

**PERBANDINGAN KINERJA TURBIN *WHIRLPOOL* DENGAN  
MENGUNAKAN SALURAN KELUAR *CONICAL BASIN*  
UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**VAZRA RIARFI SASMITA**

**188130058**



**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

**HALAMAN JUDUL**

**PERBANDINGAN KINERJA TURBIN *WHIRLPOOL* DENGAN  
MENGUNAKAN SALURAN KELUAR *CONICAL BASIN*  
UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR**

**SKRIPSI**

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



**Oleh:**

**VAZRA RIARFI SASMITA**

**188130058**

**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

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Perbandingan Kinerja Turbin *Whirlpool* Dengan Menggunakan Saluran Keluar *Conical Basin* Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air  
Nama Mahasiswa : Vazra Riarfi Sasmita  
NIM : 188130058  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing

  
(Muhammad Idris, ST, MT.)  
Pembimbing I

  
(Indra Hermawan, ST, MT)  
Pembimbing II

  
(DR. Rahmatsyah, S. Kom, M. Kom)  
Dekan

  
(Muhammad Idris, ST, MT.)  
Ka. Prodi/ WD 1

Tanggal Lulus: 8 Agustus 2023

### HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat untuk 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, 8 Agustus 2023



Vazra Riarfi Sasmita

188130058

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

---

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

Nama : Vazra Riarfi Sasmita  
NPM : 188130058  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tugas Akhir/ Skripsi/ Tesis

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalt-Free Right*)** atas karya ilmiah yang berjudul: *Perbandingan Kinerja Turbin Whirlpool Dengan Menggunakan Saluran Keluar Conical Basin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air*.

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media /format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*data base*), merawat dan memublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan  
Pada tanggal : 8 Agustus 2023  
Yang Menyatakan



(Vazra Riarfi Sasmita)

## ABSTRAK

Pembangkit Listrik jenis *Whirlpool* ini menggunakan media tenaga air sebagai bagian utama untuk penggerak turbin serta generator. Turbin jenis *Whirlpool* akan mengalirkan air sesuai dengan kapasitas tertentu dan disalurkan dengan ketinggian tertentu melalui jalur masuknya aliran air (*waterway*) menuju rumah turbin. *Conical Basin* mempelajari bahwa pengaruh struktur cekungan dalam pembentukan aliran pusaran air dapat meningkatkan putaran turbin. Pada penelitian ini turbin yang digunakan yaitu turbin *Whirlpool* dengan saluran keluar bentuk conical  $67^\circ$  dan  $58^\circ$ . Adapun tujuan utama dari penelitian ini adalah menganalisis kinerja, daya, dan efisiensi turbin *Whirlpool* dengan menggunakan saluran keluar bentuk conical  $67^\circ$  dan  $58^\circ$ . Pada penelitian ini dilakukan dengan 7 kali percobaan dengan debit yang sama pada setiap percobaan yaitu  $0,011 \text{ m}^3/\text{s}$ . Sehingga mendapatkan hasil perhitungan rata – rata pada saluran keluar bentuk *Conical Basin*  $67^\circ$  daya generator 3,86 Watt, kecepatan keliling turbin dengan beban generator 10,36 rad/s, kecepatan keliling turbin tanpa beban generator 12,89 rad/s, torsi 0,260 Nm, daya turbin dengan beban generator 2,69 Watt, daya turbin tanpa beban generator 3,34 Watt, efisiensi turbin 5,36%. Sedangkan pada saluran keluar bentuk *Conical Basin*  $58^\circ$  daya generator 2,11 Watt, torsi 0,191 Nm, kecepatan keliling turbin dengan beban generator 7,48 rad/s, kecepatan keliling turbin tanpa beban generator 11,59 rad/s, daya turbin dengan beban generator 1,43 Watt, daya turbin tanpa beban generator 2,22 Watt, efisiensi turbin 2,91%.

**Kata Kunci :** Turbin *Whirlpool*, *Conical Basin*, Efisiensi Turbin

## ABSTRACT

*This Whirlpool type power plant uses hydropower as the main part to drive turbines and generators. The Whirlpool type turbine will drain water according to a certain capacity and channel it at a certain height through the water inlet (waterway) to the turbine house. Conical Basin studied that the influence of the basin structure in the formation of eddy flow can increase the rotation of the turbine. In this study, the turbine used was a Whirlpool turbine with a conical shape outlet  $67^\circ$  and  $58^\circ$ . The main objective of this study is to analyze the performance, power, and efficiency of Whirlpool turbines using conical  $67^\circ$  and  $58^\circ$ . In this study, 7 trials were carried out with the same discharge in each trial, namely  $0.011 \text{ m}^3/\text{s}$ . So get results average calculation at the Conical Basin outlet  $67^\circ$  generator power 3.86 watts, turbine rotational speed with generator load 10.36 rad/s, turbine rotational speed without generator load 12.89 rad/s, torque 0.260 Nm, power turbine with a generator load of 2.69 watts, turbine power without a generator load of 3.34 watts, turbine efficiency of 5.36%. Whereas at the Conical Basin shape outlet  $58^\circ$  the generator power is 2.11 watts, the torque is 0.191 Nm, the rotational speed of the turbine with generator load is 7.48 rad/s, the rotational speed of the turbine without generator load is 11.59 rad/s, the turbine power with load generator 1.43 watts, turbine power without generator load 2.22 watts, turbine efficiency 2.91%.*

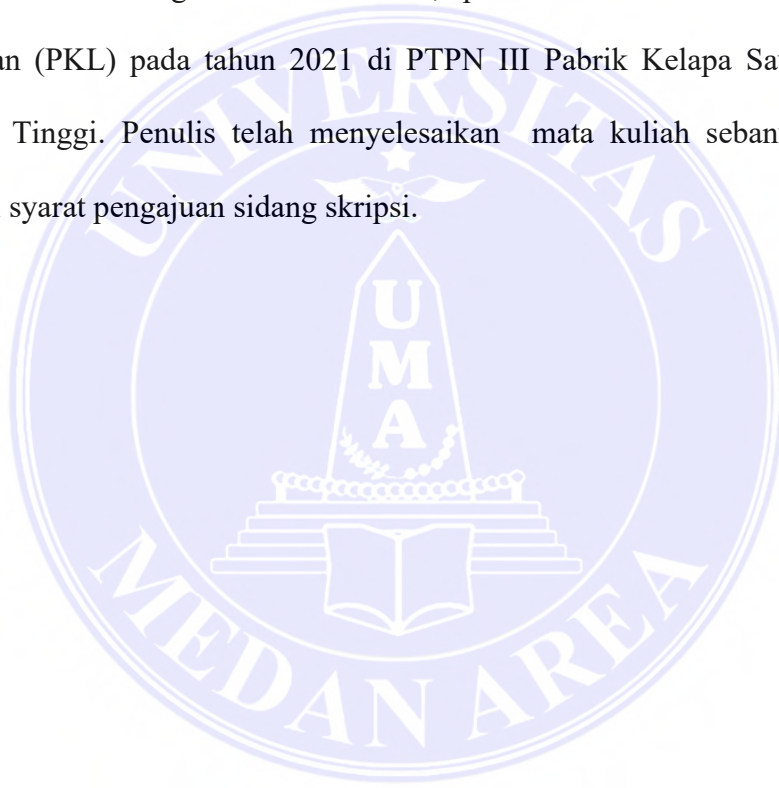
**Keywords:** Whirlpool Turbine, Conical Basin, Turbine Efficiency

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan Sumatera Utara, Kecamatan Medan Kota. Pada Tanggal 22 Oktober 2000, dari ayah Ir. Riawan Sasmita dan ibu Yeva Arfiza, penulis merupakan putra pertama dari 2 (dua) bersaudara.

Tahun 2018 Penulis lulus dari SMA Swasta Eria Medan 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 sidang skripsi.

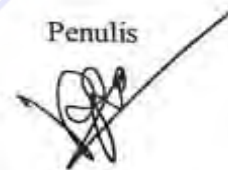




## KATA PENGANTAR

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 menganalisis perbandingan kinerja menggunakan conical basin dengan judul Perbandingan Kinerja Turbin Whirlpool Dengan Menggunakan Saluran Keluar Conical Basin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air. Terima kasih penulis sampaikan kepada bapak Muhammad Idris, S.T., M.T dan Indra Hermawan, S.T., M.T 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



(Vazra Riarfi Sasmita)

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR. ....	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.....	5
2.3. Prinsip Kerja Turbin Air.....	6
2.3.1. Turbin Impuls.....	6
2.3.2. Turbin Reaksi.....	8
2.4. Turbin <i>Whirlpool</i> .....	10
2.4.1. Cara Kerja Turbin <i>Whirlpool</i> .....	11
2.5. Aliran Fluida.....	13
2.5.1. Aliran Laminar.....	13
2.5.2. Aliran Transisi.....	14
2.5.3. Aliran Turbulen.....	14
2.6. <i>Conical Basin</i> .....	15
2.7. Karakteristik Turbin Air.....	16
2.7.1. Debit Air.....	16
2.7.2. Daya Air.....	17
2.7.3. Daya Turbin.....	17
2.7.4. Efisiensi.....	18
2.7.5. Torsi (T).....	18
2.7.6. Kecepatan Keliling Turbin.....	19
2.7.7. Daya Generator.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	20
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
a.	Pembangkit Listrik Jenis Turbin <i>Whirlpool</i> .....	21
b.	<i>Conical Basin</i> Turbin <i>Whirlpool</i> .....	22
3.2.2.	Alat.....	24
3.3	Metode Penelitian.....	29
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 .....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		34
4.1.	Hasil.....	34
4.2.	Pembahasan .....	36
4.2.1	Perhitungan Debit.....	37
4.2.2	Perhitungan Daya Air.....	37
4.2.3	Perhitungan Daya Generator .....	38
4.2.4	Perhitungan Kecepatan Keliling Turbin.....	38
4.2.5	Perhitungan Torsi .....	40
4.2.6	Pengukuran Daya Turbin .....	41
4.2.7	Menghitung Efisiensi.....	42
4.2.8	Perbandingan Kinerja Conical Basin .....	43
BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....		49
5.1.	Simpulan.....	49
5.2.	Saran .....	50
DAFTAR PUSTAKA .....		51

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Jadwal Kegiatan Penelitian .....	20
Tabel 3. 2 Spesifikasi Conical Basin.....	24
Tabel 3. 3 Tabel populasi .....	29
Tabel 3. 4 Tabel Sampel.....	30
Tabel 3. 5 Parameter Pengukuran .....	32
Tabel 4. 1 Hasil Perhitungan Penelitian Conical 67° .....	34
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Penelitian Conical 58° .....	35
Tabel 4. 3 Tabel Pengujian Conical 67° .....	36
Tabel 4. 4 Tabel Pengujian Conical 58° .....	37



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Turbin Pelton.....	7
Gambar 2. 2 Turbin Crossflow.....	8
Gambar 2. 3 Turbin Francis .....	9
Gambar 2. 4 Turbin Kaplan .....	9
Gambar 2. 5 Turbin <i>Whirlpool</i> .....	11
Gambar 2. 6 Ilustrasi Aliran Laminar .....	13
Gambar 2. 7 Ilustrasi Aliran Transisi.....	14
Gambar 2. 8 Ilustrasi Aliran Turbulen .....	14
Gambar 2. 9 Conical Basin .....	16
Gambar 3. 1 Sketsa Pembangkit Listrik Turbin Whirlpool.....	21
Gambar 3. 2 Gambar Pembangkit Listrik Turbin Whirlpool.....	22
Gambar 3. 3 (a) Sketsa gambar <i>Conical Basin</i> 67° dan (b) <i>Conical Basin</i> 58° ....	23
Gambar 3. 4 (a) Gambar <i>Conical Basin</i> 67° dan (b) 58° Turbin <i>Whirlpool</i> .....	23
Gambar 3. 5 Meter Ukur .....	24
Gambar 3. 6 Alat Ukur Tachometer.....	25
Gambar 3. 7 Alat Ukur Stopwatch.....	26
Gambar 3. 8 Alat Ukur Multitester .....	26
Gambar 3. 9 Alat Ukur Timbangan Tangan Digital .....	27
Gambar 3. 10 Generator.....	28
Gambar 3. 11 Pompa air.....	28
Gambar 3. 12 Mengukur Tegangan dan arus listrik menggunakan multitester ....	31
Gambar 3. 13 Mengukur putaran turbin dengan tachometer .....	31
Gambar 3. 14 Mengukur Torsi dengan timbangan tangan digital .....	31
Gambar 3. 15 Diagram Alir Penelitian .....	33
Gambar 4. 1. Perbandingan Percobaan Daya Generator.....	43
Gambar 4. 2. Perbandingan Percobaan Torsi.....	44
Gambar 4. 3. Perbandingan Percobaan Daya Turbin Beban Generator.....	45
Gambar 4. 4. Perbandingan Percobaan Daya Turbin Tanpa Beban.....	45
Gambar 4. 5. Perbandingan Percobaan Efisiensi.....	46
Gambar 4. 6. Perbandingan Percobaan Kecepatan Keliling Turbin Beban .....	47
Gambar 4. 7. Perbandingan Percobaan Kecepatan Keliling Turbin Tanpa Beban	48

## DAFTAR NOTASI

$\mu$	= Viskositas air (N.s/m <sup>3</sup> )
$\rho$	= Massa jenis air (kg/m <sup>3</sup> )
$\omega$	= Kecepatan keliling turbin (Rad/s)
$\eta$	= Efisiensi turbin (%)
$P_a$	= Daya turbin (Watt)
$P_g$	= Daya generator (Watt)
$g$	= Gaya gravitasi bumi (m/s <sup>2</sup> )
$Q$	= Debit Air (m <sup>3</sup> /s)
$A$	= Luas penampang (m <sup>2</sup> )
$v$	= 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

Listrik merupakan sumber energi yang digunakan oleh manusia dan listrik dihasilkan melalui sebuah sistem pembangkit listrik . Pembangkit yang banyak digunakan adalah pembangkit listrik tenaga air (PLTA), Pembangkit listrik tenaga gas bumi (PLTG), pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD), dan juga pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN), PLTU dan PLTD menggunakan sumber energi berupa batubara ataupun minyak bumi (Umurani et al., 2020).

Pembangkit Listrik jenis *Whirlpool* ini menggunakan media tenaga air sebagai bagian utama untuk penggerak turbin serta generator. Turbin jenis *Whirlpool* akan mengalirkan air sesuai dengan kapasitas tertentu dan disalurkan dengan ketinggian tertentu melalui jalur masuknya aliran (*waterway*) menuju pusaran instalasi (*powerhouse*). Kebutuhan akan energi hampir semua negara meningkat secara signifikan. Tetapi jika dilihat dari energi yang dapat dihasilkan sangat terbatas dan juga masih sangat mahal untuk mendapatkannya. Energi alternatif dari alam Indonesia yang dapat di manfaatkan untuk menghasilkan energi listrik, salah satu adalah alternatif energi air. Air merupakan energi yang mudah didapat, air juga termasuk energi yang dapat di perbaharui atau tidak termakan oleh waktu (Pangestu & Kn, 2021). Hal ini berkaitan dengan semakin banyak dan meningkatnya pemakaian penggunaan energi.

Turbin *Whirlpool* dibuat oleh turbulent perusahaan Belgia merupakan pembangkit listrik yang hampir dapat dipasang di semua kanal atau sungai yang

memanfaatkan air mengalir untuk menghasilkan tenaga listrik bagi setidaknya 60 rumah sumber energi bersih yang juga ramah lingkungan. Turbin *Whirlpool* ini memanfaatkan jeram kecil atau air terjun untuk mendapatkan energi. Ketergantungan pembangkit listrik terhadap sumber energy seperti minyak solar dan batubara yang hampir mencapai 75%, mendorong dikembangkannya energi terbarukan sebagai upaya untuk memenuhi pasokan listrik. Salah satunya adalah pada pembangkit listrik dengan memanfaatkan potensi air yang ada salah satunya adalah turbin whirlpool (Firhan et al., 2021).

Air melewati saluran masuk yang besar dan lurus melalui saluran dan kemudian mengalir secara berputar ke dalam cekungan berbentuk kerucut (conical basin) yang membentuk pusaran yang kuat lubang keluar dibuat di dasar cekungan di mana pusaran menemukan outletnya. Tujuan tersebut dicapai sebagai pembangkit listrik tenaga air yang mendukung pembentukan pusaran gravitasi yang stabil yang cenderung terbentuk juga langsung di depan saluran masuk.

Dalam penelitian terdahulu, daya keluaran dan efisiensi maksimum pada cekungan berbentuk kerucut untuk semua kondisi *inlet* dan *outlet* yang sama dengan ekstraksi daya maksimum pada posisi runner 65-75% dari total ketinggian cekungan dari posisi teratas (Indarto et al., 2020).

Kemudian penelitian lainnya menyatakan bahwa pengaruh sudut basin cone terhadap kinerja turbin reaksi aliran vortex. Dimana dari penelitian ini variasi sudut basin cone memiliki pengaruh terhadap daya dan efisiensi turbin reaksi aliran vortex, dimana basin *cone* sudut  $50^{\circ}$  dengan daya turbin pada kapasitas 12,3410 L/s yaitu sebesar 33,7605 Watt dan efisiensi sebesar 34,4274 % , kemudian basin cone sudut  $67^{\circ}$  dengan daya turbin pada kapasitas



12,3410 L/s yaitu sebesar 31,9496 Watt dan efisiensi sebesar 36,7445 % (Ningtyas & Adiwibowo, 2020).

Namun dalam penelitian diatas penulis menganggap daya dan efisiensi turbin yang dihasilkan masih rendah, maka penulis akan membuat variasi jenis sudut basin cone yang berbeda dari penelitian sebelumnya, supaya daya turbin serta efisiensi turbin yang dihasilkan lebih besar dan maksimal. Sehingga diharapkan akan lebih baik dari penelitian sebelumnya.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dilakukan penelitian dengan judul “Perbandingan Kinerja Turbin *Whirlpool* Dengan Menggunakan Saluran Keluar *Conical Basin* Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air”.

## 1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana kinerja menggunakan *Conical Basin* dengan bentuk sudut  $58^{\circ}$  dan  $67^{\circ}$  pada turbin *Whirlpool* ?
- b. Bagaimana pengaruh bentuk sudut *Conical Basin* terhadap daya dan efisiensi pada turbin *Whirlpool* ?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah:

- a. Menganalisis perbandingan kinerja menggunakan *Conical Basin* dengan bentuk sudut  $58^{\circ}$  dan  $67^{\circ}$  pada turbin *Whirlpool*.
- b. Menganalisis pengaruh bentuk sudut *Conical Basin* terhadap daya dan efisiensi pada turbin *Whirlpool*.

#### 1.4 Hipotesis Penelitian

Pada penelitian ini bentuk sudut dari *conical basin* terhadap daya dan efisiensi dipengaruhi oleh sudut dan lubang saluran keluar. Maka dilakukan dengan melakukan 7 kali percobaan dengan debit air yang sama yaitu  $0,011 \text{ m}^3/\text{s}$  pada saluran keluar bentuk conical  $67^\circ$  air yang terdapat di rumah turbin tidak tergenang sehingga menghasilkan putaran turbin yang terbaik dibandingkan dengan saluran keluar bentuk conical  $58^\circ$ .

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah :

- a. Bagi penulis, dapat menyelesaikan program sarjana di Universitas Medan Area.
- b. Penelitian ini dapat menambah ilmu pengetahuan tentang turbin air.
- c. Hasil dari penelitian dapat menjadi bermanfaat bagi masyarakat.
- d. Diharapkan mampu menjadi buku tambahan referensi dalam menambah wawasan dan dapat dipublikasikan atau ditempatkan di perpustakaan.

## **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.

Air merupakan sumber energi yang mudah dan relatif mudah didapat, karena pada air tersimpan energi potensial (pada air jatuh) dan energi kinetik (pada air mengalir). Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis maupun energi listrik. Besarnya energi air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya head dan debit air. Dalam hubungan reservoir air maka head adalah beda ketinggian antara muka air pada reservoir (bendungan) dengan muka air keluar dari kincir air/turbin air. Turbin yang menjadi komponen utama untuk menghasilkan energi listrik terletak di dalam rumah turbin (*power house*). Hal ini dikarenakan Indonesia terkenal sebagai negara maritim yang 2/3 dari luas permukaan ditutupi oleh air sehingga air akan sangat berpotensi jika dikembangkan dan menghasilkan energi. Energi air lebih diutamakan dari pada energi angin (Ningtyas & Adiwibowo, 2020).

#### **2.2. Turbin Air**

Turbin adalah sebuah mesin penggerak yang memanfaatkan energi dari aliran fluida seperti air dan gas. Sedangkan turbin air merupakan turbin yang bekerja dengan menggunakan fluida air yang mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Dalam hal ini air memiliki energi potensial

yang akan menjadi mekanik, dimana air memutar roda turbin, dimana energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Bagian turbin yang bergerak dinamakan rotor atau roda turbin, sedangkan bagian yang tidak bergerak dinamakan stator atau rumah turbin (Umurani et al., 2020).

### 2.3. Prinsip Kerja Turbin Air

Kinerja turbin air terdapat pada sudu, yaitu suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu. Perubahan energi potensial menjadi energi mekanik dikarenakan oleh dari salah satu mekanisme yang pokok dan paling mendasar dimana tekanan air dapat memberikan sebuah gaya padapermukaan penggerak dari sudu turbin, yang berkurang pada saat air melalui turbin tersebut. Turbin yang beroperasi seperti ini disebut turbin reaksi. Casing turbin ini seluruhnya terendam dalam air, maka dari itu casing turbin ini harus cukup kuat untuk menahan tekanan air yang bekerja pada turbin tersebut, serta tekanan air diubah menjadi energi kinetik dan energi kinetik tersebut berbentuk pancaran/semburan air yang mempunyai kecepatan yang tinggi, kemudian memenuhi dari sudu penggerak, lalu membentur saluran keluar pada turbin tersebut. Alat ini berputar pada sumbunya karena adanya dorongan aliran air melalui pipa pesat yang cukup cepat sejalan dengan berputarnya turbin (Yani et al., 2018).

Berdasarkan perubahan energi, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi.

#### 2.3.1. Turbin Impuls

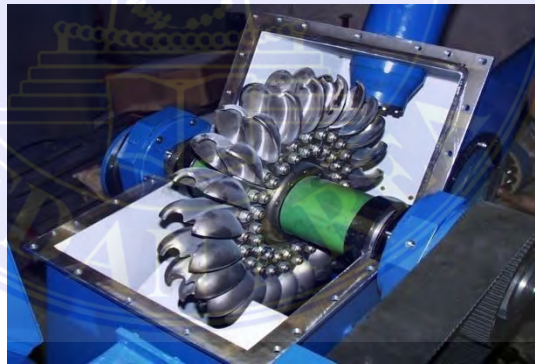
Turbin impuls disebut juga dengan turbin air tekanan sama karena tekanan yang keluar dari nosel sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Sehingga energi

tempat dan energi tekanan yang dimiliki oleh aliran air dirubah semuanya menjadi energi kecepatan . Jenis dari turbin impuls ini yaitu:

Turbin Pelton, Turbin Crossflow (Pangestu & Kn, 2021).

a. Turbin Pelton

Turbin 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 mempunyai 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. Turbin pelton juga merupakan salah satu jenis turbin air yang prinsip kerjanya memanfaatkan energi potensial air sebagai energi listrik tenaga air. Turbin pelton yaitu turbin yang sangat cocok pada head tinggi (Irawan & Syamsuri, 2018). Turbin pelton dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini .

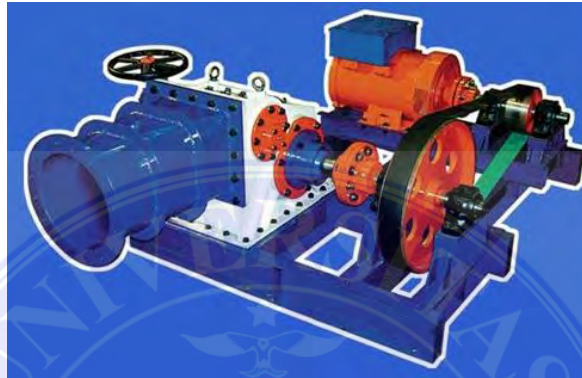


Gambar 2. 1. Turbin Pelton

b. Turbin Crossflow

Turbin crossflow merupakan turbin aksi ( impulse turbine ), keuntungan penggunaan turbin crossflow yaitu dapat mengghemat biaya namun menghasilkan daya yang besar. Hal ini karena turbin crossflow memiliki ukuran lebih kecil dan kompak dibandingkan jenis turbin yang ada di Pembangkit Listrik tenaga angin.

Diameter kincir pada turbin pembangkit tenaga angin biasanya 2 meter ke atas, tetapi diameter turbin crossflow dapat dibuat hanya 20 cm saja sehingga bahan-bahan yang dibutuhkan jauh lebih sedikit, itulah sebabnya bisa lebih murah (Solihat et al., 2019). Turbin crossflow dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2. 2 Turbin Crossflow

### 2.3.2. Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah turbin yang cara kerjanya merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi kinetik di sudu. Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Runner turbin reaksi sepenuhnya tercelup dalam air dan berada dalam rumah turbin. Turbin yang bekerja berdasarkan prinsip ini dikelompokkan sebagai turbin reaksi diantaranya yaitu : Turbin Francis, Turbin Kaplan (Yani et al., 2018).

#### a. Turbin Francis

Turbin Francis yaitu salah satu turbin yang bekerja berdasarkan perubahan momentum fluida kerjanya, dengan menggunakan tekanan lebih pada saat air jatuh memasuki runner, dimana arahnya disempurnakan dengan menggunakan guide vane. Sisa energi potensial bekerja pada runner, sedangkan pipa hisap

memungkinkan energi tersebut bekerja pada runner secara maksimum (Sudrajat & Bintoro, 2012).

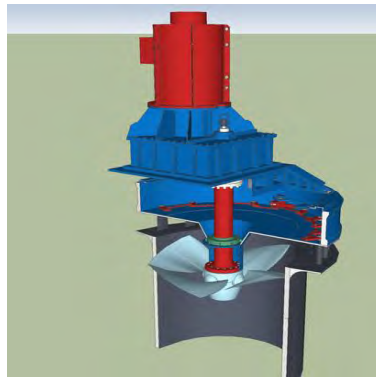
Turbin Francis dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2. 3 Turbin Francis

b. Turbin Kaplan

Turbin ini mempunyai roda jalan yang mirip dengan baling-baling pesawat terbang. Bila baling pesawat terbang berfungsi untuk menghasilkan gaya dorong, roda jalan pada turbin kaplan berfungsi untuk mendapatkan gaya  $F$  ialah gaya putar yang dapat menghasilkan torsi pada poros turbin. Sudu pada roda jalan kaplan akan menyesuaikan posisinya pada kondisi beban turbin(Pangestu & Kn, 2021). Turbin Kaplan dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2. 4 Turbin Kaplan

## 2.4. Turbin *Whirlpool*

Saat ini, lebih dari 85% energi terbarukan berasal dari sungai dan sebagian besar pembangkit listrik tenaga air berada didaerah perbukitan karena pembangkit listrik tenaga air membutuhkan potensi perbedaan ketinggian air untuk memutar turbin.

Menurut turbulent, bak beton dapat bertahan hingga seratus tahun, turbinnya 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 memiliki tekanan yang tinggi semakin berkurang keberlanjutannya, dan tujuan adalah agar sumber energi dari air menjadi berkelanjutan kembali. Meskipun dianggap sebagai energi terbarukan, itu merusak alam dalam pembangunannya, namun masalah tersebut tampaknya dapat dipecahkan karena konsep pembangkit listrik tenaga air yang baru dan inovatif telah diberikan oleh beberapa insinyur Belgia yang telah mengembangkan turbin yang dikenal sebagai Turbin *Whirlpool* (Umurani et al., 2020). Turbin *Whirlpool* mempunyai 1 bagian dan berputar. Turbin *Whirlpool* memakai penghubung terkecil dan air terjun agar mendapat energi. Generator di masukan ke bak, selanjutnya bagian penutup dibuka sedikit agar air bisa masuk kedalamnya, ini menyebabkan turbin berputar. Putaran turbin ini menghasilkan energi bebas tanpa batas, sepanjang airnya mengalir. Turbin *Whirlpool* dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini.





Gambar 2. 5 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. Tinggi jatuh air dan kapasitas air berpengaruh pada daya listrik yang dihasilkan. Air yang mengalir kemudian dialirkan ke rumah pembangkit, kemudian air memutar turbin. Generator tersebut yang dapat menghasilkan daya listrik. Listrik yang dihasilkan oleh generator ini akan melalui sistem penyimpanan, guna mendapatkan tegangan yang sesuai dengan kebutuhan (Pangestu & Kn, 2021).

#### 2.4.2. Komponen Komponen Turbin

Pada dasarnya, Turbin memiliki beberapa komponen utama yaitu diantaranya adalah :

a. Stator

Pada turbin stator terdiri dari dua bagian yaitu casing atau wadah dan sudu tetap.

### 1. Casing

Casing adalah suatu wadah berbentuk yang menyerupai sebuah tabung dimana rotor ditempatkan diluar casing diberi bantalan yang berfungsi untuk menyangga rotor.

### 2. Sudu Tetap

Sudu adalah merupakan bagian turbin air yang berfungsi untuk merubah gerak pancar air menjadi gerak rotasi/putaran dimana pancaran air yang masuk turbin dimana mengenai sudu roda turbin akibat adanya fluida kerja ( air, uap, angin, dll ) dimana akan terjadinya konversi energi yaitu energi kinetik menjadi energi mekanis (Okinawa et al., 2021).

#### b. Rotor

Rotor adalah bagian yang berputar pada turbin yang terdiri dari komponen komponen seperti :

#### 1. Poros

Poros dapat berupa silinder panjang serta berongga. Poros adalah bagian yang berfungsi untuk meneruskan aliran tenaga yang berupa gerak putar.

#### 2. Sudu Gerak

Sudu gerak adalah sudu-sudu yang dipasang disekeliling rotor membentuk suatu piringan, serta bagian yang berfungsi untuk menerima beban pancaran yang disemprotkan oleh nozzle.

#### 3. Bantalan

Bantalan berfungsi sebagai penyangga rotor sehingga membuat rotor dapat stabil lurus di dalam casing serta rotor dapat berputar dengan aman dan bebas, dengan tujuan agar tidak mengalami kebocoran pada sistem.

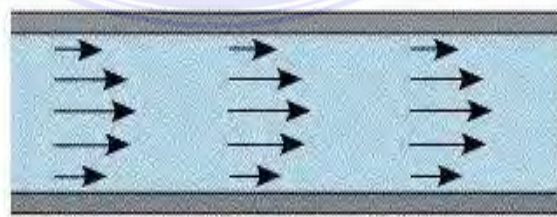
## 2.5. Aliran Fluida

Aliran fluida merupakan zat yang dapat mengalir dimana mempunyai partikel yang mudah bergerak dan berubah bentuk tanpa pemisahan massa. Ketahanan fluida terhadap perubahan bentuk sangat kecil sehingga fluida dapat dengan mudah mengikuti bentuk ruang. Berdasarkan wujudnya, fluida dapat dibedakan menjadi dua yaitu: fluida cair dan fluida gas, sifat-sifat dasar fluida tersebut yaitu; kekentalan, kerapatan, berat jenis, tekanan, temperatur (Kırbaş et al., 2013).

Ada beberapa jenis aliran dalam fluida diantaranya yaitu :

### 2.5.1. Aliran Laminar

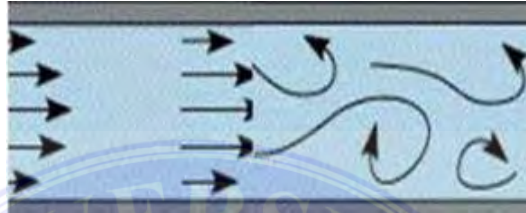
Aliran laminar adalah aliran fluida yang ditunjukkan dengan gerak partikel-partikel fluidanya sejajar dengan garis-garis arusnya. Dalam aliran laminar, partikel-partikel fluida seolah-olah bergerak sepanjang lintasan-lintasan yang halus dan lancar, dengan satu lapisan meluncur satu arah pada lapisan yang bersebelahan. Aliran laminar bersifat *steady* maksudnya alirannya tetap (Simanjuntak et al., 2016). Aliran laminar dapat dilihat pada gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2. 6 Ilustrasi Aliran Laminar

### 2.5.2. Aliran Transisi

Aliran Transisi adalah aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen dimana kondisi partikel fluida berada pada peralihan dari kondisi seragam menjadi acak (Simanjuntak et al., 2016). Aliran Transisi dapat dilihat pada gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2. 7 Ilustrasi Aliran Transisi

### 2.5.3. Aliran Turbulen

Aliran turbulen merupakan kecepatan aliran relatif besar yang 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 (Simanjuntak et al., 2016). Aliran turbulen dapat dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2. 8 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 (Kırbaş et al., 2013). 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 :Kecepatanaliran air (m/s)

L : Panjang suatupelat (m)

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

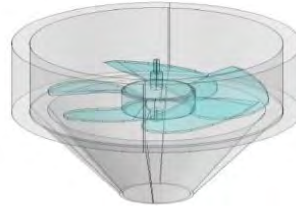
$\mu$  :Viskositas Air ( $\text{N.s}/\text{m}^3$ )

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 (Kırbaş et al., 2013).

**2.6. Conical Basin**

*Conical Basin* mempelajari bahwa pengaruh struktur cekungan dalam pembentukan aliran pusaran air. Penelitian ini menunjukkan parameter penting yang dapat menentukan energi kinetik pusaran air bebas dan air di diameter lubang kondisi di saluran masuk dan konfigurasi cekungan, lalu tangki silinder dengan lubang di tengah bawah dengan aliran masuk yang dipandu oleh pelat adalah konfigurasi yang paling cocok untuk menciptakan pusaran air energi kinetik (Ningtyas & Adiwibowo, 2020). Setelah itu dimana air melewati saluran masuk yang besar dan lurus melalui saluran dan kemudian mengalir secara berputar ke dalam cekungan berbentuk kerucut (*conical basin*) yang membentuk

pusaran yang kuat, lalu lubang keluar dibuat di dasar cekungan di mana pusaran menemukan outletnya. *Conical Basin* dapat dilihat pada gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2. 9 Conical Basin

## 2.7. Karakteristik Turbin Air

### 2.7.1. Debit Air

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.

Debit air dapat diartikan sebagai ukuran dari banyaknya volume air yang mampu melewati suatu tempat ataupun yang dapat di tampung di dalam suatu tempat per satuan waktu. Debit air mempunyai satuan khusus yaitu volume per satuan waktu yaitu  $m^3/s$  (meter kubik per detik) dalam satuan internasional (Putra et al., 2018). Untuk menghitung nilai debit air, dapat menggunakan persamaan 2.2 dibawah ini.

$$Q = A \times v \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

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

A : Luas alas tabung ( $m^2$ )

v : kecepatan (m/s)

### 2.7.2. Daya Air

Daya air didefinisikan sebagai daya yang dihasilkan oleh air yang mengalir dari suatu ketinggian (H) (Putra et al., 2018). Daya air dapat diketahui menggunakan persamaan 2.3 dibawah ini.

$$P_a = \rho g \cdot Q \cdot H \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

$P_a$  : Daya air

$\rho$ : massa jenis air ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$g$  : gravitasi ( $\text{m}/\text{s}^2$ )

$Q$  : debit air ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

$H$  : ketinggian air (m)

### 2.7.3. Daya Turbin

Daya turbin merupakan daya yang dibangkitkan oleh turbin air dengan mengubah energi kinetik air menjadi energi mekanik berupa putaran turbin (Putra et al., 2018). Untuk mengetahui daya turbin yang direncanakan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4 di bawah ini.

$$P_t = T \cdot \omega \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

$P_t$  : Daya turbin

$T$  : torsi (N.m)

$\omega$  : Kecepatan keliling turbin

#### 2.7.4. 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 2.5 dibawah ini.

$$\eta = \frac{P_{Out}}{P_{In}} \cdot 100 \% \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

$\eta$  : efisiensi turbin

$P_{Out}$  : daya generator

$P_{In}$  : daya air

#### 2.7.5. Torsi (T)

Momen gaya (torsi) adalah sebuah besaran yang menyatakan besarnya gaya yang bekerja pada sebuah benda sehingga mengakibatkan benda tersebut berotasi dan disebut juga momen atau gaya yang menyatakan benda tertentu berputar pada suatu sumbu. Torsi juga dapat didefinisikan sebagai pengukuran efektivitas gaya untuk menghasilkan rotasi atau rotasi di sekitar sumbu (Putra et al., 2018). Torsi dapat ditentukan menggunakan persamaan 2.6 dibawah ini.

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

Dimana :

T : torsi (Nm)

F : Gaya (N)

r : Jari-jari poros (m)



### 2.7.6. Kecepatan Keliling Turbin

Kecepatan keliling turbin adalah besaran vektor yang menyatakan frekuensi sudut suatu benda dan sumbu putarnya yang dinyatakan dalam satuan radian per detik (Putra et al., 2018). Kecepatan keliling turbin atau dikenal dengan kecepatan sudut dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.7 dibawah ini.

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

Dimana :

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

n : kecepatan putaran (rpm)

### 2.7.7. Daya Generator

Daya generator merupakan daya yang dibangkitkan oleh sebuah sistem pembangkit setelah mengalami rugi-rugi secara keseluruhan yang diteruskan ke generator (Putra et al., 2018). Untuk mengetahui daya keluaran yang dihasilkan generator dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.8 di bawah ini.

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

Dimana :

$P_g$  : Daya (Watt)

V : Tegangan listrik (volt)

I : Arus (ampere)

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

##### 3.1.1. Waktu

Penelitian ini dilaksanakan sejak tanggal pengesahan usulan oleh program studi sampai dinyatakan sudah selesai yang telah direncanakan berlangsung selama waktu yang akan ditentukan. Adapun jadwal kegiatan penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1 dimana jadwal kegiatan penelitian dibawah ini.

Tabel 3. 1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Perbulan)								
		Agt	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Mei	Agt	
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 ini dilaksanakan di PT. Panin Mas Jl.Kongsi No.15 Marindal I, Medan Amplas 20361 Sumatera Utara – Indonesia.

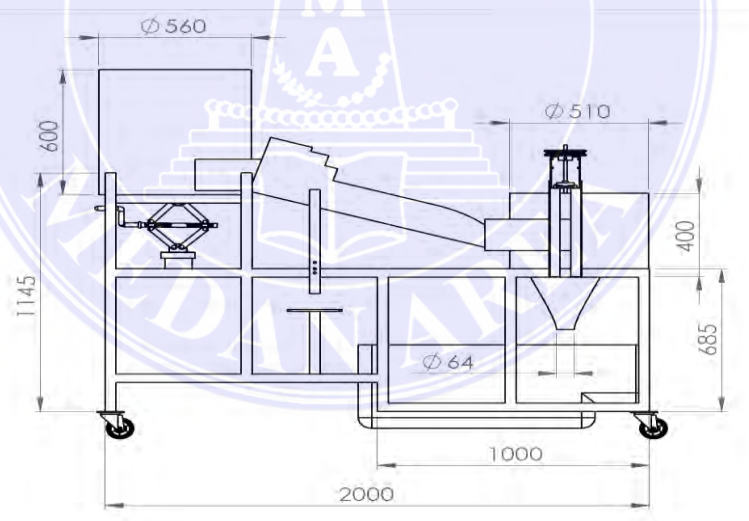
## 3.2 Bahan dan Alat

### 3.2.1. Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

#### a. Pembangkit Listrik Jenis Turbin *Whirlpool*

Turbin air merupakan suatu pembangkit yang memanfaatkan energi potensial air menjadi energi mekanik dimana air memutar turbin air. Turbin air juga merupakan turbin yang bekerja dengan menggunakan fluida air yang mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Dalam hal ini air memiliki energi potensial yang akan menjadi mekanik, dimana air memutar roda turbin, dimana energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator (Pangestu & Kn, 2021). Gambar sketsa turbin *Whirlpool* dimana ditunjukkan pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3. 1 Sketsa Pembangkit Listrik Turbin Whirlpool

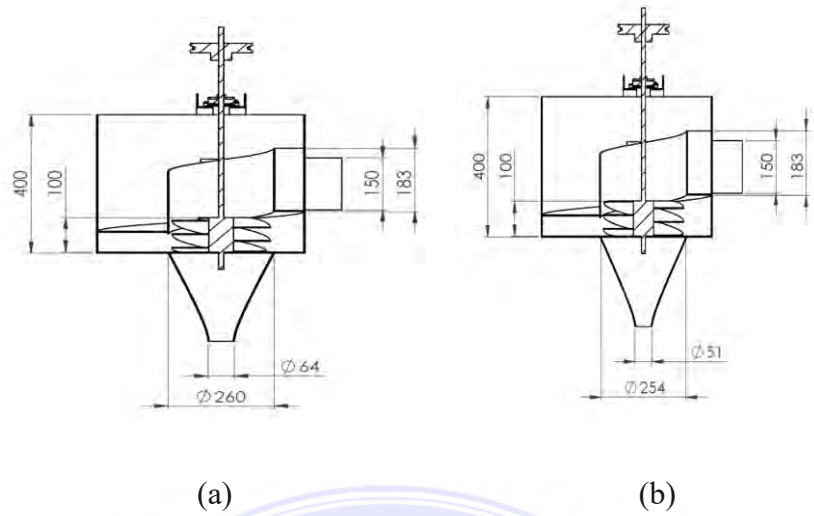
Berikut gambar pembangkit listrik turbin whirlpool dimana ditunjukkan pada gambar 3.2 dibawah ini.



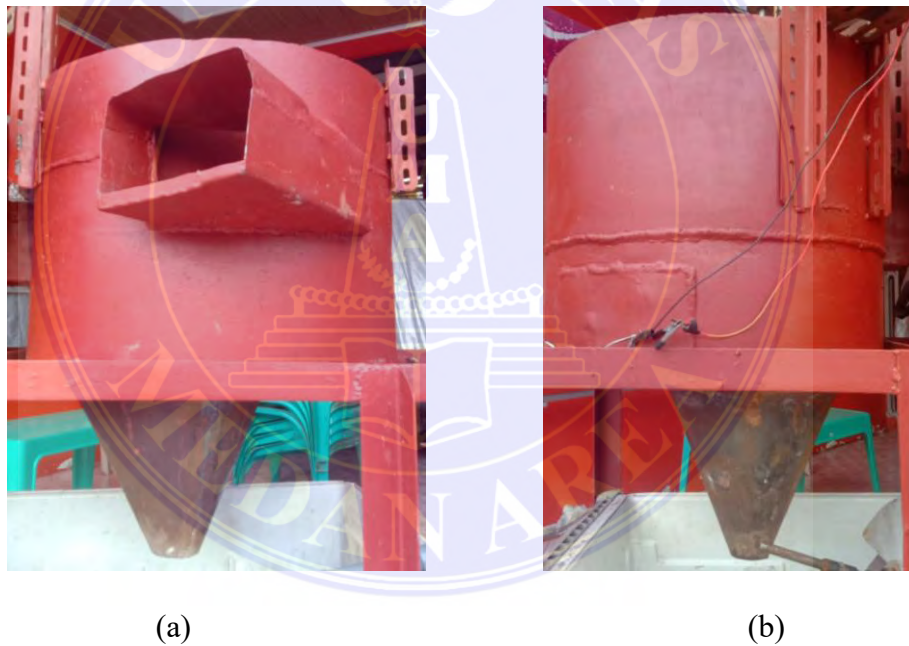
Gambar 3. 2 Gambar Pembangkit Listrik Turbin Whirlpool

b. *Conical Basin Turbin Whirlpool*

*Conical Basin* mempelajari bahwa pengaruh struktur cekungan dalam pembentukan aliran pusaran air. Penelitian ini menunjukkan parameter penting yang dapat menentukan energi kinetik pusaran air bebas dan air di diameter lubang kondisi di saluran masuk dan konfigurasi cekungan, lalu tangki silinder dengan lubang di tengah bawah dengan aliran masuk yang dipandu oleh pelat adalah konfigurasi yang paling cocok untuk menciptakan pusaran air energi kinetik . Setelah itu dimana air melewati saluran masuk yang besar dan lurus melalui saluran dan kemudian mengalir secara berputar ke dalam cekungan berbentuk kerucut (*conical basin*) yang membentuk pusaran yang kuat, lalu lubang keluar dibuat di dasar cekungan di mana pusaran menemukan outletnya (Ningtyas & Adiwibowo, 2020). Gambar saluran keluar turbin dengan menggunakan *Conical Basin* (kerucut) sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.7 dibawah ini.



Gambar 3. 3 (a) Sketsa gambar *Conical Basin 67°* dan (b) *Conical Basin 58°*



Gambar 3. 4 (a) Gambar *Conical Basin 67°* dan (b) *58° Turbin Whirlpool*

Berikut tabel spesifikasi *Conical Basin* pada pembangkit listrik tenaga air dapat dilihat pada tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3. 2 Spesifikasi Conical Basin

Type	Dimensi
Panjang conical	225 mm
Tebal plat conical	2 mm
Lebar conical	254 mm
Lebar saluran keluar conical	64 mm dan 51 mm
Tinggi rumah turbin	400 mm
Tinggi turbin <i>Whirlpool</i>	100 mm
Tinggi saluran masuk rumah turbin	150 mm

### 3.2.2. Alat

Dibawah ini peralatan yang dipergunakan dalam mendukung proses penelitian yaitu :

#### a. Meter Ukur

Meter ukur digunakan untuk mengukur dimensi dan lebar turbin *Whirlpool*. Meter ukur atau meteran dapat dilihat seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3. 5 Meter Ukur

Adapun Spesifikasi alat ukur meteran dapat dilihat dibawah ini :

1. Tipe : Meteran manual
2. Massa : 0,3 kg
3. Panjang : 5 meter
4. Lebar Meteran : 19 mm

b. *Tachometer*

Tachometer adalah alat pengujian yang dirancang untuk mengukur kecepatan rotasi dari sebuah objek, seperti pengukuran putaran poros turbin.

Tachometer dapat dilihat seperti pada gambar 3.6 dibawah ini.



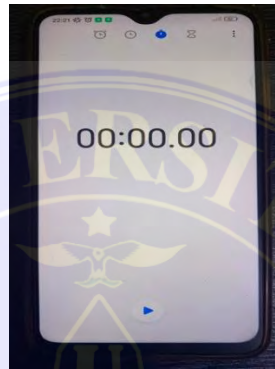
Gambar 3. 6 Alat Ukur Tachometer

Adapun Spesifikasi alat ukur tachometer dapat dilihat dibawah ini:

1. *Display* : 5 Digit, 18 mm (17")
2. *Test Range* : 2.5 to 99,999 RPM
3. *Resolution* : 0.1 RPM (2.5 to 999,9 RPM), 1RPM ( 1,000 RPM)
4. *Accuracy* : +(0.05% = 1 Digit)
5. *Sampling Time* : 0.8 Seconds (over 60 RPM)
6. *Test Range Select* : *Automatic*
7. *Memory* : *Last Value, Max. Value, Min. Value*

c. *Stopwatch*

Stopwatch adalah alat yang digunakan untuk mengukur lamanya waktu yang diperlukan dalam kegiatan. Stopwatch secara khas dirancang untuk memulai dengan menekan tombol di atas dan berhenti, sehingga suatu waktu detik ditampilkan sebagai waktu yang berlalu. Stopwatch dapat dilihat pada gambar 3.7 dibawah ini.



Gambar 3. 7 Alat Ukur Stopwatch

Adapun Spesifikasi alat ukur stopwatch dapat dilihat dibawah ini :

1. Tipe : Stopwatch handphone
2. Berat : 150 Gram

d. *Multitester*

Multitester merupakan sebuah alat pengukur yang digunakan untuk mengetahui ukuran tegangan listrik, resistansi, dan arus listrik. Berikut gambar multitester dapat dilihat pada gambar 3.8 dibawah ini.



Gambar 3. 8 Alat Ukur Multitester



Adapun Spesifikasi alat ukur multimeter dapat dilihat pada dibawah ini :

1. Ohm : x 10, x 100, x 1000
2. ACV : 10, 50, 250, 1000 VDC
3. DCV : 10, 50, 250, 1000 VAC
4. DCMA : 0,5, 50, 500 MA
- e. Timbangan Tangan Digital

Timbangan merupakan alat yang digunakan dalam melakukan pengukuran massa suatu benda. Timbangan tangan digital dapat dilihat pada gambar 3.9 dibawah ini.



Gambar 3. 9 Alat Ukur Timbangan Tangan Digital

Adapun Spesifikasi alat ukur timbangan tangan digital dapat dilihat pada dibawah ini:

1. Kapasitas : 50 kg / 10 g
2. Power : (CR2023-1pcs)
3. Data lock function with LCD indication
4. Overload indication
- 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 ini.



Gambar 3. 10 Generator

Adapun spesifikasi generator dapat dilihat dibawah ini :

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
- g. Pompa air

Pada PLTA diperlukan debit air yang besar agar turbin air dapat berputar kemudian menghasilkan daya listrik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, peneliti menggunakan pompa air Robin Model SU 50. Pompa air dapat dilihat pada gambar 3.11 dibawah ini.



Gambar 3. 11 Pompa air

Adapun spesifikasi pompa air dapat dilihat dibawah ini :

1. Lubang hisap dan buang : 50 mm
2. Tinggi total : 33 meter
3. Kapasitas pengaliran maksimal : 560 l/menit
4. Kecepatan pengaliran : 3600 rpm

### 3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan yaitu dengan cara experiment. Variabel dalam penelitian ini yaitu variabel bebas yang terdiri dari torsi serta *conical basin*  $67^\circ$  dan  $58^\circ$ . Kemudian variabel terikat yaitu meliputi daya dan efesiensi pada turbin *whirlpool*.

### 3.4 Populasi dan Sampel

#### 3.4.1. Populasi

Dalam penelitian ini dimana populasi yang digunakan adalah daya generator, torsi, daya turbin, efesiensi turbin, 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. Berikut tabel populasi dapat dilihat pada tabel 3.3 dibawah ini.

Tabel 3. 3 Tabel populasi

No	Kinerja Turbin Whirlpool Conical $67^\circ$ dan $58^\circ$	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 pada pengambilan sampel yang dilakukan di masing masing populasi yang menggunakan sampel dengan data populasi tertinggi. Kemudian disimpulkan bahwa dimana jumlah sampel yang diperoleh adalah 5 sampel. Berikut tabel sampel dapat dilihat pada tabel 3.4 dibawah ini.

Tabel 3. 4 Tabel Sampel

No	Kinerja Turbin Whirlpool Conical 67° dan 58°	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

Adapun prosedur serta tahapan – tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :

- a. Sebelum melakukan penelitian hal yang pertama harus dipersiapkan adalah alat-alat dan bahan-bahan penelitian.
- b. Kemudian langkah selanjutnya mengisi air pada bak penampung.
- c. Memasang turbin *Whirlpool* secara bergantian di dalam rumah turbin dengan saluran keluar bentuk conical 67° dan 58°.
- d. Memberikan beban dengan generator dan menghubungkan alat multimeter untuk mendapatkan tegangan dan arus listrik yang dihasilkan, dimana dapat dilihat pada gambar 3.12 dibawah ini.



Gambar 3. 12 Mengukur Tegangan dan arus listrik menggunakan multimeter

- e. Menghidupkan pompa air untuk mengisi tabung reservoir atas.
- f. Selanjutnya membuka pintu air agar air yang sudah tertampung di reservoir atas dapat mengalir dari tabung reservoir menuju rumah turbin.
- g. Melakukan pengukuran terhadap kecepatan putaran turbin dengan menggunakan alat ukur tachometer dapat dilihat pada gambar 3.13 berikut.



Gambar 3. 13 Mengukur putaran turbin dengan tachometer

- h. Kemudian memasang alat ukur timbangan tangan digital untuk menentukan torsi yang dihasilkan, dimana dapat dilihat pada gambar 3.14 berikut.



Gambar 3. 14 Mengukur Torsi dengan timbangan tangan digital

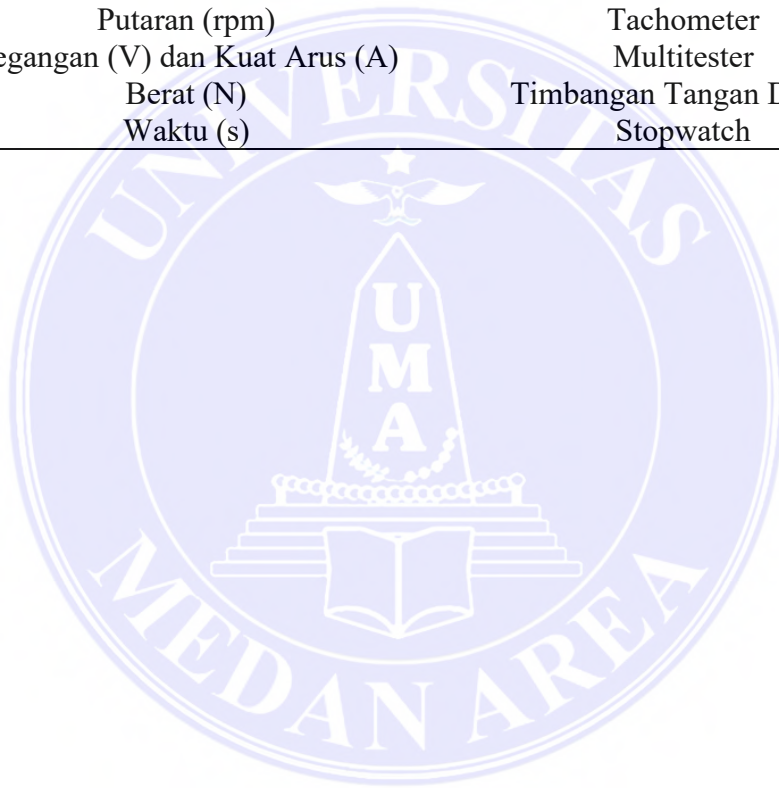
- i. Melakukan 7 kali percobaan dengan waktu pengujian selama 14 menit menggunakan alat ukur stopwatch.

- j. Selanjutnya melakukan pengumpulan dan mencatat data dari setiap pengujian seperti, debit air, tegangan listrik, arus, torsi, dan putaran turbin.
- k. Setelah itu menghitung hasil penelitian yang di dapat dari data pengujian yang telah di lakukan.

Adapun parameter pengukuran dapat dilihat pada tabel 3.5 dibawah ini.

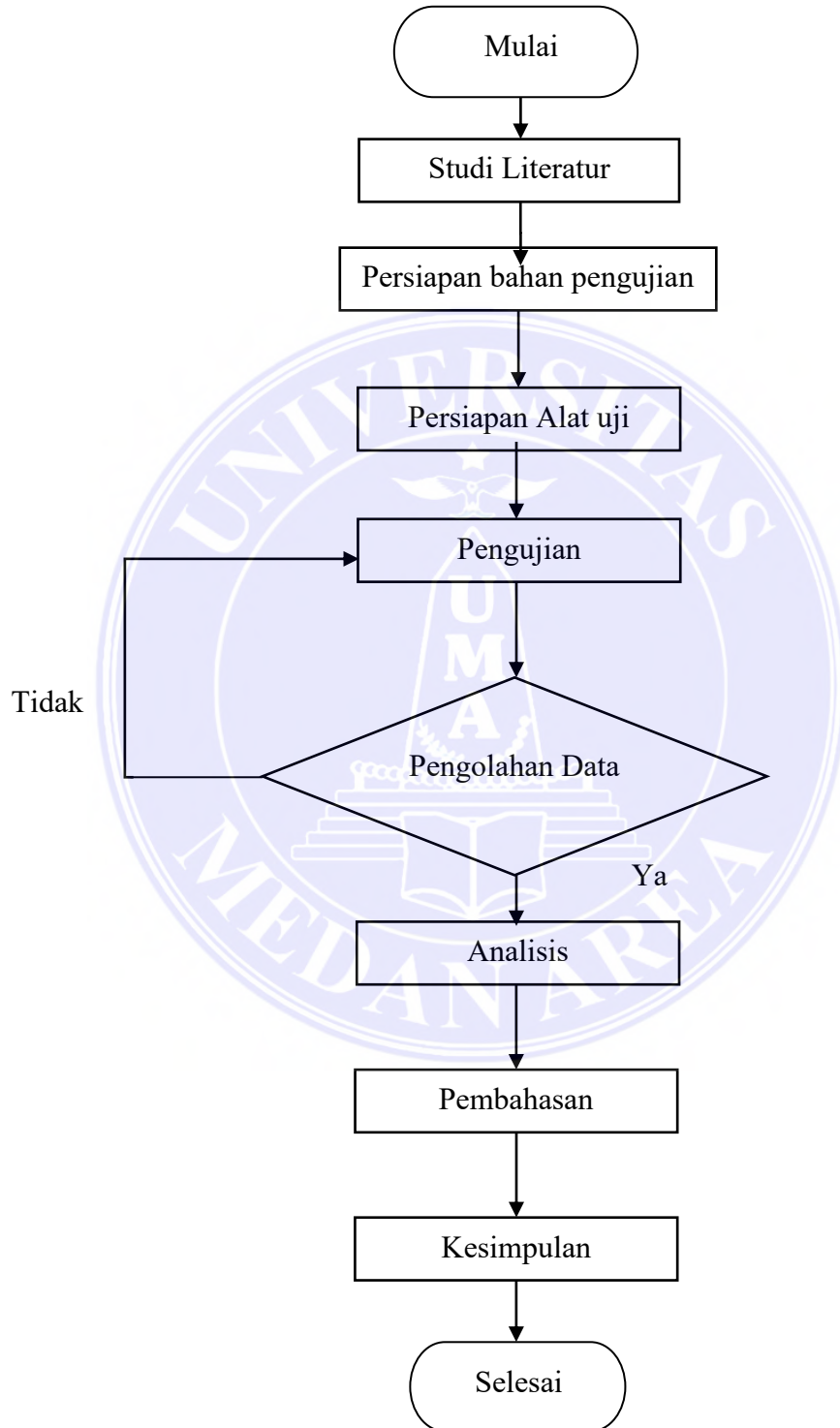
Tabel 3. 5 Parameter Pengukuran

Parameter Pengukuran	Alat Ukur
Panjang (m)	Meter Ukur
Putaran (rpm)	Tachometer
Tegangan (V) dan Kuat Arus (A)	Multitester
Berat (N)	Timbangan Tangan Digital
Waktu (s)	Stopwatch



### 3.5.1. Diagram Alir Penelitian

Untuk gambar diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.15.



Gambar 3. 15 Diagram Alir Penelitian

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan percobaan kinerja yang diperoleh dari pembangkit listrik turbin *Whirlpool* dengan menggunakan saluran keluar bentuk *Conical Basin*  $67^\circ$  dan  $58^\circ$  dengan melakukan 7 kali percobaan dengan debit air yang sama yaitu  $0,011 \text{ m}^3/\text{s}$  serta ketinggian yang konstan yaitu 0,67 m. Maka kesimpulan yang diambil dapat dilihat sebagai berikut :

1. Maka hasil penelitian Berdasarkan telah diketahui hasil kinerja dari pengujian turbin whirlpool pada saluran keluar bentuk *Conical Basin*  $67^\circ$  dimana rata – rata daya generator 3,86 Watt, kecepatan keliling turbin dengan beban generator 10,36 rad/s, kecepatan keliling turbin tanpa beban generator 12,89 rad/s, daya turbin dengan beban generator 2,69 Watt, daya turbin tanpa beban generator 3,34 Watt, efisiensi 5,36%, dan torsi 0,260 N.m.

Sedangkan pada saluran keluar bentuk *Conical Basin*  $58^\circ$  daya generator 2,11 Watt, torsi 0,191 Nm, kecepatan keliling turbin dengan beban generator 7,48 rad/s, kecepatan keliling turbin tanpa beban generator 11,59 rad/s, daya turbin dengan beban generator 1,43 Watt, daya turbin tanpa beban generator 2,22 Watt, efisiensi 2,92%

Maka hasil perhitungan rata – rata diatas dapat disimpulkan bahwasannya saluran keluar dengan bentuk conical  $67^\circ$  dan  $58^\circ$  yang diperoleh dengan hasil rata – rata yang terbaik menggunakan saluran keluar conical  $67^\circ$ .



2. Pada penelitian ini bentuk sudut dari *conical basin* terhadap daya dan efisiensi dipengaruhi oleh sudut dan lubang saluran keluar. Pada pengamatan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwasannya *conical basin* yang paling efisien untuk dipakai pada turbin yang dibuat lebih bagus memakai *conical basin* bentuk  $67^\circ$ , dikarenakan menggunakan bukaan pintu air yang berdiameter 0,0635 m pada saluran keluar bentuk conical  $67^\circ$  air yang terdapat di rumah turbin tidak tergenang sehingga menghasilkan putaran turbin yang terbaik dibandingkan dengan saluran keluar bentuk conical  $58^\circ$ .

## 5.2. Saran

Setelah melakukan penelitian serta percobaan yang dilakukan ada saran yang dapat diberikan jika penelitian ini ingin dikembangkan lebih lanjut yaitu sebagai berikut :

1. Menggunakan pulley yang lebih besar diameternya, serta pulley yang terdapat di generator diperkecil sehingga mendapatkan putaran turbin yang lebih maksimal.
2. Agar tekanan air bisa lebih kencang dapat menggunakan pompa yang lebih besar lagi sehingga daya turbin yang dihasilkan lebih besar lagi.
3. Pada *Conical Basin* lubang keluaran output diperbesar agar air dan turbin *Whirlpool* dapat lebih maksimal lagi putarannya serta tidak adanya air tergenang di rumah turbin.

## DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Indarto, B., Nafi', M. I., Basri, M. H., Iskawanto, H. S., & Salim, A. T. A. (2020). Rancang Bangun Gravitation Water Vortex Power Plant (GWVPP) Berbasis Basin Silinder. *JEECAE (Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering)*, 5(1), 27–34.  
<https://doi.org/10.32486/jeecae.v5i1.498>
- Irawan, H., & Syamsuri. (2018). Analisis Performansi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Jenis Turbin Pelton Dengan Variasi Buka-an Katup Dan Beban Lampu Menggunakan Inverter Hery Irawan1, Syamsuri 2, Rahmad Q3. *Jurnal Hasil Penelitian LPPM Untag Surabaya Januari*, 03(01), 27–31.
- Kırbaş, I. ., Çıfci, A. ., & İşyarlar, B. (2013). Jurnal Teknologi Kimia Unimal Jurnal Teknologi Kimia Unimal Analisa Profil Aliran Fluida Cair dan Pressure Drop pada Pipa L menggunakan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD). *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(2), 20--30. <http://ojs.unimal.ac.id/index.php/jtk>
- Ningtyas, N. I. W., & Adiwibowo, P. H. (2020). Uji Eksperimental Pengembangan Sudut Basin Cone Terhadap Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex. *Jurnal Teknik Mesin*, 08(01), 37–44.
- 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. *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.  
<https://doi.org/10.24843/mite.2018.v17i03.p13>

- Simanjuntak, H. F. P., Manik, P., & Santosa, A. W. B. (2016). Analisa Pengaruh Panjang Dan Bentuk Geometri Lunas Bilga Terhadap Arah Dan Kecepatan Aliran (Wake) Pada Kapal Ikan Tradisional (Studi Kasus Kapal Tipe Kragan). *Jurnal Teknik Perkapalan*, 4(4), 345–352.
- Solihat, I., Astuti, E. T., & Rudiat, H. (2019). Analisa Pengujian Turbin Air Jenis Crossflow Terhadap Variasi Debit. *Jurnal Teknik Mesin Cakram*, 2(1), 23. <https://doi.org/10.32493/jtc.v2i1.2812>
- Sudrajat, A., & Bintoro, C. (2012). Penyempurnaan Pola Aliran Pada Turbin Francis Melalui Penggunaan Material Komposit Pada Komponennya Untuk Meningkatkan Daya. *Prosiding Industrial Research Workshop ...*. <https://jurnal.polban.ac.id/ojs>
- 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., 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>