

SKRIPSI

**ANALISIS *PROTOTYPE* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKROHIDRO JENIS TURBIN PELTON DENGAN VARIASI BUKAAN
KATUP DAN JARAK PADA *NOZZLE***



**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Universitas Sriwijaya

Oleh :

YUDHA WANA WIDI

03041181823012

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2022

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS *PROTOTYPE* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKROHIDRO JENIS TURBIN PELTON DENGAN VARIASI BUKAAN
KATUP DAN JARAK PADA *NOZZLE*



SKRIPSI

Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh:

YUDHA WANA WIDI

03041181823012

Indralaya, 18-07-2022

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Hermawati, S.T., M.T

NIP. 197708102001122001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph. D.

NIP. 197108141999031005

HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kuantitas skripsi ini mencukupi sebagai mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan :  _____

Pembimbing Utama : Hermawati, S.T, M.T.

Tanggal : 15___/_07_/ 2022

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Yudha Wana Widi
NIM : 03041181823012
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin*: 19%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya yang berjudul Analisis *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Jenis Turbin Pelton Dengan Variasi Bukaannya Katup Dan Jarak Pada *Nozzle* merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Indralaya, 11-02-2022



Yudha Wana Widi

NIM. 03041181823012

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yudha Wana Widi
NIM : 03041181823012
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Analisis *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Jenis Turbin Pelton Dengan Variasi Bukaannya Katup Dan Jarak Pada *Nozzle*” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Indralaya
Pada tanggal: 15 Juli 2022



Yudha Wana Widi

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dalam rangka Tugas Akhir (Skripsi) yang dibuat untuk memenuhi syarat Seminar dan Sidang Sarjana pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul “Analisis *prototype* pembangkit listrik tenaga mikrohidro jenis turbin pelton dengan variasi bukaan katup dan jarak pada *nozzle*”

Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala macam bimbingan dan bantuan yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini kepada :

1. Allah Swt yang senantiasa memberikan nikmat kesehatan kepada penulis dalam keadaan masa pandemi saat ini, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir dengan baik.
2. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Hermawati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing, mendidik, memotivasi, serta selalu memotivasi saya hingga skripsi ini selesai.
5. Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S.. selaku pembimbing akademik.
6. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
7. Kedua Orang Tua dan adik perempuan saya yang selalu memberikan dukungan kepada penulis baik itu moral maupun materi serta doa yang tulus untuk penulis dalam menyusun Tugas Akhir.
8. Teman-teman grup Males kuliah dan angkatan 2018 yang menjadi motivasi dan penyemangat penulis untuk bisa menyelesaikan Tugas Akhir.
9. Kak Deden Palutra S.T. Saudara Dekno, anto ansori, ijun, muhyi dan fadio yang telah membantu dan memotivasi penulis untuk bisa menyelesaikan Tugas Akhir.

Penulis sangat sadar jika skripsi ini belum sempurna. Maka dari itu, penulis mengharapkan masukan sehingga skripsi ini menjadi sempurna. Semoga penulisan Skripsi ini memiliki manfaat bagi pembaca dan semua pihak yang berkepentingan.

Indralaya, 15 Juli 2022

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Yudha Wana Widi', with a stylized flourish at the end.

YUDHA WANA WIDI

NIM. 03041181823012

ABSTRAK
ANALISIS *PROTOTYPE* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKROHIDRO JENIS TURBIN PELTON DENGAN VARIASI BUKAAN
KATUP DAN JARAK PADA *NOZZLE*

(Yudha Wana Widi, 03041181823012, 2022, 30 halaman)

Keperluan energi kian meningkat dari waktu ke waktu. Masyarakat sangat memerlukan listrik baik untuk keperluan pribadi, kegiatan rumah tangga, pendidikan, kegiatan perkantoran serta perusahaan-perusahaan. Pembangkit listrik tenaga air merupakan salah satu pembangkit listrik yang sudah banyak dikembangkan di wilayah Indonesia. Pembangkit listrik tenaga mikro hidro atau yang disingkat PLTMH merupakan salah satu pilihan yang tepat untuk dikembangkan di kondisi alam Indonesia. Pembangunan PLTMH tidak memberikan dampak buruk pada lingkungan atau mengurangi air untuk keperluan irigasi pertanian. Yang terpenting PLTMH tidak memerlukan bahan bakar untuk mengoperasikannya. Masukan energi utama berupa potensi aliran massa air tidak berkurang, tetapi energi hanya digunakan dalam bentuk energi potensial air. Kecepatan air yang digunakan untuk menggerakkan turbin pelton menggunakan pompa air jet dengan tekanan kerja 70 bar dan debit air sebesar 0,00091 m³/s. Lalu, air menghantam *prototype* turbin pelton dengan posisi horizontal. Jarak antara *nozzle* dan turbin sebesar 23 cm, 24 cm dan 25 cm. Nilai arus, tegangan, dan daya terbaik pada variasi jarak *nozzle* 23 cm dengan bukaan katup 90° menghasilkan daya sebesar 2,97 watt, dikarenakan pada jarak *nozzle* dan bukaan katup ini merupakan yang paling optimal untuk memancarkan air sehingga bisa memutar poros turbin dengan maksimal.

Kata Kunci : PLTMH, Turbin Pelton, *Nozzle*, Energi Terbarukan.

ABSTRACT
ANALYSIS OF PROTOTYPE OF MICROHYDRO POWER PLANT TYPE OF
PELTON TURBINE WITH VALVE OPENING VARIATIONS AND
DISTANCE ON NOZZLE

(Yudha Wana Widi, 03041181823012, 2022, 30 halaman)

Energy needs are increasing from time to time. People really need electricity for personal use, household activities, education, office activities and companies. Hydroelectric power plant is one of the most widely developed power plants in Indonesia. Micro hydro power plant or abbreviated as PLTMH is one of the right choices to be developed in Indonesia's natural conditions. The construction of MHP does not have a negative impact on the environment or reduce water for agricultural irrigation purposes. Most importantly, MHP does not require fuel to operate. The main energy input in the form of water mass flow potential is not reduced, but the energy is only used in the form of water potential energy. The speed of water used to drive the Pelton turbine uses a jet water pump with a working pressure of 70 bar and a water discharge of 0.00091 m³/s. Then, the water hit the Pelton turbine prototype in a horizontal position. The distance between the nozzle and the turbine is 23 cm, 24 cm and 25 cm. The best value of current, voltage, and power at 23 cm nozzle distance variation with 90°, because the distance between the nozzle and the valve opening is the most optimal for emitting water so that it can rotate the turbine shaft to the maximum.

Keywords: *PLTMH, Pelton Turbine, Nozzle, Renewable energy.*

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| KATA PENGANTAR | vi |
| ABSTRAK | ix |
| <i>ABSTRACT</i> | x |
| DAFTAR ISI..... | xii |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR TABEL..... | xiv |
| DAFTAR RUMUS | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.5 Sistematis Penulisan | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga MikoHidro (PLTMH) | 5 |
| 2.2 Prinsip Kerja PLTMH | 6 |
| 2.3. Definisi Turbin Air..... | 6 |
| 2.3.1 Jenis-jenis Turbin Air..... | 7 |
| 2.4 Turbin Pelton..... | 8 |
| 2.4.1 Cara Kerja Turbin Pelton..... | 9 |
| 2.4.2 Bagian Utama Tubin Pelton | 10 |
| 2.5 Rumus-rumus yang digunakan..... | 14 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 17 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 3.1 | Lokasi dan Waktu Penelitian..... | 17 |
| 3.2 | Metode Penelitian yang digunakan | 17 |
| 3.3 | Peralatan dan Bahan | 18 |
| 3.4 | Rencana Desain Turbin Pelton | 19 |
| 3.5 | Diagram Alir Penelitian..... | 21 |
| 3.6 | Tahapan Penelitian..... | 22 |
| 3.7 | Rangkaian Pengukuran..... | 22 |
| 3.8 | Tabel Pengambilan Data..... | 23 |
| BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN..... | | 24 |
| 4.1 | Umum..... | 24 |
| 4.2 | Pengujian Tanpa Menggunakan Beban..... | 24 |
| 4.3 | Pengujian Dengan Beban Lampu..... | 25 |
| 4.4 | Perhingan dan Pengolahan Data..... | 26 |
| | 4.4.1 Perhitungan Daya Listrik yang Dihasilkan..... | 26 |
| 4.5 | Analisa dan Pembahasan..... | 26 |
| | 4.5.1 Hubungan Jarak <i>Nozzle</i> dan bukaan katub terhadap daya output..... | 27 |
| | 4.5.2 Hubungan Jarak <i>Nozzle</i> dan bukaan katub terhadap arus..... | 28 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | | 30 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 30 |
| 5.2 | Saran..... | 30 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 31 |
| LAMPIRAN | | |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| 2.1 Turbin <i>francis</i> , <i>Bulb</i> , <i>Tyson</i> dan Kincir Air | 7 |
| 2.2 Turbin Pelton, Turgo dan <i>Crossflow</i> | 8 |
| 2.3 Turbin Pelton..... | 9 |
| 2.4 <i>Runner</i> | 10 |
| 2.5 Bucket | 11 |
| 2.6 <i>Nozzle</i> | 12 |
| 2.7 Rumah Turbin | 12 |
| 2.8 <i>Pulley</i> | 12 |
| 2.9 Generator..... | 13 |
| 2.10 Bagan Kecepatan Turbin Pelton..... | 15 |
| 3.1 Turbin Pelton..... | 19 |
| 3.2 Bucket (<i>Sudu</i>)..... | 19 |
| 3.3 <i>Nozzle</i> | 19 |
| 3.4 Mesin Pompa Air..... | 19 |
| 3.5 Generator AC..... | 19 |
| 3.6 Desain Turbin PLTMH..... | 20 |
| 3.8 Rangkaian Pengukuran Tanpa Beban..... | 22 |
| 3.9 Rangkaian Pengukuran Tegangan Menggunakan Beban..... | 23 |
| 3.10 Rangkaian Pengukuran Arus Tanpa Beban..... | 23 |
| 4.1 <i>Prototype</i> Turbin PLTMH..... | 24 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| 3.1 Tabel Jadwal Penelitian..... | 17 |
| 3.2 Alat dan Bahan..... | 12 |
| 3.3 Tabel Pengambilan Data | 23 |
| 4.1 Pengujian Tanpa Beban..... | 25 |
| 4.2 Pengujian dengan lampu LED 3 Watt..... | 25 |

DAFTAR RUMUS

| | |
|-----------------------|----|
| 2.1 Daya Aktif..... | 14 |
| 2.2 Daya Reaktif..... | 14 |
| 2.3 Daya Semu..... | 15 |

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lampiran Data *Prototype* Turbin Pelton Menggunakan Beban LED 3 Watt dan Tanpa Beban.

Lampiran 1.1 Data Pengambilan *Prototype* Turbin Pelton Menggunakan Beban LED 3 Watt.

Lampiran 1.2 Data Pengambilan *Prototype* Turbin Pelton Tanpa Beban.

Lampiran 2. Gambar Rangkaian *Prototype* Turbin Pelton Menggunakan Beban LED 3 Watt dan Tanpa Beban.

Lampiran 2. 1 Gambar Rangkaian Bagian Atas.

Lampiran 2. 2 Gambar Rangkaian Bagian Belakang.

Lampiran 2. 3 Gambar Bukaannya Katup 90° .

Lampiran 2. 4 Gambar Bukaannya Katup 120° .

Lampiran 2. 5 Gambar Bukaannya Katup 150° .

Lampiran 3. Gambar multimeter Arus dan Tegangan Keluaran *Prototype* Turbin Pelton Menggunakan Beban LED 3 Watt

Lampiran 3.1 Gambar multimeter Arus

Lampiran 3.2 Gambar Multimeter Tegangan

Lampiran 4. Perhitungan Daya Keluaran *Prototype* Turbin Pelton Menggunakan Beban LED 3 Watt dan Tanpa Beban.

Lampiran 4. 1 Perhitungan Daya Keluaran *Prototype* Turbin Pelton Menggunakan Beban LED 3 Watt.

Lampiran 4. 2 Perhitungan Daya Keluaran *Prototype* Turbin Pelton Tanpa Beban.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keperluan energi kian meningkat dari waktu ke waktu. Masyarakat sangat memerlukan listrik baik untuk keperluan pribadi, kegiatan rumah tangga, pendidikan, kegiatan perkantoran serta perusahaan-perusahaan. Karena baik itu perangkat pintar, infrastruktur, serta alat transportasi telah menggunakan energi listrik untuk mengoperasikannya.

Energi listrik yang berasal dari energi yang tak terbarukan seperti minyak bumi, gas alam, batu bara sudah hampir habis dikarenakan membutuhkan proses pembentukan sangat lama. Energi listrik yang berasal dari energi yang terbarukan seperti panas matahari, panas bumi, angin dan air merupakan sumber yang dapat menghasilkan energi tanpa menghabiskan sumber daya alam dan dapat dipulihkan secara terus menerus[1]. Kementerian ESDM sendiri telah menerbitkan Permen ESDM Nomor 13 Tahun 2020 tentang Grand Strategi Energi Nasional (GSEN) dengan salah satu programnya untuk penyediaan Infrastruktur Pengisian Listrik untuk KBLBB sebagai upaya mendorong ekosistem (Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai) KBLBB. Indonesia menggunakan sekitar 1,2 juta barel minyak per hari (BOPD), dimana sebagian besar kebutuhan BBM-nya diimpor. Dengan meningkatnya penggunaan kendaraan listrik dan pengurangan penggunaan kendaraan berbahan bakar minyak di Indonesia, diharapkan potensi penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 6,03 juta kL dapat tercapai pada tahun 2030. Oleh karena itu, perlu pemanfaatan sumber energi lokal, khususnya sumber energi terbarukan dan gas, untuk meningkatkan kualitas udara dan mendukung pencapaian target nasional pengurangan gas rumah kaca [2]. Oleh karena itu, sangat diperlukan energi terbarukan sebagai pencegah menipisnya sumber energi,

Pembangkit listrik tenaga air merupakan salah satu pembangkit listrik yang sudah banyak dikembangkan di wilayah Indonesia.

Secara umum telah dikembangkan beberapa teknologi yang memungkinkan potensi air untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Namun karena kondisi sumber air yang ada saat ini sangat beragam, maka perlu dikembangkan peralatan yang sesuai dengan kondisi. Pembangkit listrik tenaga mikrohidro atau yang disingkat PLTMH merupakan salah satu pilihan yang tepat untuk dikembangkan di kondisi alam Indonesia. Pembangunan PLTMH tidak memberikan dampak buruk pada lingkungan atau mengurangi air untuk keperluan irigasi pertanian. Yang terpenting PLTMH tidak memerlukan bahan bakar untuk mengoperasikannya. Masukan energi utama berupa potensi aliran massa air tidak berkurang, tetapi energi hanya digunakan dalam bentuk energi potensial air. Fitur utama dari PLTMH, yaitu turbin air. Mikrohidro adalah kata majemuk dari mikro yang berarti kecil dan hidro yang berarti air. Pembangkit listrik tenaga air (PLTMH) perlu mengaktifkan perbedaan ketinggian air terjun, dan poros turbin sungai, bendungan dan irigasi poros turbin akan berputar cepat ketika ada tekanan aliran air di pipa dan akan menghasilkan energi potensial. Pada turbin, energi potensial diubah menjadi energi mekanik berupa putaran generator, menghasilkan energi listrik yang nantinya dapat digunakan untuk penerangan dan lainnya [3].

Pada penelitian tugas akhir ini dilakukan perbandingan terhadap bukaan katup serta jarak *nozzle*. Maka, judul tugas akhir yang diangkat penulis berdasarkan penjelasan pada latar belakang diatas yaitu “ANALISIS *PROTOTYPE* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO JENIS TURBIN PELTON DENGAN VARIASI BUKAAN KATUP DAN JARAK PADA *NOZZLE*”

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas untuk mendapatkan energi listrik yang murah dan ramah lingkungan dilakukan pemanfaatan tenaga air. Pembangkit listrik tenaga mikrohidro adalah pembangkit listrik yang dapat menghasilkan daya 5 kW sampai 100 kW.

Salah satu penelitian sebelumnya dilakukan Yani Kurniawan dengan variasi lima *nozzle* dengan jarak *nozzle* 24 cm, 23 cm, 22 cm, 21 cm dan 20 cm dan pada posisi jarak 23 cm merupakan hasil maksimum mampu menghasilkan daya 125

watt. Pada penelitian ini penulis akan memvariasikan jumlah *nozzle* serta bukaan katup. Dimana penulis akan menganalisa daya keluaranya [4].

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan skripsi ini yaitu:

1. Membuat *Prototype* turbin pelton dengan variasi jarak *nozzle* 23 cm, 24 cm, 25 cm dan variasi bukaan katup 90°, 120°, dan 150°.
2. Mengukur arus, tegangan dan menghitung daya dari variasi jarak *nozzle* 23 cm, 24 cm, 25 cm dan variasi bukaan katup 90°, 120°, dan 150°.
3. Menganalisa pengaruh jarak *nozzle* dan bukaan katup terhadap daya keluaran.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari pokok pembahasan, maka dibuat batasan masalah sebagai acuan dalam menyelesaikan penelitian ini. Adapun batasan masalah pada penelitian ini antara lain:

1. Penelitian dilakukan dengan menggunakan air yang digunakan sebagai sumber PLTMH.
2. Jenis turbin yang di gunakan hanya turbin pelton
3. Penulis hanya mencari daya keluaran yang di hasilkan oleh turbin pelton
4. Jarak *nozzle* yang digunakan 23 cm, 24 cm, dan 25 cm.
5. Bukaan katup 90°, 120°, dan 150°.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan membahas teori dasar dari skripsi dan data yang akan mendukung dalam melakukan penelitian berdasarkan literatur yang ada.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan menjelaskan tentang metode yang akan digunakan oleh penulis untuk proses pengujian, waktu pelaksanaan, tempat pelaksanaan, serta tahapan pengerjaan dari pada tugas akhir ini.

BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan akan hasil yang sudah didapatkan pada saat pengujian berlangsung serta pengolahan data yang didapat dan analisisnya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dari hasil percobaan yang dilakukan serta saran untuk penelitian berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. G. N. Saputra, L. Jasa, and I. W. A. Wijaya, "Pengaruh Jumlah Sudu Pada Prototype Pltmh," *J. SPEKTRUM*, vol. 7, no. 4, pp. 161–172, 2020. [2] E. P. T. Kerja, "Pengertian energi," *Angew. Chemie Int. Ed. 6(11)*, 951–952., vol. 13, no. April, pp. 15–38, 1967.
- [3] J. Desember, S. Sukamta, and A. Kusmanto, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur," *J. Tek. Elektro Unnes*, vol. 5, no. 2, pp. 58–63, 2013, doi: 10.15294/jte.v5i2.3555.
- [4] N. Rochmat, "Pengaruh Variasi Jarak Nozle Pada Model Sudu Turbin Pelton Berbahan Acrylic Terhadap Daya Turbin," *J. Tek. Mesin*, 2019.
- [5] R. Birdayansyah, N. Soedjarwanto, and O. Zebua, "Pengendalian Kecepatan Motor DC Menggunakan Perintah Suara Berbasis Mikrokontroler Arduino," *Rekayasa dan Teknol. Elektro Pengendali.*, vol. 9, no. 2, pp. 96–107, 2015.
- [6] A. A. G. Putra, "Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan Turbin Pelton," *Wacana No. 8 / Mei - Juni 2017*, vol. 7, no. 8, pp. 11–12, 1997.
- [7] B. T. Akhir, "Tugas Akhir Teknik Informatika," pp. 23–34.
- [8] S. I. Astuti, S. P. Arso, and P. A. Wigati, "pengertian turbin pelton," *Anal. Standar Pelayanan Minimal Pada Instal. Rawat Jalan di RSUD Kota Semarang*, vol. 3, pp. 103–111, 2015.
- [9] T. Sarjana *et al.*, "Pengaruh jumlah nozzel terhadap kinerja prototype turbin pelton," 2018.
- [10] H. Asy'ari, Jatmiko, and Angga, "Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Sel Surya," *Simp. Nas. RAPI XI FT UMS*, pp. 52–57, 2012.
- [11] S. Nawir and M. I. Saputra, "Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Makassar," *Digilibadmin.Unismuh.Ac.Id*, 2020.
- [12] B. Yuwono, "Optimalisasi Panel Sel Surya dengan Menggunakan Sistem

- Pelacak Berbasis Mikrokontroler AT89C51,” Universitas Sebelas Maret, 2005. doi: 10.2320/materia.44.24.
- [13] S. Ilyas and I. Kasim, “Peningkatan Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Reflektor Parabola,” *Jetri*, vol. 14, no. 2, pp. 67–80, 2017.
- [14] L. Susanto, T. Priangkoso, and D. Darmanto, “Perancangan Turbin Pelton Skala Piko Hidro Kapasitas 1 Kw,” *J. Ilm. Momentum*, vol. 15, no. 2, pp. 121–126, 2019, doi: 10.36499/jim.v15i2.3076.
- [15] A. Husen, “Uji Eksperimental Bentuk Sudu-Sudu Pada Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Air Turbin Pelton,” *Presisi*, vol. 23, no. 2, pp. 32–42, 2021