



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



***REAL TIME MONITORING SISTEM MODUL LATIH
PEMBANGKIT SOLAR CELL PIEZOELEKTRIK BERBASIS
IOT***

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**Fahreza Kurniawan
2103411016**

**PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2025



© 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



**REAL TIME *MONITORING* SISTEM MODUL LATIH
PEMBANGKIT SOLAR CELL PIEZOELEKTRIK BERBASIS
IOT**

SKRIPSI

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

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Fahreza Kurniawan

2103411016

**PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2025



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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Fahreza Kurniawan

NIM : 2103411016

Tanda Tangan :

Tanggal : 19 Juni 2025

**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

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

Tugas Akhir diajukan oleh :

Nama : Fahreza Kurniawan

NIM : 2103411016

Program Studi : Teknik Otomasi Listrik Industri

Judul Tugas Akhir : *Real Time Monitoring* Sistem Modul Latih Pembangkit
Solar Cell Piezoelektrik Berbasis IoT

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada Kamis, 19 Juni 2025
dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing I : Dr. Isdawimah, S.T., M.T.
NIP. 196305051988112001

Pembimbing II : Dezetty Monika S.T., M.T.
NIP. 199112082018032002

Depok, 14 Juli 2025

Disahkan Oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Murie Dwiyaniti, S.T., M.T.

NIP. 1978033120033122002



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

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya yang tak terhingga, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul " *REAL TIME MONITORING SISTEM MODUL LATIH PEMBANGKIT SOLAR CELL PIEZOELEKTRIK BERBASIS IOT*" ini dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik Elektro di Politeknik Negeri Jakarta. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak akan berjalan lancar tanpa dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Murie Dwiyaniti, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan yang telah memberikan dukungan dan fasilitas selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Dr. Isdawimah, S.T., M.T. selaku Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan berharga selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Dezetty Monika S.T., M.T. selaku Pembimbing II yang telah memberikan waktu, saran, dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Skripsi ini masih terdapat kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi perbaikan di masa mendatang.

Depok, 13 Juni 2025

Fahreza Kurniawan



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

ABSTRAK

Permintaan energi listrik yang terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan perkembangan industri mendorong pencarian solusi yang ramah lingkungan dan efisien. Sistem gabungan panel surya dan piezoelektrik merupakan solusi potensial untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Penelitian ini mengembangkan sistem *monitoring real-time* pada Modul Latih Pembangkit *Solar Cell* Piezoelektrik berbasis *Internet of Things (IoT)* yang mengintegrasikan sensor INA219 untuk pengukuran tegangan dan arus DC, serta sensor PZEM-004T untuk pengukuran tegangan dan arus AC. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 untuk pengumpulan data dan komunikasi menggunakan protokol MQTT ke platform Node-RED untuk visualisasi. Pengujian dilakukan untuk mengukur akurasi sistem pada kondisi tanpa beban dan dengan beban. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini memiliki akurasi yang baik, dengan *error* rata-rata pada pengukuran tegangan DC sebesar 1,81% dan arus DC sebesar 2,22%, dan pada pengukuran parameter AC tegangan sebesar 1,43% dan arus sebesar 1,14%. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa *monitoring real-time* dapat meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem gabungan dengan memberikan kemudahan pemantauan dan pengelolaan daya.

Kata kunci : Energi Terbarukan, Pemantauan Waktu Nyata, Piezoelektrik, Tenaga Surya, IoT.

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

The increasing demand for electrical energy, driven by population growth and industrial development, encourages the search for environmentally friendly and efficient solutions. A combined system of solar panels and piezoelectric elements presents a potential solution to meet these needs. This study develops a real-time monitoring system for a Solar Cell–Piezoelectric Training Module based on the Internet of Things (IoT), integrating the INA219 sensor for DC voltage and current measurement, and the PZEM-004T sensor for AC voltage and current measurement. The system utilizes an ESP32 microcontroller for data acquisition and communication via the MQTT protocol to the Node-RED platform for visualization. Testing was conducted to evaluate the system's accuracy under both no-load and loaded conditions. The results indicate that the system demonstrates good accuracy, with an average error of 1.81% for DC voltage measurement and 2.22% for DC current, as well as 1.43% for AC voltage and 1.14% for AC current. This research also shows that real-time monitoring can enhance the efficiency and reliability of the integrated system by facilitating easier power monitoring and management.

Keywords: Renewable Energy, Real-Time Monitoring, Piezoelectric, Solar Power, IoT.



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 ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	2
1.1 Latar Belakang.....	2
1.2 Perumusan Permasalahan	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Luaran.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 <i>Literature Review</i>	5
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	6
2.3 Pembangkit Listrik Piezoelektrik	8
2.4 IoT	9
2.5 Arduino IDE (Integrated Development Environment)	10
2.6 Solar Charge Controller.....	11
2.7 ESP32	12
2.8 INA219.....	14
2.9 PZEM-004T.....	15
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI.....	16
3.1. Rancangan Alat.....	16
3.1.1 Deskripsi Alat	16
3.1.2 Cara Kerja Alat	17
3.1.3 Spesifikasi Alat	19
3.1.4 Diagram Rancangan Alat.....	21
3.2. Realisasi Alat.....	23



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

3.2.1	Perancangan Perangkat Keras.....	24
3.2.2	Perancangan Perangkat Lunak.....	25
3.2.3	Pembuatan Interface Monitoring	40
BAB IV PEMBAHASAN.....		54
4.1.	Pengujian Keandalan Transmisi Data.....	56
4.1.1.	Deskripsi Pengujian	56
4.1.2.	Tahapan Pengujian.....	56
4.1.3.	Hasil Pengujian	56
4.1.4.	Analisa Hasil Pengujian.....	57
4.2.	Pengujian Delay Pengiriman Data.....	57
4.2.1.	Deskripsi Pengujian	58
4.2.2.	Tahapan Pengujian.....	58
4.2.3.	Hasil Pengujian	58
4.2.4.	Analisa Hasil Pengujian.....	59
4.3.	Pengujian <i>Output</i> Panel Surya Tanpa Beban.....	59
4.3.1.	Deskripsi Pengujian	59
4.3.2.	Daftar Alat Pengukuran	60
4.3.3.	Prosedur Pengujian	60
4.3.4.	Hasil Pengujian	60
4.3.5.	Analisa Data Pengujian.....	62
4.4.	Pengujian <i>Output</i> Panel Surya Dengan Beban	64
4.4.1.	Deskripsi Pengujian	64
4.4.2.	Daftar Alat Pengukuran	64
4.4.3.	Prosedur Pengujian	64
4.4.4.	Hasil Pengujian	65
4.4.5.	Analisa Data Pengujian.....	69
4.5.	Pengujian <i>Output</i> Piezoelektrik Tanpa Beban.....	72
4.5.1.	Deskripsi Pengujian	72
4.5.2.	Daftar Alat Pengukuran	72
4.5.3.	Prosedur Pengujian	72
4.5.4.	Hasil Pengujian	73
4.5.5.	Analisa Data Pengujian.....	73



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

4.6. Pengujian <i>Output</i> Piezoelektrik Dengan Beban	74
4.6.1. Deskripsi Pengujian	74
4.6.2. Daftar Alat Pengukuran	74
4.6.3. Prosedur Pengujian	74
4.6.4. Hasil Pengujian	75
4.6.5. Analisa Data Pengujian.....	76
BAB V PENUTUP	77
5.1. Kesimpulan	77
5.2. Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	xiii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	xvi
LAMPIRAN.....	xvii

**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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis Instalasi PLTS On-Grid.....	7
Gambar 2. 2 Jenis Instalasi PLTS Off-Grid.....	7
Gambar 2. 3 Jenis Instalasi PLTS Hybrid.....	8
Gambar 2. 4 Piezoelektrik.....	9
Gambar 2. 5 Internet Of Things.....	10
Gambar 2. 6 Arduino IDE.....	11
Gambar 2. 7 JNGE SCC MPPT.....	12
Gambar 2. 8 ESP32-S3.....	13
Gambar 2. 9 INA219.....	14
Gambar 2. 10 PZEM-004T.....	15
Gambar 3. 1 Desain Sistem Trainer Kit.....	16
Gambar 3. 2 Diagram Blok.....	21
Gambar 3. 3 Flowchart Sistem.....	22
Gambar 3. 4 Wiring Diagram Sistem Monitoring.....	23
Gambar 3. 5 Sistem Monitoring Trainer Kit.....	25
Gambar 3. 6 Node Program Yang Digunakan Pada Sistem <i>Monitoring</i>	41
Gambar 3. 7 Node Inject.....	41
Gambar 3. 8 Node Time Formatter.....	42
Gambar 3. 9 Node Text.....	42
Gambar 3. 10 Node GsheetAdvance.....	42
Gambar 3. 11 Node MQTT In.....	42
Gambar 3. 12 Node Function.....	43
Gambar 3. 13 Node Gauge.....	43
Gambar 3. 14 Node Chart.....	43
Gambar 3. 15 Konfigurasi Node Inject.....	44
Gambar 3. 16 Konfigurasi Node Time Formatter.....	45
Gambar 3. 17 Konfigurasi Node Text.....	46
Gambar 3. 18 Konfigurasi Node Gsheet Advance.....	47
Gambar 3. 19 Konfigurasi Node MQTT In.....	48
Gambar 3. 20 Konfigurasi Function Node.....	49



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

Gambar 3. 21 Flow Node Untuk Menampilkan Waktu	50
Gambar 3. 22 Flow Node Kelistrikan DC.....	51
Gambar 3. 23 Flow Node Kelistrikan AC.....	52
Gambar 3. 24 Flow Node Keseluruhan Sistem <i>Monitoring</i>	53
Gambar 4. 1 Dashboard monitoring dengan akses Node-RED dashboard	54
Gambar 4. 2 Dashboard monitoring dengan akses web dekstop	55
Gambar 4. 3 Dashboard monitoring dengan mobile apps Blynk.....	55
Gambar 4. 4 Grafik Tegangan Panel Tanpa Beban.....	63
Gambar 4. 5 Grafik Arus Panel Tanpa Beban.....	63
Gambar 4. 6 Grafik Tegangan Panel Dengan Beban	70
Gambar 4. 7 Grafik Arus Panel Dengan Beban	71
Gambar 4. 8 Grafik Tegangan Inverter Dengan Beban	71
Gambar 4. 9 Grafik Arus Inverter Dengan Beban	71

**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

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi ESP32	13
Tabel 3. 1 Spesifikasi Komponen Sistem	19
Tabel 4. 1 Data Pengujian Transmisi Data.....	57
Tabel 4. 2 Data Pengujian Delay Transmisi Data.....	59
Tabel 4. 3 Tabel Alat Pengujian Output Panel Tanpa Beban	60
Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Tegangan Panel Surya Tanpa Beban.....	61
Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran Arus Panel Surya Tanpa Beban.....	62
Tabel 4. 6 Daftar Alat Pengujian Output Panel Dengan Beban.....	64
Tabel 4. 7 Hasil Pengukuran Tegangan Panel Dengan Beban.....	66
Tabel 4. 8 Hasil Pengukuran Arus Panel Dengan Beban.....	67
Tabel 4. 9 Hasil Pengukuran Tegangan Inverter Dengan Beban.....	68
Tabel 4. 10 Hasil Pengukuran Arus Inverter Dengan Beban.....	69
Tabel 4. 11 Tabel Alat Pengujian Output Panel Tanpa Beban	72
Tabel 4. 12 Hasil Pengukuran Tegangan Piezoelektrik Tanpa Beban.....	73
Tabel 4. 13 Hasil Pengukuran Arus Piezoelektrik Tanpa Beban.....	73
Tabel 4. 14 Tabel Alat Pengujian Output Piezoelektrik Tanpa Beban	74
Tabel 4. 15 Hasil Pengukuran Tegangan Piezoelektrik Tanpa Beban.....	75
Tabel 4. 16 Hasil Pengukuran Arus Piezoelektrik Tanpa Beban.....	76

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

Permintaan akan energi listrik terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi, perkembangan industri, dan pembangunan ekonomi (Patriamurti et al., 2021). Sumber energi terbarukan seperti energi surya menjadi solusi utama dalam menghadapi peningkatan permintaan energi listrik dengan dampak lingkungan yang lebih rendah, ketersediaan yang konsisten, dan keamanan energi yang lebih baik (Kumar & Rathore, 2023). Namun, penggunaan satu sumber energi saja sering kali memiliki keterbatasan dalam hal ketersediaan dan efisiensi (Haris & Hendrian, 2019). Energi surya hanya tersedia pada siang hari, dan efisiensinya dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari (Priatam et al., 2021). Sementara itu, piezoelektrik hanya mampu menghasilkan energi listrik ketika mendapatkan perubahan energi mekanik (Asep Supriadi et al., 2022). Dengan kombinasi PV dan Piezoelektrik memungkinkan sistem memberikan pembangkitan daya yang efisien dan andal, karena saat PLTS tidak berfungsi, piezoelektrik dapat tetap menghasilkan listrik dari tekanan lingkungan begitu pun sebaliknya (Sivaraju et al., 2022).

Beberapa penelitian telah mengembangkan sistem hibrid PLTS-Piezoelektrik, (Widyo Utomo et al., 2019) menjelaskan bahwa penggunaan kombinasi antara panel surya dan piezoelektrik dalam sistem hibrid memungkinkan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan satu sumber energi saja. Namun, mereka juga mencatat bahwa sensor piezoelektrik yang dirangkai secara seri dan paralel hanya menghasilkan tegangan keluaran 14 volt dengan arus 0,2 ampere, sehingga daya yang dihasilkan masih terbatas. (Hamzah et al., 2024) menyatakan bahwa sistem hibrid PLTS dan piezoelektrik sangat dianjurkan untuk skala rumah tangga karena dapat menghemat daya PLN. Namun, terdapat hambatan dalam implementasinya akibat kurangnya spesifikasi piezoelektrik, yang menyebabkan desain pengisi daya baterai tidak maksimal. Dengan demikian, sistem PLTS-Piezoelektrik memiliki keunggulan dalam meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi ketergantungan pada listrik PLN, tetapi masih menghadapi tantangan dalam efisiensi piezoelektrik,



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

desain pengelolaan daya, serta ketergantungan terhadap kondisi lingkungan untuk performa optimal.

Berdasarkan kajian pustaka yang telah dikaji, sebagian besar penelitian mengenai PV dan piezoelektrik belum menerapkan sistem *monitoring real-time* secara mendalam atau masih mengandalkan pemantauan manual. Padahal, *monitoring real-time* sangat penting dalam sistem untuk mengawasi kinerja komponen utama. Dengan adanya sistem *monitoring real-time* memungkinkan pengelolaan dan pemantauan secara real-time untuk memastikan efisiensi dan meminimalkan gangguan (Amania et al., 2025). Dengan menggunakan sensor dan platform IoT, data dari kedua sumber energi dapat dikumpulkan, dianalisis, dan ditampilkan melalui antarmuka yang mudah dipahami. Hal ini memungkinkan pengguna mengurangi kerugian pembangkitan, biaya manajemen, pemeliharaan, dan perbaikan, sekaligus meningkatkan keandalan dan efisiensi (Sheikh et al., 2023).

Dalam *project trainer kit* pembangkit PLTS piezoelektrik yang penulis kembangkan, penulis ingin menambahkan sistem *monitoring real-time* untuk mengamati beberapa parameter penting, seperti tegangan dan arus keluaran dari PLTS dan piezoelektrik, kapasitas baterai, serta data konsumsi daya beban. Sistem *monitoring* ini akan bekerja dengan menggunakan dua buah mikrokontroler ESP32, pemilihan menggunakan ESP32 didasari oleh spesifikasi yang lebih unggul dibanding mikrokontroler sejenis seperti Arduino Uno. ESP32 memiliki dual core processor dan memori internal yang lebih besar sehingga dapat mengolah data lebih cepat dengan harga pasaran yang juga lebih ekonomis. ESP32 akan mengirim data ke platform Blynk dan Node-RED untuk visualisasi dan pengolahan, komunikasi antar ESP32, Blynk, dan Node-RED dilakukan melalui WiFi guna memastikan pengiriman data yang efisien. Pendekatan ini memungkinkan pengguna untuk memantau performa sistem secara *real-time*, menganalisis pola konsumsi daya, serta melakukan optimasi berbasis data historis sehingga meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem pembangkit PLTS-Piezoelektrik.

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem *monitoring real-time* pada *trainer kit* pembangkit listrik PLTS-Piezoelektrik guna meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem. Dengan



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

adanya sistem *monitoring* berbasis ESP dan Node-RED, performa sistem dapat dipantau secara lebih akurat, memungkinkan deteksi dini terhadap anomali, serta mendukung pengelolaan daya yang lebih optimal.

1.2 Perumusan Permasalahan

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem *monitoring real time* yang andal untuk sistem pembangkit listrik tenaga surya piezoelektrik?
2. Seberapa andal dan cepat sistem dalam mentransmisikan data sensor ke server *monitoring*, serta bagaimana variasi *delay* antar *provider* memengaruhi kinerjanya?
3. Bagaimana karakteristik *output* tegangan, arus, dan daya dari panel surya dan piezoelektrik, baik dalam kondisi tanpa beban maupun dengan beban?
4. Bagaimana akurasi sistem dalam membaca dan mengolah data sensor secara periodik untuk mendukung evaluasi performa sistem secara *real-time*?

1.3 Tujuan

1. Untuk merancang dan mengimplementasikan sistem *real-time monitoring* yang dapat memantau performa PLTS dan piezoelektrik secara bersamaan.
2. Untuk memantau keandalan dan efisiensi sistem PLTS dan piezoelektrik melalui pemantauan berbasis IoT.
3. Untuk menyediakan media pembelajaran interaktif bagi mahasiswa dalam mempelajari sistem gabungan energi terbarukan
4. Untuk berkontribusi pada pengembangan teknologi energi terbarukan yang lebih efisien dan berkelanjutan.

1.4 Luaran

1. Prototipe sistem *real time monitoring* untuk PLTS piezoelektrik yang dilengkapi dengan antarmuka berbasis IoT.



© 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

2. Modul pembelajaran tentang sistem energi terbarukan dan teknologi *monitoring* untuk mahasiswa dan peneliti.
3. Laporan teknis yang berisi detail perancangan, implementasi, dan hasil pengujian sistem *monitoring*.
4. Publikasi ilmiah pada jurnal terakreditasi atau konferensi nasional.



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

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada bab yang telah dipaparkan sebelumnya, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah :

1. Sistem pemantauan kelistrikan untuk Modul Latih Pembangkit *Solar Cell* Piezoelektrik terdiri dari rangkaian NodeMCU ESP32-S3, ESP32, sensor tegangan dan arus DC INA219, serta sensor tegangan dan arus AC PZEM-004T.
2. Sistem ini memungkinkan pemantauan parameter kelistrikan dengan mengirimkan data melalui MQTT Broker.
3. *Database trendlog* di Node-RED dapat menyimpan nilai-nilai pengukuran berdasarkan interval waktu yang telah ditentukan, meskipun memiliki keterbatasan yaitu data disimpan secara privat di penyimpanan *cloud* pengguna dan interval pengukuran tidak bisa lebih kecil dari 10 detik karena batasan spreadsheet dalam menerima data dalam satu menit.
4. Perbedaan antara data hasil monitoring dan pengukuran aktual pada INA219 berkisar antara 1,14% - 1,43%, hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kualitas kabel yang kurang baik, jarak antara sensor dan mikrokontroler yang mengakibatkan penurunan tegangan sinyal, dan faktor lainnya.

5.2. Saran

Adapun saran dari penulis untuk alat *monitoring* Modul Latih Pembangkit *Solar Cell* Piezoelektrik berbasis *Internet of Things* agar kedepannya dapat dilakukan revisi alat dengan mengoptimalkan sistem piezoelektrik agar menghasilkan daya yang optimal jika ingin digabungkan dengan sistem PLTS



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 PUSTAKA

- Amania, S., Abadi, M. T. H., & Ramadhani, I. G. I. F. (2025). Pembuatan Canopy Terintegrasi PLTS Sebagai Sarana Belajar Mandiri Energi di Lingkungan FMIPA UM. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara (JPkMN)*, 6(1).
- Asep Supriadi, Adhes Gamayel, Murtalim, Ujiburrohman, & Riyan Ariyansah. (2022). PENGARUH BENTUK PENAMPANG BLUFF BODY PERSEGI, BELAH KETUPAT, DAN SEGITIGA TERHADAP TEGANGAN LISTRIK YANG DIHASILKAN OLEH PIEZOELEKTRIK. *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore*, 2(2). <https://doi.org/10.36805/jtmmx.v2i2.2169>
- Govind, B. P., Limchan, C. D., Dattatray, K. P., & Vitekar, A. B. (2015). A Hybrid Piezoelectric-Solar Based Power Generation System. *IJARCCCE*, 4(3), 226–229. <https://doi.org/10.17148/ijarccce.2015.4355>
- Hamzah, N., Tandioaga, R., Arif Rahmansyah, M., & Rina, R. (2024). Rancang Bangun Sistem Hybrid Grid Connected Skala Laboratorium Berbasis Piezoelectric dan Tenaga Surya. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 22(2), 232–239. <https://doi.org/10.31963/sinergi.v22i2.5354>
- Haris, A., & Hendrian, E. (2019). SISTEM MONITORING DAN KLASSTER KETERSEDIAAN ENERGI MENGGUNAKAN METODE K-MEANS PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA. *CESS (Journal of Computer Engineering System and Science)*, 4(2), 2502–2714.
- Hilmi Alfatiha, M., Budhi Santoso, D. S., & Latifa, U. S. (2024). PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ALAT PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID MENGGUNAKAN TENAGA SURYA DAN PIEZOELECTRIC (P-SUPIR). *Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering*. <http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>
- Hussien, N. A., Al Magsoosi, A. A. D., Al Magsoosi, A. A. D., Salim AlRikabi, H. T., & Abed, F. T. (2021). Monitoring the Consumption of Electrical Energy Based on the Internet of Things Applications. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 15(7). <https://doi.org/10.3991/ijim.v15i07.20183>



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

- Kumar, S., & Rathore, K. (2023). Renewable Energy for Sustainable Development Goal of Clean and Affordable Energy. *International Journal of Materials Manufacturing and Sustainable Technologies*, 2(1), 1–15. <https://doi.org/10.56896/ijmmst.2023.2.1.001>
- Patriamurti, R., Sasana, H., & Prakoso, J. A. (2021). ANALISIS PERTUMBUHAN EKONOMI, PERTUMBUHAN INDUSTRI, PERTUMBUHAN PENDUDUK, PENGELUARAN KONSUMSI, DAN INVESTASI ASING TERHADAP KONSUMSI LISTRIK DI INDONESIA TAHUN 1971-2019. *DINAMIC: Directory Journal of Economic*, 3(4), 852–871.
- Pratama, E. W., & Kiswantono, A. (2023). Electrical Analysis Using ESP-32 Module In Realtime. *JEECS (Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences)*, 7(2), 1273–1284. <https://doi.org/10.54732/jeees.v7i2.21>
- Priatam, P. T. D. P., Zambak, M. F., Suwarno, & Harahap, P. (2021). Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP. *Rekayasa Elektrikal Dan Energi*, 4(1), 48–54. <https://doi.org/10.30596/rele.v4i1.7825>
- Riza Ibrahim, R., & Yulianti, B. (n.d.). *RANCANG BANGUN MONITORING PEMAKAIAN ARUS LISTRIK PLN BERBASIS IoT*.
- Sheikh, S. A., Dhuware, D., & Gharsele, R. (2023). SOLAR POWER MONITORING SYSTEM USING IOT. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 05(04). <https://doi.org/10.56726/irjmets36223>
- Sikumbang, R. W. (2024). Analisis Efisiensi Solar Charge Controller Menggunakan Integrasi Numerik dengan MATLAB Simulink. *KURVATEK*, 9(2), 127–134. <https://doi.org/10.33579/krvtrk.v9i2.5013>
- Sivaraju, S. S., Ahmad, N., & Wan Mohtar, W. A. A.-Q. I. (2022). Economics and Environment Assessment of A Coupled Solar-Piezo Electricity Generation for Environmentally Friendly Hybrid Charging System. *International Journal of Academic Research in Economics and Management Sciences*, 11(3). <https://doi.org/10.6007/ijarems/v11-i3/14522>
- Suyanto, M., Priyambodo, S., E.P, P., & Purnama Aji, A. (2022). Optimalisasi Pengisian Accu Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)



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

Dengan Solar Charge Controller (MPPT). *Jurnal Teknologi*, 15(1).
<https://doi.org/10.34151/jurtek.v15i1.3929>

Trisetiyato, A. N., Arga, H., & Rani, D. (2023). Pengembangan Modul Belajar Robotika Berbasis Internet of Things (IoT) pada Program Studi Pendidikan Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Ivet. *Journal of Informatics Education*.

Wicaksani, E., Nurpulaela, L., Singaperbangsa Karawang, U., & Ronggo Waluyo, J. H. (2023). PERANCANGAN APLIKASI SISTEM MONITORING ARUS, TEGANGAN DAN DAYA BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT). In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 7, Issue 3).

Widyo Utomo, Y., Abdurrokhman Kholid, M., & Heri Andriawan, A. (2019). HYBRID PIEZOELEKTRIK DAN SOLAR CELL. *ELSAINS*, 1(1).

Wijanto, E., Harsono, B., Renandy, R., Septian, A., & Sutanto, K. (2018). Pengujian Sistem Konversi Energi Suara menjadi Energi Listrik menggunakan Piezoelektrik. *Techné Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 17, 59–67.

Wiyadi, E., Wati, A., Hamzah, Y., & Umar, L. (2020). Simple I-V acquisition module with high side current sensing principle for real time photovoltaic measurement. *Journal of Physics: Conference Series*, 1528(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1528/1/012040>

Zuhri, M. S., Jamaluddin, J., Ayuni, S. D., & Anshory, I. (2024). BESS Revolutionizes Renewable Stability in Indonesia. *Indonesian Journal of Innovation Studies*, 25(3). <https://doi.org/10.21070/ijins.v25i3.1158>

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



Fahreza Kurniawan

Lahir di Depok, Jawa Barat pada tanggal 30 September 2002. Lulus dari SD Negeri Sukmajaya 04 tahun 2014, SMP Negeri 4 Depok tahun 2017, dan SMK Negeri 3 Depok pada tahun 2020. Gelar Sarjana Terapan (D4) diperoleh pada tahun 2025 dari Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Otomasi Listrik Industri, Politeknik Negeri Jakarta (PNJ).

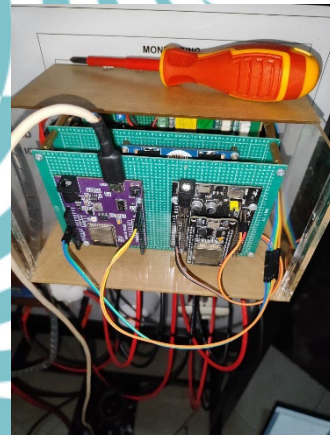
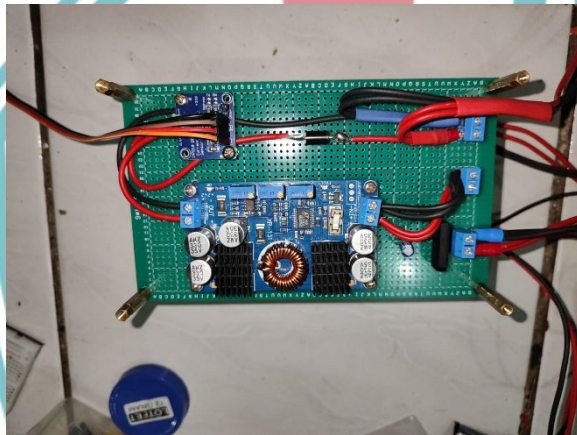


**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

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



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA