

SKRIPSI

**PENGEMBANGAN SISTEM OTOMATISASI PANEL SURYA PINTAR
DENGAN MEKANISME AUTO-PARK DAN PERLINDUNGAN SURYA
BERBASIS NODEMCU-IOT**

OLEH:

MUH. HAJIR
105821103321

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2025

HALAMAN JUDUL

PENGEMBANGAN SISTEM OTOMATISASI PANEL SURYA

**PINTAR DENGAN MEKANISME AUTO-PARK DAN
PERLINDUNGAN SURYA BERBASIS NODEMCU-IOT**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meperoleh Gelar
Sarjana Teknik (S.T.) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Makassar

Disusun dan diajukan oleh:

MUH. HAJIR
105821103321

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2025



FAKULTAS TEKNIK

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : PENGEMBANGAN SISTEM OTOMATISASI PENEL SURYA PINTAR DENGAN MEKANISME AUTO – PARK DAN PERLINDUNGAN SURYA PERBASIS NODEMCU - IOT

Nama : 1. Muh. Hajir

Stambuk : 1. 105 82 11033 21

Makassar, 04 September 2025

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II

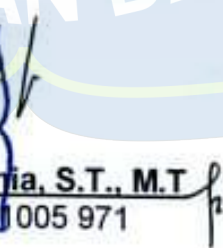

Ir. Adriani, S.T., M.T., IPM


Dr. Ir. Ridwan, S.Kom., M.T

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Elektro




Ir. Rahmania, S.T., M.T

NBM : 1005 971





بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Muh. Hajir** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 11033 21, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0006/SK-Y/20201/091004/2025, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu, 30 Agustus 2025.

Panitia Ujian :

Makassar,

12 Rabiul Awal 1447 H

04 September 2025 M

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, ST.,MT.,IPU

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., ASEAN., Eng

2. Penguji

a. Ketua : Rizal Andiyat Duyo, S.T., M.T

b. Sekretaris : Ir. Rahmania, S.T., M.T

3. Anggota : 1. Dr. Hj. Rossy Timur Wahyuningsih, S.T., M.T

2. Dr. Umar Katu, S.T., M.T

3. Dr. Ir. H. Antanissubhi, S.T., M.T

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Adriani, S.T., M.T., IPM

Dr. Ir. Ridwang, S.Kom., M.T

Dekan



Muh. Syafat S Kuba, S.T, M.T., IPM

NBM : 975 288



ABSTRAK

MUH. HAJIR Pengembangan Sistem Otomatisasi Panel Surya Pintar Dengan Mekanisme Auto-Park Dan Perlindungan Surya Berbasis Nodemcu-Iot. Skripsi ini dibimbing oleh **ADRIANI** dan **RIDWANG**.

Energi Sepanjang beberapa dekade yang lalu, pemanfaatan energi terbarukan, khususnya energi surya. Energi surya kini menjadi alternatif strategis dalam upaya untuk menekan ketergantungan pada energi fosil yang persediaanya kian menipis. Tujuan penelitian ini untuk merancang sistem otomatis *auto-park* dan *solar shield* pada panel surya berbasis *IoT* menggunakan NodeMCU. Metode penelitian yang diterapkan adalah metode eksperimen dengan disertai observasi langsung terhadap kinerja perangkat prototipe yang telah dirancang. Penelitian ini menguji sistem otomatisasi panel surya pintar berbasis NodeMCU-IoT yang dilengkapi sensor LDR, sensor hujan, dan servo motor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor LDR mampu mendeteksi intensitas cahaya dengan nilai 125 pada siang hari, 30 pada sore hari, dan 0 pada malam hari, sehingga panel bergerak otomatis mengikuti posisi matahari atau kembali ke posisi awal saat gelap. Sensor hujan juga terbukti efektif, ditunjukkan dengan status 1 saat kondisi kering, serta berubah menjadi 0 pada saat gerimis ($<0,5$ mm/jam) maupun hujan, yang memicu mekanisme *auto-park* untuk melindungi panel. Dari sisi perangkat lunak, integrasi Arduino Mega, NodeMCU, dan aplikasi Telegram memungkinkan monitoring real-time, di mana sistem berhasil menampilkan status pencahayaan, deteksi hujan, serta parameter kelistrikan tanpa keterlambatan notifikasi. Secara keseluruhan, sistem ini terbukti efektif, responsif, dan andal dalam mengoptimalkan kinerja serta memberikan perlindungan panel surya terhadap kondisi lingkungan.

Kata Kunci: Sistem Otomatisasi, *Internet of Things*, *Auto-Park*, *Solar Shield*

ABSTRACT

MUH. HAJIR Development of a Smart Solar Panel Automation System with Auto-Park Mechanism and Solar Protection Based on NodeMCU-IoT. This thesis was supervised by **ADRIANI** and **RIDWANG**.

Energy is one of the essential elements required in various aspects of human life around the world, including in Indonesia. The utilization of solar panels as a solar power generation system (PLTS) has become an environmentally friendly solution to address the energy crisis and climate change. However, in its implementation, the performance of solar panels is greatly influenced by environmental conditions, such as sunlight intensity, temperature, and the presence of particles or rainwater that may interfere with energy absorption. The aim of this study is to design a smart solar panel based on IoT with Auto-Park and Solar Shield features using NodeMCU. The research method applied is an experimental method combined with direct observation of the performance of the designed prototype device. The smart solar panel system developed in this study has been proven to function according to its objectives, namely performing sun tracking, automatic protection during rain, and IoT-based energy monitoring. The integration of hardware components such as sensors and servos worked properly, supporting improved power absorption efficiency. The test results also demonstrated the ease of energy monitoring through real-time IoT connections. Nevertheless, several limitations were identified, such as potential servo wear due to long-term use, the need to improve the accuracy of the rain sensor, and limitations in inverter efficiency. Overall, this system is considered effective, safe, and practical, with significant potential for further development through component quality enhancement, the addition of precision features, and long-term testing to ensure its reliability and durability.

Keywords: Automation System, Internet of Things, Auto-Park, Solar Shield

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan proposal ini dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, beserta para sahabat, tabiin, dan generasi penerus Islam yang telah membawa cahaya petunjuk bagi umat manusia.

Alhamdulillah, atas limpahan taufik dan hidayah dari Allah SWT, peneliti berhasil menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul: **“PENGEMBANGAN SISTEM OTOMATISASI PANEL SURYA PINTAR DENGAN MEKANISME AUTO-PARK DAN PERLINDUNGAN SURYA BERBASIS NODEMCU-IOT”**. Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi guna memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar.

Peneliti menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan, dukungan, serta dorongan dari berbagai pihak yang dengan tulus dan ikhlas memberikan motivasi. Meskipun dihadapkan pada berbagai kendala selama proses penyusunan, berkat kerja sama, bimbingan yang diberikan, serta rahmat dan keberkahan dari Allah SWT, segala hambatan tersebut dapat dilalui dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

- 
1. Bapak Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, S.T.,M.T., IPU selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
 2. Bapak Ir. Muh. Syafaat S Kuba, S.T., M.T., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
 3. Ibu Rahmania, S.T., M.T., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar.
 4. Ibu Ir. Adriani, S.T.,MT.,IPM Selaku Dosen Pembimbing I.
 5. Bapak Dr. Ridwang, S.Kom., M.T. IPM selaku Dosen Pembimbing II.
 6. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Serta Staf Pegawai Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikut iproses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
 7. Keluarga, Kerabat dan Teman-teman kami serta semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun secara tidak langsung.

Makassar, 25 Agustus 2025

Muh Hajir

DAFTAR ISI

SAMPUL	
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
E. Batasan Masalah	3
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
A. <i>Internet of Things</i> (IoT)	5
B. Sensor LDR	6
C. Motor Servo	6
D. Panel Surya	7
E. Arduino Mega 2560	8
F. NodeMCU	9
G. Telegram	9
H. Sensor Hujan	10
BAB III	11
METODE PENELITIAN	11
A. Waktu dan Tempat	11

B. Alat dan Bahan.....	11
C. Metode Penelitian.....	12
D. Metode Pengumpulan Data.....	18
E. Blok Diagram Sistem Smart Panel Surya.....	19
BAB IV	23
HASIL DAN PEMBAHASAN	23
A. Pengujian Perangkat Keras	23
B. Pengujian Perangkat Lunak (<i>Softaware</i>).....	25
C. Hasil Pengujian Sistem Otomatisasi Panel Surya	28
BAB V.....	32
PENUTUP.....	32
A. Kesimpulan	32
B. Saran.....	33
DAFTAR PUSTAKA.....	34
LAMPIRAN.....	36
Lampiran 1. Kode Program.....	36
Lampiran 2. Dokumentasi Pembuatan Alat.....	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sensor LDR.....	6
Gambar 2.2 Sensor Servo.....	7
Gambar 2.3 Panel Surya.....	8
Gambar 2.4 Arduino Mega 2560.....	8
Gambar 2.5 Node MCU.....	9
Gambar 2.6 Telegram.....	10
Gambar 2.7 Sensor Hujan.....	10
Gambar 3.1 Tahap Pelaksanaan.....	15
Gambar 3.2 Flowchart Rancangan Sistem.....	17
Gambar 3.3 Blok Diagram System Smart Panel Surya.....	19

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Daftar Alat yang Digunakan.....	11
Tabel 3.2 Daftar Bahan Yang Digunakan.....	12



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Energi merupakan kebutuhan vital dalam kehidupan manusia modern. Hampir seluruh aktivitas, baik di bidang industri, pendidikan, maupun rumah tangga, bergantung pada ketersediaan energi listrik. Selama ini, pemenuhan kebutuhan energi di Indonesia masih didominasi oleh sumber energi fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam. Namun, cadangan energi fosil bersifat terbatas dan terus mengalami penurunan, sementara kebutuhan energi setiap tahun semakin meningkat. Kondisi ini mendorong perlunya pengembangan energi alternatif yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Salah satu sumber energi terbarukan yang potensial adalah energi surya. Indonesia, yang berada di garis khatulistiwa, memiliki tingkat intensitas cahaya matahari yang tinggi sepanjang tahun. Hal ini menjadikan energi surya sebagai pilihan strategis dalam mendukung transisi energi bersih sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil. Pemanfaatan panel surya (photovoltaic) menjadi salah satu solusi yang banyak dikembangkan karena mampu mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik secara langsung.

Meski demikian, kinerja panel surya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Faktor seperti intensitas cahaya, posisi matahari, cuaca berawan, hingga hujan dapat memengaruhi efisiensi penyerapan energi. Panel surya yang dipasang statis hanya mampu menyerap energi optimal dalam waktu tertentu, sehingga dibutuhkan sistem pelacak (solar tracker) agar panel selalu mengikuti

arah datangnya cahaya. Selain itu, panel juga rentan terhadap kerusakan akibat hujan deras atau kondisi ekstrem, sehingga diperlukan sistem perlindungan otomatis untuk menjaga keandalannya.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memberikan peluang besar dalam mendukung otomatisasi sistem panel surya. Melalui integrasi mikrokontroler seperti Arduino Mega dan NodeMCU, panel surya dapat dikendalikan secara otomatis dengan bantuan sensor cahaya (LDR) untuk pelacakan matahari, serta sensor hujan untuk mengaktifkan mekanisme perlindungan (solar shield). NodeMCU juga memungkinkan sistem terhubung ke internet sehingga pengguna dapat melakukan monitoring dan kontrol secara real-time melalui aplikasi seperti Telegram.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka diperlukan suatu penelitian mengenai **“PENGEMBANGAN SISTEM OTOMATISASI PANEL SURYA PINTAR DENGAN MEKANISME AUTO-PARK DAN PERLINDUNGAN SURYA BERBASIS NODEMCU-IOT”**. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sistem panel surya yang tidak hanya mampu mengoptimalkan penyerapan energi melalui pelacakan matahari otomatis, tetapi juga memberikan perlindungan adaptif terhadap kondisi lingkungan, serta menyediakan pemantauan energi berbasis IoT yang efektif dan praktis.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini merancang sistem otomatis *auto-park* dan *solar shield* pada panel surya berbasis IoT menggunakan NodeMCU?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sistem otomatis *auto-park* dan *solar shield* pada panel surya berbasis *IoT* menggunakan NodeMCU.

D. Manfaat Penelitian

1. Meningkatkan efisiensi energi surya.
2. Memberikan perlindungan otomatis terhadap cuaca ekstrem dengan adanya fitur *auto-park* dan *solar shield*.
3. Mengembangkan teknologi iot untuk energi terbarukan.
4. Menjadi solusi alternatif bagi daerah minim infrastruktur listrik .
5. Memberikan referensi ilmiah dan praktis untuk penelitian selanjutnya..

E. Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya membahas pengembangan sistem otomatisasi pada panel surya yang mencakup pengaturan orientasi panel secara otomatis (*Auto-Park*) dan *solar shield* , tanpa membahas integrasi ke dalam sistem kelistrikan skala besar seperti PLN atau grid-tied system.
2. Media Pemantauan Sistem monitoring dilakukan melalui jaringan Wi-Fi menggunakan platform IoT sederhana seperti telegram.

F. Sistematika Penulisan

Adapun susunan penulisan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan pembahasan mengenai latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan serta manfaat dari penelitian, batasan ruang lingkup kajian, dan sistematika penulisan yang disusun berdasarkan hasil kegiatan penelitian.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan sistem otomatisasi dan mekanisme perlindungan pada panel surya berbasis *Internet of Things (IoT)* yang secara langsung mendukung pengembangan prototipe panel surya pintar dalam penelitian ini.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bagian ini menguraikan metode penelitian yang digunakan dalam proses perancangan dan pengembangan sistem.

BAB IV: HASIL DAN PENBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil penelitian yang telah dilakukan dan menghubungkannya dengan teori yang telah ditinjau sebelumnya.

BAB V: PENUTUP

Bab ini memaparkan ringkasan dari seluruh temuan penelitian dan menyertakan saran pengembangan agar alat dapat ditingkatkan kinerjanya di masa mendatang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan sebuah konsep teknologi di mana objek fisik dapat saling berkomunikasi dan mengirimkan data melalui jaringan secara otomatis, tanpa memerlukan intervensi langsung dari manusia maupun perangkat komputer. Seiring waktu, teknologi IoT terus mengalami perkembangan yang pesat (Nurwijayanti & Basyir, 2022).

Internet of Things (IoT) beroperasi dengan memanfaatkan logika pemrograman, di mana setiap instruksi yang diberikan menghasilkan interaksi otomatis antarperangkat atau mesin. Interaksi ini berlangsung tanpa keterlibatan langsung manusia dan tidak terbatas oleh jarak, karena koneksi dilakukan melalui jaringan internet. Peran manusia dalam sistem ini terbatas sebagai pengawas dan pengendali, memastikan perangkat bekerja sesuai fungsi secara real-time (Sandi & Fatma, 2023).

Keterhubungan antara objek fisik dengan jaringan internet menjadi fondasi utama dalam pengembangan berbagai layanan berbasis IoT. Objek-objek fisik diintegrasikan secara kontinu ke dalam sistem informasi, memungkinkan mereka untuk berpartisipasi secara aktif dalam berbagai proses operasional dan bisnis. Melalui konektivitas ini, tercipta layanan cerdas yang mampu berinteraksi satu sama lain, menyesuaikan status berdasarkan informasi yang diterima, sambil tetap mempertimbangkan aspek privasi dan keamanan data (Susanto *et al.*, 2022).

B. Sensor LDR

LDR (*Light Dependent Resistor*) merupakan jenis resistor yang nilai hambatannya berubah-ubah tergantung pada intensitas cahaya yang diterimanya. Ketika terkena cahaya terang, nilai resistansinya akan menurun secara signifikan hingga berada di kisaran ratusan hingga beberapa kilo ohm (Agriawan *et al.*, 2021).



Gambar 2.1 Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*)
(Sumber: <https://nusabot.id>)

C. Motor Servo

Motor servo merupakan salah satu jenis aktuator berupa motor listrik yang dilengkapi dengan sistem kendali internal. Perangkat ini mampu berputar ke dua arah, yakni searah jarum jam (*clockwise*) dan berlawanan arah jarum jam (*counterclockwise*). Gerakan serta sudut putaran motor dikendalikan melalui pengaturan duty cycle dari sinyal Pulse Width Modulation (PWM) yang diberikan pada pin kontrolnya. Informasi mengenai posisi dan sudut rotasi poros motor dikirimkan kembali ke sistem kontrol internal melalui mekanisme umpan balik tertutup (*closed-loop feedback*), yang memungkinkan kontrol presisi terhadap pergerakan motor. Sistem kontrol internal pada motor servo secara

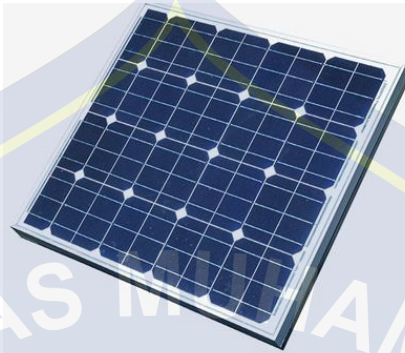
terus-menerus membandingkan posisi aktual poros motor dengan posisi yang diinginkan. Informasi posisi ini diperoleh melalui potensiometer yang terintegrasi dalam rangkaian servo dan dikirim kembali ke sistem kontrol sebagai sinyal umpan balik. (Nasution *et al.*, 2023).



Gambar 2.2 Motor Servo
(Sumber: <https://www.mahirelektro.com>)

D. Panel Surya

Panel surya merupakan perangkat yang tersusun atas kumpulan sel fotovoltaik (PV) yang berfungsi mengonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Matahari, sebagai sumber energi cahaya paling kuat di bumi, dimanfaatkan secara langsung melalui prinsip efek fotovoltaik, di mana foton dari sinar matahari diserap oleh sel surya sehingga memicu terjadinya aliran arus listrik antara dua lapisan material dengan muatan berlawanan. Panel surya memiliki peranan vital dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya, karena kemampuannya mengubah energi radiasi matahari menjadi energi listrik secara efisien. Sel surya yang terdapat di dalam panel ini menjadi komponen utama yang bekerja dalam menangkap dan mengoptimalkan intensitas cahaya matahari untuk menghasilkan daya listrik (Achmad & Nugraha, 2022).



Gambar 2.3 Panel Surya
(Sumber: <https://sinarmonas.co.id/>)

E. Arduino Mega 2560

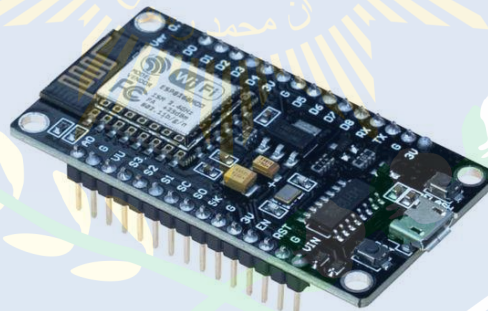
Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berbasis Atmega 2560 (datasheet ATmega 2560). Arduino Mega 2560 memiliki 54 pin digital input/output, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai UART (port serial hardware), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau power dihubungkan dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya (Nurahman *et al.*, 2017).



Gambar 2.4 Arduino Mega
(Sumber: <https://www.arduinoindonesia.id>)

F. NodeMCU

NodeMCU merupakan papan pengendali berbasis chip ESP8266 yang menggabungkan fungsi mikrokontroler dengan kemampuan konektivitas internet melalui jaringan Wi-Fi. Modul ini dilengkapi dengan sejumlah pin input/output (I/O) yang memungkinkan pengembangan berbagai aplikasi pemantauan (monitoring) dan pengendalian (controlling) dalam proyek berbasis *Internet of Things (IoT)*. NodeMCU ESP8266 dapat diprogram menggunakan *Arduino IDE* karena kompatibel dengan compiler Arduino. Dari segi fisik, modul ini memiliki port USB (tipe mini USB) yang memudahkan dalam proses pemrograman. NodeMCU ESP8266 sendiri merupakan versi pengembangan dari modul IoT seri ESP8266 tipe ESP-12, dan memiliki fungsi serupa dengan platform Arduino, namun secara khusus dirancang untuk aplikasi yang membutuhkan konektivitas internet (Sulistyorini *et al.*, 2022).



Gambar 2.4 NodeMCU ESP8266
(Sumber: <https://www.robotistan.com>)

G. Telegram

Telegram adalah aplikasi berbasis *cloud* dan alat enkripsi. Telegram menyediakan enkripsi *end- to-end*, penghancuran pesan secara otomatis, dan infrastruktur multi-pusat data Aplikasi Telegram banyak disukai karena multi platform dan ringan, Telegram juga menyediakan Application Programming

Interface (API) dengan dokumentasi yang lengkap untuk pengembangan sehingga pembuatan chatbot di Telegram dapat dilakukan dengan baik (Furqan *et al.*, 2023)

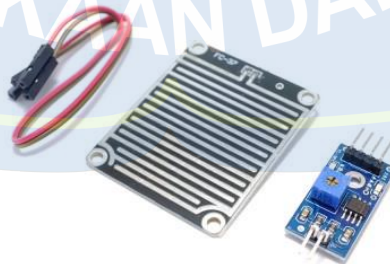


Gambar 2.5 Telegram
(Sumber: <https://favpng.com>)

H. Sensor Hujan

Raindrop sensor atau sensor hujan adalah sebuah alat yang dapat mendeteksi ada tidaknya hujan di sekitar alat sehingga sensor akan aktif jika terkena air hujan. Selain dirancang untuk mendeteksi air hujan, sensor ini juga dapat digunakan untuk mendeteksi level air dan lain lain. Sensor hujan merupakan sensor yang peka terhadap air hujan yang digunakan untuk memberikan nilai input pada tingkat elektrolisis air hujan. (Fauza *et al.*, 2021).

Curah hujan merupakan salah satu unsur cuaca yang datanya diperoleh dengan cara mengukurnya dengan menggunakan alat penakar hujan, sehingga dapat diketahui jumlahnya dalam satuan milimeter mm. Hujan gerimis / drizzle, dengan diameter butirannya kurang dari 0,5 mm. (Mori *et. Al* (1997)



Gambar 2.6 Sensor Hujan
(Sumber: <https://ecadio.com>)

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

1. Waktu

Penelitian ini dilaksanakan dalam kurun waktu tiga bulan, dimulai pada bulan Juni 2025 dan diselesaikan pada bulan Agustus 2025.

2. Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian dalam Tugas Akhir ini dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Makassar.

B. Alat dan Bahan

Pada tahap ini, dilakukan proses pengadaan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk mendukung perancangan prototipe Smart Panel Surya berbasis IoT. Detail dari alat dan bahan yang digunakan selama proses perancangan tercantum pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 di bawah ini..

Tabel 3.1 Daftar Alat yang digunakan

No	Alat	Jumlah
1	Solder	1 buah
2	Multimeter Digital	1 buah
3	Obeng Set	1 set
4	Gergaji Besi	1 buah
5	Tang Kombinasi	1 buah
6	Cutter	1 buah
7	Glue Gun/Lem Tembak	1 buah
8	Laptop	1 buah
9	Smartphone	1 buah

Tabel 3.2 Daftar Bahan yang digunakan

No	Bahan	Jumlah
1	Servo Mg996r 180 & 360	2 buah
2	NodeMCU ESP9266	1 buah
3	Panel Surya	1 buah
4	Controller Panel Surya	1 buah
5	Arduino Mega 2560	1 buah
6	Terminal	1 buah
7	PCB Lubang Polos	1 buah
8	Voltage meter digital	1 buah
9	Push Button Star dan Stop	1 buah
10	Baterai 18650	3 buah
11	BMS 3S	1 buah
12	Modul Sensor LDR	5 buah
13	Resistor ¼ Watt 10k	10 buah
14	Step Up Step Down dc to dc	1 buah
15	Step down modul	1 buah
16	Inverter	1 buah
17	Panel Box Listrik	1 buah
18	Kabel duct	1 batang
19	Timah Solder	1 buah
20	Pipa 1 inch	4 meter
21	Gergaji Besi	2 buah
22	Kabel NYAF 0,75	Secukupnya

C. Metode Penelitian

Pendekatan penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, yang dilengkapi dengan observasi langsung terhadap kinerja prototipe yang telah dirancang. Proses pengujian dilakukan untuk memverifikasi bahwa setiap komponen berfungsi sebagaimana mestinya. Adapun langkah-langkah pelaksanaan penelitian dijabarkan sebagai berikut.

1. Tahap Penelitian

Tahapan yang ditempuh dalam merancang prototipe Smart Panel Surya berbasis IoT dengan menggunakan NodeMCU meliputi beberapa langkah sebagai berikut:

a. Persiapan Umum

Pada tahap awal perancangan prototipe Smart Panel Surya berbasis IoT yang dilengkapi dengan fitur Auto-Park dan Solar Shield berbasis NodeMCU, dilakukan sejumlah kegiatan persiapan umum. Langkah-langkah tersebut mencakup penyusunan dokumen perencanaan, identifikasi serta pencatatan komponen yang diperlukan, dan analisis terhadap kesesuaian serta kompatibilitas antar perangkat.

b. Pembuatan Alat

Tahapan pembuatan prototipe dimulai dengan pengadaan berbagai komponen yang sesuai dengan spesifikasi sistem Smart Panel Surya yang akan dikembangkan. Langkah ini bertujuan untuk menjamin bahwa setiap elemen perangkat dapat saling terhubung dan bekerja secara terpadu sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan.

c. Pengujian Alat

Setelah tahap perakitan prototipe selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah tahap pengujian sistem untuk memastikan bahwa setiap komponen pada Smart Panel Surya, termasuk fitur Auto-Park dan Solar Shield yang terintegrasi dengan NodeMCU, dapat berfungsi sesuai dengan perancangan dan harapan peneliti.

d. Perancangan Ulang

Tahap redesain dilakukan berdasarkan hasil evaluasi dari proses pengujian sistem sebelumnya. Tujuan utama dari langkah ini adalah untuk meningkatkan kualitas desain serta performa sistem, agar prototipe Smart Panel Surya yang dilengkapi dengan fitur Auto-Park dan Solar Shield dapat beroperasi secara lebih efisien dan maksimal dibandingkan versi awal. Namun, jika seluruh fungsi telah terbukti berjalan sesuai dengan yang direncanakan selama pengujian, maka proses perancangan ulang ini tidak perlu dilakukan.

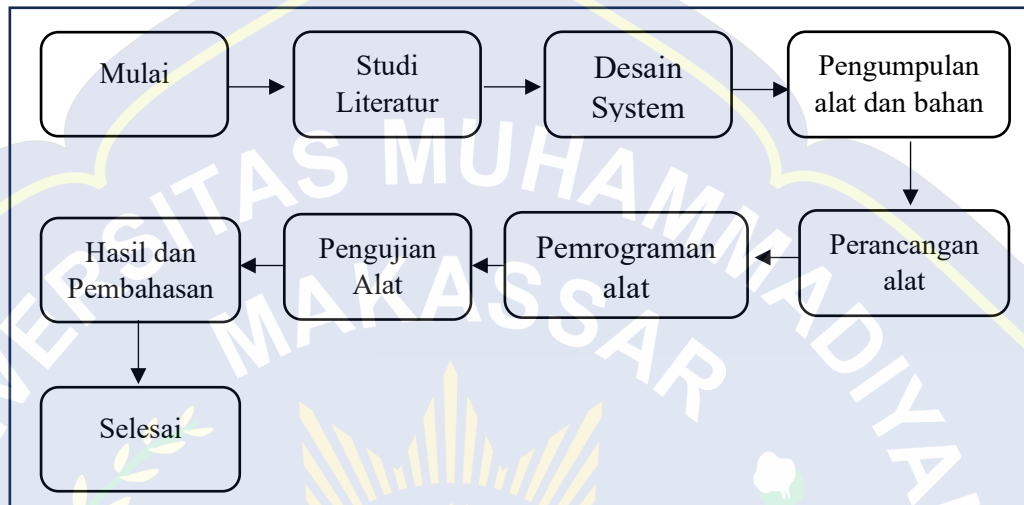
e. Evaluasi

Evaluasi dilakukan dengan tujuan untuk meninjau hasil dari proses pengujian prototipe, guna mengidentifikasi kekurangan yang masih terdapat pada sistem serta menentukan langkah-langkah pengembangan dan penyempurnaan selanjutnya. Evaluasi ini dilaksanakan melalui diskusi bersama tim pelaksana dan dosen pembimbing, agar memperoleh masukan yang konstruktif terhadap kinerja Smart Panel Surya dengan fitur Auto-Park dan Solar Shield.

2. Tahap Perancangan

Perancangan prototipe Smart Panel Surya memerlukan serangkaian tahapan pendahuluan sebelum masuk ke proses perakitan, di antaranya analisis kebutuhan sistem dan perencanaan desain perangkat. Tahapan ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh informasi, komponen, dan bahan

yang diperlukan telah dipersiapkan dengan baik, guna mengurangi potensi kendala yang bisa terjadi selama proses pengembangan..



Gambar 3.1 Tahap Pelaksanaan

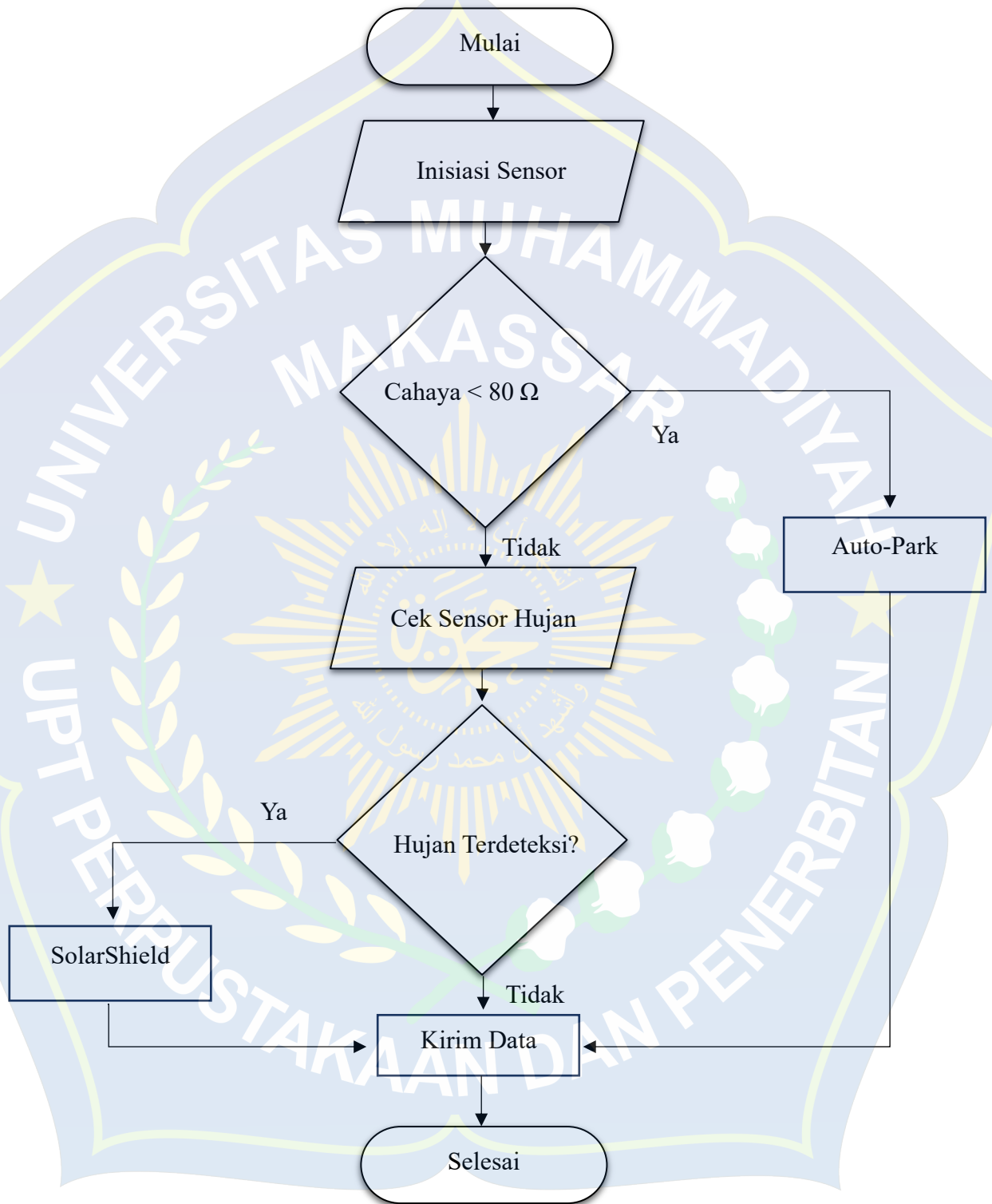
Proses perancangan dimulai dengan studi literatur, di mana peneliti menelusuri berbagai sumber referensi untuk memahami secara mendalam konsep dan teori terkait sistem panel surya pintar berbasis Internet of Things (IoT). Tahapan berikutnya mencakup perancangan sistem, termasuk penyusunan diagram rangkaian dan pemilihan komponen yang sesuai untuk mengimplementasikan fitur Auto-Park dan Solar Shield. Setelah itu, dilakukan pengumpulan seluruh alat dan bahan, baik perangkat keras (hardware) maupun perangkat lunak (software), yang dibutuhkan dalam proses pembuatan prototipe secara keseluruhan.

Pada tahap desain perangkat, dilakukan perakitan komponen perangkat keras sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Sementara itu, dalam tahap pengembangan perangkat lunak, dilakukan integrasi antara NodeMCU dan aplikasi berbasis internet agar sistem dapat dikontrol dan

dipantau melalui perangkat seluler. Setelah sistem berhasil diaktifkan, dilakukan evaluasi dan analisis performa melalui serangkaian uji coba serta pembahasan mengenai respons dan efektivitas sistem dalam menjalankan fitur Auto-Park dan Solar Shield..

3. Flowchart Rancangan Sistem

Diagram ini menggambarkan alur aktivitas sistem dalam mengendalikan prototipe Smart Panel Surya berbasis IoT melalui perangkat smartphone Android, khususnya pada proses pengoperasian fitur Auto-Park dan Solar Shield. Rangkaian langkah kerja sistem secara lengkap dapat dilihat pada diagram flowchart Gambar



Gambar 3.2 Flowchart Mekanisme Kerja Alat

Berdasarkan diagram alur yang Slampirkan, proses kerja sistem dimulai dari tahap inisiasi sensor, di mana NodeMCU mengaktifkan dan menyiapkan sensor cahaya serta sensor hujan untuk membaca kondisi lingkungan. Selanjutnya, sistem memeriksa intensitas cahaya dan membandingkannya dengan nilai 80Ω yang telah ditentukan. Jika intensitas cahaya lebih rendah dari 80Ω , sistem langsung mengaktifkan mode Auto-Park untuk memposisikan panel surya pada posisi aman. Namun, jika intensitas cahaya melebihi 80Ω , sistem melanjutkan ke tahap pemeriksaan sensor hujan.

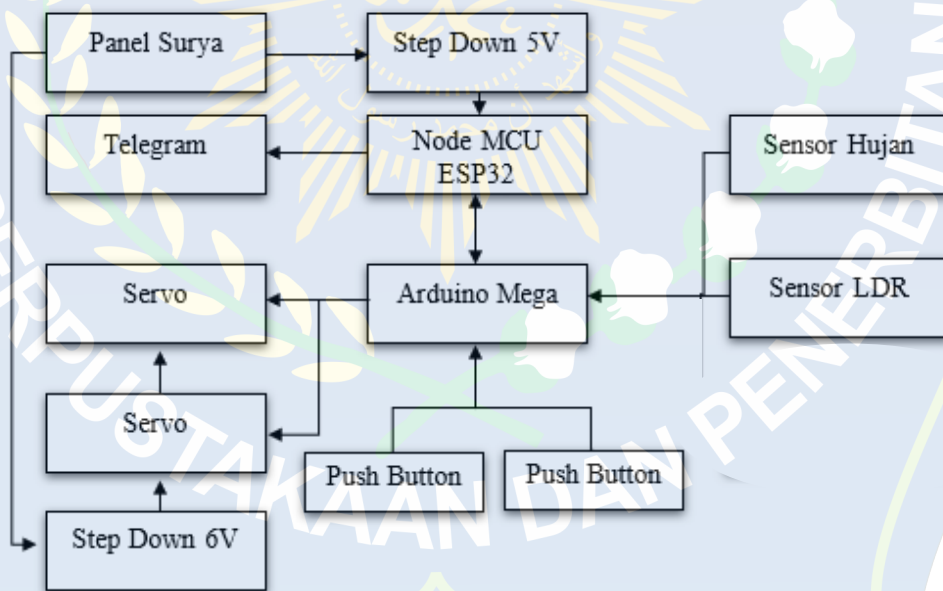
Pada tahap ini, jika hujan terdeteksi, sistem mengaktifkan Solar Shield sebagai pelindung fisik panel surya dari air hujan. Setelah pelindung aktif, sistem kembali ke kondisi siap untuk pembacaan sensor berikutnya. Apabila hujan tidak terdeteksi, proses langsung menuju tahap selesai dan menunggu siklus pembacaan berikutnya. Alur ini memastikan bahwa panel surya selalu terlindungi baik melalui penyesuaian posisi (Auto-Park) maupun pelindung fisik (Solar Shield) sesuai kondisi lingkungan yang terdeteksi.

D. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini mengadopsi pendekatan observasi, yaitu dengan melakukan pengamatan secara langsung terhadap performa prototipe smart panel surya berbasis IoT. Observasi dilakukan secara sistematis terhadap kinerja sensor yang mendeteksi intensitas cahaya, suhu, dan kecepatan angin, serta terhadap respons sistem terhadap variasi kondisi

lingkungan. Aktivasi fitur Solar Shield diamati ketika suhu atau intensitas cahaya melebihi batas ambang yang telah ditetapkan, di mana pelindung otomatis akan aktif guna melindungi permukaan panel dari potensi kerusakan. Sementara itu, fitur Auto-Park diuji dalam kondisi cuaca ekstrem, khususnya saat terdeteksi kecepatan angin tinggi (misalnya di atas 40 km/jam), yang secara otomatis memicu sistem untuk mengubah posisi panel ke mode rebah guna mengurangi risiko kerusakan. Seluruh tahapan sistem terdokumentasi melalui pencatatan data sensor, dokumentasi visual, serta analisis hasil pengujian untuk menilai ketepatan respons sistem dan efektivitas fungsi dari prototipe yang dikembangkan.

E. Blok Diagram Sistem Smart Panel Surya



Gambar 3.3 Blok Diagram system smart panel surya

1. Telegram berfungsi sebagai antarmuka komunikasi antara pengguna dan sistem berbasis mikrokontroler. Dalam konteks sistem ini, Telegram digunakan untuk menerima notifikasi otomatis dari NodeMCU ESP32 seperti

status cuaca (misalnya hujan), status pergerakan panel surya, serta pemantauan daya listrik. Pengguna juga dapat memberikan perintah tertentu melalui bot Telegram untuk mengontrol sistem dari jarak jauh, menjadikan Telegram sebagai komponen utama dalam aspek *Internet of Things* (IoT) pada proyek ini.

2. NodeMCU ESP32 merupakan modul mikrokontroler dengan kemampuan koneksi Wi-Fi dan Bluetooth yang digunakan untuk menjembatani komunikasi antara Arduino Mega dan Telegram. NodeMCU berperan sebagai penghubung IoT yang mengirimkan data sensor atau status sistem ke Telegram, serta menerima perintah dari pengguna melalui jaringan internet. Dengan kata lain, ESP32 bertindak sebagai gateway data ke cloud, mendukung komunikasi nirkabel dalam sistem monitoring dan kontrol otomatis ini.

3. Arduino Mega adalah otak utama dari keseluruhan sistem yang bertugas memproses dan mengontrol semua komponen hardware secara langsung. Mikrokontroler ini memiliki banyak pin input dan output digital/analog, memungkinkan integrasi dengan berbagai sensor dan aktuator. Arduino Mega membaca data dari sensor hujan, sensor cahaya (LDR) serta mengatur gerakan servo berdasarkan data tersebut. Selain itu, Arduino Mega juga menerima input manual dari push button dan dapat mengirim data ke NodeMCU untuk diteruskan ke Telegram.

4. Sensor hujan berfungsi untuk mendeteksi keberadaan air atau kelembaban di permukaan sensor sebagai indikasi adanya hujan. Ketika sensor ini

mendeteksi air hujan, Arduino Mega akan merespons dengan mengaktifkan sistem pelindung panel surya (seperti menutup pelindung melalui servo), serta mengirimkan notifikasi kepada pengguna melalui Telegram. Sensor ini memainkan peran penting dalam sistem proteksi otomatis terhadap perangkat panel surya dari kerusakan akibat hujan.

5. Sensor LDR digunakan untuk mengukur intensitas cahaya matahari dari berbagai arah. Beberapa LDR biasanya diletakkan di sisi kiri, kanan, atas, dan bawah dari panel surya. Arduino Mega membaca perbedaan intensitas cahaya dari sensor-sensor ini dan menggerakkan servo untuk memposisikan panel ke arah sumber cahaya paling kuat. Dengan demikian, panel surya dapat menyerap energi secara optimal sepanjang hari melalui mekanisme solar tracking.
6. Push button dalam sistem ini digunakan sebagai kontrol manual. Terdapat dua push button yang masing-masing terhubung ke Arduino Mega. Tombol pertama digunakan untuk mengontrol pergerakan servo pertama secara manual (misalnya untuk membuka atau mengatur posisi panel), sedangkan tombol kedua berfungsi untuk mengatur servo kedua (misalnya untuk menutup pelindung atau mengaktifkan mode manual tertentu). Push button ini berfungsi sebagai alternatif ketika sistem otomatis tidak digunakan atau dalam keadaan darurat.
7. Sistem ini menggunakan dua buah motor servo yang berfungsi sebagai aktuator. Servo pertama digunakan untuk mengatur arah panel surya ke arah

timur dan barat sesuai dengan intensitas cahaya yang dideteksi oleh sensor LDR.

Ini mendukung mekanisme solar tracker satu atau dua sumbu. Servo kedua digunakan untuk menggerakkan sistem pelindung panel surya, terutama ketika sensor hujan mendeteksi air.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras (*hardware*) merupakan langkah awal dalam mengevaluasi keefektifan atau keberhasilan sistem otomatisasi panel surya pintar berbasis NodeMCU-IoT. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa semua komponen yang digunakan, seperti sensor LDR, dan sensor hujan, serta servo dapat beroperasi sesuai dengan mekanisme yang telah ditetapkan, khususnya pada fitur *auto-park* dan perlindungan surya.



Gambar 4.1 Perancangan Perangkat Keras

1. Pengujian Sensor LDR

Pengujian sensor LDR dilakukan dengan memanfaatkan intensitas cahaya matahari pada berbagai kondisi, baik saat terik maupun redup. Pengujian dilakukan dengan mengukur respons sensor terhadap perubahan intensitas cahaya matahari berdasarkan waktu tertentu untuk memastikan apakah sensor dapat mendeteksi perbedaan tingkat pencahayaan. Ketika intensitas cahaya tinggi, sistem akan menggerakkan panel surya mengikuti arah datangnya cahaya matahari, sedangkan ketika intensitas cahaya rendah,

sistem akan menyesuaikan posisi panel sesuai mekanisme yang telah diprogram. Selain itu, data intensitas cahaya akan ditampilkan melalui monitoring berbasis IoT sebagai informasi status pencahayaan yang diterima panel.



Gambar 4.2 Pengujian Sensor LDR

Berdasarkan hasil uji coba pada gambar 4.2, dapat dilihat bahwa sensor LDR mampu membaca intensitas cahaya matahari. Pada sistem monitoring ditampilkan status pencahayaan, dan panel surya bergerak menyesuaikan arah datangnya cahaya matahari. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sensor LDR bekerja dengan baik dalam mendeteksi perubahan intensitas cahaya matahari untuk mengoptimalkan posisi panel.

2. Sensor Hujan

Pengujian sensor hujan dilakukan dengan memanfaatkan kondisi hujan alami maupun simulasi tetesan air pada permukaan sensor. Pengujian dilakukan untuk mengukur respons sensor terhadap keberadaan air guna memastikan apakah sensor dapat mendeteksi kondisi hujan atau tidak. Ketika sensor mendeteksi air hujan, sistem akan mengaktifkan mekanisme perlindungan surya dengan menggerakkan panel ke posisi auto-park sebagai

mode aman. Selain itu, data kondisi hujan akan ditampilkan melalui monitoring berbasis IoT sebagai informasi status cuaca yang diterima sistem.



Gambar 4.3 Pengujian Sensor Hujan

Berdasarkan hasil uji coba pada gambar 4.3, dapat dilihat bahwa sensor hujan mampu mendeteksi keberadaan air pada saat turun hujan. Pada sistem monitoring ditampilkan status “HUJAN TERDETEKSI”, dan panel surya secara otomatis masuk ke mode auto-park sebagai perlindungan surya. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sensor hujan bekerja dengan baik dalam memberikan sinyal deteksi hujan dan mampu mengaktifkan mekanisme perlindungan panel sesuai rancangan.

B. Pengujian Perangkat Lunak (*Software*)

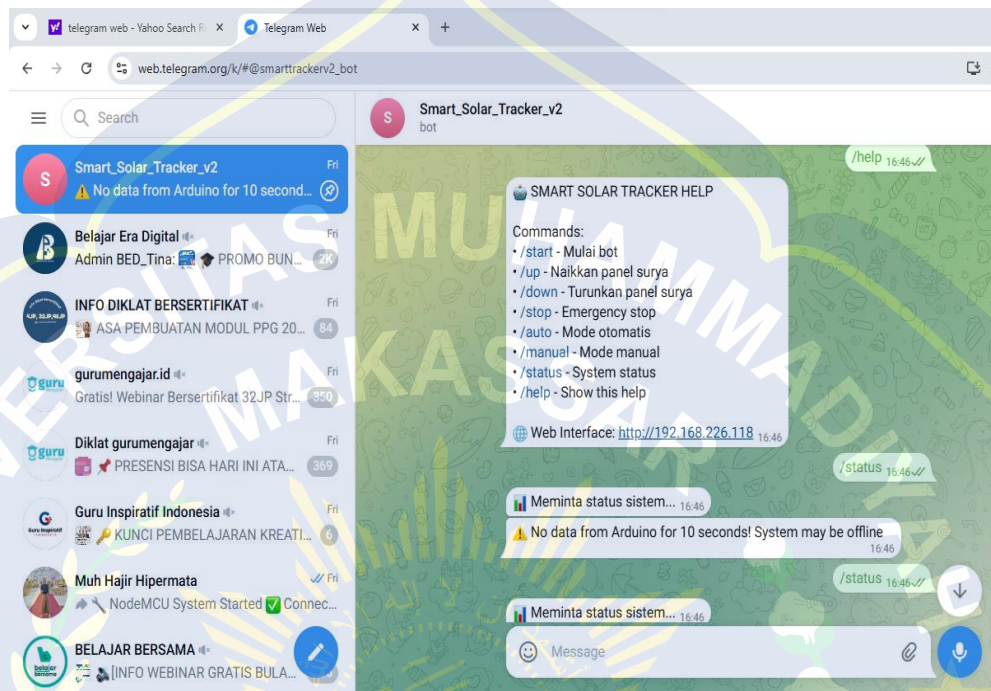
Setelah memastikan bahwa perangkat lunak (*software*) memiliki kinerja yang baik, fokus selanjutnya adalah pengujian perangkat lunak (*software*) yang menjadi otak sistem. Pengujian ini mencakup evaluasi program berbasis NodeMCU dan aplikasi Telegram yang digunakan dalam monitoring serta pengendalian sistem panel surya pintar. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa data dari sensor LDR, sensor hujan, dapat terbaca dengan benar dan ditampilkan melalui Telegram secara real-time.

1. Pengujian Program

Pengujian program dilakukan untuk memastikan bahwa logika pengendalian panel surya pintar beroperasi sesuai dengan mekanisme kerja yang diinginkan. Software yang digunakan untuk membuat program adalah Arduino mega dengan integrasi NodeMCU. Pengujian dilakukan dengan memberikan input dari sensor LDR dan sensor hujan kemudian memantau output berupa pergerakan panel surya, aktivasi mode auto-park, serta data monitoring yang dikirimkan ke aplikasi Telegram. Setelah dilakukan beberapa pengujian, diperoleh hasil bahwa program bekerja sesuai dengan mekanisme yang telah ditetapkan. Listing program lengkap dapat dilihat pada Lampiran 2.

Dengan program tersebut, sistem otomatisasi panel surya pintar berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan sensor LDR, sensor hujan dapat bekerja secara otomatis, serta dapat terhubung dan berkomunikasi dengan aplikasi Telegram. Hal ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi intensitas cahaya matahari, mendeteksi hujan, serta melihat parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, dan daya secara real-time, sehingga pengendalian dan perlindungan panel surya dapat dilakukan secara efisien melalui jaringan.

2. Pengujian Aplikasi Telegram



Gambar 4.5 Pengujian Aplikasi Telegram

Pengujian aplikasi Telegram dilakukan untuk memastikan keberhasilan sistem dalam menyampaikan informasi dari perangkat monitoring secara real-time kepada pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Telegram mampu menampilkan status sistem dan notifikasi kondisi lapangan secara akurat tanpa adanya keterlambatan yang berarti. Notifikasi yang dikirim dapat langsung diterima pengguna, sehingga memungkinkan adanya respon cepat terhadap perubahan yang terjadi pada sistem. Berdasarkan hasil uji, seluruh informasi yang ditampilkan di aplikasi Telegram sesuai dengan kondisi aktual di lapangan. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan Telegram sebagai media monitoring dan notifikasi sangat efektif, karena tidak hanya mempermudah akses informasi tetapi juga

meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan. Dengan demikian, Telegram terbukti sukses berperan sebagai platform komunikasi yang responsif, efisien, dan akurat dalam mendukung proses monitoring berbasis IoT.

C. Hasil Pengujian Sistem Otomatisasi Panel Surya

Pengujian sistem otomatisasi panel surya pintar dilakukan untuk memantau kondisi lingkungan dan parameter listrik secara real-time, sehingga panel dapat bekerja optimal sekaligus terlindungi dari gangguan cuaca. Tujuan dari pengujian ini adalah memastikan seluruh sistem, mulai dari sensor LDR, dapat berfungsi sesuai dengan mekanisme yang telah ditetapkan. Pengujian dilakukan pada berbagai kondisi intensitas cahaya matahari, kondisi hujan, serta variasi beban listrik untuk mengukur tingkat kepekaan sensor dan memastikan batas maksimal sistem dalam mendeteksi serta merespons perubahan lingkungan.

1. Pengujian Sensor LDR



Gambar 4.6 Pengujian Sensor LDR

Hasil Pengujian Sensor LDR:

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor LDR

No	Kondisi Cuaca	Nilai Sensor LDR	Respon Sistem Panel Surya
1	Siang, Jam: 11:00	125 Ω	Ke Timur
2	Sore, Jam: 16:00	90 Ω	Ke Barat
3	Malam	0 Ω	Posisi Awal

Berdasarkan hasil pengujian sensor LDR, diperoleh bahwa nilai sensor sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari. Pada kondisi siang hari, sensor LDR menunjukkan nilai tertinggi yaitu 125 Ω , sehingga sistem panel surya secara otomatis bergerak ke arah Timur mengikuti posisi matahari. Pada malam hari, sensor membaca nilai 0 Ω yang menandakan tidak adanya cahaya, sehingga panel kembali ke posisi awal sebagai mode standby. Sementara itu, pada kondisi sore hari nilai sensor turun menjadi 90 Ω , dan sistem panel surya bergerak ke arah barat untuk menyesuaikan dengan posisi matahari yang lebih rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor LDR mampu mendeteksi perubahan intensitas cahaya secara efektif dan mengendalikan arah panel surya sesuai kondisi pencahayaan, sehingga mendukung fungsi otomatisasi sistem.

2. Hasil Pengujian Sensor Hujan



Gambar 4.7 Pengujian Sensor Hujan

Hasil pengujian Sensor Hujan

No	Kondisi Cuaca	Status Sensor Hujan	Respon Sistem Panel Surya	Hasil Monitoring
1	Tidak ada hujan	1	Panel tetap pada posisi normal	Sensor tidak mendeteksi air
2	Gerimis ringan intensitas < 0,5 mm/jam	0	Mekanisme Turun	Sensor mendeteksi tetesan air
3	Hujan	0	Mekanisme Turun	Sensor Mendeteksi Air

Berdasarkan hasil pengujian sensor hujan yang dilakukan, diperoleh bahwa sistem mampu merespons kondisi cuaca dengan baik sesuai rancangan. Pada saat tidak ada hujan, status sensor menunjukkan angka 1 yang menandakan kondisi kering, sehingga panel surya tetap berada pada posisi normal. Hal ini menunjukkan bahwa sensor tidak memberikan deteksi palsu ketika permukaan

sensor dalam keadaan kering. Selanjutnya, pada kondisi gerimis ringan dengan intensitas kurang dari 0,5 mm/jam, sensor berubah status menjadi 0 yang menandakan adanya tetesan air, sehingga sistem segera mengaktifkan mekanisme penurunan panel surya. Respon ini menunjukkan bahwa meskipun hanya terdapat tetesan kecil, sistem proteksi tetap bekerja dengan baik untuk melindungi panel. Demikian pula pada saat hujan dengan intensitas lebih besar, sensor kembali menunjukkan status 0 dan sistem kembali menjalankan mekanisme penurunan panel surya.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, sistem otomatis *Auto-park dan solar shield* pada panel surya berbasis IoT dengan NodeMCU terbukti berfungsi dengan baik. Hasil pengujian sensor LDR menunjukkan bahwa pada siang hari nilai pembacaan sebesar 125 Ω mengarahkan panel ke barat, pada sore hari panel bergerak kembali ke timur, dan pada malam hari nilai sensor menjadi 0 Ω sehingga panel kembali ke posisi awal.

Pada pengujian sensor hujan, diperoleh hasil bahwa ketika tidak terjadi hujan (status 1), panel tetap berada pada posisi normal. Saat terdeteksi gerimis <0,5 mm/jam (status 0), panel secara otomatis menurun, dan ketika hujan lebat (status 0), panel juga diturunkan sebagai langkah perlindungan.

Keberhasilan sistem ini dicapai melalui integrasi NodeMCU dengan sensor serta motor servo yang mampu mengendalikan pergerakan panel sesuai kondisi cuaca. Selain itu, adanya fitur notifikasi Telegram memberikan kemudahan pemantauan secara real-time.

Dengan demikian, sistem ini terbukti dapat meningkatkan keandalan panel surya sekaligus melindunginya dari potensi kerusakan yang disebabkan oleh faktor lingkungan.

B. Saran

1. Integrasi Sistem Penyimpanan Data (Database dan Cloud)

Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan penyimpanan data secara otomatis ke dalam database atau cloud server. Dengan begitu, riwayat data penggunaan energi, kondisi cuaca, dan status panel dapat dianalisis lebih lanjut untuk evaluasi performa panel surya dalam jangka panjang.

2. Penerapan Energi Mandiri untuk Sistem Kontrol

Sistem kontrol IoT, termasuk NodeMCU dan aktuator, dapat dikembangkan agar menggunakan sebagian daya dari panel surya itu sendiri. Hal ini akan meningkatkan efisiensi energi sekaligus menjadikan sistem lebih mandiri tanpa bergantung pada sumber listrik eksternal.

3. Penggunaan Sensor yang Lebih Kompleks dan Akurat

Pada pengembangan berikutnya, dapat ditambahkan sensor tambahan seperti sensor kecepatan angin (anemometer) untuk melindungi panel dari risiko kerusakan akibat badai atau angin kencang. Dengan sistem multi-sensor, fitur proteksi panel akan lebih optimal dan adaptif terhadap berbagai kondisi lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, I., & Nugraha, A. T. (2022). Implementasi Buck-Boost Converter pada Hybrid Turbin Angin Savonius dan Panel Surya. *Journal of Computer Electronic and Telecommunications*, 3(2). <https://doi.org/10.52435/complete.v3i2.192>
- Agriawan, M. N., Sania, Ramita, C., Wahyuni, N., & Maisarah. (2021). Prototype Sistem Lampu Penerangan Jalan Otomatis Menggunakan Sensor Cahaya Berbasis Arduino Uno. *PHYDAGOGIC Jurnal Fisika Dan Pembelajarannya*, 4(1), 39–42. <https://doi.org/10.31605/phy.v4i1.1489>
- Anwar, S., Artono, T., & Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang, J. (2019). Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 3(1), 1–5.
- Dwisari, V., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2023). Pemanfaatan Energi Matahari: Masa Depan Energi Terbarukan. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 376–384. <https://doi.org/10.37478/optika.v7i2.3322>
- Fauza, N., Syaflita, D., Ramadini, S. S., Annisa, J., Armala, F., Martinqa, E., Susanti, E. D., & Melannia, V. (2021). Rancang Bangun Prototipe Detektor Hujan Sederhana Berbasis Raindrop Sensor Menggunakan Buzzer Dan Led. *Jurnal Kumparan Fisika*, 4(3), 163–168. <https://doi.org/10.33369/jkf.4.3.163-168>
- Furqan, M., Sriani, S., & Shidqi, M. N. (2023). Chatbot Telegram Menggunakan Natural Language Processing. *Walisongo Journal of Information Technology*, 5(1), 15–26. <https://doi.org/10.21580/wjit.2023.5.1.14793>
- Nasution, I. P., Ahmad, U. A., & Tresna, W. P. (2023). Karakterisasi Putaran Motor Servo Jangkauan Setengah Bola Untuk Mendukung Pelontar peluru Berbasis Pneumatic. *E-Proceeding of Engineering*, 10(1), 455–451.
- Nurahman, M. A., Sukowati, A. I., & Situmeang, A. (2017). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Detak Jantung dan Saturasi Oksigen dalam Darah Berbasis Arduino MEGA 2560. *Robert Garnier in Elizabethan England*, 20, 91–178. <https://doi.org/10.2307/j.ctt1vjqnd5.7>
- Nurdiansyah, M., Sinurat, E. C., Bakri, M., Ahmad, I., & Prasetyo, A. B. (2020). Sistem Kendali Rotasi Matahari Pada Panel Surya Berbasis Arduino UNO. *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer*, 1(2), 40–45. <https://doi.org/10.33365/jtikom.v1i2.14>
- Nurwijayanti, & Basyir, A. (2022). PERANCANGAN SISTEM KEAMANAN PINTU RUANGAN OTOMATIS MENGGUNAKAN RFID BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT). *Jurnal Ilmiah Matrik*, 24(1), 21–27. <https://doi.org/10.33557/jurnalmatrik.v24i1.1651>
- Prima Dewi, R., Rahmat, S., & Purnata, H. (2023). Sistem Pendingin Panel Surya Otomatis Untuk Meningkatkan Daya Keluaran Panel Surya. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 14(1), 1–10. <https://doi.org/10.24176/simet.v14i1.8901>

- Sandi, G. H., & Fatma, Y. (2023). Pemanfaatan Teknologi Internet of Things (Iot) Pada Bidang Pertanian. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(1), 1–5. <https://doi.org/10.36040/jati.v7i1.5892>
- Sulistyorini, T., Sofi, N., & Sova, E. (2022). Pemanfaatan Nodemcu Esp8266 Berbasis Android (Blynk) Sebagai Alat Mematikan Dan Menghidupkan Lampu. *Jurnal Ilmiah Teknik*, 1(3), 40–53. <https://doi.org/10.56127/juit.v1i3.334>
- Surahman, M. F., Mubarak, A. M., Darmansyah, H. T., Ahnaf, M. D. F., & Parapat, R. Y. (2025). NANO TEKNOLOGI DALAM PENINGKATAN EFISIENSI DAN KINERJA PANEL SURYA. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 3(2024), 269–277.
- Susanto, F., Prasiani, N. K., & Darmawan, P. (2022). Implementasi Internet of Things Dalam Kehidupan Sehari-Hari. *Jurnal Imagine*, 2(1), 35–40. <https://doi.org/10.35886/imagine.v2i1.329>
- Timotius, H., Welman Simatupang, J., Andriani, M., Situmeang, P., Ramos SM, I., & Fauzi, M. (2023). Analisis Potensi Energi Matahari Menjadi Energi Listrik Di Indonesia: Proyeksi Dan Peramalan Kapasitas Terpasang Plts Dengan Metode Double Exponential Smoothing. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 25(2), 183–195. <https://doi.org/10.24912/tesla.v25i2.25831>
- Tukiman, Suwarno, & Zambak, M. F. (2022). Optimalisasi Tracking Sistem Otomatis Untuk Menghasilkan Energi Maksimal Pada Panel Surya Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC). *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi)*, 2(2).
- Utami Putri, N., Santoso, F., & Trisnawati, F. (2022). Rancang Bangun Solar Tracking System Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga Berbasis Microcontroller Arduino Uno. *Electrician*, 16(2), 161–167. <https://doi.org/10.23960/elc.v16n2.2266>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kode Program

```
String(systemState.autoTracking ? "AUTO" : "MANUAL");

statusMsg += " | Daya: " + String(powerData.power) + "W";

sendTelegramRequest(statusMsg);
nodeMCU.println(F("{\"status\":\"telegram status sent\"}"));
}

* Emergency stop function
*/

void emergencyStop() {
    azimuthServo.write(SERVO_EAST_POSITION);
    elevationServo.write(SERVO_STOP);
    systemState.autoTracking = false;
    systemState.manualOverride = false;
    systemState.servoMoving = false;
    Serial.println("EMERGENCY STOP ACTIVATED");
    sendTelegramRequest("🔥 EMERGENCY STOP DIJALANKAN");
}

/**
 * Safety check function
 */

void safetyCheck() {
    // Emergency stop jika kedua limit switch aktif
    if (systemState.limitTop && systemState.limitBottom) {
        emergencyStop();

        sendTelegramRequest("⚠️ KEDUA LIMIT SWITCH AKTIF - SISTEM ERROR");

        return;
    }
}
```

```

// Current overload protection
if (powerData.current > 2.5) {
    emergencyStop();

    sendTelegramRequest(" 🚨 OVERLOAD! Current: " +
String(powerData.current) + "A");
    return;
}

// Block movement during rain
if (systemState.isRaining && systemState.manualOverride) {
    elevationServo.write(SERVO_STOP);
    systemState.manualOverride = false;
    * Mencetak status sistem ke serial monitor
    */
void printSystemStatus() {
    Serial.println(F("\n=== SMART SOLAR TRACKER STATUS ==="));
    Serial.print(F("LDR Timur: ")); Serial.println(systemState.ldrEast);
    Serial.print(F("LDR Barat: ")); Serial.println(systemState.ldrWest);
    Serial.print(F("Sensor Hujan: ")); Serial.println(systemState.isRaining ?
"HUJAN" : "CERAH");
    Serial.print(F("Limit Atas: ")); Serial.println(systemState.limitTop ?
"TERAKTIVASI" : "NORMAL");
    Serial.print(F("Limit Bawah: ")); Serial.println(systemState.limitBottom ?
"TERAKTIVASI" : "NORMAL");
    Serial.print(F("Boleh Naik: ")); Serial.println(systemState.canMoveUp ? "YA" :
"TIDAK");
    Serial.print(F("Boleh Turun: ")); Serial.println(systemState.canMoveDown ?
"YA" : "TIDAK");

    Serial.print(F("Azimuth: ")); Serial.print(systemState.azimuthAngle);
    Serial.println(F("°"));

    Serial.print(F("Target Azimuth: ")); Serial.print(systemState.targetAzimuth);
    Serial.println(F("°"));

```

```
Serial.print(F("Elevasi: ")); Serial.print(systemState.elevationAngle);  
Serial.println(F("°"));  
  
Serial.print(F("Mode: ")); Serial.println(systemState.autoTracking ?  
"OTOMATIS" : "MANUAL");  
  
Serial.print(F("Servo Moving: ")); Serial.println(systemState.servoMoving ?  
"YES" : "NO");  
  
Serial.print(F("Tegangan: ")); Serial.print(powerData.voltage); Serial.println(F(" V"));  
  
Serial.print(F("Arus: ")); Serial.print(powerData.current); Serial.println(F(" A"));  
Serial.print(F("Daya: ")); Serial.print(powerData.power); Serial.println(F(" W"));  
Serial.print(F("Energi: ")); Serial.print(powerData.energy); Serial.println(F(" kWh"));  
Serial.println(F("-----"));  
}
```

Lampiran 2. Dokumentasi Pembuatan Alat



Pemasangan Alat dalam Pane



Pemasangan Sensor



Pemasangan Kode Program



Foto Alat Sudah Selesai



Pemasangan Rangka Panel Surya



Pengambilan Data



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
UPT PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN**

Alamat kantor: Jl.Sultan Alauddin NO.259 Makassar 90221 Tlp.(0411) 866972,881593, Fax.(0411) 865588

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

**UPT Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar,
Menerangkan bahwa mahasiswa yang tersebut namanya di bawah ini:**

Nama : Muh Hajir
Nim : 105821103321
Program Studi : Teknik Elektro

Dengan nilai:

No	Bab	Nilai	Ambang Batas
1	Bab 1	6%	10 %
2	Bab 2	21%	25 %
3	Bab 3	2%	10 %
4	Bab 4	6%	10 %
5	Bab 5	4%	5 %

Dinyatakan telah lulus cek plagiat yang diadakan oleh UPT- Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar Menggunakan Aplikasi Turnitin.

Demikian surat keterangan ini diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan seperlunya.

Makassar, 28 Agustus 2025

Mengetahui,

Kepala UPT- Perpustakaan dan Penerbitan,



Nursinah, S.Hum., M.I.P

NBM. 964 591