



Institut Teknologi Nasional Malang

TUGAS AKHIR TEKNIK ENERGI LISTRIK

**SISTEM PENYIMPANAN ENERGI BERBASIS PUMP STORAGE DAN
PIKOHIDRO YANG DIDUKUNG PLTS**

Teguh Permana Putra
NIM 2312904

Dosen pembimbing
Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.
Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Februari 2025



Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – TEKNIK ENERGI LISTRIK

**SISTEM PENYIMPANAN ENERGI BERBASIS PUMP STORAGE
DAN PIKOHIDRO YANG DI DUKUNG PLTS**

Teguh Permana Putra
NIM 2312904

Dosen pembimbing
Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.
Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Februari 2025

SISTEM PENYIMPANAN ENERGI BERBASIS PUMP STORAGE DAN PIKOHIDRO YANG DI DUKUNG PLTS

SKRIPSI

**Teguh Permana Putra
2312904**

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 Mulianto, MT.
NIP. Y. 1028700171

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Irine Budi Sulistiawati, ST., MT.
NIP. 19770615 200501 2 002

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1



Dr. Haniyul Suryani Faradis, ST., MT.
NIP. P. 1030000365

MALANG
Februari 2025

ABSTRAK

SISTEM PENYIMPANAN ENERGI BERBASIS *PUMP STORAGE* DAN PIKOHIDRO YANG DI DUKUNG PLTS

Teguh Permana Putra, NIM: 2312904

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

Dosen Pembimbing II: Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT.

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat mendorong pengembangan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan, salah satunya melalui kombinasi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan pembangkit listrik tenaga pikohidro. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, menguji, dan menganalisis sistem pembangkit listrik pikohidro berbasis *pump storage* yang didukung PLTS off-grid tanpa baterai. Metode penelitian dilakukan melalui perancangan sistem tandon atas dan bawah, instalasi pompa yang digerakkan oleh PLTS, serta turbin sederhana yang dikopel dengan generator DC. Pengujian dilakukan pada skala laboratorium dengan variasi debit aliran dan putaran turbin untuk memperoleh daya, torsi, energi, serta efisiensi sistem. Hasil penelitian menunjukkan daya maksimum turbin sebesar 285,6 Watt pada 182 RPM, torsi maksimum 24 Nm pada 74 RPM, dan energi keluaran sebesar 23,9 Wh dalam waktu ± 6 menit. Efisiensi turbin diperoleh sebesar 25,99%, efisiensi panel surya 14,98%, dan efisiensi gabungan sistem mencapai 62,74%. Kesimpulan dari penelitian ini adalah sistem pikohidro berbasis *pump storage* yang dikombinasikan dengan PLTS tanpa baterai berhasil direalisasikan dan mampu menghasilkan energi listrik secara berkelanjutan. Sistem ini berpotensi diterapkan sebagai solusi penyimpanan energi terbarukan yang ramah lingkungan dan sesuai untuk daerah terpencil.

Kata kunci: Pikohidro, Pump Storage, PLTS, Energi Terbarukan, Efisiensi.

ABSTRACT

SISTEM PENYIMPANAN ENERGI BERBASIS PUMP STORAGE DAN PIKOHIDRO YANG DI DUKUNG PLTS

Teguh Permana Putra, NIM: 2312904

Supervisor I: Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.

Supervisor II: Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT.

The increasing demand for electricity drives the development of renewable energy sources that are environmentally friendly, one of which is the combination of solar power plants (PV) and pico-hydro power generation. This study aims to design, test, and analyze a pico-hydro power generation system based on pump storage supported by an off-grid PV system without batteries. The research method involved designing an upper and lower reservoir system, installing a pump powered by the PV system, and utilizing a simple turbine coupled with a DC generator. The experiments were conducted on a laboratory scale with variations in water flow rate and turbine rotation to measure power, torque, energy output, and system efficiency. The results show that the turbine produced a maximum power of 285.6 W at 182 RPM, a maximum torque of 24 Nm at 74 RPM, and an energy output of 23.9 Wh within approximately six minutes. The turbine efficiency was found to be 25.99%, the PV efficiency 14.98%, and the overall system efficiency reached 62.74%. In conclusion, the pico-hydro pump storage system combined with an off-grid PV system was successfully implemented and is capable of generating sustainable electrical energy. This system has the potential to be applied as an environmentally friendly renewable energy storage solution suitable for remote areas.

Keywords: Pico-hydro, Pump Storage, PV System, Renewable Energy, Efficiency.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya sehingga laporan akhir ini dapat selesai dengan tepat waktu. Penyusunan skripsi yang berjudul **“SISTEM PENYIMPANAN ENERGI BERBASIS PUMP STORAGE DAN PIKOHIDRO YANG DI DUKUNG PLTS”** dibuat untuk memenuhi persyaratan kelulusan program Sarjana S1 Institut Teknologi Nasional Malang pada program studi teknik energi listrik serta menerapkan teori dan praktik yang telah didapatkan selama perkuliahan di Institut Teknologi Nasional Malang pada 2023. Penulis mengucapkan terimakasih atas bimbingan dan dukungan dari semua pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan banyak terimakasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan doa dan dukungan untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT. selaku pembimbing 1 yang selalu membimbing dengan penuh kesabaran.
3. Ibu Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT. selaku pembimbing 2 yang selalu membimbing dengan penuh kesabaran.
4. Bapak dan Ibu Dosen Elektro ITN Malang yang telah memberikan ilmu selama menempuh perkuliahan.
5. Ibu Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Elektro ITN Malang.

Dan Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini bisa menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya dan bermanfaat bagi semua pembaca, khususnya penulis sendiri. Aamiin.

Malang, Desember 2024

(Teguh Permana Putra)

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Air	5
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro.....	6
2.3 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro	8
2.3.1 Turbin Air	8
2.3.2 Klasifikasi Turbin Air.....	12
2.3.3 Pompa Air	16
2.3.4 Generator DC	17
2.3.5 Pipa.....	18
2.3.6 Pulley.....	18
2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Surya	19
2.5 Konverter DC-DC.....	21
2.6 <i>Pump Storage</i>	25
2.7 Tandon Air.....	26
BAB III METODE PENELITIAN.....	29
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	29
3.1.1 Tempat Penelitian	29
3.1.2 Waktu Penelitian.....	29
3.2 Alat dan Bahan	29
3.3 Perancangan Penelitian.....	34
3.4 Spesifikasi Sistem.....	35
3.5 Tahapan Pembuatan Alat.....	35
3.6 Blok Diagram Alat.....	38
BAB IV HASIL DAN ANALISIS	41
4.1 Hasil Percobaan Pengambilan Data.....	41
4.2 Pengolahan Data	42

4.3 Data PLTS	47
4.3.1 Daya PLTS.....	50
4.3.2 Efisiensi Panel Surya	53
4.3.3 Perhitungan <i>Duty Cycle</i> (D) PadaBuck Converter	53
4.4 Efisiensi Kedua Pembangkit.....	54
BAB V KESIMPULAN.....	55
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Air.....	6
Gambar 2. 2 Kincir Air Dengan Aliran Sungai	9
Gambar 2.3 Turbin Air	12
Gambar 2. 4 Turbin air overshot.....	13
Gambar 2. 5 Turbin Air Undershot.....	14
Gambar 2. 6 Turbin Air Breatshot	15
Gambar 2. 7 Turbin Air Tube	16
Gambar 2.9 Pompa Air	17
Gambar 2.10 Generator DC	17
Gambar 2.11 Pipa.....	18
Gambar 2.12 Pulley	19
Gambar 2.13 Panel Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	21
Gambar 2.14 Rangkaian Konverter Boost	22
Gambar 2.15 (a) Rangkaian Buck Konverter Saklar Tertutup, (b) Rangkaian Buck Konverter Saklar Terbuka	23
Gambar 2.16 Topologi Dasar Konverter DC-DC Buck-Boost.....	24
Gambar 2.17 Siklus kerja Konverter DC-DC Buck-Boost (a) sakelar ON, (b) sakelar OFF	24
Gambar 2.18 Pump Storage	25
Gambar 2.19 (a) Tandon Air silinder, (b) Tandon Air Persegi.....	27
Gambar 3.1 Panel Surya	29
Gambar 3.2 Buck Konverter	30
Gambar 3.3 Pompa Air	31
Gambar 3.4 Flow Meter	32
Gambar 3.5 Timbangan	32
Gambar 3.6 Span Skrup	33
Gambar 3.7 Pulley	33
Gambar 3.8 Tali	34
Gambar 3.9 Tachometer.....	34
Gambar 3.10 Spesifikasi Sistem	35
Gambar 3. 11 Flowchart Penelitian	36
Gambar 3.12 Blok Diagram Keseluruhan Sistem.....	38
Gambar 4.1 Pengambilan Data	41
Gambar 4.2 Grafik Karakteristik Turbin.....	45
Gambar 4.3 Grafik Torsi Pada Turbin	45

Gambar 4.4	Grafik Tegangan Arus dan Debit Air.....	49
Gambar 4.5	Grafik Volume Penyimpanan Atas	50
Gambar 4.6	Daya PLTS.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Panel Surya.....	29
Tabel 3.2 Spesifikasi Buck Konverter	30
Tabel 3.3 Spesifikasi Pompa Air	31
Tabel 3.4 Spesifikasi Timbangan.....	32
Tabel 4.1 Data Hasil Percobaan.....	41
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Nilai ω	42
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Nilai T	43
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Nilai P	43
Tabel 4.5 Data Hasil Perhitungan	44
Tabel 4.6 Data Tegangan Arus Debit Aliran Dan Volume Penyimpanan	47
Tabel 4.7 Data Daya Yang Dihasilkan Oleh PLTS	51

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Teguh Permana Putra
NIM : 2312904
Jurusan / Peminatan : Teknik Elektro S-1 / Energi Listrik
ID KTP / Paspor : 5271041308000001
Alamat : Jl. Barito IV/27 Perumnas Lingkungan Barito, Kelurahan
Tanjung Karang Permai, Kecamatan Sekarbela, Nusa
Tenggara Barat
Judul Skripsi : Sistem Penyimpanan Energi Berbasis Pump Storage dan
Pikohidro yang Di Dukung PLTS

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya buat merupakan hasil karya sendiri bukan hasil plagiarisme dari orang lain. Dalam skripsi ini tidak memuat karya orang lain kecuali dicantumkan sumber yang digunakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Apabila ternyata di dalam skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiarisme, maka saya bersedia skripsi ini di gugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S-1) di batalkan, serta di proses sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Malang, 2025

Yang membuat pernyataan



Teguh Permana Putra
2312904