

**KAJIAN EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI TINGGI ALIRAN  
TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN *VORTEX* (PUSARAN AIR)**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**DARIUS LYNCONO SIMAMORA  
NPM 2115021084**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

**KAJIAN EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI TINGGI ALIRAN  
TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN *VORTEX* (PUSARAN AIR)**

**Oleh**

**DARIUS LYNCONO SIMAMORA**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

## ABSTRAK

### **KAJIAN EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI TINGGI ALIRAN TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN *VORTEX* (PUSARAN AIR)**

Oleh

**DARIUS LYNCONO SIMAMORA**

Penelitian ini mengkaji secara eksperimental pengaruh variasi tinggi aliran air terhadap unjuk kerja turbin *vortex* (pusaran air). Turbin *vortex* merupakan salah satu teknologi pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang mampu beroperasi pada kondisi head rendah dan debit kecil, sehingga berpotensi diterapkan di daerah dengan keterbatasan sumber daya air. Pengujian dilakukan menggunakan model turbin *vortex* skala laboratorium dengan parameter turbin meliputi (H) sudu turbin 288 mm, diameter bawah (D1) 200 mm, diameter atas (D2) 380 mm mengikuti bentuk tangki sirkulasi, jumlah sudu (n) 6 sudu, dan jari-jari kelengkungan sudu sebesar (R) 110 mm, serta kemiringan sudu  $18^\circ$ . Pengujian dilakukan pada tangki sirkulasi berbentuk kerucut dengan diameter saluran masuk 600 mm, diameter saluran keluar 100 mm, dan tinggi 1050 mm. Variasi tinggi aliran air yang digunakan adalah 18 cm, 20 cm, 22 cm, 24 cm, dan 26 cm. Parameter yang diukur meliputi putaran turbin (rpm), torsi (Nm), daya poros turbin (W), serta efisiensi (%). Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan tinggi aliran air menyebabkan peningkatan debit aliran dan kekuatan vortex, yang berdampak langsung terhadap peningkatan torsi dan daya poros turbin hingga kondisi tertentu. Daya dan efisiensi tertinggi diperoleh pada variasi tinggi aliran 24 cm dengan debit sebesar 14,8 l/s, menghasilkan daya poros maksimum sebesar 59,68 W dan efisiensi sebesar 47,75%. Pada tinggi aliran yang lebih rendah atau lebih tinggi dari kondisi tersebut, performa turbin cenderung menurun akibat distribusi aliran vortex yang kurang optimal. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tinggi aliran air merupakan parameter penting yang mempengaruhi kinerja turbin vortex, dan terdapat tinggi aliran optimum untuk memperoleh unjuk kerja maksimum.

Kata kunci: Turbin *vortex*, tinggi aliran air, daya poros, efisiensi, energi air.

## **ABSTRACT**

### **EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT OF FLOW HEIGHT VARIATIONS ON THE PERFORMANCE OF VORTEX TURBINE (WATER VORTEX)**

**By**

**DARIUS LYNCONO SIMAMORA**

This study experimentally investigates the effect of water flow height variations on the performance of a vortex turbine (gravitational water vortex). The vortex turbine is one of the micro-hydropower generation technologies capable of operating under low-head and low-discharge conditions, making it potentially applicable in areas with limited water resources. Testing was conducted using a laboratory-scale vortex turbine model with turbine parameters including a blade height ( $H$ ) of 288 mm, bottom diameter ( $D_1$ ) of 200 mm, top diameter ( $D_2$ ) of 380 mm following the shape of the circulation tank, number of blades ( $n$ ) of 6, blade curvature radius ( $R$ ) of 110 mm, and a blade inclination angle of  $18^\circ$ . The tests were carried out in a conical circulation tank with an inlet diameter of 600 mm, an outlet diameter of 100 mm, and a height of 1,050 mm. The water flow height variations used were 18 cm, 20 cm, 22 cm, 24 cm, and 26 cm. The measured parameters included turbine rotational speed (rpm), torque (Nm), turbine shaft power (W), and efficiency (%). The test results indicate that increasing the water flow height leads to an increase in flow discharge and vortex strength, which directly contributes to higher torque and shaft power up to a certain condition. The highest power and efficiency were obtained at a flow height of 24 cm with a discharge of 14.8 l/s, producing a maximum shaft power of 59.68 W and an efficiency of 47.75%. At flow heights either lower or higher than this optimal condition, turbine performance tends to decline due to a less optimal vortex flow distribution. It can therefore be concluded that water flow height is a critical parameter influencing vortex turbine performance, and that there exists an optimum flow height at which maximum performance is achieved.

Key words: Vortex turbine, water flow height, shaft power, efficiency, water energy.

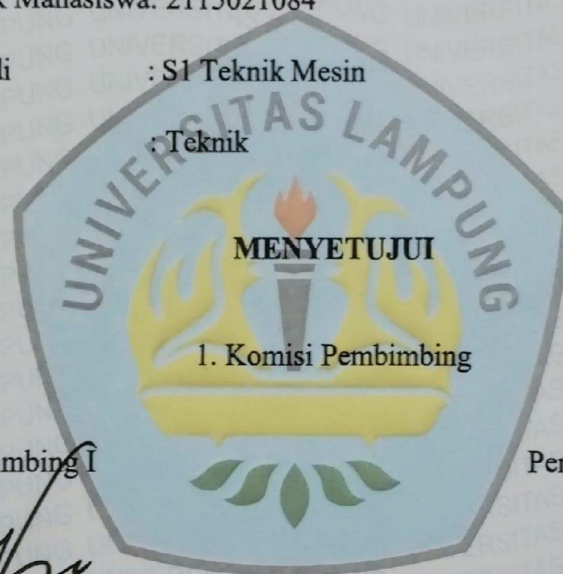
Judul Skripsi : KAJIAN EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI  
TINGGI ALIRAN TERHADAP UNJUK KERJA  
TURBIN *VORTEX* (PUSARAN AIR)

Nama Mahasiswa : Darius Lyncono Simamora

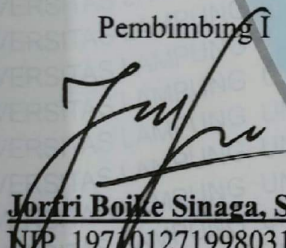
Nomor Pokok Mahasiswa: 2115021084

Program Studi : S1 Teknik Mesin

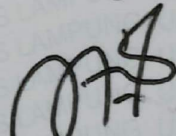
Fakultas : Teknik



Pembimbing I

  
Jorri Boike Sinaga, S.T., M.T.  
NIP. 197701271998031004

Pembimbing II

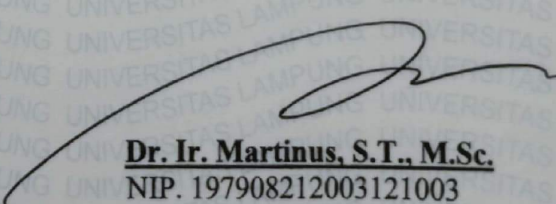
  
Novri Tanti, S.T., M.T.  
NIP. 197011041997032001

**MENGETAHUI**

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin

  
Ahmad Su'udi, S.T., M.T.  
NIP. 197408162000121001

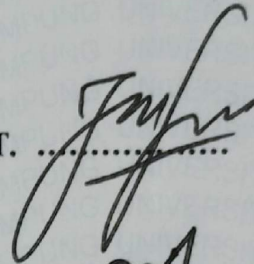
  
Dr. Ir. Martinus, S.T., M.Sc.  
NIP. 197908212003121003

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

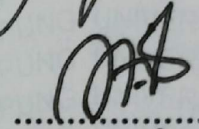
**Ketua Penguji**

**: Jorfri Boike Sinaga, S.T., M.T. ....**



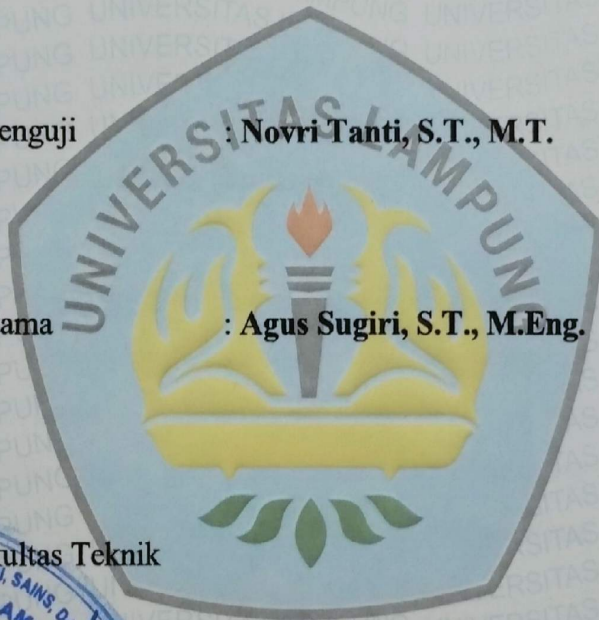
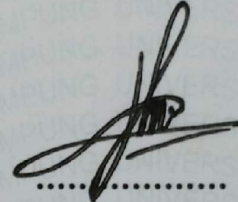
**Anggota Penguji**

**: Novri Tanti, S.T., M.T. ....**



**Penguji Utama**

**: Agus Sugiri, S.T., M.Eng. ....**



**2. Dekan Fakultas Teknik**



**Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T.**  
**NIP. 196910302000031001**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 10 Februari 2026**

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Darius Lyncono Simamora

NPM : 2115021084

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujur-jujurnya, bahwa skripsi saya yang berjudul : **“Kajian Eksperimental Pengaruh Variasi Tinggi Aliran Terhadap Unjuk Kerja Turbin *Vortex* (Pusaran Air)”**.

Tugas akhir ini merupakan karya saya sendiri, baik gagasan, data, maupun pembahasannya. Karya ilmiah ini adalah hasil dari pengetahuan dan informasi yang saya dapatkan, karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukan hasil plagiat karya seseorang. Dengan demikian karya ini saya buat dan dapat di pertanggung jawabkan apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini.

Bandar Lampung, 10 Februari 2026

Pembuat Pernyataan



Darius Lyncono Simamora  
NPM. 2115021090

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Tanjung Karang pada tanggal 04 Juli 2003, sebagai anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Amir Simamora dan Ibu Jitiarni Sitorus. Penulis memulai Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) di TK Telkom Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2009, Sekolah Dasar (SD) di SDN 2 Sawah Lama Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2015, penulis melanjutkan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 5 Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2018. Kemudian penulis melanjutkan pendidikannya di SMAN 10 Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2021. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung pada tahun 2021 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai anggota Divisi Kesekretariatan. Penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) di PT. Bukit Asam, Tbk Tanjung Enim, Sumatera Selatan pada 06 Januari 2025 – 16 Februari 2025 dan telah menyelesaikan laporan kerja praktek yang berjudul “**Proses Fabrikasi *Shaft Drive Chain Conveyor (FEEDER BREAKER)* MTB di PT. Bukit Asam, Tbk**”. Tahun 2024 penulis bergabung di laboratorium Mekanika Fluida dan membuat Tugas Akhir yang berjudul “**Kajian Eksperimental Pengaruh Variasi Tinggi Aliran Terhadap Unjuk Kerja Turbin *Vortex* (Pusaran Air)**” dibawah bimbingan Bapak Jorfri Boike Sinaga, S.T., M.T. dan Ibu Novri Tanti, S.T., M.T.

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

Always start with “In the Name of Jesus Christ” and surrender to Him and with faith, say Amen

Segala perkara dapat kutanggung di dalam Dia,  
yang memberi kekuatan kepadaku  
(Filipi 4:13)

Setiap dari kita punya hambatan skripsi yang berbeda. Ada yang terkendala karena kemampuannya, keluarganya, dosennya, finansialnya, kesehatannya, tiba-tiba hal random terjadi disaat yang tidak tepat, tiba-tiba ini dan itu berantakan. Sehingga hal itu membuat waktu selesainya juga berbeda. Curang rasanya ketika kita bandingkan proses kita dengan orang lain. Jangan banyak penyesalan, jangan banyak membandingkan ketika dirimu sudah melakukan hal terbaik yang bisa dilakukan. Beri dirimu sedikit tepukan, dan yakinlah pada dirimu tidak peduli apa kata orang. Kita sama-sama dewasa, membandingkan bukan hal yang tepat untuk saat ini, support orang-orang terdekatmu tanpa membandingkan.

### **PERSEMBAHAN**

“Skripsi ini saya persembahkan kepada Sang Juruslamat Tuhan Yesus Kristus,  
kepada Bapak, Mamak & Adik Tercinta yang selalu ada,  
Mendoakan, Mendukung, dan Memotivasi saya selama menuntut ilmu”

*Serta Almamaterku tercinta, Universitas Lampung.*

## SANWACANA

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Kajian Eksperimental Pengaruh Variasi Tinggi Aliran Terhadap Unjuk Kerja Turbin Vortex (Pusaran Air )”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Skripsi ini dibuat sebagai sebuah karya tulis yang merupakan hasil dari pengerjaan tugas akhir yang telah dilakukan. Selama penyusunan skripsi ini, penulis telah banyak menerima bantuan, dukungan, motivasi dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis, Bapak Amir Simamora dan Ibu Jitiarni Sitorus yang selalu mendampingi dan melimpahkan doa-doanya pada penulis sehingga tetap bersemangat dalam menjalankan Program Studi jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM., ASEAN Eng. selaku Rektor Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Bapak Ahmad Su'udi, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Ir. Martinus, S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
6. Bapak Jorfri Boike Sinaga, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah bersedia mendidik dan meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini.

7. Ibu Novri Tanti, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah bersedia mendidik dan meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini.
8. Bapak Agus Sugiri, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembahas yang senantiasa berkenan memberikan masukan dan arahan kepada penulis. Terima kasih untuk masukan dan saran-saran pada seminar proposal dan seminar hasil.
9. Bapak Sugiman selaku teknisi laboratorium Mekanika Fluida yang selalu memberikan semangat dan bantuan kepada penulis.
10. Seluruh Bapak, Ibu Dosen dan seluruh Staff Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung yang telah mengajarkan banyak pengetahuan kepada penulis.
11. Saudari Pebriyanti Sitorus, S.A.N yang selalu memberi dorongan semangat serta doa kepada penulis
12. Teman-teman Angkatan 2021 dan Tim Laboratorium Mekanika Fluida: Randa Admiral, S.T., Fiki Bayu Fernando, S.T., Tri Topan Ramadani, S.T., David Sinaga, S.T., Gomes Bahtera Silaban, S.T., Surya Jonathan Sagala, A.Md.T, Yosafat Hasiholan Tampubolon, S.T., M Fadhly Effendi, S.T., Al Aziz, S.T., Glenn Ananta Velasco L, Nando Kurniawan, Irfan Ahmad Syah, Muhammad Hussein, Aji, Kevin dan Rizal yang selalu memberi dorongan semangat kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik dari semua pihak yang bersifat membangun dalam rangka penyempurna skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Bandar Lampung, 10 Februari 2026

Penulis,

**DARIUS LYNCONO SIMAMORA**

## DAFTAR ISI

|  | <b>halaman</b> |
|--|----------------|
| <b>DAFTAR ISI</b> .....  | <b>ii</b>      |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....  | <b>iii</b>     |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                                       | <b>iv</b>      |
| <b>I. PENDAHULUAN</b> .....                                      | <b>1</b>       |
| 1.1 Latar Belakang .....   | 1              |
| 1.2 Tujuan .....   | 3              |
| 1.3 Batasan Masalah .....  | 3              |
| 1.4 Sistematika Penulisan .....                                  | 3              |
| <b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                                | <b>4</b>       |
| 2.1 Turbin Air .....   | 4              |
| 2.2 Prinsip Kerja Turbin .....                                   | 6              |
| 2.3 Turbin <i>Vortex</i> .....                                   | 7              |
| 2.4 Tangki Sirkulasi.....  | 9              |
| 2.5 Aliran Pusaran dan Permukaan Sudu Turbin <i>Vortex</i> ..... | 10             |
| 2.6 Unjuk Kerja Turbin <i>Vortex</i> .....                       | 11             |
| <b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....                          | <b>15</b>      |
| 3.1 Tempat Penelitian .....                                      | 15             |
| 3.2 Alat dan Bahan.....  | 15             |
| 3.3 Diagram Alir Penelitian .....                                | 24             |
| 3.4 Pembuatan Turbin <i>Vortex</i> .....                         | 25             |
| 3.5 Skema Sistem Alat Pengujian .....                            | 27             |
| 3.6 Pengujian dan Pengambilan Data .....                         | 28             |
| 3.7 Pengolahan Data .....  | 28             |
| <b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....                            | <b>30</b>      |
| 4.1 Sistem Alat Pengujian .....                                  | 30             |
| 4.2 Pembuatan Turbin <i>Vortex</i> .....                         | 33             |

|  |           |
|--|-----------|
| 1. Pembuatan <i>Hub</i> Pada Turbin <i>Vortex</i> .....    | 33        |
| 2 Pembuatan Sudu Turbin <i>Vortex</i> .....                | 34        |
| 3 Perakitan ( <i>assembly</i> ) Turbin <i>Vortex</i> ..... | 36        |
| 4.3 Hasil Pengujian.....                                   | 37        |
| 4.4 Pembahasan .....                                       | 45        |
| <b>V. PENUTUP .....</b>                                    | <b>53</b> |
| 5.1 Kesimpulan.....  | 53        |
| 5.2 Saran .....  | 54        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                                 | <b>55</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>                                      | <b>57</b> |

## DAFTAR GAMBAR

| <b>Gambar</b>   | <b>Halaman</b> |
|---|----------------|
| <b>Gambar 2.1</b> Klasifikasi Turbin Berdsarkan <i>Head</i> Air .....   | 5              |
| <b>Gambar 2.2</b> Turbin Pelton .....   | 6              |
| <b>Gambar 2.3</b> Turbin Francis.....   | 7              |
| <b>Gambar 2.4</b> Skema Turbin <i>Vortex</i> .....  | 8              |
| <b>Gambar 2.5</b> Skema Tangki Sirkulasi Turbin <i>Vortex</i> .....   | 10             |
| <b>Gambar 2.6</b> Skema <i>Streamline Vortex</i> Dan Segitiga Kecepatan Pada Sudu<br>Turbin <i>Vortex</i> ..... | 11             |
| <b>Gambar 2.7</b> Tinggi <i>Vortex</i> Pada Tangki Sirkulasi.....   | 12             |
| <b>Gambar 2.8</b> Skema Alat Ukur Torsi Pada Turbin .....   | 13             |
| <b>Gambar 3.1</b> Plat Besi.....  | 15             |
| <b>Gambar 3.2</b> <i>Pulley</i> .....   | 16             |
| <b>Gambar 3.3</b> Besi Poros .....  | 16             |
| <b>Gambar 3.4</b> <i>Hub</i> .....  | 17             |
| <b>Gambar 3.5</b> <i>Bearing</i> .....  | 17             |
| <b>Gambar 3.6</b> Mesin Rol .....   | 18             |
| <b>Gambar 3.7</b> Mesin Gerinda .....   | 18             |
| <b>Gambar 3.8</b> Cetakan Sudu.....   | 19             |
| <b>Gambar 3.9</b> Mesin Las .....   | 19             |
| <b>Gambar 3.10</b> <i>Tachometer</i> .....  | 20             |
| <b>Gambar 3.11</b> Pompa Air.....   | 20             |
| <b>Gambar 3.12</b> Neraca Pegas.....  | 21             |

|  |    |
|--|----|
| <b>Gambar 3.13</b> Siku Ukur.....  | 21 |
| <b>Gambar 3.14</b> Sabuk .....   | 22 |
| <b>Gambar 3.15</b> <i>Waterpass</i> .....  | 22 |
| <b>Gambar 3.16</b> Gelas Ukur.....   | 23 |
| <b>Gambar 3.17</b> Meteran.....  | 23 |
| <b>Gambar 3.18</b> Diagram Alir Penelitian.....  | 24 |
| <b>Gambar 3.19</b> Sketsa <i>Hub</i> Turbin .....  | 25 |
| <b>Gambar 3.20</b> Sketsa Sudu Turbin.....   | 26 |
| <b>Gambar 3.21</b> <i>Drawing</i> 2D Turbin .....  | 26 |
| <b>Gambar 3.22</b> Desain Skema Model Alat Uji Turbin <i>Vortex</i> .....                      | 27 |
| <b>Gambar 3.23</b> Skema Variasi Tinggi Aliran.....  | 28 |
| <b>Gambar 4.1</b> (a) Tampak Luar Tangki Reservoir, (b) Tampak Dalam Tangki<br>Reservoir ..... | 30 |
| <b>Gambar 4.2</b> (a) Tampak Luar Saluran Air, (b) Tampak Dalam Saluran Air.....               | 31 |
| <b>Gambar 4.3</b> Katup Gerbang Air .....  | 31 |
| <b>Gambar 4.4</b> Sudu Pengarah .....  | 32 |
| <b>Gambar 4.5</b> Tangki Sirkulasi.....  | 32 |
| <b>Gambar 4.6</b> <i>Hub</i> atau Poros Turbin <i>Vortex</i> .....                             | 33 |
| <b>Gambar 4.7</b> Mal Jari-Jari Kelengkungan Sudu 110 mm, .....                                | 34 |
| <b>Gambar 4.8</b> Membuat Pola Pada Plat Besi.....   | 34 |
| <b>Gambar 4.9</b> Pemotongan Plat Besi.....  | 35 |
| <b>Gambar 4.10</b> Proses <i>Roll</i> Pada Sudu Turbin .....                                   | 35 |
| <b>Gambar 4.11</b> Penandaan Jarak Antara Sudu Turbin.....                                     | 36 |
| <b>Gambar 4.12</b> Proses Penyambungan Sudu Turbin Dengan <i>Hub</i> .....                     | 36 |
| <b>Gambar 4.13</b> Turbin <i>Vortex</i> Jari-Jari Kelengkungan 110 mm .....                    | 37 |
| <b>Gambar 4.14</b> Grafik pengaruh putaran turbin terhadap torsi .....                         | 45 |
| <b>Gambar 4.15</b> Grafik pengaruh putaran turbin terhadap daya poros .....                    | 46 |
| <b>Gambar 4.16</b> Grafik pengaruh putaran turbin terhadap efisiensi .....                     | 47 |
| <b>Gambar 4.17</b> Grafik pengaruh putaran turbin terhadap efisiensi .....                     | 48 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Gambar 4.18</b> Grafik pengaruh putaran turbin terhadap efisiensi ..... | 49 |
| <b>Gambar 4.19</b> Grafik pengaruh putaran turbin terhadap efisiensi ..... | 50 |

**DAFTAR TABEL**

| <b>Tabel</b>   | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| <b>Tabel 4.1</b> Nilai Debit Aliran Pada Saluran Masuk.....              | 38             |
| <b>Tabel 4.2</b> Hasil Pengujian Turbin Vortex Tinggi Aliran 18 cm. .... | 40             |
| <b>Tabel 4.3</b> Hasil Pengujian Turbin Vortex Tinggi Aliran 20 cm. .... | 41             |
| <b>Tabel 4.4</b> Hasil Pengujian Turbin Vortex Tinggi Aliran 22 cm. .... | 42             |
| <b>Tabel 4.5</b> Hasil Pengujian Turbin Vortex Tinggi Aliran 24 cm. .... | 43             |
| <b>Tabel 4.5</b> Hasil Pengujian Turbin Vortex Tinggi Aliran 26 cm. .... | 44             |

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi terbarukan menjadi salah satu solusi penting dalam memenuhi kebutuhan energi global yang terus meningkat. Salah satu sumber energi terbarukan yang potensial adalah energi air yang dapat digunakan dengan teknologi turbin vortex (Pamuji et al., 2021). Turbin vortex merupakan salah satu jenis turbin yang efisien dalam memanfaatkan aliran air, terutama saat kondisi aliran rendah. Teknologi ini dikembangkan pertama kali oleh Franz Zotloterer pada tahun 2007. Pengaplikasian turbin vortex ini digunakan juga pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), terutama di daerah dengan energi air yang terbatas.

Menurut Mayapada dkk. (2022), turbin vortex mampu beroperasi dengan head rendah dan debit air kecil sehingga menjadi solusi efektif bagi masyarakat pedesaan yang kesulitan air. Turbin vortex menggunakan prinsip pusaran air yang terbentuk dalam bak berbentuk spiral, kemudian aliran diarahkan untuk memutar runner turbin tanpa memerlukan komponen seperti *guide vane*, sehingga pembuatan desain lebih sederhana, efisien, dan efektif dalam proses manufaktur. Keunggulan inilah yang mendukung penerapan turbin vortex di daerah pedesaan yang sulit dijangkau oleh listrik konvensional dan keterbatasan air. Prinsip kerja turbin vortex yaitu dengan mengalirkan aliran air melalui inlet ke dalam basin berbentuk lingkaran, dimana air akan membentuk pusaran yang mendorong sudu turbin untuk berputar.

Penelitian mengenai turbin *vortex* menunjukkan bahwa debit aliran merupakan salah satu parameter utama yang mempengaruhi daya dan efisiensi turbin, khususnya pada kondisi *very low head*

Susatyo dkk. (2024) melakukan penelitian eksperimental pada turbin *vortex* dengan variasi debit air sebesar 2,5–3,0 l/s dan variasi jumlah serta diameter sudu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan debit aliran cenderung meningkatkan daya poros dan efisiensi turbin, dengan efisiensi tertinggi sebesar 22,26% yang diperoleh pada debit 3,0 l/s menggunakan turbin 8 sudu berdiameter kecil. Hal ini terjadi karena semakin besar debit aliran, energi air yang tersedia untuk memutar turbin semakin meningkat, sehingga daya output dan efisiensi turbin ikut meningkat

Studi ini merupakan kelanjutan dari penelitian Fadhly (2025) yang secara eksperimental mengkaji pengaruh variasi jari-jari kelengkungan sudu terhadap kinerja turbin *vortex* skala laboratorium. Penelitian dilakukan menggunakan tiga variasi jari-jari kelengkungan sudu, yaitu 85 mm, 110 mm, dan 145 mm, pada beberapa variasi debit aliran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jari-jari kelengkungan sudu berpengaruh signifikan terhadap daya dan efisiensi turbin *vortex*, dengan performa optimal diperoleh pada jari-jari 110 mm yang menghasilkan efisiensi tertinggi sebesar 33,12% pada debit 10,8 l/s. Temuan ini menegaskan bahwa geometri sudu berperan penting dalam menentukan kinerja turbin *vortex* pada kondisi head rendah.

Penelitian lanjutan mengenai kinerja turbin *vortex* juga dilakukan oleh Yosafat (2025) dengan fokus pada pengaruh variasi jumlah sudu terhadap unjuk kerja turbin *vortex* pada kondisi aliran rendah. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan sudu berbentuk lengkung dengan jari-jari 110 mm dan variasi jumlah sudu sebanyak 5, 6, 7, dan , serta variasi debit aliran air sebesar 8,2 l/s, 9,8 l/s, dan 11,4 l/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa turbin dengan jumlah sudu 6 menghasilkan Performa paling optimal, dengan daya sebesar 28,59 Watt dan efisiensi tertinggi sebesar 34,03% pada debit aliran 11,4 l/s. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah sudu memiliki peranan penting dalam menentukan keseimbangan antara torsi dan kecepatan putaran turbin, sehingga berpengaruh langsung terhadap kinerja turbin *vortex*.

## 1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui variasi tinggi aliran terhadap karakteristik unjuk kerja turbin *vortex* diperoleh dengan:

1. Mengetahui hubungan putaran turbin (rpm) terhadap torsi (Nm)
2. Mengetahui hubungan putaran turbin (rpm) terhadap daya poros (Watt)
3. Mengetahui hubungan putaran turbin (rpm) terhadap efisiensi (%)

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian yang akan dilakukan adalah:

1. Tinggi aliran air yang divariasikan adalah 18 cm, 20 cm, 22 cm, 24 cm, dan 26 cm pada saluran.
2. Jumlah sudu yang digunakan dalam penelitian ini adalah 6 sudu.
3. Penelitian dilakukan menggunakan turbin dengan radius kelengkungan sudu 110 mm

## 1.4 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam laporan penelitian ini terdiri dari beberapa bab yang tersusun secara sistematis. Bab I pendahuluan memuat latar belakang, tujuan, batasan masalah, serta sistematika penulisan laporan. Bab II tinjauan pustaka berisi uraian mengenai dasar teori yang mendukung penelitian, seperti teori tentang turbin air dan turbin *vortex*, jenis-jenis turbin, berbagai macam aliran *vortex*, serta unjuk kerja dari turbin *vortex*. Bab III metodologi penelitian menjelaskan waktu dan tempat pelaksanaan penelitian, serta langkah-langkah yang dilakukan dalam proses penelitian dan pengambilan data. Bab IV hasil dan pembahasan menyajikan data hasil pengujian dalam bentuk tabel dan grafik, yang kemudian dianalisis dan dibahas. Terakhir, bab V penutup berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran yang dapat diberikan berdasarkan temuan selama proses penelitian berlangsung.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Turbin Air

Turbin air adalah alat yang mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Turbin terdiri dari poros dan sudu. Sudu yang diam atau sudu tetap, berfungsi untuk mengarahkan aliran fluida. Sementara itu, sudu yang berputar atau sudu bergerak, mengubah arah dan kecepatan aliran fluida sehingga menghasilkan gaya yang dapat memutar poros. Sudut aliran yang tepat dapat meminimalkan losses atau kerugian sehingga dapat mempercepat putaran turbin (Laksamana dkk., 2018)

Turbin air dikembangkan pada abad ke-19 dan secara luas digunakan untuk pembangkit listrik. Merancang pembangkit listrik menggunakan turbin air memerlukan pertimbangan yang sangat spesifik seperti, dimensi sudu, laju aliran dan head turbin untuk memaksimalkan efisiensi turbin. Turbin merupakan komponen penting dari pembangkit listrik. Pada turbin air, aliran air diubah menjadi energi kinetik yang memutar poros dengan menggunakan *belt*, *pulley*, atau *gearbox* pada poros yang dihubungkan ke generator untuk mengubah putaran yang dihasilkan menjadi energi listrik (Sallata dkk., 2015).

Turbin air dapat didefinisikan sebagai mesin penggerak yang menggunakan air sebagai fluida kerjanya. Prinsip kerja turbin air melibatkan aliran air dalam pipa yang memiliki energi potensial dan energi kinetik. Aliran ini diarahkan ke roda turbin melalui sudu pengarah, di mana energi dalam air tersebut diubah menjadi energi mekanik yang berupa putaran poros roda turbin (Ikhsan dkk., 2020). Berdasarkan tingkat ketinggian *head* setiap turbin. *Head* turbin dapat

di klasifikasikan berdasarkan ketinggiannya adalah sebagai berikut:

a) Turbin *head* sangat rendah

Turbin yang memiliki *head* sangat rendah memiliki ketinggian  $\leq 4$ m, jika ketinggian *head* hanya 4m biasanya turbin yang digunakan berjenis Propeller, Kaplan.

b) Turbin *head* rendah

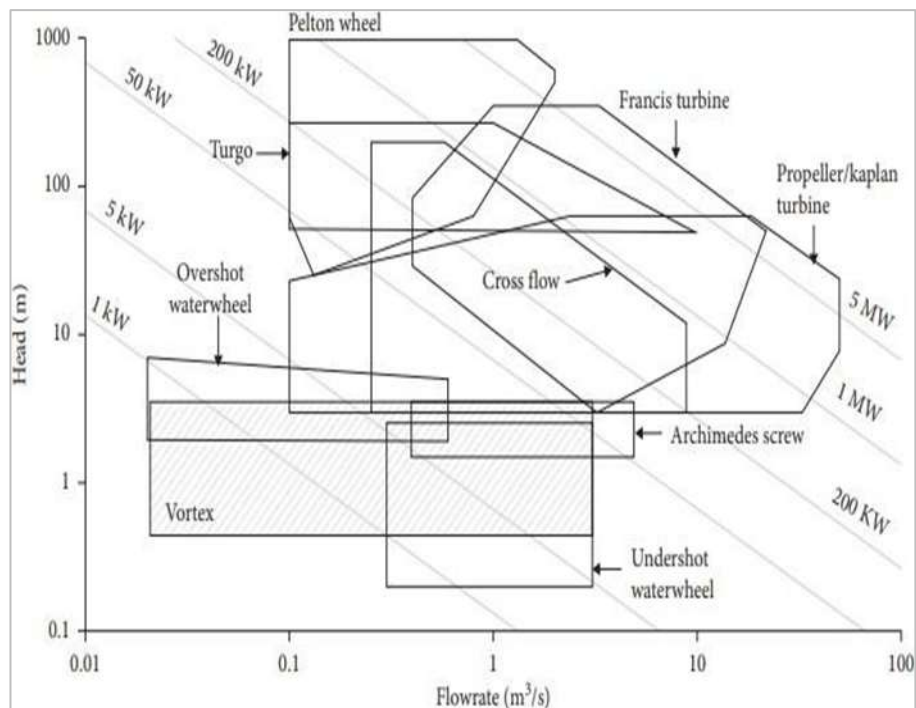
Turbin yang memiliki *head* yang rendah memiliki ketinggian 5- 10m, biasanya jenis turbin yang digunakan turbin Crossflow.

c) Turbin *head* sedang

Turbin yang memiliki *head* yang sedang memiliki ketinggian kurang lebih 20-100m, biasanya jenis turbin dengan *head* sedang memakai jenis turbin *Pelton*.

d) Turbin *head* tinggi

Turbin yang memiliki *head* yang tinggi memiliki ketinggian 100m, turbin yang digunakan pada *head* ini adalah turbin *Pleton* dan *Turgo*.



Gambar 2.1 Klasifikasi turbin berdasarkan *head* air

(Bajracharya et al., 2020)

## 2.2 Prinsip Kerja Turbin

Secara umum, klasifikasi turbin terdiri dari dua jenis: turbin reaksi dan turbin impuls. Turbin reaksi dirancang untuk *head* rendah dan laju aliran tinggi, sementara turbin impuls digunakan dalam situasi dengan *head* tinggi dan laju aliran rendah. Berdasarkan aplikasinya, turbin diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, berikut adalah beberapa jenis turbin tersebut. Terdapat prinsip kerja pada turbin yang diklasifikasikan menjadi beberapa jenis turbin, yaitu:

### a) Turbin Impuls

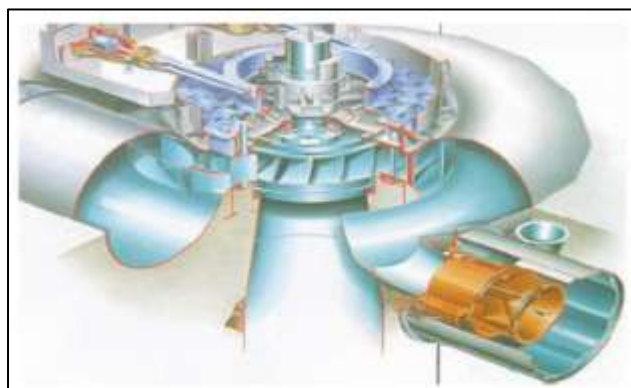
Turbin *impuls* adalah turbin air yang memiliki tekanan sama di setiap sudunya (*runner*). Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada *nozzle* yang disemburkan. Air keluar *nozzle* yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin yang mengakibatkan tekanan pada sudu. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadinya perubahan momentum (*impuls*). Akibatnya roda turbin akan terdorong berputar. Jenis dari turbin impuls menjadi 3 jenis yaitu turbin Pelton, turbin Turgo dan turbin Crossflow.



Gambar 2.2 Turbin Pelton (Misbachudin, 2016)

### b) Turbin Reaksi

Turbin reaksi bekerja dengan cara penggerak turbin air secara langsung mengubah energi kinetik juga energi tekanan secara bersamaan menjadi energi mekanik. 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. Runner turbin reaksi sepenuhnya tercelup dalam air dan berada dalam rumah turbin (Sudiar dkk., 2019).

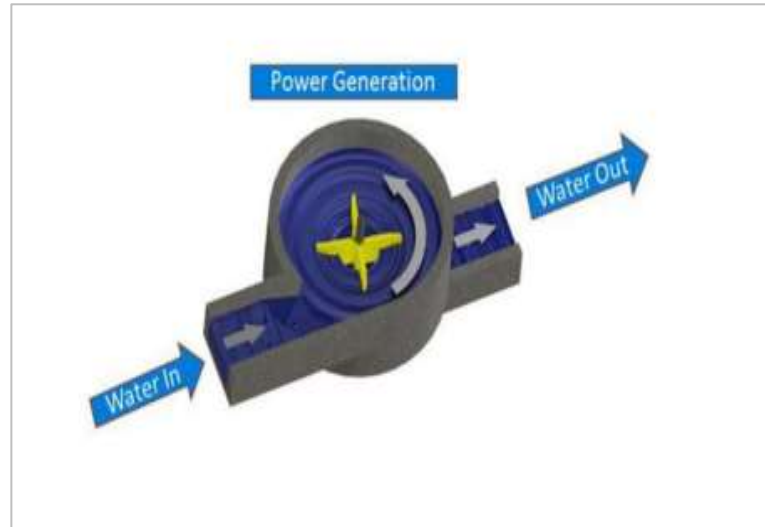


Gambar 2.3 Turbin Francis (Misbachudin, 2016)

### 2.3 Turbin *Vortex*

Turbin jenis ini merupakan turbin yang memanfaatkan pusaran air (*vortex*) sebagai utamanya dengan energi yang menggerakkan sumbu vertikal sehingga terdapat perbedaan antara tekanan dan sumbu disekelilingnya. Turbin ini dioperasikan di daerah dengan *head* yang relatif rendah dengan memanfaatkan pusaran dan gravitasi air sehingga dapat menghasilkan perbedaan tekanan pada sumbu. Hal ini pertama ditemukan oleh insinyur Austria Franz Zototerer saat mencoba menemukan cara lain mengaginkan air tanpa sumber eksternal. sama seperti namanya, turbin ini memanfaatkan pusaran air untuk memutar sudu, lalu energi pusaran tersebut diubah menjadi energi putar pada poros. dengan proses air yang berasal dari sungai dialirkan memalui saluran inlet ke tanki turbin yang dibawahnya terdapat lubang kecil yang mengakibatkan aliran air menjadi pusaran air. Head yang dibutuhkan vortex ini verkisar antara 0,7m -1 m

dengan debit berkisar 1000 l/s turbin ini sangat sederhana, dan biaya yang dikeluarkan untuk pembuatannya terbilang sedikit.



Gambar 2. 4 Skema turbin vortex (Power et al., 2016)

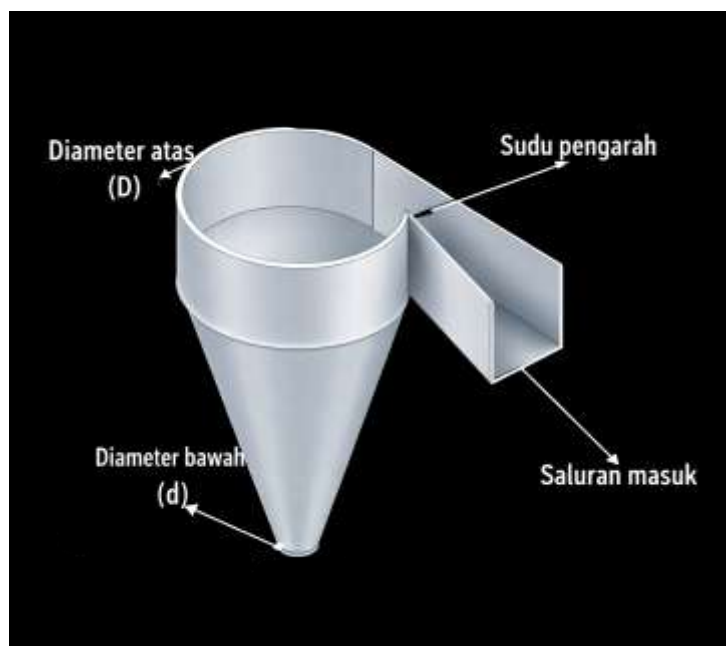
Sistem pembangkit listrik menggunakan turbin *vortex* adalah sebuah teknologi baru yang memanfaatkan energi yang terkandung dalam pusaran air yang besar yang dibuat dengan menciptakan melalui perbedaan *head* rendah di sungai. Dimana cara kerjanya sebagai berikut:

1. Air sungai dari tepi sungai disalurkan dan diarahkan 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 di inti vortex yang selanjutnya diekstraksi melalui turbin sumbu vertikal.
4. Air kemudian kembali ke sungai melalui saluran keluar.

## 2.4 Tangki Sirkulasi

Pada pembangkit listrik dengan menggunakan turbin *vortex* laju aliran masuk adalah air yang di alirkan ke saluran yang terhubung ke tangki sirkulasi. Saluran itu berfungsi untuk mengarahkan aliran air ke dalam bak secara tangensial bias horizontal atau miring pada sudut yang di inginkan. Bentuk saluran masuk (*inlet*) dan saluran keluar (*outlet*) juga mempengaruhi kecepatan aliran pusaran sehingga parameter ini harus dioptimalkan dengan penelitian ekstensif untuk menghasilkan pusaran air yang lebih efektif. Desain tangki sirkulasi mampu mempengaruhi bentuk aliran pusaran gravitasi yang dapat digunakan untuk sumber energi alternatif atau terbarukan. Air masuk ke dalam tangki sirkulasi melingkar secara tangensial yang menciptakan pusaran bebas dan energi diekstraksi dari pusaran bebas dengan menggunakan turbin. Desain tangki sirkulasi yang banyak digunakan yaitu kerucut dan silinder.

Berdasarkan studi dari penelitian Wanchat et al. (2013) yang menyatakan bahwa bentuk dari tabung sirkulasi akan mempengaruhi aliran *vortex* pada turbin. Penelitian ini juga menyatakan bahwa parameter pada tabung sirkulasi seperti bentuk tabung sirkulasi, diameter aliran masuk dan keluar air, dan tinggi tabung sirkulasi dapat menentukan besar energi kinetik yang dapat dihasilkan. Penelitian ini menyatakan bahwa tabung sirkulasi dengan bentuk silinder paling sesuai untuk menghasilkan energi kinetik aliran *vortex*. Berdasarkan dari penelitian Wanchat et al. (2013) yang menggunakan diameter tabung sirkulasi sebesar 0.10m sampai 0.40m didapatkan dengan menggunakan diameter 0.2m akan dihasilkan daya keluar sebesar 60W, tinggi aliran vortex sebesar 0.40m dan menghasilkan efisiensi sebesar 30%. Berdasarkan dari penelitian (Dhakal 2014) yang menyatakan bahwa turbin *vortex* dengan bentuk tangki sirkulasi kerucut akan meningkatkan kecepatan air keluar turbin. Kecepatan terbesar didapatkan dari rasio diameter atas tangki sirkulasi (D) dan diameter bawah (d) antara 14% - 18% dengan derajat kemiringan pada tangki sirkulasi kerucut sebesar  $23^\circ$  dan diameter sebesar 800 mm yang menghasilkan efisiensi sebesar 36,84%.



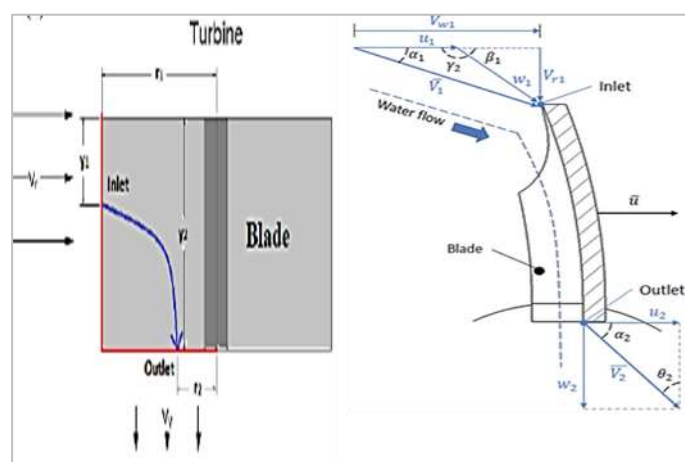
Gambar 2.5 Skema tangki sirkulasi turbin *vortex* (Christina, 2022)

## 2.5 Aliran Pusaran dan Permukaan Sudu Turbin *Vortex*

Pada turbin *vortex*, aliran air memasuki tangki sirkulasi dan membentuk aliran melingkar akibat efek gravitasi dan geometri saluran masuk. Aliran ini tidak bergerak lurus, melainkan berputar membentuk lintasan spiral menuju pusat runner. Karakteristik pusaran ini menyebabkan arah datang fluida ke sudu memiliki komponen kecepatan radial dan tangensial. Dalam kondisi seperti ini, desain permukaan sudu sangat menentukan seberapa baik aliran *vortex* dapat diarahkan dan dimanfaatkan untuk menghasilkan daya. Permukaan sudu yang melengkung, jika disesuaikan dengan arah *streamline* aliran pusaran, dapat mengurangi deviasi arah aliran dan menghindari kejutan aliran (*shock*) pada saat fluida menabrak sudu. Kejutan ini dapat menyebabkan turbulensi dan energi hilang yang menurunkan efisiensi turbin.

Menurut Kueh et al. (2017) menunjukkan bahwa analisis *velocity triangle* pada sudu turbin *vortex* sangat bermanfaat untuk mengetahui sudut masuk dan keluar aliran, serta mengkaji apakah aliran air selaras dengan geometri sudu. Parameter  $V$ ,  $U$ , dan  $W$  dihubungkan melalui sudut  $\alpha$  dan  $\beta$ , yang

merepresentasikan kondisi aliran masuk (*inlet*) dan keluaran (*outlet*) aliran ini membantu mengidentifikasi potensi gangguan aliran (*shock*) dan kerugian energi akibat tidak selarasnya aliran dengan sudu. Penelitian oleh Maika dkk. (2023) menunjukkan bahwa sudu melengkung lebih cocok digunakan dalam sistem *vortex* dibandingkan sudu lurus, karena mampu menyesuaikan bentuknya dengan arah lintasan pusaran air. Sudu yang mengikuti pola aliran cenderung memiliki efisiensi yang lebih tinggi karena mengurangi energi sisa dan tekanan balik (*back pressure*) di bagian *outlet*.



Gambar 2.6 Skema *Streamline vortex* dan segitiga kecepatan pada sudu turbin *vortex* (Kueh et al., 2017)

Gambar 2.10 menunjukkan arah lintasan aliran pusaran menuju sudu (kiri), serta hubungan antara kecepatan absolut ( $V$ ), kecepatan relatif ( $W$ ), dan kecepatan sudu ( $u$ ) melalui segitiga kecepatan (kanan). Sudut-sudut ini penting untuk menyelaraskan aliran dengan bentuk sudu agar kehilangan energi akibat deviasi atau kejutan dapat diminimalkan

## 2.6 Unjuk Kerja Turbin Vortex

Berikut ini merupakan perhitungan pada untuk kerja turbin vortex meliputi debit air, daya *hydro*, torsi, daya turbin, serta efisiensi.

## 1. Debit Air

Dalam metode perhitungan debit air menggunakan volume bak penampung, debit air dihitung dengan membagi volume air yang tertampung dengan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi bak penampung tersebut. Debit air dapat dihitung menggunakan persamaan berikut. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2.1)$$

Dimana:

Q: Debit air (l/s)

V: Volume bak penampung (m<sup>3</sup>)

t : Waktu (s)

## 2. Daya *Hydro*

Daya *hydro* dapat dihasilkan oleh turbin sesuai dengan kapasitas tinggi jatuh air. Daya *hydro* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut :

$$P_h = \gamma \cdot Q \cdot H \quad (2.2)$$

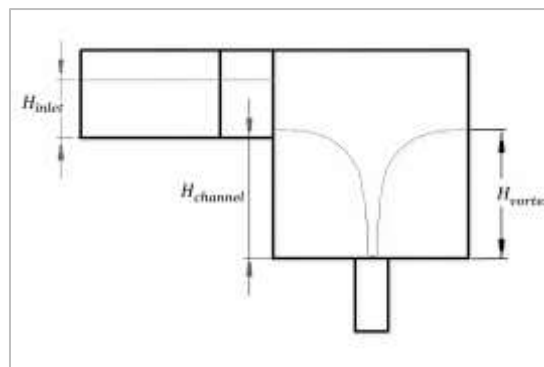
Dimana:

$P_h$  : Daya *hydro* (Watt)

$\gamma$  : Berat jenis air (N/m<sup>3</sup>)

Q : Debit air (l/s)

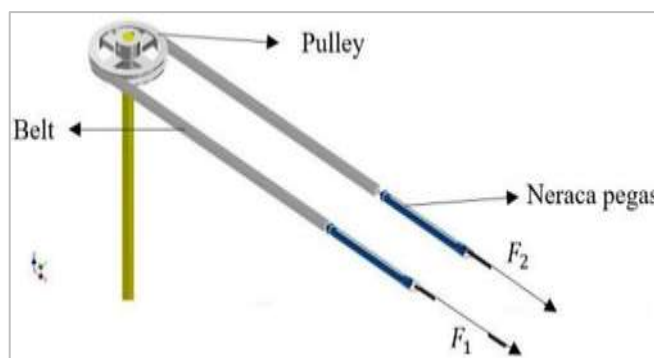
H : *Head vortex* (m)



Gambar 2.7 Tinggi *vortex* pada tangki sirkulasi (Rahman et al., 2017)

### 3. Torsi

Torsi adalah konsep fisika yang menggambarkan kemampuan suatu gaya untuk memutar objek di sekitar sumbu tertentu. Torsi sering kali disebut sebagai "momen gaya" dan merupakan salah satu konsep penting dalam mekanika, terutama dalam analisis gerakan rotasi.



Gambar 2.8 Skema alat ukur torsi pada turbin (Christina, 2022)

Nilai dari torsi dapat dihitung menggunakan selisih tegangan dari sabuk dengan pembebanan ( $F_1$ ) dan sisi tanpa pembebanan ( $F_2$ ) yang merupakan suatu gaya pengereman ( $F$ ). Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$T = \Sigma F \cdot r \quad (2.3)$$

Dimana:

$$T = \text{Torsi (Nm)}$$

$$\Sigma F = F_2 - F_1 \text{ (N)}$$

$$r = \text{Jari - jari}$$

### 4. Daya Turbin

Daya turbin adalah ukuran dari laju kerja yang dihasilkan oleh turbin ketika mengubah energi dari fluida (seperti air, uap, atau gas) menjadi energi mekanik. Nilai dari daya turbin dapat diketahui menggunakan persamaan berikut.

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

Dimana:

$P_t$  : Daya poros turbin (Watt)

$T$  : Torsi turbin (Nm)

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

Nilai dari kecepatan sudut pada turbin dapat diketahui menggunakan persamaan berikut :

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} \quad (2.5)$$

Dimana:

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

$n$  : Putaran turbin (rpm)

## 5. Efisiensi

Efisiensi turbin adalah rasio antara daya yang dihasilkan oleh turbin dan daya yang tersedia dari sumber energi fluida. Efisiensi dinyatakan dalam persentase dan dapat dihitung dengan menggunakan rumus

$$\eta = \frac{P_t}{P_h} \times 100 \% \quad (2.6)$$

Dimana:

$\eta$  : Efisiensi

$P_t$  : Daya turbin (Watt)

$P_h$  : Daya *hydro* (Watt)

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini mulai dilaksanakan pada bulan Mei 2025 di Laboratorium Mekanika Fluida, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Penelitian ini memanfaatkan berbagai alat dan bahan untuk proses pembuatan serta pengujian turbin *vortex*. Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1) Bahan pembuatan turbin *vortex*

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan turbin *vortex* adalah sebagai berikut:

a) Plat besi

Plat besi digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan sudu turbin.



Gambar 3.1 Plat besi

b) *Pulley*

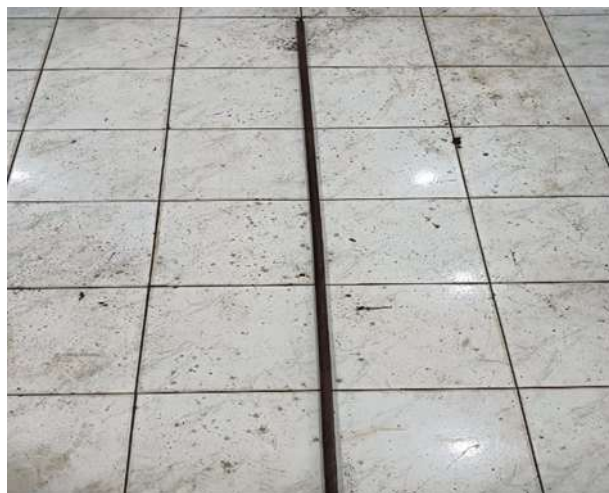
*Pulley* merupakan elemen mekanis yang mentransmisikan daya dan putaran antara poros menggunakan sabuk atau belt menuju komponen beban atau sistem yang dituju. *Pulley* yang digunakan diameter luar 6 inchi dan diameter lubang tengah (lubang as) yaitu 20 mm.



Gambar 3.2 *Pulley*

c) Besi poros

Besi poros digunakan sebagai poros turbin, dudukan turbin, dan sistem pengereman. Diameter pada besi poros yaitu 20 mm



Gambar 3.3 Besi poros

d) *Hub*

*Hub* digunakan sebagai badan terletaknya sudu-sudu turbin *vortex*. Pada hub yang digunakan dengan diameter terbesar 57 mm, diameter terkecil 33 mm, diameter lubang tengah 20 mm, dan tinggi keseluruhan 348 mm.



Gambar 3.4 *Hub*

e) *Bearing*

*Pulley* berfungsi sebagai komponen yang menghubungkan putaran, yang kemudian diteruskan ke beban melalui *belt*.



Gambar 3.5 *Bearing*

2) Alat pembuatan turbin *vortex*

a) Mesin rol

Mesin rol digunakan untuk membengkokkan atau melengkungkan plat besi agar membentuk sudu turbin sesuai dengan desain yang diinginkan.



Gambar 3.6 Mesin rol

b) Mesin gerinda

Mesin gerinda digunakan untuk memotong, mengasah, dan menghaluskan benda kerja.



Gambar 3.7 Mesin gerinda

c) Cetakan sudu

Cetakan sudu digunakan sebagai acuan dalam pembuatan sudu turbin, dalam pemotongan sudu turbin yaitu menggunakan mesin gerinda. Cetakan sudu yang dibuat yaitu jari- jari kelengkungan sudu 110 mm.



Gambar 3.8 Cetakan sudu

d) Mesin las

Mesin las digunakan untuk menyambung atau meleburkan logam atau material sejenis dengan cara memberikan panas tinggi pada area sambungan, sehingga menghasilkan ikatan permanen antara dua bagian logam.



Gambar 3.9 Mesin Gerenda

3) Alat ukur dan perlengkapan untuk pengujian unjuk kerja turbin *vortex*. Alat yang digunakan dalam pengujian model unjuk kerja turbin *vortex* adalah sebagai berikut:

a) *Tachometer*

*Tachometer* berfungsi untuk mengukur kecepatan putaran pada turbin.



Gambar 3.10 *Tachometer*

b) Pompa

Pompa berfungsi sebagai pengalir air menuju tangki penampungan (*Reservoir*).



Gambar 3.11 Pompa air

c) Neraca pegas

Neraca pegas digunakan untuk mengukur massa dan besar gaya atau berat suatu benda.



Gambar 3.12 Neraca pegas

d) Siku ukur

Siku ukur digunakan untuk memastikan turbin terpasang secara tegak lurus pada tangki sirkulasi (*conical basin*).



Gambar 3.13 Siku ukur

e) Sabuk

Sabuk adalah bahan fleksibel yang melingkar tanpa ujung, yang digunakan untuk menghubungkan secara mekanis dua poros yang berputar.



Gambar 3.14 Sabuk

f) *Waterpass*

*Waterpass* adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur kemiringan atau ketidakrataan permukaan suatu bidang dengan bidang lainnya menjadi posisi yang sejajar.



Gambar 3.15 Waterpass

## g) Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur debit air dalam pengambilan data, memberikan informasi akurat tentang volume air yang mengalir selama suatu periode waktu.



Gambar 3.16 Gelas Ukur

## h) Meteran

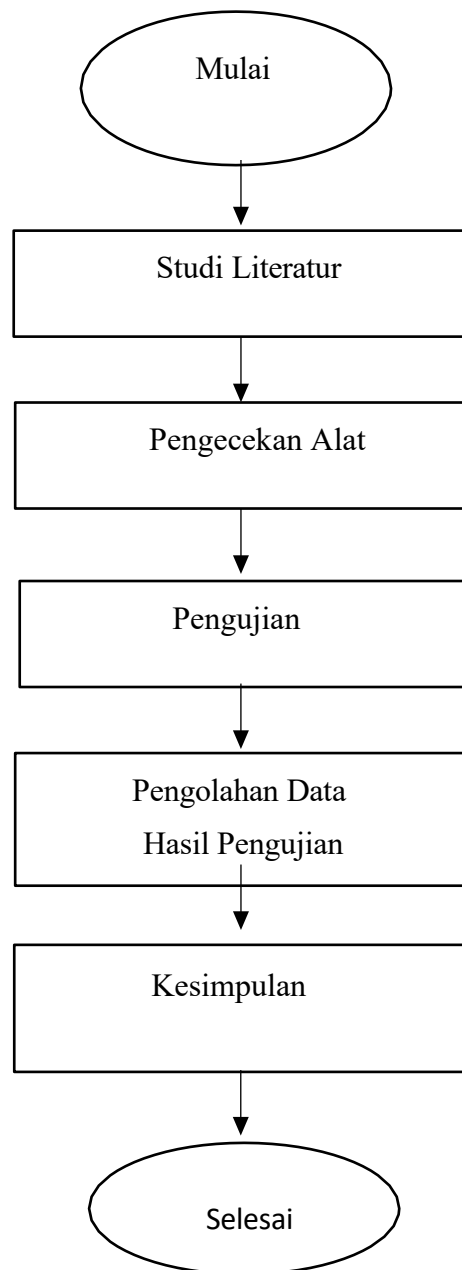
Meteran berguna sebagai alat pengukur panjang sebuah benda kerja.



Gambar 3.17 Meteran

### 3.3 Diagram Alir Penelitian

Proses penyusunan dan pelaksanaan tugas akhir ini ditunjukkan pada diagram alir di bawah ini :



Gambar 3.18 Diagram alir penelitian

### 3.4 Pembuatan Turbin *Vortex*

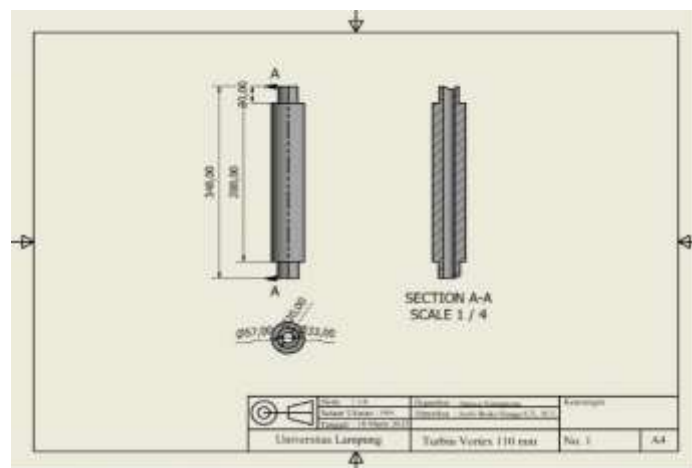
Proses pembuatan turbin *vortex* dilakukan melalui beberapa tahapan berikut :

1. Tahapan persiapan

Persiapan ini melibatkan studi literatur serta pengadaan bahan dan alat yang diperlukan untuk pembuatan turbin *vortex*.

2. Tahapan pembuatan turbin *vortex*.

Pada tahapan ini dilakukan dengan perancangan model dan pembuatan turbin *vortex* dengan menggunakan jari-jari kelengkungan 110mm dengan jumlah sud sebanyak 6 sudu. Bentuk turbin *vortex* tersebut yang dapat dilihat pada Gambar 30.



Gambar 3.19 Sketsa *Hub* turbin

Selanjutnya adalah pembuatan sketsa sudu turbin pada jari-jari kelengkungan sudu 85 mm dengan tinggi sudu turbin 288 mm, lebar sudu bagian atas 162 mm dan lebar bagian bawah turbin 87 mm. Selanjutnya adalah pembuatan sketsa sudu turbin pada jari-jari kelengkungan sudu 110 mm dengan tinggi sudu turbin 288 mm, lebar sudu bagian atas 191 mm dan

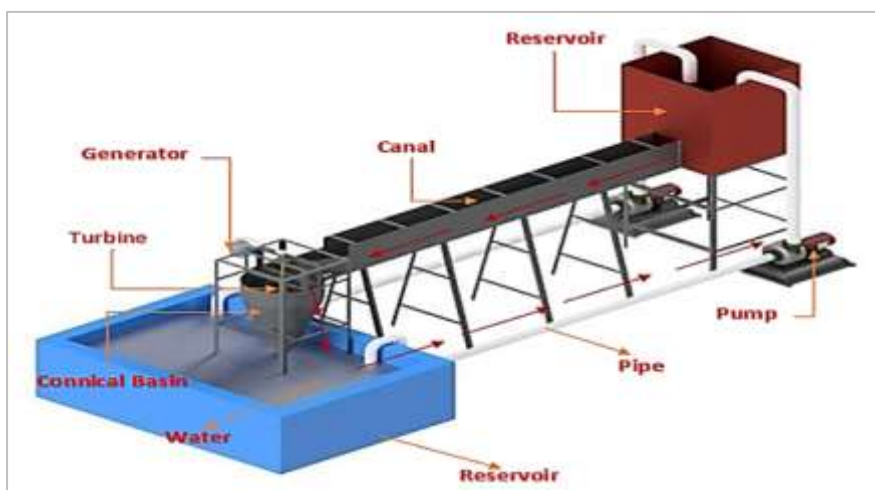


### 3. Tahap pembuatan turbin *vortex* (pusaran air)

Tahap ini adalah proses pembuatan fisik bagian tengah (*hub*) turbin *vortex* menggunakan pipa besi serta pembuatan sudu-sudu turbin. Langkah pertama dalam membuat *hub* adalah membubut pipa besi menjadi bentuk bertingkat dengan diameter terbesar 57 mm, diameter terkecil 33 mm, diameter lubang tengah 20 mm, dan tinggi keseluruhan 348 mm. Setelah itu, langkah berikutnya ialah memotong pelat menggunakan mesin gerinda yang akan digunakan sebagai sudu dengan cetakan sudu (*mal*) yang sudah ditentukan. Setelah kedua bagian selesai langkah selanjutnya ialah menyambungkan *hub* dengan sudu turbin menggunakan mesin las.

### 3.5 Skema Sistem Alat Pengujian

Skema alat pengujian terlihat pada Gambar 34. Sistem pembangkit listrik turbin *vortex* ini dilengkapi dengan berbagai komponen, salah satunya adalah pompa air yang berperan penting dalam menjaga kelancaran aliran air ke tangki penampung (*reservoir*). Dari tangki tersebut, air mengalir melalui saluran menuju tangki sirkulasi, tempat turbin dipasang untuk memanfaatkan pusaran air yang tercipta oleh efek gravitasi, dikenal sebagai *water vortex*. Pusaran air ini kemudian diubah menjadi energi

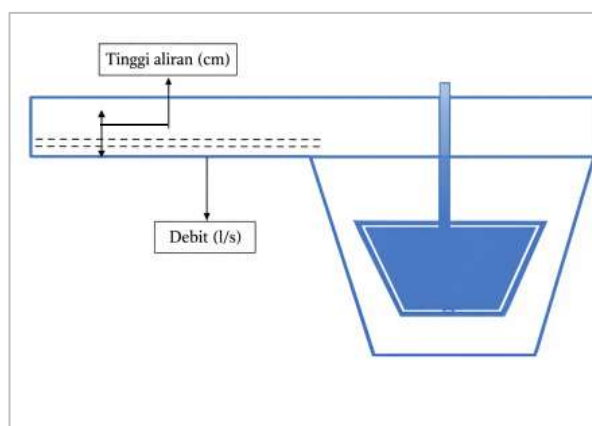


Gambar 3.22 Desain skema model alat uji pembangkit listrik turbin *vorte*

### 3.6 Pengujian dan Pengambilan Data

Pengujian model turbin *vortex* dilakukan untuk memperoleh data pengujian sehingga diperoleh unjuk kerja turbin *vortex*. Adapun data yang akan diambil dalam pengujian turbin *vortex* di laboratorium adalah debit aliran air (l/s), putaran turbin (rpm), torsi turbin (Nm), dan *head vortex* (m). Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian model turbin *vortex* adalah sebagai berikut:

1. Memasang turbin pada as poros menggunakan mur dan baut.
2. Memasang turbin kedalam tangki sirkulasi.
3. Pompa air dihidupkan untuk mengalirkan air dari bak penampungan ke dalam tangki *reservoir*.
4. Membuka *gate* saluran air pada tangki *reservoir* dengan variasi tinggi aliran air yaitu 18 cm, 20 cm, 22 cm, 24 cm, dan 26 cm
5. Mengukur debit pada setiap level ketinggian air dengan menggunakan ember yang sudah diukur volumenya dengan gelas ukur.
6. Mengukur torsi turbin dengan menggunakan sistem pengereman neraca pegas  $F_1$  dan  $F_2$ .
7. Memasukkan beban.
8. Mengukur tinggi aliran *vortex* dengan menggunakan meteran.
9. Mengukur putaran (rpm) pada turbin menggunakan *tachometer*.
10. Mencatat data hasil pengujian, data hasil pengujian akan disajikan dalam bentuk tabel pada Bab IV.



Gambar 3.23 Skema Variasi Tinggi Aliran (Sinaga, 2024)

### 3.7 Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari pengujian kemudian dihitung untuk menentukan daya *hydro* ( $P_h$ ), daya turbin ( $P_t$ ) dan efisiensi turbin ( $\eta$ ). Daya *hydro* diperoleh dari data debit pada saluran air, yang kemudian dihitung menggunakan persamaan 2.2. Daya turbin diperoleh dari data torsi dan kecepatan sudut, yang kemudian dihitung menggunakan persamaan 2.4. Efisiensi turbin diperoleh melalui perbandingan antara daya turbin dan daya *hydro* yang kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan 2.6

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik unjuk kerja turbin *vortex* dipengaruhi oleh variasi tinggi aliran air
2. Torsi maksimum sebesar 7,4676 Nm diperoleh pada tinggi aliran 26 cm dengan debit aliran air sebesar 16,3 l/s pada putaran turbin 0 rpm. Kondisi ini menunjukkan bahwa tinggi aliran pada saluran air berpengaruh terhadap kemampuan turbin menghasilkan torsi, di mana peningkatan tinggi aliran menyebabkan peningkatan debit aliran yang bekerja pada sudu turbin. Kondisi tersebut menghasilkan momen gaya yang lebih besar pada poros turbin sehingga torsi yang dihasilkan meningkat. Dengan demikian, tinggi aliran pada saluran merupakan parameter penting yang memengaruhi kemampuan turbin *vortex* dalam menghasilkan torsi.
3. Daya poros maksimum terdapat pada tinggi aliran 24 cm dengan debit aliran air 14,8 l/s dan putaran turbin 136 rpm, turbin menghasilkan daya poros sebesar 59,68 watt. Hal ini menunjukkan bahwa tinggi aliran pada saluran air memberikan kombinasi torsi dan kecepatan putaran yang paling optimal untuk menghasilkan daya maksimum.
4. Nilai efisiensi merupakan indikator utama unjuk kerja dimana pada penelitian ini nilai efisiensi optimum didapatkan pada tinggi aliran 24 cm sebesar 47,75%, dengan menggunakan debit aliran 14,8 l/s pada putaran turbin 136 rpm. Tinggi aliran 24 cm pada kanal lebih efektif dikarenakan torsi meningkat, dan daya poros yang dihasilkan lebih besar, sehingga efisiensi turbin mencapai nilai maksimum.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian selanjutnya adalah :

1. Diharapkan penelitian selanjutnya melakukan analisis numerik menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) untuk memvisualisasikan aliran fluida di.
2. Diharapkan penelitian selanjutnya melakukan pengujian dengan memvariasikan sudut pengarah pada saluran air dengan tinggi aliran yang sama.
3. Diharapkan pengujian dapat diperluas dengan menghubungkan turbin ke generator untuk mengetahui kinerja sistem pembangkit listrik secara keseluruhan

## DAFTAR PUSTAKA

- Bajracharya, T. R., Shakya, S. R., Dhakal, S., Timilsina, A. B., & Pandit, H. P. (2020). *Effects of geometrical parameters in gravitational water vortex turbines with conical basin*. *Renewable Energy*, 2020, 5373784. <https://doi.org/10.1155/2020/5373784>.
- Christina, Y. (2022). Rancang Bangun Model Turbin *Vortex* Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Laboratorium. (Skripsi). Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Dhakal, S., Timilsina, A. B., Dhakal, R., Fuyal, D., Bajracharya, T. R., & Pandit, H. P. (2014). *Effect of dominant parameters for conical basin: Gravitational water vortex power plant*. *Proceedings of the IOE Graduate Conference 2014*, 380–386.
- Fadhly, E. (2025). Kajian Ekperimental Jari-Jari Kelengkungan Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin *Vortex*. (Skripsi). Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Fernando, F.B. (2023). Kajian Ekperimental Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin *Vortex*. (Skripsi). Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Kueh, T. C., Beh, S. L., Ooi, Y. S., & Rilling, D. G. (2017). *Experimental study to the influences of rotational speed and blade shape on water vortex turbine performance*. *Journal of Physics: Conference Series*, 822(1), 012066. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/822/1/012066>
- Ikhsan, H. K., Nugroho, R., Wijaya, D. G., & Pamuji, D. S. (2020, Oktober). Kajian teknologi: Parameter desain dan pemodelan numerik pada turbin *vortex* berbasis gravitasi. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi (ReTII) XV*, 140–148. Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
- Maika, R., Sutisna, S., & Nugraha, E. (2023). Analisis pengaruh variasi debit aliran terhadap kinerja turbin vortex. *Jurnal Teknik Mesin*, 12(2), 85–92.

- Laksmmana, S. C., Fahrudin, A., & Akbar, A. (2018). Pengaruh sudut pengarah aliran pada turbin air crossflow tingkat dua terhadap putaran dan daya. *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 3(1), 35–39. <https://doi.org/10.21070/r.e.m.v3i1.159>
- Maika, R., Sutisna, S., & Nugraha, E. (2023). Analisis pengaruh variasi debit aliran terhadap kinerja turbin vortex. *Jurnal Teknik Mesin*, 12(2), 85–92.
- Mayapada, G. P. D., Jasa, L., & Suartika, I. M. (2022). Rancang bangun prototype turbin vortex untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). *Jurnal Spektrum*, 9(3), 44–52.
- Misbachudin, M., Subang, D., Widagdo, T., & Yunus, M. (2016). *Perancangan pembangkit listrik tenaga mikro hidro di Desa Kayuni Kabupaten Fakfak Provinsi Papua Barat*. *Jurnal Austenit*, 8(2).
- Pamuji, D. S., Akbar, F., Rohman, A. N., & Sugati, D. (2021). Experimental study on the performance of gravitational water vortex turbine with backward and forward blade. *Dinamika Teknik Mesin*, 11(1), 74–81. <https://doi.org/10.29303/dtm.v11i1.429>
- Power, C., McNabola, A., & Coughlan, P. (2016). A parametric experimental investigation of the operating conditions of gravitational vortex hydropower (GVHP). *Journal of Clean Energy Technologies*, 4(2), 112–119. <https://doi.org/10.7763/JOCET.2016.V4.263>
- Prasetyo, H. B., Rahmadian, R., Hermawan, A. C., & Widyartono, M. (2023). Pengaruh jumlah sudu terhadap efisiensi pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) menggunakan prototype turbin vortex. *Jurnal Teknik Elektro*, 12(2), 65–73.
- Rahman, M. M., Tan, J. H., Fadzlita, M. T., & Wan Khairul Muzammil, A. R. (2017). A review on the development of gravitational water vortex power plant as alternative renewable energy resources. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 217(1), 012007. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/217/1/012007>
- Sallata, M. K. (2015). Pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). *Jurnal Ilmiah Teknologi Energi*, 5(2), 75–84.
- Sinaga, J. B., Sinaga, D., Yonanda, A., Topan, T., & Bahtera, G. (2024). Pengaruh bentuk sudu terhadap efisiensi turbin air gravitasi aliran vortex. *TURBO: Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro*, 13(2), 574–582. <https://doi.org/10.24127/trb.v13i2.3689>

- Sinaga, J. B., Irsyad, M., Yonanda, A., Ibrahim, G. A., Sinaga, D, 2024. *The effects of blade height on the efficiency of gravitational water vortex turbine. Engineering and Technology Journal*, vol. 9, no. 4, pp. 3717–3721. 2024, <https://doi: 10.47191/etj/v9i04.07>.
- Sudiar, A., Heka, A. E., & Cahyani, R. F. (2019). Pengembangan aplikasi perhitungan kavitasi turbin reaksi. *Jurnal INTEKNA*, 19(1), 1–68.
- Susatyo, B., Pratama, R. A., & Hidayat, M. R. (2024). Analisis kinerja turbin vortex pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro skala laboratorium. *Jurnal Teknik Mesin*, 14(1), 23–31
- Wanchat, S., Suntivarakorn, R., Wanchat, S., Tonmit, K., & Kayanyiem, P. (2013). A parametric study of a gravitational water vortex power plant. *Advanced Materials Research*, 805–806, 811–817. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.805-806.811>
- Yosafat, H.T. (2025). Kajian Ekperimental Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Pusaran (*Vortex*) Dengan Bentuk Sudu Lengkung (*Curved*) Jari-Jari 110 MM. (Skripsi). Universitas Lampung, Bandar Lampung.