletakan komponen utama, seperti panel surya, fabrikasi tiang, modul sensor LDR, relay omron, dan baterai, di dalam junction box. Komponen-komponen tersebut dirancang agar tertata rapi dan mengoptimalkan ruang yang ada, serta meminimalisir resiko kerusakan akibat benturan. Pada proyek

ini, casing yang desain berjumlah dua unit, dengan bahan menggunakan *junction box*.

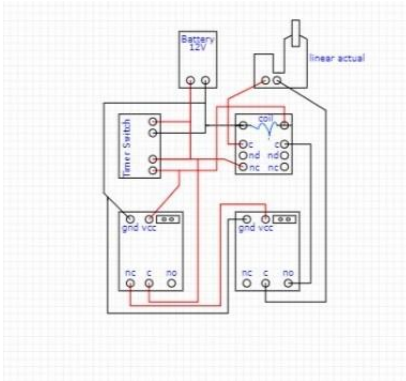


Gambar 2. Desain Mekanikal Panel Surya

3.1.2. Perancangan Elektrikal

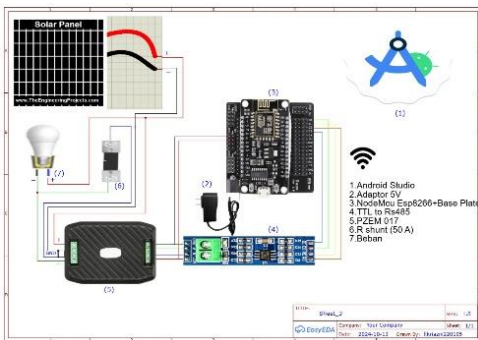
Perancangan elektrikal dilakukan menggunakan software EasyEDA untuk merancang wiring pada setiap komponen dan sensor dalam Sistem Monitoring Panel Surya menggunakan Mekanisme Tracking. Sensor-sensor yang digunakan sebagai perangkat input dirangkai dan dihubungkan dengan NodeMCUESP8266, yang terintegrasi sebagai unit pengendali utama. Setelah pemasangan wiring selesai, proses dilanjutkan dengan pembuatan detail teknis, termasuk spesifikasi komponen dan penggunaan konektor yang sesuai. Tahapan ini dilakukan untuk memastikan bahwa rangkaian elektrikal berfungsi secara optimal, aman, dan meminimalkan resiko gangguan selama digunakan dalam sesi pengambilan data.

Dalam perancangan proyek akhir ini kami memiliki dua rancangan elektrikal yaitu elektrikal monitoring dan elektrikal *tracking*



Gambar 3. Desain Elektrikal Sistem Tracking

Elektrikal Sistem *tracking* dirancang menggunakan *software* EasyEDA untuk merancang *wiring* pada setiap komponen dan sensor dalam Sistem tracking Panel Surya menggunakan mekanisme *tracking*. Sensor-sensor yang digunakan sebagai perangkat *input* seperti sensor LDR, relay omron dan *timer switch* dirangkai dan dihubungkan dengan linear actuator sebagai penggerak panel surya. Setelah pemasangan *wiring* selesai, proses dilanjutkan dengan pembuatan detail teknis, termasuk spesifikasi komponen dan penggunaan konektor yang sesuai. Tahapan ini dilakukan untuk memastikan bahwa rangkaian elektrikal sistem *tracking* berfungsi secara baik dan benar sesuai kinerja dari sensor LDR untuk menggerakkan panel surya sesuai arah dari matahari.



Gambar 4. Desain Elektrikal Sistem Monitoring

Elektrikal monitoring dirancang menggunakan software yang sama untuk merancang wiring pada setiap komponen dan sensor dalam sistem monitoring panel surya menggunakan mekanisme tracking. Sensor-sensor yang digunakan seperti sensor PZEM 017R Shunt ,TTL To Rs485 ,batre, dapat dihubungkan dengan NodeMCU ESP8266, yang terintegrasi sebagai unit pengendali utama. Setelah pemasangan wiring selesai, proses dilanjutkan dengan pembuatan detail teknis, termasuk spesifikasi komponen dan penggunaan konektor yang sesuai. Tahapan ini dilakukan untuk memastikan bahwa rangkaian elektrikal monitoring berfungsi secara optimal dan mampu mengirimkan hasil data ke *firebase* database lalu dikirimkan lagi ke Android Studio dalam sesi pengambilan data.

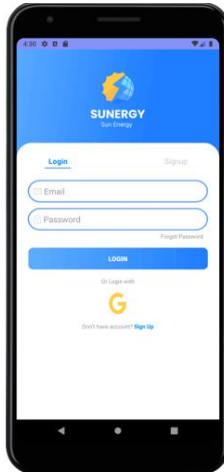
3.1.3. Perancangan User Interface

Pemrograman Aplikasi Android dilakukan menggunakan Android Studio. Aplikasi ini dirancang untuk menampilkan data energi, daya, arus, dan tegangan yang masuk pada panel surya. Pengembangan dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman Kotlin dan terintegrasi dengan *Firebase Realtime* Database sebagai backend. Data-data yang dikirim dari mikrokontroler ke database akan secara otomatis diambil oleh aplikasi melalui proses sinkronisasi, lalu ditampilkan dalam bentuk antarmuka yang sederhana, informatif, dan mudah dipahami.



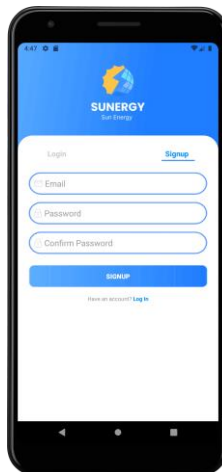
Gambar 5. Splash Screen

Pada tampilan antar muka pertama ketika aplikasi dibuka terdapat animasi splash screen yang memperlihatkan logo dan tagline aplikasi *Sunergy* kepanjangan dari *Sun Energy*.



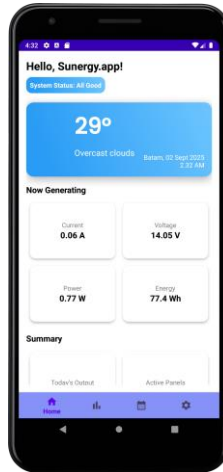
Gambar 6. Login Page

Setelah *splash screen*, akan tampil *login page* dan *user* akan diarahkan untuk memasukkan akun miliknya agar bisa mengakses menu utama dari aplikasi ini. Jika sudah terdaftar, *user* dapat menginput email dan *password* lalu menekan tombol *login*. Selain secara manual, login dapat dilakukan dengan menekan *icon google* yang akan terhubung dengan email pribadi *user*. Jika lupa *password*, *user* dapat menekan tulisan *forgot password* yang berada dibawah *outline* pengisian *password*. Dan untuk *user* yang belum terdaftar dapat mendaftarkan akunnya dengan menekan tulisan *sign up* yang berada dikiri tulisan *login* atau dibawah *icon google* yang jika ditekan akan mengarahkan *user* ke menu berikutnya yaitu *signup page*.



Gambar 7. Signup Page

Disignup page ini, user diarahkan untuk mendaftarkan akunnya jika belum terdaftar. *User* hanya perlu mengisi email, password, dan confirm password pada kolom yang tersedia. Setelah berhasil mendaftar, user diarahkan untuk menekan tulisan *login* yang terletak dibawah tombol *signup* dan user akan kembali ke login page untuk melakukan login ulang.



Gambar 8. Home Page

Setelah berhasil *login*, *user* akan diarahkan ke tampilan *Home Page* atau sering disebut *Dashboard*, yang berisi informasi umum mengenai alat panel surya *tracking* dan *non-tracking*. Dimulai dari sapaan *user*, lalu status sistem *All good*, *Low Output*, dan Nonaktif. Disertai juga dengan informasi mengenai cuaca, tanggal, dan jam saat itu yang menyesuaikan dengan OpenWeatherMap API untuk cuaca dan GPS untuk lokasi. Selanjutnya *home page* ini menampilkan *realtime* data arus, tegangan, daya, dan energi dari alat kami panel surya *tracking* dan *non-tracking* yang tersimpan di *database Firebase*. Dan dilanjutkan dengan *summary*, yang berisi output yang dihasilkan perhari, dalam bentuk energi. Dan berapa panel surya yang sedang aktif, dengan memunculkan jumlah angkanya.

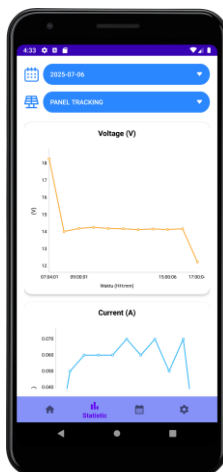
Untuk perpindahan page, dapat dilakukan dengan cara menekan *icon-icon* yang berada dibagian paling bawah atau bisa disebut *Navigation Bar*.

Khusus untuk admin, tampilan Home Pagenya sedikit berbeda dibagian atas sapaan *user/admin* yaitu tombol “kembali ke admin” yang dibuat khusus agar admin bisa kembali ke Admin Page.



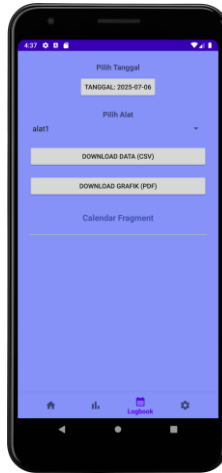
Gambar 9. Admin Page

Khusus admin, setelah berhasil login akan diarahkan ke tampilan *Admin Page* yang berisi sapaan admin, daftar pengguna, monitoring log yang akan menampilkan aktivitas dari *user-user* dan juga admin mulai dari jam berapa login, logout, dan juga pada saat download data. Selain *admin page*, admin juga bisa masuk ke semua tampilan yang ada di aplikasi.



Gambar 10. Statistic Page

Pada *Statistic Page* ini, user/admin dapat melihat grafik realtime arus, tegangan, daya, dan energi persatu jam. Data grafik yang ditampilkan berdasarkan data yang ada didatabase *Firebase*. Tiap grafiknya dimulai dari jam 7 pagi hingga 5 sore.



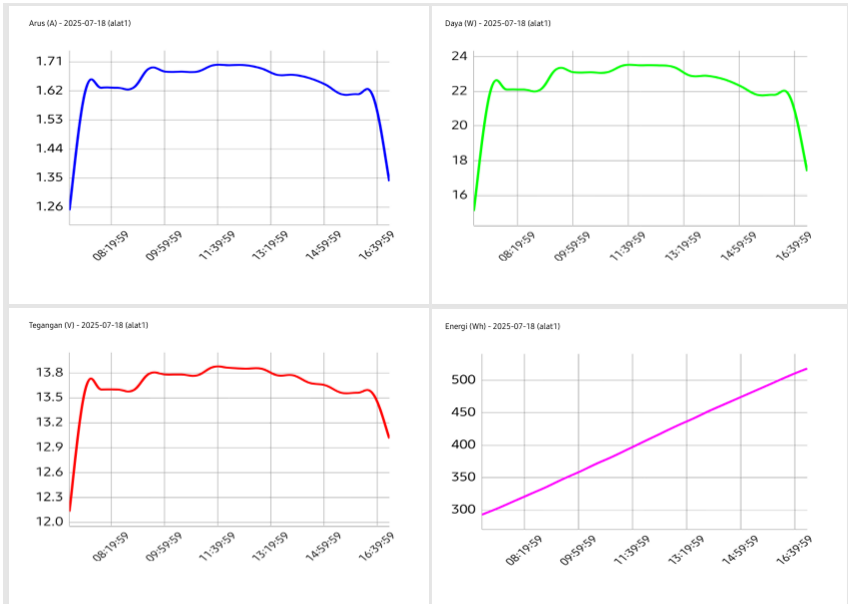
Gambar 11. Logbook/Calendar Page

Selanjutnya ada tampilan *Logbook/Calendar Page*, yang dibuat dengan tujuan agar *user/admin* dapat mengunduh atau mendownload history data yang ada. Dan ini dapat dilakukan dengan pertama memilih tanggal, lalu pilih alat yaitu panel surya *tracking* (alat1) dan panel surya *non-tracking* (alat2). Selanjutnya *user/admin* tinggal menekan tombol *download* data dalam bentuk CSV atau *download* grafik dalam bentuk PDF. Untuk data CSV ini, menampilkan data mentah yang ada didatabase *Firebase* per10 detik dalam bentuk tabel.

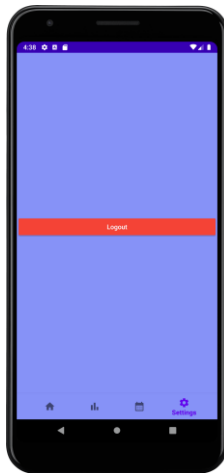
Tabel 2. Data CSV

Waktu	Arus	Tegangan	Daya	Energi
07:01:09	125	1213	151	293
07:01:20	126	1214	152	293
07:01:30	126	1214	152	293
07:01:41	125	1214	151	293
07:01:51	126	1214	152	293
07:02:01	125	1214	151	293
07:02:12	125	1214	151	293
07:02:22	125	1214	151	293
07:02:32	126	1214	152	293
07:02:43	126	1214	152	293

Sedangkan grafik, akan menampilkan data grafik dari database Firebase per30 menit dalam 1 PDF yang berisi 4 grafik.

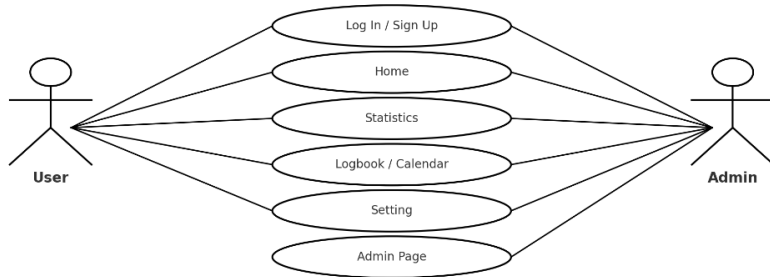


Gambar 12. Grafik PDF



Gambar 13. Settings Page

Tampilan Settings Page hanya menampilkan tombol logout yang dibuat dengan tujuan agar user/admin dapat keluar dari aplikasi.



Gambar 14. Use Case Aplikasi

Use case diagram aplikasi ini menggambarkan dua aktor, *User* dan *Admin*, yang dapat mengakses fitur seperti *Log In/Sign Up*, *Home*, *Statistics*, *Logbook/Calendar*, dan *Setting*. Perbedaannya, *Admin* memiliki seluruh hak akses *User* serta fitur tambahan *Admin Page* untuk pengelolaan data dan pengaturan lanjutan, sehingga pembagian peran dalam aplikasi terlihat jelas dan terstruktur.

3.1.4. Pembuatan Program Mikrokontroler

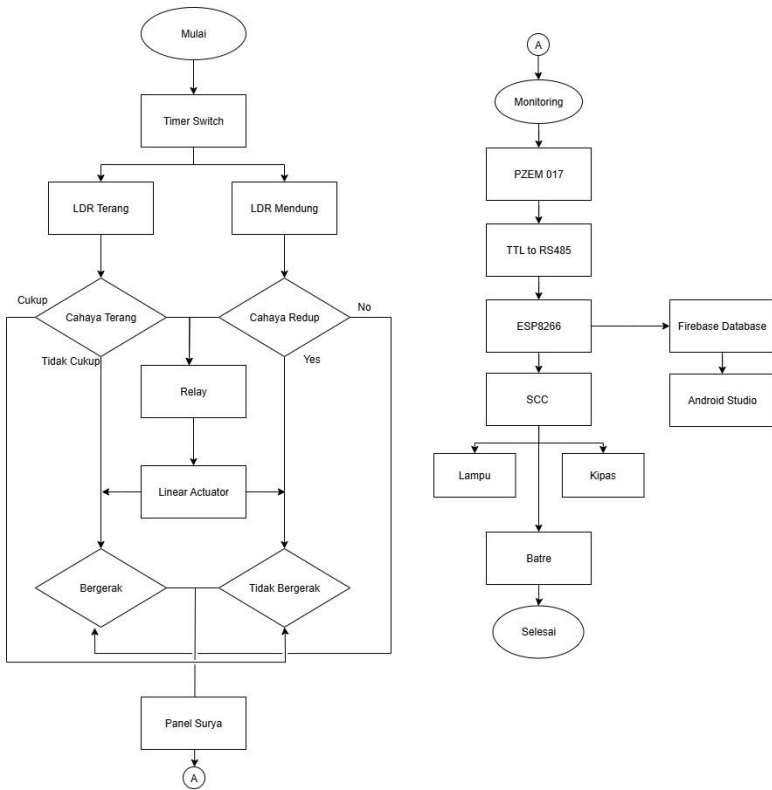
Pemrograman Mikrokontroler dilakukan menggunakan NodeMCU ESP8266 dengan IO Board berbasis Arduino. Mikrokontroler ini diprogram menggunakan Arduino IDE. Mikrokontroler bertugas untuk memproses input dari sensor LDR dan sensor PZEM-017.

Data yang diperoleh dari sensor akan diolah terlebih dahulu, kemudian dikirimkan ke Firebase Realtime Database melalui komunikasi NodeMCU. Mikrokontroler juga dilengkapi dengan baterai sebagai sumber daya, serta casing pelindung dan perekat untuk memastikan kenyamanan dan kestabilan perangkat saat digunakan.

Dengan sistem ini, data dapat dikirim secara nirkabel dan real-time, memungkinkan pemantauan masuknya energi secara terus-menerus tanpa adanya kendala.

3.1.5. Perancangan Sistem Keseluruhan

Flowchart ini menyajikan alur kerja sistem secara menyeluruh, mencakup tiga bagian utama: sistem elektrikal tracking, sistem monitoring daya, dan antarmuka aplikasi Android.



Gambar 15. Perancangan Sistem Keseluruhan

3.2. Pengujian

Tahap pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan proyek yang dilakukan terhadap tujuan awal yang telah direncanakan. Sistem yang telah dirancang, kemudian dilakukan pengujian secara satu maupun secara keseluruhan

3.2.1. Pengujian Sensor

Pengujian sensor dilakukan untuk memastikan kinerja dan akurasi sensor LDR dan PZEM017 dalam sistem monitoring panel surya yang telah dirancang. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengukur sejauh mana sensor dapat memberikan data yang akurat dan andal, sesuai dengan spesifikasi teknis dan kebutuhan sistem. Tahapan pengujian sensor yang dilakukan meliputi:

1. Menghubungkan sensor LDR dan PZEM-017 ke mikrokontroler NodeMCU ESP8266 melalui Arduino IDE serta menyambungkannya ke komputer untuk pemrograman dan pemantauan data secara langsung. Sensor LDR ditempatkan langsung menghadap cahaya matahari, sedangkan sensor PZEM-017 digunakan untuk mengukur parameter kelistrikan.
2. Melakukan kalibrasi nilai resistansi terhadap intensitas cahaya, termasuk memastikan penempatan sensor yang benar untuk mendapatkan pembacaan yang stabil.
3. Membuat program sederhana untuk membaca dan menampilkan data-data dari sensor LDR melalui serial monitor, lalu mencatat data tersebut secara berkala.
4. Melakukan pengujian pada satu hari yaitu dari jam 7 pagi sampai dengan jam 5 sore dan melihat kestabilan data yang dihasilkan dalam kondisi nyata.
5. Melakukan pengujian berulang dalam kondisi yang sama sebanyak beberapa kali guna menilai konsistensi hasil pembacaan sensor PZEM-017.

Setelah seluruh data dikumpulkan, dilakukan evaluasi hasil pengukuran dengan menghitung antara hasil pembacaan sensor dan data referensi, untuk mengetahui tingkat keakuratan sensor. Selain itu, dihitung pula nilai standar deviasi dari hasil pengukuran berulang untuk menentukan tingkat presisi sensor.

3.2.2. Pengujian Internet of Things

Tahap pengujian berikutnya adalah pengujian sistem Internet of Things (IoT) yang dirancang untuk memantau data secara real-time. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh komponen IoT, seperti sensor LDR, sensor PZEM-017, perangkat NodeMCU ESP8266, dan *Firebase*

Realtime Database, dapat berfungsi dan terintegrasi dengan baik. Dengan demikian, data pengukuran dapat ditampilkan secara akurat dan tepat waktu pada aplikasi mobile. Tahapan pengujian sistem IoT meliputi:

1. Program NodeMCU ESP8266 menggunakan Arduino IDE dengan *library* *FirestoreESP8266*. Konfigurasi URL database dan secret key *Firestore* ke dalam kode NodeMCU.
2. Kirim data (tegangan, arus, daya) secara berkala (setiap 10 detik) ke node tertentu dalam struktur JSON *Firestore*. Monitor *Firestore Console* untuk memverifikasi apakah data berhasil dikirim dan diperbarui secara real-time.
3. Bandingkan waktu data masuk ke *Firestore* dan muncul di aplikasi. Cek stabilitas aplikasi jika terjadi update data terus-menerus selama periode 24 jam.
4. Lakukan uji koneksi dengan mematikan jaringan dan menyalakan kembali untuk menguji kemampuan *auto-sync* aplikasi. Pengujian dilakukan dalam berbagai skenario, termasuk lokasi terbuka, untuk memastikan tidak terjadi keterlambatan atau kehilangan data selama proses pengiriman.

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Pengujian Sensor PZEM-017

Berikut merupakan hasil dari pengujian sensor PZEM-017, dimana percobaan ini dilakukan sebanyak 10 kali Pengukuran dengan melakukan perbandingan panel surya *tracking* dan non *tracking*.

Tabel 3. Pengambilan Data Panel Surya dengan mekanisme tracking

ANALISIS DATA PANEL SURYA TRACKING						
Date	Time	Tegangan	Arus	Daya	Energi	
		V	I	W	Wh	Kumulatif
2025-07-18	07:01:09	12,13	1,25	15,1	293	0
2025-07-18	08:00:02	13,60	1,63	22,1	314	21
2025-07-18	09:00:59	13,59	1,63	22,1	336	43
2025-07-18	10:00:57	13,78	1,68	23,1	359	66
2025-07-18	11:00:02	13,78	1,68	23,1	382	89
2025-07-18	12:00:08	13,86	1,70	23,5	405	112
2025-07-18	13:00:06	13,86	1,70	23,5	429	136
2025-07-18	14:00:16	13,78	1,68	23,1	452	159
2025-07-18	15:00:14	13,65	1,64	22,3	474	181
2025-07-18	16:00:32	13,56	1,62	21,9	496	203
2025-07-18	17:00:55	13,01	1,35	17,5	518	225
Total daya dan energi selama 10 jam					225 Wh	

Tabel 4. Pengambilan Data Panel Surya dengan mekanisme non tracking

ANALISIS DATA PANEL SURYA NON TRACKING						
Date	Time	Tegangan	Arus	Daya	Energi	
		V	I	W	Wh	Kumulatif
2025-07-19	07:00:18	12,11	1,19	14,4	539	0
2025-07-19	08:14:49	13,36	1,50	20,0	557	18
2025-07-19	09:20:46	13,56	1,55	21,0	579	40
2025-07-19	10:00:50	13,67	1,59	21,7	594	55
2025-07-19	11:00:27	13,75	1,60	22,0	616	77
2025-07-19	12:00:20	13,75	1,60	22,0	638	99
2025-07-19	13:00:45	11,94	1,14	13,6	656	117
2025-07-19	14:01:07	12,15	1,18	14,3	671	132
2025-07-19	15:01:20	10,87	0,86	9,3	685	146
2025-07-19	16:00:00	10,55	0,78	8,2	694	155
2025-07-19	17:00:29	10,26	0,61	6,2	702	163
Total daya dan energi selama 10 jam					163 Wh	

4.2. Pembahasan

4.2.1. Perbandingan Dua Data

4.2.1.1. Selisih Absolut (Absolute Difference)

Digunakan untuk mengetahui perbedaan nilai secara langsung tanpa mempertimbangkan proporsinya terhadap data awal.

Rumus :

$$\text{Selisih} = \text{Data Kedua} - \text{Data Pertama}$$

Contoh :

$$225 - 163 = 62 \text{ Watt}$$

Interpretasi: Nilai bertambah sebesar 62 watt dari data pertama ke data kedua.

4.2.1.2. Persentase Perubahan (Percentage Change)

Digunakan untuk mengetahui seberapa besar perubahan relatif terhadap data awal. Umumnya dipakai untuk analisis pertumbuhan, efisiensi, peningkatan kinerja, dan sebagainya.

Rumus :

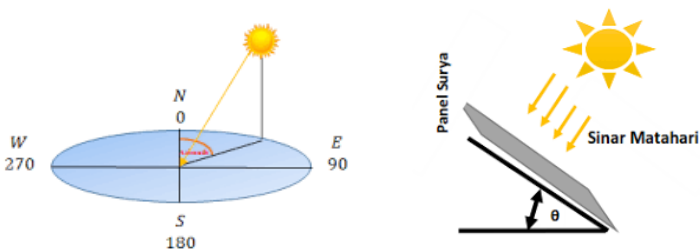
$$\left(\frac{\text{Data Kedua} - \text{Data Pertama}}{\text{Data Pertama}} \right) \times 100\%$$

Contoh :

$$\left(\frac{225 - 163}{163} \right) \times 100\% = 38.04\%$$

Interpretasi: Data kedua mengalami kenaikan sekitar 38.04% dibandingkan data pertama.

4.2.2. Penentuan Sudut pada Panel Surya



Gambar 16. Penentuan dan Skema Optimasi Kemiringan Sudut Panel Surya

Tabel 5. Data sudut pada panel surya tracking

Pukul (WIB)	Sudut	Tegangan (V)	Arus (I)
07.00	15° T	12.13	1.25
08.00	40° T	13.60	1.63
09.00	35° T	13.59	1.63
10.00	30° T	13.78	1.68
11.00	25° T	13.78	1.68
12.00	20° T	13.86	1.70
13.00	15° B	13.86	1.70
14.00	20° B	13.78	1.68
15.00	25° B	13.65	1.64
16.00	30° B	13.56	1.62
17.00	35° B	13.01	1.35

Tabel 6. Data sudut pada panel surya non tracking

Pukul (WIB)	Sudut	Tegangan (V)	Arus (I)
07.00	20° T	12.11	1.19
08.00	20° T	13.36	1.50
09.00	20° T	13.56	1.55
10.00	20° T	13.67	1.59
11.00	20° T	13.75	1.60
12.00	20° T	13.75	1.60
13.00	20° T	11.49	1.14
14.00	20° T	12.15	1.18
15.00	20° T	10.87	0.86
16.00	20° T	10.55	0.78
17.00	20° T	10.26	0.61

Untuk di Batam estimasi sudut azimut matahari pada tanggal 18 dan 19 Juli, elevasi tertingginya mencapai 89.8° ada di jam 12.00 siang dengan azimut 180°.

Data diatas sesuai dengan data yang telah kami ambil, dimana panel surya tracking dan statis mengalami peningkatan daya di jam 12.00.

Berikut perhitungan daya pada panel surya

Panel surya *tracking* :

$$P = V \times I$$

Dimana :

$$13.86 \times 1.70 = 23.56 \text{ W}$$

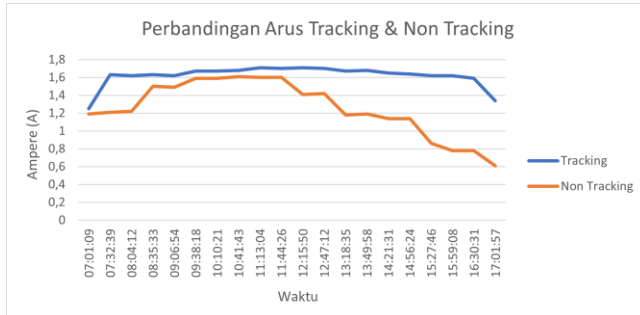
Panel surya statis :

$$13.75 \times 1.60 = 22 \text{ W}$$

Pada jam 12.00 siang sudut kemiringan matahari dengan panel surya sebesar 20° T yang menghasilkan daya paling besar dibandingkan dengan data di setelah maupun sesudah jam 12 siang

4.2.3. Grafik Perbandingan Tracking dan Non Tracking

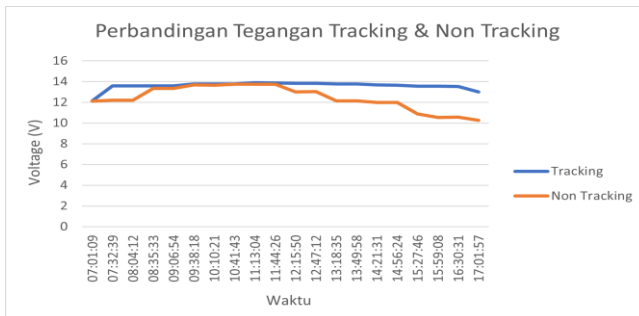
1. Grafik perbandingan arus panel surya tracking dan panel surya non tracking pada tanggal 18 Juli 2025 dan 19 Juli 2025.



Gambar 17. Perbandingan Arus Panel Surya Tracking dan Non Tracking

Pada Gambar 5 perbandingan arus yang dihasilkan oleh panel surya tracking dan panel surya non tracking terlihat bahwa arus yang dihasilkan oleh panel surya tracking cenderung lebih tinggi hal ini disebabkan karena sudut dari panel surya tracking selalu tegak lurus dengan arah datangnya sinar matahari. Hal ini di buktikan dengan keadaan di pagi hari dan sore hari, dapat dilihat di grafik perbedaan range antara grafik panel surya tracking dan panel surya non tracking lebih besar. Arus peak yang dihasilkan oleh panel surya tracking yaitu sebesar 1.71A peak pada jam 12:15:50 WIB dan arus peak yang dihasilkan oleh panel surya non tracking yaitu sebesar 1.61A peak pada jam 11:13:04 WIB.

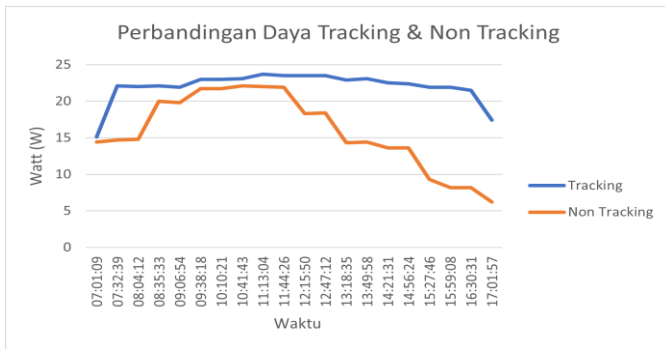
2. Grafik Perbandingan tegangan panel surya tracking dan non tracking pada tanggal 18 Juli 2025 dan 19 Juli 2025.



Gambar 18. Perbandingan Tegangan Panel Surya Tracking dan Non Tracking

Pada Gambar 6 menunjukkan grafik perbandingan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya tracking dan panel surya non tracking, grafik yang dihasilkan panel surya tracking cenderung stabil dan sedikit lebih tinggi dibanding panel surya non tracking. Pola fluktuasi tegangan pada sistem non-tracking tampak lebih bervariasi, terutama saat intensitas cahaya matahari berubah. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem tracking lebih stabil dan konsisten. Puncak tegangan yang dihasilkan oleh panel surya tracking yaitu sebesar 13.89V peak pada jam 11:13:04 WIB sedangkan untuk panel surya non tracking menghasilkan tegangan puncak sebesar 13.75V peak pada jam 11:13:04 WIB.

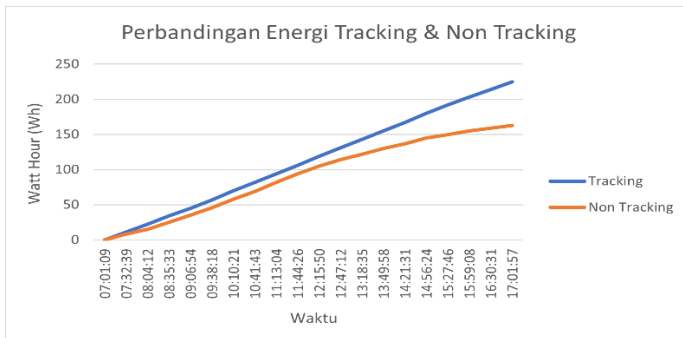
3. Grafik Perbandingan daya panel surya tracking dan non tracking pada tanggal 18 Juli 2025 dan 19 Juli 2025.



Gambar 19. Perbandingan Daya Panel Surya Tracking dan Non Tracking

Pada Gambar 7 menunjukkan grafik perbandingan daya yang dihasilkan oleh panel surya tracking dan panel surya non tracking, dapat terlihat bahwa grafik yang dihasilkan panel surya tracking cenderung daya panel surya tracking jauh lebih tinggi di kondisi pagi dan sore hari. Rata-rata daya panel surya tracking dari pagi sampai sore sebesar 22.00W sedangkan panel surya non tracking sebesar 15.88W. Puncak daya yang dihasilkan oleh panel surya tracking yaitu sebesar 23.7W peak pada jam 11:13:04 WIB sedangkan untuk panel surya non tracking menghasilkan daya puncak sebesar 22.1W peak pada jam 10:41:43 WIB.

4. Grafik Perbandingan energi panel surya tracking dan non tracking pada tanggal 18 Juli 2025 dan 19 Juli 2025.



Gambar 20. Perbandingan Energi Panel Surya Tracking dan Non Tracking

Pada Gambar 8 menunjukkan grafik perbandingan energi yang dihasilkan oleh panel surya tracking dan panel surya non tracking secara kumulatif, sehingga dapat terlihat bahwa sistem tracking menghasilkan total energi kumulatif sebesar 225 Wh, sedangkan sistem non-tracking mencapai 163 Wh. Sehingga secara keseluruhan, sistem *tracking* menghasilkan energi harian yang lebih tinggi dengan selisih sekitar 38% dibandingkan sistem *non-tracking*.

4.2.4. Sistem Tracking

sistem tracking yang digunakan adalah sistem tracking satu sumbu (*single-axis*), yang bergerak mengikuti pergerakan dari arah timur ke barat yang dimulai dari jam 07:00-17:00 setiap hari untuk menggerakkan aktuator dalam dua arah (maju dan mundur), diperlukan mekanisme pembalik polaritas, dengan menggunakan Relay Omron MY2N-J DPDT (*Double Pole Double Throw*), artinya terdiri dari dua buah SPDT relay dalam satu unit. Kita bisa memanfaatkannya untuk membalik polaritas dengan cara menyilang koneksi outputnya, sehingga bisa mengatur arah gerak aktuator linear.

Ketika:

1. Relay ON (07:00-17:00) → aktuator bergerak perlahan dari timur ke barat
 2. Relay OFF (17:00) → polaritas terbalik → aktuator bergerak kembali ke posisi awal.
1. Timer switch berfungsi sebagai pengendali waktu aktifnya coil relay (07:00-17:00).
 2. saat posisi relay berubah (aktif/non-aktif), maka arah arus menuju aktuator berubah, sehingga gerakan aktuator juga berubah arah.

3. Dengan cara ini, sistem dapat mengatur waktu pembalikan polaritas, sehingga linear actuator bisa dikontrol maju–mundur secara otomatis sesuai waktu yang ditentukan.

4.2.5. Sistem Penggerak Linear Actuator

Tabel 7. Pergerakan Linear Actuator Berdasarkan Intensitas Cahaya

Intensitas Cahaya			Pergerakan	
Kondisi	Ket	LUX	Motor Servo	Actuator
Gelap	Min	1	berhenti	berhenti
	Max	100		
Terang	Min	101	berputar ke kanan	bergerak maju
	Max	100.000		
	≥ 300.000		berhenti	berhenti

- Intensitas Cahaya 1-100:
Sensor A Menyala Dan Mematikan Sensor B (Motor berhenti >Actuator Berhenti)
- Intensitas Cahaya 101-100.000:
Sensor A Mati Dan Sensor B Mencari Cahaya Matahari Maksimal (Motor berputar ke kanan> Actuator Bergerak)
- Intensitas Cahaya 300.000-400.000:
Sensor B Menerima Cahaya Maksimal (Motor Berhenti >Actuator Berhenti)

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa panel surya dengan mekanisme single-axis tracking mampu menghasilkan energi kumulatif harian sebesar 225 Wh, sedangkan panel surya statis hanya menghasilkan 163 Wh. Dengan demikian, penggunaan sistem tracking meningkatkan efisiensi konversi energi sebesar 38% dibandingkan panel statis. Perbedaan ini terlihat jelas terutama pada pagi dan sore hari, ketika posisi matahari berubah signifikan. Sistem tracking mampu mempertahankan sudut optimal terhadap arah datang cahaya matahari sepanjang hari, sehingga lebih stabil dan konsisten dalam menghasilkan daya. Pada kondisi cuaca cerah di Batam, sistem ini memberikan output daya dan arus yang lebih tinggi serta tegangan yang lebih stabil dibandingkan panel statis. Hal ini membuktikan bahwa mekanisme tracking efektif untuk memaksimalkan penyerapan energi surya di wilayah tropis. Efektivitas sistem dipengaruhi oleh presisi sensor LDR dalam mendeteksi intensitas cahaya, akurasi aktuator linear dalam mengatur kemiringan panel, dan kestabilan komunikasi IoT melalui NodeMCU ESP8266 dengan Firebase. Faktor lingkungan seperti intensitas sinar matahari, kondisi cuaca, dan akurasi waktu pembalikan polaritas aktuator juga berperan penting dalam menjaga performa optimal. Integrasi sistem monitoring berbasis Android membantu pengawasan real-time sehingga penyesuaian dapat dilakukan lebih cepat bila terjadi gangguan.

5.2. Saran

Berdasarkan analisa dan pembahasan yang telah disampaikan, penulis dapat memberikan saran sebagai berikut:

1. Disarankan untuk menggunakan sensor cahaya yang lebih presisi atau melakukan kalibrasi berkala terhadap sensor LDR agar data intensitas cahaya yang diterima lebih akurat dan responsif terhadap perubahan cahaya.
2. Sistem saat ini menggunakan mekanisme tracking satu sumbu (single-axis). Untuk meningkatkan efisiensi lebih lanjut, sistem dapat dikembangkan dengan dual-axis tracking agar panel dapat mengikuti posisi matahari secara vertikal dan horizontal.
3. Komponen pendukung sistem tracking (actuator) perlu dioptimalkan agar konsumsi daya internal tidak mengurangi output energi yang dihasilkan oleh panel surya.

Daftar Pustaka

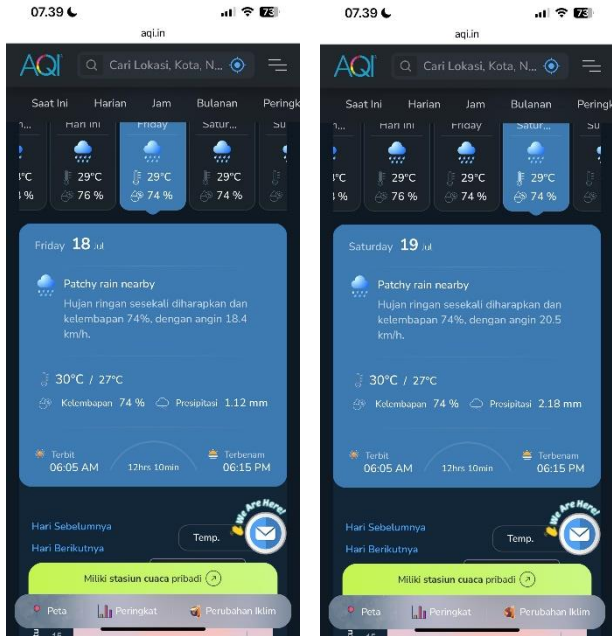
- Asri, M. and SERWIN, S., 2019. Rancang Bangun Solar Tracking System Untuk Optimasi Output Daya Pada Panel Surya. *Jurnal INSTEK (Informatika Sains dan Teknologi)*, 4(1), pp.11-20.
- Desmira, D., 2022. Aplikasi sensor LDR (light dependent resistor) untuk efisiensi energi pada lampu penerangan jalan umum. *PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset dan Observasi Sistem Komputer*, 9(1), pp.21-29.
- Eflita Yohana, Darmanto. 2012. "Uji Eksperimental Pengaruh sudut kemiringan Modul Surya 50 Watt Peak Dengan Posisi Mengikuti Arah Matahari". *MEKANIKA*. Vol. 11(1): hal. 26-30.
- Kumar, A., & Singh, S. (2022). Economic viability of single-axis and dual-axis solar tracking systems in energy-efficient design. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52, 1023-1034.
- Lu, X., Zhang, L., Chen, S., & Liu, J. (2020). Solar panel tracking and efficiency improvement under varying environmental conditions. *Renewable Energy Journal*, 154, 1100-1108.
- Risma, P., Islami, M.K., Sari, D.P. and Yudha, H.M., 2022. Desain Optimalisasi Penggunaan Storage System Pada Robot Tenaga Surya. *Journal of Applied Smart Electrical Network and Systems*, 3(02), pp.49-56.
- Pangestu, A.D., Ardianto, F. and Alfaresi, B., 2019. Sistem Monitoring Beban Listrik Berbasis Arduino Nodemcu Esp8266. *Jurnal Ampere*, 4(1), pp.187-197.
- Sharma, P., Patel, V., & Singh, R. (2021). Effect of solar tracking system on panel efficiency: A comparative study. *Energy Science and Engineering*, 9(7), 888-897.
- Sulistiyorini, T., Sofi, N. and Sova, E., 2022. Pemanfaatan Nodemcu Esp8266 Berbasis Android (Blynk) Sebagai Alat Mematikan Dan Menghidupkan Lampu. *Jurnal Ilmiah Teknik*, 1(3), pp.40-53.
- Syhab, Alfin Syarifuddin, Hanif Cahyo Romadhon, and M. Luqman Hakim. "Rancang Bangun Solar Tracker Otomatis Pada Pengisian Energi Panel Surya Bebas Internet of Things." *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika* 6(2) (2019): 21–29.
- Wirsayana, G.P.M., Hartati, R.S. and Manuaba, I.B.G., 2022. Metode Maximum Power Point Tracking pada Panel Surya: Sebuah Tinjauan Literatur. *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 21(2), pp.211-224.

- Yuwono, S., Diharto, D. and Pratama, N.W., 2021. Manfaat Pengadaan Panel Surya dengan Menggunakan Metode On Grid. *Energi & Kelistrikan*, 13(2), pp.161-171.
- Zhao, Y., Wang, H., & Li, C. (2022). Comparative performance analysis of solar panels with tracking mechanisms under varied climate conditions. *Journal of Clean Energy Technologies*, 57, 740-750.

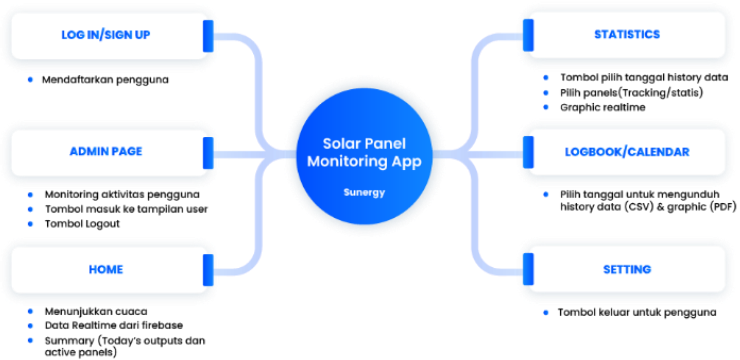
Biodata

	<p>Nama TTL Agama Alamat Email Riwayat Pendidikan</p>	<p>: Ories Tiana Vitriani : Batam, 30 Desember 1998 : Islam : Bukit Jodoh Kampung Melayu Blok 4B No 9 : oriestiana@gmail.com SMA/SMK : SMK NEGERI 1 BATAM SMP : SMP NEGERI 29 BATAM</p>
	<p>Nama TTL Agama Alamat Email Riwayat Pendidikan</p>	<p>: Abdurrahman Al Ghifari : Batam, 21 Juli 2002 : Islam : Masyeba Permai Blok M no 18 Tahap 1 : abdurrahmanalghi@gmail.com SMA/SMK : SMA NEGERI 1 BATAM SMP : SMP NEGERI 3 BATAM</p>
	<p>Nama TTL Agama Alamat Email Riwayat Pendidikan</p>	<p>: Fikri Azni Hawari : Batam, 22 Januari 2005 : Islam : Pancur Biru Lestari 1 Blok E no 94 : fikriazni220105@gmail.com SMA/SMK : SMA Hidayatullah Batam SMP : SMP Hidayatullah Batam</p>

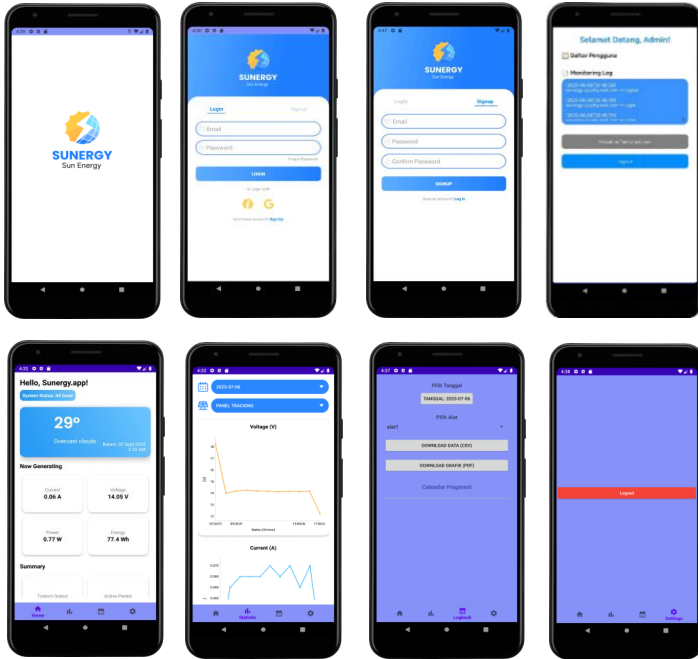
Lampiran



Gambar 21. Weather Saat Pengambilan Data



Gambar 22. Mind Map Aplikasi Sunergy



Gambar 23. Tampilan *User Interface* Android Studio

Identifier	Providers	Created ↓	Signed In	User UID
sun123@gmail.com	📧	Aug 4, 2025	Aug 4, 2025	QXPkWFmVWgTKdtbVcmpV...
joko@gmail.com	📧	Aug 4, 2025	Aug 4, 2025	k47LwQoe9zNtcsfBCLrIs1DV...
jono@gmail.com	📧	Aug 4, 2025	Aug 4, 2025	FcCHKTSRF3Xw9acvNBat...
jojo@gmail.com	📧	Aug 4, 2025	Aug 6, 2025	dTR4Kn5x8jXVM5CH5bVQzY3...
testing@gmail.com	📧	Aug 4, 2025	Aug 4, 2025	SU0dPk8bxnVQyLTIb9vYjWwg...
test@gmail.com	📧	Aug 4, 2025	Aug 4, 2025	0STooFVLAlXzGTg9Ekt0C2Dq...
test123@gmail.com	📧	Aug 3, 2025	Aug 4, 2025	7piS344G0RSSYNGxa3yXXd...
oriestiana@gmail.com	🌐	Jul 31, 2025	Aug 7, 2025	ZKumyoNmBaMok6g2LbZN3...
sunergy.app@gmail.com	🌐	Jul 27, 2025	Aug 14, 2025	2pJpD6iZ1XpW09IbJ9GHEz...

Gambar 24. Data *User* di *Firebase Authentication*

```

Final Program Monitoring Panel Surya UPDATED.no
51 String getFormattedDate() {
52   return timeClient.getFormattedTime();
53 }
54
55 void setup() {
56   Serial.begin(9600);
57   Serial.println("Manual...");
58
59   pinMode(DE_PIN, OUTPUT);
60   pinMode(PE_PIN, OUTPUT);
61   digitalWrite(DE_PIN, LOW);
62   digitalWrite(PE_PIN, LOW);
63
64   rts485Serial.begin(9600, SERIAL_8N2, RX_PIN, TX_PIN);
65   node.begin(1, rts485Serial);
66   node.sendTransmission(preTransmission);
67   node.postTransmission(postTransmission);
68
69   WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
70   Serial.println("Menghubungkan ke WiFi");
71   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
72     delay(500);
73     Serial.print(".");
74   }
75   Serial.println("WiFi Terhubung");
}

Final Program Monitoring Panel Surya UPDATED.no
77 timeClient.begin();
78 delay(1000);
79
80 config.host = FIREBASE_HOST;
81 config.token = config.token; legacy_token = FIREBASE_AUTH;
82 Firebase.begin(config, auth);
83 Firebase.reconnectWiFi(true);
84 Serial.println("Firebase Siap");
85
86 // Set Current Range ke 50A
87 uint_t resultSet = node.writeI2CRegisters(0x0001, 0x0001);
88 if (resultSet == node.ku00BSuccess) {
89   Serial.println("Current range set ke 50A");
90 } else {
91   Serial.println("Gagal set current range. Code: ");
92   Serial.println(resultSet);
93 }
94
95
96 void loop() {
97   timeClient.update();
98
99   if (firebase.ready()) {
100    Serial.println("Firebase Ready. Baca P22M...");
101
102
103
104
105
106
107   uint_t result = node.writeI2CRegisters(0x0006, 0);
108   Serial.println("Gagal baca P22M: ");
109   Serial.println(result);
110
111   if (result == node.ku00BSuccess) {
112     float voltage = node.getResponseBuffer(0x00) / 100.0;
113     float current = node.getResponseBuffer(0x02) / 1000.0;
114     float power = ((node.getResponseBuffer(0x03) << 16) | node.getResponseBuffer(0x04)) * 1.0;
115     float dayaHitung = voltage * current;
116
117     String tanggal = getFormattedDate();
118     String waktu = getFormattedTime();
119     String path = "/data/" + tanggal + "/" + waktu;
120
121     Firebase.setFloat(firebaseData, path + "/tegangan", voltage);
122     Firebase.setFloat(firebaseData, path + "/arus", current);
123     Firebase.setFloat(firebaseData, path + "/daya", power);
124     Firebase.setFloat(firebaseData, path + "/daya_hitung", dayaHitung);
125     Firebase.setFloat(firebaseData, path + "/energi", eWarg);
126     Firebase.setString(firebaseData, path + "/timeStamp", waktu);
127
128     Serial.println("Data terakhir ke firebase:");
129     Serial.printf("%5s | %2f V | %3f A | %2f W | %2f H (hitung) | %2f Wh/v/h",
130       waktu.c_str(), voltage, current, power, dayaHitung, eWarg);
}
}

```

Gambar 25. Kodingan Sistem Monitoring menggunakan Arduino

```

private fun fetchData() {
    val aLatKey = "aLat1"
    val selectedDate = binding.btnPickDate.text.toString()
    val ref = database.child( pathString: "$aLatKey/$selectedDate")

    LifecycleScope.launch(Dispatchers.IO) { this: CoroutineScope
        val snapshot = ref.get().await()

        val allTimes = snapshot.children.mapNotNull { it.key }.sorted()
        val startTime = allTimes.firstOrNull { it.substring(0, 2).toIntOrNull() ?: 0 >= 7 }

        if (startTime == null) {
            LifecycleScope.launch(Dispatchers.Main) { this: CoroutineScope
                clearCharts()
                Toast.makeText(requireContext(), text: "Data kosong", Toast.LENGTH_SHORT).show()
            }
        }
        return@Launch
    }
}

```

Gambar 26. Kodingan Android Studio Pengambilan Data dari *Firestore*

```

private fun fetchDataAndGeneratePDF(aLat: String, tanggal: String) {
    val dbRef = FirebaseDatabase.getInstance().getReference( path: "$aLat/$tanggal")
    dbRef.get().addOnSuccessListener { snapshot ->
        if (!snapshot.exists()) {
            Toast.makeText(requireContext(), text: "Tidak ada data grafik.", Toast.LENGTH_SHORT).show()
            return@addOnSuccessListener
        }

        val arusList = mutableListOf<Entry>()
        val teganganList = mutableListOf<Entry>()
        val dayaList = mutableListOf<Entry>()
        val energiList = mutableListOf<Entry>()

        val intervalSeconds = 1800f // 30 menit
        var lastAddedTime = -intervalSeconds

        for (child in snapshot.children) {
            val timeStr = child.key ?: continue
            val time = convertToSeconds(timeStr)

```

Gambar 27. Kodingan Android Studio Convert Data menjadi Grafik PDF