



**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN PENGUJIAN
KINERJA PANEL SURYA BERBASIS ESP32**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Pendidikan Pada
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro

Oleh :
Ambar Yulianti
40040621650069

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK LISTRIK INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2025**

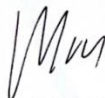
HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN PENGUJIAN KINERJA PANEL SURYA BERBASIS ESP32

Diajukan oleh : Ambar Yulianti
NIM : 40040621650069

TELAH DISUSUN DAN DITERIMA BAIK OLEH

Dosen Pembimbing,


Fakhruddin Mangkusasmitho, S.T, M.T
NIP. 198908202019031012

Tanggal 22 Juli 2025

Mengetahui

Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri
Departemen Teknik Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro


Arkhan Subari, S.T., M.Kom
NIP. 197710012001121002

Tanggal 22 Juli 2015

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN PENGUJIAN KINERJA
PANEL SURYA BERBASIS ESP32**

Diajukan oleh : Ambar Yulianti
Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji Pada

Hari : Selasa
Tanggal : 22 Juli 2025

Ketua Penguji



Dista Yoel Tadeus, ST, MT
NIP. 197106151998021001

Penguji I



Arkhan Subari, S.T., M.Kom
NIP. 197710012001121002

Penguji II



Fakhruddin Mangkusasmito, S.T, M.T
NIP. 198908202019031012

Mengetahui,
Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri
Departemen Teknik Industri
Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro



Arkhan Subari, S.T., M.Kom
NIP. 197710012001121002

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Ambar Yulianti
NIM : 40040621650069
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen
Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas
Diponegoro
Judul Tugas Akhir : RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING
DAN PENGUJIAN KINERJA PANEL SURYA
BERBASIS ESP32

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh derajat keahlian di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI no. 17 Tahun 2010 dan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 17 Juli 2025


Ambar Yulianti

HALAMAN PERSEMBAHAN

Selama proses penyusunan tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak dukungan, pengetahuan dan pengalaman dari beberapa pihak. Oleh karena itu dengan penuh rasa Syukur dan kerendahan hati, karya ini penulis persembahkan kepada :

1. Allah SWT, Segala puji dan syukur kupanjatkan kepada-Mu, yang telah memberikan kehidupan, kesehatan, kekuatan, dan kesempatan untuk menyelesaikan karya ini. Tanpa rahmat dan ridho-Mu, perjalanan ini tidak akan sampai pada titik ini. Semoga setiap ilmu dan pengalaman yang didapat menjadi berkah bagi diri ini dan orang-orang di sekitar.
2. Kedua orang tua, Bapak dan Mamah. Tiada kata yang cukup untuk menggambarkan betapa besar cinta, pengorbanan, dan doa yang telah kalian curahkan. Setiap tetes keringat dan setiap doa yang kalian panjatkan menjadi kekuatan bagi langkah-langkah penulis. Karya ini adalah bukti kecil dari segala harapan dan ajaran yang telah kalian tanamkan sejak kecil. Terima kasih atas segalanya.
3. Prof. Dr. Ir. Budiyono, M.Si. selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
4. Bapak Arkhan Subari, S.T., M.Kom. selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
5. Bapak Yuniarto, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Listrik Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
6. Bapak Fakhruddin Mangkusamito, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dengan baik dan mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
7. Bagus Rahmat Wi Janoko selaku pasangan penulis yang telah memberikan dukungan kepada penulis sampai saat ini.
8. Serta seluruh pihak yang terlibat dalam penyusunan alat tugas akhir ini.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja berbagai jenis panel surya berdasarkan material dan teknologi sel surya guna menentukan efisiensi konversi energi serta kesesuaiannya untuk aplikasi tertentu. Tiga jenis material utama yang dikaji adalah silikon monokristalin, polikristalin, dan thin-film, masing-masing dengan karakteristik berbeda dalam daya serap cahaya, efisiensi, dan ketahanan terhadap lingkungan. Teknologi terbaru seperti Passivated Emitter and Rear Cell (PERC) dan sel tandem juga dianalisis untuk mengevaluasi potensi peningkatan efisiensi dibandingkan teknologi konvensional. Penelitian ini dilakukan melalui pengujian eksperimental dan simulasi, dengan mengukur output daya dan efisiensi panel dalam berbagai kondisi lingkungan, seperti variasi intensitas cahaya dan suhu. Hasilnya menunjukkan bahwa panel berbahan silikon monokristalin dengan teknologi PERC memberikan efisiensi konversi tertinggi, sedangkan panel thin-film menunjukkan performa lebih baik dalam kondisi cahaya rendah dan memiliki fleksibilitas tinggi. Temuan ini memberikan pemahaman komprehensif mengenai kelebihan dan kekurangan tiap jenis panel surya, yang dapat menjadi dasar dalam memilih teknologi panel paling sesuai untuk kebutuhan rumah tangga, industri, atau proyek energi terbarukan berskala besar.

Kata kunci: *Panel surya, material sel surya, teknologi sel surya, efisiensi energi.*

ABSTRACT

This study aims to analyze the performance of various types of solar panels based on solar cell materials and technologies in order to determine energy conversion efficiency and their suitability for specific applications. The three main materials examined are monocrystalline silicon, polycrystalline silicon, and thin-film, each with different characteristics in terms of light absorption, efficiency, and environmental durability. Emerging technologies such as Passivated Emitter and Rear Cell (PERC) and tandem cells are also analyzed to assess their potential performance improvements over conventional technologies. The research was conducted through experimental testing and simulations, measuring the power output and efficiency of each panel type under different environmental conditions, such as varying light intensities and operational temperatures. The results show that monocrystalline silicon panels with PERC technology deliver the highest energy conversion efficiency, while thin-film panels perform better in low-light conditions and offer greater flexibility. These findings provide a comprehensive understanding of the advantages and limitations of each solar panel material and technology, serving as a valuable reference for selecting the most suitable panel type for household, industrial, or large-scale renewable energy projects.

Keywords: *Solar panel, solar cell material, solar cell technology, energy efficiency.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan atas Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya maka penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir. Dalam penyusunan laporan ini, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan laporan ini. Adapun pihak-pihak tersebut antara lain:

1. Allah SWT yang telah memberikan keberkahan, Rahmat dan karunia-Nya dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
2. Keluarga yang telah memberikan dukungan penuh dan membantu saya selama proses magang sampai saat ini.
3. Prof. Dr. Ir. Budiyono, M.Si. selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
4. Dr. Ida Hayu Dwimawanti, M.m, selaku Wakil Dekan 1 Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro
5. Dr. Eng. Vita Paramita, S.T., M.M., M.Eng, selaku Wakil Dekan 2 Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro
6. Bapak Arkhan Subari, S.T., M.Kom. selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
7. Bapak Yuniarto, S.T.,M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Listrik Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
8. Bapak Fakhruddin Mangkusasmito, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah membantu proses magang saya.
9. Bagus Rahmat Wi Janoko selaku pasangan saya yang telah memberikan dukungan kepada saya sampai saat ini.
10. Teman – teman D4 Teknik Listrik Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang memberikan dukungan.
11. Serta seluruh pihak yang telah membantu seluruh rangkaian kegiatan dan penyusunan laporan tugas akhir ini.

Semoga laporan yang sederhana ini bermanfaat bagi Almamater Civitas Universitas Diponegoro, maupun pembaca pada umumnya. Penulis menyadari dalam

pembuatan laporan ini masih ada kekurangan karena keterbatasan ilmu teknik yang diperoleh dari sekolah dan dalam praktik industri. Maka dari itu segala kritik dan saran yang membangun akan selalu diterima dengan senang hati.

Semarang, 17 Juli 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Ambar Yulianti', written over a horizontal line.

Ambar Yulianti
NIM.40040621650069

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	2
1.2.1 Identifikasi Masalah	2
1.2.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Tugas Akhir.....	3
1.5 Manfaat Tugas Akhir.....	4
1.5.1 Bagi Penulis.....	4
1.5.2 Bagi Mahasiswa dan Pembaca	4
1.6 Sistematika Penyusunan Tugas Akhir.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Dasar Teori	7
2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya	7
2.2.2 Sel Surya.....	8
2.3 Prinsip Kerja Panel Surya.....	14
2.4 Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Panel Surya	14
2.5 Daya Panel Surya	15
2.6 Efisiensi Sel Surya.....	16

2.7	Performansi Sel Surya	19
2.8	Korelasi Suhu dan Kelembapan	20
2.9	Komponen Sistem Monitoring Panel Surya	22
2.9.1	Panel Surya Monocrystalline dan Polycrystalline	22
2.9.2	Sensor Suhu dan Kelembapan DHT22	24
2.9.3	Sensor Arus ACS712 20A	25
2.9.4	Sensor Tegangan DC 0-25V	28
2.9.5	Modul RTC DS3231	29
2.9.6	Sensor Intensitas Cahaya BH1750	31
2.9.7	Modul Step-Down LM2596	32
2.9.8	Mikrokontroler ESP32 V1 (30 Pin)	34
2.9.9	PCB dan Resistor	35
2.9.10	Arduino IDE	36
2.9.11	Box Komponen	37
2.9.12	Modul GPS NEO-6M	38
2.9.13	Lampu DC	39
2.9.14	Platform Monitoring Google Spreadsheets	40
BAB III PERANCANGAN TUGAS AKHIR		42
3.1	Diagram Blok Sistem	42
3.2	Flowchart Sistem	44
3.3	Wiring Diagram	45
3.3.1	Rangkaian Sumber Daya	45
3.3.2	Koneksi Sensor Tegangan dan Arus	46
3.3.3	Koneksi Sensor Lingkungan	47
3.3.4	Koneksi Modul Waktu dan Lokasi (RTC dan GPS)	48
3.3.5	Pengiriman Data ke Cloud	49
3.4	Desain 3D Tugas Akhir	49
3.5	Perancangan Hardware	52
3.6	Perancangan Software	52
BAB IV PROSES PEMBUATAN ALAT		54
4.1	Pembuatan Perangkat Keras (Hardware)	54
4.1.1	Alat dan bahan	55
4.1.2	Langkah-Langkah Pembuatan	56

4.2	Pembuatan Perangkat Lunak (Software).....	63
4.2.1	Pembuatan Program pada Arduino IDE.....	63
4.2.2	Menghubungkan dengan platform Google Spreadsheet	66
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISA		69
5.1	Deskripsi Umum Pengujian.....	69
5.1.1	Lokasi dan Waktu Pengujian.....	69
5.1.2	Tujuan Pengujian.....	69
5.1.3	Kondisi Cuaca Selama Masa Pengujian.....	69
5.2	Pengujian Fungsional	74
5.3	Pengujian Harian	77
5.4	Pengujian Pengaruh Siluet.....	80
5.5	Grafik Pengujian.....	90
5.6	Pengaruh Suhu dan Kelembapan Terhadap Keluaran Daya.....	91
5.6.1	Data Pengecekan Suhu dan Kelembapan.....	92
5.6.2	Grafik Suhu Dan Kelembapan	94
5.6.3	Korelasi Suhu	97
5.6.4	Korelasi Kelembapan	99
5.6.5	Kesimpulan Korelasi Suhu dan Kelembapan Terhadap Keluaran Daya....	100
5.7	Kendala Saat Pengujian.....	101
5.7.1	Saat Pengujian Tanpa Penghalang	101
5.7.2	Saat Pengujian Dengan Penghalang	102
BAB VI PENUTUP		103
6.1	Kesimpulan.....	103
6.2	Saran.....	104
DAFTAR PUSTAKA		106
LAMPIRAN.....		109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Panel Surya Monocrystalline	9
Gambar 2. 2 Panel Surya Polycrystalline.....	10
Gambar 2. 3 Panel Surya Amorphous.....	10
Gambar 2. 4 Cara Kerja Panel Surya [6].....	14
Gambar 2. 5 Karakteristik pada Sel Surya	19
Gambar 2. 6 Monocrystalline.....	22
Gambar 2. 7 Pollycrystalline.....	23
Gambar 2. 8 DHT22.....	25
Gambar 2. 9 Sensor Arus ACS712	27
Gambar 2. 10 Sensor Arus ACS712	28
Gambar 2. 11 Sensor Tegangan DC 0-25 V.....	29
Gambar 2. 12 RTC DS3231	30
Gambar 2. 13 BH1750	32
Gambar 2. 14 Modul Step Down LM2596	33
Gambar 2. 15 Pin ESP32.....	35
Gambar 2. 16 Aplikasi Arduino IDE	37
Gambar 2. 17 Box Komponen	38
Gambar 2. 18 GPS NEO-6M	39
Gambar 2. 19 Lampu DC	40
Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem	42
Gambar 3. 2 Flowchart Sistem.....	44
Gambar 3. 3 Rangkaian Sumber Daya.....	46
Gambar 3. 4 Koneksi Sensor Tegangan dan Arus	47
Gambar 3. 5 Koneksi Sensor Lingkungan	48
Gambar 3. 6 Koneksi Waktu dan Lokasi	48
Gambar 3. 7 Pengiriman Data ke Cloud	49
Gambar 3. 8 Design Tampak Atas	49
Gambar 3. 9 Design Tampak Belakang	50
Gambar 3. 10 Design Tampak Depan	50
Gambar 3. 11 Design Tampak Kanan	51

Gambar 3. 12 Design Tampak Kiri	51
Gambar 4. 1 Design Tampak Atas	57
Gambar 4. 2 Design Tampak Belakang	57
Gambar 4. 3 Design Tampak Depan	58
Gambar 4. 4 Design Tampak Kanan	58
Gambar 4. 5 Design Tampak Kiri	59
Gambar 4. 6 Box Komponen	60
Gambar 4. 7 Proses Penyolderan	60
Gambar 4. 8 PCB Tampak Belakang	61
Gambar 4. 9 PCB Tampak Depan.....	61
Gambar 4. 10 Merakit Panel ke Mounting.....	62
Gambar 4. 11 Pengecekan Alat.....	63
Gambar 4. 12 Pemilihan Board dan Port ESP32.....	64
Gambar 4. 13 Library pada Arduino IDE	64
Gambar 4. 14 Penulisan Program Pada Arduino IDE	65
Gambar 4. 15 Inisialisasi Komponen dan Variabel	65
Gambar 4. 16 Halaman Dokumen Baru	66
Gambar 5. 1 Kondisi Cuaca Hari Pertama	70
Gambar 5. 2 Kondisi Cuaca Hari Kedua.....	70
Gambar 5. 3 Kondisi Cuaca Hari Ketiga	71
Gambar 5. 4 Kondisi Cuaca Hari Keempat.....	71
Gambar 5. 5 Kondisi Cuaca Hari Kelima	72
Gambar 5. 6 Kondisi Cuaca Hari Keenam.....	72
Gambar 5. 7 Kondisi Cuaca Hari ketujuh	73
Gambar 5. 8 Kondisi Cuaca Hari kedelapan	73
Gambar 5. 9 Kondisi Cuaca Hari Kesembilan	74
Gambar 5. 10 Kondisi Cuaca Hari Kespuluh	74
Gambar 5. 11 Mika Warna Muda	80
Gambar 5. 12 Mika Warna Muda Setelah Dipasang.....	81
Gambar 5. 13 Mika Warna Tua.....	84
Gambar 5. 14 Mika Warna Tua Setelah Dipasang.....	84
Gambar 5. 15 Kardus	87

Gambar 5. 16 Kardus Setelah Dipasang	87
Gambar 5. 17 Grafik Data Pengujian Harian	90
Gambar 5. 18 Grafik Efisiensi, Suhu dan Kelembapan Monocrystalline	94
Gambar 5. 19 Grafik Efisiensi, Suhu dan Kelembapan Polycrystalline	96

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Perbedaan.....	13
Tabel 2. 2 Perbandingan dan Kekurangan Panel Surya	23
Tabel 2. 3 Spesifikasi Sensor Suhu dan Kelembapan DHT22	24
Tabel 2. 4 Pin Sensor Arus ACS712	27
Tabel 2. 5 Spesifikasi Sensor Arus ACS712.....	27
Tabel 2. 6 Spesifikasi Sensor Tegangan DC 0-25 V.....	28
Tabel 2. 7 Spesifikasi RTC DS3231	29
Tabel 2. 8 Pin RTC DS3231	30
Tabel 2. 9 BH1750	32
Tabel 2. 10 Spesifikasi Modul Step Down LM2596.....	33
Tabel 2. 11 Spesifikasi ESP32	35
Tabel 4. 1 Bahan yang digunakan	55
Tabel 4. 2 Alat yang digunakan	56
Tabel 5. 1 Perbandingan Hari Pertama	76
Tabel 5. 2 Data Pengujian Harian Hari Pertama	77
Tabel 5. 3 Data Pengujian Harian Hari Kedua	77
Tabel 5. 4 Data Pengujian Harian Hari Ketiga.....	78
Tabel 5. 5 Data Pengujian Harian Hari Keempat	78
Tabel 5. 6 Data Pengujian Harian Hari Kelima.....	78
Tabel 5. 7 Data Pengujian Harian Hari Keenam	79
Tabel 5. 8 Data Pengujian Harian Hari Ketujuh	79
Tabel 5. 9 Perbandingan Mika Warna Muda	82
Tabel 5. 10 Perbandingan Mika Warna Tua	85
Tabel 5. 11 Perbandingan Kardus	88
Tabel 5. 12 Data pada Hari Ketiga.....	92
Tabel 5. 13 Data pada Hari Kesembilan	92
Tabel 5. 14 Data pada Hari Keempat	93

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Program Alat.....	109
Lampiran 2 Data Hasil Percobaan Panel Surya Hari Kedua.....	118
Lampiran 3 Data Hasil Percobaan Panel Surya Hari Ketiga.....	119
Lampiran 4 Data Hasil Percobaan Panel Surya Hari Keempat.....	120
Lampiran 5 Data Hasil Percobaan Panel Surya Hari Kelima	121
Lampiran 6 Data Hasil Percobaan Panel Surya Hari Keenam.....	122
Lampiran 7 Data Hasil Percobaan Panel Surya Hari Ketujuh	123
Lampiran 8 Tampak Keseluruhan Alat Dari Depan.....	124
Lampiran 9 Tampak Keseluruhan Alat Dari Belakang.....	124
Lampiran 10 Tampak Keseluruhan Alat Dari Kiri	125
Lampiran 11 Tampak Keseluruhan Alat Dari Kanan	125
Lampiran 12 Komponen dalam Box	126
Lampiran 13 Komponen diluar box	126
Lampiran 14 Komponen diluar box	127
Lampiran 15 Komponen diluar box	127
Lampiran 16 Komponen diluar box	128
Lampiran 17 Komponen diluar box	128