

**PEMBUATAN ALAT PENGUJIAN TURBIN *VORTEX* (PUSARAN) DENGAN
BENTUK PENAMPANG SUDU LENGKUNG (*CURVED*) DENGAN TINGGI
HUB 288 MM**

(PROYEK AKHIR)

Oleh

NAUVAL AKMAL DZAKKI

NPM 2355101001



**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

**PEMBUATAN ALAT PENGUJIAN TURBIN *VORTEX* (PUSARAN) DENGAN
BENTUK PENAMPANG SUDU LENGKUNG (*CURVED*) DENGAN TINGGI
HUB 288 MM**

Oleh

NAUVAL AKMAL DZAKKI

Proyek Akhir

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
AHLI MADYA TEKNIK**

Pada

**Program Studi DIII Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2026

ABSTRAK

PEMBUATAN ALAT PENGUJIAN TURBIN *VORTEX* (PUSARAN) DENGAN BENTUK PENAMPANG SUDU LINGKUNG (*CURVED*) DENGAN TINGGI HUB 288 MM

OLEH

NAUVAL AKMAL DZAKKI

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat mendorong pengembangan energi terbarukan yang ramah lingkungan, salah satunya adalah energi air. Turbin *vortex* merupakan jenis turbin air yang memanfaatkan aliran pusaran untuk menghasilkan energi mekanik dan cocok digunakan pada kondisi head rendah dan debit kecil. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membuat, serta menguji kinerja turbin vortex dengan sudu berbentuk lengkung (*curved*) melalui metode eksperimen. Pengujian dilakukan dengan variasi debit aliran untuk mengetahui parameter putaran, torsi, daya, dan efisiensi turbin.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa turbin yang dibuat memiliki tinggi 288 mm dengan konfigurasi 6 sudu. Pengujian dilakukan pada tiga variasi debit, yaitu 8,8 L/s, 10,5 L/s, dan 10,8 L/s. Efisiensi yang dihasilkan masing-masing sebesar 5,7% pada debit 8,8 L/s, 15,7% pada debit 10,5 L/s, dan efisiensi tertinggi sebesar 19,2% pada debit 10,8 L/s. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan debit aliran berpengaruh signifikan terhadap peningkatan daya dan efisiensi turbin *vortex*, serta terdapat kondisi optimum pada kecepatan putaran tertentu sebelum mengalami penurunan kinerja.

Berdasarkan hasil tersebut, turbin *vortex* dengan sudu lengkung memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai pembangkit listrik tenaga air skala kecil yang sederhana, ramah lingkungan, dan sesuai untuk daerah dengan sumber air terbatas.

Kata kunci: turbin vortex, energi air, efisiensi, debit aliran, sudu lengkung

ABSTRACT

DESIGN AND FABRICATION OF A VORTEX TURBINE TESTING APPARATUS WITH CURVED BLADE PROFILE AND HUB HEIGHT OF 288 MM

BY

NAUVAL AKMAL DZAKKI

The increasing demand for electrical energy encourages the development of environmentally friendly renewable energy sources, one of which is hydropower. A vortex turbine is a type of water turbine that utilizes swirling flow to generate mechanical energy and is suitable for low head and small discharge conditions. This study aims to design, fabricate, and evaluate the performance of a vortex turbine with curved blades using an experimental method. Testing was conducted with variations in flow discharge to determine parameters such as rotational speed, torque, power, and turbine efficiency.

The test results show that the constructed turbine has a height of 288 mm with a configuration of 6 blades. Experiments were carried out at three discharge variations, namely 8.8 L/s, 10.5 L/s, and 10.8 L/s. The resulting efficiencies were 5.7% at 8.8 L/s, 15.7% at 10.5 L/s, and the highest efficiency of 19.2% at 10.8 L/s. These results indicate that an increase in flow discharge significantly affects the improvement of power and efficiency of the vortex turbine, and there is an optimum condition at a certain rotational speed before performance decreases.

Based on these results, a vortex turbine with curved blades has the potential to be developed as a small-scale hydropower generator that is simple, environmentally friendly, and suitable for areas with limited water resources.

Keywords: vortex turbine, hydropower, efficiency, flow discharge, curved blades

**Judul : PEMBUATAN ALAT PENGUJIAN TURBIN
VORTEX (PUSARAN) DENGAN BENTUK
PENAMPANG SUDU LENGKUNG (CURVED)
DENGAN TINGGI HUB 288 MM**

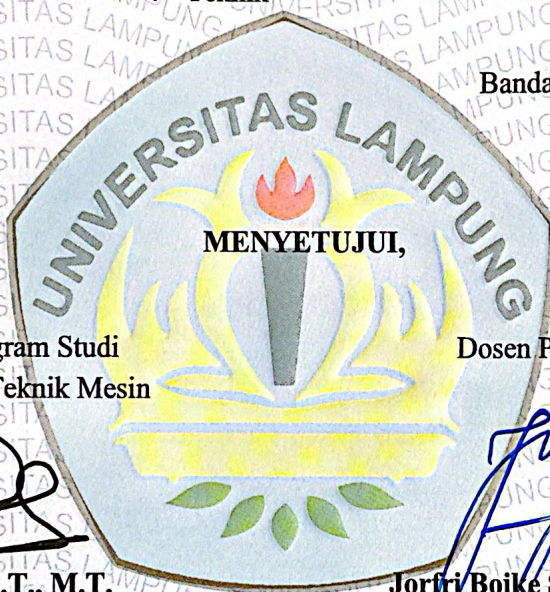
Nama Mahasiswa : Nauval Akmal Dzakki

Nomor Pokok Mahasiswa : 2355101001

Jurusan / Program Studi : Teknik Mesin / DIII Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Bandar Lampung, 30 April 2026



**Ketua Program Studi
Diploma III Teknik Mesin**

Dosen Pembimbing

Zulhanif, S.T., M.T.

NIP. 197304022000031002

Jorfri Boilke Sinaga, S.T., M.T.

NIP. 197002021998031004

MENGETAHUI,

Ketua Jurusan Teknik Mesin

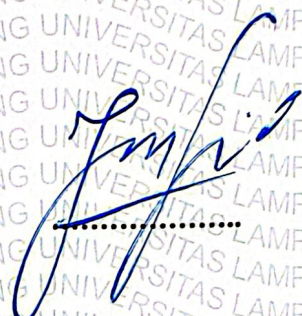
Ahmad Suudi, S.T., M.T.

NIP. 197408162000121001

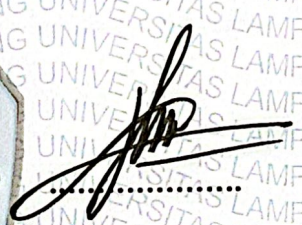
PENGESAHAN

1. Tim penguji

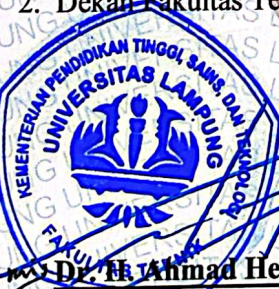
Ketua Penguji : Jorfri Boike Sinaga, S.T., M.T.



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 Tugas Akhir : 30 April 2026

PERNYATAAN PENULIS

Penulis Proyek akhir ini dibuat sendiri oleh penulis dan bukan hasil plagiat sebagaimana diatur dalam pasal 27 Peraturan Akademik Universitas Lampung dengan surat Keputusan Rektor No.3187/H26/DT/2010.

Yang Membuat Pernyataan



NAUVAL AKMAL DZAKKI
NPM. 2355101001

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Pringsewu Lampung pada tanggal 07 november 2005 dengan orang tua bernama bapak Supriadi dan ibu Emi Hidayati. Penulis memulai pendidikan sekolah dasar di SDN 1 Pringsewu Selatan, di Kabupaten Pringsewu lulus tahun 2017, sekolah menengah pertama di SMP IT INSAN MULIA pringsewu lulus tahun 2020, melanjutkan sekolah menengah kejuruan di SMA IT INSAN MULIA Pringsewu mengambil jurusan IPA lulus pada tahun 2023. kemudian penulis diterima pada tahun 2023 serta berkuliah di Universitas Lampung mengambil program studi D3 Teknik Mesin.

Penulis mengikuti berbagai macam kegiatan di kampus Universitas Lampung terutama pada Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) dimana pada tahun 2025 mengemban jabatan sebagai anggota bidang Humas External. Penulis juga melakukan kuliah kerja lapangan di PT. Bukit Asam (Persero) Tbk, Unit tanjung enim di Sumatra Selatan, pada tanggal 08 Juli-08 Agustus 2025 dengan judul “PERBAIKAN DRIVE UNIT SELECTIVE BREAKER ROTARY COAL CONVEYOR O2 di PT. Bukit Asam Tbk Unit Pertambangan Tanjung Enim Sumatra Selatan”. Serta penulis juga melakukan pembuatan alat pengujian turbin *vortex* dibawah bimbingan bapak Jofri Boike Sinaga,S.T.,M.T.

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, atas segala rahmat, karunia, dan pertolongannya, tugas akhir dan laporan skripsi ini akhirnya dapat terselesaikan. Karya ini kupersembahkan kepada Ayah dan Ibu. Penulis ucapkan terima kasih atas segala pengorbanan dan ketulusan yang telah diberikan. Meskipun Ayah dan Ibu tidak sempat merasakan pendidikan dibangku kuliah. Namun selalu senantiasa memberi yang terbaik, tak lelah mendoakan, mengusahakan, memberikan dukungan yang baik secara moral maupun finansial, serta memprioritaskan pendidikan dan kebahagiaan anak-anaknya. Perjalanan hidup kita sebagai keluarga satu utuh memang tidak mudah, tetapi segala hal yang telah dilalui memberikan penulis pelajaran yang berharga tentang arti menjadi seorang pria yang kuat, bertanggung jawab, selalu berjuang dan mandiri. Semoga dengan adanya skripsi ini membuat Ayah dan Ibu lebih bangga karena telah berhasil menjadikan anaknya ini menyandang gelar seperti yang di harapkan. Besar harapan penulis semoga Ayah dan Ibu senantiasa sehat selalu, panjang umur, dan bisa menyaksikan keberhasilan lainnya yang akan penulis raih di masa yang akan datang.

SANWACANA

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji syukur selalu kami panjatkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dan laporan skripsi. Laporan proyek akhir ini disusun sebagai karya tulis ilmiah yang merupakan hasil dari pelaksanaan dan penyelesaian proyek akhir yang telah penulis lakukan. Diharapkan karya tulis ini dapat menjadi salah satu kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang energi, khususnya mengenai turbin air. Skripsi ini juga merupakan salah satu syarat mahasiswa/i untuk meraih gelar Ahli Madya Teknik di jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Semoga hasil karya ini bermanfaat bagi semua pembaca dan bisa dikembangkan di masa yang akan datang..

Pada kesempatan ini, penulis menyadari bahwa tidak terlepas dari bimbingan, dukungan, serta bantuan dari berbagai pihak yang memotivasi penulis. Mengingat hal tersebut, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Persembahkan kepada Orang tua penulis.
2. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., Sebagai Rektor Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. H. Ahmad Herison , S.T.,M.T. Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
4. Bapak Ahmad suudi, S.T., M.T., sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
5. Bapak Zulhanif, S.T., M.T. sebagai Kepala Prodi D3 Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
6. Bapak Jorfri Boike Sinaga, S.T., M.T., sebagai Dosen Pembimbing yang telah bersedia mendidik dan meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam penyusunan laporan proyek akhir ini.
7. Tim Laboratorium Mekanika Fluida:
8. Seluruh Dosen di Teknik Mesin Universitas lampung yang telah mengajarkan banyak pengetahuan kepada penulis.

9. Teman - teman Angkatan 2023 yang selalu mendengarkan keluhan, memberikan motivasi, dan memberi semangat. Semoga kebersamaan kita tetap terjaga.

Penulis sangat bersyukur karena telah diberikan orang-orang yang membantu dalam menyelesaikan proyek akhir dan berdo'a semoga Allah SWT membalas kebbaikannya serta selalu diberkati dan dilindungi oleh-Nya. Penulis juga menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan skripsi ini. Akhir kata, semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Bandar Lampung, 30 April 2026

Penulis

Nauval Akmal Dzakki

NPM 2355101001

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Turbin Air	5
2.2 Klasifikasi Turbin Berdasarkan <i>Head</i>	6
2.3 Klasifikasi Turbin Berdasarkan Cara Kerjanya	7
2.4 Aliran <i>Vortex</i>	8
2.5 Turbin <i>Vortex</i>	10
2.6 Sudu Turbin	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Alat dan Bahan	12
3.2 Tahapan Pembuatan Turbin <i>Vortex</i>	21
3.3 Pengujian dan Pengambilan Data	24
3.4 Pengolahan data	25
3.5 Diagram Alur Proyek Akhir.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29

4.1 Komponen - Komponen Pendukung Alat Pengujian.....	29
4.2 Pembuatan Turbin <i>Vortex</i>	32
4.3 Hasil Pengujian	38
4.4 Pembahasan Grafik	40
BAB V PENUTUP.....	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA.....	46
LAMPIRAN.....	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin francis	7
Gambar 2.2 Turbin <i>pelton</i>	8
Gambar 2.3 Pusaran air	9
Gambar 2.4 Jenis aliran <i>vortex</i>	9
Gambar 2.5 Turbin <i>vortex</i>	10
Gambar 2.6 Sudu <i>traight</i> , Sudu <i>tilted</i> , Sudu <i>curved</i>	11
Gambar 3.1 Mesin roll.....	12
Gambar 3.2 Mesin gerinda	13
Gambar 3.1 Mal.....	13
Gambar 3.2 Mesin las.....	14
Gambar 3.3 Elektroda.....	14
Gambar 3.4 Meteran.....	15
Gambar 3.5 Penggaris siku.....	15
Gambar 3.8 Plat besi	16
Gambar 3.9 Besi siku	16
Gambar 3.10 <i>Hub</i>	17
Gambar 3.11 Poros.....	17
Gambar 3.12 <i>Pulley</i>	
18 Gambar 3.13 <i>Bearing</i>	18
Gambar 3.14 Mur dan baut.....	19
Gambar 3.15 Mesin pompa air	20
Gambar 3.16 <i>Tachometer</i>	20
Gambar 3.17 Gelas ukur.....	21
Gambar 3.18 Sabuk	21
Gambar 3.19 Neraca pegas.....	21
Gambar 3.20 Sketsa <i>hub</i> turbin	22

Gambar 3.21 Sketsa sudu turbin.....	23
Gambar 3.22 Sketsa 2D turbin	23
Gambar 3.23 <i>Head vortex</i>	25
Gambar 3.24 Skema pengukuran torsi F1 dan F2	26
Gambar 3.25 Diagram alur tugas akhir	28
Gambar 4.1 Skema model alat pengujian turbin <i>vortex</i>	29
Gambar 4.2 Tangki <i>reservoir</i>	30
Gambar 4.3 Saluran air.....	31
Gambar 4.4 Sudut pengarah	31
Gambar 4.5 Tangki sirkulasi	32
Gambar 4.6 Pengukuran pipa besi.....	33
Gambar 4.7 Pemotongan besi silindris.....	33
Gambar 4.8 Pembubutan dan pengeboran hub.....	34
Gambar 4.9 Mal (cetakan) sudu turbin.....	34
Gambar 4.10 Pembuatan pola pada plat besi.....	35
Gambar 4.11 Pemotongan plat besi.....	35
Gambar 4.12 Proses roll pada sudu pelat	36
Gambar 4.13 Penandaan jarak sudu	36
Gambar 4.14 Penyambungan hub dengan sudu	37
Gambar 4.15 Turbin <i>vortex</i>	37
Gambar 4.16 Grafik hubungan pengaruh putaran turbin terhadap torsi turbin	40
Gambar 4.17 Grafik engaruh putaran turbin terhadap daya poros turbin.....	31
Gambar 4.18 Grafik pengaruh putaran turbin terhadap efisiensi turbin.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Nilai debit aliran.....	38
Tabel 4. 2 Hasil pengujian turbin jari-jari 110 dengan jumlah sudu 8.....	39

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan kebutuhan fundamental dalam kehidupan masyarakat modern karena hampir seluruh aktivitas manusia bergantung pada ketersediaan energi. Di Indonesia, pemenuhan kebutuhan energi masih didominasi oleh sumber energi fosil seperti minyak bumi dan gas alam, sedangkan pemanfaatan energi baru dan terbarukan (EBT) belum dimaksimalkan secara optimal. Padahal, Indonesia memiliki potensi sumber daya air yang sangat melimpah yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengembangan teknologi yang mampu mengoptimalkan potensi energi air guna mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil sekaligus mendukung keberlanjutan energi di masa depan.

Salah satu bentuk pemanfaatan energi air adalah melalui penggunaan turbin air, yaitu perangkat konversi energi yang berfungsi mengubah energi potensial dan kinetik aliran air menjadi energi mekanik untuk menggerakkan generator sehingga menghasilkan energi listrik. Pada umumnya, turbin air bekerja optimal pada kondisi aliran dengan ketinggian jatuh air (head) yang cukup tinggi. Namun demikian, pemanfaatan aliran air dengan head rendah masih belum dimanfaatkan secara maksimal, meskipun potensinya cukup besar dan banyak ditemukan di berbagai wilayah. Kondisi ini menjadi tantangan sekaligus peluang untuk mengembangkan teknologi turbin yang mampu beroperasi secara efektif pada kondisi head rendah, salah satunya adalah turbin vortex gravitasi.

Turbin vortex gravitasi merupakan salah satu inovasi dalam teknologi mikrohidro yang memanfaatkan pusaran air (vortex) untuk menghasilkan energi mekanik. Sistem ini umumnya terdiri dari basin dan runner yang dirancang sedemikian rupa sehingga aliran air membentuk pusaran stabil yang mampu memutar sudu turbin.

Keunggulan turbin ini adalah kemampuannya untuk beroperasi pada kondisi head rendah dengan konstruksi yang relatif sederhana dan ramah lingkungan. Meskipun demikian, kinerja turbin vortex masih dipengaruhi oleh berbagai parameter desain, seperti bentuk sudu, jumlah sudu, serta karakteristik aliran air. Oleh karena itu, kajian lebih lanjut mengenai parameter-parameter tersebut masih diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan performa turbin.

Proyek Akhir ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh David (2024), yang telah merancang dan menguji turbin vortex skala laboratorium dengan variasi bentuk sudu, yaitu curved, twisted, dan flat. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa sudu berbentuk curved memiliki nilai efisiensi tertinggi sebesar 27,52%, dibandingkan dengan sudu twisted sebesar 18,09% dan sudu flat sebesar 19,78%. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa bentuk sudu memberikan pengaruh signifikan terhadap kinerja turbin. Namun, parameter lain seperti jumlah sudu masih belum dikaji secara mendalam, sehingga diperlukan penelitian lanjutan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap performa turbin vortex.

Oleh karena itu, pada Proyek Akhir ini dilakukan perancangan dan pengujian turbin vortex dengan menggunakan sudu berbentuk curved dan variasi jumlah sudu, khususnya 8 sudu, untuk menganalisis karakteristik kinerjanya. Alat ini dikembangkan sebagai media praktikum dan penelitian di Laboratorium Mekanika Fluida Teknik Mesin Universitas Lampung. Melalui pengujian yang dilakukan, akan dianalisis pengaruh debit aliran terhadap kecepatan putar, torsi, daya, dan efisiensi turbin. Dengan adanya kegiatan praktikum ini, diharapkan dapat menghubungkan teori dengan praktik secara langsung serta meningkatkan pemahaman dan keterampilan mahasiswa. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan teknologi pembangkit listrik tenaga air skala kecil yang lebih efisien dan aplikatif.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari pelaksanaan proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membuat turbin vortex sebagai bagian dari sistem alat pengujian turbin vortex.
2. Melakukan pengujian untuk mengetahui unjuk kerja turbin *vortex* sebelum digunakan sebagai alat pengujian

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan penelitian adalah:

1. Proses pembuatan alat uji turbin *vortex* ini memperhatikan kondisi laboratorium mekanika fluida.
2. Turbin vortex ini dilengkapi dengan jumlah 6 buah sudu.
3. Pengujian dilakukan dengan menggunakan tiga variasi debit aliran yaitu 8,8 L/s, 10,5 L/s, dan 10,8 L/s.

1.4 Sistematik Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada laporan proyek akhir ini terdiri dari beberapa bab sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN
Pendahuluan ini berisikan latar belakang, tujuan, dan batasan masalah dan sistematik penulisan.
2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA
Berisikan tentang teori, pengklasifikasian turbin, parameter turbin *vortex*.
3. BAB III METODOLOGI
Pada bab ini berisi mengenai waktu, tempat proyek akhir, beserta langkah-langkah yang dilakukan selama proses pengembangan proyek akhir.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi hasil dan pembahasan yang didapatkan selama proses pembuatan.

5. BAB V PENUTUP

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan literatur-literatur yang dijadikan referensi dalam penulisan laporan ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Turbin Air

Turbin air dikembangkan pada abad 19 dan digunakan secara luas untuk sistem pembangkit listrik untuk merancang pembangkit menggunakan turbin air memerlukan rancangan yang sangat spesifik yaitu pada dimensi kincirnya, debit aliran dan tingginya untuk memaksimalkan kerja dari turbin. Pada turbin aliran air diubah menjadi energi kinetik yang akan memutar rotor dengan belt, pulley atau gearbox. Pada rotor dihubungkan dengan generator yang akan akan mengubah putaran yang dihasilkan menjadi energi listrik (Husen, dkk 2021).

Turbin air adalah turbin yang menggunakan fluida kerja air. Sedangkan turbin itu sendiri adalah alat mekanik yang mengubah energi fluida menjadi putaran poros. Turbin terdiri dari poros dan sudu-sudu. Sudu tetap atau *stationary blade* berfungsi untuk mengarahkan aliran fluida. Sedangkan sudu putar atau *rotary blade*, mengubah arah dan kecepatan aliran fluida sehingga menghasilkan gaya yang memutar poros. Sudut aliran yang sesuai dapat meminimalkan losses dan mempercepat putaran turbin (Pamuji, 2021).

Turbin air merupakan salah satu turbin yang digunakan untuk memutar sebuah generator untuk menghasilkan energi listrik. 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 (Prasetyo, 2023).

Fluida sebagai peran penting dalam kinerja turbin air yaitu aliran fluidanya, fluida akan mengalir dari dataran tinggi ke dataran yang lebih rendah sehingga menghasilkan perbedaan ketinggian yang mengakibatkan energi potensial. Kemudian dari turbin akan mengubah energi potensial menjadi energi kinetik, yang akan menghantam penampang di baling-baling turbin sehingga turbin tersebut terdorong bergerak memutar lalu pada poros dihubungkan ke generator yang bertujuan untuk menghasilkan energi listrik.

2.2 Klasifikasi Turbin Berdasarkan Ketinggian Air atau *Head*

Klasifikasian turbin berdasarkan *head* nya dibagi menjadi empat yaitu:

1. Turbin untuk *Very Low Head*.

Turbin *very low head* umumnya diaplikasikan pada sistem yang memiliki perbedaan ketinggian yang sangat kecil, seperti saluran irigasi, tailrace, dan outfallair, memiliki tinggi dari 0.5 m sampai 2 m, jenis turbin dengan *head* yang sangat rendah adalah turbin *vortex*, dan *undershoot waterwheel*.

2. Turbin untuk *Low Head*.

Turbin *low head* sering digunakan dan diaplikasikan pada PLTMH, Pada aplikasi air buangan pembangkit dengan head 5-10 m, jenis turbin dengan *low head* adalah turbin Kaplan dan *Crossflow*.

3. Turbin untuk *Medium Head*.

Turbin *Francis* merupakan jenis turbin reaksi yang banyak digunakan pada *head* menengah, dengan *head* 20 m sampai 100 m.

4. Turbin untuk *High Head*.

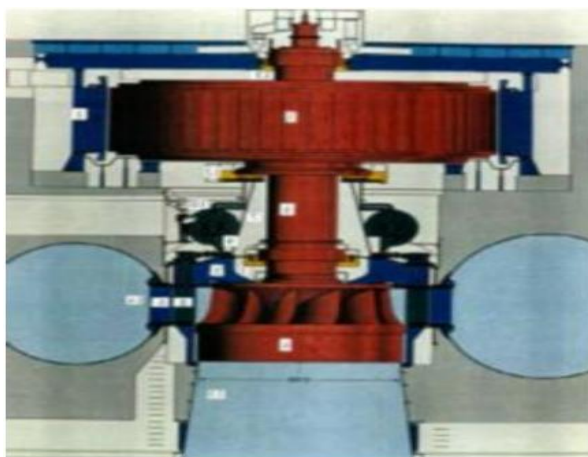
Turbin *Pelton* dan turbin *turgo* merupakan turbin impuls yang paling umum digunakan pada *head* tinggi dengan debit relatif kecil, memiliki ketinggian berkisar 100 m (Muhajir, dkk 2026).

2.3 Klasifikasi Turbin Berdasarkan Cara Kerjanya

Berdasarkan prinsip kerjanya turbin air dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu:

1. Turbin reaksi

Turbin reaksi merupakan turbin air yang menghasilkan putaran karena adanya interaksi antara tekanan dan aliran fluida yang melewati sudu-sudu runner. Energi air diubah menjadi energi mekanik melalui proses penurunan tekanan yang terjadi secara bertahap saat air mengalir di dalam turbin. Seluruh bagian runner bekerja dalam kondisi terendam aliran, sehingga gaya yang timbul bukan hanya dari kecepatan air, tetapi juga dari perbedaan tekanan pada permukaan sudu. Mekanisme inilah yang membedakan turbin reaksi dari turbin impuls dan membuatnya efektif digunakan pada sistem dengan debit air besar (Hakim & Adiwibowo, 2018).

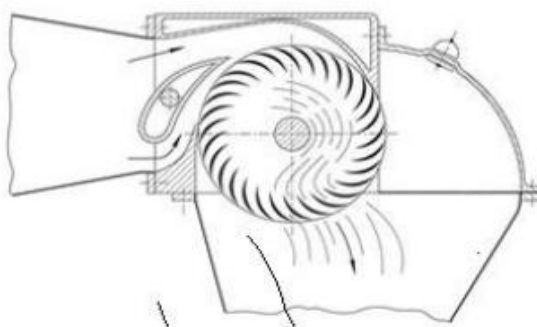


Gambar 2. 1 Turbin francis (Fachrudin, 2021)

2. Turbin *impuls*

Turbin impuls adalah turbin yang bekerja dengan memanfaatkan energi kinetik fluida berkecepatan tinggi yang diarahkan melalui nosel ke sudu-sudu turbin. Fluida yang keluar dari nosel mengalami percepatan sehingga memiliki kecepatan tinggi, kemudian tumbukan aliran tersebut pada sudu

menghasilkan gaya dorong yang memutar roda turbin. Pada sistem ini, tekanan fluida relatif tetap saat mengenai sudu, sehingga energi yang dimanfaatkan terutama berasal dari perubahan kecepatan aliran. Prinsip kerja tersebut menjadikan turbin impuls efektif digunakan pada sistem dengan tekanan rendah namun kecepatan aliran tinggi (Susilowati & Budiman, 2023).



Gambar 2. 2 Turbin *crossflow* (Khomsah, 2015)

2.4 Aliran *Vortex*

Aliran *vortex* yang juga dikenal sebagai aliran *pulsating* atau pusaran dapat terjadi pada berbagai macam fluida seperti pada air, minyak, dan udara. Contohnya suatu fluida yang mengalir di dalam pipa yang mengalami perubahan mendadak. *Vortex* adalah massa fluida yang partikel-partikelnya bergerak berputar dengan garis arus (*streamline*) membentuk lingkaran konsentris. Gerakan *vortex* berputar disebabkan oleh adanya perbedaan kecepatan antar lapisan fluida yang berdekatan. Dapat diartikan juga sebagai gerak fluida yang diakibatkan oleh parameter kecepatan dan tekanan. *Vortex* sebagai pusaran yang merupakan efek dari putaran rotasional dimana viskositas berpengaruh di dalamnya. Aliran *vortex* berupa aliran *free vortex* atau *forced vortex* (Sumantri, dkk 2017).



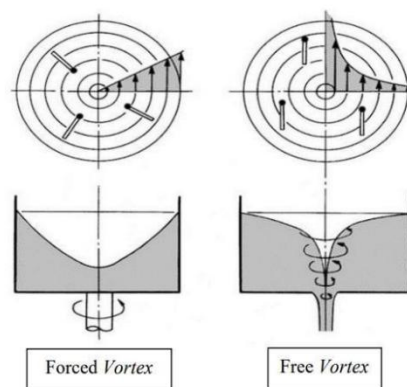
Gambar 2. 3 Pusaran air (Sumantri, 2017).

1. Aliran *Vortex* Bebas

Aliran *vortex* terjadi walaupun tidak adanya gaya yang dilakukan pada fluida tersebut. Karakteristik dari *vortex* bebas adalah kecepatan tangensial dari partikel fluida yang berputar pada jarak tertentu dari pusat *vortex*. Hubungan kecepatan partikel fluida v terhadap jaraknya dari pusat putaran

2. Aliran *Vortex* Paksa

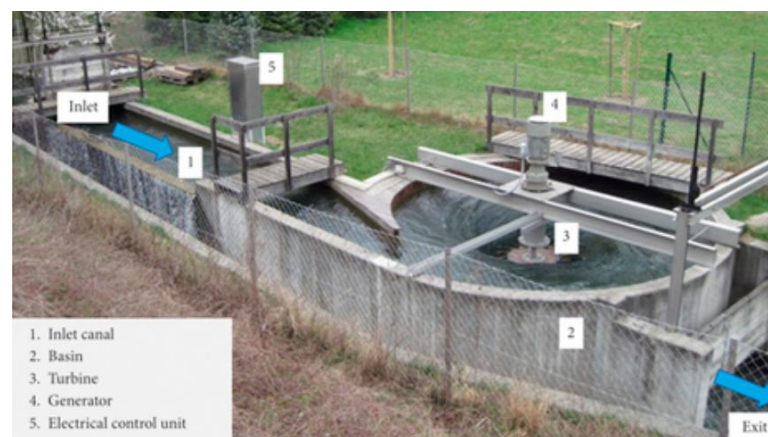
Apabila suatu gaya diberikan pada suatu fluida dengan maksud membuat aliran fluida berputar. Hubungan kecepatan partikel fluida v terhadap jaraknya dari pusat putaran.



Gambar 2. 4 Jenis Aliran *vortex* (Maulana, 2023).

2.5 Turbin *Vortex*

Turbin *vortex* merupakan jenis turbin air yang bekerja dengan memanfaatkan aliran pusaran sebagai sumber energi penggerak. Air dialirkan ke dalam suatu basin sehingga membentuk pusaran yang stabil dan terarah menuju pusat, menciptakan perbedaan tekanan serta kecepatan aliran yang mampu menghasilkan torsi pada sudu turbin. Energi air yang semula berupa energi potensial dan kinetik kemudian dikonversi menjadi energi mekanik melalui putaran poros turbin. Karakteristik ini memungkinkan turbin *vortex* beroperasi secara efektif pada kondisi *head* rendah dan debit yang relatif kecil. Karena konstruksinya sederhana dan ramah lingkungan, turbin *vortex* banyak dikembangkan untuk aplikasi pembangkit listrik tenaga mikrohidro di wilayah dengan sumber air terbatas.



Gambar 2. 6 Turbin *vortex* (Bajracharya,2020).

Selain memanfaatkan energi pusaran, desain turbin *vortex* juga menekankan kestabilan aliran agar kehilangan energi dapat diminimalkan selama proses konversi. Bentuk basin, sudut masuk air, dan geometri sudu berperan penting dalam membentuk pola *vortex* yang konsisten sehingga putaran turbin menjadi lebih optimal. Dengan aliran yang relatif tenang dan tidak memerlukan bendungan tinggi, sistem ini cenderung memiliki dampak lingkungan yang lebih kecil dibandingkan turbin konvensional. Oleh karena itu, turbin *vortex* sering dipandang sebagai solusi energi terbarukan yang sesuai untuk skala kecil,

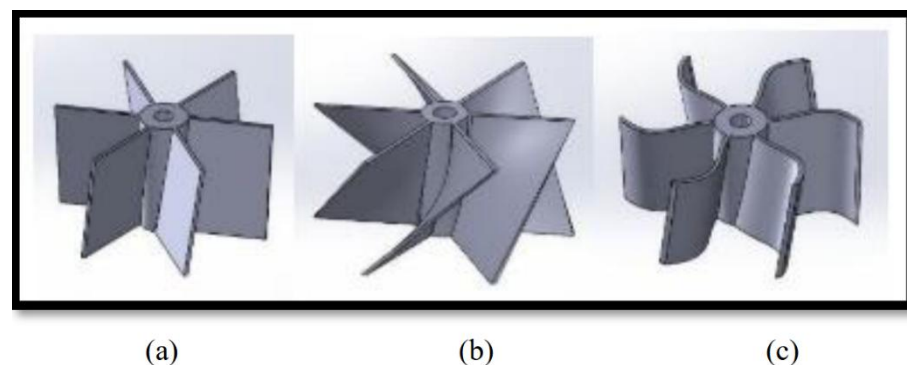
terutama di daerah pedesaan yang membutuhkan pembangkit listrik sederhana namun berkelanjutan (Prasetyo, Rahmadian, Hermawan, & Widyartono, 2023).

Berikut dibawah ini contoh cara kerja turbin *vortex*:

1. Air Sungai dari tepi sungai 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 energy kinetik rotasi diinti *vortex* yang selanjutnya diekstraksi melalui turbin sumbu vertikal.
4. Air kemudian kembali kesungai melalui saluran keluar.

2.6 Bentuk Turbin Aliran Pusaran (*Vortex*)

Gambar 2.7 memperlihatkan variasi geometri sudu turbin *vortex* yang dirancang oleh Warjito. Terdapat tiga tipe utama, yaitu sudu lurus, sudu miring, dan sudu melengkung, yang masing-masing memiliki karakteristik aliran berbeda. Perbedaan bentuk ini berpengaruh langsung terhadap nilai efisiensi yang dicapai turbin. Evaluasi kinerjanya dilakukan menggunakan simulasi CFD untuk melihat bagaimana setiap konfigurasi sudu menghasilkan performa keluaran turbin yang tidak sama.



Gambar 2. 7 (a) Sudu *traight* (b), sudu *tilted* (c), sudu *curved* (Ikhsan, 2020)

BAB III METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk pembuatan alat uji turbin vortex adalah:

1. Mesin *roll*

Mesin roll digunakan sebagai alat untuk membentuk kelengkungan pada pelat sudu.



Gambar 3. 1 Mesin *roll*

2. Mesin gerinda

Mesin gerinda digunakan pada proses pemotongan pelat besi dalam pembuatan sudu turbin.



Gambar 3. 2 Mesin gerinda

3. Mal

Mal digunakan untuk menentukan pola saat proses pemotongan sudu turbin dengan bantuan mesin gerinda.



Gambar 3. 1 Mal

4. Mesin las

Mesin pengelasan berfungsi sebagai alat untuk menyambungkan sudu dengan poros pada turbin.



Gambar 3. 2 Mesin las

5. Elektroda

Elektroda E6013 digunakan sebagai bahan pengelasan untuk menyambungkan sudu dengan poros pada turbin.



Gambar 3. 3 Elektroda

6. Meteran

Meteran digunakan sebagai alat ukur dalam proses pemasangan serta pengukuran *head vortex* turbin pada tangki sirkulasi (conical basin).



Gambar 3. 4 Meteran

7. Penggaris siku

Penggaris siku digunakan untuk memastikan bahwa turbin terpasang tegak lurus pada tangki sirkulasi (conical basin).



Gambar 3. 5 Penggaris siku

Berikut adalah bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan turbin vortex:

1. Plat besi

Pelat besi digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan sudu pada *turbin vortex*.



Gambar 3. 8 Plat besi

2. Besi siku

Besi siku digunakan sebagai rangka penopang yang berfungsi sebagai dudukan pada saat pemasangan turbin.



Gambar 3. 9 Besi siku

3. Hub turbin

Hub berperan sebagai penopang sekaligus pengikat bilah-bilah pada turbin *vortex*.



Gambar 3. 6 Hub

4. Poros

Poros berperan sebagai komponen penopang yang menjadiudukan turbin selama pengujian di tangki sirkulasi (*conical basin*)



Gambar 3. 7 Poros

5. Pulley

Pulley digunakan dalam pengujian sebagai komponen pengukur torsi, berfungsi untuk menentukan besarnya torsi yang dihasilkan oleh turbin.



Gambar 3. 8 *Pulley*

6. Bearing

Bearing berperan sebagai bantalan yang mendukung poros turbin saat berputar.



Gambar 3. 13 *Bearing*

7. Mur dan Baut

Mur dan baut digunakan sebagai komponen pengencang untuk menghubungkan poros dengan bagian turbin.



Gambar 3. 14 Mur dan baut

Berikut adalah peralatan yang digunakan untuk pengujian turbin vortex:

1. Pompa Air

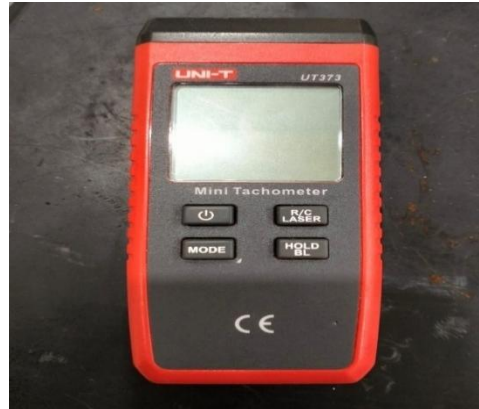
Pompa air berfungsi sebagai alat pengujian yang menyalurkan fluida untuk menggerakkan turbin.



Gambar 3. 15 Mesin pompa air

2. *Tachometer*

Tachometer berfungsi untuk mengukur serta menentukan kecepatan putaran turbin.



Gambar 3. 16 *Tachometer*

3. Gelas Ukur

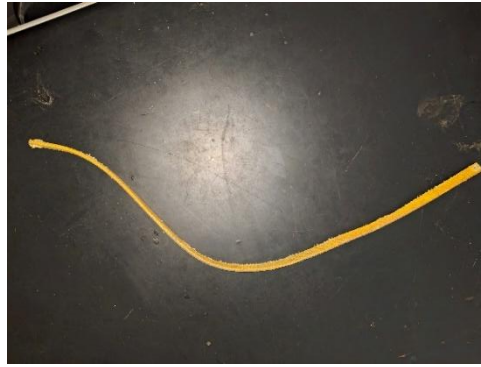
Gelas ukur digunakan untuk mengukur besarnya aliran air selama proses pengujian.



Gambar 3. 17 Gelas ukur

8. Belt

Belt digunakan selama pengujian sebagai komponen transmisi untuk mentransfer gaya pengereman dan mengukur torsi yang dihasilkan oleh turbin.



Gambar 3. 18 *Belt*

4. Neraca Pegas

Neraca pegas digunakan untuk mengukur besarnya gaya pengereman atau beban yang diterapkan selama pengujian turbin.



Gambar 3. 9 Neraca pegas

3.2 Tahapan Pembuatan Turbin *Vortex*

Tahapan proses pembuatan alat pengujian turbin *vortex* adalah sebagai berikut:

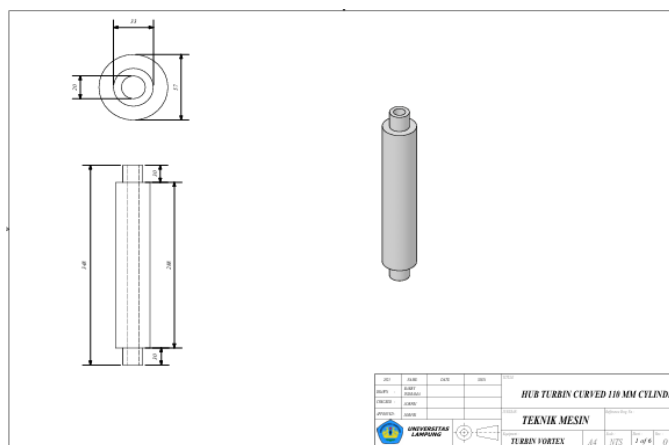
1. Tahapan Persiapan

Tahap persiapan dilakukan untuk menyiapkan bahan dan peralatan yang diperlukan dalam proses pembuatan serta pengujian turbin vortex. Kegiatan pada tahap ini meliputi pengadaan material yang sesuai dengan spesifikasi

yang telah ditentukan, penyediaan alat ukur yang diperlukan, serta memastikan seluruh peralatan berada dalam kondisi baik dan siap digunakan.

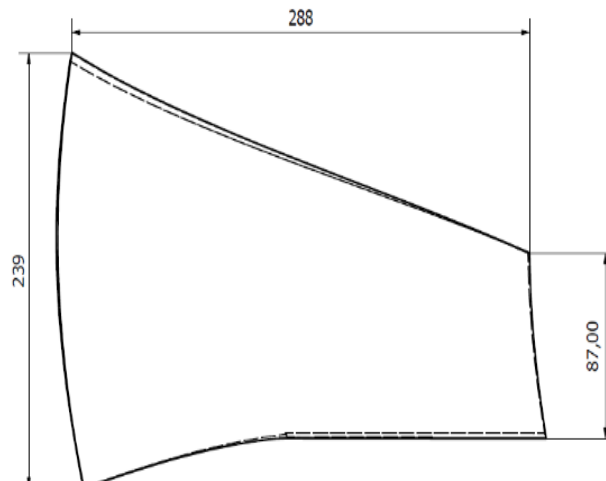
2. Tahapan Pembuatan Sketsa

Pada tahap ini dilakukan proses perancangan turbin vortex dengan menggunakan perangkat lunak SolidWorks untuk membuat pemodelan tiga dimensi. Proses perancangan diawali dengan mendesain komponen hub yang berfungsi sebagai bagian pusat turbin sekaligus sebagai tempat pemasangan sudu dan poros. Hub tersebut dirancang dengan diameter luar maksimum sebesar 57 mm, diameter luar minimum 33 mm, serta diameter dalam sebesar 20 mm.

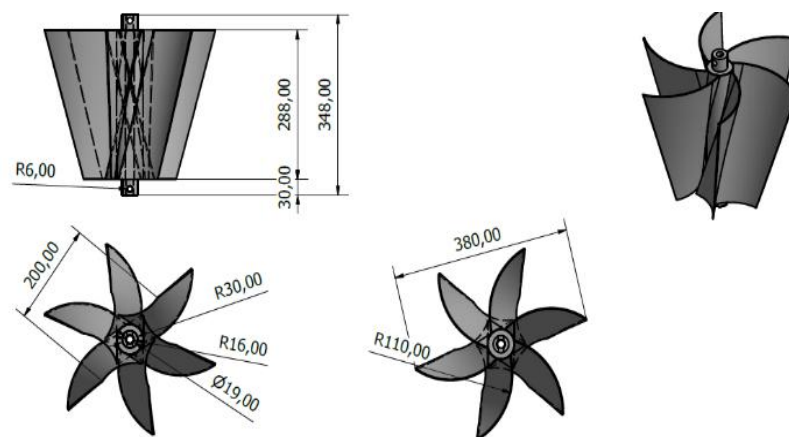


Gambar 3. 10 Skema *hub* turbin

Tahap berikutnya adalah merancang turbin dengan jari-jari kelengkungan sudu sebesar 130 mm. Turbin dirancang memiliki tinggi keseluruhan 288 mm, dengan lebar bagian atas 239 mm dan lebar bagian bawah 87 mm. Rancangan turbin kemudian dituangkan dalam gambar dua dimensi (2D) yang menampilkan ukuran setiap elemen secara rinci, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 20. Gambar tersebut selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam proses pemodelan dan pembuatan turbin.



Gambar 3. 11 Skema sudu turbin



Gambar 3. 12 Skema 2D turbin

3. Tahapan Pembuatan Turbin

Hub dan sudu turbin disatukan melalui proses pengelasan. Pada tahap ini dilakukan pembuatan hub turbin vortex dari pipa besi sekaligus pembuatan bagian sudunya. Proses pembuatan hub diawali dengan pembubutan pipa besi hingga membentuk profil bertingkat dengan diameter maksimum 57 mm, diameter minimum 33 mm, serta diameter lubang tengah (bagian dalam) sebesar 20 mm. Sketsa hub turbin dapat dilihat pada Gambar 3.22.

3.3 Pengujian dan Pengambilan Data

Uji coba dilakukan pada model turbin vortex untuk memperoleh data yang diperlukan dalam mengevaluasi kinerja turbin. Parameter yang diamati di laboratorium meliputi kecepatan aliran air, putaran turbin (Rpm), torsi turbin (N·m), serta tinggi pusaran air (head vortex) yang dinyatakan dalam satuan meter. Selain itu, pada tahap ini juga dilakukan penyusunan seluruh komponen pada sistem pengujian turbin vortex agar dapat berfungsi dengan baik selama proses pengambilan data:

1. Menyusun dan mengatur seluruh komponen yang terdapat pada sistem pengujian turbin vortex.
2. Mengisi air ke dalam bak penampungan yang digunakan sebagai sumber aliran.
3. Membuka katup aliran pada reservoir dengan tiga variasi ketinggian air masuk, yaitu 12 cm, 14 cm, dan 16 cm.
4. Mengukur debit air pada setiap variasi ketinggian dengan menggunakan ember yang volumenya telah ditentukan melalui pengukuran menggunakan gelas ukur.
5. Mengukur momen puntir turbin dengan memanfaatkan sistem pengereman yang dilengkapi dengan neraca pegas.
6. Mengukur tinggi pusaran aliran air menggunakan meteran.
7. Setelah turbin mulai beroperasi, kecepatan putaran turbin diukur menggunakan tachometer.
8. Mendokumentasikan serta mencatat seluruh data hasil pengujian yang diperoleh.

3.4 Pengolahan data

1. Perhitungan kecepatan sudut (*angular*) turbin

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \dots \dots \dots (3.1)$$

Dimana :

ω : Kecepatan sudut (*angular*) turbin

π : Phi (3,14)

2. Perhitungan daya *hydro*

Daya *hydro* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P_h = \gamma \cdot Q \cdot H \dots \dots \dots (3.2)$$

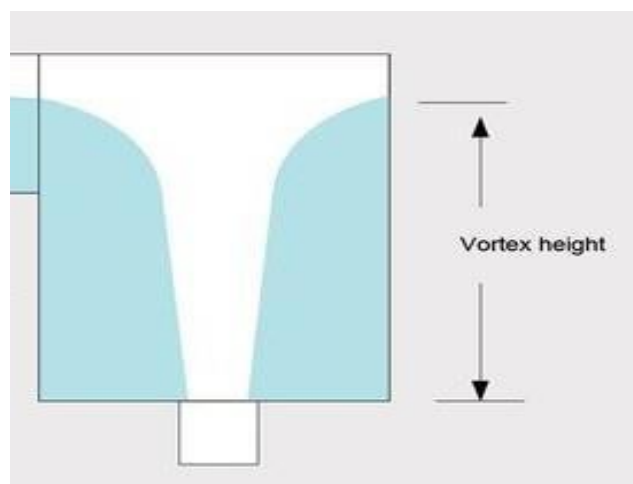
Dimana :

P_h : Daya *hydro* (Watt)

γ : Berat jenis air

Q : Debit air (m^3/s)

H : *Head vortex* (m)



Gambar 3. 13 *Head vortex*

3. Untuk menghitung nilai debit air dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = \frac{V}{\Delta t} \dots\dots\dots(3.3)$$

Di mana:

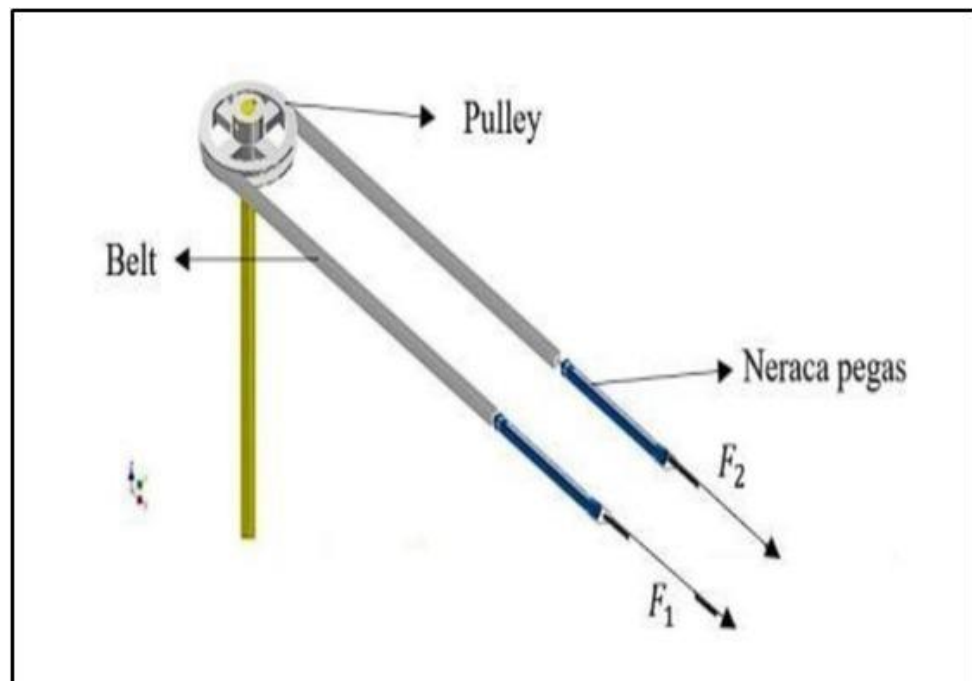
V : volume gelas ukur (m^3)

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

Δt : Rata - rata waktu (s)

4. Penentuan Torsi

Torsi turbin dapat diukur dengan cara memberikan pengereman pada turbin saat sedang berputar menggunakan skema sistem pengereman sabuk (belt). Pada sistem pengereman tersebut digunakan neraca pegas untuk mengukur besar tegangan pada sabuk pengereman.



Gambar 3. 14 Skema pengukuran torsi f1 dan f2

Besar torsi dihitung dengan menggunakan selisih tegangan *belt* antara sisi tarik (F2) dan sisi kendur (F1), gaya pengereman ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$T = \sum F \cdot r \dots\dots\dots(3.4)$$

Di mana:

$\sum F$: $(F_2 - F_1) \cdot r$ (N)

- r : Jari-jari *pulley* pengereman (m)
 P_t : Daya poros turbin (Watt)
 T : Torsi turbin (Nm)
 ω : Kecepatan sudut (*angular*) turbin (rad/s)

5. Perhitungan Daya Turbin

Pengukuran putaran turbin dilakukan untuk mengetahui putaran poros turbin yang selanjutnya digunakan untuk mengetahui besar daya poros turbin. Alat yang digunakan dalam menghitung putaran turbin adalah *tachometer*.

$$P_t = T \cdot \omega \dots \dots \dots (3.5)$$

Di mana:

- P_t : Daya turbin
 T : Torsi turbin (Nm)
 ω : Kecepatan sudut turbin (rad/s)

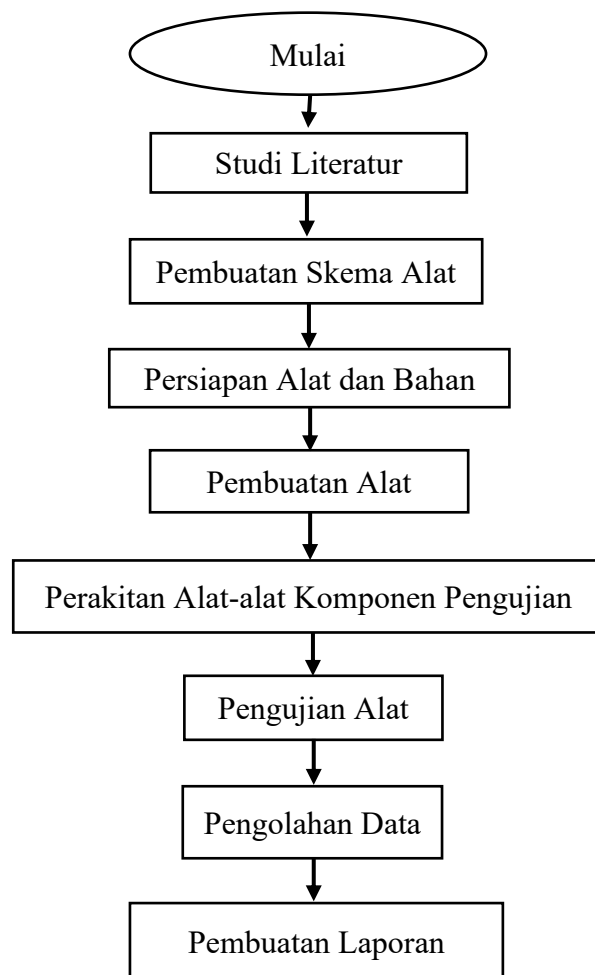
6. Perhitungan Efisiensi Turbin

Efisiensi turbin dapat dicari dengan persamaan

$$\eta = \frac{P_t}{P_h} \times 100\% \dots \dots \dots (3.6)$$

3.5 Diagram Alir Tugas Akhir

Tahapan dalam pembuatan proyek akhir adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 15 Diagram Alir

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan ini berhasil merancang dan membuat turbin vortex dengan 6 sudu berbentuk lengkung (curved) dan tinggi 288 mm, yang dapat beroperasi dengan baik pada sistem pengujian serta menghasilkan putaran yang stabil.
2. Debit aliran air berpengaruh signifikan terhadap kinerja turbin, di mana peningkatan debit menyebabkan kenaikan torsi, daya, dan efisiensi serta terdapat titik operasi optimum sebelum kinerja menurun pada putaran tinggi.
3. Efisiensi turbin meningkat seiring bertambahnya debit, dengan nilai efisiensi sebesar 5,7% (8,8 L/s), 15,7% (10,5 L/s), dan efisiensi tertinggi 19,2% (10,8 L/s) sehingga turbin vortex berpotensi dikembangkan sebagai pembangkit Listrik mikrohidro skala kecil yang sederhana dan ramah
4. tren grafik yang dihasilkan dari pengujian ini menunjukkan kesesuaian dengan grafik pada penelitian-penelitian sebelumnya. Dengan demikian, alat uji turbin vortex tersebut layak dimanfaatkan sebagai media pembelajaran praktikum di laboratorium, khususnya pada topik turbin vortex (pusaran). Melalui penggunaan alat ini, mahasiswa tidak hanya memahami konsep kerja turbin vortex, tetapi juga dapat mempelajari serta memahami secara langsung cara kerja dan penggunaan alat ukur dalam proses pengujian

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pada perancangan selanjutnya disarankan untuk melakukan variasi desain turbin, seperti bentuk sudu, jumlah sudu, dan sudut kemiringan sudu agar dapat meningkatkan efisiensi serta performa turbin *vortex* yang dihasilkan.
2. Pada pengujian berikutnya disarankan untuk melakukan pengujian dengan variasi debit air dan tinggi jatuh air (*head*) yang lebih bervariasi sehingga pengaruhnya terhadap kinerja turbin.
3. Pada pengujian turbin *vortex (pusaran)* berikutnya diharapkan debit aliran lebih ditingkatkan.

DAFTAR PUSTAKA

Bajracharya, T. R., et al. 2020. Effects of Geometrical Parameters in Gravitational Water Vortex Turbines with Conical Basin. *Journal of Renewable Energy*, 2020, 5373784.

Fachrudin, A. R. 2021. Penerapan Sistem Perawatan Metode ISMO pada Turbin Tipe Vertical Francis Kapasitas 35 MW. *Machine: Jurnal Teknik Mesin*, 7(2), 22–29.

Hakim, R. F., dan Adiwibowo, H. P. 2018. Uji Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Tipe Sudu Berpenampang Lurus dengan Variasi Tinggi Sudu. *JTM*, 6(1), 85–95.

Husen, A. 2021. Uji Eksperimental Bentuk Sudu-Sudu pada Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Air Turbin Pelton. *Presisi*, 23(2), 32–42.

Ikhsan, H. K., Nugroho, R., Gusma, D., dan Pamuji, D. S. 2020. Kajian Teknologi: Parameter Desain dan Pemodelan Numerik pada Turbin Vortex Berbasis Gravitasi. *ReTII*, 140–148.

Khomsah, A., dan Zuliari, E. A. 2015. Analisa Teori: Performa Turbin Cross Flow Sudu Bambu 5” sebagai Penggerak Mula Generator Induksi 3 Fasa. Dalam *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, 1, 79–88.

Muhajir, A., dkk. 2026. Analisis Pemilihan Jenis Turbin PLTMH Berdasarkan Rentang Head. *WAKTU: Jurnal Teknik*, 24(1), 10–18.

Pamuji, D. S., Nugroho, H. L., dan Sugati, D. 2021. Studi Numerik Perbandingan Kinerja dan Medan Aliran Turbin Vortex Gravitasi dengan Tipe Sudu Lengkung Backward dan Forward. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 16(1), 48.

Prasetyo, H. B., dan Rahmadian, R. 2023. Pengaruh Jumlah Sudu terhadap Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Menggunakan Turbin Vortex. *Jurnal Teknik Elektro*, 12(2), 65–73.

Sumantri, F., dan Fitri, M. 2017. Perancangan Alat Uji Vortex Bebas dan Vortex Paksa. *Zona Mesin*, 8(2).

Susilowati, E. S., dan Budiman, A. 2023. Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Uap dengan Turbin Impuls Diameter 70 cm. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 8(1), 38–47.