

**ANALISIS KINERJA TURBIN *WHIRLPOOL* DENGAN  
MENGUNAKAN JENIS SUDU BERTINGKAT**

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**RAJU SIANTURI**

**188130110**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2023**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 8/9/23

Access From (repository.uma.ac.id)8/9/23

**HALAMAN JUDUL**

**ANALISIS KINERJA TURBIN *WHIRLPOOL* DENGAN  
MENGUNAKAN JENIS SUDU BERTINGKAT**

**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area

**OLEH :**

**RAJU SIANTURI**

**188130110**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**MEDAN**

**2023**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 8/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)8/9/23

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Analisis Kinerja Turbin *Whirlpool* Dengan Menggunakan Jenis Sudu Bertingkat  
Nama Mahasiswa : Raju Sianturi  
NIM : 188130110  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing



## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 08 Agustus 2023



Raju Sianturi

NPM. 188130110

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

### HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TENSIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Raju Sianturi  
NPM : 188130110  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

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

Analisis Kinerja Turbin *Whirlpool* Dengan Menggunakan Jenis Sudu Bertingkat. Beserta perangkat yang ada jika di perlukan. Dengan has bebas royalty non eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media /format-kan, mengolah dalam bentuk pangkalan data ( *database* ) , merawat, dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tensis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dngan sebenarnya.

Dibuat di : Medan  
Pada tanggal :08 Agustus 2023  
Yang menyatakan



Raju Sianturi



## ABSTRAK

Kebutuhan manusia terhadap listrik adalah suatu hal yang penting saat ini khusus nya di Indonesia. Untuk saat ini banyak pemanfaatan sumber daya alam yang di gunakan sebagai sumber energi alternatif, salah satu nya adalah pembangkit listrik tenaga air tetapi untuk memanfaatkanya memerlukan alat untuk mengubah energi fluida menjadi energi mekanik, salah satu alat yang dapat mengubah energi fluida menjadi energi mekanik yaitu turbin *Whirlpool*. Adapun tujuan utama dalam penelitian ini adalah menganalisis kinerja turbin whirlpool dengan menggunakan jenis sudu bertingkat dan melakukan uji statistik seperti normalitas, validitas dan reliabilitas. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen Pada penelitian ini dilakukan pengujian sebanyak tujuh kali percobaan dengan debit yang digunakana sebesar  $0,0073 \text{ m}^3/\text{s}$  sehingga memperoleh hasil berupa Nilai rata-rata daya generator pada pengujian yaitu 4,36 watt .Nilai rata – rata kecepatan keliling yaitu 10,17 rad/s. Nilai rata-rata daya turbin yang di peroleh yaitu 2,43 watt .Nilai efisiensi pembangkit tertinggi yang di dapat sebesar 10,20 %. Dan nilai torsi yang diperoleh 0,239 Nm. Data dari hasil penelitian dinyatakan normal karena nilai rata-rata signifikansi lebih besar dari 0,05 selanjutnya dinyatakan valid dengan nilai rata-rata signifikansi yang diperoleh yaitu 0,000 atau lebih kecil dari 0,05 dan data dinyatakan reliabel karena nilai cronbach alpha  $> 0,007$  dengan nilai rata-rata pada setiap sampel sebesar 0,999.

**.Kata kunci :** *Whirlpool*. Kinerja. Sudu bertingkat

## ABSTRACT

*The human need for electricity is an important thing today, especially in Indonesia. For now, there are many uses of natural resources that are used as alternative energy sources, one of which is a hydroelectric power plant but to utilize it requires a tool to convert fluid energy into mechanical energy, one of the tools that can convert fluid energy into mechanical energy is the Whirlpool turbine. The main objective in this study is to analyze the performance of the whirlpool turbine by using a multilevel blade type and conduct statistical tests such as normality, validity and reliability. This research was conducted with experimental methods. In this study, seven experiments were carried out with the discharge used of  $0,0073 \text{ m}^3 / \text{s}$  so that the results were in the form of The average value of generator power in the test is 4,36 watts. The average value of the circumferential velocity is 10,17 rad / s. The average value of turbine power obtained is 2,43 watts. The highest efficiency value obtained is 10,20%. And the torque value obtained is 0,239 Nm. The data from the research results are declared normal because the average value of significance is greater than 0,05, then declared valid with the average value of significance obtained which is 0,000 or smaller than 0,05. and the data is declared reliable because the Cronbach alpha value  $> 0,007$  with an average value on each sample of 0,999.*

**Keywords:** Whirlpool .Performance. Multi Stage

## RIWAYAT HIDUP

Raju Sianturi lahir di desa Parriasan ,Kec Hutabayu Raja,Kab. Simalungun Prov. Sumatra Utara pada tanggal 30 Mei 1999, anak keenam dari enam bersaudara, dari pasangan Ayah yang bernama LIPER SIANTURI dan Ibu bernama TIORIA MANURUNG.

Pada tahun 2005 penulis masuk sekolah dasar di SD Negeri 091532 Pokan Baru dan lulus pada tahun 2011. Pada tahun 2011 melanjut sekolah di SMP Negeri 3 Pokan Baru dan lulus pada tahun 2014. Pada tahun 2014 Penulis melanjutkan sekolah di SMA Negeri 1 Tanah Jawa dan lulus pada tahun 2017. Pada tahun 2018 melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi Universitas Medan Area, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin. Selama kuliah penulis melaksanakan Praktek kerja lapangan (PKL) di PT Sarana Agro Nusantara pada tahun 2021. Puji Tuhan pada tahun 2023 penulis menyelesaikan pendidikan di Universitas Medan Area dengan gelar Sarjana Teknik



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniaNya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini adalah menganalisis kinerja turbin dengan judul Analisis Kinerja Turbin *Whirlpool* Dengan Menggunakan Jenis Sudu Bertingkat.

Terimakasih penulis sampaikan kepada Indra Hermawan, ST, MT dan Muhammad Idris, ST, MT yang telah banyak memberi saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada teman-teman satu team pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah yang sudah tiada,ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya .

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



Raju Sianturi

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	iv
ABSTRAK .....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR NOTASI.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Hipotesis Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Air .....	5
2.2. Turbin Air.....	6
2.3. Kinerja Turbin Air.....	7
2.3.1. Turbin impuls.....	7
2.3.2. Turbin Reaksi.....	7
2.4. Turbin <i>Whirlpool</i> .....	8
2.5. Komponen Komponen Turbin <i>Whirlpool</i> .....	9
2.5.1. Stator.....	9
2.5.2. Rotor .....	10
2.6. Cara Kerja Turbin <i>Whirlpool</i> .....	11
2.7. Turbin Dengan Sudu Bertingkat.....	11
2.7. Karakteristik Turbin Air .....	12
2.7.1. Debit air (Q).....	12
2.7.2. Daya air (Pa) .....	14
2.7.3. Daya turbin (Pt) .....	14
2.7.4. Kecepatan Keliling Turbin.....	14
2.7.5. Torsi turbin (T) .....	15
2.7.6. Daya generator .....	15

2.7.7. Efisiensi % .....	16
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>17</b>
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	17
3.1.1. Waktu.....	17
3.1.2. Tempat penelitian .....	17
3.2. Bahan Dan Alat .....	18
3.2.1 Bahan Penelitian .....	18
3.3. Metode Penelitian.....	27
3.3.1 Sistematika Penelitian.....	27
3.3.2 Teknik Pengumpulan data .....	28
3.4. Populasi Dan Sampel.....	29
3.4.1. Populasi.....	29
3.4.2. Sampel .....	29
3.5. Prosedur Kerja.....	30
3.5.1. Diagram Alir Penelitian.....	33
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
4.1. Hasil.....	34
4.2. Pembahasan .....	35
4.2.1. Debit Air (Q).....	35
4.2.2. Daya Air.....	36
4.2.3. Torsi (T).....	36
4.2.4. Kecepatan keliling turbin ( $\omega$ ) .....	37
4.2.5. Daya Turbin .....	38
4.2.6. Daya Generator .....	38
4.2.7. Efisiensi (%) .....	39
4.2.8. Grafik hasil percobaan .....	39
4.2.9. Analisis data menggunakan uji statistik .....	43
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>47</b>
5.1. Simpulan.....	47
5.2. Saran .....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Klasifikasi Powerhydro.....	8
Tabel 3. 1. Jadwal Tugas Akhir .....	17
Tabel 3. 2 Spesifikasi bilah sudu turbin.....	19
Tabel 3. 3 Table Populasi.....	29
Tabel 3. 4 Table Sampel.....	29
Tabel 3. 5 Parameter pengukuran.....	32
Table 4. 1 Hasil Kinerja Turbin <i>Whirlpool</i> .....	34
Table 4. 2 Data pada pengujian.....	35
Table 4. 3 Uji Normalitas.....	43
Table 4. 4 Hasil Uji Validitas.....	44
Table 4. 5 Uji Reliabelitas.....	46



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema PLTA .....	5
Gambar 2. 2 Prinsip Kerja Turbin Air .....	6
Gambar 2. 3. Turbin <i>whirlpool</i> .....	9
Gambar 2. 4 Turbin Vortex Bertingkat .....	12
Gambar 3. 1 Sketsa turbin <i>whirlpool</i> dengan sudu bertingkat .....	19
Gambar 3. 2 Turbin <i>Whirlpool</i> dengan sudu bertingkat .....	20
Gambar 3. 3 Alat Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Air .....	20
Gambar 3. 4 Sketsa Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Air .....	21
Gambar 3. 5 Sketsa Prototype Tampak Atas .....	21
Gambar 3. 6. Tachometer .....	22
Gambar 3. 7. Meter Ukur .....	22
Gambar 3. 8. Stopwatch handphone .....	23
Gambar 3. 9. Timbangan Tangan Digital .....	24
Gambar 3. 10 Multi Tester .....	25
Gambar 3. 11 Generator .....	25
Gambar 3. 12 Pompa air .....	26
Gambar 3. 13 Proses Membuka Pintu Air .....	30
Gambar 3. 14 Proses Mengukur Arus Listrik .....	31
Gambar 3. 15 Proses Mengukur Putaran Turbin .....	31
Gambar 3. 16 Proses Pengukuran Massa Turbin .....	31
Gambar 3. 17 Diagram Alir Penelitian .....	33
Gambar 4. 1 Hasil Pengujian Generator .....	40
Gambar 4. 2 Hasil Pengujian Torsi .....	40
Gambar 4. 3 Hasil Kecepatan Keliling turbin .....	41
Gambar 4. 4 Hasil Daya Turbin .....	42
Gambar 4. 5 Hasil Efisiensi .....	42



## DAFTAR NOTASI

$\rho$	= Massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )
$\omega$	= Kecepatan keliling turbin ( $\text{rad/s}$ )
$\eta$	= Efisiensi turbin (%)
$P_a$	= Daya turbin (Watt)
$P_g$	= Daya generator (Watt)
$g$	= Gaya gravitasi bumi ( $\text{m/s}^2$ )
$Q$	= Debit Air ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
$A$	= Luas penampang ( $\text{m}^2$ )
$v$	= Laju Aliran ( $\text{m/s}$ )
$P_t$	= Daya turbin (Watt)
$T$	= Torsi (Nm)
$V$	= Tegangan listrik (Volt)
$I$	= Arus (Ampere)



## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Kebutuhan manusia terhadap listrik adalah suatu hal yang penting saat ini khususnya di Indonesia. Kebutuhan listrik di Indonesia akan terus bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan industri pengolahan yang membutuhkan energi listrik. Melimpahnya aset energi di Indonesia, seperti pembangkit listrik tenaga air, panas bumi, angin dan lain-lain yang dapat dimanfaatkan untuk memperoleh listrik.

Berdasarkan data yang dimiliki kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Indonesia memiliki potensi tenaga air sebesar 75000 MW yang tersebar 15600 MW di pulau Sumatera, 4200 MW di pulau Jawa, pulau Kalimantan 21600 MW, pulau Sulawesi 10200 MW, pulau Bali, NTT, NTB, 620 MW, dan pulau Papua, menyimpan potensi tenaga air sebesar 22350 MW dari potensi nasional, dan yang dimanfaatkan saat ini hanya 10,1 % atau sebesar 75.000 MW (Fitroh & Adiwibowo, 2018). Oleh karena itu untuk mencukupi kebutuhan listrik masyarakat terutama yang tinggal di daerah yang belum di alir listrik, namun memiliki aliran air.pembangkit listrik tenaga air sangat tepat untuk di aplikasikan.

Pembangkit listrik di Indonesia dominan menggunakan energi fosil. Energi fosil semakin lama akan selalu berkurang di karenakan energi fosil merupakan energi yang tidak dapat di perbaharui. Untuk saat ini banyak pemanfaatan sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif, salah satunya adalah pembangkit listrik tenaga air. Tetapi untuk memanfaatkannya memerlukan alat untuk mengubah energi fluida menjadi energi

mekanik, salah satu alat yang dapat mengubah energi fluida menjadi energi mekanik yaitu turbin *Whirlpool*.

Turbin *whirlpool* dibuat oleh turbulent merupakan pembangkit listrik yang hampir dapat dipasang di semua kanal atau sungai memanfaatkan air yang mengalir untuk menghasilkan tenaga listrik bagi masyarakat sumber energi bersih yang juga ramah terhadap ikan ini selalu beroperasi setiap hari. Pembangkit mikro tenaga air dapat mensuplai energi dengan biaya yang rendah. Dengan teknologi yang diciptakan oleh Turbulent, turbin ini mampu bekerja di lingkungan pedesaan sepanjang ada sungai di dekatnya. Turbulent menyatakan bahwa turbin ciptaan mereka tidak membahayakan lingkungan serta dapat dipasang dengan mudah dalam waktu satu minggu saja (Umurani et al., 2020).

Pada penelitian sebelumnya (Simangunsong et al., 2021) Pengambilan data dilakukan melalui lima kali pengujian dengan menggunakan debit air yang sama yaitu  $0,00625 \text{ m}^3/\text{s}$  Sehingga hasil akhir didapatkan data berupa daya generator tertinggi sebesar 11,11 watt, daya turbin terbesar sebesar 0,570 watt, torsi tertinggi sebesar 0,059 Nm dan efisiensi turbin terbaik sebesar 4,05%.

Pada penelitian terdahulu Penulis mengamati ada beberapa kekurangan dalam kinerja turbin air terdahulu, diantaranya adalah bentuk sudu turbin yang tidak sesuai, tinggi jatuh air yang tidak bisa di atur, air yang tidak kontinu dan energi air yang terbuang. Serta untuk memanfaatkan energi air yang terbuang penulis berencana menggunakan turbin model dua tingkat (Ullah et al., 2019) dengan bentuk sudu yang di rencanakan. Sehingga penulis berharap dengan menggunakan jenis sudu bertingkat dan menyempurnakan alat tersebut dapat

berpengaruh besar terhadap kinerja turbin sehingga diharapkan akan lebih baik dari penelitian sebelumnya.

Dengan latar belakang tersebut penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul analisis kinerja turbin *whirlpool* dengan menggunakan jenis sudu bertingkat.

## 1.2. Perumusan Masalah.

Adapun yang di analisis pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro jenis *Whirlpool* antara lain torsi turbin, kecepatan sudut, daya turbin, daya generator dan efisiensi turbin. Penulis sangat tertarik untuk meneliti kinerja pada turbin *Whirlpool* dan melakukan uji statistik terhadap hasil yang diperoleh. Adapun perumusan masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah.

1. Bagaimana kinerja turbin *whirlpool* dengan menggunakan jenis sudu bertingkat?
2. Apakah data hasil dari pengujian berdistribusi normal, valid, dan reliabel?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka tujuan penelitian yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah.

1. Menganalisis kinerja turbin *whirlpool* dengan menggunakan jenis sudu bertingkat.
2. Melakukan uji statistic seperti normalitas, validitas dan reliabilitas untuk mengetahui apakah data hasil pengujian berdistribusi normal, valid, dan reliabel.

#### 1.4. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, adapun hipotesis pada penelitian ini adalah menunjukkan bagaimana kinerja turbin Jenis *whirlpool*. Adapun kinerja yang dimaksud adalah torsi turbin, kecepatan sudut, daya turbin, daya generator dan efisiensi. Untuk mengetahui data hasil kinerja turbin *whirlpool* apakah berdistribusi normal, valid, dan reliabel maka dilakukan uji statistik seperti *normalitas, validitas* dan *reliabilitas*.

#### 1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat pada penelitian ini adalah.

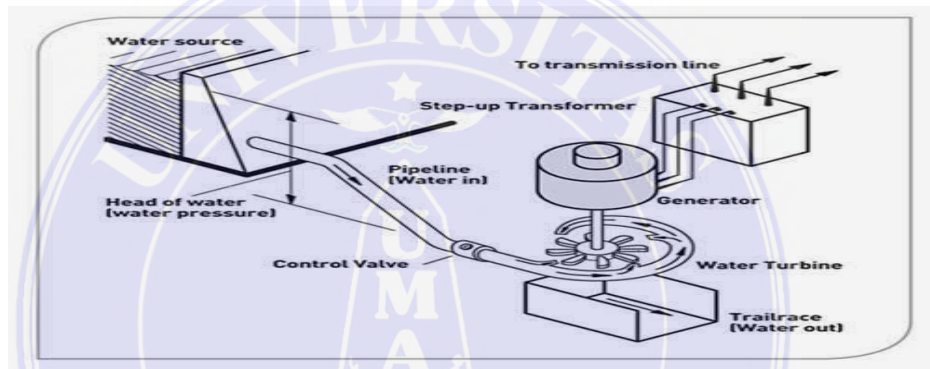
1. Mampu menerapkan teori yang penulis pelajari di perguruan tinggi ke dalam dunia kerja dan terlibat dalam kreativitas diri sehingga dapat membuka lapangan pekerjaan.
2. Untuk membantu mempelajari dan memahami pembangkit listrik tenaga air supaya dapat memanfaatkan energi air di sekitarnya.
3. Diharapkan mampu menjadi buku tambahan referensi dalam menambah wawasan tentang prinsip kerja dari sistem pembangkit listrik tenaga air.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan sumber pembangkit listrik yang menggunakan energi potensial dan kinetik dari air guna menghasilkan energi listrik. Di Indonesia sendiri, pembangkit listrik tenaga air memanfaatkan dari bendungan yang sengaja dibuat untuk menghasilkan listrik.



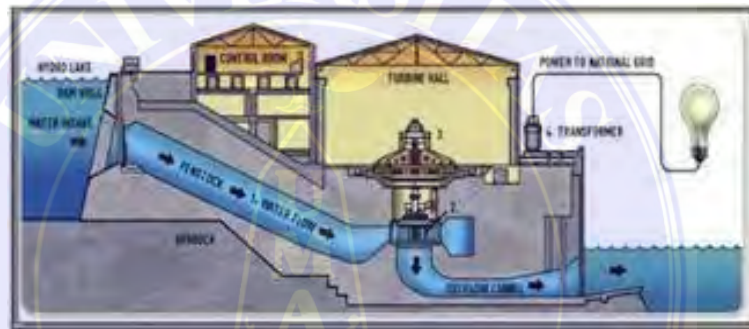
Gambar 2. 1 Skema PLTA

Energi listrik yang dibangkitkan ini biasa disebut sebagai hidroelektrik. PLTA memanfaatkan aliran air untuk dapat memutar turbin. Mekanisme kerja PLTA cukup sederhana, yaitu memanfaatkan energi potensial dan kinetik air untuk menghasilkan putaran pada turbin. Air dikumpulkan pada suatu area (*reservoir*) yang berada pada ketinggian tertentu. Turbin yang menjadi komponen utama untuk menghasilkan energi listrik terletak di dalam bangunan *power house* yang berada pada ketinggian yang lebih rendah dari reservoir. Saluran air (*penstock*) menghubungkan reservoir dengan powerhouse. Adanya perbedaan ketinggian antara *reservoir* dan *powerhouse* memungkinkan air mengalir di

dalam saluran air dari reservoir menuju powerhouse. Di dalam powerhouse, aliran air dari reservoir tadi memungkinkan turbin air yang telah terhubung ke generator untuk berputar, listrik pun dapat dihasilkan. (Yani et al., 2018)

## 2.2. Turbin Air

Turbin air adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Turbin ditemukan oleh seorang insinyur Perancis yang bernama Claude Bourdin pada awal abad ke-19.



Gambar 2. 2 Prinsip Kerja Turbin Air

Turbin ini menggunakan fluida kerja air. Air mengalir dari tempat tinggi ke tempat rendah. Dalam hal tersebut air memiliki energi potensial. Dalam proses aliran di dalam pipa energi potensial berangsur-angsur berubah menjadi energi kinetik. Di dalam turbin, energi kinetik air diubah menjadi energi mekanis, di mana air memutar roda turbin. (Irawan, 2018)

Kinerja turbin air terdapat pada sudu, yaitu suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, air sebagai fluida kerja mengalir melalui ruangan diantara sudu tersebut, dengan demikian roda turbin akan dapat berputar dan pada sudu akan ada gaya yang bekerja. Gaya tersebut akan terjadi karena ada perubahan momentum dari fluida kerja air yang mengalir diantara sudu-sudunya.

Sudu hendaknya dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat terjadi perubahan momentum pada fluida kerja air tersebut.

### 2.3. Kinerja Turbin Air

Berdasarkan perubahan energi. Turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi (Yani et al., 2018).

#### 2.3.1. Turbin impuls

Turbin impuls disebut juga dengan turbin air tekanan sama karena tekanan air yang keluar dari nosel tekanannya sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Sehingga energi tempat dan energi tekanan yang dimiliki oleh aliran air dirubah semuanya menjadi energi kecepatan.

Turbin air pelton adalah sebuah alat berbentuk lingkaran yang dibangun di sungai yang mempunyai debit air kecil tetapi mempunyai head yang tinggi. Alat ini berputar pada sumbunya karena adanya dorongan aliran air melalui pipa pesat yang cukup cepat. Sejalan dengan berputarnya turbin, alat ini sekaligus mengambil air dari sungai dan ditampung dalam sebuah bak penampung, selanjutnya dialirkan melalui sebuah pipa pesat dan dikeluarkan melewati sebuah nosel. Jenis turbin impuls diantaranya yaitu: Turbin Pelton, Turbin Turgo, Turbin *Cross Flow*

#### 2.3.2. Turbin Reaksi

Turbin Reaksi adalah turbin yang memanfaatkan seluruh energi (energi potensial, kinetik, dan tekanan) untuk menghasikan energi kinetik di sudu. Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan

gaya pada sudu sehingga *runner* (bagian turbin yang berputar) dapat berputar. Turbin yang bekerja berdasarkan prinsip ini dikelompokkan sebagai turbin reaksi. Runner turbin reaksi sepenuhnya tercelup dalam air dan berada dalam rumah turbin. Pada pengujian turbin air, turbin yang bekerja berdasarkan prinsip ini dikelompokkan sebagai jenis turbin reaksi diantaranya yaitu: Turbin Francis, Turbin Kaplan, dan turbin ulir atau *Archimedes Screw*.

Klasifikasi pembangkit listrik yang memanfaatkan energi air/hidro dapat dibedakan berdasarkan kapasitas daya yang di bangkitkan (Muhammad Luthfi Hakim, 2020). Seperti yang terlihat pada tabel 2.1 dibawah ini :

Tabel 2. 1. Klasifikasi Powerhydro

Klasifikasi	Daya
Large Hydro	> 100 MW
Medium Hydro	15 – 100 MW
Small Hydro	1 - 15 MW
Mini Hydro	100 kW – 1000 kW
Micro Hydro	5 kW – 100 kW
Pico Hydro	< 5 Kw

#### 2.4. Turbin *Whirlpool*

Turbin ini hanya memiliki satu komponen yang bergerak, sehingga umur teknisnya panjang dan tidak membutuhkan perawatan yang rumit. Sampah atau kotoran berukuran besar yang masuk dari sungai ditangkap oleh sebuah layar yang mampu membersihkan diri secara otomatis.

Menurut turbulent, bak beton dapat bertahan hingga seratus tahun, turbinya pun tidak akan mengganggu kehidupan ikan-ikan yang ada di sungai. Turbulent mengklaim bahwa seiring perjalanan waktu, pembangkit listrik tenaga air dengan bendungan dan turbin bertekanan tinggi yang semakin berkurang keberlanjutannya, dan tujuan adalah agar sumber energi dari air menjadi

berkelanjutan kembali. Sudu adalah gaya yang bekerja. Oleh karena itu sudu merupakan bagian yang sangat penting pada turbin. Berdasarkan uraian diatas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan mengenai prototype pembangkit listrik tenaga air tipe whirlpool terhadap torsi dan daya yang dihasilkan dengan melihat bagaimana pengaruh jumlah sudu prototype pembangkit listrik tenaga mikrohidro tipe *whirlpool* terhadap daya yang dihasilkan.(Umurani et al., 2020)



Gambar 2. 3.Turbin *whirlpool*

## 2.5. Komponen Komponen Turbin *Whirlpool*

Komponen-komponen utama turbin *whirlpool* adalah sebagai berikut :

### 2.5.1. Stator

Stator merupakan bagian pada turbin *whirlpool* yang berfungsi sebagai stasioner pada sistem rotor. Stator tersusun atas dua bagian yakni casing dan sudu diam/tetap (*fixed blade*).

#### 1. Casing

Casing merupakan suatu wadah berbentuk mirip rumah keong dimana turbin diletakkan. Pada bagian atas dipasang bantalan untuk menyangga poros turbin.



## 2. Sudu tetap

Sudu merupakan bagian turbin yang berfungsi sebagai tempat konversi energi. air sebagai fluida kerja mengalir diantara ruang sudu, dengan demikian roda turbin akan dapat berputar dan pada sudu akan ada gaya yang bekerja. Gaya tersebut terjadi karena adanya perubahan momentum dari fluida kerja air yang mengalir di antara sudu nya. selanjutnya diteruskan ke generator untuk menghasilkan energi listrik. Jenis sudu akan menentukan unjuk kerja suatu turbin yang akan mempengaruhi kecepatan tangensial untuk memutar roda turbin. Bentuk sudu yang memiliki koefisien drag yang tinggi antara lain sudu datar, sudu radius dan sudu radius tertutup. Semakin besar koefisien drag yang dimiliki oleh sebuah sudu maka semakin besar kemampuannya untuk memanfaatkan energi kinetik air yang menghantamnya(Sahbana & Anam, 2018)

### 2.5.2. Rotor

Rotor adalah bagian yang berputar pada sistem yang terdiri dari poros dan tempat pemasangan sudu yang mengelilingi rotor.

#### 1. Poros

Poros merupakan suatu elemen memanjang dengan penampang berbentuk silinder yang berfungsi sebagai penyalur daya ke generator.

#### 2. Sudu gerak

Sudu bergerak merupakan sirip-sirip turbin yang dipasang di sekeliling rotor membentuk piringan.

### 3. Bantalan

Bantalan merupakan penyangga poros turbin sehingga dapat bergerak dengan stabil dan bebas.

#### 2.6. Cara Kerja Turbin *Whirlpool*

Cara kerja Turbin *Whirlpool* adalah memanfaatkan beda ketinggian serta jumlah air yang jatuh (debit) meter perdetik yang disalurkan melalui plat. Air yang mengalir kemudian menggerakkan turbin, turbin di hubungkan dengan generator. Generator inilah yang dapat menghasilkan daya listrik. Untuk putaran turbin diteruskan ke generator bisa menggunakan sambungan sabuk dan menggunakan roda gigi. Listrik yang dihasilkan oleh generator ini akan melalui sistem penyimpanan guna mendapat tegangan yang di sesuaikan dengan kebutuhan Karakteristik Turbin Air(Pangestu & Kn, 2021)

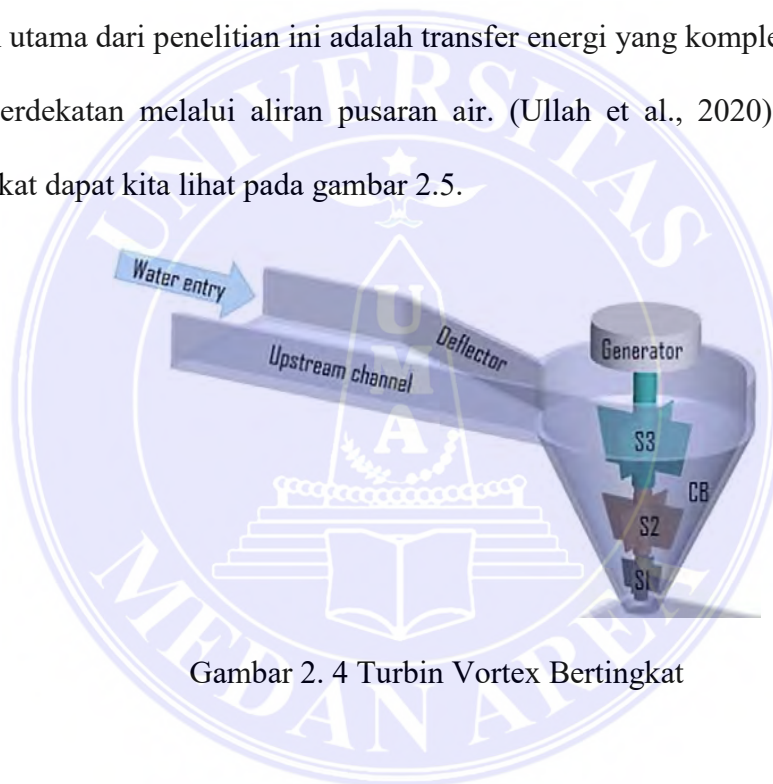
#### 2.7. Turbin Dengan Sudu Bertingkat

Turbin satu tingkat, biasanya berkapasitas kecil dan banyak digunakan untuk menggerakkan kompresor sentrifugal dan mesin-mesin lain yang serupa. Turbin bertingkat (multi-stage), biasanya berkapasitas besar dan digunakan untuk pembangkit-pembangkit listrik berkapasitas tinggi(Akbar & Fahrudin, 2018).

Turbin bertingkat merupakan suatu bentuk pemanfaatan energi air yang terbuang dari sudu pertama. Turbin bertingkat adalah turbin dengan head rendah yang memanfaatkan energi dari pusaran air yang diperoleh secara signifikan di dalam cekungan dengan konfigurasi silinder atau kerucut. Jenis-jenis cekungan yang terakhir membantu dalam pengulangan pusaran air setelah melewati turbin

pertama dan dengan demikian memberikan potensi tambahan untuk pemanfaatan daya pada ketinggian yang berbeda di sepanjang cekungan buangan air.

Dengan tidak adanya studi eksperimental terperinci tentang turbin bertingkat dalam cekungan berbentuk kerucut, sebuah studi pendahuluan yang telah dilakukan dengan menggunakan bilah tipe Savonius dan menghasilkan daya secara independen. Efek dari parameter desain yang penting seperti rasio diameter rotor terhadap diameter cekungan interaksi pusaran dan bilah sudu, Salah satu temuan utama dari penelitian ini adalah transfer energi yang kompleks antara rotor yang berdekatan melalui aliran pusaran air. (Ullah et al., 2020). Contoh turbin bertingkat dapat kita lihat pada gambar 2.5.



Gambar 2. 4 Turbin Vortex Bertingkat

## 2.7. Karakteristik Turbin Air

### 2.7.1. Debit air (Q)

Debit air merupakan ukuran banyaknya volume air yang dapat lewat dalam suatu penampang tertentu atau yang dapat ditampung dalam suatu tempat tiap satuan waktu (Ointu et al., 2020). Sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik ( $m^3/s$ ).

Didasarkan kesamaan kontinuitas, perhitungan luas penampang dan kecepatan fluida di setiap titik sepanjang suatu tabung aliran ialah konstan. Berdasarkan kesamaan tersebut menunjukkan kecepatan fluida mengalami pengurangan pada saat lewat dari penampang lebar serta mengalami penambahan pada saat lewat dari penampang sempit. maka untuk mencari debit air di gunakan persamaan persamaan (2.1) :

$$Q = A \cdot v \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

A : Luas penampang air( $m^2$ )

Q : debit air ( $m^3/s$ )

V :Kecepatan Aliran ( $m/s^2$ )

Berikut rumus yang digunakan untuk mengetahui ukuran luas penampang dapat dilihat pada persamaan 2.2.

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

A : Luas penampang air( $m^2$ )

D: Diameter lingkaran (m)

Adapun rumus yang digunakan untuk mencari kecepatan aliran dapat dilihat pada persamaan 2.3.

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \dots\dots\dots( 2.3)$$

Keterangan :

v :Kecepatan Aliran ( $m/s^2$ )

g : gravitasi bumi ( $m/s^2$ )

h : tinggi jatuh air (m)

### 2.7.2. Daya air (Pa)

Daya air didefinisikan sebagai daya yang dihasilkan oleh air yang mengalir dari suatu ketinggian (Priyo Heru Adiwibowo, S.T., 2018). Daya air dapat diketahui dengan mempergunakan persamaan 2.4

$$P_a = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

$\rho$  : massa jenis air (kg/m<sup>3</sup>)

Q : debit air (m<sup>3</sup>/s)

g : gravitasi bumi (m/s<sup>2</sup>)

h : tinggi jatuh air (m)

### 2.7.3. Daya turbin (Pt)

Daya turbin merupakan daya yang dibangkitkan oleh turbin air dengan mengubah energi kinetik air menjadi energi mekanik berupa putaran turbin (Simangunsong et al., 2021). Untuk mengetahui daya turbin yang dibangkitkan dapat dihitung dengan persamaan 2.5:

$$P_t = T \times \omega \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

T : Torsi (watt)

$\omega$  : Kecepatan keliling turbin (rpm)

### 2.7.4. Kecepatan Keliling Turbin

Kecepatan sudut adalah besaran vektor yang menyatakan frekuensi sudut suatu benda dan sumbu putarnya yang dinyatakan dalam satuan radian per detik (Simangunsong et al., 2021). Kecepatan sudut turbin dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.6



$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

$\omega$  : kecepatan keliling turbin (rad/s)

$$\pi : \frac{22}{7}$$

n : kecepatan putaran (rpm)

### 2.7.5. Torsi turbin (T)

Torsi adalah gaya pada sumbu putar yang dapat menyebabkan benda bergerak memutar atau melingkar(Okinawa et al., 2021). Untuk medapatkan nilai torsi dapat dihitung dengan persamaan (2.7) :

$$T = F \cdot r \dots\dots\dots(2.7)$$

dengan :

$$F = m$$

$$g = \text{Gravitasi } (9,81 \text{ m/s}^2)$$

r = Jari-jari poros (m)

T = Torsi (N.m)

### 2.7.6. Daya generator

Daya generator merupakan daya yang dibangkitkan oleh sebuah sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan energi kinetic air kemudian diteruskan ke generator. Untuk mengetahui daya yang dihasilkan generator dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.8):

$$P_g = V \cdot I \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

P : daya (watt)

V : tegangan listrik (volt)

I : arus (ampere)

### 2.7.7. Efisiensi %

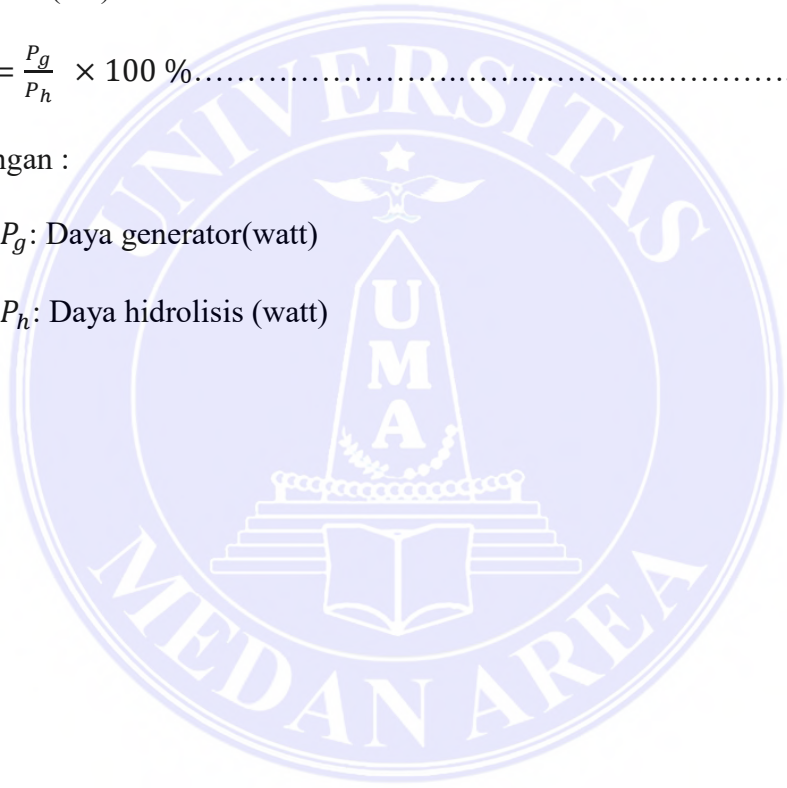
Untuk menentukan efisiensi pembangkit dilakukan perbandingan antara input dan output pada Pembangkit (Saputra et al., 2020). Maka ditentukan dengan persamaan (2.9).

$$\eta = \frac{P_g}{P_h} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

$P_g$ : Daya generator(watt)

$P_h$ : Daya hidrolisis (watt)



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

##### 3.1.1. Waktu

Waktu Penelitian di lakukan dari waktu pengesahan sampai dinyatakan selesai. Berikut adalah jadwal kegiatan penelitian yang di tunjuk pada table 3.1 di bawah ini.

Tabel 3. 1. Jadwal Tugas Akhir

Aktifitas	2022								2023							
	Mei		Juli		Okt		Des		Jan		Feb		Mei	Jun	Ags	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengajuan Judul	■	■														
Penulisan Proposal			■	■												
Seminar Proposal					■	■										
Proses Penelitian							■	■	■	■						
Pengolahan Data										■	■	■				
Penyelesaian Laporan											■	■	■			
Seminar Hasil													■	■		
Evaluasi dan persiapan Sidang															■	■
Sidang Sarjana																■

##### 3.1.2. Tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Panin Mas jln kongsi no.15 Marindal 1 Medan Aplas 20361 Sumatera Utara 20223.

### 3.2. Bahan Dan Alat

Untuk memudahkan peneliti adapun alat dan bahan yang menjadi hal penting dalam proses penelitian ini adalah sebagai berikut :

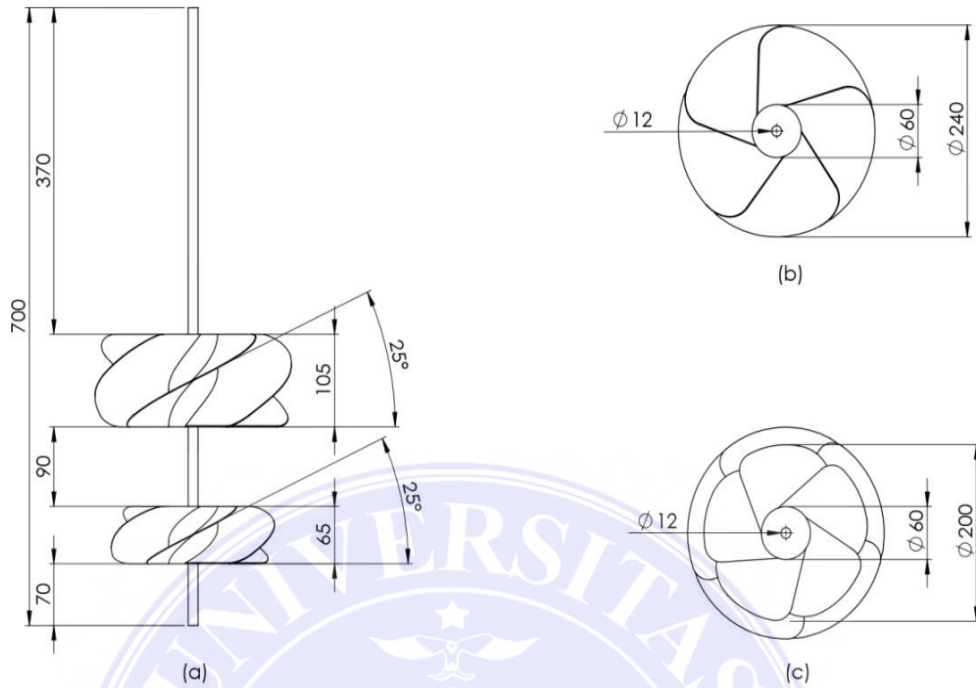
#### 3.2.1 Bahan Penelitan

Adapun bahan yang digunakan peneliti antara lain sebagai berikut.

1. Turbin *whirlpool* dengan sudu bertingkat

Turbin jenis *whirlpool* dengan sudu bertingkat digunakan peneliti untuk mengubah energi potensial yang dimiliki air menjadi energi kinetik.(Yani et al., 2017) . Selanjutnya energi kinetik ini akan dirubah menjadi energi elektrik melalui generator.

Turbin yang di gunakan penelitian ini merupakan turbin dengan material plat besi dengan model dua tingkat yang pada setiap tingkatannya menggunakan 5 bilah sudu..Untuk dimensi yang digunakan pada turbin *whirlpool* tampak depan dapat di lihat pada bagian (a) pada gambar di 3.1,untuk ukuran turbin *whirlpool* tampak atas dapat di lihat pada bagian (b),pada gambar 3.1, untuk ukuran turbin tampak bawah dapat di lihat pada bagian (c) pada gambar 3.1



Gambar 3. 1 Sketsa turbin *whirlpool* dengan sudu bertingkat

Untuk ukuran sudu pada turbin *Whirlpool* yang digunakan pada penelitian dapat kita lihat pada table 3.2.

Tabel 3. 2 Spesifikasi bilah sudu turbin

Variasi	Sudu Atas	Sudu Bawah
Diameter sudu	240 mm	200 mm
Diameter poros	1,2 mm	1,2 mm
Tebal plat sudu	0,8 mm	0,8 mm
Diameter bantalan sudu	60 mm	60 mm
Kemiringan sudu	25°	25°

Berikut adalah gambar turbin whirlpool dengan sudu bertingkat yang asli dengan dengan panjang poros 70 cm dan diameter 12 inci yang digunakan dapat kita lihat pada gambar 3.2.





Gambar 3. 2 Turbin *Whirlpool* dengan sudu bertingkat

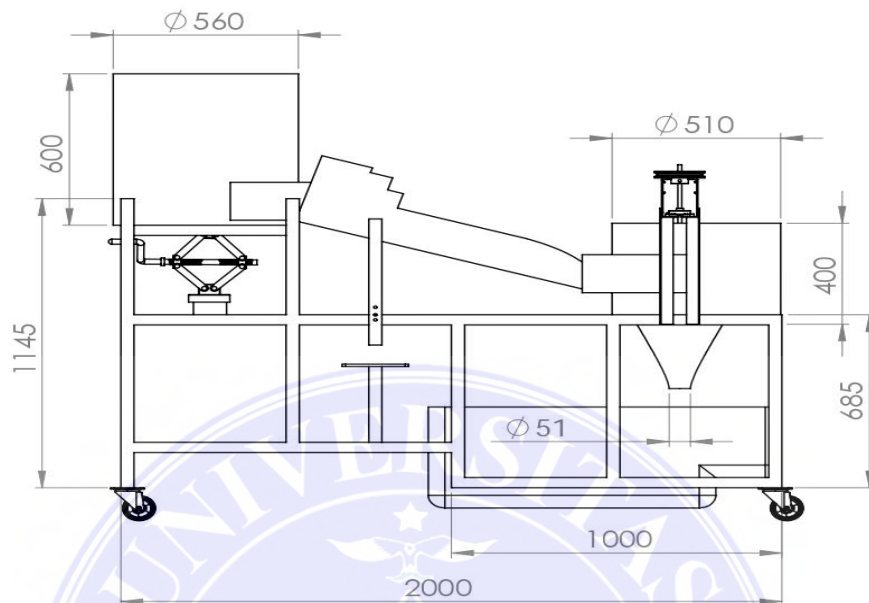
2. Prototype pembangkit listrik tenaga air.

Pada penelitian ini menggunakan *prototype* rancang bangun pembangkit listrik tenaga air skala kecil yang digunakan peneliti sebagai tempat terjadinya konversi energi potensial air menjadi energi mekanik pada sudu turbin yang terhubung pada generator sehingga menghasilkan listrik. Adapun gambar *prototype* yang digunakan dalam penelitian ini dapat kita lihat pada gambar 3.3. Dan untuk sketsa prototype dapat di lihat pada lampiran.



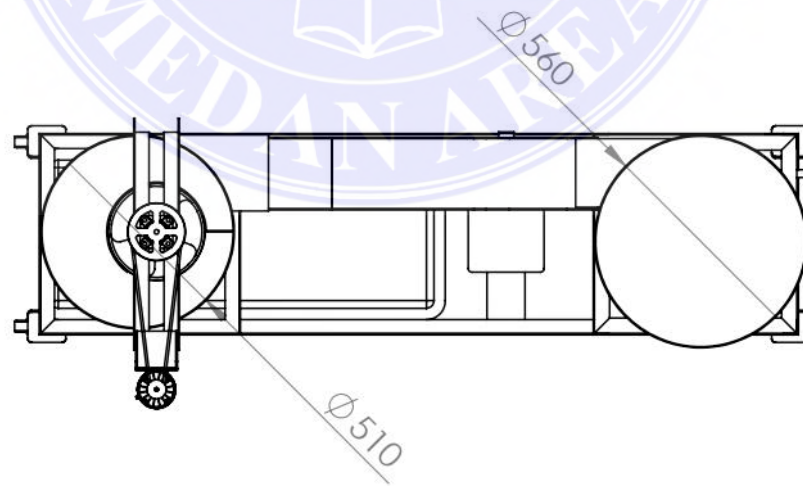
Gambar 3. 3 Alat Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Air

Adapun Sketsa prototype pada pembangkit listrik dapat di lihat pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Sketsa Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Air

Sketsa prototype pada pembangkit listrik tenaga air tampak atas dapat di lihat pada gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Sketsa Prototype Tampak Atas

### 3.2.2. Alat penelitian

Adapun alat yang di gunakan untuk mendukung penelitian adalah sebagai berikut:

#### 1. Tachometer

Tachometer adalah alat pengujian yang dirancang untuk mengukur kecepatan rotasi dari sebuah objek, seperti pengukuran putaran poros turbin. Tachometer dapat kita lihat pada gambar 3.6.



Gambar 3. 6.Tachometer

#### 2. Meter ukur

Meter ukur adalah alat yang digunakan untuk mengetahui dimensi dan lebar turbin *whirlpool* dan panjang saluran air. Meter ukur dapat kita lihat pada gambar 3.7.di bawah ini.



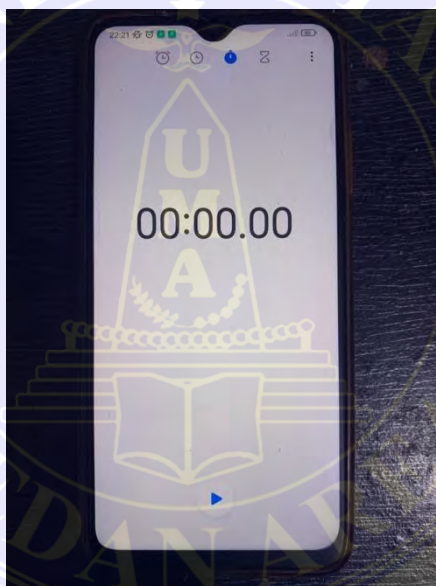
Gambar 3. 7.Meter Ukur

Spesifikasi :

- 1) Berat : 0,3 kg
- 2) Rentang pengukuran : 0,05 – 7,5 meter
- 3) Lebar : 19 millimeter

### 3. *Stopwatch*

*Stopwatch* handphone adalah alat yang digunakan untuk mengukur durasi waktu yang diperlukan dalam kegiatan penelitian saat mesin beroperasi hingga selesai. Untuk tampilan *Stopwatch* handphone dapat kita lihat seperti yang terlihat pada gambar 3.8. Di bawah ini.



Gambar 3. 8. Stopwatch handphone

Spesifikasi :

- 1) Tipe : stopwatch handphone
- 2) Merk : xiaomi poco m3



#### 4. Timbangan Tangan Digital

Timbangan adalah alat yang digunakan untuk pengukuran massa suatu benda. Dalam penelitian ini untuk mengukur torsi yang dihasilkan oleh turbin *Whirlpool*. Timbangan tangan digital dapat kita lihat pada gambar 3.9.



Gambar 3. 9. Timbangan Tangan Digital

Spesifikasi :

- 1) Kapasitas : 50 kg / 10 g (unit : g,kg,lb,oz)
- 2) Power : 3V (CR2023-1pcs)
- 3) *Data lock function with LCD indication*
- 4) *Overload indication*
5. *Multi Tester*

*Multimeter* adalah alat pengukur yang digunakan untuk mengetahui ukuran tegangan listrik, resistansi, dan arus listrik. Dalam penelitian ini digunakan untuk mengukur kuat arus dan tegangan listrik.. Multi tester dapat kita lihat pada gambar 3.10.





Gambar 3. 10 Multi Tester

Spesifikasi:

- 1) Ohm :x 10, x 100, x 100
- 2) ACV :10, 50, 250, 1000 VDC
- 3) DCV :10, 50, 250, 1000 VAC
- 4) DCMA: 0,5, 50, 500 MA
6. Generator

Generator adalah sebuah mesin yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik dari sumber energi mekanis. Untuk gambar Generator dapat dilihat seperti pada gambar 3.11 dibawah.



Gambar 3. 11 Generator

Spesifikasi generator yang digunakan dapat dilihat sebagai berikut.

- 1) Tegangan listrik : 24 Volt
- 2) Arus : 1,92 Ampere
- 3) Daya keluar : 30 Watt
- 4) Putaran maksimal : 1800 rpm
- 5) Torsi : 0,159 N.m
7. Pompa air

Pompa adalah alat untuk memindahkan fluida dari tempat satu ketempat lainnya yang bekerja atas dasar mengkonversikan energi mekanik menjadi energi kinetik. Energi mekanik yang diberikan alat tersebut digunakan untuk meningkatkan kecepatan, tekanan atau elevasi (ketinggian). Pada peneliti ini, jenis pompa yang digunakan adalah pompa air Robin Model SU 50. Gambar pompa air yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.12 dibawah.



Gambar 3. 12 Pompa air

Spesifikasi pompa yang digunakan dapat dilihat seperti berikut.

- 1) Lobang hisap dan buang : 50 mm
- 2) Kapasitas pengaliran maksimal : 560 L/menit
- 3) Kecepatan pengaliran : 3600 rpm

### 3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode secara *experimental*, metode penelitian yang digunakan dapat di jabarkan sebagai berikut.

#### 3.3.1 Sistematika Penelitian

Sistematika penelitian pada analisis kinerja turbin *whirlpool* dengan sudu bertingkat adalah sebagai berikut:

a. Studi Literatur

Studi literatur adalah serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data dan pustaka, membaca dan mencatat serta mengelolah bahan penelitian.

b. Penelitian Alat

Setelah melakukan studi literatur dan terkumpulnya data-data pendukung awal untuk mendukung penelitian ini maka langkah yang selanjutnya ialah melakukan penelitian pada alat yang sudah siap untuk di teliti.

c. Pengumpulan data hasil penelitian

Setelah melakukan proses penelitian penulis perlu mengumpulkan data hasil dari penelitian penulis.

d. Turbin *whirlpool* dengan jenis sudu bertingkat

Dalam penelitian ini penulis melakukan penelitian menggunakan turbin air dengan bentuk sudu bertingkat pada kinerja turbin *Whirlpool* yang sebagaimana terdapat pada judul penelitian penulis.

e. Pengolahan Data

Setelah melakukan penelitian dan pengumpulan data hasil penelitian turbin bertingkat pada kinerja turbin *Whirlpool* maka penulis melakukan

pengolahan data yang telah dikumpulkan untuk di analisis dan dibahas pada proses selanjutnya.

f. Pembahasan

Selanjut nya melakukan pembahasan dari hasil analisis penulis, dimana penulis perlu menghitung hasil dari analisis penelitian ini

g. Kesimpulan

Menyimpulkan hasil dari pembahasan yang sesuai dengan tujuan dan identifikasi rumusan masalah pada penelitian.

### 3.3.2 Teknik Pengumpulan data

Teknik pengumpulan dan analisa data adalah metode untuk mendapatkan hasil yang diperoleh dalam penelitian lalu diolah untuk mendapatkan hasil sehingga menjadi informasi dan data tersebut dapat di pahami sehingga berguna pada penelitian selanjutnya. Dalam peneltian in penulis menggunakan teknik dan analisa data sebagai berikut.

1. Observasi

Observasi adalah sebuah teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan pengamatan pada kegiatan dan melakukan pencatatan terhadap data penelitian dengan prosedur yang diterapkan.

2. Survei

Survei merupakan metode yang dilakukan dengan pengamatan terhadap kinerja alat penelitian secara langsung.

3. Studi dokumen

Studi dokumen merupakan metode pengumpulan data dengan mengutip pada jurnal dan buku-buku refrensi tentang turbin air.

### 3.4. Populasi Dan Sampel

#### 3.4.1. Populasi

Populasi yang digunakan pada penelitian ini adalah daya generator, torsi, daya turbin, efisiensi, dan kecepatan keliling turbin. Adapun banyaknya populasi yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada table 3.3

Tabel 3. 3 Table Populasi

NO	Kinerja Turbin	Populasi
1	Daya Generator	7
2	Torsi	7
3	Daya Turbin	7
4	Efisiensi	7
5	Kecepatan Keliling Turbin	7
Jumlah		35

#### 3.4.2. Sampel

Pada penelitian ini sampel yang digunakan adalah 5 sampel. Adapun daftar sampel dapat dilihat pada table 3.4.

Tabel 3. 4 Table Sampel

No	Kinerja Turbin	Populasi	Sampel
1	Daya Generator	7	1
2	Torsi	7	1
3	Daya Turbin	7	1
4	Efisiensi	7	1
5	Kecepatan Keliling Turbin	7	1
Jumlah		35	5



### 3.5. Prosedur Kerja

Berikut adalah proses yang dilakukan untuk menganalisa kinerja prototype pembangkit listrik tenaga tipe turbin *whirlpool* dengan jenis sudu bertingkat adalah sebagai berikut:

1. Melengkapi alat dan bahan penelitian yang akan di gunakan.
2. Menyusun dan melakukan penyetelan terhadap alat pengukuran yang akan di gunakan dalam percobaan.
3. Menggunakan pompa hidram untuk mengisi tabung *reservoir* atas agar mendapat kan aliran air yang kontinu.Untuk proses pengisian *reservoir* dapat di lihat pada gambar berikut
4. Membuka pintu air dengan bukaan yang direncanakan dapat kita lihat pada gambar 3.13.



Gambar 3. 13 Proses Membuka Pintu Air

5. Menghubungkan multimeter ke kabel output generator untuk mengetahui tegangan listrik yang dihasilkan alat ditunjuk pada gambar 3.14.



Gambar 3. 14 Proses Mengukur Arus Listrik

6. Memusatkan laser tachometer ke poros turbin untuk membaca putaran yang dihasilkan turbin *whirlpool* .Dapat di lihat pada gambar 3.15.



Gambar 3. 15 Proses Mengukur Putaran Turbin

7. Menghubungkan timbangan tangan dengan poros turbin untuk mengetahui torsi yang di hasilkan turbin 3.16.



Gambar 3. 16 Proses Pengukuran Massa Turbin

8. Menulis data yang di dihasilkan alat ukur.
9. Melakukan pengulangan pengujian sebanyak 7 kali percobaan.

Adapun Parameter dan alat ukur yang digunakan dalam analisis kinerja turbin *whirlpool* dengan sudu bertingkat adalah sebagai berikut:

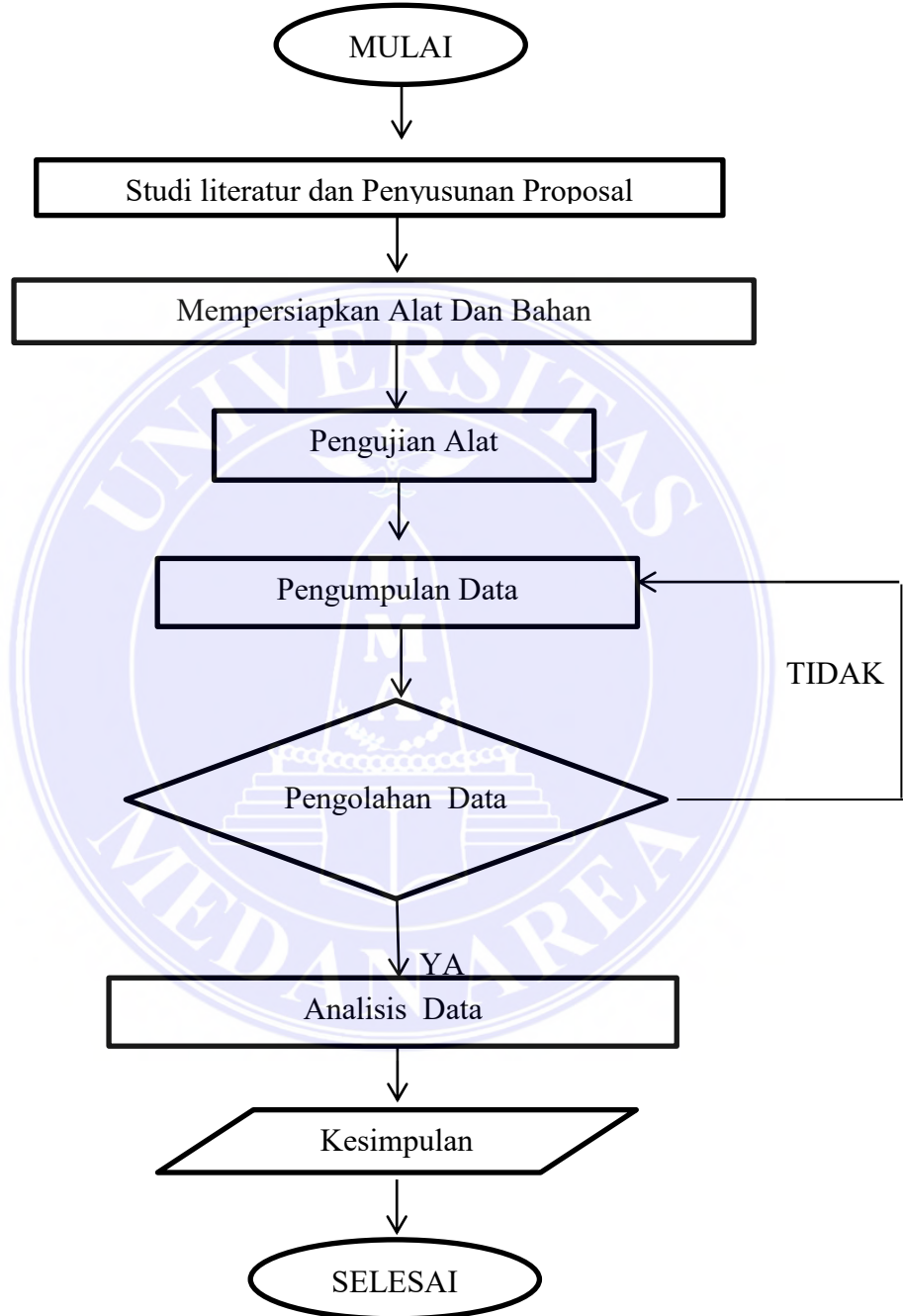
Tabel 3. 5 Parameter pengukuran

Parameter Pengukuran	Alat Ukur
Tinggi jatuh air	Meter ukur
Putaran (rpm)	Tachometer
Berat (kg)	Timbangan tangan
Tengangan (V) dan kuat arus ( A)	Multi tester
Waktu (s)	Stopwatch



### 3.5.1. Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah diagram alir dari beberapa tahapan yang dilakukan dalam proses penelitian ini seperti ditampilkan pada gambar berikut :



Gambar 3. 17 Diagram Alir Penelitian

## BAB V SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Simpulan

Berdasarkan data yang telah diperoleh dari setiap pengujian maka dapat di simpulkan sebagai berikut,

1. Adapun hasil yang diperoleh dari kinerja turbin *whirlpool* dengan menggunakan jenis sudu bertingkat yaitu nilai rata-rata daya generator 4,36 watt . Nilai rata-rata kecepatan keliling yaitu 10,17 rad/s. Nilai rata-rata daya turbin yang di peroleh yaitu 2,43 watt .Nilai efisiensi pembangkit tertinggi yang di dapat sebesar 10,20 %. Dan nilai rata-rata torsi yang diperoleh 0,239 Nm.
2. Data yang diperoleh dari hasil penelitian dinyatakan normal di karenakan nilai rata-rata signifikansi lebih besar dari 0,05 selanjutnya dinyatakan valid dengan nilai rata rata signifikansi yang diperoleh yaitu 0,000 atau lebih kecil dari 0,05 dan data dinyatakan reliabel karena nilai cronbach alpha > 0,007 dengan nilai rata-rata pada setiap sampel sebesar 0,999.

### 5.2. Saran

Setelah melakukan pegujian alat di lapangan maka saran yang dapat peneliti berikan jika ingin alat ini dikembangkan lebih efisien adalah sebagai berikut.

1. Untuk memanfaatkan energi air agar tidak meluap.Bilah sudu pada turbin atas dirancang agar lengkungan pada setiap bilahnya searah dengan bilah turbin bawah.



2. Untuk ukuran diameter pada pintu air lebih kecil dari ukuran keluaran air agar tidak terjadi genangan pada rumah turbin.
3. Untuk mendapatkan hasil kinerja yang konstan maka diharapkan menggunakan pompa air dengan daya yang lebih besar.



## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, A., & Fahrudin, A. (2018). *Rancang Bangun Turbin Air Crossflow Bertingkat Dua Dengan Variasi Jumlah Sudu Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh) Yang Efisien* (Issue August 2016).
- Fitroh, H. K., & Adiwibowo, P. H. (2018). Uji Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Tipe Sudu Melengkung Dengan Variasi Sudut Kemiringan. *Jurnal Teknik Mesin*, 1(01), 6. [http://www.dept.aoe.vt.edu/~mason/Mason\\_f/CATxtAppA.pdf](http://www.dept.aoe.vt.edu/~mason/Mason_f/CATxtAppA.pdf)<http://www.ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/1919><https://www.event.lemlit.trisakti.ac.id/semnas/article/view/3543>
- Irawan, H. S. R. Q. (2018). Analisis Performansi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Jenis Turbin Pelton Dengan Variasi Bukaannya Katup Dan Beban Lampu Menggunakan Inverter. *Jurnal Hasil Penelitian LPPM Untag Surabaya Januari*, 03(01), 27–31.
- Ointu, S., Surusa, F. E. P., & Zainuddin, M. (2020). Studi Perencanaan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berdasarkan Potensi Air yang Ada di Desa Pinogu. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 2(2), 30–38. <https://doi.org/10.37905/jjee.v2i2.4618>
- Okinawa, O., Hermawan, I., & Idris, M. (2021). Analisis Pengaruh Debit Air Terhadap Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh). *Jurnal Teknovasi*, 08, 49–59.
- Pangestu, A. D., & Kn, N. (2021). *Pembangkit Listrik Tenaga Air Dengan Teknik Turbulent Whirlpool*. 5(3), 58–65.
- Priyo Heru Adiwibowo, S.T., M. . (2018). Penambahan Kemiringan Sudut Sudu Berpenampang Plat Datar terhadap Kinerja Turbin Aliran Vortex. *Teknik Mesin*, 06(01), 105–113.
- Sahbana, M. A., & Anam, S. K. (2018). Pengaruh Jenis Sudu terhadap Daya dan Efisiensi Turbin Air Kinetik Poros Horizontal. *Proton*, 10(2), 20–24.
- Saputra, I. G. N., Jasa, L., & Wijaya, I. W. A. (2020). Pengaruh Jumlah Sudu Pada Prototype Pltmh. *Jurnal SPEKTRUM*, 7(4), 161–172.

- Simangunsong, W., Hermawan, I., & Nasution, A. (2021). ANALISIS DAYA GENERATOR DENGAN MENGGUNAKAN 4 BUAH SUDU TURBIN TIPE WHIRLPOOL PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO ( PLTMH ). *Jurnal Teknovas*, 08, 40–48.
- Ullah, R., Cheema, T. A., Saleem, A. S., Ahmad, S. M., Chattha, J. A., & Park, C. W. (2019). Performance analysis of multi-stage gravitational water vortex turbine. *Energy Conversion and Management*, 198. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.111788>
- Ullah, R., Cheema, T. A., Saleem, A. S., Ahmad, S. M., Chattha, J. A., & Park, C. W. (2020). Preliminary experimental study on multi-stage gravitational water vortex turbine in a conical basin. *Renewable Energy*, 145, 2516–2529. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.07.128>
- Umurani, K., Siregar, A. M., & Al-Amin, S. (2020). Pengaruh Jumlah Sudu Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Tipe Whirlpool Terhadap Kinerja. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 3(2), 103–111. <https://doi.org/10.30596/rmme.v3i2.5272>
- Yani, A., Mihdar, M., & Erianto, R. (2017). PENGARUH VARIASI BENTUK SUDU TERHADAP KINERJA TURBIN AIR KINETIK (Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Daerah Pedesaan). *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(1), 1–6. <https://doi.org/10.24127/trb.v5i1.113>
- Yani, A., Susanto, B., & Rosmiati, R. (2018). Analisis Jumlah Sudu Mangkuk Terhadap Kinerja Turbin Pelton Pada Alat Praktikum Turbin Air. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 7(2), 185–192. <https://doi.org/10.24127/trb.v7i2.805>