



SISTEM IOT *MONITORING* DAN MANAJEMEN ENERGI SURYA PADA *REMOTE STATION* DENGAN PROTOKOL MQTT

FATHAN ABI RAFDILLAH



**TEKNOLOGI REKAYASA KOMPUTER
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

- 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.



PERNYATAAN MENGENAI LAPORAN AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa Laporan Akhir dengan judul “Sistem IoT *Monitoring* dan Manajemen Energi Surya pada *Remote Station* dengan Protokol MQTT” 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, Agustus 2026

Fathan Abi Rafdillah
J0404221137



@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

FATHAN ABI RAFDILLAH. Sistem IoT *Monitoring* dan Manajemen Energi Surya pada *Remote Station* dengan Protokol MQTT. Dibimbing oleh IRMANSYAH.

Sistem tenaga surya pada stasiun terpencil (*remote station*) sering menghadapi kendala ketidakseimbangan daya dan keterbatasan pemantauan manual. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem *monitoring* dan manajemen energi surya berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan protokol MQTT. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler utama Arduino Nano, mikrokontroler komunikasi data Arduino Mega, sensor arus ACS712, pyranometer, dan sensor cahaya BPW21. Data telemetri dikirim secara *real-time* ke *server Azure Virtual Machine* dan divisualisasikan melalui *dashboard* interaktif Grafana. Hasil pengujian menunjukkan sistem sukses mengakuisisi 6.370 titik data selama 16 hari pengujian aktif. Penerapan pra-pemrosesan kalibrasi *zero-offset* dinamis terbukti mampu secara analitis mengeliminasi galat pembacaan arus fiktif pada sensor saat kondisi tanpa cahaya. Kinerja *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) terbukti andal dengan mencatatkan efisiensi penyimpanan baterai mencapai 61,9% hingga 87,5%. Sistem ini efektif memfasilitasi pemantauan efisiensi energi jarak jauh secara akurat.

Kata kunci: energi surya, *Internet of Things*, MPPT, MQTT, *remote station*

ABSTRACT

FATHAN ABI RAFDILLAH. IoT-Based Solar Energy Monitoring and Management System for Remote Stations Using MQTT Protocol. Supervised by IRMANSYAH.

Solar power systems in remote stations often face power imbalances and manual monitoring limitations. This study aims to develop an Internet of Things (IoT)-based solar energy monitoring and management system using the MQTT protocol. The system is designed with an Arduino Nano microcontroller, Arduino Mega as a data communication microcontroller, ACS712 current sensors, a pyranometer, and a BPW21 light sensor. Telemetry data is transmitted in real-time to a cloud server (Azure Virtual Machine) and visualized via an interactive Grafana dashboard. Test results show the system successfully acquired 6,370 data points over 16 active testing days. The implementation of dynamic zero-offset calibration effectively eliminated fictitious current reading errors during dark conditions. The Maximum Power Point Tracking (MPPT) performance proved highly reliable, achieving battery storage efficiency between 61.9% and 87.5%. This system facilitates accurate remote monitoring of energy efficiency.

Keyword: Internet of Things, MPPT, MQTT, remote station, solar energy



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 2026
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.



SISTEM IOT *MONITORING* DAN MANAJEMEN ENERGI SURYA PADA *REMOTE STATION* DENGAN PROTOKOL MQTT

FATHAN ABI RAFDILLAH

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

**TEKNOLOGI REKAYASA KOMPUTER
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Penguji pada Ujian Laporan Akhir: Muhammad Nasir, S.T., M.Kom.



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 Laporan Akhir : Sistem IoT *Monitoring* dan Manajemen Energi Surya
pada *Remote Station* dengan Protokol MQTT

Nama : Fathan Abi Rafdillah
NIM : J0404221137

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing:
Dr. Ir. Irmansyah, M.Si.

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



@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 sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan akhir yang berjudul “Sistem IoT *Monitoring* dan Manajemen Energi Surya pada *Remote Station* dengan Protokol MQTT.” dengan baik dan tepat waktu. Melalui penyusunan proposal ini, penulis berharap dapat mengembangkan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu memantau dan mengelola sumber daya energi surya secara efisien pada node sensor IoT yang terpasang di *remote station*.

Penyusunan karya ilmiah ini tidak akan terwujud tanpa bimbingan, arahan, dan dukungan dari berbagai pihak. Terima kasih penulis ucapkan kepada dosen pembimbing untuk proyek akhir ini, bapak Dr. Ir. Irmansyah, M.Si. yang telah beberapa kali menyempatkan waktu untuk diskusi dan memperbaiki berbagai macam aspek pada tugas akhir ini. Saya ingin mengucapkan terimakasih secara khusus kepada Dr. Yudi Adityawarman, BSEE, M.Sc selaku pembimbing lapang yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berharga. Tak lupa, penulis juga menyampaikan rasa terima kasih kepada teman teman satu angkatan 59 Teknologi Rekayasa Komputer atas kebersamaan, semangat, dan bantuan yang telah diberikan selama proses perkuliahan hingga penyusunan laporan akhir ini.

Penulis menyadari bahwa proposal ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi isi maupun penyajiannya. Oleh karena itu, penulis dengan rendah hati mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan karya ini di masa mendatang. Akhir kata, semoga laporan akhir ini dapat memberikan manfaat dan menjadi kontribusi positif dalam pengembangan teknologi berbasis energi terbarukan dan *Internet of Things* (IoT).

Bogor, Agustus 2026

Fathan Abi Rafdillah



@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	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Remote Station</i>	4
2.2 Mikrokontroler Arduino	4
2.3 Sensor Arus ACS712	5
2.4 Sensor Pyranometer SEM228A	6
2.5 Sensor BPW21	6
2.6 Panel Surya dan MPPT Solar Charge Controller	7
2.7 Komunikasi IoT dengan MQTT	8
2.8 Penelitian Terdahulu	9
III METODE	11
3.1 Lokasi dan Waktu Proyek Akhir	11
3.2 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data	11
3.3 Prosedur Kerja	14
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Analisis Kebutuhan Alat dan Bahan	17
4.2 Perancangan Desain Rangkaian Alat	20
4.3 Perakitan Rangkaian Alat	25
4.4 Implementasi dan Pengujian Alat	27
4.5 Pengambilan Data Alat	29
4.6 Analisis Data	32
V KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	45
RIWAYAT HIDUP	70

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.



DAFTAR TABEL

1	Rangkuman penelitian terdahulu	9
2	Rentang PR/efisiensi acuan dari literatur	14
3	Daftar komponen perangkat keras	17
4	Daftar komponen perangkat lunak	19
5	Statistik deskriptif variabel <i>monitoring</i> seluruh periode	33
6	Sampel data mentah terkalibrasi energi surya pada 27 Juni 2026	34
7	Rekapitulasi akumulasi energi harian dan rasio penyimpanan	37
8	Analisis rasio penyimpanan energi per periode waktu	38

DAFTAR GAMBAR

1	Komponen Arduino Nano	4
2	Arduino Mega	5
3	Sensor ACS712	5
4	Sensor Pyranometer SEM228A	6
5	Sensor BPW21	7
6	Solar Panel	7
7	Komponen MPPT	8
8	Diagram alir prosedur kerja	14
9	Skematik rangkaian sistem utama	20
10	Diagram blok sistem	21
11	Diagram alir perangkat keras	23
12	Diagram alir perangkat lunak	25
13	Skematik sirkuit kelistrikan sistem PCB	26
14	Desain tata letak jalur pada PCB	26
15	Skematik sirkuit kelistrikan sistem PCB	27
16	Skematik sirkuit kelistrikan sistem PCB	27
17	Konfigurasi dan spesifikasi Azure Virtual Machine	28
18	Verifikasi status layanan <i>container</i> IoT melalui Docker	28
19	Alur penerimaan dan pemrosesan <i>payload</i> MQTT pada Node-RED	29
20	Alur penerimaan dan pemrosesan <i>payload</i> MQTT pada Node-RED	30
21	Panel <i>Energy Gauge</i> untuk pemantauan parameter <i>real-time</i>	31
22	Representasi grafis data kelistrikan dan cuaca	31
23	Perekaman data mentah telemetri sensor	32
24	Agregasi otomatis statistik data harian	32



DAFTAR LAMPIRAN

1	Jadwal pelaksanaan proyek akhir	46
2	Dokumentasi peletakan sistem di lapangan	47
3	Data mentah tanggal 27 Juni 2026	48
4	Kode utama program pada Arduino Nano	63
5	Kode utama program pada Arduino Mega	67

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.