



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**SISTEM KONTROL SMART SHADING SYSTEM UNTUK
PRAKTIKUM PEMBELAJARAN PLTS**

SKRIPSI

MAHIKA BAGAS FIRLIANSYAH

2203411004

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**SISTEM KONTROL SMART SHADING SYSTEM UNTUK
PRAKTIKUM PEMBELAJARAN PLTS**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan**

**MAHIKA BAGAS FIRLIANSYAH
2203411004**

PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

NAMA : MAHIKA BAGAS FIRLIASYAH

NIM : 2203411004

TANDA TANGAN :

TANGGAL : 01 JULI 2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Tugas Akhir diajukan oleh :

Nama : Mahika Bagas Firliansyah

NIM : 2203411004

Program Studi : Teknik Otomasi Listrik Industri

Judul Tugas Akhir : SISTEM KONTROL *SMART SHADING*
: SYSTEM UNTUK PRAKTIKUM
PEMBELAJARAN PLTS

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Akhir pada 01 Juli 2026 dan dinyatakan
LULUS.

Dosen Pembimbing I Yani Haryani S.Pd. M.Pd.T.
NIP. 198706172022032003

Dosen Pembimbing II Nagib Muhammad, S.T., M.T.
NIP. 199406052022031007

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 01 Juli 2026

Disahkan oleh



Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. Murie Dwiyaniti, S.T., M.T.

NIP. 197803312003122002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini dengan judul “*Sistem Kontrol Smart Shading System Untuk Praktikum Pembelajaran PLTS*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi Sarjana Terapan (D4) pada Program Studi Teknik Otomasi Listrik Industri, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi sistem kontrol *smart shading system* sebagai media praktikum pembelajaran Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Sistem yang dikembangkan menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama dengan integrasi *motor stepper*, aktuator linear, sensor MPU6050, dan HMI *Nextion* untuk mengatur posisi *shading*, arah panel surya, serta sudut kemiringan panel surya secara otomatis. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan media praktikum yang mampu mensimulasikan berbagai kondisi operasional PLTS, khususnya pengaruh parsial *shading*, arah panel surya, dan sudut kemiringan panel terhadap kinerja panel surya secara interaktif, terukur, dan mendekati kondisi nyata di lapangan.

Dalam penyusunan laporan skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, serta motivasi baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan nikmat dan kemudahan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
2. Ibu Yani Haryani, S.Pd., M.Pd.T., selaku Dosen Pembimbing I, atas bimbingan, arahan, dan dukungannya yang luar biasa selama proses penyusunan skripsi ini.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Bapak Nagib Muhammad, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II, yang dengan sabar memberikan masukan yang sangat berharga dalam penyempurnaan skripsi ini.
4. Keluarga tercinta, yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dan dukungan yang tak ternilai dalam setiap langkah perjalanan studi ini.
5. Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta beserta jajarannya, atas segala dukungan dalam menjalankan studi ini.
6. Ketua Program Studi Teknik Otomasi Listrik Industri beserta staf yang telah memberikan bekal ilmu dan fasilitas selama masa perkuliahan.
7. Segenap Dosen Pengajar di Program Studi Teknik Otomasi Listrik Industri, Politeknik Negeri Jakarta, atas ilmu yang telah diberikan selama masa studi.
8. Sahabat-sahabat dan rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Otomasi Listrik Industri angkatan 2022, yang telah memberikan dukungan moral dan kerja sama yang sangat berarti.
9. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada Deswita yang selalu memberikan dukungan, motivasi, doa, serta semangat selama proses penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada Bapak Abdul Gofur Syam, Agam Permana Putra, Fazri Al Ramdani, Muh.Ikrar Sakti, Rakha Adrian Prabaswara, dan Alzyar Atmaji yang telah memberikan berbagai masukan, bantuan, serta dukungan selama proses perancangan, pengujian, dan penyelesaian penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, dan terdapat banyak kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan dan pengembangan lebih lanjut di masa depan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, serta memberikan kontribusi positif bagi perkembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik otomasi industri, khususnya dalam aplikasi kontrol motor dan sistem pengereman.

Akhir kata, semoga segala usaha dan kerja keras yang telah dilakukan diberkahi dan diridhoi oleh Allah SWT. Aamiin.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Depok, 01 Juli 2026

Mahika Bagas Firliasyah





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang dan merealisasikan *smart shading system* yang mampu mengendalikan posisi *shading*, arah panel surya, dan sudut kemiringan panel surya sebagai media pembelajaran Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), dimana pada proses praktikum sebelumnya simulasi *partial shading* masih dilakukan secara manual menggunakan batu dan kardus sehingga kurang terukur dan sulit dilakukan secara berulang. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi kinerja sistem kontrol berbasis ESP32-S3 yang terintegrasi dengan HMI *Nextion*, motor *stepper* NEMA23, aktuator linear HARL1834, dan sensor MPU6050. Metode penelitian dilakukan melalui perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, integrasi sistem, serta pengujian berdasarkan variasi *setpoint* posisi *shading*, arah panel surya, dan sudut kemiringan panel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengendalikan posisi *shading* pada variasi 0%–80%, mengatur arah panel surya sesuai hasil kalibrasi, serta mengendalikan sudut kemiringan panel dengan rata-rata waktu respon sebesar 28,06 detik untuk pengendalian *shading*, 28,70 detik untuk pengendalian arah panel, dan 7,22 detik untuk pengendalian sudut kemiringan. Pengujian sudut kemiringan menghasilkan error sebesar 0,3°, 0,6°, dan 0,8° pada *setpoint* 20°, 40°, dan 60° dengan rata-rata error 0,57°. Berdasarkan hasil tersebut, *smart shading system* yang dikembangkan mampu mensimulasikan kondisi *shading*, arah panel, dan sudut kemiringan panel surya secara terukur, konsisten, dan dapat digunakan sebagai media praktikum pembelajaran PLTS.

Kata Kunci: *Smart Shading System*, ESP32-S3, HMI *Nextion*, Motor *Stepper* NEMA23, PLTS.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Abstract

The problem addressed in this study is how to design and implement a smart shading system capable of controlling the shading position, solar panel orientation, and panel tilt angle as a learning medium for Photovoltaic (PV) systems. Previously, shading simulation during PV laboratory activities was performed manually using objects such as stones and cardboard, resulting in conditions that were less measurable and difficult to reproduce consistently. This study aims to design, implement, and evaluate the performance of an ESP32-S3-based control system integrated with a Nextion Human Machine Interface (HMI), NEMA23 stepper motors, a HARL1834 linear actuator, and an MPU6050 sensor. The research method consisted of hardware design, software development, system integration, and performance testing based on various shading positions, panel orientations, and tilt angle setpoints. The experimental results showed that the developed system was capable of controlling shading positions from 0% to 80%, adjusting the solar panel orientation according to the calibrated positions, and controlling the panel tilt angle with an average response time of 28.06 s for shading control, 28.70 s for panel orientation control, and 7.22 s for tilt angle control. The tilt angle control produced errors of 0.3°, 0.6°, and 0.8° at the 20°, 40°, and 60° setpoints, respectively, with an average error of 0.57°. Based on these results, the developed smart shading system is capable of providing a measurable, consistent, and repeatable simulation of shading conditions, solar panel orientation, and panel tilt angle, making it suitable as a practical learning medium for photovoltaic system laboratories.

Keywords: Smart Shading System, ESP32-S3, Nextion HMI, NEMA23 Stepper Motor, Photovoltaic System (PV).



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
Abstrak	viii
Abstract	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Luaran	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Penelitian Terdahulu	5
2.2. Konsep Dasar Energi Surya	7
2.3. Fotovoltaik (<i>Photovoltaic Cell</i>).....	8
2.4. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	9
2.4.1. Definisi dan Jenis <i>Shading</i>	12
2.4.2. Pengaruh Terhadap Performa Panel Surya	13
2.5. <i>Smart Shading System</i>	13
2.6. Mikrokontroler ESP32-S3.....	14
2.7. Motor <i>Stepper</i> NEMA23 (57BYG250).....	16



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.8. <i>Driver Motor Stepper TB6600</i>	16
2.9. <i>Aktuator Linear HARL1834</i>	17
2.10. <i>Driver Motor BTS7960</i>	18
2.11. <i>Sensor MPU6050</i>	19
2.12. <i>Human Machine Interface (HMI) Nextion</i>	21
2.13. <i>Sistem Kontrol Smart Shading Berbasis ESP32</i>	23
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI ALAT	24
3.1. <i>Rancangan Alat</i>	24
3.1.1. <i>Deskripsi Alat</i>	25
3.1.2. <i>Cara Kerja Alat</i>	26
3.1.3. <i>Blok Diagram Sistem Loop Tertutup</i>	27
3.1.4. <i>Blok Diagram Perangkat Keras</i>	29
3.1.5. <i>Blok Diagram Input Output</i>	30
3.1.6. <i>Spesifikasi Alat</i>	31
3.1.7. <i>Desain Alat</i>	32
3.1.8. <i>Rangkaian Daya (Pada Trainer Kit)</i>	36
3.1.9. <i>Rangkaian Kontrol</i>	37
3.2. <i>Realisasi Alat</i>	40
3.2.1. <i>Realisasi Mekanik Smart Shading System</i>	40
3.2.2. <i>Realisasi Trainer Kit Smart Shading System</i>	43
3.2.3. <i>Realisasi Sistem Kontrol</i>	43
3.2.4. <i>Realisasi Antarmuka HMI Nextion</i>	44
3.2.5. <i>Realisasi Program ESP32-S3</i>	47
3.2.6. <i>Realisasi Pengendalian Shading</i>	49
3.2.7. <i>Realisasi Pengendalian Arah</i>	52
3.2.8. <i>Realisasi Pengendalian Sudut Kemiringan Panel</i>	53



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.2.9. Realisasi Integrasi Sistem	56
BAB IV PEMBAHASAN.....	58
4.1. Pengujian Kontrol <i>Smart Shading System</i>	58
4.1.1. Deskripsi Pengujian	58
4.1.2. Prosedur Pengujian.....	59
4.1.3. Data Hasil Pengujian.....	60
4.1.4. Analisis Data / Evaluasi	71
4.2. Pengujian Pengendalian <i>Shading</i>	72
4.2.1. Deskripsi Pengujian	72
4.2.2. Prosedur Pengujian.....	73
4.2.3. Data Hasil Pengujian.....	73
4.2.4 Analisis Data / Evaluasi	80
4.3. Pengujian Pengendalian Arah Panel surya.....	81
4.3.1. Deskripsi Pengujian	81
4.3.2. Prosedur Pengujian.....	82
4.3.3. Data Hasil Pengujian.....	82
4.3.4. Analisis Data / Evaluasi	85
4.4. Pengujian Pengendalian Sudut Kemiringan Panel Surya.....	86
4.4.1. Deskripsi Pengujian	86
4.4.2. Prosedur Pengujian.....	87
4.4.3. Data Hasil Pengujian.....	87
4.4.4. Analisis Data / Evaluasi	89
4.5. Evaluasi Kinerja Sistem Kontrol <i>Smart Shading System</i>	90
4.5.1. Evaluasi Ketepatan Pengendalian Sistem	90
4.5.2. Evaluasi Waktu Respon Sistem	91
4.5.3. Evaluasi Integrasi Sistem	92



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.5.4. Pembahasan Terhadap Rumusan Masalah	93
4.5.5. Pembahasan Terhadap Tujuan Penelitian	93
4.5.6. Evaluasi Akhir Sistem.....	94
BAB V PENUTUP.....	95
5.1. Kesimpulan	95
5.2. Saran.....	96
DAFTAR PUSTAKA	97
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	100
LAMPIRAN.....	101





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

<i>Tabel 2. 1 Spesifikasi Teknis ESP32-3S.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabel 2. 2 Spesifikasi Sensor MPU-6050.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabel 2. 3 Spesifikasi teknis HMI.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabel 4. 1 Data Hasil Pengujian.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Pengendalian Shading 20%.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabel 4. 3 Data Hasil Pengujian Pengendalian Shading 40%.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabel 4. 4 Data Hasil Pengujian Pengendalian Shading 60%.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabel 4. 5 Data Hasil Pengujian Pengendalian Shading 80%.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Pengendalian Arah Panel Surya.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Pengendalian Arah Panel Surya.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabel 4. 7 Data Hasil Pengujian Pengendalian Sudut Kemiringan Panel Surya</i>	<i>87</i>

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar 2. 1 PLTS on grid.....</i>	<i>10</i>
<i>Gambar 2. 2 PLTS off grid.....</i>	<i>11</i>
<i>Gambar 2. 3 PLTS Hybrid.....</i>	<i>11</i>
<i>Gambar 2. 4 Mikrokontroler ESP32-S3.....</i>	<i>14</i>
<i>Gambar 2. 5 Motor Stepper NEMA23.....</i>	<i>16</i>
<i>Gambar 2. 6 Driver TB6600.....</i>	<i>17</i>
<i>Gambar 2. 7 Aktuator Linear HRL.....</i>	<i>18</i>
<i>Gambar 2. 8 IC Driver BTS7960.....</i>	<i>19</i>
<i>Gambar 2. 9 Sensor MPU6050.....</i>	<i>21</i>
<i>Gambar 2. 10 Human Machine Interface.....</i>	<i>21</i>
<i>Gambar 3. 1 Flowchart Pengoperasian Alat.....</i>	<i>27</i>
<i>Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem Loop Tertutup.....</i>	<i>28</i>
<i>Gambar 3. 3 Blok Diagram Perangkat Keras.....</i>	<i>29</i>
<i>Gambar 3. 4 Blok Diagram Input output.....</i>	<i>30</i>
<i>Gambar 3. 5 Desain Alat (Tampak Samping).....</i>	<i>32</i>
<i>Gambar 3. 6 Penempatan Komponen Kontrol.....</i>	<i>34</i>
<i>Gambar 3. 7 Tampak Atas Desain.....</i>	<i>34</i>
<i>Gambar 3. 8 Tampak Depan Desain.....</i>	<i>35</i>
<i>Gambar 3. 9 Tampak Belakang Desain.....</i>	<i>35</i>
<i>Gambar 3. 10 Tampak Bawah Desain.....</i>	<i>36</i>
<i>Gambar 3. 11 Rangkaian Daya.....</i>	<i>36</i>
<i>Gambar 3. 12 Rangkaian Kontrol Smart Shading System.....</i>	<i>38</i>
<i>Gambar 3. 13 PCB Driver Motor dan Aktuator.....</i>	<i>39</i>
<i>Gambar 3. 14 Skematik PCB Kontrol Smart Shading System.....</i>	<i>39</i>
<i>Gambar 3. 15 Realisasi Smart Shading System.....</i>	<i>40</i>
<i>Gambar 3. 16 Mekanisme Belt Shading.....</i>	<i>41</i>
<i>Gambar 3. 17 Mekanisme Gear.....</i>	<i>42</i>
<i>Gambar 3. 18 Aktuator linear (hidrolik.....</i>	<i>42</i>
<i>Gambar 3. 19 Trainer Kit.....</i>	<i>43</i>
<i>Gambar 3. 20 Tampilan page control.....</i>	<i>44</i>
<i>Gambar 3. 21 Tampilan page shading.....</i>	<i>45</i>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3. 22 Tampilan page arah.....	45
Gambar 3. 23 Tampilan page angle	46
Gambar 3. 24 Tampilan page monitoring angle & shading.....	46
Gambar 3. 25 Inisialisasi Pin ESP32-S3	47
Gambar 3. 26 Inisialisasi Sistem pada Fungsi Setup().....	48
Gambar 3. 27 Program Penerimaan Perintah HMI.....	48
Gambar 3. 28 Konfigurasi Posisi Shading	49
Gambar 3. 29 Program Pengendalian Shading.....	50
Gambar 3. 30 Program Penerimaan Perintah Shading dari HMI	51
Gambar 3. 31 Program Pengendalian arah	52
Gambar 3. 32 Program Penerimaan Perintah arah dari HMI.....	53
Gambar 3. 33 Program Konversi Posisi ke Sudut	54
Gambar 3. 34 Program Pengendalian Sudut Kemiringan.....	55
Gambar 3. 35 Program Penerimaan Perintah Sudut dari HMI	56
Gambar 3. 36 Integrasi Smart Shading System Secara Keseluruhan.....	57
Gambar 4. 1 Komunikasi HMI Nextion dengan ESP32-S3	61
Gambar 4. 2 Hasil Komunikasi HMI Nextion dengan ESP32-S3.....	62
Gambar 4. 3 Pengendalian Posisi Shading	63
Gambar 4. 4 Hasil Pengendalian Posisi Shading.....	64
Gambar 4. 5 Pengendalian Arah Panel Surya.....	65
Gambar 4. 6 Hasil Pengendalian Arah Panel Surya.....	66
Gambar 4. 7 Pengendalian Sudut Kemiringan Panel.....	67
Gambar 4. 8 Hasil Pengendalian Sudut Kemiringan Panel.....	68
Gambar 4. 9 Penyimpanan Posisi Terakhir Sistem	69
Gambar 4. 10 Hasil Penyimpanan Posisi Terakhir Sistem	70
Gambar 4. 11 Smart Shading System Saat Pengujian	71
Gambar 4. 12 Grafik Hubungan Setpoint Shading terhadap Step Motor	79
Gambar 4. 13 Grafik Hubungan Setpoint Shading terhadap Waktu Respon	79
Gambar 4. 14 Grafik Hubungan Arah Panel terhadap Step Motor	84
Gambar 4. 15 Grafik Hubungan Arah Panel terhadap Waktu Respon	84
Gambar 4. 16 Grafik Perbandingan Setpoint dan Sudut Aktual	88
Gambar 4. 17 Grafik Error Sudut Kemiringan Panel	89



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Transisi energi menuju pemanfaatan sumber energi yang lebih ramah lingkungan telah mendorong perkembangan teknologi energi terbarukan di berbagai negara. Salah satu teknologi yang berkembang pesat adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi listrik. Indonesia sebagai negara beriklim tropis memiliki potensi radiasi matahari yang tinggi sehingga pengembangan teknologi PLTS menjadi salah satu solusi dalam mendukung ketahanan energi nasional. Seiring dengan perkembangan tersebut, penguasaan teknologi PLTS juga menjadi kebutuhan penting dalam dunia pendidikan, khususnya pada program studi teknik elektro, untuk mempersiapkan sumber daya manusia yang mampu merancang, mengoperasikan, serta menganalisis sistem energi surya secara komprehensif (Asdhiyoga Rahmanta et al., n.d.).

Dalam mendukung proses pembelajaran tersebut, berbagai media praktikum PLTS telah dikembangkan sebagai sarana pembelajaran di perguruan tinggi. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh (Alensyah et al., 2024) dari Politeknik Negeri Jakarta yang mengembangkan PLTS *Trainer* sebagai media pembelajaran di Laboratorium Konversi Energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa trainer PLTS mampu meningkatkan efektivitas proses pembelajaran melalui kegiatan praktikum yang lebih interaktif serta membantu mahasiswa memahami prinsip kerja sistem pembangkit listrik tenaga surya. Meskipun demikian, media pembelajaran yang dikembangkan masih berfokus pada pengenalan komponen dan karakteristik dasar PLTS sehingga belum mampu mensimulasikan berbagai kondisi operasional yang sering terjadi di lapangan, khususnya kondisi *partial shading*.

Dari sisi teknis, kinerja panel surya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, terutama intensitas radiasi matahari, temperatur permukaan panel, orientasi panel, serta adanya bayangan parsial (*partial shading*). Kondisi *partial shading* merupakan salah satu faktor yang paling berpengaruh terhadap penurunan performa panel surya karena menyebabkan berkurangnya tegangan, arus, dan daya



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

keluaran sistem. Penelitian yang dilakukan oleh (Putri et al., 2024) menunjukkan bahwa semakin besar area panel surya yang tertutup bayangan, maka semakin besar pula penurunan daya yang dihasilkan oleh sistem PLTS. Selain itu, penelitian (Afroni dan Wirateruna., 2025) menjelaskan bahwa kondisi *partial shading* menyebabkan karakteristik keluaran panel surya menjadi lebih kompleks sehingga memengaruhi proses pencarian titik daya maksimum (*Maximum Power Point Tracking* atau MPPT). Penelitian lain oleh (Setiawan et al., 2024) juga menunjukkan bahwa deteksi kondisi *partial shading* secara cepat sangat diperlukan untuk memperoleh estimasi kehilangan daya panel surya yang lebih akurat.

Meskipun berbagai penelitian mengenai pengaruh *partial shading* telah banyak dilakukan, media praktikum PLTS yang tersedia di laboratorium pendidikan pada umumnya masih bersifat statis dan hanya mampu menunjukkan kondisi operasi normal panel surya. Parameter yang diamati biasanya hanya berupa tegangan, arus, dan daya keluaran tanpa adanya kemampuan untuk mensimulasikan perubahan kondisi lingkungan secara otomatis dan terkontrol. Akibatnya, mahasiswa belum memperoleh pengalaman praktikum yang mampu menggambarkan pengaruh kondisi *partial shading* terhadap karakteristik panel surya secara langsung. Kondisi tersebut menyebabkan pemahaman mahasiswa mengenai fenomena *partial shading* masih didominasi oleh teori sehingga kurang merepresentasikan kondisi nyata yang terjadi pada sistem PLTS di lapangan.

Perkembangan teknologi mikrokontroler, sistem monitoring, dan Internet of Things (IoT) memberikan peluang untuk mengembangkan media pembelajaran yang lebih adaptif dan interaktif. Penelitian yang dilakukan oleh (Sari et al., 2024) menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis IoT mampu memantau parameter kelistrikan panel surya secara *real-time* sehingga memudahkan proses observasi performa sistem PLTS. Selain itu, (Khowarizmi dan Setiyono., 2025) mengembangkan sistem monitoring PLTS berbasis PLC dan IoT yang mampu meningkatkan efektivitas proses pemantauan melalui integrasi sensor, perangkat kontrol, dan sistem komunikasi data secara terpadu. Perkembangan teknologi tersebut membuka peluang untuk mengembangkan media pembelajaran yang tidak hanya mampu melakukan monitoring, tetapi juga mampu melakukan simulasi kondisi operasi panel surya secara otomatis.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan uraian tersebut, masih terdapat kesenjangan antara media pembelajaran PLTS yang telah dikembangkan dengan kebutuhan praktikum yang mampu mensimulasikan kondisi *partial shading* secara otomatis. Sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada monitoring performa panel surya atau analisis pengaruh *partial shading*, sedangkan penelitian mengenai sistem kontrol yang mampu menghasilkan simulasi kondisi bayangan secara otomatis sebagai media pembelajaran masih relatif terbatas. Oleh karena itu, diperlukan suatu inovasi berupa *smart shading system* yang mampu mensimulasikan kondisi *partial shading* secara otomatis melalui pengendalian mekanisme *shading* sehingga pengguna dapat mengamati perubahan tegangan, arus, daya, intensitas cahaya, temperatur panel, arah panel, serta sudut kemiringan panel secara *real-time*. Sistem ini diharapkan mampu memberikan pengalaman praktikum yang lebih interaktif dan kontekstual sehingga dapat menjembatani kesenjangan antara teori yang dipelajari di kelas dengan kondisi operasional sistem PLTS di lapangan serta meningkatkan kompetensi mahasiswa dalam memahami karakteristik kerja panel surya pada berbagai kondisi operasi.

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan pada skripsi ini adalah:

1. Bagaimana merancang sistem kontrol *smart shading system* untuk praktikum pembelajaran PLTS?
2. Bagaimana mengendalikan posisi *shading*, arah panel surya, dan sudut kemiringan panel surya menggunakan ESP32?
3. Bagaimana mengintegrasikan motor *stepper*, aktuator linear, sensor MPU6050, dan HMI *Nextion* dalam satu sistem kontrol?
4. Bagaimana kinerja sistem dalam mengatur posisi *shading*, arah panel surya, dan sudut kemiringan panel surya sesuai *setpoint* yang diberikan?

1.3. Tujuan

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol *smart shading system* untuk praktikum pembelajaran PLTS.
2. Mengendalikan posisi *shading*, arah panel surya, dan sudut kemiringan panel surya menggunakan ESP32.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Mengintegrasikan motor *stepper*, aktuator linear, sensor MPU6050, dan HMI *Nextion* dalam satu sistem kontrol.
4. Mengevaluasi kinerja sistem berdasarkan ketepatan posisi *shading*, arah panel surya, sudut kemiringan panel surya, dan respon sistem terhadap *setpoint* yang diberikan.

1.4.Luaran

1. Module pembelajaran karakteristik *shading* panel surya menggunakan *smart shading system* pada Laboratorium Energi Baru Terbarukan (EBT).
2. Laporan Tugas Akhir (TA) dengan judul sistem kontrol *smart shading system* untuk Praktikum Pembelajaran PLTS.
3. Realisasi prototipe sistem kontrol *smart shading system* berbasis ESP32 yang mampu mensimulasikan variasi posisi *shading*, arah panel surya, dan sudut kemiringan panel surya.
4. Artikel ilmiah yang dipublikasikan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan pada *smart shading system* berbasis ESP32-S3, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem kontrol *smart shading system* berhasil dirancang dan direalisasikan menggunakan ESP32-S3 sebagai pengendali utama, HMI *Nextion* sebagai antarmuka pengguna, motor *stepper* NEMA23 sebagai penggerak *shading* dan arah panel surya, aktuator linear HARL1834 sebagai pengatur sudut kemiringan panel, serta sensor MPU6050 sebagai sensor umpan balik posisi sudut panel.
2. Sistem mampu mengendalikan posisi *shading* sesuai *setpoint* yang diberikan melalui HMI *Nextion* pada variasi 0%, 20%, 40%, 60%, dan 80%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mekanisme *shading* dapat mencapai seluruh posisi yang ditentukan dengan tingkat keberhasilan 100% dan karakteristik respon yang stabil.
3. Sistem mampu mengendalikan arah panel surya menggunakan motor *stepper* NEMA23 melalui tombol Kanan, Kiri, dan Stop pada HMI *Nextion*. Berdasarkan hasil pengujian, panel surya berhasil digerakkan hingga mencapai posisi hasil kalibrasi yang mewakili arah Utara, Barat, Selatan, dan Timur dengan pergerakan yang stabil tanpa mengalami kegagalan perpindahan maupun kehilangan langkah (*lost step*) selama proses pengujian.
4. Sistem mampu mengendalikan sudut kemiringan panel surya menggunakan aktuator linear HARL1834. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh error sudut sebesar 0,3° pada *setpoint* 20°, 0,6° pada *setpoint* 40°, dan 0,8° pada *setpoint* 60°. Nilai error tersebut menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang baik dalam mengatur sudut kemiringan panel surya.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5. Integrasi antara HMI *Nextion*, ESP32-S3, motor *stepper* NEMA23, aktuator linear HARL1834, dan sensor MPU6050 berhasil direalisasikan dalam satu sistem kontrol yang bekerja secara sinkron. Seluruh komponen mampu menjalankan fungsi masing-masing sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan.
6. Berdasarkan hasil evaluasi kinerja sistem, *smart shading* system mampu merespon seluruh perintah yang diberikan dengan baik, memiliki tingkat keberhasilan pengendalian yang tinggi, serta dapat digunakan sebagai media praktikum pembelajaran PLTS untuk mensimulasikan kondisi perubahan *shading*, arah panel surya, dan sudut kemiringan panel secara terukur dan berulang.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat digunakan sebagai pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu:.

1. Penggunaan sensor sudut dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi dapat dipertimbangkan untuk mengurangi nilai error pengukuran sudut kemiringan panel surya.
2. Mekanisme mekanik pada sistem dapat disempurnakan dengan menggunakan konstruksi yang lebih rigid untuk mengurangi pengaruh getaran dan kelonggaran mekanik yang dapat mempengaruhi akurasi posisi panel surya.
3. *Smart shading* system dapat diintegrasikan dengan platform Internet of Things (IoT) sehingga proses *monitoring* dan pengendalian dapat dilakukan secara jarak jauh melalui jaringan internet.
4. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan sistem dengan variasi lain seperti *reflector* sehingga simulasi kondisi operasi panel surya dapat dipahami betul dan menjadi alat yang kompleks untuk praktikum PLTS



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Afroni, M. J., & Wirateruna, E. S. (2025). Comparison of Energy Obtained from Solar Panels in Partial Shading Condition Using Various MPPT Techniques. *ENERGY: JURNAL ILMIAH ILMU-ILMU TEKNIK*, 15(2), 251–267. <https://doi.org/10.51747/energy.v15i2.15211>
- Alensyah, A., Nehru, N., Manab, A., Hais, Y. R., Tessel, D., & Kurniawan, W. (2024). Development of PLTS Trainers as Learning Media in the Energy Conversion Laboratory. *Circuit: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 8(1), 23. <https://doi.org/10.22373/crc.v8i1.19674>
- Asdhiyoga Rahmanta, M., Syamsuddin, A., Tanbar, F., Damanik Bidang Riset, N., Sistem Pembangkitan, T., PLN Pusat Penelitian, P., & Ketenagalistrikan, P. (n.d.). *Analisis Perkembangan Teknologi Modul Photovoltaic (PV) Untuk Meningkatkan Penetrasi Pusat Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Indonesia* (Vol. 7, Number 1).
- Djeziri, M., Ferko, N., Bendahan, M., Al Sheikh, H., & Moubayed, N. (2025). Detection and Identification of Degradation Root Causes in a Photovoltaic Cell Based on Physical Modeling and Deep Learning. *Applied Sciences (Switzerland)*, 15(14). <https://doi.org/10.3390/app15147684>
- KHOWARIZMI, M. H., & SETIYONO, S. (2025). Real-Time Monitoring System for Solar Power Plants Using PLC and IoT-Based Architecture. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 13(2), 215. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v13i2.215>
- Kurnia Dwi Putri, R., Hayatun Nufus, T., Muhammad Ridwan, dan, Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, P., Teknik Mesin, J., Negeri Jakarta, P., & A Siwabessy, J. G. (2024). *ANALISIS KINERJA PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA TERHADAP EFEK PARTIAL SHADING DI PT BLUEBIRD GROUP*. <http://prosiding.pnj.ac.id>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Sari, L. O., Saputra, M. F. E., & Safrianti, E. (2024). Sistem Monitoring Arus Listrik Berbasis Internet of Things (IoT) pada Solar Panel di Laboratorium Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) UIN Suska Riau. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 4(1). <https://doi.org/10.57152/malcom.v4i1.1033>
- Setiawan, E. A., Fathurrahman, M., Pamungkas, R. F., & Ma'Arif, S. (2024). Fast Partial Shading Detection on PV Modules for Precise Power Loss Ratio Estimation Using Digital Image Processing. *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2024. <https://doi.org/10.1155/2024/9385602>
- Bosch Sensortec. (2022). *MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification Revision 3.4*. Bosch Sensortec GmbH.
- Bolton, W. (2021). *Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering* (7th ed.). Pearson Education.
- Espressif Systems. (2024). *ESP32-S3 Series Datasheet*. Espressif Systems. <https://www.espressif.com>
- Fraile-Ardanuy, J., & de Castro, M. A. (2018). *Photovoltaic Solar Energy: From Fundamentals to Applications*. Springer.
- Muchlis, M., & Permana, A. D. (2017). Proyeksi kebutuhan listrik PLN dan pemanfaatan potensi energi baru terbarukan di Indonesia. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 19(2), 65–85.
- Ogata, K. (2010). *Modern Control Engineering* (5th ed.). Pearson Education.
- Patel, H., & Agarwal, V. (2008). MATLAB-based modeling to study the effects of partial shading on PV array characteristics. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 23(1), 302–310. <https://doi.org/10.1109/TEC.2007.914308>
- Villalva, M. G., Gazoli, J. R., & Filho, E. R. (2009). Comprehensive approach to modeling and simulation of photovoltaic arrays. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 24(5), 1198–1208. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2009.2013862>



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Nextion. (2023). *Nextion Intelligent Series User Manual*. ITEAD Intelligent Systems. <https://nextion.tech>

StepperOnline. (2023). *NEMA23 Hybrid Stepper Motor Datasheet*. StepperOnline.

TB6600HG. (2020). *TB6600HG Stepper Motor Driver IC Datasheet*. Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Mahika Bagas Firliansyah

Lulus dari MI Manba'ul Islam pada tahun 2015, MTS Negeri 3 Bogor pada tahun 2018, SMK Negeri 1 Cibinong pada tahun 2022. Sampai saat tugas akhir ini dibuat, penulis merupakan mahasiswa aktif di Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Otomasi Listrik Industri, Politeknik Negeri Jakarta

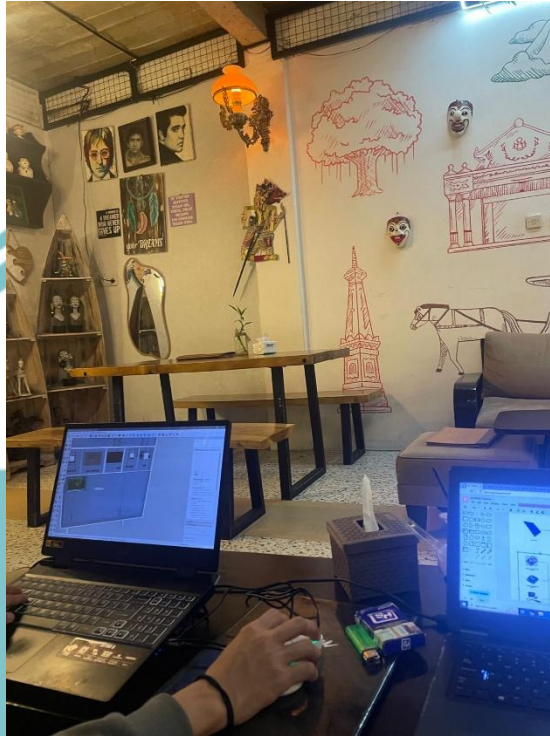


Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran proses pengerjaan dan gambar alat tugas akhir *smart shading system*



Proses desain



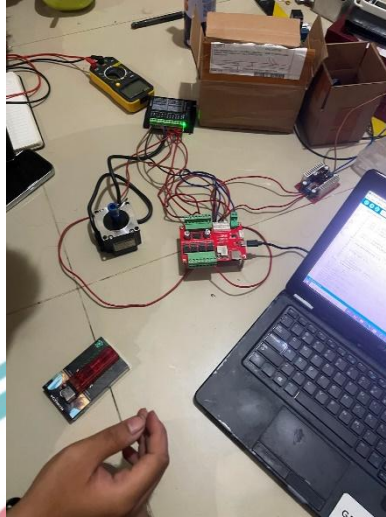
Pengukuran realisasi rangka



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Percobaan integrasi motor *stepper*



Perakitan *Trainer Kit*



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Pembuatan Rangka



Pengujian program



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Aktualisasi Alat



Aktualisasi Pembacaan sudut dan *shading*



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

1      #include <Preferences.h>
2
3      Preferences prefs;
4
5      #define RPWM 2
6      #define LPWM 1
7
8      #define STEP_PIN 10
9      #define DIR_PIN 11
10     #define ENABLE_PIN 12
11
12     #define GEAR_STEP_PIN 13
13     #define GEAR_DIR_PIN 14
14     #define GEAR_ENABLE_PIN 21
15
16     HardwareSerial nextion(1);
17
18     // =====
19     // SHADING
20     // =====
21
22     const long TITIK0 = 0;
23     const long TITIK20 = 36938;
24     const long TITIK40 = 112685;
25     const long TITIK60 = 168709;
26     const long TITIK80 = 220740;
27
28     long posisiShading = TITIK0;
29
30     const int stepDelay = 300;
31
32     bool gearRunning = false;
33     bool gearDirection = true;
34
35     unsigned long lastGearStep = 0;
36     const int gearStepDelay = 11000;
37
38     // =====
39     // HYDRAULIC
40     // =====
41
42     int posisiSudut = 0;
43
44     // =====
45     // NEXTION
46     // =====
47
48     void sendCommand(String cmd)
49     {
50         nextion.print(cmd);
51         nextion.write(0xFF);
52         nextion.write(0xFF);
53         nextion.write(0xFF);
54     }
55

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

1 // =====
2 // HYDRAULIC
3 // =====
4
5 void hydraulicNaik()
6 {
7     analogWrite(RPWM, 0);
8     analogWrite(LPWM, 255);
9 }
10
11 void hydraulicTurun()
12 {
13     analogWrite(RPWM, 255);
14     analogWrite(LPWM, 0);
15 }
16
17 void hydraulicStop()
18 {
19     analogWrite(RPWM, 0);
20     analogWrite(LPWM, 0);
21 }
22
23 int posisiKeSudut(int posisi)
24 {
25     switch(posisi)
26     {
27         case 0: return 0;
28         case 1: return 20;
29         case 2: return 40;
30         case 3: return 60;
31         case 4: return 80;
32     }
33     return 0;
34 }
35
36 unsigned long waktuPosisi(int posisi)
37 {
38     switch(posisi)
39     {
40         case 0: return 0;
41         case 1: return 14000;
42         case 2: return 23380;
43         case 3: return 28750;
44         case 4: return 31450;
45     }
46     return 0;
47 }
48

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

1  }
2
3  void pindahKePosisi(int target)
4  {
5      if(target == posisiSudut)
6      {
7          Serial.println("SUDAH DI POSISI SUDUT");
8          return;
9      }
10
11     int sudutAwal = posisiKeSudut(posisiSudut);
12     int sudutTarget = posisiKeSudut(target);
13
14     unsigned long waktuAwal =
15         waktuPosisi(posisiSudut);
16
17     unsigned long waktuTargetMs =
18         waktuPosisi(target);
19
20     unsigned long durasi =
21         abs((long)waktuTargetMs -
22             (long)waktuAwal);
23
24     if(target > posisiSudut)
25         hydraulicNaik();
26     else
27         hydraulicTurun();
28
29     int langkah =
30         abs(sudutTarget - sudutAwal);
31
32     if(langkah == 0)
33     {
34         hydraulicStop();
35         return;
36     }
37
38     float interval =
39         (float)durasi / langkah;
40
41     if(sudutTarget > sudutAwal)
42     {
43         for(int s=sudutAwal; s<=sudutTarget; s++)
44         {
45             sendCommand(
46                 "page10.t0.txt=\"\" +
47                 String(s) +
48                 \"\");
49             delay(interval);
50         }
51     }
52     else
53     {
54         for(int s=sudutAwal; s>=sudutTarget; s--)
55         {
56             sendCommand(
57                 "page10.t0.txt=\"\" +
58                 String(s) +
59                 \"\");
60             delay(interval);
61         }
62     }
63
64     hydraulicStop();
65
66     posisiSudut = target;
67
68     prefs.putInt("sudut", posisiSudut);
69
70     Serial.print("SAVE SUDUT = ");
71     Serial.println(posisiSudut);
72
73 }
74
75
76

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

1  void updatePersenShading()
2  {
3      int nilaiShading = 0;
4
5      if (posisiShading <= TITIK20)
6      {
7          nilaiShading = map(
8              posisiShading,
9              TITIK0,
10             TITIK20,
11             0,
12             20
13         );
14     }
15     else if (posisiShading <= TITIK40)
16     {
17         nilaiShading = map(
18             posisiShading,
19             TITIK20,
20             TITIK40,
21             20,
22             40
23         );
24     }
25     else if (posisiShading <= TITIK60)
26     {
27         nilaiShading = map(
28             posisiShading,
29             TITIK40,
30             TITIK60,
31             40,
32             60
33         );
34     }
35     else
36     {
37         nilaiShading = map(
38             posisiShading,
39             TITIK60,
40             TITIK80,
41             60,
42             80
43         );
44     }
45
46     sendCommand(
47         "page10.t1.txt=\"" +
48         String(nilaiShading) +
49         "\"\"
50     );
51 }
52

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

1  // =====
2  // SHADING
3  // =====
4
5  void moveToPosition(long targetPos)
6  {
7      long selisih =
8          targetPos - posisiShading;
9
10     if (selisih == 0)
11     {
12         Serial.println("SUDAH DI POSISI SHADING");
13         return;
14     }
15
16     bool arahMaju = (selisih > 0);
17
18     digitalWrite(DIR_PIN, !arahMaju);
19
20     long jumlahStep = abs(selisih);
21
22     for (long i = 0; i < jumlahStep; i++)
23     {
24         digitalWrite(STEP_PIN, HIGH);
25         delayMicroseconds(stepDelay);
26
27         digitalWrite(STEP_PIN, LOW);
28         delayMicroseconds(stepDelay);
29
30         if (arahMaju)
31             posisiShading++;
32         else
33             posisiShading--;
34
35         if(i % 100 == 0)
36         {
37             updatePersenShading();
38         }
39     }
40
41     posisiShading = targetPos;
42
43     prefs.putLong("shading", posisiShading);
44
45     updatePersenShading();
46
47     Serial.print("SAVE SHADING = ");
48     Serial.println(posisiShading);
49 }
50 void gearKiri()
51 {
52     Serial.println("GEAR KIRI");
53     gearRunning = true;
54     gearDirection = false;
55 }
56
57 void gearKanan()
58 {
59     Serial.println("GEAR KANAN");
60     gearRunning = true;
61     gearDirection = true;
62 }
63
64 void gearStop()
65 {
66     Serial.println("GEAR STOP");
67     gearRunning = false;
68 }
69
70 void runGear()
71 {
72     if(!gearRunning) return;
73
74     if(micros() - lastGearStep >= gearStepDelay)
75     {
76         lastGearStep = micros();
77
78         digitalWrite(GEAR_DIR_PIN, gearDirection);
79
80         digitalWrite(GEAR_STEP_PIN, HIGH);
81         delayMicroseconds(5);
82         digitalWrite(GEAR_STEP_PIN, LOW);
83     }
84 }

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

85 // =====
86 // SETUP
87 // =====
88
89 void setup()
90 {
91   prefs.begin("smartshade", false);
92   Serial.begin(115200);
93
94   pinMode(RPWM, OUTPUT);
95   pinMode(LPWM, OUTPUT);
96
97   pinMode(STEP_PIN, OUTPUT);
98   pinMode(DIR_PIN, OUTPUT);
99   pinMode(ENABLE_PIN, OUTPUT);
100
101   pinMode(GEAR_STEP_PIN, OUTPUT);
102   pinMode(GEAR_DIR_PIN, OUTPUT);
103   pinMode(GEAR_ENABLE_PIN, OUTPUT);
104
105   digitalWrite(GEAR_ENABLE_PIN, LOW);
106   hydraulicStop();
107
108   digitalWrite(ENABLE_PIN, LOW);
109
110   nextion.begin(
111     9600,
112     SERIAL_8N1,
113     44,
114     43);
115   Serial.println("AUTO HOME");
116
117   posisiShading = prefs.getLong("shading", TITIK0);
118   posisiSudut = prefs.getInt("sudut", 0);
119
120   Serial.print("LOAD SHADING = ");
121   Serial.println(posisiShading);
122
123   Serial.print("LOAD SUDUT = ");
124   Serial.println(posisiSudut);
125
126   sendCommand("page10.t0.txt=\"\" +
127     String(posisiKeSudut(posisiSudut)) +
128     "\"");
129   updatePersenShading();
130
131   Serial.println("=====");
132   Serial.println("SMART SHADING SYSTEM READY");
133   Serial.println("=====");
134   Serial.println("31 = 0 DERAJAT");
135   Serial.println("32 = 20 DERAJAT");
136   Serial.println("33 = 40 DERAJAT");
137   Serial.println("34 = 60 DERAJAT");
138   Serial.println("35 = 80 DERAJAT");
139   Serial.println("-----");
140   Serial.println("40 = 0%");
141   Serial.println("36 = 20%");
142   Serial.println("37 = 40%");
143   Serial.println("38 = 60%");
144   Serial.println("39 = 80%");
145   Serial.println("=====");
146 }
147
148

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

1 // =====
2 // LOOP
3 // =====
4 void loop()
5 {
6   runGear();
7
8   while(nextion.available())
9   {
10    uint8_t data = nextion.read();
11
12    if(data == 0xFF)
13      continue;
14
15    Serial.print("RX = 0x");
16    Serial.println(data, HEX);
17
18    switch(data)
19    {
20
21      // =====
22      // HYDRAULIC
23      // =====
24
25      case 0x31:
26        pindahKePosisi(0);
27        break;
28
29      case 0x32:
30        pindahKePosisi(1);
31        break;
32
33      case 0x33:
34        pindahKePosisi(2);
35        break;
36
37      case 0x34:
38        pindahKePosisi(3);
39        break;
40
41      case 0x35:
42        pindahKePosisi(4);
43        break;
44
45      // =====
46      // SHADING
47      // =====
48
49      case 0x40:
50        moveToPosition(TITIK0);
51        break;
52
53      case 0x36:
54        moveToPosition(TITIK20);
55        break;
56
57      case 0x37:
58        moveToPosition(TITIK40);
59        break;
60
61      case 0x38:
62        moveToPosition(TITIK60);
63        break;
64
65      case 0x39:
66        moveToPosition(TITIK80);
67        break;
68
69      // =====
70      // GEAR TENGAH
71      // =====
72      case 0x41:
73        gearKiri();
74        break;
75
76      case 0x42:
77        gearKanan();
78        break;
79
80      case 0x44:
81        gearStop();
82        break;
83    }
84  }
85 }

```