

OTOMATISASI DAN MONITORING *SINGLE-AXIS SOLAR TRACKER*: ANALISIS INTENSITAS CAHAYA PADA PANEL SURYA *MONOCRYSTALLINE*

ZAKI RAFI ATHALLAH



**TEKNOLOGI REKAYASA KOMPUTER
SEKOLAH VOKASI IPB
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

Perpustakaan IPB University

PERNYATAAN MENGENAI LAPORAN AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan akhir dengan judul “Otomatisasi dan Monitoring *Single-Axis Solar Tracker*: Analisis Intensitas Cahaya pada Panel Surya *Monocrystalline*” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir laporan akhir ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2025

Zaki Rafi Athallah
J0304211163

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



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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



ABSTRAK

ZAKI RAFI ATHALLAH. Otomatisasi dan Monitoring *Single-Axis Solar Tracker*: Analisis Intensitas Cahaya pada Panel Surya *Monocrystalline*. Dibimbing oleh GEMA PARASTI MINDARA.

Penelitian ini bertujuan menerapkan dan menguji sistem otomatisasi dan monitoring *single-axis solar tracker* untuk memaksimalkan penyerapan intensitas cahaya dan memprediksi daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya *monocrystalline*. Data seperti waktu, lux kanan, lux kiri, posisi servo, tegangan (V), arus (A), daya (W) dan energi (Wh) dikirim ke *Firebase* dan dipantau secara *real-time* melalui web monitoring yang selanjutnya dapat diunduh untuk keperluan analisis data. Penelitian ini menggunakan analisis *Random Forest Regressor* berfungsi untuk menganalisis pengaruh intensitas cahaya, dalam memprediksi daya listrik yang dihasilkan oleh sistem *single-axis solar tracker*, dengan membandingkan hasil prediksi terhadap data aktual. Hasil penelitian menunjukkan sistem *single-axis solar tracker* berhasil memaksimalkan penyerapan intensitas cahaya dengan menyesuaikan posisi panel surya secara otomatis dan memprediksi daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya *monocrystalline*.

Kata kunci: intensitas cahaya, monitoring, *monocrystalline*, *random forest regressor*, *single-axis solar tracker*

ABSTRACT

ZAKI RAFI ATHALLAH. Automation and Monitoring of Single-Axis Solar Tracker: Light Intensity Analysis on Monocrystalline Solar Panels. Supervised by GEMA PARASTI MINDARA.

This study aims to implement and test a single-axis solar tracker automation and monitoring system to maximize light intensity absorption and predict the electrical power generated by monocrystalline solar panels. Data such as time, right lux, left lux, servo position, voltage (V), current (A), power (W), and energy (Wh) are sent to Firebase and monitored in real-time through web monitoring, which can then be downloaded for data analysis purposes. This study uses Random Forest Regressor analysis to analyze the influence of light intensity in predicting the electrical power generated by the single-axis solar tracker system, by comparing the prediction results with actual data. The results of the study show that the single-axis solar tracker system successfully maximizes light intensity absorption by automatically adjusting the position of the solar panels and predicting the electrical power generated by monocrystalline solar panels.

Keywords: light intensity, monitoring, monocrystalline, random forest regressor, single-axis solar tracker



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

OTOMATISASI DAN MONITORING *SINGLE-AXIS SOLAR TRACKER*: ANALISIS INTENSITAS CAHAYA PADA PANEL SURYA *MONOCRYSTALLINE*

ZAKI RAFI ATHALLAH

Laporan Akhir
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan pada
Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer

**TEKNOLOGI REKAYASA KOMPUTER
SEKOLAH VOKASI IPB
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Penguji pada ujian Laporan Akhir: Dr. Heriyanto Syafutra, S.Si., M.Si.



IPB University
— Bogor Indonesia —

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

Judul Proyek Akhir : Otomatisasi dan Monitoring *Single-Axis Solar Tracker*:
Analisis Intensitas Cahaya pada Panel Surya
Monocrystalline

Nama : Zaki Rafi Athallah
NIM : J0304211163

Disetujui oleh

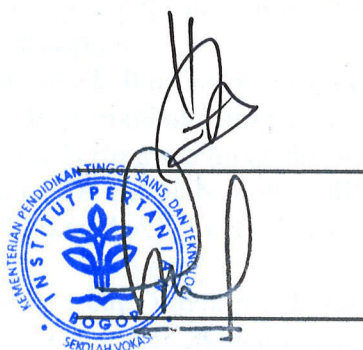
Pembimbing:
Gema Parasti Mindara, S.Si., M.Kom.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Inna Novianty, S.Si., M.Si.
NPI. 201811198611192014

Dekan Sekolah Vokasi:
Dr. Ir. Aceng Hidayat, M.T.
NIP. 196607171992031003




Tanggal Ujian:
31 Juli 2025

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya yang telah diberikan sehingga tugas akhir dengan judul "Otomatisasi dan Monitoring *Single-Axis Solar Tracker*: Analisis Intensitas Cahaya pada Panel Surya *Monocrystalline*" dapat diselesaikan dengan baik.

Penyusunan tugas akhir ini merupakan hasil dari dukungan, kontribusi, dan dedikasi dari berbagai pihak yang telah dengan tulus memberikan pemikiran, tenaga, dan semangatnya. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyelesaian tugas akhir ini tidak akan mungkin tercapai tanpa bantuan dan keterlibatan mereka.

Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat yang mendalam, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada Ibu Gema Parasti Mindara, S.Si., M.Kom., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan serta motivasi selama penyusunan tugas akhir ini. Terima kasih kepada Dr. Heriyanto Syafutra, S.Si., M.Si., selaku dosen penguji yang banyak memberikan kritikan dan saran yang sangat berguna dalam proses penyusunan tugas akhir ini. Terima kasih juga kepada Bapak Fazrin Rahman S.Ars., M.Pl. beserta staf Yayasan Tjoerah Lestari Bersama yang telah memberikan ide-ide, arahan, dan dukungan berharga selama proses penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga tercinta, Ayah Dani Rosana, Ibu Anni Haerrani, Kakak Yoan Stacia Andani, dan Adik Rio Akhtar Hibatullah, yang selalu memberikan dukungan tanpa henti dan terus menemani penulis dalam setiap langkahnya.

Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada sahabat-sahabat terdekat, Nabilah Putri Anggraeni, sahabat paling dekat yang selalu memberikan dukungan, Gusti Ramdani dan Muhamad Zikri Abdillah, teman seperjuangan yang selalu memberi semangat, serta Four of Kind, grup sahabat SMP yang tak henti-hentinya memberi semangat selama proses penyusunan tugas akhir ini, yaitu Adika Bintang Bahaduri, Ayunda Putri, dan Nanda Anugrah Dwiputra.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Ibu Dosen Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer, yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas jasa dan dedikasinya kepada rekan-rekan mahasiswa. Terima kasih juga kepada rekan-rekan Teknologi Rekayasa Komputer Angkatan 58 Sekolah Vokasi IPB University, yang telah bersama-sama menempuh pendidikan dan berjuang bersama selama ini.

Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan dan memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu Teknologi Rekayasa Komputer.

Bogor, Juli 2025

Zaki Rafi Athallah

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Energi Surya	5
2.2 Sel Surya	5
2.3 Panel Surya <i>Monocrystalline</i>	6
2.4 <i>Internet of Things (IoT)</i>	6
2.5 <i>PWM Charge Controller</i>	6
2.6 Baterai (Accumulator)	7
2.7 Inverter	7
2.8 ESP32 Devkit V1	8
2.9 <i>TCA9548A Multiplexer</i>	8
2.10 Modul RTC DS3231	9
2.11 Sensor BH1750	9
2.12 Servo MG996R	10
2.13 Modul MAX485	10
2.14 Sensor PZEM-017	11
2.15 Resistor <i>Shunt</i>	12
2.16 <i>Random Forest Regressor</i>	12
2.17 Penelitian Terdahulu	12
III METODE	15
3.1 Lokasi dan Waktu	15
3.2 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data	15
3.3 Prosedur Kerja	16
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Identifikasi Tujuan dan Kebutuhan	18
4.2 Perancangan Sistem	21
4.3 Implementasi	27
4.4 Pengujian	36
4.5 Analisis Data	42
V SIMPULAN SARAN	50
5.1 Simpulan	50
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	55

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



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

DAFTAR TABEL

1	Penelitian terdahulu	12
2	Rincian sistem perangkat keras (hardware)	18
3	Rincian sistem perangkat lunak (software)	20
4	Koneksi <i>pin to pin</i> antar komponen sistem <i>single-axis solar tracker</i>	28
5	Sampel data pergerakan posisi servo MG996R berdasarkan intensitas cahaya	39
6	Sampel data intensitas cahaya dan pengukuran parameter listrik	40
7	Kalibrasi sensor PZEM-017 dengan AVO meter	41
8	Fungsi kode untuk mengunggah dan membaca data CSV	42
9	Perhitungan selisih lux antara kiri dan kanan	43
10	Proses pra-pemrosesan data intensitas cahaya	43
11	Perhitungan nilai lux terendah, tertinggi, dan rata-rata	44
12	Komponen dan variabel data analisis <i>Random Forest Regressor</i>	45
13	Sampel data analisis <i>Random Forest Regressor</i>	45
14	Penentuan data target analisis <i>Random Forest Regressor</i>	46
15	Langkah pra-pemrosesan data.	47
16	Pembagian data <i>training</i> dan <i>testing</i>	47
17	Membangun model <i>Random Forest Regressor</i>	48
18	Evaluasi model (MAE, RMSE, R ²)	48

DAFTAR GAMBAR

1	Sel surya, modul surya, panel surya, dan array surya	5
2	PWM <i>charge controller</i>	7
3	Baterai (accumulator)	7
4	Inverter	8
5	ESP32 Devkit V1	8
6	TCA9548A <i>multiplexer</i>	9
7	Modul RTC DS3231	9
8	Sensor BH1750	10
9	Servo MG996R	10
10	Modul MAX485	11
11	Sensor PZEM-017	11
12	Resistor <i>shunt</i>	12
13	Diagram prosedur kerja	16
14	Blok diagram sistem <i>single-axis solar tracker</i>	22
15	<i>Flowchart</i> sistem <i>single-axis solar tracker</i>	23
16	Skema rangkaian sistem <i>single-axis solar tracker</i>	24
17	Tampak keseluruhan sistem <i>single-axis solar tracker</i>	24
18	Komponen utama sistem <i>single-axis solar tracker</i>	25
19	Struktur penopang dan pelindung komponen sistem <i>single-axis solar tracker</i>	25
20	<i>Flowchart</i> manajemen web monitoring sistem <i>single-axis solar tracker</i>	26
21	Web monitoring sistem terkait data <i>real-time</i>	27
22	Web monitoring sistem terkait hasil data monitoring	27

23	Koneksi <i>pin to pin</i> antar komponen sistem <i>single-axis solar tracker</i>	28
24	Inisialisasi <i>library</i> dan pengaturan dasar sistem	30
25	Variabel dan pengaturan <i>pin</i> sistem	31
26	Fungsi pendukung <i>Wi-Fi</i> , komponen, dan komunikasi sistem	31
27	Inisialisasi sistem utama	32
28	Inisialisasi dan pengaturan sistem	33
29	Konfigurasi sistem operasi Ubuntu pada platform web monitoring	33
30	Struktur direktori aplikasi web monitoring berbasis Flask	34
31	Pengecekan sistem pada <i>Firebase</i>	35
32	Pengecekan sistem pada platform web monitoring	36
33	Proses kerja sistem yang dirancang untuk pengaturan panel surya	37
34	Data dari modul dan sensor dikirim ke <i>Firebase</i>	37
35	Data dari <i>Firebase</i> dikirim ke platform web monitoring	38
36	Perbandingan intensitas cahaya kiri dan kanan pada panel surya <i>monocrystalline</i>	44
37	Grafik data aktual vs prediksi analisis <i>Random Forest Regressor</i>	49

DAFTAR LAMPIRAN

1	Hasil data monitoring ke-1	56
2	Hasil data monitoring ke-2	57
3	Hasil data monitoring ke-5	58
4	Hasil data monitoring ke-117	59
5	Tampak dekat terkait perkabelan pada papan PCB	59
6	Uji coba pembacaan data pada Arduino IDE	60
7	Uji coba menggunakan cahaya lampu senter	60
8	Uji coba saat keadaan berawan dan mulai gelap	61
9	Gedung tinggi yang menghalangi intensitas cahaya pada panel surya	61
10	Skema rangkaian sistem <i>single-axis solar tracker</i>	62
11	Tampak keseluruhan sistem <i>single-axis solar tracker</i>	63