

**ANALISIS KINERJA PEMBANGKIT LISTRIK JENIS TURBIN  
WHIRLPOOL MENGGUNAKAN 5 BILAH SUDU**

**SKRIPSI**

**OLEH :  
RAHMAD GUNAWAN  
188130048**



**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

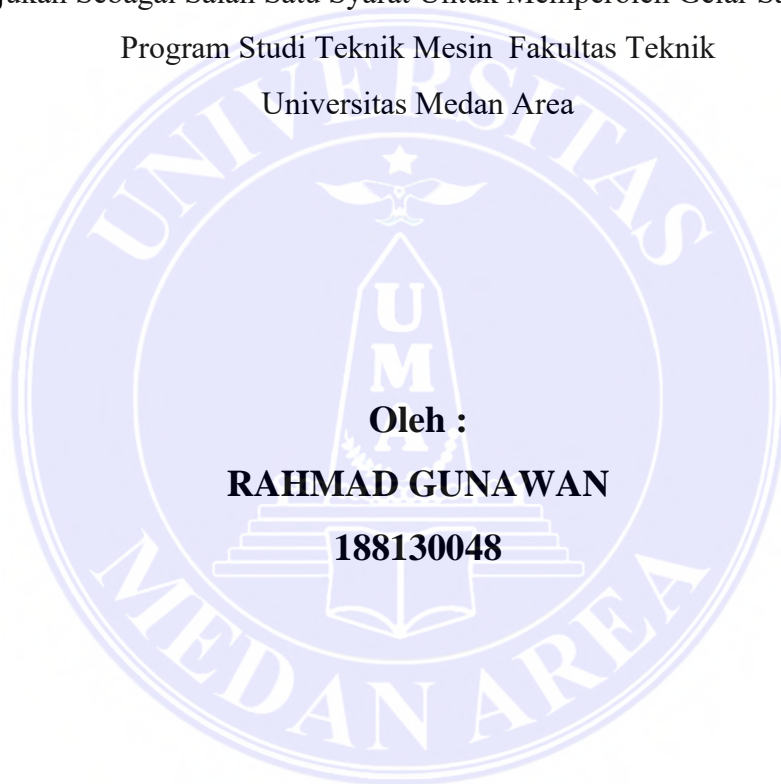
Document Accepted 30/8/23

Access From (repository.uma.ac.id)30/8/23

**ANALISIS KINERJA PEMBANGKIT LISTRIK JENIS  
TURBIN *WHIRLPOOL* MENGGUNAKAN 5 BILAH SUDU**

**SKRIPSI**

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



Oleh :

**RAHMAD GUNAWAN**

**188130048**

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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 30/8/23

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)30/8/23

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

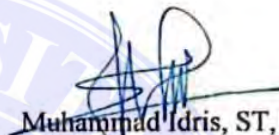
Judul Skripsi : Analisis Kinerja Pembangkit Listrik Jenis Turbin  
*Whirlpool Menggunakan 5 Bilah Sudu*  
Nama Mahasiswa : Rahmad Gunawan  
NIM : 188130048  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing



Indra Hermawan, ST, MT

Pembimbing I



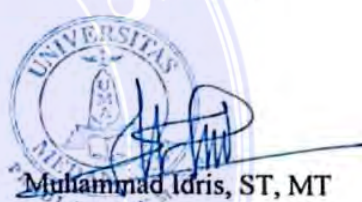
Muhammad Idris, ST, MT

Pembimbing II



Dr. Rahmad Syah, S. Kom, M. Kom

Dekan



Muhammad Idris, ST, MT

Ka. Prodi

Tanggal Lulus : 8 Agustus 2023

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulissaya 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 penulisanilmiah. 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, 8 Agustus 2023



Rahmad Gunawan

188130048



## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

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

---

Sebagai sivitas akademis Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rahmad Gunawan

NPM : 188130048

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalty Noneklusif ( *Non-exclusive Royalty-Free Right*) Tas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Kinerja Pembangkit Listrik Jenis Turbin Whirlpool Menggunakan 5 Bilah Sudu, beserta perangkat yang ada(jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalty Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengeloladalam bentuk pangkalandata (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/penciptadan sebagai pemilik Hak Cipta

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 8 Agustus 2023

10000  
59CAKX459532542  
MEDIAN AREA  
TAKAN  
(Rahmad Gunawan)

## ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa kinerja pembangkit listrik jenis turbin *Whirlpool* dengan menggunakan 5 bilah sudu dan untuk mengetahui data yang di peroleh dari hasil penelitian terdistribusi normal atau tidak, dengan melakukan uji Normalitas. Penelitian ini menggunakan teknik pengumpulan data dengan teknik observasi, survei, studi dokumen. Tahapan prosedur penelitian yang dilakukan meliputi persiapan alat uji, pengecekan alat uji dan bahan uji, melakukan percobaan dan pengukuran, mencatat data yang di dapat, dan menghitung hasil data yang di dapat. Penelitian ini dilakukan dengan 7 kali percobaan menggunakan jumlah sudu turbin 5 bilah dan dengan debit air  $0,011 \text{ m}^3/\text{s}$ , atau sekitar 11 liter/detik. Dan dengan ketinggian 67 cm atau 0,67 m. Dari hasil pengukuran di peroleh rata-rata hasil perhitungan dari daya air 72,083 watt, daya generator 4,897 watt, torsi 0,261 Nm, daya turbin 2,996 watt, efesiensi 6,794 %, dan kecepatan keliling turbin sebesar 11,470 rad/s. Daya generator yang paling tinggi di peroleh dari percobaan ke empat yaitu sebesar 5,341 watt, nilai torsi yang paling tertinggi di peroleh pada percobaan ke lima yaitu sebesar 0,268 Nm, kemudian nilai kecepatan turbin dengan beban generator tertinggi diperoleh pada percobaan ke tiga yaitu sebesar 10,707 Rpm, dan untuk nilai tertinggi dari kecepatan keliling turbin tanpa beban di peroleh pada percobaan pertama yaitu sebesar 11,942 Rpm, Nilai daya turbin beban generator tertinggi di peroleh pada percobaan ke tiga yaitu sebesar 2,811 Watt, untuk nilai daya turbin tanpa beban tertinggi diperoleh pada percobaan ke tiga sebesar 3,062 Watt, dan untuk nilai efesiensi turbin tertinggi diperoleh dari percobaan ke empat sebesar 7,410 %. Rata-rata daya listrik yang di hasilkan sebesar 4,897 watt.

**Kata Kunci:** Turbin *Whirlpool*;Pembangkit listrik;Lima Bilah sudu

## ABSTRACT

*The purpose of this research is to find out how the performance of a Whirlpool turbine type power plant uses 5 blade blades and to find out whether the data obtained from the research results is normally distributed or not, by carrying out the Normality test. This study uses data collection techniques with observation techniques, surveys, document studies. The stages of the research procedure carried out included preparing the test equipment, checking the test equipment and test material, conducting experiments and measurements, recording the data obtained, and calculating the results of the data obtained. This research was conducted with 7 trials using a total of 5 turbine blades and a water flow rate of  $0,011 \text{ m}^3/\text{s}$ , or about 11 liters/second. And with a height of 67 cm or 0,67 m. From the measurement results, the average calculation result is obtained from water power of 72,083 watts, generator power of 4,897 watts, torque of 0,261 Nm, turbine power of 2,996 watts, efficiency of 6,794 %, and turbine circumference of 11.470 rad/s. The highest generator power was obtained from the fourth experiment which was 5,341 watts, the highest torque value was obtained in the fifth experiment which was 0,268 Nm, then the turbine speed value with the highest generator load was obtained in the third experiment which was 10,707 Rpm, and for the highest value of the circular speed of the turbine without load, it was obtained in the first experiment, which was 11,942 Rpm. The highest generator load turbine power value was obtained in the third experiment, which was 2,811 Watt, for the turbine power value without The highest load was obtained in the third experiment of 3,062 Watt, and the highest turbine efficiency value was obtained in the fourth experiment of 7,410 %. The average electric power generated is 4,897 watts*

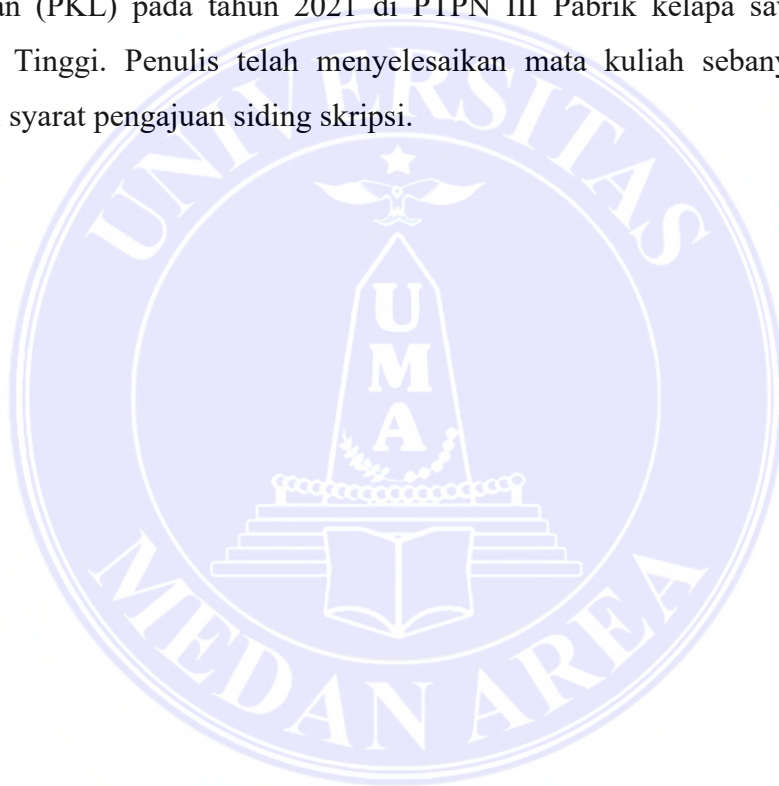
**Keywords:** Whirlpool turbine; power plant; five blades

## RIWAYAT HIDUP

Penulis di lahirkan di Desa Mompang Julu, Kecamatan Panyabunyan Utara, Kabupaten mandailing Natal. Pada tanggal 11 januari 2000 dari ayah Jakfar Siddik dan Ibu Suraidah. Penulis merupakan putra ke 2 dari 6 bersaudara.

Tahun 2018 penulis lulus dari SMK (Sekolah Menengah Kejuruan) dan pada tahun 2018 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Selama mengikuti mata kuliah, penulis melaksanakan praktek kerja lapangan (PKL) pada tahun 2021 di PTPN III Pabrik kelapa sawit Rambutan Tebing Tinggi. Penulis telah menyelesaikan mata kuliah sebanyak 146 SKS sebagai syarat pengajuan siding skripsi.





## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniaNya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah pembuatan turbin air dan pengujian kinerja turbin air dengan judul Analisis kinerja pembangkit listrik jenis turbin whirlpool menggunakan 5 bilah sudu. Terima kasih penulis sampaikan kepada bapak Indra Hermawan, ST., MT. dan bapak Muhammad Idris, ST., MT. selaku pembimbing 1 dan pembimbing 2 penulis, yang telah banyak memberikan saran dan masukan kepada penulis selama proses pengerjaan penelitian ini. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada rekan-rekan satu tim dan teman-teman seangkatan yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa tugas akhir/skripsi/tesis ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir/skripsi/tesis ini. Penulis berharap tugas akhir/skripsi/tesis ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan Pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



(Rahmad Gunawan)

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	iv
ABSTRAK .....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
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
1.5.1 Manfaat Ilmiah.....	4
1.5.2 Manfaat Praktis.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Air.....	5
2.2. Turbin Air.....	5
2.3. Jenis-Jenis Turbin Air .....	6
2.3.1. Turbin Impuls .....	6
2.3.2. Turbin Reaksi.....	9
2.4. Turbin <i>Whirlpool</i> .....	11
2.4.1. Cara Kerja Turbin <i>Whirlpool</i> .....	12
2.5. Generator .....	12
2.6. Aliran Fluida .....	13
2.6.1. Aliran laminar .....	13
2.6.2. Aliran transisi.....	14
2.6.3. Aliran turbulen.....	15
2.7. Karakteristik Turbin Air.....	16
2.7.1. Debit Air .....	16
2.7.2. Daya air.....	17
2.7.3. Torsi (T).....	18
2.7.4. Kecepatan keliling turbin.....	18
2.7.5. Daya turbin .....	19
2.7.6. Daya generator.....	19
2.7.7. Efisiensi.....	19
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>20</b>
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	20
3.1.1. Waktu.....	20
3.1.2. Tempat .....	20
3.2. Bahan dan Alat.....	21

3.2.1 Bahan Penelitian .....	21
3.2.2 Peralatan. ....	23
3.3. Metode Penelitian.....	28
3.4. Populasi dan Sampel .....	29
3.4.1 Populasi.....	29
3.4.2 Sampel .....	30
3.5. Prosedur kerja.....	30
3.5.1. Diagram Alir Penelitian .....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	35
4.1. Hasil .....	35
4.2. Pembahasan .....	36
4.2.1. Perhitungan debit .....	36
4.2.2. Menghitung daya air .....	37
4.2.3. Perhitungan daya generator .....	38
4.2.4. Perhitungan kecepatan keliling turbin .....	38
4.2.5. Perhitungan Torsi.....	39
4.2.6. Pengukuran daya turbin .....	40
4.2.7. Menghitung efisiensi.....	40
4.2.8. Grafik hasil percobaan .....	41
4.3. Uji Normalitas dengan teknik Kolmogorov-Smirnov.....	45
4.4. Uji Validasi dan Reliabilitas .....	47
BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....	48
5.1 Simpulan.....	48
5.2 Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA .....	50

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Jadwal kegiatan penelitian .....	20
Tabel 3. 2 Tabel populasi.....	30
Tabel 3. 3 Tabel sampel .....	30
Tabel 3. 4 Parameter pengukuran.....	33
Tabel 4. 1 Tabel hasil penelitian .....	35
Tabel 4. 2 Tabel data penelitian .....	36
Tabel 4. 3 Uji Normalitas.....	45
Tabel 4. 4 Uji Validasi dan Reliabilitas .....	47





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Turbin Pelton.....	7
Gambar 2. 2 Turbin Cross-Flow .....	8
Gambar 2. 3 Turbin Turgo .....	9
Gambar 2. 4 Turbin Francis .....	10
Gambar 2. 5 Turbin Kaplan .....	10
Gambar 2. 6 Turbin Whirlpool.....	11
Gambar 2. 7 Cara Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Air.....	12
Gambar 2. 8 Generator listrik.....	13
Gambar 2. 9 Ilustrasi Aliran Laminar .....	14
Gambar 2. 10 Ilustrasi Aliran Transisi .....	14
Gambar 2. 11 Ilustrasi Aliran Turbulen. ....	15
Gambar 3. 1 Sketsa turbin whirlpool (a) tampak samping (b) tampak atas .....	21
Gambar 3. 2 Turbin whirlpool yang dibuat.....	21
Gambar 3. 3 Sudu turbin whirlpool (a) tampak depan (b) tampak atas .....	22
Gambar 3. 4 Sudu turbin whirlpool asli .....	23
Gambar 3. 5 Meter ukur .....	23
Gambar 3. 6 Tachometer.....	24
Gambar 3. 7 Stopwatch handphone .....	25
Gambar 3. 8 Timbangan tangan digital.....	26
Gambar 3. 9 Multitester .....	26
Gambar 3. 10 Generator .....	27
Gambar 3. 11 Pompa air.....	28
Gambar 3. 12 Proses pembukaan pintu air .....	31
Gambar 3. 13 Mengukur Tegangan listrik menggunakan multitester .....	32
Gambar 3. 14 Mengukur Arus menggunakan multitester .....	32
Gambar 3. 15. Mengukur putaran turbin dengan tachometer .....	32
Gambar 3. 16 Mengukur Torsi dengan timbangan tangan digital .....	33
Gambar 3. 17 Diagram Alir Penelitian .....	34
Gambar 4. 1 Perbandingan daya generator .....	41
Gambar 4. 2 Perbandingan Torsi .....	42
Gambar 4. 3 Perbandingan daya turbin beban generator dan tanpa beban .....	42
Gambar 4. 4 Perbandingan Efisiensi .....	43
Gambar 4. 5 Perbandingan kecepatan keliling turbin .....	44

## DAFTAR NOTASI

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



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Energi listrik adalah salah satu kebutuhan manusia yang sangat penting, buktinya bahwa merupakan kebutuhan pokok manusia. Jenis pembangkit listrik yang paling banyak dipergunakan adalah diantaranya, pembangkit listrik tenaga air (PLTA), Pembangkit listrik tenaga gas bumi (PLTG), Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), Pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD), Pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN). Secara teknisnya, *Mikrohidro* mempunyai beberapa komponen utama yaitu air, merupakan sumber energi turbin dan generator. Air yang mengalir dengan kapasitas tertentu yang dialirkan dengan ketinggian tertentu melalui pipa pesat menuju rumah instalasi (*powerhouse*). (Umurani et al., 2020)

Indonesia adalah negara yang sangat kaya akan sumber daya energi terbarukan. Berdasarkan Indonesia Energy Outlook (2019), Indonesia berpotensi dapat menghasilkan energi listrik sebesar 94.3 GigaWatt di PLTA, namun hanya sedikit yang bisa di manfaatkan yaitu sekitar 4.2 GigaWatt (Zakariz, 2022)

Salah satu energi alternatif yang berpotensi di manfaatkan oleh negara Indonesia adalah energi airnya. Indonesia mempunyai iklim tropis dan curah hujan yang tinggi sehingga pemanfaatan secara luas dengan kebutuhan energi listrik dapat terpenuhi bahkan ke daerah-daerah pedesaan. Dari Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (2006), potensi energi air di Indonesia yang bisa untuk dimanfaatkan menjadi energi listrik berkisar mencapai 75.670 MW sedangkan masih sekitar 4.200 MW atau sekitar 5,55% dari potensi yang dimiliki tersebut yang termanfaatkan. (Syarif et al., 2018)

Pada penelitian sebelumnya juga pernah menganalisa kinerja turbin *Whirlpool* yang menggunakan jumlah sudu 6 dan 8. Kemudian variasi debit air berbeda-beda, yaitu 90 liter/menit, 110 liter/menit, 125 liter/menit, 135 liter/menit, dan 150 liter/menit. Dari penelitian tersebut di dapatkan Torsi paling rendah terdapat pada jumlah sudu 6 dengan debit airnya 90 liter/menit dan nilai Torsinya = 7,60858 kg.mm kemudian torsi tertinggi diperoleh pada jumlah sudu 8 dengan debit airnya 150 liter/menit dan Torsi = 10,06572 kg.mm (Umurani et al., 2020).

Pada penelitian sebelumnya juga menganalisis kinerja turbin *Whirlpool* yang menggunakan 6 sudu dengan menggunakan debit yaitu 0,00625 m<sup>3</sup>/s dengan melakukan 5 kali percobaan didapatkan daya turbinnya yang terbesar pada percobaan pertama yaitu sebesar 0,717 Watt dan daya turbin terendah diperoleh pada percobaan keempat yaitu 0,516 Watt, dan rata rata yang di dapat pada semua percobaan yaitu sekitar 0,607 Watt. Kemudian daya generator paling besar terdapat di percobaan pertama dan di percobaan ke tiga dengan nilai yang sama yaitu sebesar 11,12 Watt dan daya terendah di percobaan kedua, keempat, dan kelima dengan hasil yang sama yaitu 10,53 Watt dan rata rata yang di dapat pada setiap percobaan adalah 10,76 Watt (Firhan et al., 2021).

Dari penelitian-penelitian terdahulu, penulis mengamati bahwa jenis bentuk sudu turbin yang dibuat sebelumnya memiliki bentuk yang berbeda dengan bentuk sudu turbin yang di rencanakan oleh penulis, sehingga penulis berpendapat dengan menggunakan jenis bilah sudu yang direncanakan dapat berpengaruh besar terhadap kinerja turbin sehingga diharapkan akan lebih baik dari penelitian-penelitian terdahulu.



Dari uraian yang ada di atas, maka penulis akan mencoba melakukan penelitian mengenai *prototype* pembangkit listrik jenis turbin *Whirlpool* terhadap kinerja yang dihasilkan dengan menggunakan jumlah sudu 5 bilah.

## 1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, permasalahan yang dapat dibahas pada skripsi ini adalah :

- a. Bagaimana,kinerja pembangkit listrik jenis turbin *Whirlpool* dengan menggunakan 5 bilah sudu?
- b. Bagaimana data yang di peroleh dengan melakukan uji normalitas, uji validasi dan reliabilitas pada semua data hasil penelitian?

## 1.3 Tujuan penelitian

Ada pun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

- a. Menganalisis kinerja pembangkit listrik jenis turbin *Whirlpool* dengan menggunakan 5 bilah sudu.
- b. Melakukan uji Normalitas, uji validasi dan reliabilitas untuk mengetahui apakah data yang diperoleh dengan beberapa kali percobaan terdistribusi normal, valid dan reliabel atau tidak.

## 1.4 Hipotesis Penelitian

Pada penelitian ini, turbin air yang akan diteliti adalah turbin whirlpool yaitu turbin air yang memanfaatkan pusaran air untuk memutar turbin. Untuk mendapatkan putaran turbin yang cepat dibutuhkan jumlah sudu turbin yang sesuai, disini peneliti menggunakan jumlah sudu turbin 5 bilah. Untuk membuktikan apakah jumlah sudu yang dibuat sesuai maka dapat dilakukan penelitian dan kemudian membandingkan pada penelitian terdahulu. Adapun metode yang di pakai dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan menggunakan uji normalitas, validasi dan reliabilitas.

## 1.5 Manfaat Penelitian.

### 1.5.1 Manfaat Ilmiah

Ada pun Manfaat ilmiah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

- a. Mengetahui hasil perhitungan daya yang dihasilkan turbin *Whirlpool* dengan menggunakan 5 bilah sudu
- b. Mengetahui hasil uji normalitas, validasi dan reliabilitas dari data yang diperoleh dari pengujian turbin *Whirlpool*
- c. Mengetahui hasil perhitungan dan analisis efesiensi turbin *Whirlpool*

### 1.5.2 Manfaat Praktis.

Ada pun manfaat praktis pada penelitian ini adalah :

- a. Memahami unjuk kerja turbin *Whirlpool* dengan menggunakan 5 bilah sudu
- b. Memberikan pengetahuan tentang unjuk kerja turbin *Whirlpool* pada penelitian yang dilakukan
- c. Untuk menyelesaikan perkuliahan bagi penulis

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pembangkit listrik tenaga air atau PLTA merupakan pembangkit listrik yang menggunakan energi air baik energi kinetik maupun energi potensial untuk menghasilkan dan memproduksi energi listrik. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun atau aliran air di sungai. (Sahbana & Anam, 2018)

Air merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah didapat, karena pada air tersimpan energi potensial (pada air jatuh) dan energi *kinetik* (pada air mengalir). Tenaga air (*Hydropower*) adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. (Sahbana & Anam, 2018)

#### 2.2. Turbin Air

Turbin air merupakan mesin yang berputar diakibatkan oleh energi *kinetik* dan potensial dari aliran fluida. Fluida yang bergerak menjadikan *blade* pada turbin berputar dan menghasilkan energi untuk menggerakkan rotor. Perbedaan dasar antara turbin air awal dengan kincir air terletak pada komponen. Komponen pada turbin lebih optimal dan dapat memanfaatkan air dengan putaran lebih cepat serta dapat memanfaatkan *Head* yang lebih tinggi. Komponen kincir lebih sederhana dengan biaya peralatan dan perawatan yang lebih murah. Turbin berfungsi untuk mengubah energi potensial dan *kinetik* menjadi energi mekanik. Gaya jatuh air yang mendorong baling-baling menyebabkan turbin berputar. Komponen-komponen utama pada turbin air terdiri dari rotor dan stator. Rotor

merupakan bagian yang berputar pada sistem turbin air, Sedangkan Stator merupakan bagian yang diam pada turbin air.(Pangestu & Kn, 2021)

Adapun fungsi turbin adalah untuk mengubah energi potensial menjadi gaya mekanik. Gaya jatuh air yang mendorong baling-baling yang menyebabkan turbin berputar. Turbin air kebanyakan seperti kincir angin dengan menggantikan fungsi dorong angin untuk memutar turbin. Kemudian perputaran turbin yang disebabkan oleh dorongan air jatuh tersebut akan di hubungkan ke generator.

Prinsip kerja turbin air adalah menggunakan energi potensial dari air menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Aliran air yang mempunyai energi potensial akan di alirkan ke sudu turbin. Kemudian putaran dari sudu-sudu tersebut akan mengakibatkan poros turbin ikut berputar dan kemudian perputaran poros-poros turbin akan di teruskan ke generator untuk kemudian di ubah menjadi energi listrik.

### **2.3. Jenis-Jenis Turbin Air**

Turbin air dibedakan dalam dua golongan utama, yaitu dipandang dari segi pengubahan momentum fluida kerjanya. Yaitu :

#### **2.3.1. Turbin Impuls**

Turbin impuls merupakan jenis turbin tekanan sama. Tekanan yang sama tersebut yaitu tekanan pada aliran air yang keluar dari nosel turbin dan tekanan atmosfer lingkungan yang di sekitar turbin. Pada turbin impuls air dengan tinggi jatuh tertentu dirubah menjadi energi *kinetik* melalui nosel. Keluar dari nosel, pancaran air menumbuk sudu dan memutar poros kemudian mengalir dengan tekanan konstan.(Sahbana & Anam, 2018)

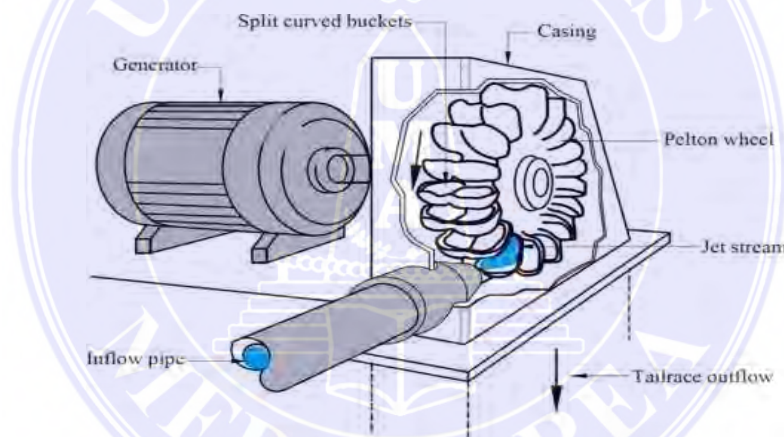


Adapun jenis-jenis turbin Impuls adalah sebagai berikut :

a. Turbin Pelton

Turbin pelton merupakan salah satu dari jenis turbin air khususnya turbin impuls yang paling efisien dibandingkan dengan turbin impuls lainnya. Turbin pelton terdiri dari satu set sudu jalan atau *runner* yang diputar oleh semburan air yang disempatkan melalui satu atau beberapa nosel.

Turbin pelton untuk pembangkit skala yang besar maka turbin membutuhkan *Head* yang sangat tinggi yaitu sekitar 150 meter. Sedangkan untuk skala mikro turbin pelton hanya membutuhkan *Head* sekitar 20 meter. Gambar turbin pelton sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 2.1 di bawah ini.

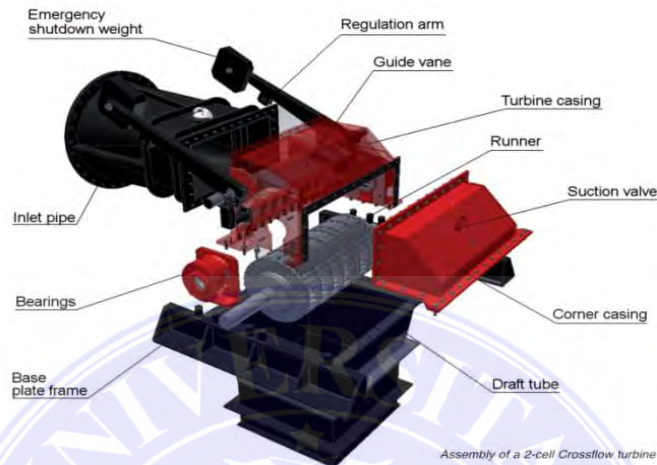


Gambar 2. 1 Turbin Pelton

b. Turbin *Cross-Flow*

Turbin *Cross-Flow* adalah turbin impuls jenis aliran radial, turbin bertekanan kecil dengan injeksi tangensial dari putaran kipas dengan poros horisontal. Aliran air mengalir melalui pintu masuk pipa, dan diatur oleh baling-baling pemacu dan masuk ke putaran kipas turbin. Setelah air melewati putaran kipas turbin, air berada pada putaran kipas yang berlawanan, sehingga memberikan efisiensi tambahan. energi mekanik fluida yang akan diberikan ke

turbin setelah dikurangi gesekan dan rugi-rugi lainnya yang dikenal dengan *Water House Power* (WHP). (Saleh et al., 2019) Gambar turbin *Cross-Flow* sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 2.2 di bawah ini.

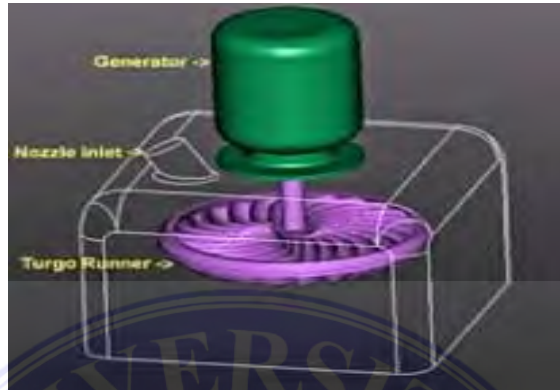


Gambar 2. 2 Turbin *Cross-Flow*

### c. Turbin Turgo

Turbin Turgo merupakan salah satu jenis turbin yang dapat digunakan pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Mikrohidro*. Turbin Turgo dikembangkan pada tahun 1919 oleh Gilkes sebagai modifikasi turbin Pelton. Perbedaan utama antara turbin Pelton dan turbin Turgo adalah bentuk sudunya, bentuk sudu turbin Turgo adalah setengah dari bentuk sudu turbin Pelton dengan jumlah dan ukuran sudu yang sama. Selama ini bentuk luas penampang *nosel* yang banyak digunakan adalah bentuk lingkaran. Untuk mengetahui apakah ada pengaruh terhadap jumlah sudu yang dipasang pada runner turbin dan bentuk penampang nosel, sehingga tugas akhir ini akan dilakukan pengembangan turbin air Turgo dengan variasi jumlah sudu dengan bentuk sudu mangkuk atau *bucket*. Variasi jumlah sudu yang akan digunakan yaitu 17 buah, 18 buah, 19 buah dan 20 buah. Dengan melakukan modifikasi bentuk penampang nosel menjadi persegi yang memiliki luasan yang

sama dengan nosel berpenampang bentuk lingkaran.(Bono, Drs, S.T., M.Eng , Suwarti, S.T. & Jurusan, 2019). Gambar turbin turgo sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2. 3 Turbin Turgo

### 2.3.2. Turbin Reaksi

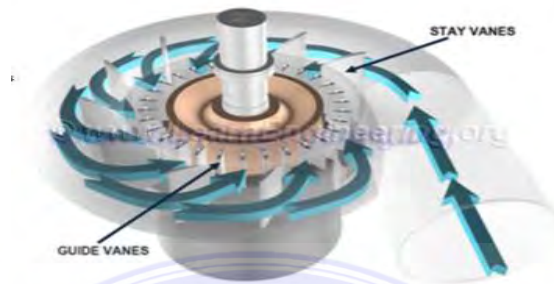
Turbin reaksi adalah turbin yang cara kerjanya merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi *kinetik*. Turbin reaksi bekerja dengan memanfaatkan perbedaan tekanan masuk dan keluar turbin. Pada sisi masuknya energi tekanan sebanding dengan energi *kinetik*. Pada saat Fluida melewati sudu turbin, energi tekanan dan energi *kinetiknya* dirubah menjadi energi mekanis dan secara bertahap tekanan yang keluar dari turbin berkurang. (Sahbana & Anam, 2018)

Adapun jenis-jenis turbin Reaksi di antaranya adalah :

#### a. Turbin Francis

Turbin Francis adalah salah satu jenis turbin reaksi dengan konstruksi yang sangat kompleks sehingga tekanan air yang keluar dari turbin sangat rendah, hal ini yang menyebabkan tingginya efisiensi turbin Francis. Turbin Francis menggunakan suatu bagian yang digunakan sebagai sudu pengarah. Sudu pengarah tersebut berfungsi sebagai bagian yang mengarahkan air masuk kedalam turbin secara tangensial. Sudu pengarah yang dibuat pada turbin francis dapat

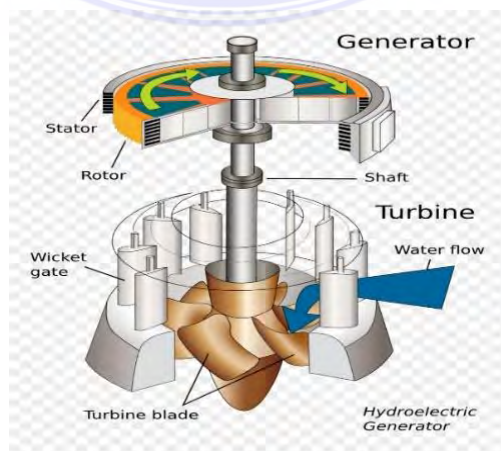
diatur dengan kemiringan tertentu yang disesuaikan dengan beban yang akan digerakkan turbin. Hal ini dapat meningkatkan kinerja dari turbin Francis. Gambar turbin francis sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2. 4 Turbin Francis

#### b. Turbin Kaplan

Turbin Kaplan merupakan turbin yang sangat cocok digunakan di tempat yang *Head* nya rendah tetapi membutuhkan debit yang besar. Permasalahan yang ada dari turbin Kaplan ini yaitu membutuhkan debit air yang besar untuk menguji parameter-parameter yang berpengaruh tetapi sulit dilakukan di lapangan karena debit air yang tersedia tidak konstan (Ravinda Ariestya Pamungkas, Wayan Arta Wijaya, 2018). Gambar turbin Kaplan sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2. 5 Turbin Kaplan



## 2.4. Turbin *Whirlpool*

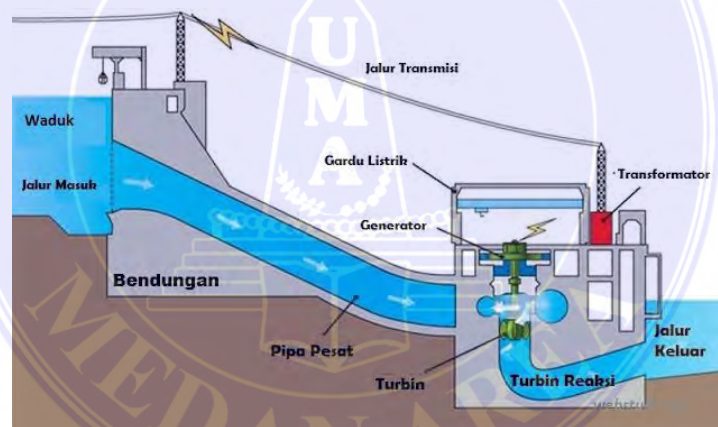
Turbin *Whirlpool* ini memanfaatkan jeram kecil atau air mengalir untuk memutar turbin sehingga menghasilkan energi. Putaran turbin ini menghasilkan energi bebas tanpa batas, sepanjang airnya mengalir. Turbin ini hanya memiliki satu komponen yang bergerak, sehingga umur teknisnya Panjang dan tidak membutuhkan 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 telah semakin berkurang keberlanjutannya, dan tujuan mereka adalah agar sumber energi dari air menjadi berkelanjutan kembali (Umurani et al., 2020). Turbin *Whirlpool* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6 berikut.



Gambar 2. 6 Turbin *Whirlpool*

#### 2.4.1. 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 kegenerator bisa menggunakan sambungan sabuk dan juga busa menggunakan roda gigi. Listrik yang dihasilkan oleh generator ini akan melalui sistem penyimpanan guna mendapat tegangan yang di sesuaikan dengan kebutuhan.(Pangestu & Kn, 2021). Gambar ilustrasi cara kerja pembangkit listrik tenaga air dapat dilihat pada gambar 2.7 dibawah ini.

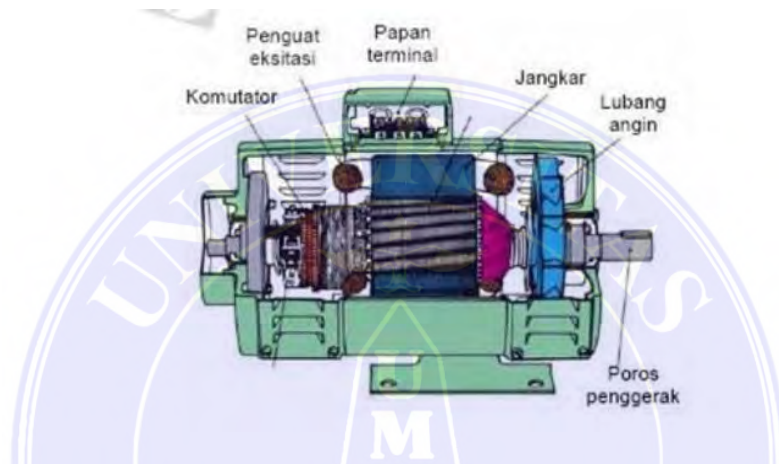


Gambar 2. 7 Cara Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Air

### 2.5. Generator

Generator adalah sebuah mesin yang dapat mengkonversi atau mengubah energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik (*elektrik*). Pengoperasian generator di dasarkan pada prinsip-prinsip yang ditemukan oleh Feraday. Dimana, Feraday menemukan bahwa Ketika sebuah magnet dipindahkan melalui sebuah konduktor, maka listrik akan mengalir.

Generator DC terdiri dari dua bagian, yaitu stator, merupakan bagian Mesin DC yang diam. Dan bagian rotor yaitu bagian mesin DC yang berputar, bagian stator terdiri dari rangka motor, belitan stator, sikat arang, bearing dan terminal box. Sedangkan bagian rotor terdiri dari komutator, belitan rotor, kipas rotor dan poros rotor. gambar generator sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2. 8 Generator listrik

## 2.6. Aliran Fluida

Fluida adalah segala jenis zat yang dapat mengalir dalam wujud gas maupun cair. Fluida dapat berubah bentuk dan bersifat tidak permanen dan mengikuti bentuk benda yang dilewatinya. Karakteristik aliran fluida meliputi tekanan statis, tekanan dinamis, total tekanan, kecepatan fluida dan tegangan geser.(Akmal & Za, 2019). Ada beberapa jenis aliran dalam fluida diantaranya sebagai berikut.

### 2.6.1. Aliran laminar

Aliran Laminar adalah aliran fluida yang ditunjukkan dengan gerak partikel-partikel fluidanya sejajar dengan garis-garis arusnya. Dalam aliran laminar, partikel-partikel fluida seolah-olah bergerak sepanjang lintasan-lintasan

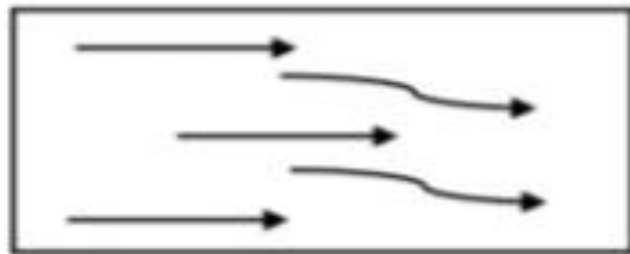
yang halus dan lancar, dengan satu lapisan meluncur satu arah pada lapisan yang bersebelahan. Sifat kekentalan zat cair berperan penting dalam pembentukan aliran laminar. Aliran laminar bersifat steady maksudnya alirannya tetap. Hal ini menunjukkan bahwa di seluruh aliran air, debit alirannya tetap atau kecepatan alirannya tidak berubah menurut waktu (Simanjuntak et al., 2017). Aliran laminar seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.9 di bawah ini.



Gambar 2. 9 Ilustrasi Aliran Laminar

#### 2.6.2. Aliran transisi

Aliran Transisi adalah dimana kondisi partikel fluida berada pada peralihan dari kondisi seragam menuju kondisi acak, pada kondisi nyatanya kondisi seperti ini sangat sulit terjadi (Simanjuntak et al., 2017). Aliran transisi seperti yang di tunjukkan pada gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2. 10 Ilustrasi Aliran Transisi



### 2.6.3. Aliran turbulen

Kecepatan aliran yang relatif besar akan menghasilkan aliran yang tidak laminar melainkan kompleks, lintasan gerak partikel saling tidak teratur antara satu dengan yang lain. Sehingga didapatkan ciri dari aliran turbulen yaitu tidak adanya keteraturan dalam lintasan fluidanya, aliran banyak bercampur, kecepatan fluida tinggi, panjang skala aliran besar dan viskositasnya rendah (Simanjuntak et al., 2017). Aliran turbulen dapat dilihat seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.11 di bawah ini.



Gambar 2. 11 Ilustrasi Aliran Turbulen.

Untuk menentukan jenis aliran dapat digunakan persamaan bilangan Reynold. Bilangan Reynolds digunakan untuk menentukan sifat pokok aliran, apakah aliran tersebut laminar, transisi atau turbulen serta letaknya pada skala yang menunjukkan pentingnya secara relatif kecenderungan turbulen berbanding dengan laminar (Akmal & Za, 2019). Adapun persamaan bilangan Reynold dapat dilihat sebagaimana yang ditunjukkan pada persamaan 2.1 berikut.

$$R_e = \frac{V \cdot \rho \cdot L}{\mu} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

$V$  : Kecepatan aliran air (m/s)

$L$  : Panjang suatu pelat (m)

$\rho$  : Massa jenis air ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )

$\mu$  : Viskositas Air ( $\text{N.s}/\text{m}^3$ )

Pada fluida air, suatu aliran diklasifikasikan laminar apabila aliran tersebut mempunyai bilangan Reynold kurang dari 2300. Untuk aliran transisi berada pada bilangan 2300 - 4000, disebut juga sebagai bilangan Reynold kritis. Sedangkan untuk aliran turbulen mempunyai bilangan Reynolds lebih dari 4000 (Akmal & Za, 2019).

## 2.7. Karakteristik Turbin Air

### 2.7.1. Debit Air

Debit air dapat diartikan sebagai ukuran dari banyaknya volume air yang mampu melewati suatu tempat atau yang dapat di tampung di dalam suatu tempat per satuan waktu. debit air mempunyai satuan khusus yaitu volume per satuan waktu yaitu  $\text{m}^3/\text{s}$  (meter kubik per detik) dalam satuan internasional.

Debit air adalah besaran yang menyatakan banyaknya air yang mengalir selama satu waktu yang melewati suatu penampang luas. Pengujian debit air bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak air yang mengalir dalam satuan volume per satuan waktu.(Putra et al., 2018). Untuk menghitung nilai debit air, dapat menggunakan persamaan 2.2 dibawah ini.

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

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

A : Luas Penampang lingkaran ( $m^2$ )

V : Kecepatan aliran (m/s)

Adapun rumus yang dipakai untuk mencari luas penampang bejana dapat dilihat seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.3 berikut :

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

A : Luas Penampang ( $m^2$ )

D : Diameter Lingkaran (m)

Kemudian rumus untuk mencari nilai kecepatan aliran dapat dilihat seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.4 berikut.

$$V = \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

V : Kcepatan aliran (m/s)

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

H : Ketinggian (m)

### 2.7.2. Daya air

Daya hidrolis adalah daya yang dihasilkan oleh air yang mengalir dari suatu ketinggian (Putra et al., 2018). Daya air dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 2.5 di bawah ini.

$$P_a = \rho g.Q.H \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

- $P_a$  : Daya turbin
- $\rho$  : Massa jenis air ( $kg/m^3$ )
- $g$  : Gravitasi ( $m/s^2$ )
- $Q$  : Debit air ( $m^3/s$ )
- $H$  : Tinggi Jatuh air (m)

### 2.7.3. Torsi (T)

Torsi disebut juga momen atau gaya yang menyatakan benda tertentu berputar pada suatu sumbu. Torsi juga dapat didefinisikan sebagai pengukuran efektivitas gaya untuk menghasilkan rotasi di sekitar sumbu (Mahmuda et al., 2017). Torsi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.6 di bawah ini.

$$T = F.r \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

- $T$  : Torsi (Nm)
- $F$  : Gaya (N)
- $r$  : Jari-jari poros (m)

### 2.7.4. Kecepatan keliling turbin

Kecepatan keliling turbin atau dikenal dengan kecepatan sudut dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.7 di bawah ini.

$$\omega = \frac{2\pi.n}{60} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

- $\omega$  : Kecepatan keliling turbin atau kecepatan sudut
- $n$  : kecepatan putaran (rpm)

### 2.7.5. Daya turbin

Sedangkan untuk mengetahui daya turbin yang direncanakan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.8 di bawah ini.

$$P_t = T \cdot \omega \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

$P_t$  : Daya turbin (Watt)

T : Torsi (N.m)

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

### 2.7.6. Daya generator

Untuk mengetahui daya keluaran yang dihasilkan generator dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.9 di bawah ini.

$$P_g = V \cdot I \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

$P_g$  : Daya generator (Watt)

V : Tegangan listrik (Volt)

I : Arus (Ampere)

### 2.7.7. Efisiensi

Efisiensi adalah kemampuan peralatan pembangkit untuk mengubah energi *kinetik* dari air yang mengalir menjadi energi listrik (Putra et al., 2018)

Untuk menghitung efisiensi dapat menggunakan persamaan 2.10 dibawah ini.

$$\eta = \frac{P_{Out}}{P_{In}} \cdot 100 \% \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

$\eta$  : Efisiensi turbin (%)

$P_{Out}$  : Daya generator (Watt)

$P_{In}$  : Daya air ( Watt)



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

##### 3.1.1. Waktu

Penelitian dilaksanakan mulai dari tanggal pengesahan usulan oleh pengelola program studi dinyatakan sudah selesai yang direncanakan berlangsung selama waktu yang telah ditentukan. Ada pun jadwal kegiatan penelitian dapat di lihat pada table 3.1 jadwal kegiatan penelitian dibawah ini.

Tabel 3. 1 Jadwal kegiatan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Perbulan)									
		Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Okt	Nov	Des		
1	Studi Literatur	■									
2	Penyusunan Proposal	■	■								
3	Seminar Proposal			■							
4	Pengujian Alat			■	■						
5	Pengumpulan Data					■					
6	Analisa Data					■					
7	Penulisan Laporan						■	■			
8	Seminar Hasil							■			
9	Perbaikan								■		
10	Ujian Sidang									■	

##### 3.1.2. Tempat

Kegiatan penelitian dilaksanakan di PT.Panin Mas jl.Kongsi No.15 Marindal I Medan Amplas 20361 Sumatera Utara – Indonesia.

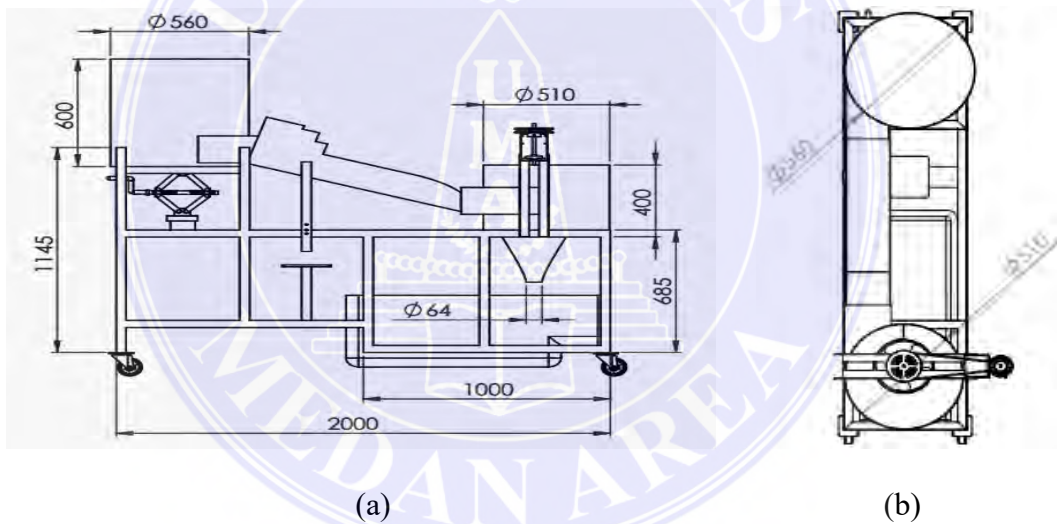
### 3.2. Bahan dan Alat

#### 3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang dipergunakan adalah sebagai berikut :

a. Pembangkit listrik jenis turbin *Whirlpool*

Turbin *whirlpool* adalah suatu pembangkit listrik yang memanfaatkan energi potensial dari air menjadi energi mekanik, dimana air akan memutar turbin. Turbin air adalah alat yang berputar karena adanya suatu aliran air. Perputaran dari turbin inilah yang dimanfaatkan untuk memutar generator listrik. (Pangestu & Kn, 2021). Gambar sketsa dan gambar asli turbin *Whirlpool* dapat dilihat sebagai mana yang ditunjukkan pada gambar 3.1 dan 3.2 di bawah ini.



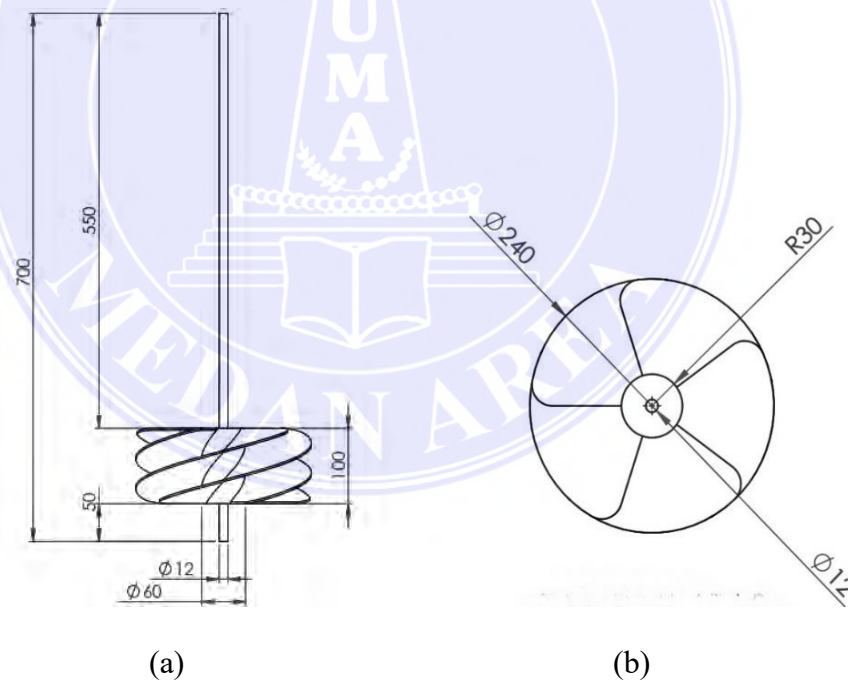
Gambar 3. 1 Sketsa turbin *whirlpool* (a) tampak samping (b) tampak atas



Gambar 3. 2 Turbin *whirlpool* yang dibuat

b. Sudu Turbin *Whirlpool*

Sudu (*blade*) adalah bagian dari turbin yang fungsinya untuk mengubah gerak pancar air menjadi gerak rotasi/putaran atau pancaran dari air yang masuk ke turbin mengenai sudu turbin karena ada fluida kerja (air, angin, uap, dll) dan kemudian akan terjadi konversi energy yaitu energi *kinetic* menjadi energi mekanis yang menggerakannya atau mengubah energi potensial menjadi energi *kinetik*. Jenis dari sudu dapat mempengaruhi daya dan efisiensi dari turbin dan semakin besar debit air yang menabrak sudu turbin maka semakin besar pula daya dihasilkan (Sahbana & Anam, 2018). Dalam penelitian Ini menggunakan sudu turbin dengan 5 bilah sudu. Gambar sketsa sudu turbin dengan 5 bilah sudu dapat dilihat sebagaimana yang di tunjukkan seperti pada gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3. 3 Sudu turbin whirlpool (a) tampak depan (b) tampak atas

Kemudian untuk gambar sudu turbin asli dengan 5 bilah sudu dapat dilihat pada gambar 3.4 di bawah ini.



Gambar 3. 4 Sudu turbin whirlpool asli

### 3.2.2 Peralatan.

Berikut ini merupakan peralatan-peralatan yang digunakan untuk mendukung proses ketika melakukan penelitian.

#### a. Meter Ukur

Meter ukur memiliki fungsi yang hampir sama seperti rol/penggaris. Perbedaannya pada dimensi meteran lebih panjang dan terbuat dari bahan yang fleksibel beda dengan penggaris dengan bahan yang lebih kaku. Meteran ini digunakan untuk mengukur Panjang saluran ataupun tinggi air jatuh agar lebih praktis saat melakukan penelitian. Meteran atau meter ukur dapat di lihat seperti yang di tunjukkan oleh gambar 3.5 di bawah ini.



Gambar 3. 5 Meter ukur

Spesifikasi alat ukur meteran dapat di lihat sebagai sebagai berikut.

- Tipe : Meteran manual
- Massa : 0,5 kg
- Panjang : 7,5 meter
- Lebar meteran : 0,019 meter

b. Tachometer

Tachometer adalah alat yang dibuat untuk mengukur kecepatan rotasi/putaran dari sebuah objek, seperti alat pengukur dalam kendaraan yang buat untuk mengetahui putaran per menit dari poros engkol mesin. Tachometer dapat dilihat seperti pada gambar 3.6 dibawah ini.



Gambar 3. 6 Tachometer

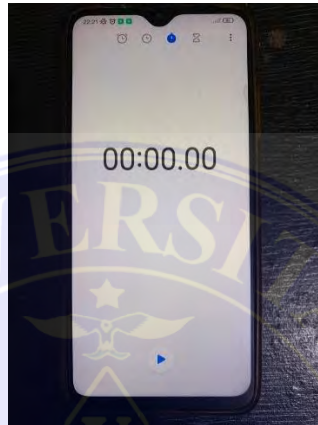
Spesifikasi dari Tachometer yang dipakai dapat dilihat sebagai berikut.

- Display : 5 Digit, 18 mm
- Test Range : 2,5 to 99,999 rpm
- Resolution : 0,1 rpm (2,5 to 999,9 rpm). 1 rpm (1000 rpm)
- Accuracy : +(0,05% = 1 Digit)
- Sampling time : 0,8 Seconds (Over 60 rpm)
- Test range select : Automatic
- Memory : Last Value., Max. Value., Min. Value.



c. Stopwatch

Stopwatch merupakan alat yang dipergunakan untuk mengetahui lamanya waktu yang diperlukan dalam suatu kegiatan. dalam penelitian ini stopwatch yang digunakan peneliti adalah jenis stopwatch *handphone* seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.7 di berikut ini.



Gambar 3. 7 *Stopwatch handphone*

Spesifikasi alat ukur stopwatch dapat dilihat sebagai berikut.

- Tipe : *Stopwatch handphone*
- Berat : 0,65 kg

d. Timbangan Tangan Digital

Timbangan tangan digital adalah peralatan yang dapat digunakan untuk mengukur berat benda. Timbangan tangan digital ditunjukkan seperti pada gambar 3.8 dibawah.



Gambar 3. 8 Timbangan tangan digital

Spesifikasi alat ukur timbangan tangan digital dapat dilihat sebagai berikut.

- Kapasitas : 50 kg
- Ketelitian : 10 gr ( 0,01 kg)
- Power : 2 Baterai (AAA) included
- Ukuran : 16 x 7 x 2 cm

e. Multitester

Multitester adalah alat pengukur dan digunakan untuk mengetahui ukuran tegangan listrik, resistansi, dan arus listrik. Multitester dapat dilihat pada gambar 3.9. dibawah.



Gambar 3. 9 Multitester

Spesifikasi alat ukur Multitester dapat dilihat sebagai berikut..

- Ohm : x 10, x 100, x 1000
- ACV : 10, 50, 250, 1000 VDC
- DCV : 10, 50, 250, 1000 VAC
- DCMA : 0,5, 50, 500 MA

f. Generator

Generator adalah sebuah mesin yang digunakan untuk mengkonversi atau mengubah energi gerak (*mekanik*) menjadi energi listrik (*elektrik*). Generator dapat dilihat seperti pada gambar 3.10 dibawah.



Gambar 3. 10 Generator

Spesifikasi generator yang digunakan dapat dilihat sebagai berikut.

- Tegangan listrik : 24 Volt
- Arus : 1,92 Ampere
- Daya keluar : 30 Watt
- Putaran maksimal : 1800 rpm
- Torsi : 0,159 N.m

g. Pompa air

Pompa air adalah mesin yang digunakan untuk menggerakkan atau memindahkan air dari tempat bertekanan rendah ke tempat bertekanan tinggi. Pada peneliti ini, jenis pompa yang digunakan adalah pompa air Robin Model SU 50. Gambar pompa air yang digunakan pada penelitian dapat dilihat pada gambar 3.11 dibawah.



Gambar 3. 11 Pompa air

Spesifikasi pompa yang digunakan dapat dilihat seperti berikut.

- Lobang hisap dan buang : 50 mm
- Tinggi total : 33 meter
- Kapasitas pengaliran maksimal : 560 l/menit
- Kecepatan pengaliran : 3600 rpm

### 3.3. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini metode penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimen yaitu metode penelitian kuantitatif yang digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel independent (perlakuan) terhadap variabel dependen (hasil) dalam kondisi yang terkendalikan.



Dalam penelitian ini, teknik dan analisa data diperlukan sebagai metode atau cara untuk mengolah suatu data menjadi suatu informasi sehingga karakteristik data menjadi mudah untuk dimengerti dan bermanfaat untuk mendapatkan solusi dalam suatu permasalahan, terutama masalah tentang sebuah penelitian. Dalam penelitian ini penulis menggunakan teknik dan analisa data sebagai berikut :

1. Observasi.

Observasi. adalah suatu teknik pengumpulan data dilakukan melalui pengamatan, dan disertai dengan pencatatan terhadap keadaan dan proses kegiatan penelitian yang dilakukan.

2. Survei

Survei merupakan metode yang dilakukan dengan pengamatan secara langsung kepada suatu proses yang sedang berjalan atau berlangsung.

3. Studi Dokumen.

Studi dokumentasi. merupakan suatu teknik pengumpulan data dengan cara mengambil data dari catatan penting yang di dapat dari tulisan, video, dan pengambilan data yang dilakukan.

### **3.4. Populasi dan Sampel**

#### **3.4.1 Populasi**

Dalam penelitian ini populasi yang digunakan adalah daya generator, torsi, daya turbin, efesiensi,dan kecepatan keliling turbin. Jumlah populasi sebanyak 35 populasi. Daya generator = 7 populasi, torsi = 7 populasi, daya turbin = 7 populasi efesiensi turbin = 7 populasi, dan kecepatan keliling turbin = 7 populasi.

Tabel 3. 2 Tabel populasi

No	Kinerja turbin	Populasi
1	Daya generator	7
2	Torsi	7
3	Daya turbin	7
4	Efesiensi	7
5	Kecepatan keliling turbin	7
Jumlah		35

### 3.4.2 Sampel

Teknik pengambilan sampel yang dilakukan dari masing-masing populasi menggunakan sampel dengan data populasi tertinggi. Kemudian disimpulkan bahwa jumlah sampel yang diperoleh adalah 5 sampel.

Tabel 3. 3 Tabel sampel

No	Kinerja turbin	Populasi	Sampel
1	Daya generator	7	1
2	Torsi	7	1
3	Daya turbin	7	1
4	Efesiensi	7	1
5	Kecepatan keliling turbin	7	1
Jumlah		35	5

### 3.5. Prosedur kerja

Dalam penelitian ini menggunakan teknik analisis. data yaitu uji normalitas, uji validasi dan reliabilitas. Uji normalitas. di gunakan untuk menentukan apakah data yang di dapat terdistribusi normal atau tidak. Kemudian uji validasi dan reliabilitas dipergunakan untuk menentukan apakah data yang di peroleh valid atau tidak dan mengetahui data yang di uji tetap konsisten apabila

dilakukan pengukuran ulang. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengujian turbin *Whirlpool* dengan menggunakan 5 bilah sudu adalah sebagai berikut :

- a. Hal pertama harus dipersiapkan ketika ingin melakukan penelitian adalah mempersiapkan alat-alat. dan bahan yang di perlukan dalam kegiatan penelitian seperti alat ukur dan turbin sebagai bahan yang ingin di uji.
- b. Menghidupkan pompa untuk mengisi *reservoir* atas dengan tinggi air ke dasar penampang reservoir sekitar 0,45 m.
- c. Ketika air sudah terisi dengan ketinggian air yang di tentukan, maka pintu air dibuka seperti yang di tunjukkan pada gambar 3.12. berikut.



Gambar 3. 12 Proses pembukaan pintu air

- d. Melakukan pengukuran tegangan listrik dan arus yang di dihasilkan dari putaran turbin dengan menyambungkan kabel multitester dengan generator,yang dapat di lihat pada gambar 3.13 dan 3.14 berikut.



Gambar 3. 13 Mengukur Tegangan listrik menggunakan multitester



Gambar 3. 14 Mengukur Arus menggunakan multitester

- e. Melakukan pengukuran putaran turbin dengan alat tachometer, yang dapat dilihat seperti gambar 3.15 berikut.



Gambar 3. 15 Mengukur putaran turbin dengan tachometer

- f. Mengukur torsi dengan alat timbangan tangan digital, dapat dilihat pada gambar 3.16 berikut.





Gambar 3. 16 Mengukur Torsi dengan timbangan tangan digital

- g. Mencatat hasil data penelitian yang di dapat dari pengukuran.
- h. Menghitung hasil data dari pengukuran yang di peroleh dari beberapa kali percobaan yang dilakukan.

Adapun parameter pengukuran dalam penelitian dapat dilihat pada tabel 3.4 berikut.

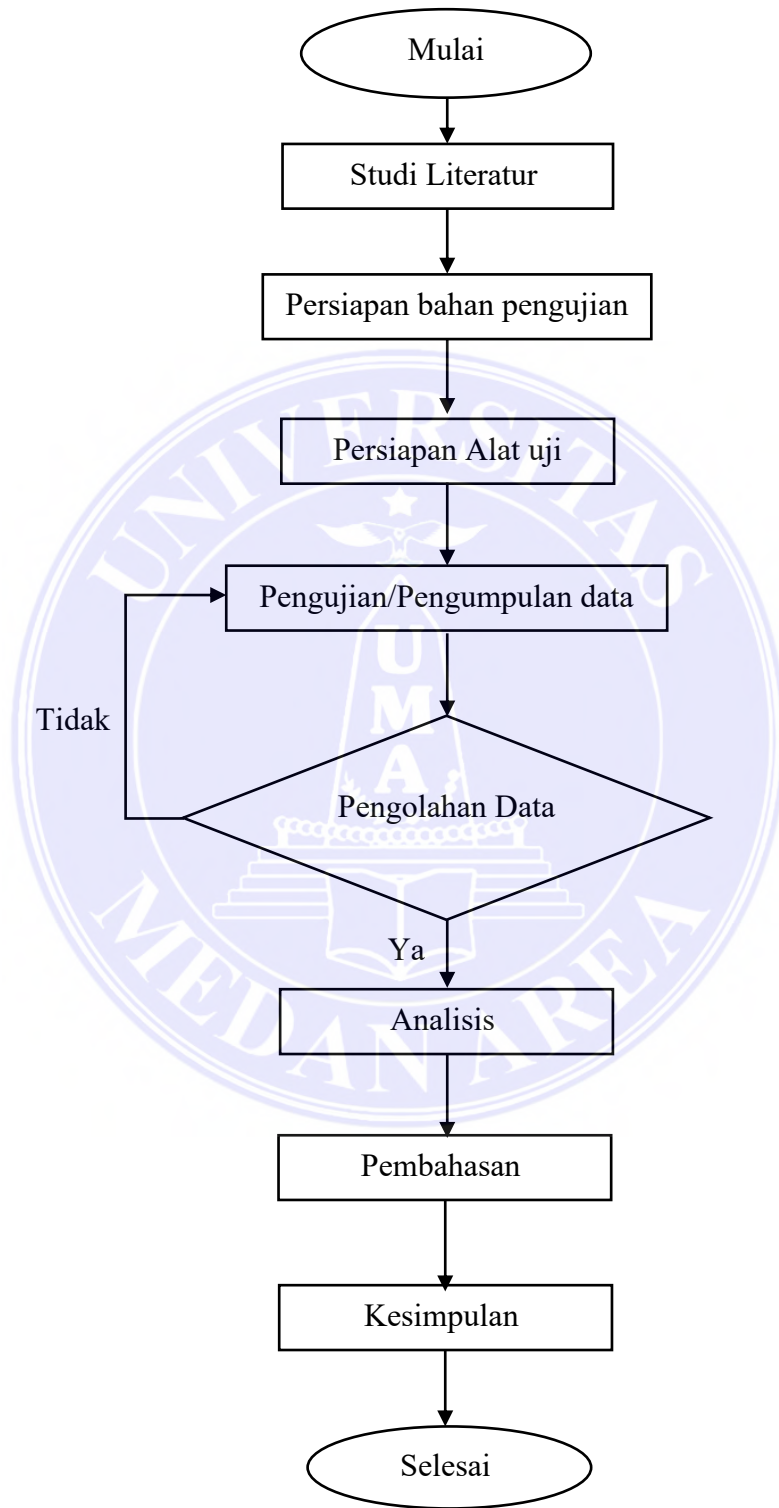
Tabel 3. 4 Parameter pengukuran

Parameter. Pengukuran	Alat Ukur
Tinggi Jatuh Air/ <i>Head</i> (m)	Meter ukur
Putaran (rpm)	Tachometer
Berat (kg)	Timbangan Tangan Digital
Tegangan (V) dan Kuat Arus (A)	Multitester
Waktu (s)	Stopwatch



### 3.5.1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3.17 berikut..



Gambar 3. 17 Diagram Alir Penelitian

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Simpulan

Adapun simpulan yang dapat di ambil dalam penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut.

1. Kinerja pembangkit listrik jenis turbin whirlpool menggunakan 5 bilah sudu dengan melakukan 7 kali percobaan dengan data hasil perhitungan di peroleh rata-rata daya generator sebesar 4,897 Watt, rata-rata torsi sebesar 0,261 Nm, rata-rata daya turbin sebesar 2,996 Watt tanpa beban dan 2,707 Watt dengan beban generator, rata-rata efisiensi sebesar 6,794 %, kemudian rata-rata kecepatan keliling turbin tanpa beban sebesar 11,470 rad/s dan 10,375 rad/s untuk kecepatan keliling turbin dengan beban generator.
2. Data yang di dapat dari semua percobaan yang dilakukan dapat di katakan normal, karena  $D_{hitung} < D_{tabel}$ , kemudian valid karena  $R_{hitung} > R_{tabel}$  dan reliabel karena nilai Cronack's alpha > nilai acuan. dibuktikan dengan melakukan uji Normalitas, uji Validasi dan Reliabilitas. .

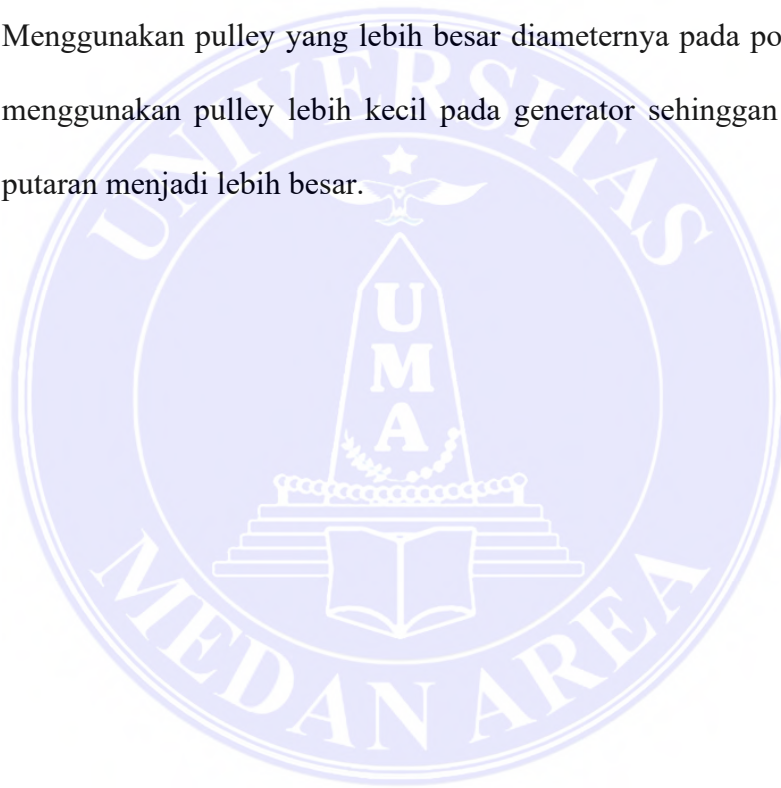
#### 5.2 Saran

Setelah dilakukannya penelitian dan beberapa percobaan ada beberapa saran yang di dapatkan jika penelitian ini ingin di lanjutkan dan di kembangkan lebih lanjut dapat di lihat sebagai berikut.

1. Untuk mendapatkan hasil tekanan air yang lebih kuat untuk menghasilkan putaran turbin yang lebih cepat *waterway* bisa di rubah bentuknya dengan bentuk lebar ujungnya lebih kecil di banding lebar di pangkalnya.

Kemudian bentuk dari rumah turbinnya di tambah dengan lempengan yang bentuknya menutup rumah turbin sehingga air pada bukaan pintu air pertama tidak ada yang tumpah.

2. Pompa yang di gunakan jika ingin menambah daya turbin di perbesar lagi, dan jika pompa di perbesar lobang conical yang di rumah turbin diameternya di besarkan dan disesuaikan dengan kekuatan pompa yang di pakai, kemudian reservoir bawah di harapkan juga di perbesar .
3. Menggunakan pulley yang lebih besar diameternya pada poros turbin dan menggunakan pulley lebih kecil pada generator sehingga perbandingan putaran menjadi lebih besar.



## DAFTAR PUSTAKA

- Akmal, S., & Za, N. (2019). Jurnal Teknologi Kimia Unimal Analisa Profil Aliran Fluida Cair dan Pressure Drop pada Pipa L menggunakan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamic ( CFD ). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal Analisa*, 8(2), 53–72.
- Bono, Drs, S.T., M.Eng , Suwarti, S.T., M. T., & Jurusan. (2019). Variasi Jumlah Sudu dan Modifikasi bentuk Nosel Pada Turbin Turgo Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. *EKSERGI Jurnal Teknik Energi*, 15(2), 81–92.
- Firhan, M., Lubis, H., Hermawan, I., & Idris, M. (2021). Analisis Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Turbin Whirlpool Dengan Menggunakan 6 Sudu. *Teknovasi*, 08(04), 88–97.
- Mahmuda, S., Sampebatub, L., & Kwangc, C. (2017). Efisiensi daya mekanis dari bilah turbin yang dimodifikasi. *Prosiding Konferensi AIP*, 040006(1801), 1–8.
- Pangestu, A. D., & Kn, N. (2021). Pembangkit Listrik Tenaga Air Dengan Teknik Turbulent Whirlpool. *IKRAITH-TEKNOLOGI*, 5(3), 58–65.
- Putra, I. G. W., Weking, A. I., & Jasa, L. (2018). Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH dengan Menggunakan Turbin Archimedes Screw. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 17(3), 385.
- Ravinda Ariestya Pamungkas, Wayan Arta Wijaya, G. J. (2018). Pengaruh Debit Air terhadap Putaran Turbin dan Daya Output Prototype PLTMH dengan Turbin Kaplan. *SPEKTRUM*, 2(12), 76–79.
- Sahbana, M. A., & Anam, S. K. (2018). Pengaruh Jenis Sudu terhadap Daya dan Efisiensi Turbin Air Kinetik Poros Horizontal. *Proton*, 10(2), 20–24.
- Saleh, Z., Apriani, Y., Ardianto, F., & Purwanto, R. (2019). Analisis Karakteristik Turbin Crossflow kapasitas 5 kW. *Jurnal Surya Energy*, 3(2), 255–261.
- Simanjuntak, H. F. P., Manik, P., & Santosa, A. W. B. (2017). Analisa Pengaruh Panjang, Letak dan Geometri Lunas Bilga Terhadap Arah dan Kecepatan Aliran (Wake) Pada Kapal Ikan Tradisioal (Studi Kasus Kapal Tipe Kragan) Herman. *Teknik Perkapalan*, 5(1), 345–352.

- Syarif, A., Bow, Y., & Taufik, M. F. (2018). Analisis Kinerja Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Turbin Kaplan Sumber Daya Head Potensial. *Jurnal Kinetika*, 9(01), 33–40.
- 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.
- Zakariz, N. P. (2022). Pengaruh Variasi Inlet Notch Pada Pembangkit Listrik Tenaga Pico hydro Dengan Metode Eksperimen Untuk Memperoleh Kecepatan Turbin Optimal. *Jurnal Elektronika, Teknik Elektromedis, Dan Informatika Medis*, 4(1), 35–41.

