



© 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



**ANALISIS KINERJA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK
TERAPUNG HIBRID TENAGA SURYA DAN PIKOHIDRO**

TUGAS AKHIR

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

MOHAMMAD JUMFIQRHI
2203311053

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK
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



**ANALISIS KINERJA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK
TERAPUNG HIBRID TENAGA SURYA DAN PIKOHIDRO**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Diploma Tiga**

**MUHAMMAD JUMFIQRHI
2203311053**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK
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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Mohammad Jumfiqrhi

NIM : 2203311053

Tanda Tangan : 

Tanggal : 19 Juni 2025

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir diajukan oleh :
Nama : Mohammad Jumfiqrhi
NIM : 2203311053
Program Studi : D3-Teknik listrik
Judul Tugas Akhir : Analisis Kinerja Sistem Pembangkit Listrik
Terapung Hibrid Tenaga Surya Dan Pikohidro

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada 30 Juni 2025 dan dinyatakan **LULUS**.

Ajeng Bening Kusumaningtyas, S.S.T., M.Tr.T.

Dosen NIP. 199405202020122017

()

Pembimbing

I

Arum Kusuma Wardhany, S.T., M.T.

Dosen NIP. 199107132020122013

()

Pembimbing

II

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 09 Juli 2025

Disahkan oleh
Ketua Jurusan Teknik Elektro


Dr. Murie Dwivaniti, S.T., M.T.
NIP. 197803312003122002

- 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



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 saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Terapan Politeknik.

Tugas akhir ini membahas analisis kinerja sistem pembangkit listrik terapan hibrid yang menggabungkan dua sumber energi terbarukan, yaitu tenaga surya dan pico-hidro, dalam satu sistem off-grid yang terintegrasi.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Drs Ajeng Bening Kusumaningtyas, S.S.T., M.Tr.T. dan Arum Kusuma Wardhany, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini;
2. Pihak SPORA EV yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang penulis perlukan;
3. Bapak Budi Mulyana dan Ibu Nirwana selaku kedua orang tua saya serta Adela Arahma dan Mohammad Jumchplhi selaku kakak saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
4. Teman satu tim tugas akhir, serta seluruh teman Kelas Teknik Listrik 6C dan Kelas Teknik Listrik 6B 2022, yang telah berjuang bersama dalam menyelesaikan tugas akhir ini

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 19 Juni 2025

Penulis

Mohammad Jumfiqrhi



ABSTRAK

Penelitian ini dilatar belakangi oleh kebutuhan mendesak akan ketersediaan energi berkelanjutan untuk mengatasi masalah ketersediaan energi berkelanjutan di daerah terpencil, mendorong pengembangan sistem pembangkit listrik hibrida yang mengintegrasikan energi surya dan pikohidro. Masalah utama yang sedang dieksplorasi termasuk output kinerja, penilaian modul surya listrik DC, konversi energi, efisiensi pikohidro turbin head rendah, dan tingkat keandalan tingkat sistem hibrida, dan untuk mengkaji interaksi kedua sistem dengan kontinuitas daya. Metodologi tersebut meliputi perancangan dan implementasi sistem hibrida menggunakan panel polikristal surya 50 Wp, generator DC 150 W dan turbin propeller dan dipasang dengan sistem pemantauan IoT untuk mengumpulkan dan menganalisis data pengukuran kinerja. Evaluasi performa telah berhasil dilakukan dengan sistem menunjukkan bahwa PLTS memiliki kinerja optimal dengan Faktor Kapasitas 93,49% dan efisiensi panel aktual 13,02%, didukung oleh efek pendinginan air yang efektif, meskipun tercatat *Force Outage Rate* (FOR) 18,18% yang menggaris bawahi perlunya peningkatan keandalan. Sementara itu, pengujian komponen pikohidro memperlihatkan kegagalan total dalam pembangkitan daya, ditandai oleh output daya listrik yang stabil pada nol Watt dan status operasi "Tidak normal". Analisis lebih lanjut mengungkap akar penyebab masalah pada head hidraulik yang rendah (0,3 m), ketidakcocokan RPM turbin (11-15 RPM) dengan spesifikasi operasional generator (24-90 V), serta kondisi sirkuit terbuka yang menghambat aliran daya, terlepas dari adanya pembacaan tegangan rendah (1,78 - 1,89 V). Kesimpulannya, sinergi yang ditujukan melalui sistem hibrida ini belum teroptimalkan pada bagian mekanis pikohidro, namun kinerja yang sangat baik dari PLTS dan sistem pemantauan IoT memberikan landasan yang kuat untuk pengembangan dan optimalisasi lebih lanjut di masa depan.

Kata Kunci : *kinerja sistem, panel surya polikristalin, turbin Propeller, generator DC, sistem off-grid, monitoring IoT, sensor INA219, mikrokontroler ESP32*

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



ABSTRACT

This research is motivated by the urgent need for sustainable energy availability to address the issue of sustainable energy availability in remote areas, encouraging the development of a hybrid power generation system integrating solar and pico-hydro energy. The main issues being explored include performance output, assessment of DC solar modules, energy conversion, low-head turbine pico-hydro efficiency, and hybrid system-level reliability, and to examine the interaction of both systems with power continuity. The methodology includes the design and implementation of a hybrid system using 50 Wp polycrystalline solar panels, 150 W DC generator and propeller turbine and installed with an IoT monitoring system to collect and analyze performance measurement data. The system performance evaluation shows that the solar power plant has an optimal performance with a Capacity Factor of 93.49% and an actual panel efficiency of 13.02%, supported by an effective water cooling effect, although a Force Outage Rate (FOR) of 18.18% was recorded, underscoring the need for reliability improvement. Meanwhile, the testing of the pico-hydro components showed a total failure in power generation, characterized by a stable electrical power output at zero Watts and an “Abnormal” operating status. Further analysis revealed the root causes of the problem were low hydraulic head (0.3 m), mismatch of turbine RPM (11-15 RPM) with generator operational specifications (24-90 V), and open circuit conditions that inhibited power flow, despite low voltage readings (1.78 - 1.89 V). In conclusion, the synergy aimed at through this hybrid system has not been optimized in the mechanical part of the picohydro, but the excellent performance of the PV system and the IoT monitoring system provides a strong foundation for further development and optimization in the future.

Keywords: System Performance, polycrystalline solar panels, Propeller turbine, DC generator, off-grid system, IoT monitoring, INA219 sensor, ESP32 microcontroller

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



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 ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Luaran.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Energi Terbarukan	4
2.2 Prinsip Sistem Hibrid Pembangkit	5
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro	6
2.4 <i>Solar charge controller</i>	9
2.5 Teknologi Sensor untuk Pemantauan Sistem Hybrid	11
2.6 Indeks Kinerja Pembangkit	12
BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI	14
3.1 Perancangan Alat	14
3.1.1 Deskripsi alat	16
3.1.2 Cara Kerja alat	20
3.1.3 Spesifikasi alat	23
3.1.4 Diagram blok	27
3.2 Realisasi Alat.....	33
3.2.1 Realisasi Pengukuran Tegangan dan Arus Pembangkit	33
3.2.2 Realisasi pengukuran daya output aktual pembangkit.....	34
3.2.3 Realisasi Monitoring Hasil Pengukuran Dari Sensor melalui Google Spreadsheet	34
3.2.4 Realisasi pengukuran kecepatan Aliran Air Pada Sungai.....	36
3.2.5 Realisasi pengukuran kecepatan putaran pada generator	36
BAB IV PEMBAHASAN	38



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

4.1	Pembangkit Listrik Tenaga Surya	38
4.1.1	Deskripsi Pengujian Panel Surya	38
4.1.2	Prosedur Pengujian	38
4.1.3	Data Hasil Pengujian	42
4.1.4	Analisis Data/Evaluasi	47
4.2	Pengujian Pembangkit Listrik Picohidro	51
4.2.1	Deskripsi Pengujian Generator DC	51
4.2.2	Prosedur Pengujian	52
4.2.3	Data Hasil Pengujian	52
4.2.4	Analisis Data / Evaluasi	55
BAB V	PENUTUP	59
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran	60
DAFTAR	PUSTAKA	62
DAFTAR	RIWAYAT HIDUP PENULIS	64
LAMPIRAN		65

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Indonesia's total primary energy supply, by source, 2010-2020</i>	4
Gambar 2. 2 <i>energy management system (EMS)</i>	5
Gambar 2. 3 <i>Turbine Application Chart</i>	7
Gambar 2. 4 Contoh PLTPh Terapung	7
Gambar 2. 5 Konstruksi Generator DC.....	8
Gambar 2.6 Sel Surya <i>Polycrystalline</i>	9
Gambar 2. 7 <i>Solar Charge Controller (SCC)</i>	10
Gambar 2.8 <i>Maximum Power Point Tracking (MPPT)</i>	10
Gambar 2. 9 Modul Sensor IR RPM.....	11
Gambar 2. 10 Modul Sensor INA 219	11
Gambar 3.1 Lokasi Pembuatan Dan Perakitan Alat (kos Kelas TL-6C)	15
Gambar 3.2 Lokasi Pembuatan Dan Perakitan Alat (Bengkel Teknik Listrik).....	15
Gambar 3.3 Lokasi Pengujian Dan Pengambilan Data (Danau Universitas Indonesia).....	15
Gambar 3.4 Lokasi pengujian dan pengambilan Data (sungai Ciliwung)	16
Gambar 3.5 Layout Panel.....	17
Gambar 3.6 Diagram Kontrol	18
Gambar 3.7 Desain Prototipe Pembangkit Listrik Terapung Hibrid.....	19
Gambar 3.8 Flowchart Pembangkit Listrik Terapung Hibrid	21
Gambar 3.9 Flowchart Monitoring Pembangkit Listrik Terapung Hibrid.....	22
Gambar 3.10 Diagram Block Pembangkit Listrik Terapung Hibrid Tenaga Surya Dan Pikohidro	27
Gambar 3.11 Diagram Alir Pembangkit Listrik Terapung Hibrid.....	30
Gambar 3.12 Hasil pengukuran lux meter di lokasi sekitar sungai UI	33
Gambar 3.13 Hasil pengukuran tegangan dan arus pembangkit melalui LCD.....	34
Gambar 3.14 Hasil pengukuran daya output aktual pembangkit dengan interval 10 menit.....	35
Gambar 3.15 pengiriman data hasil pengukuran ke spreadsheet	35
Gambar 3.16 Cara pengukuran kecepatan Aliran Air Pada Sungai	36
Gambar 3.17 hasil pembacaan tachometer pengukuran kecepatan putaran pada generator.....	37

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



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 3.1 Speksifikasi Alat PLT Hibrid.....	24
Tabel 4.1 contoh variable yang diuji.....	39
Tabel 4. 2 Data hasil energi yang dihasilkan selama 11 jam	42
Tabel 4. 3 Data indeks kinerja PLTS	43
Tabel 4. 4 ringkasan data hasil pengujian pada tiga waktu berbeda	44
Tabel 4. 5 Kesimpulan data hasil kinerja PLTS.....	50
Tabel 4. 6 Data Hasil Pengujian Picohidro	53
Tabel 4. 7 Data perbandingan PLTPH saat menggunakan selang sebagai alat bantu agar mendapatkan aliran yang deras	55
Tabel 4. 8 Kesimpulan data hasil kinerja PLTPH.....	57



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

Peningkatan kebutuhan energi listrik yang berkelanjutan mendorong pengembangan sistem pembangkit yang bersumber dari energi baru dan terbarukan (EBT). Dua di antara sumber EBT yang cukup potensial di Indonesia adalah energi surya dan energi air skala kecil (pico-hidro). Energi surya tersedia secara melimpah sepanjang tahun di wilayah tropis, dengan intensitas iradiasi rata-rata 4–5,5 kWh/m²/hari, sementara energi air skala kecil dapat dimanfaatkan dari aliran sungai, kanal irigasi, atau limpasan kolam dengan head rendah dan debit sedang.

Salah satu tantangan utama dari penggunaan panel surya adalah sifatnya yang intermiten, yaitu hanya menghasilkan energi pada siang hari dan sangat bergantung pada kondisi cuaca. Di sisi lain, pembangkit pico-hidro memiliki karakteristik kontinu selama aliran air tersedia, tetapi daya keluaran cenderung rendah dan sangat dipengaruhi oleh debit dan head yang terbatas.

Integrasi antara kedua sistem pembangkit ini dalam bentuk sistem hibrid *off-grid* menjadi solusi untuk mengatasi keterbatasan masing-masing sumber. Sistem hibrid memanfaatkan keunggulan PV sebagai sumber energi pada siang hari dengan iradiasi tinggi, dan pico-hidro sebagai sumber daya alternatif pada malam hari atau saat intensitas cahaya rendah. Analisis kinerja masing-masing komponen, seperti efisiensi panel surya polikristalin, efektivitas turbin Archimedes dalam head rendah, serta performa generator DC dan sistem pemantauan IoT, sangat penting untuk menilai kelayakan teknis dari sistem ini.

Penelitian sebelumnya telah banyak membahas pemanfaatan energi terbarukan secara terpisah. Contohnya, penelitian oleh (Elbatran 2019) menegaskan bahwa mikrohidro sangat efisien diaplikasikan pada daerah dengan *head* rendah dan debit konstan. Namun, banyak studi yang saya teliti masih cenderung terfokus pada sistem pembangkitan tunggal dan belum sepenuhnya mengintegrasikan berbagai sumber energi sebagai cadangan untuk memastikan kontinuitas pasokan. Sebagai contoh, meskipun penelitian oleh (Wahyudi, Santoso, & Rizki 2021) telah

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

menganalisis efisiensi sistem pembangkit hibrida PV-pikohidro, belum banyak yang secara spesifik membahas sistem terapung *off-grid* dengan konfigurasi unik seperti turbin propeller horizontal.

Dalam konteks ini, penelitian ini hadir dengan kontribusi yang membedakannya dari studi sebelumnya. Kami merancang dan menganalisis secara komprehensif implementasi sistem pembangkit listrik hibrid a terapung yang inovatif. Penelitian ini mengintegrasikan panel surya polikristalin 50 Wp pada platform pelampung berbasis pipa PVC yang unik dengan pembangkit pikohidro menggunakan turbin Propeller yang dikopel ke generator DC 150 Watt (24–90V). Sistem ini didesain sebagai solusi *off-grid* mandiri yang tidak bergantung pada jaringan PLN, memungkinkan analisis terukur yang mendalam terhadap efisiensi, kontinuitas daya, dan stabilitas *output*-nya. Melalui pengujian komprehensif, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja sistem hibrid a terapung yang dibangun dengan hasil pengujian sistem serupa atau komponen individual yang dilaporkan dalam literatur sebelumnya (Liestyowati,2022), guna mengidentifikasi keunikan dan keunggulan operasionalnya.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana kinerja modul surya polikristalin 50 Wp yang dipasang pada platform terapung dalam menghasilkan daya listrik pada berbagai kondisi waktu (pagi, siang, dan sore)?
2. Sejauh mana efisiensi konversi energi pada turbin pico-hidro dengan debit terbatas dan head rendah mempengaruhi keluaran daya?
3. Bagaimana tingkat keandalan sistem pembangkit berdasarkan parameter waktu operasi, jumlah gangguan, serta besarnya faktor gangguan paksa (*Forced Outage Factor*)?

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis kinerja output listrik modul surya polikristalin 50 Wp pada sistem terapung dengan pemantauan tegangan, arus, dan daya di berbagai kondisi intensitas cahaya.

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. Mengevaluasi efisiensi energi turbin pico-hidro untuk mengonversi energi pada turbin pico-hidro dengan debit terbatas dan head.
3. Menganalisis tingkat keandalan sistem pembangkit berdasarkan parameter waktu operasi, jumlah gangguan, dan besarnya faktor gangguan paksa (*Forced Outage Factor*).

1.4 Luaran

Hasil penelitian ini diharapkan menghasilkan:

1. Laporan analisis berupa penyajian data performa keluaran daya dan energi dari panel surya serta sistem pikohidro pada berbagai kondisi (iradiasi, suhu, debit).
2. Rancangan prototipe sistem *monitoring* terdiri atas sensor (tegangan, arus, temperatur, iradiasi, debit) dan unit IoT untuk pencatatan data secara *real-time*. Metodologi akuisisi dan analisis data lapangan disusun untuk mendukung evaluasi kinerja sistem dan pemeliharaan.
3. Rekomendasi desain teknis (misalnya sudut kemiringan panel, konfigurasi intake air, dan strategi MPPT) untuk implementasi sistem hibrid pada skala lapangan.
4. Artikel ilmiah yang dipublikasikan dalam seminar internal atau jurnal teknik terbaru sebagai kontribusi pengetahuan dan acuan bagi pengembangan sistem energi hibrid di masa depan.

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

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang, merealisasikan, dan menganalisis sistem pembangkit listrik terapung hibrida yang menggabungkan teknologi fotovoltaik (PV) surya dan pikohidro, terintegrasi dengan sistem pemantauan Internet of Things (IoT). Studi ini bertujuan untuk meningkatkan kontinuitas dan stabilitas pasokan daya untuk aplikasi off-grid.

1. PLTS Terapung

Komponen PV surya terapung menunjukkan kinerja yang sangat efektif, mencapai *Capacity Factor* (CF) yang mengesankan sebesar 93,49% dan efisiensi konversi energi aktual sebesar 13,02%. Hal ini mengindikasikan produksi energi yang kuat. Sistem pemantauan IoT terbukti berperan penting dalam menyediakan data yang akurat dan waktu nyata untuk operasi komponen surya, memfasilitasi analisis kinerja yang komprehensif. Meskipun secara umum berhasil, sistem surya menunjukkan beberapa tantangan keandalan, dibuktikan dengan *Forced Outage Rate* (FOR) sebesar 18,18% dan *Number of Outage Frequency* (NOF) sebesar 0,27 kejadian/jam, menunjukkan perlunya optimasi lebih lanjut dalam sistem proteksi dan manajemen bebannya.

2. Pikohidro

Sebaliknya, komponen Pikohidro secara krusial gagal menghasilkan daya listrik selama periode pengujian. Pengukuran yang konsisten menunjukkan arus dan daya keluaran nol, meskipun terdapat tegangan yang sangat rendah (0,65 – 0,77 V) dan rotasi turbin yang minimal (11–15 RPM). Ketidakefektifan total ini terutama disebabkan oleh gabungan beberapa faktor: head hidrolik yang sangat rendah (0,3 m) yang membatasi energi yang tersedia, RPM turbin yang tidak mencukupi yang gagal mendorong generator ke rentang tegangan operasionalnya (24–90 V), dan kondisi sirkuit terbuka yang kemungkinan besar mencegah aliran arus ke beban atau baterai.

Sinergi yang dimaksudkan antara kedua sumber energi dalam sistem hibrida ini tidak terwujud karena kegagalan total komponen pikohidro. Oleh karena itu,

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

sistem secara efektif beroperasi sebagai sistem PV surya terapung mandiri selama pengujian. Meskipun demikian, keberhasilan implementasi sistem pemantauan IoT dan kinerja luar biasa dari komponen surya memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan di masa depan.

5.2 Saran

Berdasarkan analisis yang dilakukan, beberapa saran untuk meningkatkan kinerja dan keandalan sistem pembangkit listrik hibrida terapung ini untuk pengembangan di masa mendatang:

1. Untuk Komponen Pikohidro

- **Peningkatan Masukan Hidrolik:** Mengingat *head* yang sangat rendah (0,3 m) dan debit yang kemungkinan kecil, perlu dipertimbangkan peningkatan *head* atau debit air di lokasi pengujian. Jika tidak memungkinkan, eksplorasi jenis turbin lain yang dirancang khusus untuk kondisi *ultra-low head* mungkin diperlukan, atau bahkan mempertimbangkan lokasi dengan potensi hidrolik yang lebih besar.
- **Penyesuaian Komponen Turbin-Generator:** Ketidaksesuaian antara RPM turbin yang rendah (11-15 RPM) dan rentang operasional generator (100-1000 RPM) menunjukkan perlunya penyesuaian. Ini bisa melibatkan penggunaan sistem transmisi mekanis (misalnya, penempatan turbin *gearbox*) untuk meningkatkan RPM generator ke rentang yang sesuai, atau memilih generator dengan spesifikasi yang cocok untuk kecepatan putar turbin yang rendah.

2. Untuk Komponen PLTS Terapung

- **Peningkatan Keandalan Sistem:** Meskipun efisien, sistem surya ini bisa mempertahankan daya output walaupun mengalami gangguan paksa . Investigasi lebih lanjut diperlukan untuk menambah komponen seperti inverter, pengontrol pengisian daya, atau manajemen beban. Implementasi sistem proteksi yang lebih robust dan algoritma manajemen beban yang cerdas dapat mengurangi frekuensi gangguan.



© 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

- **Optimasi Sudut Kemiringan Panel:** Meskipun sudah pada sudut yang optimal, studi lebih lanjut mengenai optimasi sudut kemiringan panel secara dinamis atau kemiringan panel nantinya gampang buat diatur supaya saat musiman dapat meningkatkan efisiensi lebih lanjut sepanjang tahun.



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 PUSTAKA

- Alibaba.com. (n.d.). 30A 12V Solar Regulator PWM Charging. <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/30A-12V-Solar-Regulator-PWM-Charging-60538751067.htm>
- Elbatran, A. H., Yaakob, O. B., Ahmed, Y. M., & Shabara, H. M. (2019). *Operation, performance and economic analysis of low head micro-hydropower turbines for rural and remote areas. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 40–50.
- GreenBug Energy. (n.d.). What are the operational ranges of the Archimedes screw? GreenBug Energy – micro hydro. Diakses 9 Juli 2025, dari https://greenbugenergy.com/sp_faq/what-are-the-operational-ranges-of-the-archimedes-screw
- Hassan, M. A., El-Saadany, E. F., & Salama, M. M. A. (2020). *Reliability assessment of hybrid renewable energy systems: A comprehensive review. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 119, 109504. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109504>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2023). *Renewable Energy Statistics 2023*. Abu Dhabi: IRENA.
- InverterOne Indonesia. (n.d.). 80 A MPPT Solar Charge Controller 96 V DC [Gambar produk]. Diakses 9 Juli 2025, dari <https://id.inverterone.com/mppt/80a-mppt-solar-charge-controller-96v-dc.html>
- Jamil, M., Ahmad, F., & Salam, A. (2017). *Review on reliability and availability of hybrid renewable energy systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 148–158. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.06.083>
- Kumar, R., & Bansal, R. C. (2021). *Performance enhancement of hybrid solar-hydro systems using smart energy management strategies. Journal of Cleaner Production*, 279, 123403.
- Kumar, R., & Singh, B. (2014). Design and efficiency analysis of a propeller turbine for low head micro hydro application. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(6), 1–5.

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

- Liestyowati, T., Suryaningsih, A., & Yuliana, D. (2022). *Analisis kinerja panel surya polikristalin pada sistem PLTS rumah tangga*. *Jurnal Energi Terbarukan Indonesia*, 11(2), 45–53.
- Martinius96. (2019, September 1). *IR RPM counter with Arduino* [Forum thread]. *Arduino Forum*. Diakses 9 Juli 2025, dari <https://forum.arduino.cc/t/ir-rpm-counter-with-arduino/608985>
- NN Digital. (2019, 9 Juni). *Belajar Modul INA219 Sensor Arus, Tegangan & Daya dengan Arduino* [Halaman web]. Diakses 9 Juli 2025, dari <https://www.nn-digital.com/blog/2019/06/09/belajar-modul-ina219-sensor-arus-tegangan-daya-dengan-arduino/>
- Parajuli,B. (2023). *Socio-economic footprint of the energy transition: Indonesia* [Gambar/foto dalam laporan PDF]. International Renewable Energy Agency. Diakses 9 Juli 2025, dari https://www.irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jan/IRENA_Socioeconomic_footprint_Indonesia_2023.pdf
- PT. Wedosolar Indonesia. (n.d.). CSUN 255Wp Polycrystalline Diakses tanggal 9 Juli 2025, dari <https://www.wedosolarindonesia.com/product-details/csun-255-poly/>
- Rusyam. (2011, Maret 14). Sistem pengisian generator DC. <https://rusyam.blogspot.com/2011/03/sistem-pengisian-generator-dc.html>
- Sinha, S., & Chandel, S. S. (2020). *Review of software tools for hybrid renewable energy systems*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1127–1147.
- Sunyoto, A., Harijanto, P. S., & Indra, B. K. (2022). Sistem instalasi pembangkit pikohidro untuk keluaran listrik arus searah 12 Volt. *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 9(3), 104.
- Wahyudi, S., Santoso, A., & Rizki, A. (2021). *Analisis efisiensi sistem pembangkit hybrid PV-pikohidro di daerah perbukitan*. *Jurnal Teknik Energi*, 9(1), 27–36.
- Zheng, C., & Xu, C. (2020). *An IoT-based smart solar photovoltaic remote monitoring system*. *Energies*, 13(9), 2122.



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 RIWAYAT HIDUP PENULIS



MOHAMMAD JUMFIQRHI

Lulus dari SDN 013 Pagi Duri Kepa tahun 2016 , SMPN Ponpes AL-ITTIHAD Cianjur tahun 2019 , dan SMK Penerbangan Dirgantara Tangerang Selatan tahun 2022. Sekarang sedang menempuh gelar Ahli Madya dari Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Jakarta.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

LAMPIRAN

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



© 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



© 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

