



Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – TEKNIK ENERGI LISTRIK

**DESAIN PLTA *PUMPED STORAGE* DENGAN PLTS
OFF GRID DI KABUPATEN MAHAKAM ULU
KALIMANTAN TIMUR**

Muhamad Cahyo Samudro
NIM 2212015

Dosen pembimbing
Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.
Sotyohadi, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Februari 2026



Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – TEKNIK ENERGI LISTRIK

**DESAIN PLTA PUMPED STORAGE DENGAN PLTS
OFF GRID DI KABUPATEN MAHAKAM ULU
KALIMANTAN TIMUR**

Muhamad Cahyo Samudro
NIM 2212015

Dosen pembimbing
Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.
Sotyohadi, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Februari 2026

**DESAIN PLTA PUMPED STORAGE DENGAN PLTS
OFF GRID DI KABUPATEN MAHAKAM ULU
KALIMANTAN TIMUR**

SKRIPSI

**Muhamad Cahyo Samudro
2212015**

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi Teknik Energi Listrik
Institut Teknologi Nasional Malang

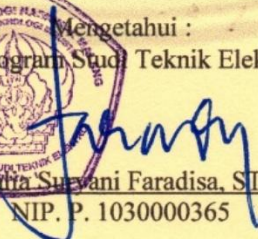
Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing I


Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.
NIP. Y. 1028700171

Dosen Pembimbing II


Sotyohadi, ST., MT.
NIP. Y. 1039700309

Mengetahui :
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

Dr. Irmadita Suryani Faradisa, ST., MT.
NIP. P. 1030000365

MALANG
Februari 2026

ABSTRAK

DESAIN PLTA PUMPED STORAGE DENGAN PLTS OFF GRID DI KABUPATEN MAHAKAM ULU KALIMANTAN TIMUR

MUHAMAD CAHYO SAMUDRO, NIM : 2212015

Dosen Pembimbing I : Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.

Dosen Pembimbing II : Sotyohadi, ST., MT

Kabupaten Mahakam Ulu merupakan wilayah terpencil di Provinsi Kalimantan Timur yang masih menghadapi keterbatasan pasokan listrik akibat belum terjangkaunya jaringan listrik utama serta kondisi geografis yang menantang. Pemenuhan kebutuhan listrik masyarakat selama ini masih bergantung pada pembangkit diesel yang berbiaya tinggi dan berdampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan solusi sistem pembangkit listrik yang berkelanjutan, andal, dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off-grid yang terintegrasi dengan pumped storage sebagai media penyimpanan energi guna menjamin kontinuitas pasokan listrik di Kabupaten Mahakam Ulu. Metode yang digunakan meliputi analisis potensi radiasi matahari, kondisi topografi dan hidrologi wilayah, serta perancangan teknis sistem yang mencakup kapasitas PLTS, ukuran reservoir, spesifikasi pompa dan turbin, pipa penstock, inverter, serta skema integrasi sistem. Hasil perancangan menunjukkan bahwa sistem PLTS off-grid dengan pumped storage mampu memanfaatkan kelebihan energi surya pada siang hari untuk menyimpan energi dalam bentuk energi potensial air, yang kemudian dapat dikonversi kembali menjadi energi listrik pada saat malam hari atau ketika radiasi matahari rendah. Integrasi sistem ini mampu meningkatkan keandalan suplai listrik, mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, serta mendukung transisi menuju energi bersih di daerah terpencil. Dengan demikian, desain PLTS off-grid berbasis pumped storage ini dinilai layak sebagai solusi penyediaan energi listrik berkelanjutan di Kabupaten Mahakam Ulu.

Kata Kunci: PLTS off-grid, pumped storage, penyimpanan energi, energi terbarukan.

ABSTRACT

DESAIN PLTA PUMPED STORAGE DENGAN PLTS OFF GRID DI KABUPATEN MAHAKAM ULU KALIMANTAN TIMUR

Muhamad Cahyo Samudro, NIM : 2212015
Supervisor I : Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.
Supervisor II : Sotyohadi, ST., MT

Mahakam Ulu Regency is a remote area in East Kalimantan Province that still experiences limited electricity supply due to the absence of the main power grid and challenging geographical conditions. Electricity demand is largely met by diesel generators, which are costly and environmentally unfriendly. Therefore, a sustainable and reliable power generation system is required. This study aims to design an off-grid photovoltaic (PV) power system integrated with pumped storage as an energy storage solution to ensure continuous electricity supply in Mahakam Ulu Regency. The research methodology includes an analysis of solar radiation potential, regional topography and hydrology, and technical system design covering PV capacity, reservoir sizing, pump and turbine specifications, penstock design, inverter capacity, and system integration. The results indicate that the proposed off-grid PV system with pumped storage can effectively utilize surplus solar energy during daytime to store energy as water potential energy, which can be converted back into electrical energy during nighttime or low solar irradiance conditions. This system improves supply reliability, reduces dependence on fossil fuels, and supports the transition toward clean energy in remote areas. Therefore, the proposed design is considered a feasible and sustainable solution for electricity provision in Mahakam Ulu Regency.

Keywords: Off-grid photovoltaic, pumped storage, energy storage, renewable energy.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Desain PLTA Pump Storage Dengan PLTS OFF GRID Di Kabupaten Mahakam Ulu” Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan terima kasih, penulis ingin menyampaikan apresiasi kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT. selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran dan dedikasi.
2. Bapak Sotyohadi, ST.,MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing penulis dengan penuh perhatian dan arahan yang berharga.
3. Ibu Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST.,MT. selaku Ketua Jurusan Elektro ITN Malang yang telah memberikan kesempatan serta fasilitas yang mendukung selama masa studi.
4. Bapak Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang.
5. Ayah saya, Sinto windoko, Ibunda tercinta, Caecilia Kristiowardhani, yang selalu memberikan doa, dukungan moral, serta bantuan finansial yang tiada henti.
6. Seluruh anggota asisten Laboratorium Energi Baru Terbarukan yang telah memberikan motivasi, semangat, dan dorongan untuk terus belajar dan berkembang.
7. Teman-teman Angkatan 22, yang telah menjadi rekan belajar, berdiskusi, serta berbagi pengalaman selama proses penelitian ini. Dukungan dan kebersamaan kalian sangat berarti bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan guna perbaikan di masa mendatang. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta bermanfaat bagi para pembaca dan pihak yang berkepentingan.

Malang, Februari 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR GAMBAR.....	i
DAFTAR TABEL.....	i
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Energi Baru Terbarukan	5
2.2 <i>PLTS Off-grid</i>	6
2.2.2 Inverter	7
2.2.3 Panel Surya	8
2.3 Pumped Hydro Energi Storage	8
2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Air	10
2.4.1 Waduk	10
2.4.2 Pipa Penstock	11
2.5 Potensi Energi Terbarukan dan Topografi di Mahakam Hulu	11
2.5.1 Peta lokasi penempatan waduk	12
2.5.2 Besarnya potensi radiasi matahari di Mahakam Ulu	13
2.5.3 Potensi pemanfaatan sungai mahakam	15
2.6 Turbin	16
2.7 Pompa <i>Submersible</i>	18
2.8 Transformator	21
2.8.2 Kabel Transmisi	22
2.8.3 Transformator Daya	23
2.8.4 Transformator Arus	24
2.9 Sketchup	25
2.10 Autocad	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Flowchart Penelitian	27
3.2 Flowchart <i>PLTS off-grid</i> dengan <i>pump storage</i>	29
3.3 Jenis Penelitian	30

3.4 Alat dan Bahan	31
3.4.1 Alat	31
3.4.2 Bahan	32
3.5 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	32
3.5.1 Lokasi Penelitian	32
3.5.2 Waktu Penelitian.....	32
3.6 Desain Penelitian	33
3.6.1 Desain peta wilayah penempatan waduk.....	33
3.6.2 Desain Pipa Penstock.....	33
3.6.3 Desain Turbin	34
3.6.4 Desain PLTS.....	34
3.6.5 Desain Integrasi Sistem	34
3.6.6 Data Yang Berhasil Dikumpulkan.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Pemilihan lokasi Penempatan Reservoir atas	35
4.2 Nilai Perhitungan Identifikasi Potensi Daya Turbin Air	38
4.3 Nilai Perhitungan Volume dan Luas Waduk.....	39
4.4 Perhitungan Diameter Penstock dan Head Loss.....	40
4.5 Perhitungan dan Hasil Desain Turbin.....	41
4.6 Perhitungan Kapasitas Inverter.....	43
4.7 Perhitungan Konfigurasi dan Jumlah PLTS	44
4.8 Single Line Diagram PLTS Off – Grid	45
4.9 Perhitungan Efisiensi.....	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN.....	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Energi Baru Terbarukan	6
Gambar 2.2 PLTS Off-grid	7
Gambar 2.3 <i>Pump Hydro Storage</i>	9
Gambar 2.4 Peta Batu Dinding Mahakam Ulu	13
Gambar 2.5 Potensi Radiasi Matahari	14
Gambar 2.6 Topologi sungai mahakam	16
Gambar 2.7 Klasifikasi jenis turbin	17
Gambar 2.8 Gambar Pompa Submersible.....	19
Gambar 2.9 Grafik Performa Motor	20
Gambar 2.10 Transformator.....	22
Gambar 2.11 Transformator arus.....	25
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian.....	27
Gambar 3.2 Flowchart cara kerja PLTS off-grid menggunakan <i>pump storage</i>	29
Gambar 4.1 Gambar Peletakan Waduk.....	36
Gambar 4.2 Gambar Desain Sistem Pumped Storage dan Parameter Hidrolik.....	37
Gambar 4.3 Hasil Desain Turbin	42
Gambar 4.4 Single line diagram Plts Off- Grid Pump storage sistem ..	46

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Utama Penelitian.....	34
--------------------------------------	----