



© 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



**PENGEMBANGAN PLTS *OFF-GRID* PADA OPERASIONAL
POMPA KONDENSAT DI AREA PRODUKSI UAP NCG
TINGGI PLTP GUNUNG SALAK UNTUK OPTIMALISASI
ENERGI**

LAPORAN
CAPSTONE PROJECT

Oleh:

Abdillah Khairudzikri	NIM. 2402432026
Auffanida Fadhila Permana	NIM. 2402432017
Safiena Salva Al Rayyan	NIM. 2402432005

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN**

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

JULI, 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 PERSETUJUAN
CAPSTONE PROJECT

**PENGEMBANGAN PLTS *OFF-GRID* PADA OPERASIONAL POMPA
KONDENSAT DI AREA PRODUKSI UAP NCG TINGGI PLTP GUNUNG
SALAK UNTUK OPTIMALISASI ENERGI**

Oleh:

Abdillah Khairudzikri NIM. 2402432026

Auffanida Fadhila Permana NIM. 2402432017

Safiena Salva Al Rayyan NIM. 2402432005

Program Studi Diploma 4 Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Dr. Sonki Prasetya, S.T., M.Sc.
NIP. 197512222008121003

Pembimbing 2

Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T.
NIP. 196605191990031002

Ketua Program Studi
D4-Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Yuli Mafendro D.E.S., S.Pd., M.T.
NIP. 199403092019031913



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 PENGESAHAN
CAPSTONE PROJECT

**PENGEMBANGAN PLTS *OFF-GRID* PADA OPERASIONAL POMPA
KONDENSAT DI AREA PRODUKSI UAP NCG TINGGI PLTP GUNUNG
SALAK UNTUK OPTIMALISASI ENERGI**

Oleh:

Abdillah Khairudzikri NIM. 2402432026

Auffanida Fadhila Permana NIM. 2402432017

Safiena Salva Al Rayyan NIM. 2402432005

Program Studi Diploma 4 Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang *Capstone Project* di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar
Diploma IV pada Program Studi D4-Teknologi Rekayasa Konversi Energi
Jurusan Teknik Mesin

POLITEKNIK

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Hasvienda Mohammad Ridlwan, S.T., M.T.	Penguji 1		28/7/2025
2.	P. Jannus, M.T.	Penguji 2		28/7/2025

Depok,

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T., M.T. IWE
NIP. 197707142008121005



© 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

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Abdillah Khairudzikri

NIM : 2402432026

Program Studi : D4-Teknologi Rekayasa Konversi Energi

menyatakan bahwa yang dituliskan dalam Capstone Project ini adalah hasil karya sendiri bukan plagiasi karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Capstone Project telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

POLIT
NEGE
JAKA

Denok,
28 Juli 2025
Abdillah Khairudzikri
NIM. 2402432026





© 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

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Auffanida Fadhila Permana

NIM : 2402432017

Program Studi : D4-Teknologi Rekayasa Konversi Energi

menyatakan bahwa yang dituliskan dalam Capstone Project ini adalah hasil karya sendiri bukan plagiasi karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Capstone Project telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 28 Juli 2025



Auffanida Fadhila Permana
NIM. 2402432017



© 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

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Safiena Salva Al Rayyan

NIM : 2402432005

Program Studi : D4-Teknologi Rekayasa Konversi Energi

menyatakan bahwa yang dituliskan dalam Capstone Project ini adalah hasil karya sendiri bukan plagiasi karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Capstone Project telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.





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

Keywords: *Off-Grid PV, Control System, Condensate Pump, NCG Steam, Mini Steam Turbine, Energy Efficiency, Gunung Salak Geothermal*

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan *Capstone Project* yang berjudul “Pengembangan PLTS *Off-Grid* pada Operasional Pompa Kondensat di Area Produksi Uap NCG Tinggi PLTP Gunung Salak untuk Optimalisasi Energi”

Capstone Project ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Diploma IV Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta. Penulis memahami tanpa bantuan, doa, dan bimbingan dari semua orang akan sangat sulit untuk menyelesaikan *Capstone Project* ini. Maka dari itu penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas dukungan dan kontribusi kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Yuli Mafendro D.E.S., S.Pd., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan bantuan dalam mengarahkan dalam pelaksanaan *Capstone Project* ini.
3. Bapak Dr. Sonki Prasetya, S.T., M.Sc. dan Bapak Cecep Slamet Abadi, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian *Capstone Project* ini.
4. Rekan-rekan Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam proses penyelesaian *Capstone Project*.

Penulis berharap semoga *Capstone Project* ini bermanfaat bagi semua pihak terutama pada bidang Teknologi Rekayasa Konversi Energi.

Depok, Juli 2025

Penulis



© 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





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 ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
RANGKUMAN EKSEKUTIF.....	vi
EXECUTIVE SUMMARY	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Sistematika Penelitian <i>Capstone Project</i>	3
BAB II.....	5
DESKRIPSI SITUASI AWAL	5
2.1 Situasi Awal.....	6
2.2 Objek Proyek	15
2.3 Potensi dan Karakteristik PLTS <i>Off-Grid</i> untuk Sistem Kontrol Pompa Kondensat.....	15
2.4 Keandalan Sistem Pompa Kondensat dengan Pendukung Energi Lokal dan PLTS <i>Off-Grid</i>	25
BAB III	28
METODOLOGI.....	28
3.1 Diagram Alir	28



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

3.2	Optimalisasi Uap NCG melalui <i>Mini Steam Turbine</i> dan Peran PLTS dalam Keandalan Kontrol Sistem	29
3.3	Identifikasi Kebutuhan Sistem Kontrol Otomatis Pompa Kondensat	33
3.4	Perancangan Sistem PLTS <i>Off-Grid</i> untuk Sistem Kontrol	40
3.5	Integrasi PLTS dengan Sistem Kontrol Pompa Kondensat	45
3.6	Kajian Awal Perencanaan Ekonomi Sistem PLTS <i>Off-Grid</i>	50
BAB IV		55
HASIL DAN DISKUSI		55
4.1	Validasi Data Simulasi dengan Pengukuran Lapangan	55
4.2	Pemilihan Komponen Utama (PV, Baterai, <i>Inverter</i>)	59
4.3	Hasil Perhitungan Sistem Proteksi, Perhitungan Ukuran Kabel, dan Tegangan Jatuh.....	68
4.4	Hasil Simulasi Sistem PLTS dengan <i>PV</i> syst.....	70
4.5	Skema <i>Wiring</i> Daya PLTS untuk Sistem Kontrol	78
4.6	Evaluasi Operasional Sistem	81
4.7	Efisiensi dan Performa Sistem PLTS	83
4.8	Analisis Ekonomi Sistem Kontrol Pompa Kondensat.....	85
4.9	Aspek Non-Teknis Pendukung Keberhasilan Sistem.....	96
BAB V		101
REKOMENDASI UNTUK KLIEN		101
DAFTAR PUSTAKA.....		103
LAMPIRAN		106



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 GAMBAR

Gambar 2.1 Motor Listrik Pompa Kondensat.....	9
Gambar 2.2 Spesifikasi Motor Listrik	9
Gambar 2.3 Peta Lokasi Objek Proyek.....	15
Gambar 2.4 Lokasi Objek Proyek.....	15
Gambar 2.5 <i>Irradiance Meter</i>	16
Gambar 2.6 Aktivitas Pengukuran Iradiasi.....	16
Gambar 2.7 Grafik Iradiasi per Jam.....	18
Gambar 2.8 Pengukuran dengan <i>Multimeter</i>	19
Gambar 2.9 Aktivitas saat Pengukuran.....	19
Gambar 2.10 Grafik Beban Harian	21
Gambar 2.11 Grafik Daya <i>Output PV</i>	25
Gambar 3.1 Diagram Alir <i>Capstone Project</i>	28
Gambar 3.2 Diagram Alir Energi.....	30
Gambar 3.3 P&ID Sistem <i>Mini Steam Turbine</i>	31
Gambar 3.4 <i>Rotork IQ90</i>	35
Gambar 3.5 Diagram Alir Fluida Kondensat	36
Gambar 3.6 Tata Letak Panel Surya	46
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Data Aktual & <i>PVGIS</i>	54
Gambar 4.2 Grafik Beban dalam <i>Datasheet</i>	56
Gambar 4.3 Grafik Profil Beban Aktual.....	57
Gambar 4.4 Spesifikasi <i>PV</i>	59
Gambar 4.5 Spesifikasi Baterai.....	61
Gambar 4.6 Spesifikasi <i>Solar Inverter</i>	64
Gambar 4.7 Spesifikasi Baterai <i>Inverter</i>	65
Gambar 4.8 <i>Project Summary PVSystem</i>	66
Gambar 4.9 PR pada <i>PVSyst</i>	67
Gambar 4.10 <i>Specific Production PV</i>	68
Gambar 4.11 Analisa <i>Loss Diagram</i>	69
Gambar 4.12 <i>Single Line Diagram</i> PLTS.....	73
Gambar 4.13 TDL PLN 2025	82



© 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

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Laporan Kunjungan Lapangan-----	7
Tabel 2.2 Data Iradiasi Rata-Rata Per Jam -----	17
Tabel 2.3 Data Pengukuran Aktual Beban-----	20
Tabel 2.4 Profil Beban Harian -----	20
Tabel 2.5 Data Kebutuhan Energi Harian-----	22
Tabel 2.6 Data Daya <i>Output</i> PV-----	24
Tabel 3.2 Komponen Sistem Pendukung-----	32
Tabel 3.3 Spesifikasi <i>Rotork IQ90</i> -----	34
Tabel 3.4 Konsumsi Energi Harian-----	38
Tabel 4.1 Perbandingan Data Aktual & PVGIS -----	53
Tabel 4.2 Perbandingan Datasheet & Aktual-----	55
Tabel 4.3 Profil Beban <i>Based Datasheet</i> -----	56
Tabel 4.4 Profil Beban Pengukuran Aktual-----	56
Tabel 4.5 Produksi Energi Bulanan-----	67
Tabel 4.6 Perbandingan <i>PV Syst & Manual</i> -----	71
Tabel 4.7 Efisiensi Sistem PLTS-----	77
Tabel 4.8 Harga Komponen PLTS & <i>Control</i> -----	80
Tabel 4.9 Nilai Investasi Awal-----	81
Tabel 4.10 Perbandingan Biaya Sistem Eksisting & Sistem Baru -----	83
Tabel 4.11 <i>Present Value 25 Tahun</i> -----	88
Tabel 4.12 Analisa Kelayakan Ekonomi-----	90
Tabel 4.13 Skala Penilaian-----	91
Tabel 4.14 Resiko & Skala Penilaian -----	91
Tabel 4.15 Tindakan & Skala Penilaian -----	92
Tabel 4.16 <i>Stakeholder Capstone Project</i> -----	94



© 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

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Biodata Pengusul.....	100
Lampiran 2 <i>Time Schedule Capstone Project</i>	103





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 I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Krisis iklim global dan ketergantungan berat pada bahan bakar fosil menuntut percepatan transisi ke energi terbarukan. Indonesia, dengan kaya potensi panas bumi dan tenaga surya, menargetkan bauran energi baru dan terbarukan (EBT) sebesar 23% pada tahun 2025, sejalan dengan Perpres No. 112/2022 [1]

Salah satu strategi kunci adalah pengembangan sistem PLTS *Off-Grid*, yang bersifat modular, fleksibel, dan bersih, termasuk sebagai sistem pendukung untuk PLTP [2]. PLTP menghasilkan energi rendah emisi, namun sebagian potensinya belum dimanfaatkan secara optimal, terutama uap dengan NCG (*Non-Condensable Gas*) tinggi yang dibuang melalui *venting* dan menurunkan efisiensi sistem [3].

Namun dalam implementasinya, klien menghadapi sejumlah permasalahan yang menghambat optimalisasi sistem di lapangan. Salah satu tantangan utama adalah terbuangnya uap dari sumur produksi dengan kandungan NCG tinggi melalui *venting*, yang tidak hanya menyebabkan hilangnya potensi energi tetapi juga menurunkan efisiensi termal sistem. Selain itu, *house load* PLTP mengalami peningkatan signifikan akibat beroperasinya dua proyek baru di area sekitar yang masing-masing menggunakan pompa kondensat tambahan. Kondisi ini memperbesar konsumsi listrik internal dan membebani sistem eksisting, terlebih karena sistem pompa kondensat tersebut masih dikendalikan secara *manual*, sehingga kurang efisien dan tidak responsif terhadap kebutuhan operasional dinamis.

Pemanfaatan uap NCG untuk menggerakkan *mini steam turbine*, misalnya sebagai penggerak langsung (*direct drive*) pompa kondensat, merupakan inovasi yang menjanjikan. Pendekatan ini tidak hanya mengurangi beban listrik *house load*, tetapi juga meningkatkan efisiensi termal keseluruhan sistem pembangkitan. Beberapa studi menunjukkan bahwa uap dengan kandungan NCG tinggi masih memiliki potensi energi yang dapat dimanfaatkan secara efektif untuk aplikasi



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

mekanikal seperti pompa, dengan dampak positif terhadap efisiensi energi dan beban internal pembangkit [4]

Keberhasilan integrasi *mini steam turbine* ini sangat bergantung pada sistem kontrol yang andal dan mandiri. Di sinilah PLTS *Off-Grid* memainkan peran *vital*, karena mampu memasok daya secara langsung dari panel surya melalui *charge controller*, baterai, dan *inverter* ke perangkat kontrol seperti *sensor*, aktuator, dan instrumen *monitoring*, tanpa tergantung pada jaringan utama. Integrasi ini memastikan kontinuitas operasional sistem kontrol terutama pada area *remote* dan mengurangi beban *house load* PLTP secara signifikan [5]

Lebih jauh, integrasi PLTS *Off-Grid* untuk mendukung operasi pompa kondensat dalam sistem PLTP menciptakan sinergi antara dua sumber energi terbarukan: surya dan panas bumi. Penelitian ini akan membahas tiga pendekatan utama secara menyeluruh, yaitu: (1) perancangan dan analisis kinerja sistem PLTS *Off-Grid* sebagai sumber energi pendukung operasional pompa kondensat, (2) analisis peran PLTS *Off-Grid* dalam menunjang sistem kontrol dan instrumentasi di area produksi uap NCG tinggi, serta (3) evaluasi kelayakan dan optimalisasi pemanfaatan PLTS *Off-Grid* dari aspek teknis, efisiensi energi, dan keandalan operasional. Pendekatan ini akan mencakup desain sistem PLTS, konfigurasi kontrol otomatis, serta kajian potensi pemanfaatan energi limbah agar sistem dapat beroperasi secara efisien, mandiri, dan berkelanjutan dalam mendukung tujuan dekarbonisasi nasional.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

1. Bagaimana merancang sistem PLTS *Off-Grid* yang mampu menyuplai daya sistem kontrol pompa kondensat secara mandiri tanpa membebani *house load* PLTP?
2. Bagaimana PLTS *Off-Grid* dapat menjaga kontinuitas suplai energi untuk sistem kontrol dan instrumentasi di area produksi uap NCG tinggi yang rentan gangguan?



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

3. Bagaimana kelayakan teknis, efisiensi energi, dan keandalan sistem PLTS *Off-Grid* dalam mendukung pengoperasian sistem kontrol pompa kondensat di lingkungan PLTP?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Merancang sistem PLTS *Off-Grid* sebagai suplai utama sistem kontrol pompa kondensat, dengan target memenuhi beban energi harian secara mandiri, tanpa menarik daya dari sistem *house load*.
2. Menganalisis peran PLTS *Off-Grid* dalam menjamin keandalan sistem kontrol dan instrumentasi, dengan indikator keberhasilan berupa ketersediaan daya sistem kontrol selama 24 jam penuh per hari dan efisiensi suplai daya $\geq 75\%$.
3. Mengevaluasi kelayakan teknis dan efisiensi sistem PLTS *Off-Grid*, dengan tolok ukur:
 - *Performance Ratio* (PR) $\geq 75\%$,
 - *Solar Fraction* (SF) $\geq 90\%$,
 - Cadangan energi minimal 10–15%,
 - serta pengurangan konsumsi *house load* PLTP sebesar 100% untuk beban kontrol.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan alternatif solusi dalam pengurangan *house load* melalui pemanfaatan energi surya.
2. Menjadi sumber pembelajaran untuk studi kasus nyata dalam penerapan PLTS *Off-Grid* pada sistem utilitas pembangkit.

1.5 Sistematika Penelitian *Capstone Project*

Dalam penulisan tugas akhir yang telah dijalankan, terdapat 5 bab dengan sistematika penulisan tugas akhir secara umum terdiri dari:

Bab I Pendahuluan



© 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

Bab I (satu) membahas tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, pertanyaan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

Bab II Deskripsi Situasi Awal

Bab II (dua) merupakan deskripsi situasi awal yang berguna untuk memaparkan situasi awal dalam penelitian ini.

Bab III Metodologi Penelitian

Bab III (tiga) menguraikan tentang metodologi penelitian seperti pengukuran, kriteria evaluasi, serta tinjauan latar yang digunakan sebagai sumber data penelitian.

Bab IV Hasil dan Diskusi

Bab IV (empat) menguraikan tentang hasil data serta diskusi dari penelitian yang telah dilakukan.

Bab V Rekomendasi untuk Klien

Bab V (lima) merupakan bab terakhir dari penelitian yang akan dijalankan. Dalam bab terakhir merupakan bab penutup yang berisi kesimpulan maupun rekomendasi yang nantinya merupakan sebuah jawaban dari pertanyaan dan tujuan penelitian.



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

REKOMENDASI UNTUK KLIEN

Berdasarkan rangkaian studi, analisis teknis, simulasi sistem, dan evaluasi kelayakan yang dibahas pada Bab 1 hingga Bab 4, berikut disampaikan rekomendasi untuk klien terkait optimalisasi suplai energi pada sistem kontrol pompa kondensat di PLTP Gunung Salak:

1. Implementasi Sistem PLTS *Off-Grid*

Desain sistem PLTS *Off-Grid* dengan kapasitas 26,25 kWp dan baterai 122,9 kWh telah terbukti mampu menyuplai kebutuhan beban sistem kontrol sebesar 81 kWh/hari secara stabil dan berkelanjutan. Dengan nilai PR 75,24% dan *Solar Fraction* 96,69%, sistem ini layak untuk segera direalisasikan sebagai solusi utama penyediaan energi mandiri bagi sistem kontrol. Dengan seluruh beban sistem kontrol dialihkan ke PLTS *Off-Grid* dan tidak lagi mengambil daya dari sistem kelistrikan internal PLTP, maka pengurangan konsumsi *house load* untuk beban kontrol mencapai 100%.

2. Sinergi dengan *Mini Steam Turbine* sebagai Redundansi Energi

Mengacu pada kondisi operasional di lapangan yang sering menghadapi peningkatan *house load* serta fluktuasi pasokan listrik internal, klien disarankan untuk mempertimbangkan integrasi sistem *mini steam turbine* sebagai sumber energi mekanik cadangan untuk menggerakkan pompa kondensat. Pemanfaatan uap dari sumur dengan kandungan *Non-Condensable Gas* (NCG) tinggi dapat dikonversi menjadi energi gerak tanpa membebani sistem kelistrikan. Dengan demikian, sistem PLTS digunakan untuk kebutuhan kontrol dan *monitoring*, sedangkan *mini steam turbine* menjadi *prime mover* mekanis, memberikan optimalisasi energi yang lebih efisien dan handal.

3. Penguatan Sistem Proteksi dan *Wiring*

Sistem telah dirancang dengan kelengkapan proteksi baik di sisi AC maupun DC, termasuk SPD, MCB/MCCB, *grounding*, dan *battery protection*. Klien disarankan untuk mengikuti konfigurasi proteksi ini sesuai standar IEC/SNI



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

guna mencegah risiko kegagalan akibat *overvoltage*, petir, atau gangguan hubung singkat.

4. **Optimalisasi Tata Letak Fisik Sistem**

Visualisasi desain melalui *SketchUp* menunjukkan bahwa area di sekitar sistem kontrol cukup untuk pemasangan panel surya secara *optimal*. Arah kemiringan 10° dan orientasi $125,6^\circ$ menghasilkan performa terbaik berdasarkan simulasi *PVSyst*. Tata letak ini harus dijadikan referensi pada tahap instalasi fisik.

5. **Evaluasi Ekonomi dan *Payback Period***

Dengan investasi awal sebesar $\pm \text{Rp}2,9$ miliar dan penghematan energi tahunan setara $\text{Rp}977$ juta, *payback period* sistem ini hanya sekitar 3 tahun dan juga nilai NPV yang bernilai $\pm \text{Rp}5,66$ miliar setelah seluruh biaya investasi (*CAPEX*, *OPEX*) dan nilai waktu uang (diskonto 10%) diperhitungkan. Klien disarankan mempertimbangkan skema investasi ini sebagai bagian dari strategi efisiensi biaya operasional jangka menengah.

6. **Replikasi dan Pengembangan Sistem**

Dengan *surplus* energi tahunan sebesar $\pm 12\%$, desain ini berpotensi dikembangkan untuk mensuplai beban kontrol lainnya. Bahkan, kombinasi PLTS dan *mini steam turbine* dapat dijadikan solusi untuk berbagai *unit* proses yang memerlukan keandalan energi tinggi di area PLTP.



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

- [1] Presiden Republik Indonesia, "Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik," 2022. [Online]. Available: <https://jdih.kemenkeu.go.id/api/download/7332a343-0623-4d26-80f2-9d8f62a5c2ba/2022perpres112.pdf>
- [2] K. Li, C. Liu, S. Jiang, and Y. Chen, "Review on Hybrid Geothermal and Solar Power Systems," *J Clean Prod*, vol. 250, p. 119481, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119481.
- [3] N. Yildirim and G. Gökçen, "Thermodynamic performance of single-flash geothermal power plants from the point of view of non-condensable gas removal systems," in *World Geothermal Congress*, 2009. [Online]. Available: <https://www.academia.edu/download/89548568/Nurdangokcen.pdf>
- [4] M. Romadhon, A. M. Purwanto, and A. B. Yulianto, "Studi Pemanfaatan Uap Non-Kondensabel (NCG) Sebagai Penggerak Pompa Kondensat pada PLTP Ulubelu," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia UNNES*, 2020, pp. 45–52. [Online]. Available: <https://eprints2.undip.ac.id/id/eprint/16257/>
- [5] A. R. Suhendra, M. P. Simatupang, and R. N. Firmansyah, "Uninterrupted Electricity Supply using Off-Grid Solar PV Systems for Remote Areas," *International Journal of Technology*, vol. 13, no. 4, pp. 818–828, 2022, doi: 10.14716/ijtech.v13i4.6089.
- [6] N. L. Panwar, S. C. Kaushik, and S. Kothari, "Role of renewable energy sources in environmental protection: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, no. 3, pp. 1513–1524, 2011, doi: 10.1016/j.rser.2010.11.037.
- [7] M. A. Wirawan and H. B. Santosa, "Desain Sistem PV Off-Grid Berbasis Beban Harian," *Jurnal Teknologi Energi*, vol. 7, no. 2, pp. 45–52, 2019.
- [8] N. R. E. L. (NREL), "Consider Steam Turbine Drives for Rotating Equipment," 2002. [Online]. Available: <https://docs.nrel.gov/docs/fy02osti/31154.pdf>
- [9] R. E. P. Ltd, "Steam Turbines as Prime Movers for Pumps," 2009.
- [10] F. A. Mahendra, "Design And Development of Control and Monitoring System For Smart Homes Using Off-Grid PV System," *Journal of Applied Electrical Engineering Innovation*, vol. 1, no. 1, pp. 44–57, 2025, [Online]. Available:



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

<https://journal.uny.ac.id/publications/jaeii/article/download/1353/406/4285>

- [11] A. Saputra, M. Zainuddin, and R. Prasetyo, "Pemanfaatan Uap Non-Kondensabel (NCG) sebagai Sumber Energi Alternatif di PLTP," *Jurnal Energi Terbarukan*, vol. 9, no. 2, pp. 65–72, 2022.
- [12] S. Prasetya, R. F. Naufal, and T. M. Ardiansyah, "Desain Sistem Monitoring PLTS Off-Grid untuk Penerangan Jalan Umum di Area Kampus Berbasis IoT," in *Prosiding Seminar Nasional Energi dan Teknologi Terbarukan (SNETT)*, Politeknik Negeri Jakarta, 2023, pp. 88–95.
- [13] D. Hutabarat and A. Kurniawan, "Analisis Penggunaan Mini Turbin Uap untuk Penggerak Pompa pada PLTP Skala Kecil," in *Seminar Nasional Energi dan Teknologi*, 2021.
- [14] G. Yan, Z. Jin, T. Zhang, and P. Zhao, "Position Control Study on Pump-Controlled Servomotor for Steam Control Valve," *Processes*, vol. 9, no. 2, p. 221, 2021, doi: 10.3390/pr9020221.
- [15] M. I. Surya and D. Ramadhan, "Rancang Bangun Inverter Sistem PLTS Off-Grid," *Jurnal Sistem Energi*, vol. 9, no. 1, pp. 33–39, 2022.
- [16] International Electrotechnical Commission, "IEC 60364-5-52: Electrical Installations of Buildings – Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment – Wiring Systems," 2009, *Geneva, Switzerland*.
- [17] International Electrotechnical Commission, "IEC 50530: Overall Efficiency of Grid Connected Photovoltaic Inverters," 2010, *Geneva, Switzerland*.
- [18] International Electrotechnical Commission, "IEC 60364: Low-voltage electrical installations – All Parts," 2005, *Geneva, Switzerland*.
- [19] J. C. Hernández, P. G. Vidal, and F. Jurado, "Lightning and Surge Protection in Photovoltaic Installations," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 23, no. 4, pp. 1961–1971, Nov. 2008, doi: 10.1109/TPWRD.2008.917886.
- [20] Electrical4U Online, "Three Phase Power Formula and Calculator."
- [21] J. Krishnan and S. Patel, "Comparing Methods of Calculating Voltage Drop in Low Voltage Feeders," *Transactions of the IEE (SA) Institute of Electrical Engineers*, Sep. 1995.
- [22] R. Kurniawan, "Analisis Studi Kelayakan Keuangan Sentra Peningkatan Performa Olahraga Indonesia (SP2OI) di Menara Mandiri," *Jurnal Manajemen dan Kewirausahaan*, vol. 14, no. 2, pp. 101–110, 2022.
- [23] Y. Chandra, "Analisis Ekonomi Energi Perencanaan Pembangunan PLTS (Studi Kasus Gedung Kuliah Politeknik Negeri Ketapang)," *Jurnal Teknik Elektro*, 2020.



© 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

- [24] D. Hasibuan, “NPV vs IRR: Mana yang Harus Digunakan Dalam Mengukur Kelayakan Bisnis,” *Jurnal Manajemen dan Bisnis*, vol. 1, no. 2, pp. 38–46, Jan. 2020.

