

SKRIPSI SARJANA TERAPAN

**PROTOTYPE SISTEM MONITORING DAN KONTROL PEMBERSIH
PANEL SURYA BERBASIS IOT**



Intelligentia - Dignitas

**Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Otomasi**

Oleh :

Muhammad Dhiyaa' Marda

1527422029

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2026

HALAMAN JUDUL

**PROTOTIPE SISTEM MONITORING DAN KONTROL PEMBERSIH
PANEL SURYA BERBASIS IOT**



**Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Otomasi**

Oleh :

Muhammad Dhiyaa' Marda

1527422029

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2026

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR
BENTUK : SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Muhammad Dhiyaa' Marda
NIM : 1527422029
Program Studi / Fakultas : Teknologi Rekayasa Otomasi / Fakultas Teknik
Judul : PROTOTIPE SISTEM MONITORING DAN
KONTROL PEMBERSIH PANEL SURYA
BERBASIS IOT

Ini telah disetujui dan dinyatakan memenuhi syarat untuk diajukan dalam ujian tugas akhir.

Jakarta, 15 Juli 2026

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Syufrijal, S.T., M.T.
NIDN. 0027037604



Nur Hanifah Yuninda, S.T., M.T.
NIDN. 0011068204

Intelligentia - Dignitas

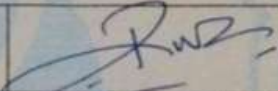
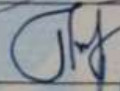
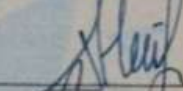
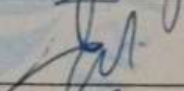
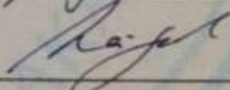
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

BENTUK : SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Muhammad Dhiyaa' Marda
NIM : 1527422029
Program Studi/Fakultas : Teknologi Rekayasa Otomasi / Fakultas Teknik
Judul Penelitian : PROTOTIPE SISTEM MONITORING DAN KONTROL PEMBERSIH PANEL SURYA BERBASIS IOT.

Ini telah dipertahankan dihadapan dewan penguji dan dinyatakan *Lulus/Tidak Lulus* *. Ujian Tugas Akhir oleh Tim Penguji pada Tanggal 15 Juli 2026

Tim Penguji,

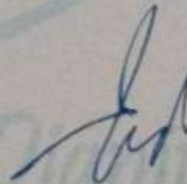
Ketua Penguji	Drs. Rimulyo Wicaksono, M.M NIDN. 0001106306	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 1)	Taryudi, Ph.D. NIDN. 0006088005	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 2)	Ir. Heri Firmansyah, S.T., M.T. NIDN. 0014028408	
Anggota Penguji (Pembimbing 1)	Syufrijal, S.T., M.T. NIDN. 0027037604	
Anggota Penguji (Pembimbing 2)	Nur Hanifah Yuninda, S.T., M.T. NIDN. 0011068204	

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Neneng Siti Silfi Ambarwati, S.Si, Apt., M.Si.
NIDN. 0029027204

Koordinator Program Studi
Teknologi Rekayasa Otomasi



Syufrijal, S.T., M.T.
NIDN. 0027037604

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Nama Mahasiswa : Muhammad Dhiyaa' Marda
NIM : 1527422029
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Fakultas : Teknik
Judul Penelitian : PROTOTIPE SISTEM MONITORING DAN
KONTROL PEMBERSIH PANEL SURYA
BERBASIS IOT.

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya tulis ilmiah ini.

Jakarta, 15 Juli 2026

Yang menyatakan,



Muhammad Dhiyaa' Marda
NIM. 1527422029

Intelligentia - Dignitas



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN
TEKNOLOGI UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220

Telepon/Faksimili: 021-4894221

Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Muhammad Dhiyaa' Marda
NIM : 1527422029
Fakultas/Prodi : Fakultas Teknik / Teknologi Rekayasa Otomasi
Alamat Email : dhiyaamarda10@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

Yang berjudul:

PROTOTIPE SISTEM MONITORING DAN KONTROL PEMBERSIH PANEL

SURYA BERBASIS IOT

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 22 Juli 2026

Penulis

Muhammad Dhiyaa' Marda

KATA PENGANTAR

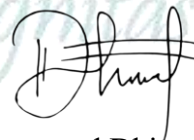
Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Prototipe Sistem Monitoring dan Kontrol Pembersih Panel Surya Berbasis IoT.” Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, Universitas Negeri Jakarta.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Syufrijal, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi sekaligus Dosen Pembimbing I, atas arahan, bimbingan intensif, serta masukan berharganya dalam menyempurnakan penelitian ini.
2. Ibu Nur Hanifah Yuninda, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II, atas bimbingan akademik, arahan, dan dukungan moral sehingga skripsi ini dapat tersusun secara komprehensif dan sistematis.
3. Orang tua tercinta, Bapak Umar Ismail dan Ibu Faridah, atas kasih sayang, doa, motivasi, serta dukungan moral dan material yang tiada henti hingga penulis dapat menyelesaikan studi ini.
4. Diah Ayu Alfiyanti, yang selalu membantu dan memberikan semangat, dukungan tanpa henti, dan keyakinan kepada penulis untuk mencapai impian.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga karya ini bermanfaat bagi pembaca dan perkembangan ilmu pengetahuan.

Jakarta, 15 Juli 2026



Muhammad Dhiyaa' Marda

1527422029

ABSTRAK

Panel surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang kinerjanya dapat menurun akibat penumpukan debu pada permukaan panel. Proses pembersihan secara manual membutuhkan waktu dan tenaga sehingga diperlukan sistem pembersihan otomatis yang mampu bekerja sesuai kondisi panel. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem monitoring dan kontrol pembersih panel surya berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan ESP32 dan metode Logika Fuzzy Mamdani.

Sistem menggunakan empat sensor TCS34725 untuk mendeteksi perubahan permukaan panel surya, sensor BH1750 untuk mengukur intensitas cahaya, sensor INA219 untuk mengukur tegangan, arus, dan daya panel surya, serta sensor hujan untuk mendeteksi kondisi hujan. Data sensor diproses menggunakan metode Fuzzy Mamdani melalui tahapan fuzzifikasi dengan fungsi keanggotaan trapesium, inferensi berdasarkan 12 aturan IF-THEN, dan defuzzifikasi metode centroid untuk menentukan durasi kerja pompa air DC. Data hasil monitoring dikirim secara real-time ke platform ThingSpeak sehingga kondisi panel surya dan status sistem dapat dipantau melalui jaringan internet.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor INA219 memiliki rata-rata error sebesar 1,35% untuk tegangan, 2,04% untuk arus, dan 3,31% untuk daya, sedangkan sensor BH1750 memiliki rata-rata error sebesar 0,57%. Sensor TCS34725 mampu membedakan kondisi panel bersih dan kotor berdasarkan perubahan nilai RGB dan *Clear*, serta sensor hujan mampu mendeteksi kondisi basah dan kering dengan baik. Sistem berhasil melakukan monitoring dan mengendalikan proses pembersihan secara otomatis berdasarkan parameter efisiensi panel surya, konsistensi lux, dan perubahan permukaan panel. Implementasi Logika Fuzzy Mamdani menghasilkan keputusan Tidak Aktif, Singkat, Cukup, dan Lama sesuai dengan rule base yang dirancang sehingga sistem mampu melakukan pembersihan panel surya secara adaptif.

Kata kunci: panel surya, Internet of Things, ESP32, Logika Fuzzy Mamdani, ThingSpeak, pembersihan panel surya.

ABSTRACT

Solar panels are a type of renewable energy source whose performance can decline due to dust buildup on their surfaces. Manual cleaning is time-consuming and labor-intensive, so an automated cleaning system capable of operating according to the condition of the panels is needed. This study aims to design and build an Internet of Things (IoT)-based monitoring and control system for solar panel cleaning using the ESP32 and the Mamdani Fuzzy Logic method.

The system uses four TCS34725 sensors to detect changes in the surface of the solar panel, a BH1750 sensor to measure light intensity, an INA219 sensor to measure the voltage, current, and power of the solar panel, and a rain sensor to detect rainfall. Sensor data is processed using the Mamdani fuzzy method through the stages of fuzzification with a trapezoidal membership function, inference based on 12 IF–THEN rules, and defuzzification using the centroid method to determine the operating duration of the DC water pump. The monitoring data is transmitted in real time to the ThingSpeak platform so that the condition of the solar panels and the system status can be monitored via the internet.

Test results show that the INA219 sensor has an average error of 1.35% for voltage, 2.04% for current, and 3.31% for power, while the BH1750 sensor has an average error of 0.57%. The TCS34725 sensor is capable of distinguishing between clean and dirty panel conditions based on changes in the RGB and Clear values, and the rain sensor is able to reliably detect wet and dry conditions. The system successfully monitors and controls the cleaning process automatically based on solar panel efficiency parameters, lux consistency, and changes in the panel surface. The implementation of Mamdani Fuzzy Logic results in decisions of “Inactive,” “Short,” “Moderate,” and “Long” in accordance with the designed rule base, enabling the system to clean the solar panels adaptively.

Keywords: solar panels, Internet of Things, ESP32, Mamdani Fuzzy Logic, ThingSpeak, solar panel cleaning.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	5
1.3 Pembatasan Masalah	5
1.4 Perumusan Masalah	6
1.5 Tujuan Penelitian	6
1.6 Manfaat Penelitian	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	8
2.1 Kerangka Teoritik	8
2.1.1 Prototipe	8
2.1.2 Sistem Kendali Tertutup	8
2.1.3 Panel Surya	9
2.1.4 <i>Internet of Things</i> (IoT).....	10
2.1.5 ThingSpeak	10
2.1.6 Fuzzy Logic.....	11
2.2 Produk Penelitian	13
2.3 Penelitian Relevan.....	14
2.4 Kerangka Berpikir	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	18

3.2 Metode Penelitian.....	18
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	19
3.3.1 Sistem Laptop yang digunakan dalam penelitian	19
3.3.2 Perangkat keras (<i>Hardware</i>)	19
3.3.3 Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	20
3.4 Perancangan Sistem	20
3.4.1 Diagram Alir Penelitian	20
3.4.2 Diagram Blok Sistem	22
3.4.3 Skematik.....	22
3.4.3.1 Skematik Sensor dan GPIO ESP32.....	23
3.4.3.2 Skematik Supply	23
3.4.3.3 Pengalamatan	23
3.4.3.4 Wiring Sensor dan GPIO ESP32	25
3.4.3.5 Wiring Supply	25
3.4.4 Flowchart Sistem.....	26
3.4.5 Flowchart Fuzzy.....	27
3.4.6 Desain Alat.....	27
3.4.7 Desain Dashboard Monitoring.....	29
3.4.8 Perancangan Sistem Logika Fuzzy	29
3.4.8.1 Fuzzifikasi.....	30
3.4.8.2 Inferensi Fuzzy.....	31
3.4.8.3 Defuzzifikasi	31
3.5 Instrumen Penelitian.....	32
3.6 Teknik Pengumpulan Data.....	32
3.7 Teknik Analisis Data.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Hasil Penelitian	36
4.1.1 Hasil Alat	36
4.1.2 Prinsip Kerja Alat Pembersih Panel Surya	38
4.1.3 Pengujian Pengaruh Debu terhadap Daya Keluaran Panel Surya	39
4.1.4 Pengujian Sensor	39
4.1.4.1 Pengujian Sensor INA219.....	39
4.1.4.2 Pengujian Sensor BH1750	44
4.1.3.3 Pengujian Sensor TCS34725.....	44

4.1.4.4 Pengujian Sensor Hujan	46
4.1.5 Hasil Pengujian Fuzzy Logic di Matlab.....	46
4.1.6 Pengujian Sistem.....	50
4.1.5.1 Data Pengujian yang Merepresentasikan Rule Base.....	51
4.1.6. Analisis Hasil Fuzzy dan Kinerja Sistem.....	52
4.2 Pembahasan.....	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN.....	59
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	62



Intelligentia - Dignitas

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Relevan	14
Tabel 3. 1 Pengalamatan GPIO ESP32	23
Tabel 3. 2 Fungsi Keanggotaan Input	30
Tabel 3. 3 Fungsi Keanggotaan Output	30
Tabel 3. 4 Rule Base	31
Tabel 3. 5 Kisi-Kisi Instrumen	32
Tabel 3. 6 Pengujian Sensor INA219	33
Tabel 3. 7 Pengujian Sensor BH1750	33
Tabel 3. 8 Pengujian Sensor TCS34725	33
Tabel 3. 9 Pengujian Sistem Pembersih	34
Tabel 4. 1 Pengujian Pengaruh Debu	39
Tabel 4. 2 Pengujian Sensor INA219 dan Multimeter Kondisi Bersih	39
Tabel 4. 3 Pengujian Sensor INA219 dan Multimeter Kondisi Kotor	42
Tabel 4. 4 Pengujian Sensor BH1750	44
Tabel 4. 5 Hasil Rata-Rata Pengujian Sensor TCS34725 kondisi Bersih	45
Tabel 4. 6 Hasil Rata-Rata Pengujian Sensor TCS34725 kondisi Kotor	45
Tabel 4. 7 Pengujian Sensor Hujan	46
Tabel 4. 8 Pengujian Sistem	50
Tabel 4. 9 Kondisi Bersih	51
Tabel 4. 10 Kondisi Kotor	51



Intelligentia - Dignitas

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 3. 2 Diagram Blok	22
Gambar 3. 3 Skematik GPIO ESP32 & SENSOR	23
Gambar 3. 4 Skematik Supply	23
Gambar 3. 5 Wiring Sensor dan GPIO ESP32	25
Gambar 3. 6 Wiring Supply	25
Gambar 3. 7 Flowchart Sistem	26
Gambar 3. 8 Flowchart Logika Fuzzy	27
Gambar 3. 9 Tampak Depan.....	28
Gambar 3. 10 Tampak Simetri	28
Gambar 3. 11 Tampak Samping Kiri.....	28
Gambar 3. 12 Tampak Samping Kanan	28
Gambar 3. 13 Komponen Sistem	28
Gambar 3. 14 Dashboard Monitoring.....	29
Gambar 4. 1 Hasil Prototype.....	37
Gambar 4. 2 Kelistrikan	37
Gambar 4. 3 Dashboard Monitoring.....	37
Gambar 4. 4 Grafik Volt Kondisi Bersih	41
Gambar 4. 5 Grafik Ampere Kondisi Bersih.....	41
Gambar 4. 6 Grafik Daya Kondisi Bersih	41
Gambar 4. 7 Grafik Volt Kondisi Kotor	43
Gambar 4. 8 Grafik Ampere Kondisi Kotor	43
Gambar 4. 9 Grafik Daya Kondisi Kotor	43
Gambar 4. 10 Grafik Lux.....	44
Gambar 4. 11 Fuzzy Inference System.....	47
Gambar 4. 12 Membership Function Efisiensi Panel	47
Gambar 4. 13 Membership Function Konsistensi Lux.....	48
Gambar 4. 14 Membership Function Perubahan Permukaan Panel.....	48
Gambar 4. 15 Membership Function Durasi Penyemprotan	48
Gambar 4. 16 Rule Viewer	49
Gambar 4. 17 Surface Viewer	49

Intelligentia - Dignitas

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lampiran 1 Hasil Pengujian Sensor INA219	59
Lampiran 2 Hasil Pengujian Sensor BH1750	59
Lampiran 3 Hasil Pengujian Sensor TCS34725	60
Lampiran 4 Hasil Pengujian Sensor Hujan	61
Lampiran 5 Dokumentasi Pengerjaan Alat	61



Intelligentia - Dignitas