

**PERBANDINGAN KINERJA BENTUK SUDU *WHIRLPOOL*  
DAN SUDU *VORTEX* PADA TURBIN AIR TIPE *WHIRLPOOL***

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**ALDI WAHYU FIRMANSYAH**

**188130008**



**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 JUDUL

# PERBANDINGAN KINERJA BENTUK SUDU *WHIRLPOOL* DAN SUDU *VORTEX* PADA TURBIN AIR TIPE *WHIRLPOOL*

## SKRIPSI

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

Oleh:

**ALDI WAHYU FIRMANSYAH**  
**188130008**

**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 Bentuk Sudu *Whirlpool* Dan Sudu  
*Vortex* Pada Turbin Air Tipe *Whirlpool*  
Nama Mahasiswa : Aldi Wahyu Firmansyah  
NIM : 188130008  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh

Komisi Pembimbing

(Muhammad Idris, ST, MT) (Indra Hermawan, ST, MT)  
Pembimbing I Pembimbing II  
Dr. Rahmad Syah, S. Kom, M. Kom Muhammad Idris, ST, MT  
Dekan Ka. Prodi



Tanggal Lulus: 08 Agustus 2023

## HALAMAN PERNYATAAN

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

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

Medan, 08 Agustus 2023



Aldi Wahyu Firmansyah

188130008

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Aldi Wahyu Firmansyah

NPM : 188130008

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul "Perbandingan Kinerja Bentuk Sudu Whirlpool dan Sudu Vortex Pada Turbin Air Tipe Whirlpool".

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Universitas Medan Area

Pada Tanggal : 08 Agustus 2023

Yang menyatakan

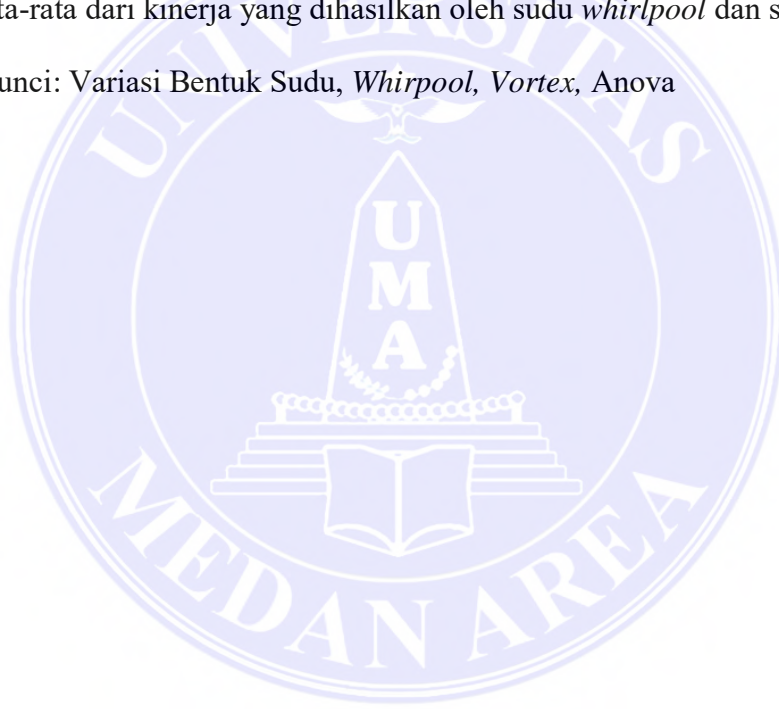


(Aldi Wahyu Firmansyah)

## ABSTRAK

Air, turbin, dan generator merupakan komponen pada pembangkit listrik tenaga air, dari komponen tersebut turbin merupakan komponen yang berperan penting dalam pengkonversian energi menjadi listrik, penelitian ini menggunakan turbin *whirlpool* dengan 2 variasi bentuk sudu, yaitu bentuk sudu tipe *whirlpool* dan bentuk sudu tipe *vortex*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui daya dan perbandingan kinerja yang dihasilkan dari dua variasi bentuk sudu tipe *whirlpool* dan bentuk sudu tipe *vortex*. Penelitian ini dilakukan dengan 7 kali percobaan dengan waktu 14 menit dan debit air 0,011 pada ketinggian 0,67, dari hasil penelitian ini kinerja yang dihasilkan dari bentuk sudu turbin tipe *whirlpool* lebih besar dengan nilai rata-rata dibandingkan dengan bentuk sudu tipe *vortex* dengan nilai rata-rata. Penelitian ini menggunakan uji statistik Anova dan dari hasil uji anova didapat nilai  $F_{Hitung}$  (0,83) dan  $F_{Tabel}$  (4,7),  $F_{Tabel}$  didapatkan dari tabel a (Alpha) 0,005). Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat diputuskan  $F_{Hitung} < F_{Tabel}$  (0,83 < 4.7) maka  $H_0$  diterima,  $H_1$  ditolak. Sehingga tidak ada perbedaan nilai rata-rata dari kinerja yang dihasilkan oleh sudu *whirlpool* dan sudu *vortex* .

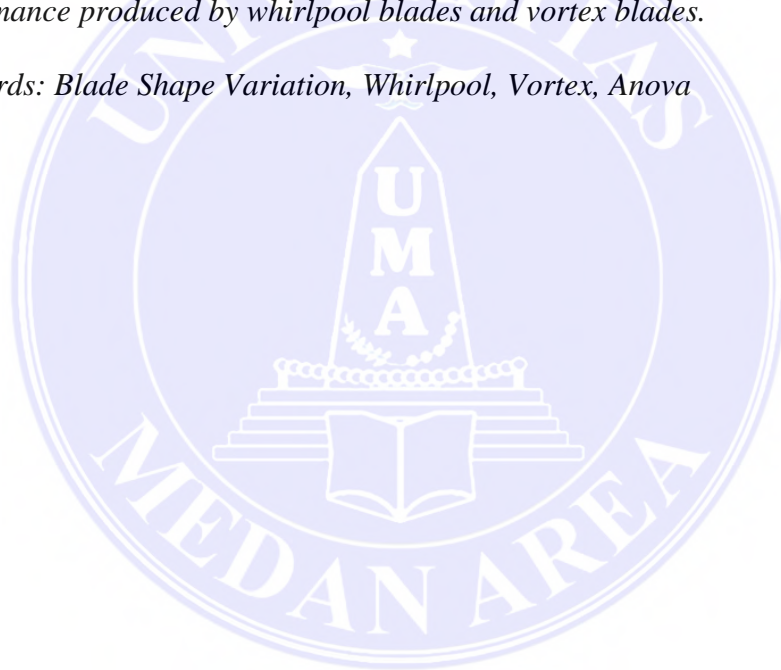
Kata Kunci: Variasi Bentuk Sudu, *Whirlpool*, *Vortex*, Anova



## ABSTRACT

*Water, turbines, and generators are components in hydroelectric power plants, of these components the turbine is a component that plays an important role in converting energy into electricity, this study uses whirlpool turbines with 2 variations of blade shapes, namely whirlpool type blades and vortex type blade shapes. The purpose of this study was to determine the power and performance comparison resulting from two variations of the whirlpool type blade shape and the vortex type blade shape. This research was carried out with 7 trials with a time of 14 minutes and a water discharge of 0.011 at a height of 0.67, from the results of this study the performance produced from the whirlpool type turbine blade shape was greater with an average value compared to the vortex type blade shape with an average value. This study used the anova statistical test and from the results of the anova test, the values of  $F_{count}$  (0.83) and  $F_{tabel}$  (4,7) were obtained,  $F_{tabel}$  was obtained from table a ( $\alpha$  0,005). Based on the results of the analysis, it can be decided that  $F_{count} < F_{tabel}$  (0.83 < 4.7) then  $H_0$  is accepted,  $H_1$  is rejected. So that there is no difference in the average value of the performance produced by whirlpool blades and vortex blades.*

*Keywords: Blade Shape Variation, Whirlpool, Vortex, Anova*



## RIWAYAT HIDUP

Aldi Wahyu Firmansyah lahir di Ajamu, Kec. Panai Huku, Kab. Labuhan Batu, Prov. Sumatra Utara pada tanggal 15 September 2000, anak ketiga dari tiga bersaudara, dari pasangan ayah bernama Suharno dan ibu bernama Puji Siswanti. Pada tahun 2006 penulis masuk sekolah dasar di SD Negeri 115513 Bagan Bilah, lulus pada tahun 2012. Pada tahun 2012 melanjutkan sekolah di SMP Swasta Yapendak Perkebunan Ajamu dan Lulus Pada tahun 2015. Pada tahun 2015 penulis melanjutkan sekolah di SMK Swasta Mandiri Cinta Makmur dan lulus pada tahun 2018. Pada tahun 2018 melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi Universitas Medan Area, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin. Pada oktober 2021 penulis telah menyelaikan kerja praktek selama 2 bulan di PKS Rambutan PTPN III .Syukur Alhamdulillah pada tahun 2023 penulis menyelesaikan pendidikan di Universitas Medan Area dengan gelar Sarjana Teknik.



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniaNya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah pembuatan dan pengujian Turbin Air Tipe Whirlpool sebagai Pembangkit Listrik dengan judul Perbandingan Kinerja Bentuk Sudu Whirlpool dan Bentuk Sudu Vortex Pada Turbin Air Tipe Whirlpool. Terima kasih penulis sampaikan kepada bapak Muhammad Idris, S.T., M.T dan bapak 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



(Aldi Wahyu Firmansyah)

## 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.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Hipotesis Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Potensi Energi Air .....	6
2.2. Turbin Air.....	6
2.2.1. Turbin Air Reaksi.....	7
2.2.2. Turbin Impuls.....	10
2.3. Turbin <i>Whirlpool</i> .....	11
2.4. Turbin <i>Vortex</i> .....	13
2.5. Komponen-Komponen Utama Turbin Air .....	14
2.6. Sudu Turbin.....	15
2.7. Karakteristik Turbin .....	16
2.7.1. Daya Turbin.....	16
2.7.2. Torsi .....	16
2.7.3. Kecepatan Keliling Turbin.....	17
2.7.4. Efisiensi.....	17
2.7.5. Daya Generator .....	17
2.7.6. Debit Air.....	18
2.7.7. Kecepatan Spesifik.....	18

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	20
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	20
3.1.1 Waktu .....	20
3.1.2 Tempat Penelitian.....	20
3.2. Bahan dan Alat .....	21
3.3.1 Bahan.....	21
3.3.2 Alat.....	25
3.3. Metode Penelitian.....	30
3.4. Populasi dan Sampel.....	31
3.4.1 Populasi .....	31
3.4.2 Sampel.....	31
3.5. Prosedur Kerja .....	32
3.5.1 Prosedur Pengujian Turbin <i>Whirlpool</i> .....	32
3.5.2 Diagram alir penelitian.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	37
4.1. Hasil.....	37
4.2. Pembahasan .....	41
4.1.1 Debit.....	42
4.1.2 Daya Air .....	43
4.1.3 Daya Generator .....	43
4.1.4 Kecepatan Keliling Turbin.....	44
4.1.5 Torsi .....	45
4.1.6 Daya Turbin.....	46
4.1.7 Efisiensi.....	47
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	53
5.1. Simpulan.....	53
5.2. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA .....	55

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Jadwal Kegiatan Penelitian .....	20
Tabel 3. 2 Spesifikasi Sudu Tipe Whirlpool dan Sudu Tipe Vortex.....	23
Tabel 3. 4 Tabel Populasi.....	31
Tabel 3. 5 Tabel Sampel.....	32
Tabel 3. 3 Parameter Pengukuran .....	35
Tabel 4. 1 Hasil Perhitungan Bentuk Sudu Tipe Whirlpool .....	37
Tabel 4. 2 Data Hasil Perhitungan Bentuk Sudu Tipe Vortex .....	38
Tabel 4. 3 Nilai Rata-Rata Kinerja Bentuk Sudu Tipe <i>Whirlpool</i> dan Bentuk Sudu Tipe <i>Vortex</i> .....	40
Tabel 4. 4 Tabel Bantu Perhitungan.....	40
Tabel 4. 5 Penyusunan Anova Satu Arah.....	40
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Bentuk Sudu Tipe Whirlpool.....	41
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Sudu Turbin <i>Vortex</i> .....	41



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Turbin Francis .....	8
Gambar 2. 2. Turbin Kaplan .....	9
Gambar 2. 3. Turbin Pelton.....	10
Gambar 2. 4. Turbin Crossflow.....	11
Gambar 2. 5. Skema Turbin <i>Whirlpool</i> .....	12
Gambar 2. 6. Turbin <i>Vortex</i> .....	14
Gambar 3. 1 Sketsa Sudu Tipe Whirlpool .....	21
Gambar 3. 2 Sketsa Sudu Tipe Vortex.....	22
Gambar 3. 3 Sudu Tipe Whirlpool.....	23
Gambar 3. 4 Sudu Tipe Vortex .....	23
Gambar 3. 5 Sketsa Pembangkit Listrik Jenis Turbin Whirlpool .....	24
Gambar 3. 6 Pembangkit Listrik Jenis Turbin Whirlpool.....	25
Gambar 3. 7 Meteran.....	25
Gambar 3. 8 <i>Tachometer</i> .....	26
Gambar 3. 9 Stopwatch <i>Handphone</i> .....	27
Gambar 3. 10 Timbangan Tangan digital .....	27
Gambar 3. 11 <i>Multitester</i> .....	28
Gambar 3. 12 Pompa Air .....	29
Gambar 3. 13 Generator.....	30
Gambar 3. 14 Memasang Sudu Tipe <i>Whirlpool</i> .....	32
Gambar 3. 15 Memasang Sudu Tipe <i>Vortex</i> .....	33
Gambar 3. 16 Memberikan Beban Berupa Motor Dc dan Alat Ukur <i>Multitester</i> . 33	
Gambar 3. 17 Melakukan Pengujian Pada Putaran Turbin Dengan Menggunakan Alat Ukur <i>Tachometer</i> .....	34
Gambar 3. 18 Melakukan Pengujian Torsi Dengan Menggunakan Timbangan Tangan Digital.....	34
Gambar 3. 19 Membuka Pintu Air .....	34
Gambar 3. 20 Diagram Alir Penelitian .....	36
Gambar 4. 1 Grafik Perbandingan Daya Generator Sudu Tipe Whirlpool Dan Sudu Tipe Vortex .....	48
Gambar 4. 2 Torsi Perbandingan Bentuk Sudu Tipe Whirlpool Dan Sudu Tipe Vortex.....	49
Gambar 4. 3 Daya Turbin Dengan Beban Dan Tanpa Beban Menggunakan Sudu Tipe Whirlpool Dan Sudu Tipe Vortex.....	50
Gambar 4. 4 Perbandingan Kecepatan Keliling Turbin Dengan Beban Dan Tanpa Beban Menggunakan Sudu Tipe Whirlpool Dan Sudu Tipe Vortex .....	51
Gambar 4. 5 Efisiensi Turbin Menggunakan Sudu Tipe Whirlpool Dan Sudu Tipe Vortex.....	52

## 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

Perkembangan teknologi menjadikan energi sebagai kebutuhan mendasar dalam mobilitas kegiatan manusia. Diperkirakan kebutuhan terhadap energi terus meningkat sekitar dua sampai tiga kali dalam kurun waktu sepuluh tahun, Seperti diketahui bahwa penyuplai terbanyak terhadap kebutuhan energi saat ini baik di dunia maupun di Indonesia adalah bersumber dari energi fosil, sementara itu produksi energi fosil khususnya minyak bumi tidak bisa ditingkatkan secara signifikan karena ketersediaannya semakin terbatas(Ujiburrahman et al., 2019).

Energi air dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik dengan memanfaatkan tenaga potensial yang tersedia (potensi air terjun dan kecepatan aliran). Indonesia memiliki potensi besar untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga air, ini disebabkan kondisi topografi Indonesia yang bergunung dan berbukit serta dialiri oleh banyak sungai (besar dan kecil) dan di beberapa daerah tertentu terdapat danau dan waduk yang cukup potensial sebagai sumber energi air. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah pembangkit yang memanfaatkan aliran air sebagai sumber untuk membangkitkan listrik.

Air, turbin, dan generator merupakan komponen pada pembangkit listrik tenaga air, dari komponen tersebut turbin merupakan komponen yang berperan penting dalam pengkonversian energi menjadi listrik. Untuk mengubah energi kinetik dari air menjadi energi mekanik untuk dapat memutar generator merupakan fungsi dari turbin. Ada beberapa jenis turbin yang bisa diaplikasikan pada pembangkit listrik, salah satunya adalah turbin *whirlpool*(Lubis et al., 2021).

Turbin *whirlpool* dibuat oleh perusahaan asal belgia merupakan pembangkit listrik yang hampir dapat dipasang di semua kanal atau sungai dan memanfaatkan air yang mengalir untuk menghasilkan tenaga listrik bagi setidaknya 60 rumah sumber energi bersih yang juga ramah terhadap ikan ini dapat beroperasi pada siang dan malam hari. Turbin *whirlpool* ini memanfaatkan jeram kecil atau air terjun untuk mendapatkan energi sehingga membuat turbin berputar. Putaran turbin ini menghasilkan energi tanpa batas sepanjang airnya mengalir (Umurani et al., 2020). Aliran air memiliki potensi energi kinetik untuk memutar turbin generator skala kecil untuk pembangkit listrik. Oleh karena itu, turbin ini digunakan untuk memperlihatkan peningkatan penggunaan air konsumsi pada kegiatan rutin, listrik dapat dibangkitkan pada saat yang bersamaan dengan aktivitas yang biasa dilakukan tanpa biaya tambahan pada konsumsi tagihan air (Zainuddin et al., 2009).

Sudu adalah bagian dari turbin dimana proses konversi energi terjadi, sudu terdiri dari beberapa bagian yaitu: akar sudu, badan sudu, dan ujung sudu, kemudian di rangkai sehingga membentuk satu lingkaran penuh. Komponen utama dalam penelitian ini adalah sudu, yang merupakan suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, air sebagai fluida kerja mengalir melalui ruang diantara sudu tersebut, dengan demikian roda turbin akan dapat berputar. Turbin air terdapat dalam suatu pembangkit listrik yang berfungsi untuk mengubah energi potensial yang dimiliki air menjadi energi kinetik. Selanjutnya energi kinetik ini akan dirubah menjadi energi elektrik melalui generator. Bentuk sudu turbin sangat menentukan putaran turbin, dimana dengan



tepatnya penentuan bentuk sudu akan mempengaruhi kecepatan tangensial yang memutar roda turbin untuk meningkatkan kinerja turbin(Yani et al., 2016).

Bentuk sudu turbin sangat menentukan putaran turbin dimana dengan tepatnya penentuan bentuk sudu akan mempengaruhi kecepatan tangensial yang memutar roda turbin untuk meningkatkan kinerja turbin. Pada penelitian yang lalu bentuk sudu yang dibuat tidak sesuai dengan bentuk sudu turbin *whirlpool* dan menghasilkan daya yang rendah, sehingga penulis ingin membandingkan antara bentuk sudu *whirlpool* dengan bentuk sudu *vortex*, dengan asumsi bentuk dari kedua sudu turbin yang akan dibuat ini dapat menghasilkan keluaran daya yang lebih maksimal. Untuk itu maka penelitian ini diarahkan untuk menentukan variasi bentuk sudu yang menghasilkan kinerja turbin yang lebih maksimal. Berdasarkan uraian diatas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul Perbandingan Kinerja Bentuk Sudu *Whirlpool* Dan Sudu *Vortex* Pada Turbin Air Tipe *Whirlpool*.

## 1.2. Perumusan Masalah

Identifikasi masalah yang mempengaruhi kinerja terhadap turbin air jenis *whirlpool*, maka penulis akan memilih permasalahan yang akan dibahas pada proposal ini adalah:

- a. Bagaimanakah perbandingan kinerja yang dihasilkan dari dua variasi bentuk sudu tipe *whirlpool* dan bentuk sudu tipe *vortex*?
- b. Bagaimanakah perbandingan dari dua variasi bentuk sudu tipe *whirlpool* dan bentuk sudu tipe *vortex* berdasarkan uji statistik?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah:

- a. Untuk mengetahui perbandingan kinerja yang dihasilkan dari dua variasi bentuk sudu tipe *whirlpool* dan bentuk sudu tipe *vortex*.
- b. Untuk mengetahui perbandingan dari dua variasi bentuk sudu tipe *whirlpool* dan bentuk sudu tipe *vortex* berdasarkan uji statistik.

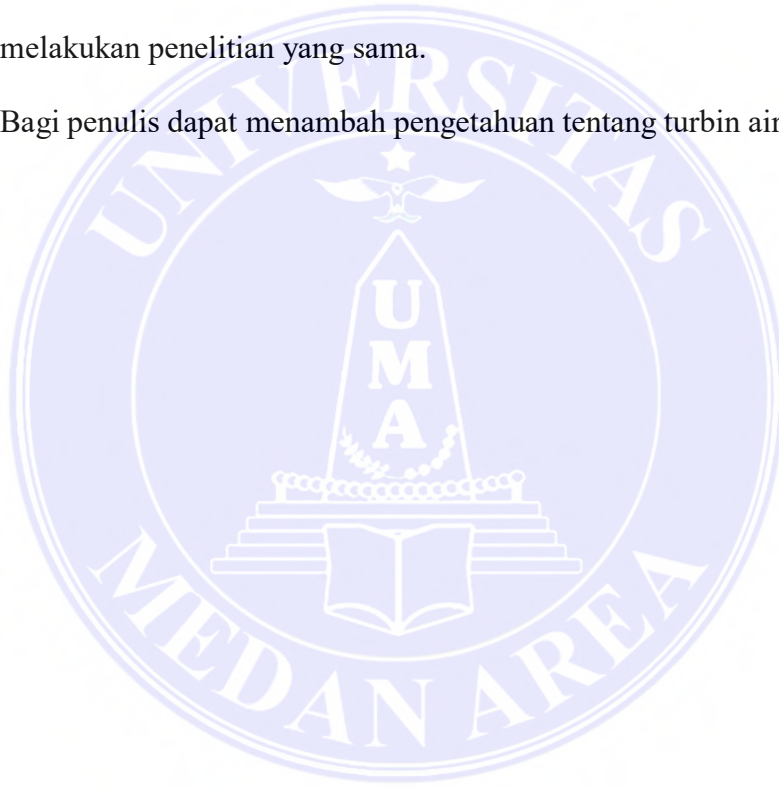
## 1.4. Hipotesis Penelitian

Pada penelitian turbin air tipe *whirlpool* ini menggunakan dua variasi bentuk sudu yaitu bentuk sudu *whirlpool* dan bentuk sudu *vortex* dengan jumlah masing-masing bilah sudu berjumlah 5 buah, terdapat perbedaan kinerja yang dihasilkan dari kedua variasi bentuk sudu tersebut, dikarenakan perbedaan bentuk sehingga air yang menabrak bilah-bilah sudu pada bentuk sudu *vortex* tidak maksimal, dan untuk membuktikan perbandingan kinerja yang dihasilkan maka harus dilakukan pengujian. Adapun uji statistik yang di gunakan pada penelitian ini adalah uji statistik Anova

### 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Penelitian ini dapat menambah wawasan dan ilmu pengetahuan tentang turbin air.
- b. Hasil dari penelitian dapat menambah wawasan ilmu pengetahuan yang dapat dipublikasikan atau ditempatkan di perpustakaan
- c. Hasil penelitian dapat dijadikan referensi bagi para peneliti lain jika melakukan penelitian yang sama.
- d. Bagi penulis dapat menambah pengetahuan tentang turbin air



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Potensi Energi Air

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. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis maupun energi listrik. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun ataupun aliran air di sungai. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik.

Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya *head* dan debit air. Banyaknya sungai dan danau air tawar yang ada di Indonesia merupakan modal awal untuk pengembangan energi air ini. Namun eksploitasi terhadap sumber energi yang satu ini juga harus memperhatikan ekosistem lingkungan yang sudah ada. Pemanfaatan energi air pada dasarnya adalah pemanfaatan energi potensial gravitasi. Energi mekanik aliran air yang merupakan transformasi dari energi potensial gravitasi dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin.

#### 2.2. Turbin Air

Turbin berasal dari kata "*turbine*" di ambil dari terjemahan bahasa latin dari kata "*whirling*" (putaran), ditemukan oleh seorang insinyur asal prancis yang bernama Cloude Biourdin pada awal abad 19, Peningkatan keterampilan teknik

selama abad ke-19 dikombinasikan dengan kebutuhan untuk mengembangkan perangkat kecepatan yang lebih kecil dan lebih tinggi untuk menghasilkan listrik, menyebabkan pengembangan turbin modern. dimanfaatkan untuk memutar mekanisme generator untuk menghasilkan energi. Turbin air terdapat dalam suatu pembangkit listrik yang dimana fluida kerjanya adalah air berfungsi untuk mengubah energi potensial yang dimiliki air menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran poros. Selanjutnya putaran poros turbin dimanfaatkan untuk memutar mekanisme generator untuk menghasilkan energi listrik. Hal ini menyebabkan setiap pembahasan tentang turbin akan mengikut sertakan generator sebagai pembangkit listrik.

Terdapat berbagai jenis turbin air yang digunakan untuk penyediaan kebutuhan energi listrik. Turbin air biasanya dikelompokkan berdasarkan kegunaan tertentu, kapasitas aliran, dan tinggi air jatuh. Oleh karena itu, turbin air di klasifikasikan berdasarkan beberapa cara. Secara umum klasifikasi berdasarkan prinsip kerja turbin tersebut merubah energi air menjadi energi mekanis, berdasarkan klasifikasi ini, turbin air dibagi menjadi dua yaitu turbin air reaksi dan turbin air impuls.

### 2.2.1. Turbin Air Reaksi

Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya pada sudu sehingga *runner* (bagian turbin yang berputar) dapat berputar. Turbin reaksi bekerja dengan secara langsung mengubah energi kinetik juga energi tekanan secara bersamaan menjadi energi mekanik(Sitepu et al., 2014). Turbin reaksi biasa disebut turbin tekanan lebih, pada turbin reaksi ini

proses pengisian air terjadi di dalam sudu tetap maupun sudu gerak, dan kedua sudu tersebut semuanya terendam di dalam aliran air. Sehingga turbin jenis ini juga disebut turbin pengisian penuh (*full admission turbine*). Turbin reaksi digunakan untuk aplikasi turbin dengan *head* rendah dan medium beberapa contoh turbin reaksi adalah turbin francis, dan turbin kaplan.

a. Turbin Francis

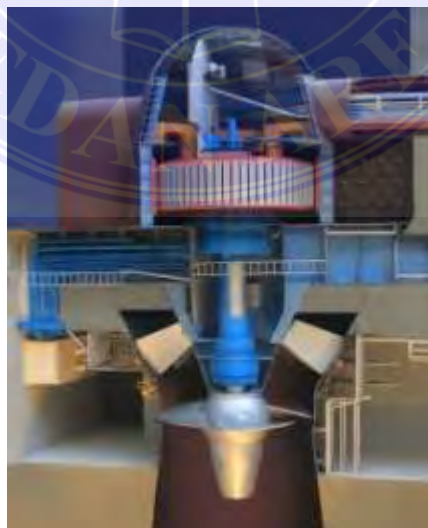
Turbin francis adalah termasuk jenis turbin yang terdiri dari sudu pengarah dan sudu jalan, dan kedua sudu tersebut semuanya terendam didalam air. Air pertama masuk pada terusan berbentuk rumah keong, perubahan energi seluruhnya terjadi pada sudu pengarah dan sudu gerak. Aliran air masuk kesudu pengarah dengan kecepatan semakin naik, dengan tekanan yang semakin turun sampai roda jalan pada roda jalan kecepatan akan naik lagi dan tekanan turun sampai di bawah 1 atm. Untuk menghindari kavitasi, tekanan harus di naikan 1 atm dengan cara pemasangan pipa hisap. Pengaturan daya yang di hasilkan yaitu dengan mengatur posisi pembukaan sudu pengarah, sehingga kapasitas air yang masuk keroda turbin dapat di perbesar atau diperkecil. Turbin francis dapat dipasang dengan poros vertikal dan horizontal. Gambar turbin francis dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1. Turbin Francis

b. Turbin kaplan

Turbin ini mempunyai roda jalan yang miring dengan baling-baling pesawat terbang, bila baling-baling pesawat terbang berfungsi untuk menghasilkan gaya dorong, roda jalan pada kaplan berfungsi untuk mendapatkan gaya  $F$  yaitu gaya putar yang dapat menghasilkan torsi pada poros turbin. Berbeda dengan roda jalan pada francis, sudu-sudu pada roda jalan kaplan dapat diputar posisinya untuk menyesuaikan kondisi beban turbin. Turbin kaplan banyak dipakai pada instalasi pembangkit listrik tenaga air sungai, karena turbin air ini mempunyai kelebihan dapat menyesuaikan *head* yang berubah –ubah sepanjang tahun.turbin kaplan dapat beroperasi pada kecepatan tinggi sehingg ukuran roda dapat di kopel langsung dengan generator.pada kondisi pada beban tidak penuh turbin kaplan mempunyai efesiensi paling tinggi,hal ini di karenakan sudu-sudu kaplan dapat diatur menyesuaikan dengan beban yang ada. Adapun gambar turbin kaplan dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2. Turbin Kaplan

### 2.2.2. Turbin Impuls

Turbin impuls merupakan turbin air yang memiliki tekanan sama pada setiap sudu geraknya (*runner*). Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada nosel. Air keluar nosel yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (*impuls*) akibatnya roda turbin akan berputar (Sitepu et al., 2014). Pada turbin impuls proses pengisian air pada roda turbin dilakukan pada sebagian dari keliling roda turbin, sehingga turbin impuls juga disebut turbin pengisian sebagian (*partial admission turbine*) atau disebut juga turbin aksi (*action turbine*). Beberapa contoh turbin impuls adalah turbin pelton dan turbin *crossflow* (juga dikenal sebagai *miche-banki* atau *ossberger*).

#### a. Turbin Pelton

Turbin pelton adalah turbin reaksi dimana satu atau lebih pancaran air menumbuk roda yang terdapat sejumlah mangkok. Masing-masing pancaran keluar melalui *nozzle* dengan *valve* untuk mengatur aliran, seperti yang terlihat pada gambar 2.3, turbin pelton hanya digunakan pada *head* tinggi dan *nozzle* turbin berada searah dengan piringan *runner*



Gambar 2.3. Turbin Pelton



b. Turbin Crossflow

Pada turbin impuls pelton beroperasi pada *head* relatif tinggi, sehingga pada *head* yang rendah operasinya kurang efektif atau efisiensinya rendah. Karena alasan tersebut, turbin pelton jarang dipakai secara luas untuk pembangkit listrik skala kecil. Sebagai alternatif turbin jenis impuls yang dapat beroperasi pada *head* rendah adalah turbin *crossflow* atau turbin impuls aliran *ossberger*. Gambar turbin *crossflow* dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah.



Gambar 2.4. Turbin Crossflow

### 2.3. Turbin *Whirlpool*

Turbin *whirlpool* merupakan pembangkit listrik untuk skala kecil dengan debit air yang kecil. Turbin *whirlpool* hanya memiliki satu komponen yang bergerak, sehingga dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama serta biaya perawatan yang mahal. Menurut turbulent, bak beton dapat bertahan lama hingga ratusan tahun dan turbin nya pun tidak mengganggu kehidupan ikan ikan yang ada di sungai. Turbulent menyatakan seiring perjalanan waktu, pembangkit listrik air dengan menggunakan bendungan dan turbin dengan bertekanan tinggi dengan tujuan sebagai sumber energi yang sudah semakin berkurang akan berkelanjutan

kembali(Lubis et al., 2021). Air yang bisa digunakan untuk turbin *whirlpool* harus mempunyai kapasitas aliran serta tinggi jatuh air tertentu, turbin *whirlpool* menggunakan air pada irigasi dan sungai-sungai yang ada, dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*, dalam m) dan kapasitas mengacu kepada jumlah volume aliran air persatuan waktu (*flow capacity*). Tinggi jatuh air dan kapasitas air berpengaruh pada daya listrik yang dihasilkan. Air yang mengalir kemudian dialirkan ke rumah pembangkit, kemudian air memutar turbin. Putaran poros turbin kemudian diteruskan kegenerator sehingga menghasilkan listrik. Skema turbin *whirlpool* dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5. Skema Turbin *Whirlpool*

Prinsip kerja turbin *whirlpool* 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 bisa menggunakan roda gigi. Listrik yang dihasilkan oleh generator ini akan melalui sistem penyimpanan guna mendapat tegangan yang di sesuaikan kebutuhan. Kemudian listrik akan melewati jaringan transmisi rendah (JTR) untuk disalurkan ke rumah-rumah maupun lingkungan dengan cara memasang pengaman (sekring).

Untuk generator yang digunakan harus menyesuaikan dengan debit air yang tersedia. Generator yang tidak sesuai juga akan menyebabkan tingkat efisiensi rendah (Pangestu & Kn, n.d.).

#### 2.4. Turbin Vortex

Turbin ini dinamakan sebagai *Gravitation water vortex power plant* (GWVPP) oleh penemunya Frans Zotleterer berkebangsaan Austria, tetapi nama turbin ini dikenal juga sebagai turbin *vortex* atau turbin pusaran air. Sesuai dengan namanya pusaran air seperti yang terlihat pada gambar 2.6, turbin ini memanfaatkan pusaran air buatan untuk memutar sudu turbin dan kemudian energi pusaran air diubah menjadi energi putaran pada poros. Prosesnya air dari sungai dialirkan melalui saluran masuk ke tangki turbin yang berbentuk lingkaran dan di bagian tengah dasar tangki terdapat saluran buang berupa lingkaran kecil. Akibat saluran buang ini maka air mengalir akan membentuk aliran pusaran air (Utomo et al., 2020). Sistem PLTA pusaran air adalah sebuah teknologi baru yang memanfaatkan energi yang terkandung dalam pusaran air yang besar dengan diciptakan melalui perbedaan *head* rendah di sungai (Gibran et al., 2017). Adapun cara kerja pada turbin *vortex* adalah sebagai berikut:

1. Air disalurkan dan dibawa ke tangki sirkulasi. Tangki sirkulasi ini memiliki suatu lubang lingkaran pada dasarnya.
2. Tekanan rendah pada lubang dasar tangki dan kecepatan air pada titik masuk tangki sirkulasi mempengaruhi kekuatan aliran *vortex*.
3. Energi potensial seluruhnya diubah menjadi energi kinetik rotasi diinti *vortex* yang selanjutnya diekstraksi melalui turbin sumbu vertikal.

4. Air kemudian kembali ke awal air disalurkan melalui saluran keluar.



Gambar 2.6. Turbin *Vortex*

## 2.5. Komponen-Komponen Utama Turbin Air

Komponen-komponen utama pada turbin air adalah sebagai berikut:

### 1. Stator

Stator adalah bagian yang tidak dapat berputar atau diam pada turbin, terdiri dari dua bagian yaitu casing dan sudu diam/tetap (*fixed blade*).

#### a. Casing

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

#### b. Sudu tetap

Sudu merupakan bagian dari turbin dimana konversi energi terjadi sudu terdiri dari bagian akar sudu badan sudu dan ujung sudu kemudian di rangkai sehingga membentuk satu lingkaran penuh.

### 2. Rotor

Rotor adalah bagian yang dapat berputar atau bergerak pada turbin terdiri dari poros dan sudu-sudu gerak yang terpasang mengelilingi rotor.

a. Poros

poros dapat berupa silinder panjang yang padat (*solid*) atau berongga (*hollow*). Pada umumnya sekarang poros terdiri dari silinder panjang yang *solid*.

b. Sudu gerak

Sudu gerak adalah sudu-sudu yang dipasang disekeliling rotor membentuk suatu piringan.

c. *Bearing*

*Bearing* adalah komponen turbin yang mampu menumpu poros beban, sehingga gesekan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan panjang usia pemakaiannya. *Bearing* harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros suatu mesin bekerja dengan baik.

## 2.6. Sudu Turbin

Pada dasarnya setiap turbin air harus memiliki sudu yang berfungsi untuk menerima energi kompresi (dalam turbin reaksi) atau momentum air (dalam impuls turbin). Sudu turbin memiliki desain khusus sehingga mampu menyebabkan penurunan tekanan air saat melewati sudu-sudu. Dengan desain sudu-sudu seperti itu, tekanan keluar turbin sangat rendah dibandingkan dengan tekanan air yang masuk ke turbin. Perbedaan tekanan air pada sisi *inlet* dan *outlet* turbin yang memberikan gaya dorong ke sudu-sudu turbin dengan memutar turbin. Turbin air yang beroperasi berdasarkan prinsip tekanan diferensial ini diklasifikasikan sebagai turbin reaksi (Nugroho et al., 2022).

## 2.7. Karakteristik Turbin

### 2.7.1. Daya Turbin

Energi mekanik aliran air yang merupakan transformasi dari energi potensial gravitasi dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin atau kincir. Umumnya turbin digunakan untuk membangkitkan energi listrik sedangkan kincir untuk pemanfaatan energi mekanik secara langsung (Pangestu & Kn, n.d.). Untuk aliran yang melewati turbin, maka besar daya yang dihasilkan oleh turbin dapat dihitung dengan persamaan 2.1 dibawah ini.

$$P_t = T.\omega \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana:

$P_t$  : Daya turbin (Watt)

$T$  : Torsi (N.m)

$\omega$  : Kecepatan keliling turbin

$$\omega = \frac{2\pi.n}{60}$$

### 2.7.2. Torsi

Untuk menghitung nilai torsi dapat menggunakan persamaan 2.2 dibawah ini.

$$T = F.r \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana:

$T$  : Torsi (Nm)

$F$  : Gaya (N)

$r$  : Jari-jari (m)

### 2.7.3. Kecepatan Keliling Turbin

Kecepatan keliling turbin dapat diperoleh dengan persamaan 2.3.

$$\omega = \frac{2\pi.n}{60} \dots\dots\dots 2.3$$

Dimana :

$\omega$  : Kecepatan keliling turbin atau kecepatan sudut

n : Kecepatan putaran (rpm)

### 2.7.4. Efisiensi

Untuk menentukan efisiensi turbin *whirlpool* dilakukan perbandingan antara input dan output. Maka ditentukan dengan persamaan 2.4 dibawah ini.

$$\eta = \frac{P_{Out}}{P_{In}} \times 100 \% \dots\dots\dots 2.4$$

Dimana :

$\eta$  : Efisiensi (%)

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

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

### 2.7.5. Daya Generator

Untuk dapat mengetahui daya yang dikeluarkan oleh generator dapat menggunakan persamaan 2.5 dibawah ini.

$$P_g = V.I \dots\dots\dots 2.5$$

Dimana :

$P_g$  : Daya generator (Watt)

V : Tegangan listrik (volt)

I : Arus (ampere)

### 2.7.6. 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 (Putra et al., 2018). Untuk menghitung debit air dapat menggunakan persamaan 2.6 dibawah ini.

$$Q = A.v \dots\dots\dots 2.6$$

Dimana :

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

A : Luas Penampang ( $m^2$ )

v : Kecepatan Aliran (m/s)

### 2.7.7. Kecepatan Spesifik

Kecepatan spesifik (ns), merupakan kriteria utama yang menunjukkan pemilihan jenis turbin yang tepat berdasarkan karakteristik sumber air. Kecepatan spesifik dari sebuah turbin juga dapat diartikan sebagai kecepatan ideal, persamaan geometris turbin, yang menghasilkan satu satuan daya tiap satu satuan *head*. Kecepatan spesifik turbin dapat diartikan sebagai titik efisiensi maksimum. Perhitungan tepat ini menghasilkan performa turbin dalam jangkauan *head* dan debit tertentu. Kecepatan spesifik juga merupakan titik awal dari analisis desain dari sebuah turbin baru. Setelah kecepatan spesifik yang diinginkan diketahui, dimensi dasar dari bagian-bagian turbin dapat dihitung dengan mudah.

Debit yang melalui turbin dikendalikan dengan katup yang besar atau pintu gerbang yang disusun di luar sekeliling pengarah turbin. Perubahan *head* dan debit dapat dilakukan dengan variasi bukaan pintu akan menunjukkan efisiensi



turbin dengan kondisi yang berubah-ubah. Kecepatan spesifik dapat dihitung dengan menggunakan rumus persamaan 2.7 dibawah ini.

$$N_s = \frac{n\sqrt{P}}{H^{5/4}} \dots\dots\dots 2.7$$

Dimana :

$N_s$  = Kecepatan spesifik (rpm)

$n$  = Putaran (rpm)

$P$  = Daya (Watt)

$H$  = Tinggi jatuh (m)



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

##### 3.1.1 Waktu

Penelitian ini dilaksanakan sejak tanggal pengesahan usulan oleh pengelola program studi sampai dinyatakan sudah selesai yang direncanakan berlangsung selama waktu yang akan ditentukan. Adapun jadwal kegiatan penelitian dapat di lihat pada table 3.1 jadwal kegiatan penelitian dibawah ini.

Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Waktu (per bulan)								
		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 Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT.Panin Mas, jl.Kongsi, no.15 Marindal I Medan Amplas 20361 Sumatera Utara-Indonesia

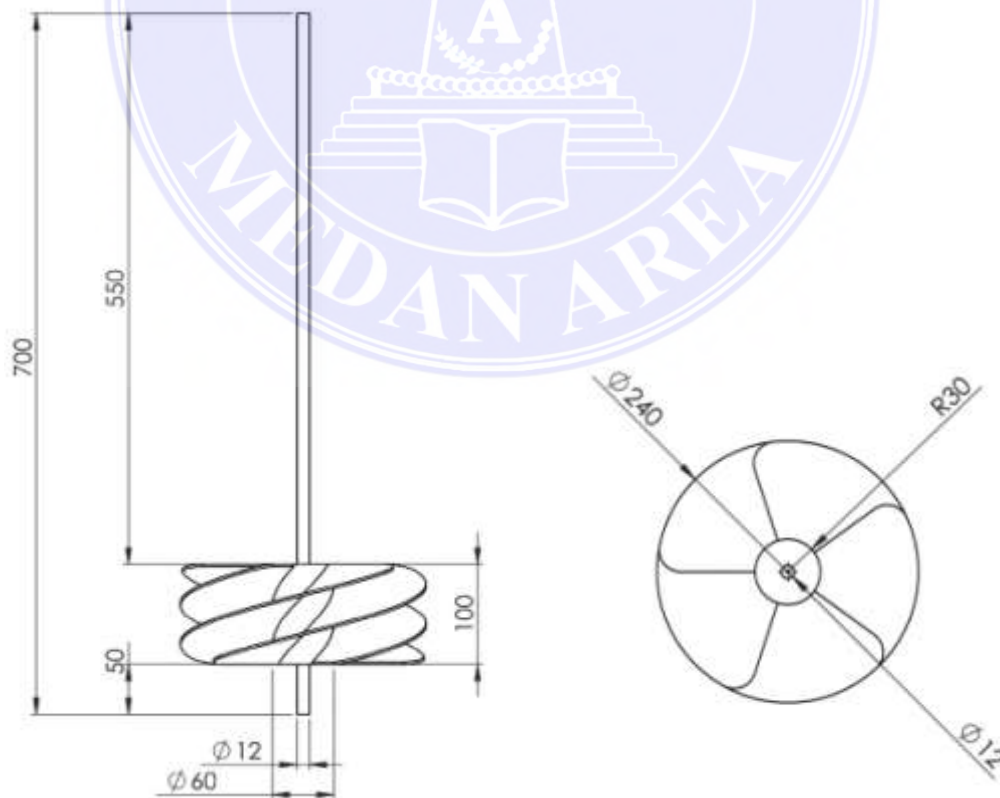
### 3.2. Bahan dan Alat

#### 3.3.1 Bahan

Bahan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

##### a. Sudu Tipe *Whirlpool*

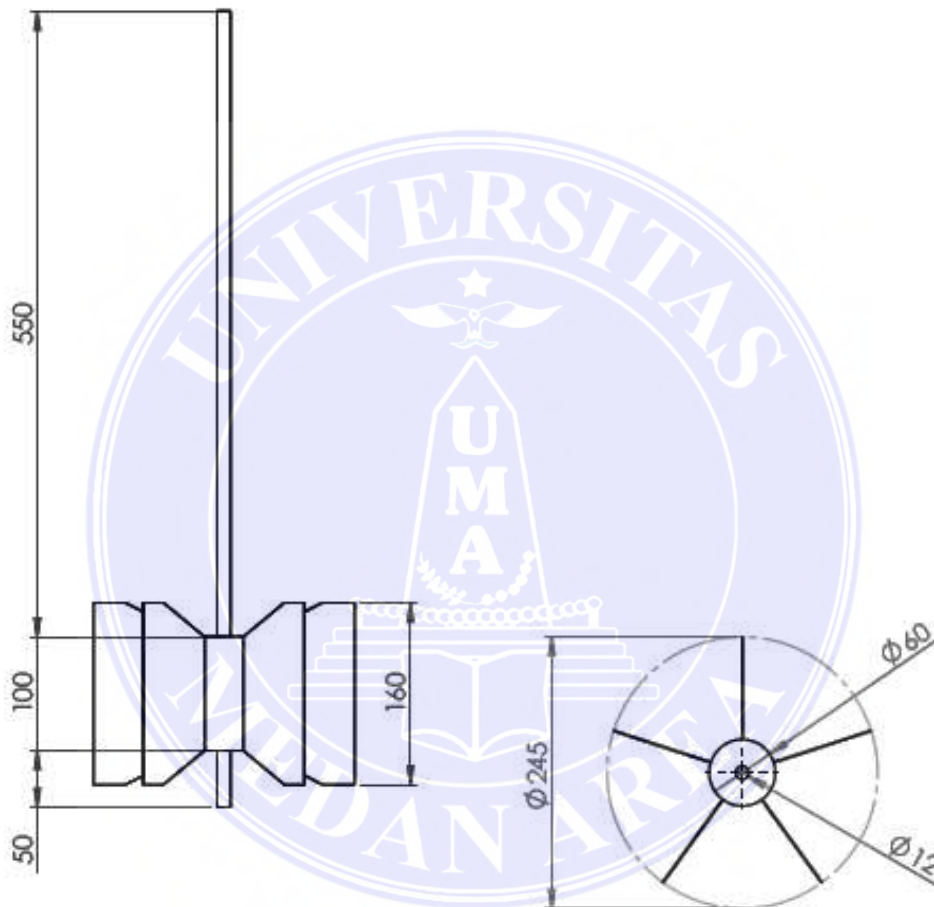
Sudu turbin tipe *whirlpool* bagian turbin yang berfungsi untuk merubah gerak pancar air menjadi gerak rotasi/putaran atau pancaran air yang masuk turbin dan mengenai sudu roda turbin akibat adanya fluida kerja (air, angin, uap, dll). Jenis sudu berpengaruh terhadap daya dan efisiensi turbin air dan semakin tinggi debit air yang menumbuk sudu turbin maka semakin besar daya yang dihasilkan (Sahbana & Anam, 2018). Berikut gambar bentuk sudu turbin *whirlpool* pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3. 1 Sketsa Sudu Tipe Whirlpool

b. Sudu Tipe Vortex

Sudu turbin tipe *vortex* memanfaatkan pusaran air sebagai media perantara energi listrik terhadap sudu vertikal, adapun bentuk sudu turbin *vortex* dapat dilihat pada gambar 3.2 dan spesifikasi sudu turbin tipe *vortex* yang digunakan adalah:



Gambar 3. 2 Sketsa Sudu Tipe Vortex

Adapun bentuk sudu yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.3 dan gambar 3.4



Gambar 3. 3 Sudu Tipe Whirlpool



Gambar 3. 4 Sudu Tipe Vortex

Berikut pada tabel 3.2 spesifikasi sudu turbin whirlpool dan sudu turbin vortex yang digunakan pada penelitian ini

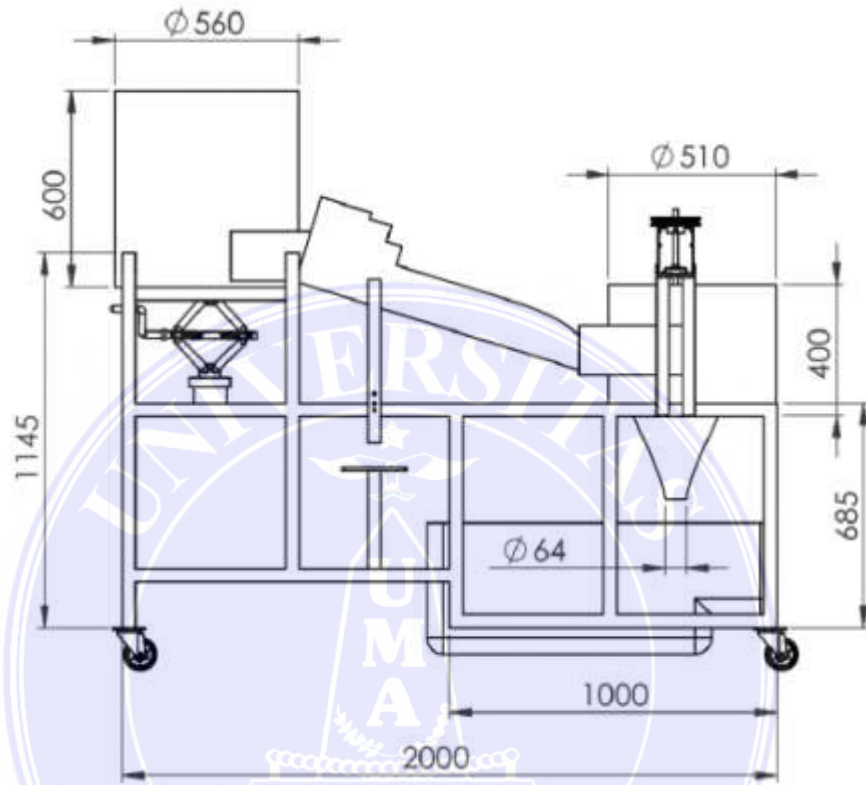
Tabel 3. 2 Spesifikasi Sudu Tipe Whirlpool dan Sudu Tipe Vortex

Variasi	Sudu whirlpool	Sudu vortex
Jumlah sudu	5 buah bilah	5 buah bilah
Diameter poros	12 mm	12 mm
Tinggi poros	70 cm	70 cm
Tebal plat	0,8 mm	0,8 mm
Panjang sudu	100 mm	160 mm
Lebar sudu	240 mm	245 mm
Lebar masing-masing sudu	90 mm	92,5 mm
Jarak poros bawah dengan sudu	50 mm	50 mm

c. Pembangkit Listrik Jenis Turbin *Whirlpool*

Turbin air merupakan suatu pembangkit mula-mula yang memanfaatkan energi potensial air menjadi energi mekanik dimana air memutar turbin air. Turbin air merupakan suatu alat yang berputar karena adanya aliran air. Perputaran kincir

ini dimanfaatkan untuk menggerakkan generator listrik(Pangestu & Kn, n.d).  
Gambar turbin *whirlpool* sebagai mana yang ditunjukkan pada gambar 3.5 di bawah ini.



Gambar 3. 5 Sketsa Pembangkit Listrik Jenis Turbin Whirlpool

Adapun pembangkit listrik jenis turbin *whirlpol* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.6



Gambar 3. 6 Pembangkit Listrik Jenis Turbin Whirlpool

### 3.3.2 Alat

Di bawah ini merupakan peralatan-peralatan yang di pergunakan untuk mendukung proses ketika melakukan penelitian.

#### a. Meter Ukur

Meter ukur memiliki fungsi yang mirip seperti penggaris. Perbedaannya dimensi meteran lebih Panjang serta terbuat dari bahan yang lebih fleksibel dari pada penggaris. 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 3.7 di bawah ini.



Gambar 3. 7 Meteran

Spesifikasi alat ukur meteran manual adalah sebagai berikut:

- 1). Massa : 0,3 kg
- 2). Panjang : 7,5 meter
- 3). Lebar : 19 milimeter

b. *Tachometer*

*Tachometer* adalah alat pengujian yang dibuat untuk mengukur kecepatan rotasi dari sebuah objek, seperti alat pengukur dalam sebuah mobil yang mengukur putaran per menit dari poros engkol mesin. *Tachometer* dapat dilihat seperti pada gambar 3.8 dibawah ini.



Gambar 3. 8 *Tachometer*

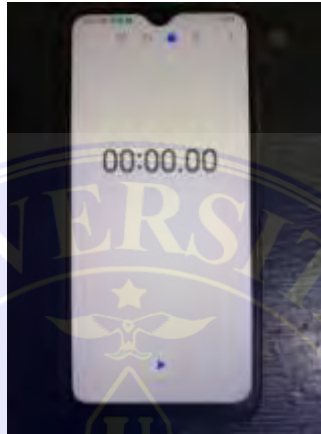
Spesifikasi alat ukur *Tachometer* dapat dilihat sebagai berikut:

- 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), 1 rpm (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 waktu yang diperlukan dalam kegiatan penelitian. Suatu waktu dapat ditampilkan sebagai waktu yang telah berlalu, Dalam penelitian ini *stopwatch* yang digunakan peneliti jenis *stopwatch* jam seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.9 di bawah ini:



Gambar 3. 9 Stopwatch *Handphone*

Adapun spesifikasi *stopwatch* sebagai berikut:

- 1). Tipe : *Stopwatch Handphone*
  - 2). Berat : 0,65 kg
- d. Timbangan Tangan Digital

Timbangan tangan digital merupakan alat yang digunakan untuk mengukur massa benda. Timbangan tangan digital ditunjukkan pada gambar 3.10 berikut.



Gambar 3. 10 Timbangan Tangan digital

Spesifikasi timbangan tangan digital dapat dilihat sebagai berikut

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

*Multitester* merupakan sebuah alat pengukur yang digunakan untuk mengetahui ukuran tegangan listrik, resistansi, dan arus listrik. *Multitester* dapat ditunjukkan pada gambar 3.11 dibawah.



Gambar 3. 11 *Multitester*

Spesifikasi alat ukur *Multitester* dapat dilihat sebagaimana yang ditunjukkan pada tabel 3.5 berikut.

- 1). Ohm : x10, x100, x100
- 2). ACV : 10, 50, 250, 1000 VDC
- 3). DCV : 10, 50, 250, 1000 VAC
- 4). DCMA : 0,5, 50, 500 MA

f. Pompa air

Pompa air merupakan mesin yang digunakan sebagai alat perpindahan air dari tempat bertekanan rendah ke tempat bertekanan tinggi, jenis pompa yang digunakan pada penelitian ini adalah pompa air Robin Model SU seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.12 dibawah ini



Gambar 3. 12 Pompa Air

Dengan spesifikasi pompa yang digunakan adalah sebagai berikut:

- 1) Lubang hisap dan buang : 50 mm
- 2) Tinggi total : 33 m
- 3) Kapasitas keluaran maksimal : 5601 menit
- 4) Kecepatan aliran : 3600 rpm

g. Generator

Generator merupakan sebuah mesin yang berfungsi sebagai alat pengkonversi atau peubah energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik (elektrik), generator yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.13 dibawah ini



Gambar 3. 13 Generator

Dengan spesifikasi sebagai berikut:

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

### 3.3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini dilakukan secara eksperimen serta menggunakan uji statistik anova, pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat ukur, kemudian hasil dari pengukuran tersebut disajikan dalam bentuk grafik agar lebih mudah dipahami. Pengumpulan data dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya perbandingan yang signifikan antara nilai rata-rata dari kinerja yang dihasilkan oleh sudu turbin *whirlpool* dan sudu turbin tipe *vortex*.

### 3.4. Populasi dan Sampel

#### 3.4.1 Populasi

Populasi adalah keseluruhan objek yang akan atau ingin diteliti. Populasi sering juga disebut dengan universe, anggota populasi dapat berupa benda hidup maupun benda mati, dan manusia, dimana sifat-sifat yang ada padanya dapat diukur atau diamati (Syahrurum & Salim, 2012). Dalam penelitian ini populasi yang digunakan adalah kinerja turbin dengan sudu tipe whirlpool dan sudu tipe vortex, dengan jumlah populasi sebanyak 35 populasi, yang meliputi daya generator = 7 populasi, torsi = 7 populasi, daya turbin = 7 populasi, kecepatan keliling turbin = 7 populasi, dan efisiensi = 7 populasi seperti yang terlihat pada tabel 3.4 dibawah..

Tabel 3. 3 Tabel Populasi

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

#### 3.4.2 Sampel

Sampel adalah bagian dari populasi yang menjadi objek penelitian (sampel secara harfiah berarti contoh). Dalam penetapan atau pengambilan sampel dari populasi mempunyai aturan, yaitu sampel itu mewakili terhadap populasinya (Syahrurum & Salim, 2012). Pengambilan sampel yang dilakukan pada penelitian ini dari masing-masing populasi menggunakan sampel dengan data populasi kinerja tertinggi, kemudian disimpulkan bahwa jumlah sampel yang diperoleh adalah 5 sampel seperti yang terlihat pada tabel 3.5 dibawah.

Tabel 3. 4 Tabel Sampel

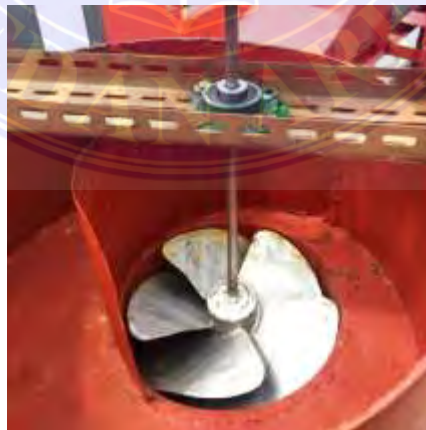
No	Kinerja turbin	Populasi	Sampel
1	Daya generator	7	1
2	Torsi	7	1
3	Daya turbin	7	1
4	Kecepatan keliling turbin	7	1
5	Efisiensi	7	1
Jumlah		35	5

### 3.5. Prosedur Kerja

#### 3.5.1 Prosedur Pengujian Turbin *Whirlpool*

Adapaun prosedur pada penelitian ini adalah:

- Sebelum melakukan penelitian hal yang pertama harus dipersiapkan adalah alat dan bahan penelitian.
- Mengisi air pada bak penampung.
- Memasang sudu turbin *whirlpool* dan *vortex* secara bergantian ke dalam rumah turbin.



Gambar 3. 14 Memasang Sudu Tipe *Whirlpool*



Gambar 3. 15 Memasang Sudu Tipe *Vortex*

- d. Memberikan beban berupa motor dc dan alat ukur *multitester* untuk menentukan daya yang dihasilkan.



Gambar 3. 16 Memberikan Beban Berupa Motor Dc dan Alat Ukur *Multitester*

- e. Melakukan pengujian terhadap kecepatan putaran turbin dengan menggunakan alat ukur *tachometer*



Gambar 3. 17 Melakukan Pengujian Pada Putaran Turbin Dengan Menggunakan Alat Ukur *Tachometer*

- f. Memasang alat ukur timbangan tangan digital untuk menentukan berapa torsi yang dihasilkan



Gambar 3. 18 Melakukan Pengujian Torsi Dengan Menggunakan Timbangan Tangan Digital

- g. Menghidupkan pompa air dan mengisi *reservoir* atas
- h. Kemudian membuka pintu air



Gambar 3. 19 Membuka Pintu Air



- i. Melakukan 7 kali percobaan pengujian selama 14 menit menggunakan alat ukur *stopwatch*
- j. Melakukan pengumpulan data yang meliputi seperti debit air, daya turbin, efesiensi turbin, torsi dan kecepatan keliling turbin.
- k. Mencatat hasil penelitian yang telah dilakukan.
- l. Menghitung hasil penelitian yang di dapat dari data penelitian.

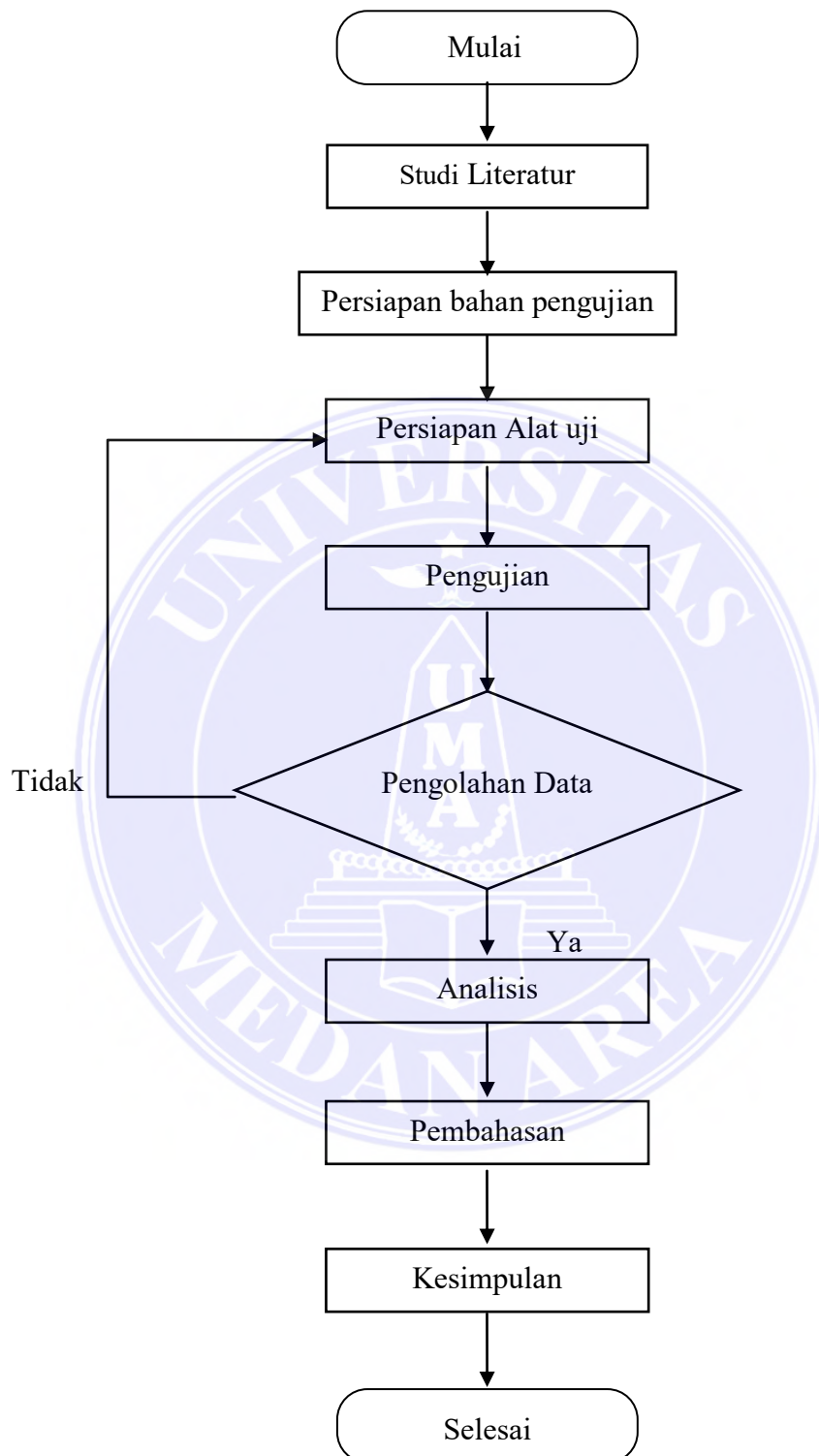
Adapun parameter pengukuran pada penelitian ini dapat dilihat pada tabael

3.3 berikut:

Tabel 3. 5 Parameter Pengukuran

Alat Ukur	Parameter Pengukuran
Meteran	Panjang (m)
<i>Tachometer</i>	Putaran (rpm)
<i>Stopwatch</i>	Waktu (s)
Timbangan tangan digital	Berat (N)
<i>Multitester</i>	Tegangan (V) dan Kuat arus (A)

### 3.5.2 Diagram alir penelitian



Gambar 3. 20 Diagram Alir Penelitian

## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Simpulan

Adapun simpulan pada penelitian ini adalah:

- a. Pada 7 kali percobaan daya generator yang dihasilkan dengan menggunakan sudu turbin tipe *whirlpool* lebih tinggi, dengan nilai rata-rata 4,90 Watt dibandingkan dengan menggunakan sudu turbin tipe *vortex* dengan nilai rata-rata 3,62 Watt. Daya turbin yang dihasilkan dari 7 kali percobaan dengan menggunakan sudu turbin tipe *whirlpool* lebih tinggi, dengan nilai rata-rata 2,71 Watt dengan beban generator dan 3,00 Watt tanpa beban generator, dibandingkan dengan menggunakan sudu turbin tipe *vortex* dengan nilai rata-rata 1,84 Watt dengan menggunakan beban generator dan 2,06 Watt tanpa beban generator. Torsi yang dihasilkan dengan menggunakan sudu turbin *whirlpool* lebih tinggi dengan nilai rata-rata 0,261 N.m dibandingkan dengan menggunakan sudu turbin *vortex* dengan nilai rata-rata 0,196 N.m. Efisiensi turbin dengan menggunakan sudu turbin tipe *whirlpool* lebih tinggi dengan nilai rata-rata 6,77% dibandingkan dengan sudu menggunakan sudu turbin tipe *vortex* 5,01%
- b. Penelitian ini menggunakan uji statistik anova dan dari hasil uji statistik anova satu arah didapatkan nilai  $F_{hitung}$  sebesar 0.83 atau lebih kecil dari nilai  $F_{tabel}$  4.7, nilai  $F_{tabel}$  didapatkan dari tabel a (Alpha, 0.005), maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan nilai rata-rata dari dua variasi bentuk sudu tipe *whirlpool* dan bentuk sudu tipe *vortex*

## 5.2. Saran

Beberapa saran yang perlu di terapkan dalam penyempurnaan dan pengembangan penelitian ini adalah :

- a. Dalam pengembangan penelitian ini sebaiknya menambah jumlah sudu yang terdapat pada sudu turbin tipe *vortex*
- b. Pompa air yang digunakan lebih besar, supaya mendapatkan hasil data pengukuran yang maksimal
- c. Menambah wawasan mengenai turbin air tipe *whirlpool* dan turbin air tipe *vortex*



## DAFTAR PUSTAKA

- Gibran, Gultom, S., Lubis, Z., & Sembiring, P. G. (2017). Rancang Bangun Turbin Vortex Dengan Casing Berpenampang Lingkaran Yang Menggunakan Sudu Diameter 46 Cm Pada 3 Variasi Jarak Antara Sudu Dan Saluran Keluar. *Jurnal Dinamis*, 5(2), 36–46. <https://doi.org/https://doi.org/10.32734/dinamis.v5i2.7049>
- Kadek Rekha Agustha, Lie Jasa, I. M. S. (2022). Kadek Rekha Agustha, Lie Jasa, I Made Suartika 24 PENGARUH VARIASI JUMLAH SUDU TERHADAP EFISIENSI PADA PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH) DENGAN MENGGUNAKAN TURBIN VORTEX. *SPEKTRUM*, 9(3), 24–34.
- Lubis, M. F. H., Hermawan, I., & Idris, M. (2021). Analisis kinerja pembangkit listrik tenaga mikro hidro turbin whirlpool dengan menggunakan 6 sudu. *Teknik Dan Inovasi*, 08(04), 88 –97. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.55445/teknovasi.v8i4.627>
- Nugroho, A. D., Suwandono, P., Hermawan, D., & Rizki, A. (2022). Pengaruh jumlah sudu terhadap unjuk kerja 3D print turbin air tipe vortex. *Program Studi Teknik Mesin UM Metro*, 11(1), 95–108. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24127/trb.v11i1.1935>
- Pangestu, A. D., & Kn, N. (n.d.). *Pembangkit Listrik Tenaga Air Dengan Teknik Turbulent Whirlpool*. 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), 385–392. <https://doi.org/https://doi.org/10.24843/MITE.2018.v17i03.P13>
- Sahbana, M. A., & Anam, S. K. (2018). Pengaruh Jenis Sudu terhadap Daya dan Efisiensi Turbin Air Kinetik Poros Horizontal. *Proton*, 10(2), 20–24.
- Sitepu, A. W., Sinaga, J. B., & Sugiri, A. (2014). Kajian eksperimental Pengaruh bentuk sudu terhadap unjuk kerja turbin helik untuk sistem pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH). *Ilmiah Teknik Mesin*, 2(2), 72–78. <http://journal.eng.unila.ac.id/index.php/fema/article/view/251>

- Syahrum, & Salim. (2012). *Metodologi Penelitian Kuantitatif* (R. Ananda (ed.)). Ciptastaka Media, September 2014.
- Ujiburrahman, Soenoko, R., & Chiron, M. A. (2019). Pengaruh variasi lebar sudu mangkok terhadap kinerja turbin kinetik poros vertikal. *Program Studi Teknik Mesin UM Metro*, 8(1), 79–87. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24127/trb.v8i1.925>
- Umurani, K., Siregar, A. M., & Al-Amin, S. (2020). Pengaruh jumlah sudu prototype pembangkit listrik tenaga mikrohidro tipe whirlpool terhadap kinerja. *Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 3(2), 103–111. <https://doi.org/https://doi.org/10.30596/rmme.v3i2.5272>
- Utomo, M. B., Basri, M. H., & Hasan, F. (2020). Eksperimen Variasi Tabung Basin Silinder Pada Gravitation Water Vortex Power Plant (GWVPP) Berbasis Basin Silinder. *CYCLOTRON*, 3(2), 11–17. <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/cyclotron/article/download/4597/3028>
- Yani, A., Mihdar, & Erianto, R. (2016). Pengaruh variasi bentuk sudu terhadap kinerja turbin air kinetik. *Program Studi Teknik Mesin UM Metro*, 5(1), 8–13. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24127/trb.v5i1.113>
- Zainuddin, H., Yahaya, M. S., Lazi, J. M., Basar, M. F. M., & Ibrahim, Z. (2009). *Design and development of pico-hydro generation system for energy storage using consuming water distributed to houses*. 3(11), 1928–1933. [https://www.researchgate.net/publication/280688181\\_Design\\_and\\_development\\_of\\_pico-hydro\\_generation\\_system\\_for\\_energy\\_storage\\_using\\_consuming\\_water\\_distributed\\_to\\_houses](https://www.researchgate.net/publication/280688181_Design_and_development_of_pico-hydro_generation_system_for_energy_storage_using_consuming_water_distributed_to_houses)