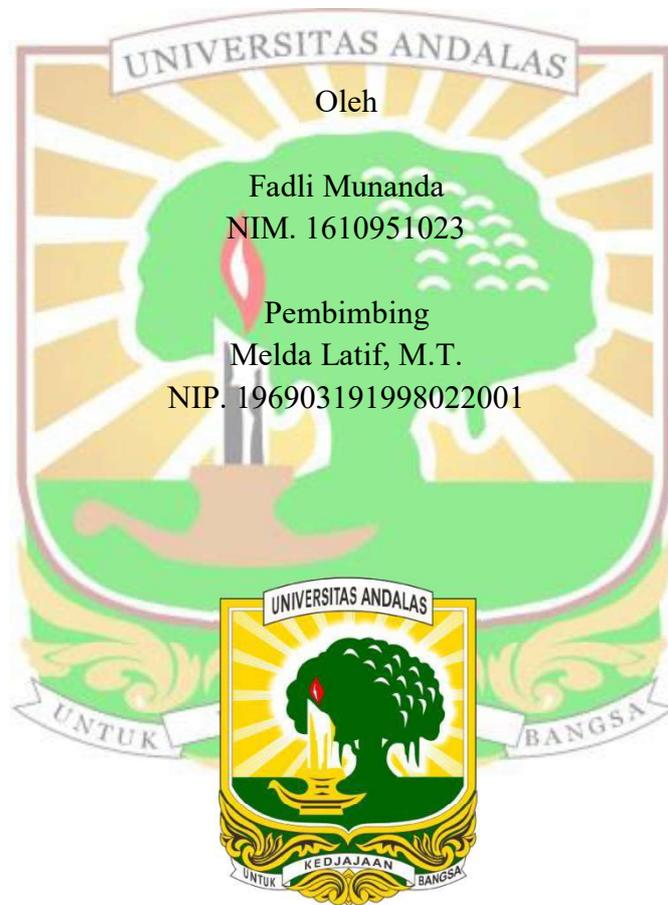


**PERANCANGAN PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK PICO HIDRO  
TIPE TURBIN PROPELLER PADA ALIRAN AIR DENGAN  
KETINGGIAN JATUH RENDAH**

**TUGAS AKHIR**

Karya Ilmiah sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang strata satu  
(S-1) di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas



**Program Studi Sarjana  
Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Andalas  
2023**

# LEMBAR PENGESAHAN

## TUGAS AKHIR

PERANCANGAN PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK PICO HIDRO TIPE  
TURBIN PROPELLER PADA ALIRAN AIR DENGAN TINGGI JATUH  
RENDAH

Oleh:

Fadli Munanda  
1610951023

Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Andalas

Disetujui pada Tanggal : 31 Juli 2023

Pembimbing,



Melda Latif, M.T  
NIP. 196903191998022001

Mengetahui:

~~Ketua~~ Departemen Teknik Elektro,



  
Dr. Eng. Muhammad Ilhamdi Rusydi  
NIP. 198205222005011002

## HALAMAN PENGHARGAAN

Setelah perjalanan yang panjang atas berkat dan nikmat dari Allah Yang Maha Kuasa saya merasa sangat bersyukur kerana telah berhasil menyelesaikan tugas akhir ini. Tentu saja terdapat banyak pihak yang terlibat dalam pengerjaan tugas akhir yang saya buat ini, yang sangat membantu saya dalam proses pengerjaan. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. **Almarhum dan Almarhumah Kedua Orang Tua** saya yang telah melahirkan, membesarkan dan mendidik saya menjadi orang yang mandiri seperti saat ini. Meski sekarang mereka sudah tiada tapi saya selalu mengingat dan merasakan kasih sayang dan nasehat yang selalu mereka berikan dahulu. Saya berharap agar mereka senang dan ikut bangga dengan apa yang telah saya capai meski sudah tidak bisa bertemu.
2. **Ketiga Saudara dan Saudari** saya yang membuat saya masi semangat mejalani hidup setelah kepergian kedua orang tua kami. Meskipun tidak mudah tapi saling mendukung satu sama lain merupakan hal yang sangat membantu saya untuk tetap semangat dan tidak menyerah dengan kuliah saya.
3. **Ibu Melda Latif, M.T** selaku dosen pembimbing saya yang selalu sabar dan tidak pernah marah dalam membimbing saya meskipun saya sering lalai dalam pengerjaan tugas akhir ini. Disamping itu ibu Melda Latif juga selalu memberi semangat dan membantu saya dalam setiap pengerjaan yang saya lakukan.
4. **Ibu Dr. Adrianti dan Bapak Pinto Anugrah, M.Eng** selaku dosen penguji yang selalu memberi masukan yang membangun. Selain itu Ibu Dr. Adrianti dan Bapak Pinto Anugrah selalu bisa berkoordinasi dan bekerjasama dengan baik untuk dapat menyelesaikan seminar yang saya lakukan.
5. **Bapak Heru Dibyo Laksono, M.T** yang telah mendukung saya dalam berbagai masalah diperkuliahan saya. Meskipun perkuliahan saya tidak berjalan terlalu baik tapi bapak Heru selalu memiliki solusi untuk membatu saya.
6. Dan yang terakhir saya ucapkan terimakasih kepada sahabat-sahabat yang selalu mendukung saya dan mampu membuat saya tertawa dibalik beratnya hidup yang saya jalani. Terutama untuk **Sri Wahyuni, S.P** dan **Wisnu Joko Wulung, S.T** yang selalu ada disaat senang maupun susah.

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fadli Munanda  
NIM : 161091023  
Program Studi : S1 Teknik Elektro  
Perguruan Tinggi : Universitas Andalas

Menyatakan bahwa tugas akhir yang berjudul “Perancangan Prototipe Pembangkit Listrik Pico Hidro Dengan Turbin Propeller Pada Aliran Air Dengan Tinggi Jatuh Rendah” merupakan hasil karya sendiri dan bukan plagiarisme. Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan apabila pada kemudia hari terdapat penyimpangan dalam pernyataan ini saya bersedia menerima sanksi dari Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Padang, 28 Juli 2023



Fadli Munanda  
NIM. 161091023

## RIWAYAT HIDUP



**Fadli Munanda**, lahir di Kota Bukittinggi pada tanggal 4 Desember 1997, merupakan anak kedua dari empat orang bersaudara. Yang terlahir pada pasangan Bapak Musyawir dan Ibu Winda Sandrianti. Penulis pernah menempuh pendidikan di SDN 07 Enam Lingkung (2004-2010), SMPN 1 Enam Lingkung (2010-2013), SMAN 1 Lubuk Alung (2013-2016) dan berakhir menempuh pendidikan Strata Satu (S1) di Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Andalas (2016-2023). Semasa kuliah penulis pernah mengikuti organisasi yaitu UKS UNAND (2016-2017). Selain itu penulis juga pernah berperan aktif mejadi tim multimedia dalam perlombaan HK-Expert Talk oleh PT. Hutama Karya (Persero) ditahun 2021. Penulis juga pernah menjadi pemateri pada kegiatan pelatihan *video editing* yang diselenggarakan unit kegiatan PIKA UNAND di tahun 2020. Untuk pengalaman magang penulis pernah mengikuti kerja praktek di PT. PLN (Persero) PLTA Singkarak pada Tahun 2020. Diluar kampus penulis juga pernah melakukan penerapan tentang penggunaan panel surya.



Judul	Perancangan Prototipe Pembangkit Listrik Pico Hidro Tipe Turbin Propeller Pada Aliran Air Dengan Ketinggian Jatuh Rendah	Fadli Munanda
Program Studi	Teknik Elektro	1610951023

Fakultas Teknik Universitas Andalas

#### Abstrak

Kebutuhan akan energi listrik yang terus meningkat seiring berjalannya waktu membuat manusia harus mampu memanfaatkan semua sumber daya yang ada. Selain itu kondisi bumi yang terus memburuk merupakan alasan lain mengapa kita perlu memulai pemanfaatan dan pengembangan energi terbarukan yang lebih ramah terhadap lingkungan. Oleh karena itu pada penelitian ini didesain sebuah prototipe pembangkit listrik pico hidro yang dapat berkerja pada aliran air dengan tinggi jatuh (head) yang rendah. Menurut hasil perhitungan pembangkit pico hidro yang telah didesain dapat menghasilkan daya listrik sebesar 18,24 watt pada debit air sekitar 0,0024 m<sup>3</sup>/s. Dan pada saat pengujian secara langsung didapatkan nilai tegangan sebesar 6,7 V pada pengujian tanpa beban. Untuk pengujian dengan beban didapatkan nilai tegangan sebesar 3,8 V dan daya sebesar 8,49 watt pada debit air 0,0024 m<sup>3</sup>/s. Berdasarkan hasil yang didapat diketahui bahwa nilai daya listrik hasil pengujian lebih kecil dari pada nilai daya listrik yang diperoleh melalui perhitungan.

**Kata kunci** : Energi listrik terbarukan, Pembangkit listrik pico hidro, turbin propeller.

<i>Title</i>	<i>Design of a Prototype of a Pico Hydro Power Plant With a Propeller Turbine on Water Flow With a Low Head</i>	<i>Fadli Munanda</i>
<i>Mayor</i>	<i>Electrical Engineering Department</i>	<i>1610951023</i>

*Engineering Faculty Andalas University*

*Abstract*

*The need for electrical energy continues to increase over time, forcing humans to be able to utilize all available resources. In addition, the condition of the earth that continues to deteriorate is another reason why we need to start using and developing renewable energy that is more environmentally friendly. Therefore, in this study a prototype of a pico hydro power plant was designed that can work on water flow with a low head. According to the calculation results of the pico hydro generator that has been designed to produce an electric power of 18.24 watts at a water discharge of around 0.0024 m<sup>3</sup>/s. And when testing directly, the voltage value is 6.7 V in the no-load test. For testing with a load, the voltage value is 3.8 V and the power is 8.49 watts at a water discharge of 0.0024 m<sup>3</sup>/s. Based on the results obtained, it is known that the value of the electric power from the test results is smaller than the value of the electric power obtained through calculations.*

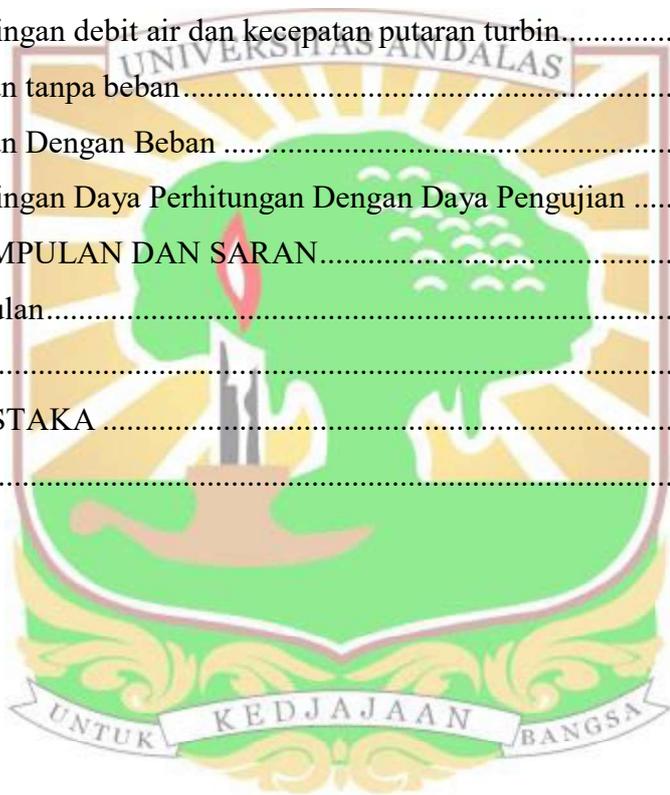
**Keywords :** *renewable electrical energy, pico hydro power plant, propeller turbine*



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PENGHARGAAN .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN .....	iv
RIWAYAT HIDUP .....	v
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR SIMBOL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
DAFTAR ISTILAH .....	xv
DAFTAR SINGKATAN .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	1
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	2
1.5 Batasan Masalah .....	2
1.6 Sistematika Penulisan .....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1 Pengertian Tenaga Air .....	3
2.2 Potensi Energi Mikrohidro Di Indonesia .....	3
2.3 Prinsip Konversi Energi Pembangkit Listrik Tenaga Air .....	4
2.4 Turbin Air .....	5
2.5 Generator .....	9
2.5 DC–DC Converter .....	9
BAB III METODE PENELITIAN .....	11
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	11
3.2 Desain Alat .....	12
3.3 Perancangan Alat .....	12

3.3.1 Turbin.....	12
3.3.2 Saluran Air.....	13
3.3.3 Generator .....	14
3.3.3 DC – DC Converter .....	14
3.4 Alat dan Bahan .....	15
3.5 Tahapan Penyelesaian Penelitian .....	16
3.6 Pengambilan Data.....	16
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>17</b>
4.1 Perhitungan Daya Desain Pembangkit.....	17
4.2 Perbandingan debit air dan kecepatan putaran turbin.....	18
4.3 Pengujian tanpa beban.....	18
4.4 Pengujian Dengan Beban .....	19
4.5 Perbandingan Daya Perhitungan Dengan Daya Pengujian .....	21
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>24</b>
5.1 Kesimpulan.....	24
5.2 Saran.....	24
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>25</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>26</b>



## PRAKATA

Puji dan syukur saya ucapkan pada Allah SWT. Atas Rahmat dan karunia-Nya sehingga tugas akhir yang berjudul **“Perancangan Prototipe Pembangkit Listrik Pico Hidro Dengan Turbin Propeller Pada Aliran Air Dengan Tinggi Jatuh Rendah”** ini dapat diselesaikan dengan baik. Tidak lupa pula Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, yang menjadi suri tauladan yang terbaik bagi setiap perbuatan manusia.

Penyusunan tugas akhir ini bertujuan guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang pendidikan sarjana (S1) di Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas. Kemudian pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan berjasa dalam penyelesaian tugas akhir ini. Untuk itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng Muhammad Ilhamdi Rusydi selaku Ketua Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas.
2. Bapak Heru Dibyo Laksono, M.T. selaku Kepala Prodi S1 Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas.
3. Ibu Melda Latif, M.T. selaku dosen pembimbing yang selalu memotivasi dan memberikan ilmu serta semangat dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.
4. Ibu Dr. Adrianti dan Bapak Pinto Anugrah, M.Eng. sebagai dosen penguji yang telah memberikan ilmu dan masukan yang membangun.
5. Dan seluruh pihak yang membantu penulis baik secara materil maupun imateril dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.

Besar harapan penulis agar tugas akhir ini dapat dijadikan acuan atau bahan bacaan untuk menambah ilmu serta wawasan bagi pembaca dan penulis sendiri. Selanjutnya, penulis juga menyadari bahwa laporan tugas akhir ini jauh dari kata sempurna sehingga penulis juga mengharapkan masukan, kritik, saran dan opini yang membangun guna memperbaiki kesalahan kedepannya.

Padang 28 Juli 2023

Fadli Munanda  
NIM. 161091023

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Rata-rata curah hujan bulanan di Indonesia [9].....	3
<b>Tabel 4.1</b> Perhitungan daya desain pembangkit.....	17
<b>Tabel 4.2</b> Efisiensi turbin sebenarnya. ....	23



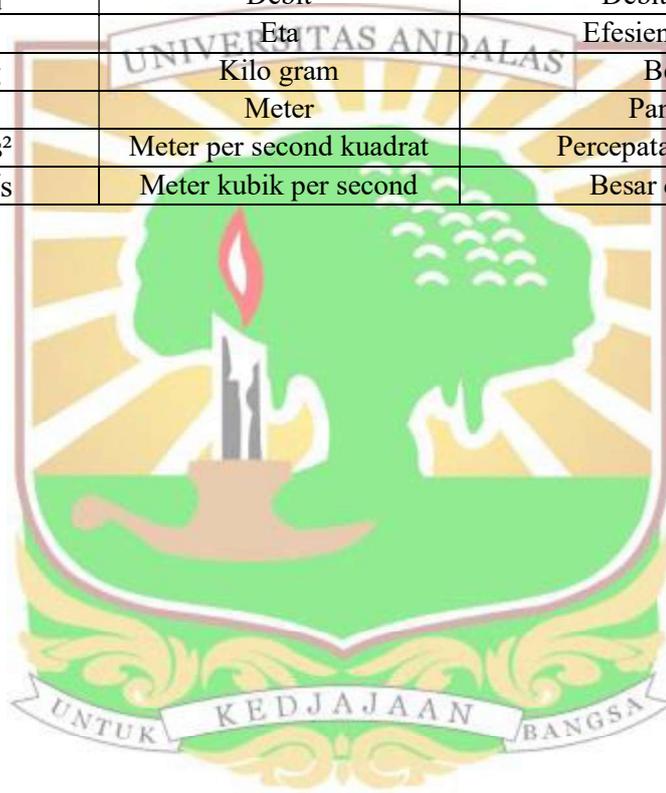
## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Turbin Pelton .....	6
<b>Gambar 2.2</b> Turbin Cross Flow .....	6
<b>Gambar 2.3</b> Turbin Propeller .....	7
<b>Gambar 2.4</b> Turbin Francis .....	8
<b>Gambar 2.4</b> Turbin Kinetic .....	8
<b>Gambar 2.6</b> Rangkaian Synchronous Boost Converter .....	9
<b>Gambar 2.7</b> Rangkaian Synchronous Buck Converter .....	10
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir .....	11
<b>Gambar 3.2</b> Diagram balok prototipe pembangkit listrik tenaga pico hidro .....	12
<b>Gambar 3.3</b> Desain turbin tampak atas.....	15
<b>Gambar 3.4</b> Desain turbin tampak samping .....	15
<b>Gambar 3.5</b> Desain saluran air PLTMH.....	15
<b>Gambar 3.6</b> Saluran ait PLTPH.....	14
<b>Gambar 3.7</b> Generator DC 24 Volt.....	14
<b>Gambar 3.8</b> Modul charger.....	15



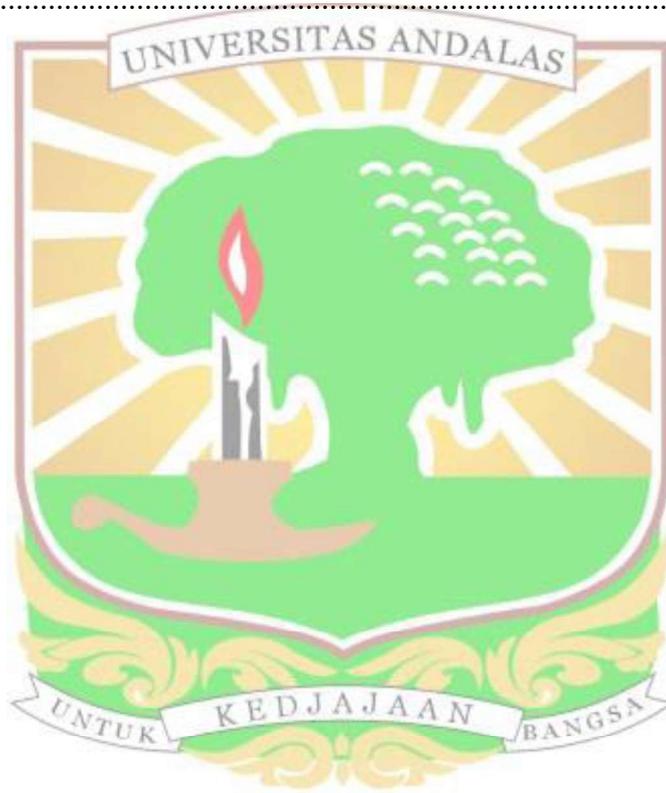
## DAFTAR SIMBOL

No.	Simbol	Nama	Keterangan
1	A	Ampere	Arus listrik
2	V	Volt	Tegangan listrik
3	W	Watt	Daya listrik
4	$P_d$	Daya	Daya desain
5	$\rho$	Rho	Massa jenis air
6	g	Gravitasi	Nilai gravitasi bumi
7	$H_d$	Ketinggian	Ketinggian desain
8	$Q_d$	Debit	Debit desain
9	$\eta_T$	Eta	Efisiensi turbin
10	kg	Kilo gram	Berat
11	m	Meter	Panjang
12	$m/s^2$	Meter per second kuadrat	Percepatan gravitasi
13	$m^3/s$	Meter kubik per second	Besar debit air



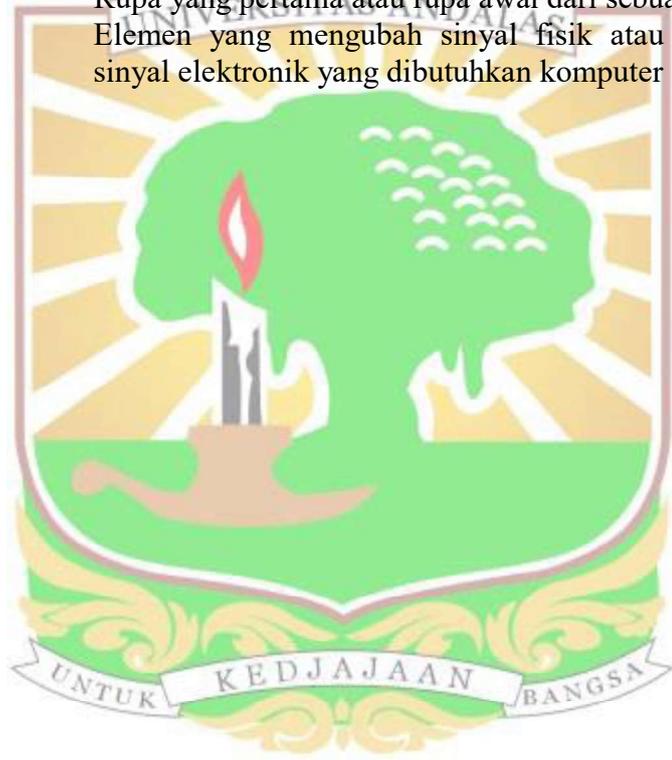
## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A1 .....	27
Lampiran A2 .....	27
Lampiran A3 .....	27
Lampiran A4 .....	28
Lampiran B1 .....	28
Lampiran B2 .....	28
Lampiran B3 .....	29
Lampiran B4 .....	29



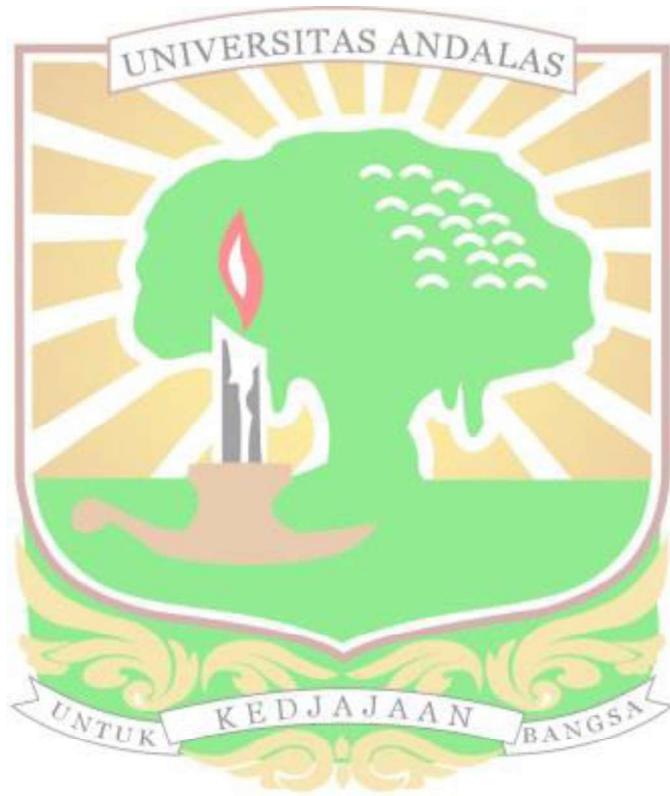
## DAFTAR ISTILAH

Pico hidro	Pembangkili listrik tenaga air yang memiliki daya dari ratusan watt sampai 5 kW
Konversi	Perubahan dari suatu sistem atau benda ke sistem atau benda yang lain
Head	Tinggi jatuh air
Efisiensi	Kemampuan yang diukur untuk menghindari pemborosan bahan, energi, tenaga, uang, dan waktu saat melakukan tugas
<i>Hydropower</i>	Energi yang diperoleh dari aliran air
Prototipe	Rupa yang pertama atau rupa awal dari sebuah entitas
Sensor	Elemen yang mengubah sinyal fisik atau kimia menjadi sinyal elektronik yang dibutuhkan komputer



## DAFTAR SINGKATAN

AC	<i>Alternating current</i>
DC	<i>Constant current</i>
Ep	Energi potersial
Ek	Energi kinetik
Em	Energi mekanik
PLTPH	Pembangkit listrik tenaga pico hidro
LCD	<i>Liquid crystal display</i>
PLA	<i>Polylatctic acid</i>



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pengembangan pemanfaatan potensi energi terbarukan terus dilakukan dalam upaya meningkatkan taraf kualitas hidup manusia. Sumber energi terbarukan seperti air, angin, matahari, biogas, panas bumi dan sebagainya dapat dimanfaatkan dalam pembangkitan energi listrik [1]. Pemanfaatan sumber energi terbarukan dalam pembangkitan listrik juga akan menghindarkan lingkungan dari pencemaran yang biasa dihasilkan oleh pembangkit yang menggunakan bahan bakar fosil [2].

Air merupakan salah satu bentuk sumber energi terbarukan yang dapat digunakan sebagai pembangkit energi listrik [3]. Dengan mengubah energi kinetik pada aliran air menjadi energi mekanik menggunakan turbin air, kita dapat memutar rotor pada generator sehingga generator menghasilkan energi listrik. Hanya saja selama ini penggunaan sumber air lebih banyak berasal dari air dengan tinggi jatuh dan debit yang besar. Padahal banyak terdapat sumber air kecil yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan pembangkit listrik bersekala kecil atau biasa disebut pembangkit listrik tenaga pico hidro [4].

Bendungan air yang terdapat pada sungai untuk tujuan irigasi memiliki potensi yang baik sebagai tempat dikembangkannya sumber pembangkit listrik pico hidro. Aliran air yang cukup kuat dan memiliki tinggi jatuh  $\pm 2$  meter sangat ideal untuk dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit listrik pico hidro.

Penelitian sebelumnya telah membuat pembangkit listrik tenaga air piko hidro menggunakan turbin propeller dengan 4 buah sudu [5]. Dan pada penelitian [6] dilakukan pengujian pengaruh debit air terhadap putaran turbin banki dan kaplan.

Oleh karena itu pada penelitian kali ini penulis merancang sebuah pembangkit listrik tenaga air pico hidro dengan turbin air betipe propeller. Air akan dibendung dan dijatuhkan melalui sebuah pipa berukuran 4 inci dengan ketinggian jatuh 1 meter. Hal ini bertujuan meningkatkan energi potensial pada air sehingga turbin dapat berputar. Daya yang dihasilkan oleh pembangkit akan di alirkan menuju beban.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang terurai di atas, maka rumusan masalah yang akan dibahas adalah bagaimana merancang dan menguji prototipe pembangkit listrik tenaga pico hidro dengan turbin propeller.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Mendesain sebuah pembangkit listrik pico hidro dan menghitung besar daya yang dapat dihasilkan pembangkit secara teoritis.
2. Merealisasikan desain pembangkit listrik pico hidro yang telah dirancang dan mengukur daya yang dapat dihasilkan pembangkit.
3. Mengetahui nilai efisiensi sebenarnya dari desain turbin yang telah didesain.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai langkah awal pengembangan dan pemanfaatan pembangkit listrik pico hidro di ketinggian air rendah.
2. Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan tentang energi alternatif.

### 1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang disajikan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang akan dihitung berupa tegangan listrik, arus listrik dan daya listrik.
2. Tegangan yang akan dihitung berupa tegangan tanpa beban dan tegangan dengan beban.
3. Tidak mempertimbangkan efisiensi dari generator yang digunakan.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Untuk menghasilkan tulisan yang baik dan terarah maka penulisan pada tugas akhir ini akan dibagi dalam beberapa bab yang membahas hal-hal berikut:

1. Bab I Pendahuluan  
Bab ini berisi latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.
2. Bab II Tinjauan Pustaka  
Bab ini berisi teori dasar yang mendukung penelitian tugas akhir ini.
3. Bab III Metode dan Bahan  
Bab ini menguraikan tentang jenis penelitian, diagram alir penelitian beserta perancangan modul percobaan dan tahapan penelitian.
4. Bab IV Hasil dan Pembahasan  
Bab ini berisi penjelasan mengenai hasil dan pembahasan dari perancangan pengujian.
5. Bab V Kesimpulan dan Saran  
Bab terakhir ini berisi simpulan dari hasil penelitian dan saran yang disampaikan berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dari penelitian ini.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengertian Tenaga Air

Pengertian tenaga air dalam bahasa inggris yaitu *hydropower* adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Dipermukaan bumi pada dasarnya air bergerak (mengalir). Selain itu air juga memiliki siklus tersendiri. Dimana air menguap, kemudian terkondensasi menjadi awan. Setelah memiliki masa yang cukup air akan jatuh sebagai hujan. Sungai terjadi akibat air yang jatuh didataran tinggi yang mengalir turun kelaut [7].

### 2.2 Potensi Energi Mikrohidro Di Indonesia

Potensi mikrohidro di Indonesia diprediksi ada sekitar 7.500 MW, hanya saja yang sudah dimanfaatkan untuk pembangkit listrik hanya sekitar 10% dari total potensi tersebut [9]. Indonesia memiliki sumber mata air dan curah hujan yang relatif cukup tinggi hal ini merupakan potensi yang besar untuk dikembangkannya pembangkit listrik mikrohidro.

Tabel 2.1 Rata-rata curah hujan bulanan di Indonesia [9]

Bulan	Minimum(mm)	Maksimum(mm)
Januari	100	>700
Februari	50	500
Maret	50	400
April	50	300
Mei	0	300
Juni	0	300
Juli	0	300
Agustus	0	300
September	0	300
Oktober	0	400
November	50	450
Desember	150	500

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa curah hujan di Indonesia relatif pada kategori menengah pada saat musim kemarau dan termasuk kategori tinggi pada saat musim penghujan [9]. Sehingga sumber daya air untuk pembangkit listrik mikrohidro dapat selalu tersedia.

### 2.3 Prinsip Konversi Energi Pembangkit Listrik Tenaga Air

Sistem konversi energi pico hidro bekerja dengan memanfaatkan energi potensial air yang diubah menjadi energi kinetis dengan adanya head, lalu energi kinetis berubah menjadi energi mekanis dengan adanya aliran air yang menggerakkan turbin, lalu energi mekanis ini dirubah menjadi energi listrik melalui perpotaran rotor pada generator. Jumlah energi listrik yang bisa dibangkitkan dengan sumber daya air tergantung pada dua hal, yaitu jarak tinggi air (head) dan berapa besar jumlah air yang mengalir (debit) [7].

Persamaan untuk perubahan energi adalah sebagai berikut:

#### 1. Energi potensial

Energi potensial adalah energi yang terjadi akibat adanya perbedaan ketinggian.

Dirumuskan:

$$E_p = m \cdot g \cdot h \quad (1)$$

Dimana:  $E_p$  : energi potensial  
 $m$  : massa (kg)  
 $g$  : gravitasi (9,8 kg/m<sup>2</sup>)  
 $h$  : Ketinggian (m)

#### 2. Energi kinetik

Energi kinetik adalah energi yang dihasilkan dari aliran air sehingga timbul aliran air dengan kecepatan tertentu.

Dirumuskan:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (2)$$

Dimana:  $E_k$  : energi kinetik  
 $m$  : massa (kg)  
 $v$  : kecepatan (m/s)

#### 3. Energi Mekanik

Energi mekanik adalah energi yang timbul akibat perputaran turbin. Energi mekanik dipengaruhi oleh besarnya nilai energi potensial dan energi kinetik.

Dirumuskan:

$$E_m = T \cdot \Theta \cdot t \quad (3)$$

Dimana:  $E_m$  : energi mekanik  
 $T$  : torsi  
 $\Theta$  : Sudut putaran  
 $t$  : waktu (s)

#### 4. Energi listrik

Energi listrik dihasilkan pada generator akibat perputaran rotor.

Dirumuskan:

$$W = V.I.t \quad (4)$$

Dimana:  $W$  : energi listrik (j)  
 $V$  : tegangan (volt)  
 $I$  : arus (amper)  
 $t$  : waktu (s)

Perhitungan daya listrik yang dapat dihasilkan suatu turbin juga dapat dihitung menggunakan persamaan [3]:

$$P_d = \rho \cdot g \cdot H_d \cdot Q_d \cdot \eta_T \quad (5)$$

Dimana:  $P_d$  : daya desain turbin (W)  
 $\rho$  : massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )  
 $g$  : gravitasi ( $9,8 \text{ m/s}^2$ )  
 $H_d$  : head desain (m)  
 $Q_d$  : debit desain ( $\text{m}^3/\text{s}$ )  
 $\eta_T$  : efisiensi turbin

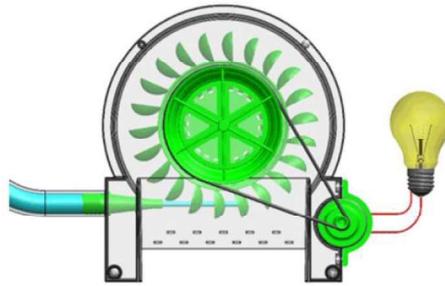
### 2.4 Turbin Air

Energi potensial dari air akan dirubah menjadi energi mekanik menggunakan turbin. Sudu-sudu dari turbin akan terpukul oleh air sehingga turbin berputar. Selanjutnya perputaran ini diarahkan menuju generator. Turbin terdiri dari berbagai jenis yaitu:

#### 1. Turbin Impulse

Turbin ini memanfaatkan kecepatan alir dari air untuk memukul runner. Setiap piringan runner akan disemprotkan aliran air. Setelah mengenai runner air akan mengalir kebawah rumah turbin tanpa adanya penghisap. Turbin impulse biasa digunakan pada daerah yang memiliki head tinggi dan volume air rendah.

## 2. Turbin Pelton



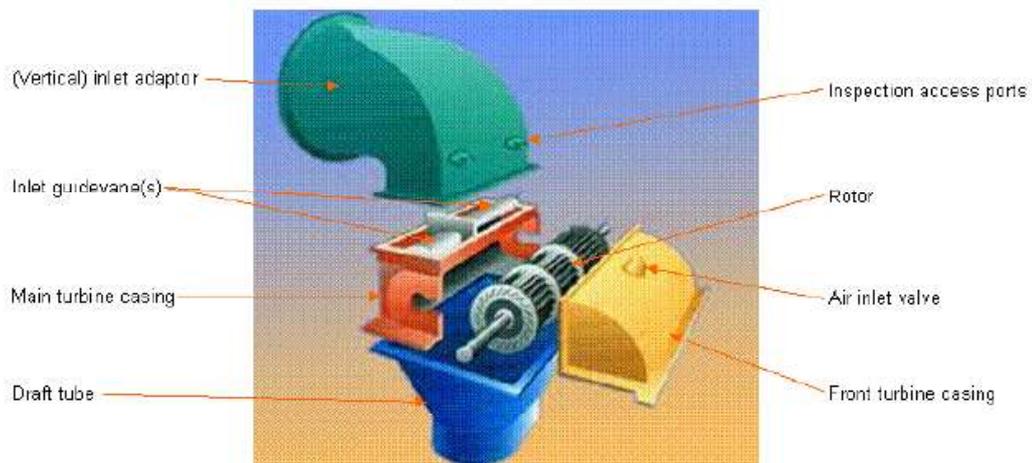
**Gambar 2.1** Turbin Pelton [7]

Turbin jenis pelton biasanya menggunakan satu atau lebih jet menyemprot air. Turbin ini tidak memerlukan tabung diffuser seperti turbin reaksi. Debit air = 4 sampai 15 m<sup>3</sup>/s dan ketinggian air (head) = 200 sampai 2000 meter.

## 3. Turbin Cross Flow

Turbin Cross Flow ditemukan oleh ilmuwan Australia Anthony Michell, ilmuwan Australia Donat Banki, dan ilmuwan Jerman Fritz Ossberger.

Pada turbin Cross Flow air mengalir secara melintang atau memotong blade turbin, tak seperti kebanyakan turbin yang berputar dikarenakan aliran air secara axial maupun radial. Turbin Cross Flow didesain untuk mengakomodasi debit air yang besar dengan head yang kecil, dimana headnya kurang dari 200 meter.



**Gambar 2.2** Turbin Cross Flow [7]

#### 4. Turbin Reaksi

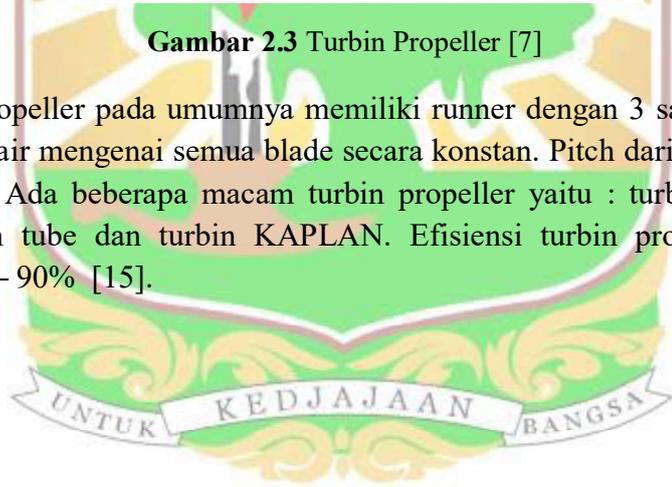
Turbin reaksi memanfaatkan tekanan dan pergerakan air untuk bekerja. Runner di letakkan langsung pada aliran arus. Turbin ini cocok digunakan pada head yang rendah dan debit yang besar.

#### 5. Turbin Propeller

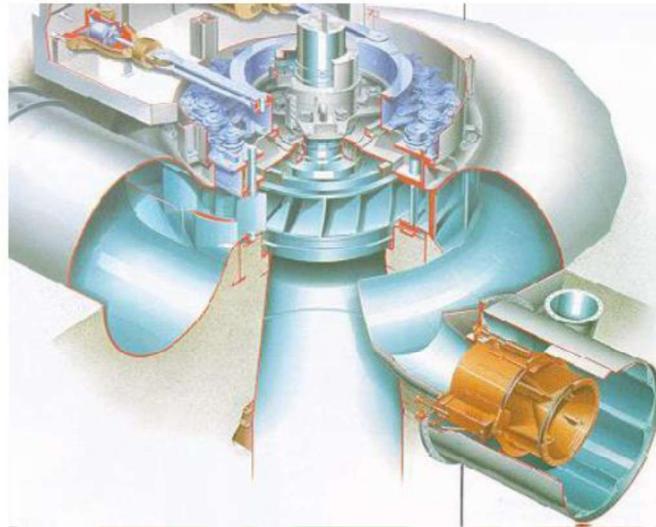


**Gambar 2.3** Turbin Propeller [7]

Turbin propeller pada umumnya memiliki runner dengan 3 sampai dengan 6 blade dimana air mengenai semua blade secara konstan. Pitch dari blade dapat fix atau diadjust. Ada beberapa macam turbin propeller yaitu : turbin bulb, turbin Straflo, turbin tube dan turbin KAPLAN. Efisiensi turbin propeller rata-rata berkisar 65% – 90% [15].



## 6. Turbin Francis



**Gambar 2.4** Turbin Francis [7]

Turbin francis memiliki 9 atau lebih runner dengan baling-baling tetap. Air mengalir jatuh dari atas menuju runner sehingga runner dapat berputar. Komponen lain pada turbin francis adalah scroll case, wicket gate dan draft tube.

## 7. Turbin Kinetic



**Gambar 2.5** Turbin Kinetic [7]

Turbin kinetik juga disebut turbin aliran bebas. Turbin ini bekerja tidak menggunakan energi potensial dari ketinggian air namun dengan memanfaatkan energi kinetik air yang mengalir. Turbin ini cocok digunakan di sungai, saluran buatan manusia, air pasang surut, atau arus laut. Sistem kinetik memanfaatkan jalur alami aliran air. Turbin jenis ini tidak memerlukan konstruksi sipil yang besar karena dapat memanfaatkan saluran yang telah ada tanpa perlu mengalihkan kembali aliran tersebut[9].

## 2.5 Generator

Generator adalah suatu alat yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator dapat menghasilkan energi listrik AC maupun DC berdasarkan jenis generatornya.

Generator berhubungan erat dengan hukum Faraday yaitu “apabila sepotong kawat penghantar listrik berada dalam medan magnet berubah-ubah, maka dalam kawat tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik” [10].

Berdasarkan jenis pembangkitannya generator dapat dibedakan menjadi generator arus bolak-balik (AC) dan generator arus searah (DC). Secara umum generator DC terdiri dari 3 bagian utama, yaitu:

1. Stator

Stator adalah bagian yang diam dimana terdapat lilitan medan (field) atau lebih dikenal dengan nama eksitasi. Berfungsi sebagai tempat pembangkitan medan magnet.

2. Rotor

Rotor adalah bagian yang berputar, dimana terdapat lilitan jangkar (armatur) atau angker, berfungsi sebagai tempat pembangkitan tegangan induksi GGL.

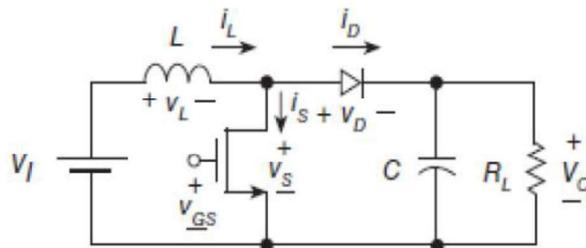
3. Komutator

Komutator adalah alat yang mengubah tegangan arus bolak-balik menjadi arus searah.

## 2.5 DC–DC Converter

DC-DC converter merupakan sebuah rangkaian yang digunakan untuk merubah tegangan pada arus listrik DC. Pengaturan tegangan didalam converter ini biasa disebut dengan modulasi lebar pulsa (*Pulse Width Modulation, PWM*). DC-DC converter merupakan saklar statis yang dapat merubah tegangan yang konstan menjadi tegangan dengan variabel. Rangkaian DC-DC converter terbagi menjadi dua jenis yaitu DC-DC Boost Converter dan DC-DC Buck Converter.

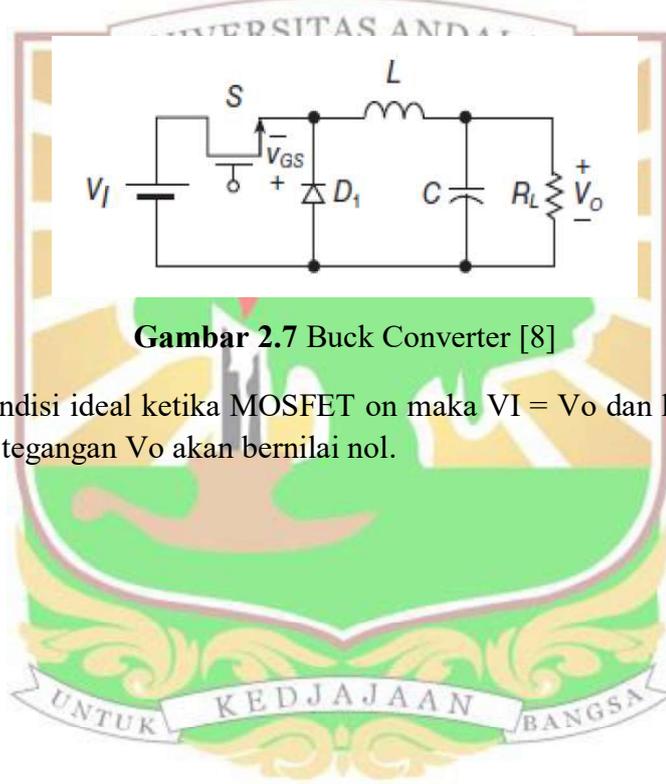
DC-DC boost converter digunakan untuk menaikkan nilai tegangan arus searah. Rangkaian ini terdiri dari beberapa komponen utama diantaranya induktor, kapasitor, MOSFET dan dioda. Rangkaian DC-DC boost converter dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.6 Boost Converter [8]

Dari gambar rangkain diatas dapat dilihat cara kerja dari boost converter. Tegangan masuk dari  $V_i$  akan mengalir menuju induktor  $L$ . MOSFET akan bekerja seperti saklar yang akan membuka dan menutup. Ketika MOSFET dalam keadaan on maka arus listrik akan mengisi induktor dan ketika MOSFET dalam keadaan off arus listrik pada induktor akan dilepas sehingga nilai tegangan akan naik. Kemudian arus listrik akan menuju kapasitor untuk disimpan sehingga tegangan keluaran akan lebih stabil.

Selain DC-DC boost converter yang berfungsi menaikkan tegangan juga terdapat rangkaian yang berfungsi sebagai penurun tegangan yang biasa disebut DC-DC buck converter. Rangkain buck converter memiliki komponen yang hampir sama dengan boost converter tapi memiliki susunan yang berbeda. Rangkaian buck converter dapat dilihat dari gambar berikut.



**Gambar 2.7** Buck Converter [8]

Dalam kondisi ideal ketika MOSFET on maka  $V_i = V_o$  dan ketika MOSFET off maka nilai tegangan  $V_o$  akan bernilai nol.

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada diagram alir ini akan diperlihatkan tahapan-tahapan dalam pengerjaan pembangkit listrik pico hidro mulai dari awal persiapan sampai selesai. Diagram alir dapat dilihat seperti pada gambar 3.1.



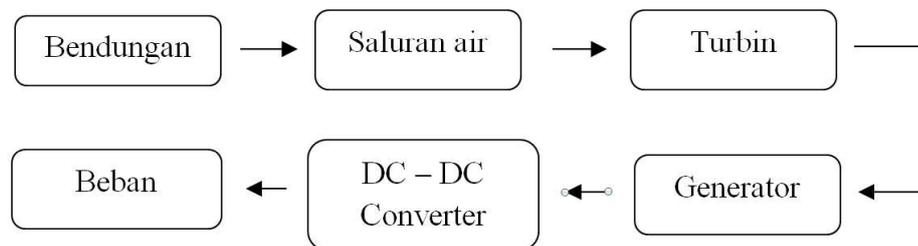
**Gambar 3.1** Diagram Alir

Pada diagram alir dapat dilihat tahapan dalam pembuatan pembangkit listrik tenaga pico hidro ini adalah pertama mempersiapkan segala alat dan bahan yang dibutuhkan dalam proses pembuatan pembangkit. Tahapan selanjutnya adalah mendesain bentuk turbin yang akan digunakan pada pembangkit serta desain saluran yang akan mengalirkan air menuju turbin. Setelah itu turbin akan dibuat berdasarkan desain yang telah dibuat sebelumnya. Selanjutnya komponen-

komponen pembentuk rangkain seperti turbin, saluran air, generator dan sebagainya akan dirakit sehingga terbentuk sebuah pembangkit listrik tenaga pico hidro. Setelah alat selesai dibuat alat akan dibawa pada lokasi pengujian yaitu bendungan air Kepala Hilalang. Setelah dilakukan pengujian data hasil percobaan alat akan dicatat untuk kemudian dianalisa sehingga didapatkan kesimpulan dan saran dari penelitian.

### 3.2 Desain Alat

Sistem pembangkit akan bekerja berdasarkan diagram balok yang dapat dilihat pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2** Diagram balok prototipe pembangkit listrik tenaga mikro hidro

### 3.3 Perancangan Alat

#### 3.3.1 Turbin

Turbin pada penelitian ini berjenis turbin air propeller dengan poros vertikal ke atas. Turbin memiliki 7 buah sudu yang dibuat secara miring sehingga energi potensial dari air yang mengarah ke bawah dapat dikonversi oleh turbin menjadi energi mekanik akibat dorongan air pada bilah-bilah sudu turbin. Desain dari turbin akan mengalirkan air melewati turbin secara menyamping, hal ini bertujuan agar dorongan yang diberikan oleh air kepada turbin semakin maksimal dan mengurangi hambatan akibat aliran air. Turbin akan berbentuk seperti cakram dengan diameter 14cm dan tinggi 8cm. Bahan yang digunakan dalam pembuatan turbin adalah Polylactic Acid (PLA) yang merupakan bioplastik yaitu plastik yang terbuat dari bahan organik.



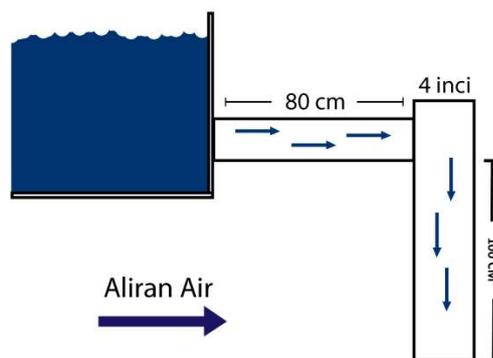
**Gambar 3.3** Desain turbin tampak atas



**Gambar 3.4** Desain turbin tampak samping

### 3.3.2 Saluran Air

Pada pembuatan saluran air pico hidro ini saluran air yang dibuat akan memiliki panjang saluran horizontal 80 cm dan saluran vertikal sepanjang 100 cm. Saluran akan terbuat dari pipa PVC dengan ukuran pipa 4 inci.



**Gambar 3.5** Desain saluran air PLTPH



**Gambar 3.6** Saluran air PLTPH

### 3.3.3 Generator

Generator digunakan untuk mengkonversi energi mekanik dari turbin menjadi energi listrik. Pada penelitian ini menggunakan generator DC 24 Volt. Spesifikasi generator DC 24 Volt sebagai berikut:



**Gambar 3.7** Generator DC 24 Volt

1. Tegangan output 24V.
2. Putaran tanpa beban: 500 – 1000 rpm
3. Tinggi generator: 8,5 cm
4. Diameter generator: 5 cm
5. Diameter besi poros roto: 8 mm

### 3.3.3 DC–DC Converter

Pada penelitian ini menggunakan modul MT3608 DC step up boost converter module mini 28 V 2A. Modul ini digunakan untuk menaikkan tegangan dari generator menuju beban. Modul MT3608 dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 3.8** Modul charger

1. Tipe: DC-DC Step Up Converter (Booster)
2. Tegangan masukan: DC 2V – 24V
3. Tegangan keluaran: Max DC 28V (Adjustable)
4. Arus keluaran: Max 2A
5. Efisiensi: 93%
6. Dimensi: 37mm x 7mm x 6mm

### 3.4 Alat dan Bahan

#### 1. Pembuatan turbin dan saluran air

Dalam pengerjaan pembuatan turbin dan saluran air dibutuhkan beberapa alat dan bahan seperti:

- a) Alat yang dibutuhkan
  - Gergaji pipa
  - Gergaji besi
  - Pensil
  - Penggaris
  - Printer 3D
- b) Bahan yang dibutuhkan
  - Pipa PVC 4 inci 180cm
  - Sambungan 3 pipa
  - Sambungan pipa lurus
  - Besi 1 meter
  - Coupling
  - Bearing
  - PLA

## 2. Pembuatan sistem kelistrikan

Alat dan bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan sistem kelistrikan alat adalah sebagai berikut:

- Generator DC 24V
- Kabel jumper
- Timah
- Lampu 5 watt

### 3.5 Tahapan Penyelesaian Penelitian

Adapun tahapan-tahapan dalam pengerjaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari materi yang berhubungan dengan pembuatan pembangkit listrik picohidro melalui sumber jurnal ilmiah, dan *ebook*.
2. Membuat desain 3D prototipe pembangkit listrik picohidro menggunakan *software* blender.
3. Mengimplementasikan rancangan prototipe pembangkit listrik picohidro.
4. Pengambilan data dari sistem prototipe pembangkit listrik picohidro yang telah dibuat.
5. Menganalisa sistem berdasarkan data yang telah didapat.

### 3.6 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan cara pengujian kemampuan pembangkitan listrik dari sistem yang telah dibuat. Tahapan pengambilan data sebagai berikut:

1. Mengukur debit air yang mengalir melalui saluran.
2. Mengukur kecepatan putar poros turbin.
3. Mengukur besar tegangan dan arus yang dihasilkan pembangkit.
4. Mencatat besar nilai tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan
5. Menghitung daya listrik yang dapat dihasilkan pembangkit yang telah didesain

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas hasil dari perancangan alat yang telah dilakukan pada bab III berupa perancangan pembangkit tenaga pico hidro dengan menggunakan turbin propeller. Pembahasan akan berupa hasil dari daya alat yang dirancang menurut perhitungan serta daya dari hasil pengujian langsung berupa pengujian tanpa beban dan pengujian berbeban. Pengujian dilakukan pada tanggal di bendungan Kepala Hilalang.

### 4.1 Perhitungan Daya Desain Pembangkit

Perhitungan daya pembangkit dapat dilakukan dengan menggunakan rumus (5). Perhitungan daya dilakukan dengan menghitung beberapa faktor seperti debit air, ketinggian jatuh, gravitasi, massa jenis air dan efisiensi turbin tanpa memperhitungkan faktor kestabilan turbin. Hasil perhitungan daya desain pembangkit dapat dilihat pada tabel berikut:

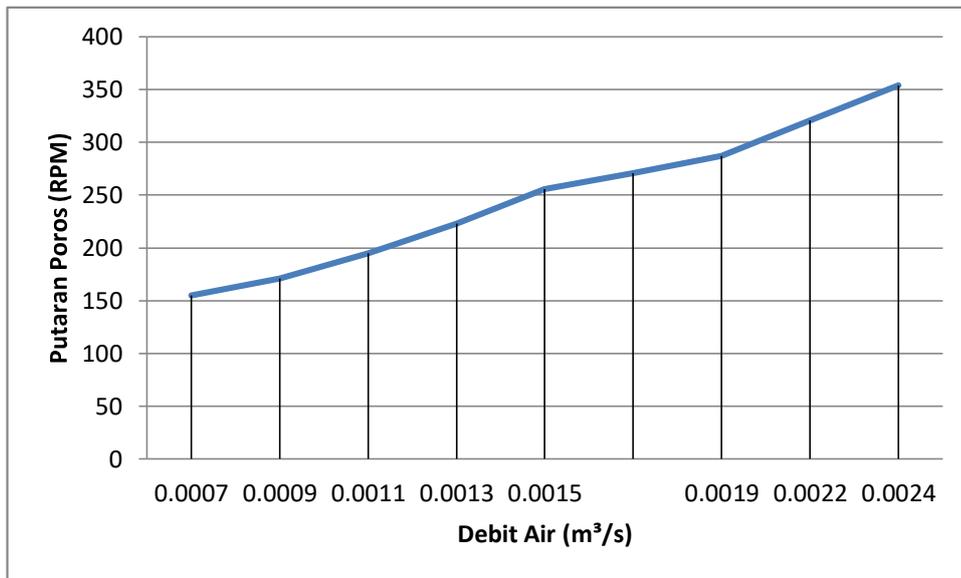
**Tabel 4.1** Perhitungan Daya Desain Pembangkit

No	Debit air (m <sup>3</sup> /s)	massa jenis air (kg/m <sup>3</sup> )	Gravitasi (m/s <sup>2</sup> )	head desain (m)	efisiensi turbin (%)	Daya desain turbin (W)
1	0,0007	1000	9,81	1	77.5	5,3219
2	0,0009	1000	9,81	1	77.5	6,8424
3	0,0011	1000	9,81	1	77.5	8,3630
4	0,0013	1000	9,81	1	77.5	9,8835
5	0,0015	1000	9,81	1	77.5	11,4041
6	0,0019	1000	9,81	1	77.5	14,4452
7	0,0022	1000	9,81	1	77.5	16,7260
8	0,0024	1000	9,81	1	77.5	18,2466

Tabel 4.1 Menunjukkan hasil dari perhitungan daya air yang dapat dikonversi oleh pembangkit menjadi daya listrik. Debit air mempengaruhi kecepatan putar turbin sehingga mempengaruhi kecepatan putaran rotor pada generator. Semakin cepat rotor berputar maka semakin besar daya yang dihasilkan. Debit air yang dihitung adalah debit air yang melewati saluran pembangkit menuju turbin. Perhitungan dilakukan pada debit air 0,0007 m<sup>3</sup>/s sampai 0,0024 m<sup>3</sup>/s sesuai dengan debit air pada pengujian alat. Dari hasil perhitungan didapatkan daya listrik sekitar 5,3 watt untuk debit terkecil (0,0007 m<sup>3</sup>/s) dan sekitar 18,2 watt untuk debit air terbesar (0,0024 m<sup>3</sup>/s). Daya listrik semakin besar dengan semakin bertambahnya debit air.

#### 4.2 Perbandingan debit air dan kecepatan putaran turbin pengujian

Kecepatan putar turbin cenderung berbanding lurus dengan debit air yang mengalir melalui pembangkit. Semakin besar debit air maka akan semakin cepat putaran turbin. Kecepatan turbin diukur dengan menggunakan sebuah alat bernama tachometer. Perbandingan debit air dan kecepatan putar turbin dapat dilihat dari gambar berikut.

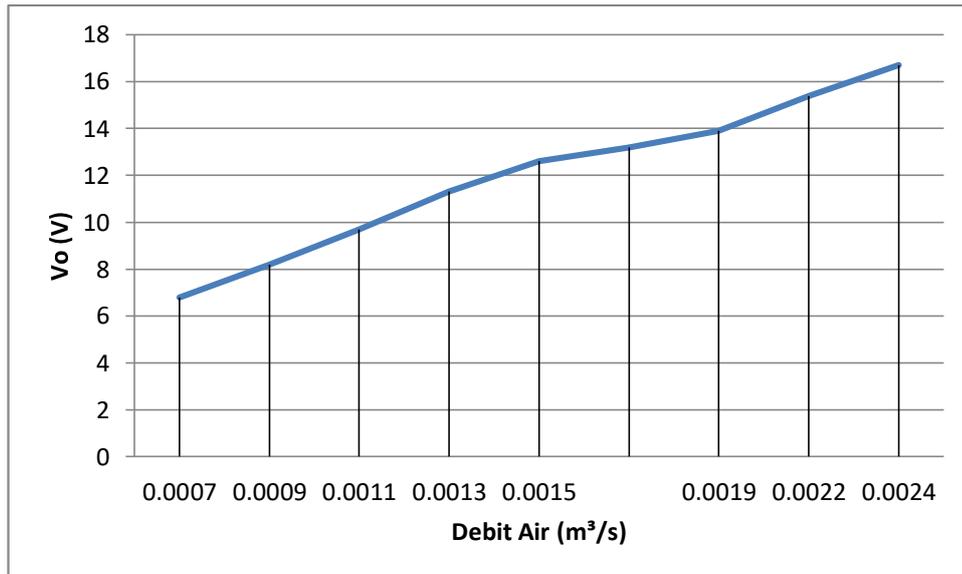


**Gambar 4.1** Grafik debit air dengan kecepatan putar turbin

Dari grafik dapat dilihat perubahan kecepatan turbin terhadap besar debit air yang mengalir. Pada debit air terkecil yaitu  $0,0007 m^3/s$  turbin dapat berputar pada kisaran kecepatan 155 rpm dan putaran paling cepat pada debit  $0,0024 m^3/s$  yaitu sebesar 354 rpm. Dengan semakin bertambahnya debit air yang mengalir melalui turbin membuat gaya yang memutar turbin semakin besar akibat energi kinetik yang berasal dari aliran air.

#### 4.3 Pengujian tanpa beban

Pada pengujian tanpa beban dilakukan pengukuran terhadap benar nilai tegangan open circuit ( $V_o$ ). Pengukuran dilakukan menggunakan multimeter yang langsung dihubungkan pada keluaran generator. Nilai tegangan  $V_o$  dapat dilihat dari gambar berikut.

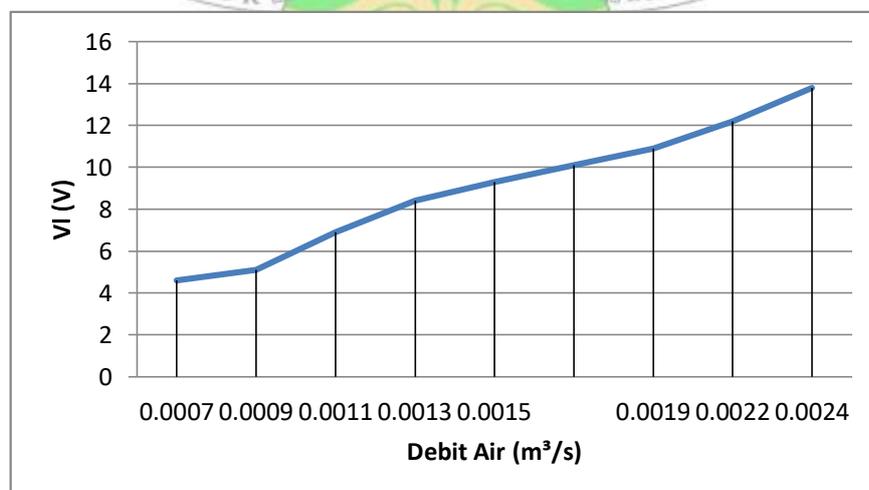


**Gambar 4.2** Grafik debit air terhadap tegangan open circuit

Grafik menunjukkan perubahan nilai tegangan open circuit terhadap nilai debit air. Tegangan terkecil yang didapat sebesar 6,8 V pada debit air 0,0007  $m^3/s$  dan tegangan terbesar sebesar 16,7 V pada debit air 0,0024  $m^3/s$ . Tegangan berbanding lurus dengan perubahan nilai debit air. Hal ini diakibatkan oleh debit air akan mempengaruhi kecepatan putar turbin dimana diketahui nilai debit air dan putaran turbin akan berbanding lurus. Perputaran turbin akan mempengaruhi kecepatan putaran rotor pada generator. Semakin cepat rotor berputar maka akan semakin besar tegangan yang dihasilkan oleh generator.

#### 4.4 Pengujian Dengan Beban

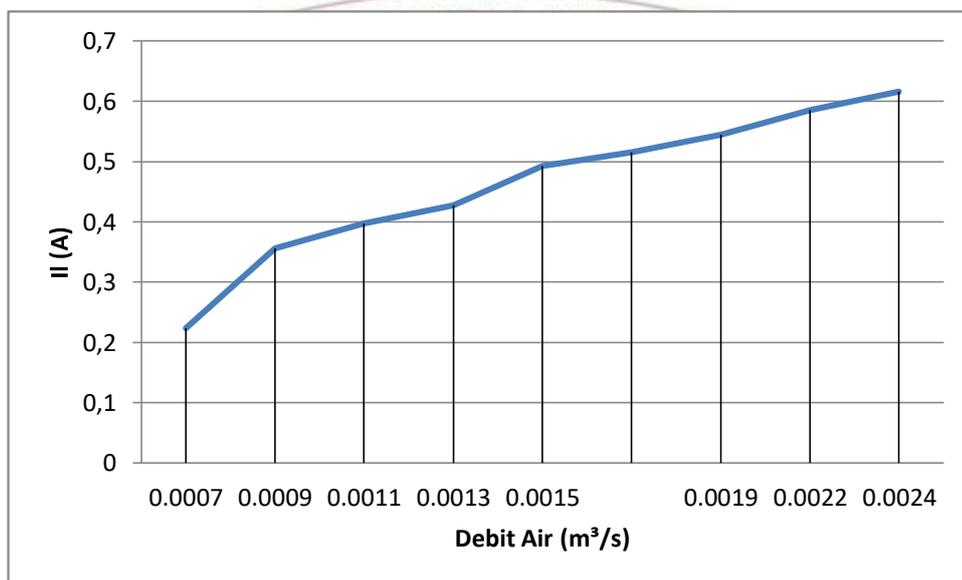
Pada pengujian ini dilakukan pengukuran tagangan (V), arus (I) dan daya (W) dengan menggunakan beban berupa sebuah lampu LED 5 watt. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada gambar berikut ini.



**Gambar 4.3** Grafik debit air terhadap tegangan load

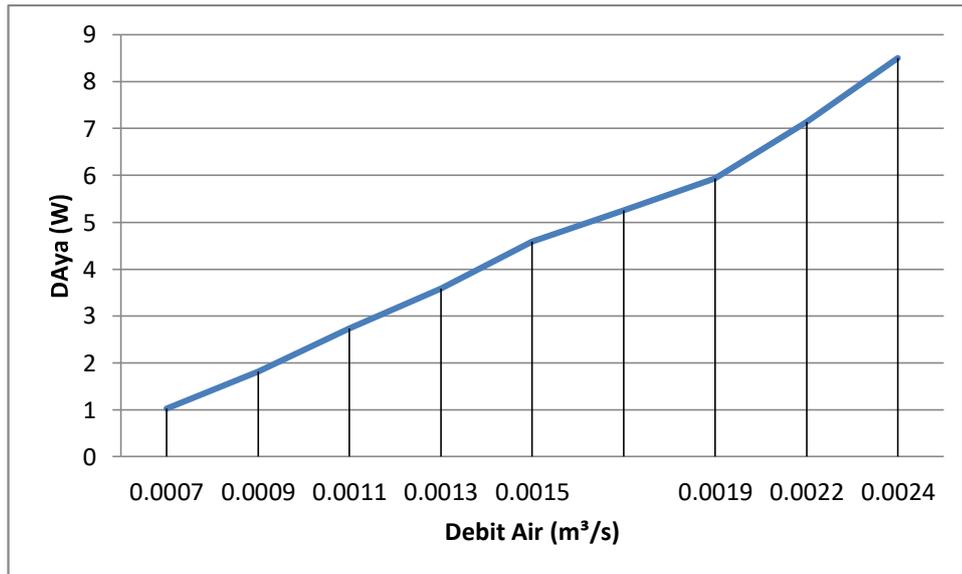
Dari grafik dapat dilihat jika nilai tegangan berbanding lurus dengan debit air. Pada debit  $0,0007 \text{ m}^3/\text{s}$  generator dapat menghasilkan tegangan sebesar  $4,6 \text{ V}$  dan tegangan terbesar adalah sebesar  $13,8 \text{ V}$  pada debit air  $0,0024 \text{ m}^3/\text{s}$ . Pengukuran nilai tegangan dilakukan secara paralel dengan beban menggunakan multimeter. Sama dengan pengukuran tegangan tanpa beban sebelumnya nilai tegangan dengan beban juga berbanding lurus dengan nilai debit air karena kecepatan putaran turbin yang terhubung ke generator dipengaruhi oleh besar kecilnya debit air.

Pada pengujian dengan beban juga diukur besar dari nilai arus yang dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 4.4** Grafik debit air terhadap nilai arus

Grafik menunjukkan perubahan nilai debit air terhadap arus. Pengukuran arus dilakukan dengan menggunakan multimeter secara seri. Nilai arus yang didapat adalah sebesar  $0,2 \text{ A}$  pada debit air  $0,0007 \text{ m}^3/\text{s}$  dan nilai terbesar sekitar  $0,6 \text{ A}$  pada debit air  $0,0024 \text{ m}^3/\text{s}$ . Besar kecilnya nilai arus juga dipengaruhi oleh kecepatan putar rotor pada generator. Semakin cepat turbin berputar maka semakin cepat rotor pada generator berputar sehingga generator dapat menghasilkan daya listrik yang lebih besar.

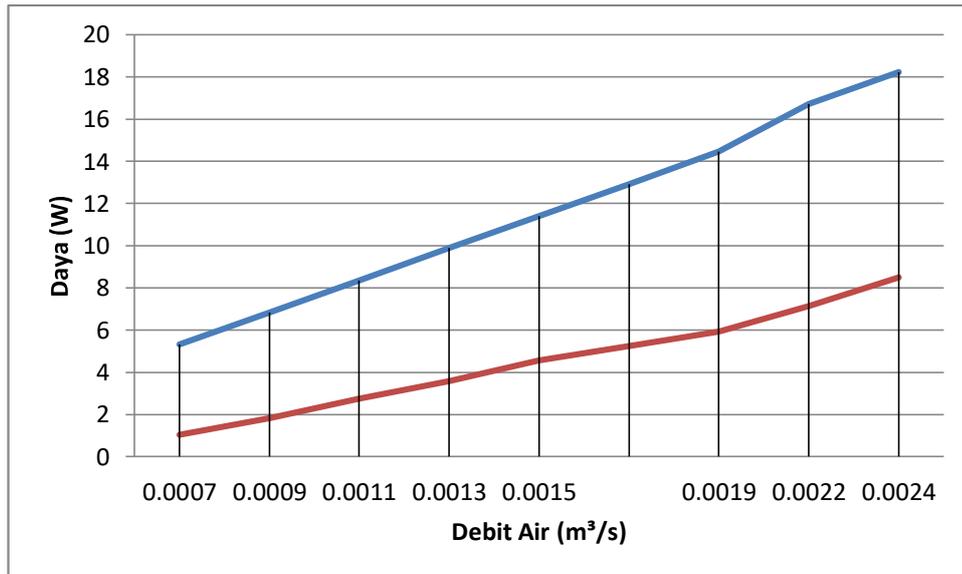


**Gambar 4.5** Grafik debit air terhadap nilai daya

Gambar 4.6 menunjukkan nilai perubahan daya listrik yang dihasilkan generator terhadap perubahan debit air. Ketika debit air senilai  $0,0007 m^3/s$  generator dapat menghasilkan daya listrik sekitar  $1,0 W$  dan ketika debit air ditingkatkan menjadi sekitar  $0,0024 m^3/s$  didapatkan daya listrik sebesar  $8,4 W$ . Daya listrik pada pengujian ini didapatkan dari pengalihan nilai tegangan dan arus yang didapat pada pengukuran sebelumnya. Nilai daya listrik sangat dipengaruhi oleh besarnya nilai tegangan dan arus yang mana nilainya akan berbanding lurus. Pada grafik terlihat bahwa nilai daya listrik berbanding lurus dengan debit air. Hal ini dikarenakan seperti sebelumnya debit air mempengaruhi kecepatan putaran turbin sehingga juga akan ikut mempengaruhi kecepatan putar rotor pada generator yang berdampak pada besar nilai daya yang dihasilkan.

#### 4.5 Efisiensi Daya Turbin yang Didesain

Dari hasil percobaan pembangkit yang dibuat didapatkan nilai daya berdasarkan perhitungan dan pengujian langsung. Nilai daya perhitungan diketahui dengan menggunakan persamaan dari rumus (5). Nilai daya dari pengujian langsung didapat setelah mengetahui nilai tegangan dan arus dari pengujian. Perbandingan daya perhitungan dan daya pengujian dapat dilihat pada gambar berikut ini.



**Gambar 4.6** Grafik perbandingan daya perhitungan dengan daya pengujian

Dari grafik diatas dapat dilihat nilai dari daya yang diperoleh melalui hasil perhitungan dan pengujian. Ketika debit air sekitar 0,0007 m<sup>3</sup>/s menurut hasil perhitungan didapatkan nilai daya sebesar 5,3 W sedangkan pada pengujian langsung didapatkan nilai sebesar 1,0 W. Pada aliran debit air terbesar yaitu 0,0024 m<sup>3</sup>/s didapatkan nilai hasil perhitungan sebesar 18,2 W serta daya hasil pengujian sebesar 8,4 W. Nilai daya berbanding lurus dengan besar debit air pada kedua percobaan baik dari hasil perhitungan maupun dari hasil pengujian secara langsung. Dari gambar 4.6 juga dapat dilihat bahwa nilai daya hasil pengujian lebih kecil dari pada daya menurut perhitungan. Hal ini dapat diakibatkan oleh nilai efisiensi turbin yang didesain berbeda dengan nilai efisiensi yang digunakan pada perhitungan.

Berdasarkan data yang telah didapat maka bisa diketahui besar nilai dari efisiensi turbin yang telah dibuat dengan membandingkan hasil daya yang diperoleh. Dengan menggunakan persamaan nomor (5) dapat diketahui nilai daya dan efisiensi turbin dengan rumus:

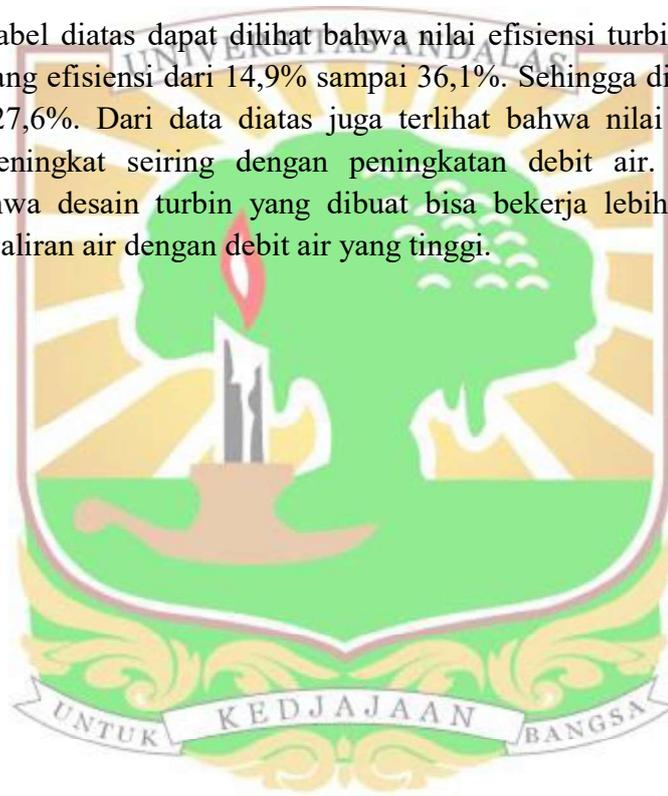
$$\eta_T = \frac{P_d}{\rho \cdot g \cdot H_d \cdot Q_d} \quad (6)$$

- Dimana:  $P_d$  : daya desain turbin (W)  
 $\rho$  : massa jenis air (kg/m<sup>3</sup>)  
 $g$  : gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)  
 $H_d$  : head desain (m)  
 $Q_d$  : debit desain (m<sup>3</sup>/s)  
 $\eta_T$  : efisiensi turbin

**Tabel 4.2** Efisiensi turbin sebenarnya

No	Debit air (m <sup>3</sup> /s)	massa jenis air (kg/m <sup>3</sup> )	Gravitasi (m/s <sup>2</sup> )	head desain (m)	efisiensi turbin (%)	Daya desain turbin (W)
1	0,0007	1000	9,81	1	14,9	1,0281
2	0,0009	1000	9,81	1	20,5	1,8125
3	0,0011	1000	9,81	1	25,4	2,7413
4	0,0013	1000	9,81	1	28,1	3,5901
5	0,0015	1000	9,81	1	31,1	4,5811
6	0,0019	1000	9,81	1	31,8	5,9372
7	0,0022	1000	9,81	1	33,1	7,1394
8	0,0024	1000	9,81	1	36,1	8,4980

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai efisiensi turbin yang didesain memiliki rentang efisiensi dari 14,9% sampai 36,1%. Sehingga didapat nilai rata-rata sebesar 27,6%. Dari data diatas juga terlihat bahwa nilai efisiensi turbin cenderung meningkat seiring dengan peningkatan debit air. Sehingga bisa dikatakan bahwa desain turbin yang dibuat bisa bekerja lebih optimal ketika digunakan pada aliran air dengan debit air yang tinggi.



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan perhitungan serta pengujian pembangkit listrik pico hidro dengan turbin propeller yang telah dibuat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan desain sistem pembangkit yang telah dirancang diperoleh hasil perhitungan daya secara teoritis sebesar 5,3 watt sampai 18,2 watt pada debit air 0,0007 m<sup>3</sup>/s sampai 0,0024 m<sup>3</sup>/s.
2. Hasil dari pengujian desain alat yang telah dirancang didapatkan daya listrik sebesar 1,0 watt sampai 8,4 watt pada debit air 0,0007 m<sup>3</sup>/s sampai 0,0024 m<sup>3</sup>/s.
3. Nilai tegangan pada pengujian tanpa beban berbanding lurus dengan besar debit air, yang memiliki rentang nilai 6,8 volt pada debit terkecil sampai 16,7 volt pada debit terbesar.
4. Pada pengujian dengan beban didapatkan nilai tegangan dengan rentang 4,6 volt sampai 13,8 volt serta nilai arus sebesar 0,2235 A sampai 0,6158 A.
5. Dari penelitian didapatkan nilai pengujian lebih kecil dibanding nilai perhitungan. Hal ini diakibatkan nilai efisiensi turbin yang didesain berbeda dengan nilai efisiensi turbin rujukan.
6. Didapatkan nilai efisiensi turbin meningkat seiring penambahan debit air yaitu sebesar 14,9% pada debit air 0,0007 m<sup>3</sup>/s dan sebesar 36,1% pada debit air 0,0024 m<sup>3</sup>/s.

### 5.2 Saran

Penulis menyadari bahwa dalam penelitian ini masih jauh dari kata sempurna. Untuk itu masi dibutuhkan beberapa perbaikan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Adapun saran yang bisa penulis sampaikan adalah sebagai berikut:

1. Pasang instalasi pembangkit dengan baik dan rapih untuk mengurangi hambatan yang akan mengurangi perputaran. Ketidak stabilan pemasangan pembangkit akan mengakibatkan hambatan pada putaran poros sehingga dapat mengurangi efisiensi pembangkit.
2. Gunakan nilai dengan debit atau ketinggian yang berbeda sehingga hasil yang didapatkan lebih bervariasi dan beragam yang akan memperjelas kinerja sebenarnya dari turbin.
3. Lakukan pengujian dengan bahan pembuat turbin yang berbeda sehingga dapat diketahui pengaruh bahan terhadap kinerja turbin.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Purwantono<sup>1\*</sup>, S. d. (2018). *Pengaruh Perubahan Debit Aliran Terhadap Putaran Turbin Banki*. Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi, 1-6.
- [2] Richardo Barry Astro, Y. D. (2020). *Potensi Energi Air Sebagai Sumber Listrik Ramah*. Jurnal Pendidikan Fisika Vol. 4(2), 1-9.
- [3] Dewanto, d. (2017). *Pembuatan dan Pengujian Turbin Propeller Dalam Pengembangan Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Air Piko Hidro (PLTA-PH) Dengan Variasi Debit Aliran*. Jurnal Teknik Mesin Indonesia, Vol. 12 No. 2, 1-9.
- [4] Muliawan, A. &. (2016). *Analisis Daya dan Efisiensi Turbin Air Kinetis Akibat Perubahan Putaran Runner*. Journal of Sainstek, 8(1): 1-9., 1-9.
- [5] Aldrian, E. (2000). *Pola Hujan Rata-Rata Bulanan Wilayah Indonesia*. Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca, Vol. 1, No. 2., 1-11.
- [6] Asrori, E. Y. (2018). *Perencanaan Turbin Air Kapasitas 2 x 1 MW di PLTM Cianten 1*. Jurnal Energi dan Teknologi Manufaktur, 1-9.
- [7] Nurhening yuniarti, E. P. (n.d.). *Pembangkit Tenaga Listrik*.
- [8] Batarseh dan A. Harb, *Power Electronics Circuit Analysis And Design*, Springer Nature, Switzerland, 2018.
- [9] Nana Putri Yanto, M. P. (2016). *Kajian Potensi Sumber Daya Air Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro di Kali Suci Dusun Jetis Semanu Gunung Kidul*. 1-9.
- [10] Sunarlik, W. (n.d.). *Prinsip Kerja Generator Sinkron*.
- [11] Ariel Firmansyah, I. N. (n.d.). *Perancangan Sistem Charger Battery Berbasis Mikrokontroler Dengan Rangkaian Buck Konverter*.
- [12] Ray Mundus, K. H. (2019). *Rancang Bangun Inverter Dengan Menggunakan Sumber Daya DC 12 Volt*. 1-7.
- [13] Nurul Hidayati Lusita Dewi, M. F. (2018). *Prototipe Smart Home Dengan Modul NODEMCU ESP8266 Berbasis Internet Of Things (IOT)*. 1-8.
- [14] Yunaltha Buli Salipadang, C. L. (2019). *Analisis Kinerja Turbin Propeller Dengan Variasi Beban*. Paulus Mechanical Engineering, 1-7.

## LAMPIRAN

### Lampiran A1

Perbandingan debit air dan kecepatan putaran turbin

No	Debit air (m <sup>3</sup> /s)	Putaran turbin (rpm)
1	0,0007	155
2	0,0009	171
3	0,0011	195
4	0,0013	223
5	0,0015	256
6	0,0019	287
7	0,0022	321
8	0,0024	354

### Lampiran A2

Hasil pengujian tanpa beban

No	Debit air (m <sup>3</sup> /s)	Putaran turbin (rpm)	Vo (V)
1	0,0007	155	6,8
2	0,0009	171	8,2
3	0,0011	195	9,7
4	0,0013	223	11,3
5	0,0015	256	12,6
6	0,0019	287	13,9
7	0,0022	321	15,4
8	0,0024	354	16,7

### Lampiran A3

Pengujian dengan beban

no	Debit air	Putaran turbin (rpm)	V <sub>L</sub> (V)	I <sub>L</sub> (A)	P <sub>L</sub> (Watt)	Lampu
1	0,0007	155	4,6	0,2235	1,0281	X
2	0,0009	171	5,1	0,3554	1,8125	X
3	0,0011	195	6,9	0,3973	2,7413	X
4	0,0013	223	8,4	0,4274	3,5901	X
5	0,0015	256	9,3	0,4926	4,5811	X
6	0,0019	287	10,9	0,5447	5,9372	V
7	0,0022	321	12,2	0,5852	7,1394	V
8	0,0024	354	13,8	0,6158	8,4980	V

### Lampiran A4

Nilai efisiensi turbin yang dibuat

No	Daya perhitungan (W)	Daya percobaan (W)
1	5,3219	1,0281
2	6,8424	1,8125
3	8,3630	2,7413
4	9,8835	3,5901
5	11,4041	4,5811
6	14,4452	5,9372
7	16,7260	7,1394
8	18,2466	8,4980

### Lampiran B1



### Lampiran B2

