



© 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



**ANALISIS PERBANDINGAN KUALITAS DATA ANTARA
SMART SHADING SYSTEM DENGAN PENGUKURAN
SHADING MANUAL PADA PEMBELAJARAN PLTS.**

SKRIPSI

RAKHA ADRIAN PRABASWARA

2203411010

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



**ANALISIS PERBANDINGAN KUALITAS DATA ANTARA
SMART SHADING SYSTEM DENGAN PENGUKURAN
SHADING MANUAL PADA PEMBELAJARAN PLTS.**

SKRIPSI

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

**POLITEKNIK
RAKHA ADRIAN PRABASWARA
2203411010
NEGERI
JAKARTA**

**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 : RAKHA ADRIAN PRABASWARA

NIM : 2203411010

Tanda Tangan :

(Rakha Adrian Prabaswara)

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

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

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Tugas Akhir diajukan oleh :
Nama : Rakha Adrian Prabaswara
NIM : 2203411010
Program Studi : Teknik Otomasi Listrik Industri
Judul Tugas Akhir : Analisis Perbandingan Kualitas Data Antara
Smart Shading System Dengan Pengukuran Shading
Manual Pada Pembelajaran PLTS

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

Pembimbing I : Nagib Muhammad S.T. M.T.
(NIP. (199406052022031007))

Pernbimbing II : Yani Haryani, sn., M.Pd.T
(NIP. 198706172022032003)

Depok, 24 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

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini. Penulisan Skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Terapan Politeknik. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan Skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Nagib Muhammad S.T. M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan Skripsi ini;
2. Ibu Arum Yani Haryani, S.Pd., M.Pd.T selaku dosen pembimbing II yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan Skripsi ini;
3. Bapak/Ibu dosen Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu pengetahuan, wawasan, dan pengalaman yang sangat berharga bagi penulis selama menempuh studi di Jurusan Teknik Elektro.
4. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
5. Sahabat yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 01 Juli 2026

Rakha Adrian Prabaswara



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

Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu metode pembelajaran yang digunakan untuk memahami karakteristik panel surya dan faktor-faktor yang mempengaruhi kinerjanya. Pada pelaksanaannya, simulasi shading, pengaturan arah panel surya, dan sudut kemiringan panel masih banyak dilakukan secara manual sehingga berpotensi menghasilkan variasi kondisi pengujian antar praktikan. Kondisi tersebut dapat mempengaruhi kualitas data hasil pengukuran yang diperoleh. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan Smart Shading System sebagai media pembelajaran PLTS yang mampu mengatur tingkat shading, arah panel surya, dan sudut kemiringan panel secara otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan kualitas data antara Smart Shading System dan metode pengukuran shading manual pada pembelajaran PLTS. Sistem yang dikembangkan menggunakan ESP32-S3 sebagai pusat kendali, motor stepper NEMA23 sebagai penggerak mekanisme shading dan arah panel, aktuator linear HARL1834 untuk pengaturan sudut panel, serta HMI Nextion sebagai antarmuka pengguna. Pengujian dilakukan dengan variasi arah panel surya Timur dan Barat, sudut azimut 20° dan 80° , serta tingkat shading 20% dan 80%. Data yang diamati meliputi tegangan, arus, daya, intensitas cahaya, dan temperatur panel surya. Analisis kualitas data dilakukan menggunakan parameter statistik berupa mean, standar deviasi, dan koefisien variasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Smart Shading System mampu menjalankan fungsi pengaturan shading, arah panel, dan sudut panel secara otomatis sesuai parameter yang diberikan. Selain itu, hasil analisis kualitas data menunjukkan bahwa Smart Shading System menghasilkan data yang lebih konsisten dibandingkan metode praktikum manual. Nilai koefisien variasi yang lebih rendah menunjukkan bahwa data hasil pengukuran memiliki tingkat penyebaran yang lebih kecil sehingga lebih stabil dan mudah direplikasi. Dengan demikian, Smart Shading System dapat digunakan sebagai media pembelajaran PLTS yang mampu meningkatkan kualitas dan konsistensi data hasil praktikum dibandingkan metode pengukuran shading manual.

Kata Kunci: Smart Shading System, PLTS, Panel Surya, Kualitas Data, Shading, ESP32-S3, Koefisien Variasi.



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

ABSTRACT

Solar Photovoltaic (PV) laboratory activities are one of the learning methods used to understand the characteristics of solar panels and the factors affecting their performance. In practice, shading simulation, panel orientation adjustment, and panel tilt angle setting are often performed manually, which may result in inconsistent testing conditions among students. This condition can affect the quality and consistency of the measurement data obtained during laboratory activities. Therefore, this research utilizes a Smart Shading System as a PV learning media capable of automatically controlling the shading level, panel orientation, and panel tilt angle. This study aims to analyze the comparison of data quality between the Smart Shading System and the conventional manual shading measurement method in PV laboratory learning. The developed system employs an ESP32-S3 as the main controller, NEMA23 stepper motors to drive the shading mechanism and panel orientation, a HARL1834 linear actuator to adjust the panel tilt angle, and a Nextion HMI as the user interface. The experiments were conducted using variations of panel orientations facing East and West, azimuth angles of 20° and 80°, and shading levels of 20% and 80%. The observed parameters included voltage, current, power, light intensity, and panel temperature. Data quality analysis was carried out using statistical parameters including mean, standard deviation, and coefficient of variation. The results show that the Smart Shading System successfully performs automatic control of shading levels, panel orientation, and panel tilt angle according to the predefined parameters. Furthermore, the data quality analysis indicates that the Smart Shading System produces more consistent measurement results compared to the manual laboratory method. The lower coefficient of variation obtained from the Smart Shading System demonstrates a smaller data dispersion, resulting in more stable and reproducible measurements. Therefore, the Smart Shading System can be utilized as an effective PV learning platform capable of improving the quality and consistency of laboratory measurement data compared to conventional manual shading methods.

Keywords: *Smart Shading System, Solar Photovoltaic (PV), Data Quality, Shading, ESP32-S3.*



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 PERNYATAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu.....	4
2.1.1 Penelitian Analisis Daya Output Panel Surya	4
2.1.2 Penelitian Pengaruh <i>Shading</i> Pada Panel Surya	5
2.1.3 Penelitian <i>Smart Shading System</i>	6
2.1.4 Analisis Perbandingan Penelitian Terdahulu.....	7
2.2 Energi Baru Terbarukan	8
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	9
2.4 Panel Surya	11
2.5 <i>Shading</i> Pada Panel Surya.....	13
2.5.1 Pengertian <i>Shading</i>	13



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

2.5.2 Jenis – Jenis <i>Shading</i>	14
2.6 Metode Praktikum Manual PLTS.....	18
2.7 Parameter Pengukuran Sistem PLTS.....	19
2.7.1 Intensitas Cahaya Matahari	19
2.7.2 Temperatur Panel Surya	20
2.7.3 Tegangan DC.....	21
2.7.4 Arus DC.....	22
2.7.5 Daya DC.....	23
2.7.6 Tegangan AC	24
2.7.7 Arus AC	25
2.7.8 Daya AC	26
2.8 <i>Inverted</i> DC ke AC.....	28
2.9 Kualitas Data Pengukuran.....	29
2.9.1 <i>Mean</i> (Rata-Rata)	30
2.9.2 Standar Deviasi	31
2.9.3 Koefisien Variasi (<i>Coefficeint of Variation</i>).....	33
BAB III	35
Perencanaan dan Realisasi	35
3.1 Perencanaan Alat.....	35
3.1.1 Deskripsi Kerja <i>Smart Shading</i>	36
3.1.2 Cara Kerja Sistem	37
3.1.3 Spesifikasi Alat	37
3.1.4 <i>Flowchart</i> Cara Kerja Sistem.....	39
3.1.5 Diagram Blok Sistem	41
3.1.6 <i>Wiring</i> Diagram.....	43
3.1.7 Desain Alat.....	44



© 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

3.2 Realisasi Alat.....	46
3.2.1 Realisasi Perangkat Keras	47
3.2.2 Implementasi Sistem Kendali	49
3.3 Metode Pengujian.....	50
3.3.1 Pengujian <i>Smart Shading System</i>	50
3.3.2 Metode Pengujia Manual	51
3.3.3 Variasi Arah Panel Surya.....	53
3.3.4 Variasi Sudut Panel Surya	53
3.3.5 Variasi Tingkat <i>Shading</i>	54
3.3.6 Metode Pengambilan Data	54
3.3.7 Metode Analisis Data	55
BAB IV	57
PEMBAHASAN	57
4.1 Hasil Pengujian	57
4.1.1 Hasil Pengujian <i>Smart Shading System</i>	58
4.1.2 Hasil Pengujian Pada Metode Manual	63
4.2 Analisi Pengaruh Arah Mata Angin.....	64
4.2.1 Pengujian Arah Utara <i>Smart Shading System</i>	64
4.2.2 Pengujian Arah Timur	73
4.2.3 Pengujian Arah Selatan	80
4.2.4 Pengujian Arah Barat	87
4.3 Analisis Pengaruh Sudut Azimuth.....	94
4.3.1 Pengujian Smart Shading System Sudut Azimuth 0°.....	94
4.3.2 Pengujian <i>Smart Shading System</i> Sudut Azimuth 20°	98
4.3.3 Pengujian Smart Shading Sudut Azimuth 40°	101
4.3.4 Pengujian Smart Shading System Sudut Azimuth 60°.....	104



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

4.4.4 Pengujian Smart Shading System Sudut Azimuth 80°	107
4.4 Analisis Pengaruh Tingkat <i>Shading</i> terhadap Karakteristik Keluaran Panel Surya	111
4.4.1 Pengujian <i>Smart Shading System</i> Tingkat <i>Shading</i> 0%	111
4.4.2 Pengujian <i>Smart Shading System</i> Tingkat <i>Shading</i> 20%	114
4.4.3 Pengujian <i>Smart Shading System</i> Tingkat <i>Shading</i> 40%	116
4.4.5 Pengujian <i>Smart Shading System</i> Tingkat <i>Shading</i> 60%	118
4.4.6 Pengujian <i>Smart Shading System</i> Tingkat <i>Shading</i> 80%	120
4.5 Analisis Kualitas Data	122
4.5.1 Parameter Statistik Kualitas Data	122
4.5.2 Visualisasi Stabilitas Data	123
4.6 Analisis dan Evaluasi	124
4.6.1 Evaluasi Diverifikasikan Beban DC Ke AC	124
4.6.2 Analisis Efektivitas dan Nilai Inovasi	125
4.6.3 Kesimpulan Evaluasi	125
4.7.4 Kelebihan dan Keterbatasan Sistem	126
BAB V	128
PENUTUP	128
5.1 Kesimpulan	128
5.2 Saran	129
DAFTAR PUSTAKA	131
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	134
LAMPIRAN	135



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat.....	37
Tabel 4. 1 Variabel Pengujian.....	57
Tabel 4. 2 Ringkasan Parameter Pengujian Smart Shading System	62
Tabel 4. 3 Ringkasan Parameter Pengujian Metode Manual	63
Tabel 4. 4 Data Hasil Pengujian Smart Shading System Arah Utara.....	65
Tabel 4. 5 Data Metode Manual Arah Utara	68
Tabel 4. 6 Data Perbandingan Smart Shading System dan Metode Manual.....	71
Tabel 4. 7 Pengujian Arah Timur	73
Tabel 4. 8 Data Pengujian Metode Manual Arah Timur	76
Tabel 4. 9 Data Perbandingan Smart Shading System dan Metode Manual.....	79
Tabel 4. 10 Data Metode Manual Arah Selatan	83
Tabel 4. 11 Tabel Perbandingan Smart Shading System Dan Metode Manual....	85
Tabel 4. 12 Data Pengujian Arah Barat.....	87
Tabel 4. 13 Data Arah Barat Metode Manual	90
Tabel 4. 14 Data Perbandingan Antara Smart Shading System dan Metode Manual Arah Barat	92
Tabel 4. 15 Data Hasil Pengujian Smart Shading System	94
Tabel 4. 16 Data Hasil Pengujian Metode Praktikum Manual	95
Tabel 4. 17 Data Hasil Perbandingan Sudut Azimuth 0.....	96
Tabel 4. 18 Data Hasil Pengujian Smart Shading System	98
Tabel 4. 19 Data Keluaran Kelistrikan Praktikum Manual Sudut Azimuth 20° ...	98
Tabel 4. 20 Data Komparasi dan Analisis Perbandingan Pengukuran.....	99
Tabel 4. 21 Data Keluaran Kelistrikan Smart Shading System Sudut Azimuth 40	101
Tabel 4. 22 Data Keluaran Kelistrikan Praktikum Manual Sudut Azimuth 40... ..	102
Tabel 4. 23 Perbandingan Parameter Daya Dc Antara Metode Smart vs Manual Azimuth 40°.....	102
Tabel 4. 24 Data Keluaran Kelistrikan Smart Shading System Sudut Azimuth 60	104
Tabel 4. 25 Data Keluaran Kelistrikan Praktikum Manual Sudut Azimuth 60° .	105
Tabel 4. 26 Perbandingan Parameter Daya PDC Antara Metode Smart vs Manual Azimuth 60.....	106
Tabel 4. 27 Data Keluaran Kelistrikan Smart Shading System Sudut Azimuth 80	107
Tabel 4. 28 Data Keluaran Kelistrikan Praktikum Manual Sudut Azimuth 80	108
Tabel 4. 29 Perbandingan Parameter Daya PDC Antara Metode Smart vs Manual Azimuth 80.....	108
Tabel 4. 30 Data Pengujian Smart Shading pada Shading 0%.....	111
Tabel 4. 31 Data Pengujian Manual pada Shading 0%	111
Tabel 4. 32 Perbandingan dan Persentase Error Daya PDC 0%	112
Tabel 4. 33 Data Pengujian Smart Shading pada Shading 20%.....	114
Tabel 4. 34 Data Pengujian Manual pada Shading 20%	114

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



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

Tabel 4. 35Perbandingan dan Persentase Error Daya PDC 20%	114
Tabel 4. 36 Data Pengujian Smart Shading pada Shading 40%.....	116
Tabel 4. 37 Data Pengujian Manual pada Shading 40%	116
Tabel 4. 38 Perbandingan dan Persentase Error Daya PDC 40%	117
Tabel 4. 39 Data Pengujian Smart Shading pada Shading 60%.....	118
Tabel 4. 40 Data Pengujian Manual pada Shading 60%	118
Tabel 4. 41 Perbandingan dan Persentase Error Daya PDC 60%	119
Tabel 4. 42 Data Pengujian Smart Shading pada Shading 80%.....	120
Tabel 4. 43 Data Pengujian Manual pada Shading 80%	120
Tabel 4. 44 Perbandingan dan Persentase Error Daya PDC 80%	121
Tabel 4. 45 Analisis Statistik Kualitas Data	122
Tabel 4. 46 Evaluasi Kapabilitas Beban Sistem.....	125



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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Flow Chart PLTS	10
Gambar 2. 2 Panel Surya.....	12
Gambar 2. 3 Kondisi Full Shading Pada PV	15
Gambar 2. 4 Kondisi Partial Shading Pada PV	16
Gambar 2. 5 Kondisi Temporary Shading Pada PV	17
Gambar 2. 6 Kondisi Permanent Shading Pada PV	18
Gambar 3. 1 Flowchart Smart Shading System	40
Gambar 3. 2 Diagram Blok Smart Shading System.....	42
Gambar 3. 3 Wiring Diagram Smart Shading System	43
Gambar 3. 4 Tampak Depan Smart Shading System	44
Gambar 3. 5 Tampak Belakang Smart Shading System.....	45
Gambar 3. 6 Tampak Atas Smart Shading System.....	45
Gambar 3. 7 Realisasi Alat.....	47
Gambar 3. 8 Realisasi Alat.....	49
Gambar 4. 1 Smart Shading System Saat Pengujian	58
Gambar 4. 2 Tampilan Pembacaan DC	59
Gambar 4. 3 Tampilan Pemilihan Perintah	59
Gambar 4. 4 Tampilan Pemilihan Angle	60
Gambar 4. 5 Tampilan Pemilihan Tingkat Shading	60
Gambar 4. 6 Tampilan Pemilihan Arah Mata Angin.....	61
Gambar 4. 7 Pengambilan Data Smart Shading System.....	61
Gambar 4. 8 Pengujian Metode Manual	63
Gambar 4. 9 Grafik Tegangan DC Utara.....	67
Gambar 4. 10 Grafik Arus DC Arah Utara.....	67
Gambar 4. 11 Grafik Daya DC Arah Utara.....	68
Gambar 4. 12 Grafik Tegangan DC Arah Utara Metode Manual	70
Gambar 4. 13 Grafik Arus DC Arah Utara Metode Manual	70
Gambar 4. 14 Grafik Daya DC Arah Utara Metode Manual	71
Gambar 4. 15 Grafik Perbandingan Parameter DC Smart Shading System dan Metode Manual	72
Gambar 4. 16 Grafik Presentase Error Smart Shading System dan Metode Manual	72
Gambar 4. 17 Grafik Tegangan DC Arah Timur.....	75
Gambar 4. 18 Grafik Arus DC Timur.....	75
Gambar 4. 19 Grafik Daya DC Arah Timur.....	76
Gambar 4. 20 Grafik Tegangan DC Arah Timur.....	78
Gambar 4. 21 Grafik Arus DC Arah Timur.....	78
Gambar 4. 22 Grafik Daya DC Arah Timur.....	79
Gambar 4. 23 Grafik Perbandingan DC Smart Shading System dan Metode Manual	80
Gambar 4. 24 Grafik Error DC Smart Shading System dan Metode Manual.....	80
Gambar 4. 25 Grafik Tegangan DC Arah Selatan	82



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

Gambar 4. 26 Grafik Arus DC Arah Selatan.....	82
Gambar 4. 27 Grafik Daya DC Arah Selatan.....	83
Gambar 4. 28 Grafik Tegangan DC Arah Selatan.....	85
Gambar 4. 29 Grafik Arus DC Arah Selatan.....	85
Gambar 4. 30 Grafik Daya DC Arah Selatan.....	85
Gambar 4. 31 Grafik Perbandingan Parameter DC Smart Shading System dan Metode Manual	86
Gambar 4. 32 Grafik Presentase Error Smart Shading System dan Metode Manual	86
Gambar 4. 33 Grafik Tegangan DC Arah Barat.....	89
Gambar 4. 34 Grafik Arus DC Arah Barat.....	89
Gambar 4. 35 Grafik Daya DC Arah Barat.....	89
Gambar 4. 36 Grafik Tegangan DC Arah Barat.....	91
Gambar 4. 37 Grafik Arus DC Arah Barat.....	91
Gambar 4. 38 Grafik Daya DC Arah Barat.....	92
Gambar 4. 39 Grafik Perbandingan Parameter DC Smart Shading System dan Metode Manual	93
Gambar 4. 40 Grafik Presentase Error Smart Shading System dan Metode Manual	93
Gambar 4. 41 Grafik Perbandingan Smart Shading System Sudut 0.....	96
Gambar 4. 42 Grafik Perbandingan Metode Manual Sudut 0.....	97
Gambar 4. 43 Grafik Presentase Error Sudut 0.....	97
Gambar 4. 44 Grafik Deviasi Daya Sudut 0	97
Gambar 4. 45 Grafik Perbandingan Smart Shading System Sudut 20.....	100
Gambar 4. 46 Grafik Perbandingan Metode Manual Sudut 20.....	100
Gambar 4. 47 Grafik Presentase Error Sudut 20.....	100
Gambar 4. 48 Grafik Deviasi Sudut 20.....	101
Gambar 4. 49 Grafik Perbandingan Smart Shading System Sudut 40.....	103
Gambar 4. 50 Grafik Perbandingan Metode Manual Sudut 40.....	103
Gambar 4. 51 Grafik Presentase Error Sudut 40.....	104
Gambar 4. 52 Grafik Deviasi Sudut 40.....	104
Gambar 4. 53 Grafik Perbandingan Smart Shading System Sudut 60.....	106
Gambar 4. 54 Grafik Perbandingan Metode Manual Sudut 60.....	106
Gambar 4. 55 Grafik Presentase Error Sudut 60.....	107
Gambar 4. 56 Grafik Deviasi Sudut 60.....	107
Gambar 4. 57 Grafik Perbandingan Smart Shading System Sudut 80.....	109
Gambar 4. 58 Grafik Perbandingan Metode Manual Sudut 80.....	109
Gambar 4. 59 Grafik Presentase Error Sudut 80.....	110
Gambar 4. 60 Grafik Deviasi Sudut 80.....	110
Gambar 4. 61 Grafik Perbandingan Smart Shading System dan Metode Manual Shading 0%	113
Gambar 4. 62 Grafik Persentase Error Smart Shading System dan Metode Manual	113
Gambar 4. 63 Grafik Perbandingan Smarth Shading System dan Metode Manual tingkat shading 20%.....	115



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 4. 64 Grafik Persentase Error Smart Shading System dan Metode Manual Tingkat Shading 20%.....	116
Gambar 4. 65 Grafik Perbandingan Daya Smart Shading System dan Metode Manual Tingkat Shading 40%.....	117
Gambar 4. 66 Grafik Persentase Error Smart Shading System dan Metode Manual Tingkat Shading 40%.....	118
Gambar 4. 67 Grafik Perbandingan Daya Smart Shading System dan Metode Manual Tingkat Shading 60%.....	119
Gambar 4. 68 Grafik Persentase Error Smart Shading System dan Metode Manual Tingkat Shading 60%.....	120
Gambar 4. 69 Grafik Perbandingan Daya Smart Shading System dan Metode Manual Tingkat Shading 80%.....	122
Gambar 4. 70 Grafik Persentase Error Smart Shading System dan Metode Manual Tingkat Shading 80%.....	122
Gambar 4. 71 Grafik Korelasi Data Otomatis vs Manual.....	123
Gambar 4. 72 Grafik Distribusi Deviasi Pengukuran	124

**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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pemanfaatan energi terbarukan terus mengalami perkembangan seiring meningkatnya kebutuhan energi dan kesadaran terhadap pentingnya penggunaan sumber energi yang ramah lingkungan. Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan adalah energi surya. Energi surya dapat dimanfaatkan melalui teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik menggunakan panel surya.(Craciunescu & Fara, 2023)

Selain dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif, PLTS juga digunakan sebagai media pembelajaran pada laboratorium energi baru terbarukan. Melalui kegiatan praktikum, mahasiswa dapat mempelajari karakteristik panel surya serta berbagai faktor yang mempengaruhi kinerja sistem fotovoltaik, seperti orientasi panel, sudut azimut, intensitas cahaya, suhu, dan kondisi shading. Kondisi shading pada panel surya dapat mengurangi penyerapan radiasi matahari sehingga menyebabkan penurunan tegangan keluaran dan mengganggu kinerja sistem fotovoltaik secara keseluruhan (Hidayat et al., 2024). Pemahaman terhadap faktor-faktor tersebut penting karena berpengaruh langsung terhadap tegangan, arus, dan daya keluaran panel surya.

Berdasarkan pengalaman penulis saat mengikuti praktikum PLTS pada semester enam, proses pengaturan orientasi panel dan simulasi shading masih dilakukan secara manual. Untuk memperoleh sudut kemiringan tertentu, panel surya sering kali ditopang menggunakan benda-benda sederhana seperti kayu, bangku, atau material lain yang tersedia di laboratorium. Sementara itu, simulasi shading dilakukan dengan menutupi sebagian permukaan panel menggunakan wearpack, papan, atau benda lain berdasarkan perkiraan luas area yang akan ditutupi. Kondisi tersebut menyebabkan setiap kelompok praktikan berpotensi menghasilkan kondisi pengujian yang berbeda meskipun menggunakan skenario praktikum yang sama.

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

Metode praktikum manual tersebut memiliki beberapa keterbatasan, terutama pada tingkat ketelitian dan konsistensi pengaturan. Penentuan sudut panel maupun persentase shading yang dilakukan berdasarkan perkiraan dapat menyebabkan variasi hasil pengukuran antar praktikan. Akibatnya, data yang diperoleh berpotensi memiliki tingkat penyebaran yang tinggi sehingga menyulitkan proses analisis dan evaluasi hasil praktikum. Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya kualitas sistem pengukuran, karena akurasi sensor yang rendah dapat menyebabkan kesalahan dalam pemantauan, pengendalian, serta prediksi performa sistem (Monika et al., 2025). Variasi pada sistem pengukuran perlu diperhatikan karena dapat mempengaruhi kualitas data yang dihasilkan, dimana repeatability dan reproducibility merupakan indikator penting dalam mengevaluasi tingkat variasi suatu sistem pengukuran (Arumun et al., 2024).

Berbeda dengan trainer PLTS konvensional yang hanya menampilkan keluaran DC dari panel surya, Smart Shading System yang dikembangkan juga dilengkapi inverter DC ke AC sehingga energi listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk menyuplai beban AC berupa lampu dan stop kontak. Dengan adanya fitur tersebut, mahasiswa tidak hanya dapat mengamati karakteristik panel surya, tetapi juga dapat melihat pemanfaatan energi listrik hasil konversi panel surya pada beban AC secara langsung.

Keberadaan Smart Shading System diharapkan mampu meningkatkan kualitas proses pembelajaran praktikum PLTS melalui pengaturan orientasi panel dan shading yang lebih presisi dibandingkan metode manual. Namun demikian, perlu dilakukan evaluasi untuk mengetahui sejauh mana sistem tersebut mampu menghasilkan kualitas data yang lebih baik dibandingkan metode praktikum konvensional.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan dengan judul “Analisis Perbandingan Kualitas Data Antara Smart Shading System Dengan Pengukuran Shading Manual Pada Pembelajaran PLTS”. Penelitian difokuskan pada perbandingan kualitas data hasil pengukuran tegangan, arus, dan daya panel surya pada variasi arah Timur dan Barat, sudut azimuth 20° dan 80°, serta tingkat shading 20% dan 80%.

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. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, dapat diketahui beberapa rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana performa Smart Shading System dalam menjaga stabilitas output daya saat menyuplai beban listrik AC dibandingkan dengan metode praktikum manual yang hanya terbatas pada beban DC?
2. Sejauh mana efektivitas penggunaan inverter DC-ke-AC dalam mengakomodasi berbagai jenis beban rumah tangga (kipas angin, pengisi daya laptop, dan ponsel) pada sistem fotovoltaiik?
3. Bagaimana kinerja Smart Shading System dalam mempertahankan konsistensi daya pada berbagai variasi tingkat shading (bayangan) saat diuji dengan beban AC?
4. Apa keunggulan fungsional Smart Shading System sebagai instrumen laboratorium dalam mendukung eksperimen berbasis beban AC yang lebih relevan dengan penggunaan energi nyata?

1.3. Tujuan Penelitian

Dari hasil pembahasan rumusan masalah, berikut terdapat tujuan dari penelitian yang dilakukan sebagai berikut :

1. Tersusunnya laporan skripsi mengenai analisis perbandingan kualitas data antara *Smart Shading System* dan metode *shading* manual pada pembelajaran PLTS.
2. Diperolehnya informasi mengenai tingkat konsistensi dan kualitas data yang dihasilkan oleh kedua metode pengujian.
3. Tersedianya referensi pengembangan media pembelajaran PLTS berbasis otomasi yang dapat digunakan pada kegiatan praktikum energi baru terbarukan.
4. Publikasi hasil penelitian dalam bentuk artikel ilmiah sesuai ketentuan Program Studi Teknik Elektro.

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

BAB V

PENUTUP

Bab ini merupakan bagian akhir dari penelitian yang berisi kesimpulan dan saran berdasarkan hasil perancangan, pengujian, serta analisis yang telah dilakukan pada *Smart Shading System*. Kesimpulan disusun berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dipaparkan pada Bab IV untuk menjawab tujuan penelitian mengenai analisis perbandingan kualitas data antara *Smart Shading System* dan metode praktikum manual pada pembelajaran PLTS. Selain itu, pada bab ini juga disampaikan beberapa saran yang diharapkan dapat menjadi bahan pengembangan dan penyempurnaan sistem pada penelitian selanjutnya. Dengan adanya kesimpulan dan saran yang disampaikan, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan media pembelajaran PLTS yang lebih efektif, terukur, dan mampu menghasilkan data pengujian yang lebih konsisten dibandingkan metode praktikum manual.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan pada *Smart Shading System* serta perbandingannya dengan metode praktikum manual pada pembelajaran PLTS, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Smart Shading System berhasil melakukan pengaturan tingkat *shading*, arah panel surya, dan sudut panel surya secara otomatis menggunakan ESP32-S3, motor stepper NEMA23, aktuator linear HARL1834, serta HMI Nextion sebagai antarmuka pengguna. Sistem juga mampu melakukan *monitoring* parameter kelistrikan dan lingkungan secara *realtime*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa arah panel surya, sudut panel surya, dan tingkat *shading* memberikan pengaruh terhadap parameter keluaran panel surya. Perubahan orientasi panel dan luas area yang tertutup bayangan menyebabkan perubahan intensitas cahaya yang diterima panel sehingga mempengaruhi nilai tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan.

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 hasil perbandingan dengan metode praktikum manual, *Smart Shading System* mampu menghasilkan proses pengujian yang lebih terkontrol karena pengaturan parameter dilakukan secara otomatis dan dapat diulang pada kondisi yang sama. Hal tersebut mengurangi kesalahan yang disebabkan oleh faktor manusia selama proses pengambilan data.

Hasil analisis kualitas data menunjukkan bahwa *Smart Shading System* memiliki tingkat konsistensi data yang lebih baik dibandingkan metode praktikum manual. Nilai koefisien variasi yang lebih rendah menunjukkan bahwa data hasil pengujian *Smart Shading System* memiliki penyebaran yang lebih kecil sehingga data yang dihasilkan lebih stabil dan mudah direplikasi.

Smart Shading System dapat digunakan sebagai media pembelajaran PLTS untuk membantu mahasiswa dalam memahami pengaruh *shading* terhadap performa panel surya. Sistem mampu menghasilkan data pengujian yang lebih konsisten, terukur, dan terkontrol dibandingkan metode praktikum manual sehingga dapat meningkatkan kualitas kegiatan praktikum pembelajaran PLTS.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan, masih terdapat beberapa aspek yang dapat dikembangkan untuk meningkatkan kinerja dan fungsi *Smart Shading System* pada penelitian selanjutnya. Oleh karena itu, beberapa saran yang dapat diberikan sebagai bahan pengembangan dan penyempurnaan sistem adalah sebagai berikut:

1. Menambahkan kapasitas baterai atau sistem penyimpanan energi yang lebih besar agar mampu menyuplai beban AC dengan daya yang lebih tinggi secara stabil selama proses pengujian.

2. Menambahkan sensor iradiasi matahari sehingga analisis performa panel surya dapat dilakukan berdasarkan nilai iradiasi yang diterima panel secara lebih akurat.

3. Mengembangkan sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) sehingga data pengujian dapat dipantau dan disimpan secara *online* untuk mempermudah proses analisis dan dokumentasi.



© 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

4. Menambahkan fitur data logging otomatis ke media penyimpanan atau database sehingga seluruh hasil pengujian dapat tersimpan secara terstruktur dan dapat digunakan untuk analisis jangka panjang.

5. Melakukan pengujian dengan variasi arah panel surya, sudut panel surya, dan tingkat *shading* yang lebih banyak sehingga karakteristik performa panel surya dapat dianalisis secara lebih mendalam.

6. Mengembangkan *Smart Shading System* dalam skala yang lebih besar sehingga tidak hanya digunakan sebagai media pembelajaran praktikum PLTS, tetapi juga dapat dimanfaatkan sebagai media penelitian dan pengembangan sistem kendali panel surya otomatis.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, G., & Nishimura, H. (2021). *An Experimental Investigation on Photovoltaic Array Power*.
- Al-Ezzi, A. S., & Ansari, M. N. M. (2022). Photovoltaic Solar Cells: A Review. *Applied System Innovation*, 5(4), 1–17. <https://doi.org/10.3390/asi5040067>
- Al-Ghezi, M. K. S., Ahmed, R. T., & Chaichan, M. T. (2022). The Influence of Temperature and Irradiance on Performance of the Photovoltaic Panel in the Middle of Iraq. *International Journal of Renewable Energy Development*, 11(2), 501–513. <https://doi.org/10.14710/ijred.2022.43713>
- Arumun, J., Ekanem, V., & Ashigwuike, E. (2024). Review of Gauge Repeatability and Reproducibility for Dimensional Measurements. *Scholars Bulletin*, 10(07), 186–194. <https://doi.org/10.36348/sb.2024.v10i07.003>
- Assiene Mouodo, L. V., Ali, A. L. H. M., Olivier Thierry, S. M., Moteyo, A. D., Gaston Tamba, J., & Axaopoulos, P. (2024). Comparison and classification of photovoltaic system architectures for limiting the impact of the partial shading phenomenon. *Heliyon*, 10(17), e36670. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36670>
- Craciunescu, D., & Fara, L. (2023). Investigation of the Partial Shading Effect of Photovoltaic Panels and Optimization of Their Performance Based on High-Efficiency FLC Algorithm. *Energies*, 16(3). <https://doi.org/10.3390/en16031169>
- Delfianti, R., Tazayul, V. A., Mustaqim, B., Nusyura, F., & Harsito, C. (2025). *Internet of Things (IoT) based Electrical Power Monitoring System for Solar Power Plants using the Telegram Application*. 2(3), 428–443. <https://doi.org/10.26740/vubeta.v2i3.39405>
- Essa, M. E.-S. M., Hassan, A. A., El-Kholy, E. E., & Ahmed, M. M. R. (2025). Innovations and advancements in solar tracker systems: A comprehensive review. *Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*, 16(1), 1–14. <https://doi.org/10.55981/j.mev.2025.1004>
- Hidayat, R. A. H., Krismanto, A. U., & ... (2024). Analisis Pengaruh “Partial Shadding” Terhadap Unjuk Kerja Plts Off Grid 400 Kwp Sistem Kelistrikan Itn Malang. ... : *Jurnal Mahasiswa Teknik ...*, 08, 67–77. <https://www.ejournal.itn.ac.id/magnetika/article/view/9072%0Ahttps://www.ejournal.itn.ac.id/magnetika/article/download/9072/6727>
- Iksan, N., Purwanto, P., & Sutanto, H. (2024). Real-Time Monitoring of Photovoltaic Systems and Control of Electricity Supply for Smart Micro Grid-PV using IoT. *TEM Journal*, 13(1), 514–523. <https://doi.org/10.18421/TEM131-53>
- Iturralde Carrera, L. A., Garcia-Barajas, M. G., Constantino-Robles, C. D., Álvarez-Alvarado, J. M., Castillo-Alvarez, Y., & Rodríguez-Reséndiz, J. (2025). Efficiency and Sustainability in Solar Photovoltaic Systems: A Review of Key Factors and Innovative Technologies. *Eng*, 6(3), 1–25.

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

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

<https://doi.org/10.3390/eng6030050>

- Moe, E. (2020). Energy transition. In *Essential Concepts of Global Environmental Governance*. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9780262037419.003.0003>
- Monika, D., Kusuma Wardhany, A., Nafisul Anwar, M., Danang Murtadho, F., Nurhidayat, W., Chandra Hartanto, S., Otomasi Listrik Industri, T., Elektro, T., & Negeri Jakarta Jl GA Siwabessy, P. D. (2025). Evaluasi Akurasi Sensor Tegangan, Arus, Suhu, dan Angin pada PLTS & PLTB. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, 11, 2–7.
- Mustafa Al-Sheikh. (2025). IoT-Enabled Dual-Axis Solar Tracking System Using ESP32 and Blynk for Real-Time Monitoring and Energy Optimization. *Jupiter: Publikasi Ilmu Keteknikan Industri, Teknik Elektro Dan Informatika*, 3(1), 187–204. <https://doi.org/10.61132/jupiter.v3i1.695>
- Olabode, O. E., Okakwu, I. K., Akinyele, D. O., Ajewole, T. O., Oyelami, S., & Olisa, O. V. (2024). Effect of Ambient Temperature and Solar Irradiance on Photovoltaic Modules' Performance. *Iranica Journal of Energy and Environment*, 15(4), 402–420. <https://doi.org/10.5829/ijee.2024.15.04.08>
- Permana Muqorrobin, Z., Nawawi, A., Aris Ardani, A., Putra Setia, S., & Rahmadian, R. (2024). Off-Grid Solar System Monitoring based on ESP-32 and INA219 In Pesanggrahan Gordomulyo. *Vokasi Unesa Bulletin of Engineering, Technology and Applied Science*, 1(2), 26–37. <https://doi.org/10.26740/vubeta.v1i2.34859>
- Rahmaniar, R., Khairul, K., & Junaidi, A. (2023). Model and Analysis of Photovoltaic Modules with Irradiation and Temperature Variations using Simulation Technology. *Procedia of Engineering and Life Science*, 4(June), 0–7. <https://doi.org/10.21070/pels.v4i0.1386>
- Ramadhani, A., & Nufus, H. (2024). *Jurnal Mekanik Terapan Evaluasi Sistem PLTS Grid-Connected 21 . 60 kWp di Politeknik Negeri Jakarta Dengan Metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*. 05(02), 103–112. <https://doi.org/10.32722/jmt.v5i2.6548>
- Raza, M. A., Zahra, S., Raza, S., Altimania, M. R., Hassan, M., Munir, H. M., Zaitsev, I., & Kuchansky, V. (2025). Mitigating the Impact of Partial Shading Conditions on Photovoltaic Arrays Through Modified Bridge-Linked Configuration. *Sustainability (Switzerland)*, 17(3). <https://doi.org/10.3390/su17031263>
- Shaik, F., Lingala, S. S., & Veeraboina, P. (2025). Correction: Effect of various parameters on the performance of solar PV power plant: a review and the experimental study. *Sustainable Energy Research*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s40807-025-00180-0>
- SIREGAR, M., PARDOSI, C. H., BACHRI, K. O., NUR, T., & PANDJAITAN, L. W. (2024). Evaluation of The Impact of Photovoltaic Laboratories Development on Higher Education and Industry. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 12(3), 759.



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

<https://doi.org/10.26760/elkomika.v12i3.759>

Theristis, M., Anderson, K., Ascencio-vasquez, J., & Stein, J. S. (2024). *How Climate and Data Quality Impact Photovoltaic Performance Loss Rate Estimations*. 2300815. <https://doi.org/10.1002/solr.202300815>

Warburg, C. T., Pogrebnaya, T., & Kivevele, T. (2024). Electrical power output potential of different solar photovoltaic systems in Tanzania. *International Journal of Renewable Energy Development*, 13(4), 673–682. <https://doi.org/10.61435/ijred.2024.58972>

Yudiartono, Y., Windarta, J., & Adiarso, A. (2023). Sustainable Long-Term Energy Supply and Demand: The Gradual Transition to a New and Renewable Energy System in Indonesia by 2050. *International Journal of Renewable Energy Development*, 12(2), 419–429. <https://doi.org/10.14710/ijred.2023.50361>

Zine, B., Labiod, C., Srairi, K., Benmouna, A., Becherif, M., Khechekhouche, A., Ravelo, B., & Naoui, M. (2024). Real-Time Analysis for Enhancement of Photovoltaic Panel Efficiency and Quality. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 9(3), 775–790. <https://doi.org/10.17509/ijost.v9i3.74817>

**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

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Rakha Adrian Prabaswara

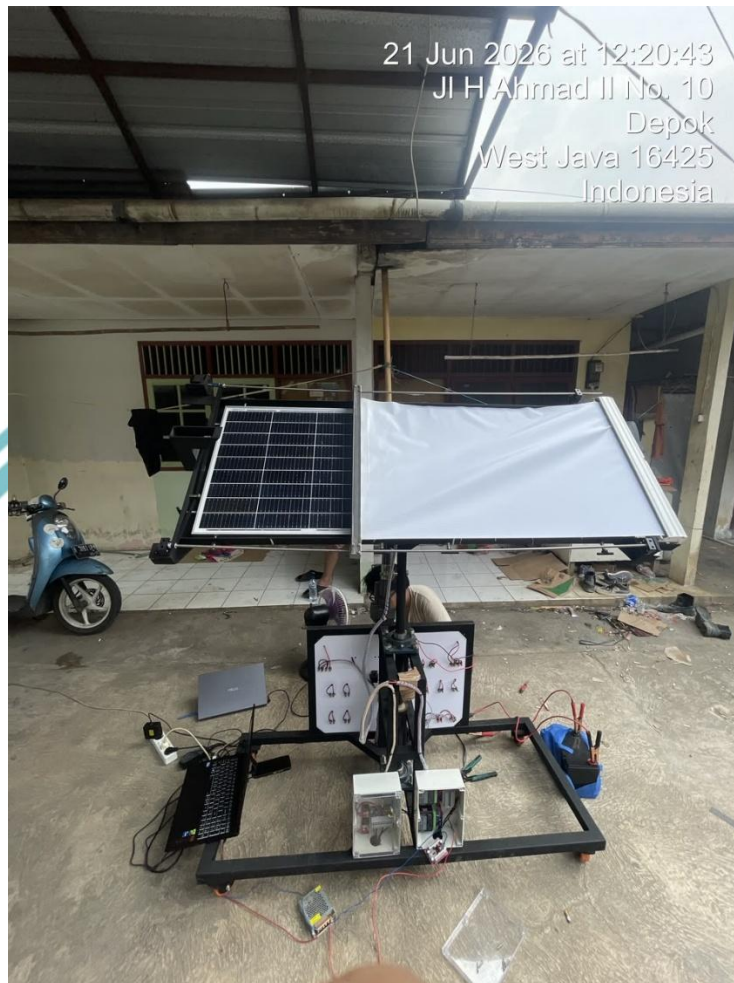
Lulus dari SDN 09 Rawamangun pada tahun 2015, SMPIT Nurul Hikmah pada tahun 2018, SMK Negeri 1 Jakarta pada tahun 2022, sampai saat tugas akhir ini, penulis merupakan mahasiswa aktif di Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Otomasi Listrik Industri

**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



21 Jun 2026 at 12:20:43
JI H Ahmad II No. 10
Depok
West Java 16425
Indonesia

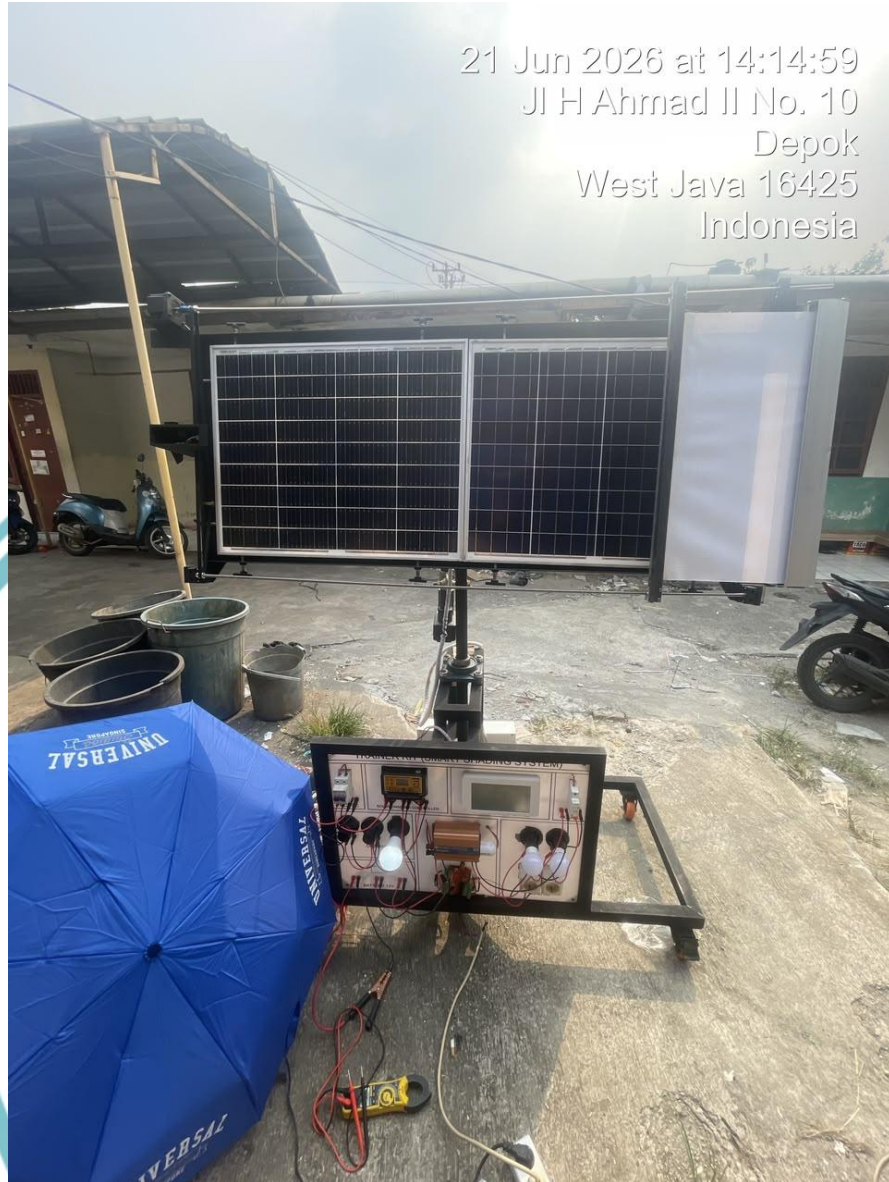
POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



© 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



21 Jun 2026 at 14:14:59
Jl H Ahmad II No. 10
Depok
West Java 16425
Indonesia

JAKARTA

© 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



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



© 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



JAKARTA

© 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



JAKARTA

© 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

