

**PEMBUATAN ALAT UJI TURBIN *VORTEX* DENGAN
KETINGGIAN 368 mm DAN JUMLAH SUDU
5 (LIMA) BUAH**

(Proyek Akhir)

Oleh

**Ferdian Irham Ramadan
2005101016**



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

**PEMBUATAN ALAT UJI TURBIN *VORTEX* DENGAN
KETINGGIAN 368 mm DAN JUMLAH SUDU
5 (LIMA) BUAH**

Oleh

Ferdian Irham Ramadan

(Proyek Akhir)

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
AHLI MADYA TEKNIK (A.Md.T)**

Pada

**Program Studi Diploma III Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2024

ABSTRAK

PEMBUATAN ALAT UJI TURBIN *VORTEX* DENGAN KETINGGIAN 368 mm DAN JUMLAH SUDU 5 (LIMA) BUAH

Oleh

Ferdian Irham Ramadan

Turbin air (*vortex*) adalah salah satu jenis turbin yang memanfaatkan pusaran air di sekeliling sumbu vertikal sebagai media perantara energi sehingga terjadi perbedaan tekanan yang menyebabkan sudu turbin dapat berputar. Tujuan dari proyek akhir ini yaitu melakukan pembuatan turbin *vortex* dan komponen – komponen pendukung alat uji pada turbin *vortex* ini. Turbin *vortex* dibuat dengan tinggi 368 mm dan 5 (lima) jumlah sudu, tangki sirkulasi yang digunakan yaitu berbentuk kerucut dengan diameter aliran masuk 60 cm dan diameter aliran keluar 10 cm dengan tinggi 105 cm. Alat ini dibuat di laboratorium Mekanika Fluida dengan menggunakan alat-alat sederhana seperti mesin gerinda, mesin las, mesin bor, dan mesin bubut. Hasil pengujian diperoleh efisiensi turbin 5,75% pada debit 0,007 m³/s, efisiensi 7,54% pada debit 0,009 m³/s, dan efisiensi 15,97% pada debit 0,012 m³/s. *Trend* grafik yang dihasilkan yaitu mendekati *trend* grafik dari hasil penelitian sebelumnya, sehingga alat ini dapat digunakan untuk mengetahui unjuk kerja turbin *vortex* serta digunakan untuk mendukung praktikum prestasi mesin di Laboratorium Mekanika Fluida Universitas Lampung.

Kata kunci : Turbin *vortex*, debit aliran, pembuatan, dan pengujian.

ABSTRACT

MANUFACTURE OF VORTEX TURBINE TEST APPARATUS WITH A HEIGHT OF 368 MM AND NUMBER OF BLADES 5 (FIVE) PIECES

By

Ferdian Irham Ramadan

A water turbine (*vortex*) is one type of turbine that utilizes the *vortex* of water around the vertical axis as an intermediate medium of energy so that a pressure difference occurs that causes the turbine blade to rotate. The purpose of this final project is to manufacture *vortex* turbines and supporting components of test equipment on this *vortex* turbine. The vortex turbine is made with a height of 368 mm and 5 (five) number of spoons, the circulation tank used is conical with an input diameter of 60 cm and an output diameter of 10 cm with a height of 105 cm. These tools are made in Fluid Mechanics Laboratories using simple tools such as grinding machines, welding machines, drilling machines, and lathes. The test results obtained a turbine efficiency of 5.75% at a discharge of 0.007 m³/s, an efficiency of 7.54% at a discharge of 0.009 m³/s, and an efficiency of 15.97% at a discharge of 0.012 m³/s. The resulting trend graph is close to the trend of graphs from previous research results, so this tool can be used to determine the work of vortex turbines and be used to support machine performance practicum at the Fluid Mechanics Laboratory of the University of Lampung.

Keywords: Vortex turbine, flow discharge, manufacturing, and testing.

Judul Proyek akhir : **PEMBUATAN ALAT UJI TURBIN VORTEX DENGAN KETINGGIAN 368 mm DAN JUMLAH SUDU 5 (LIMA) BUAH**

Nama Mahasiswa : **Ferdian Irham Ramadan**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2005101016**

Jurusan : **Diploma III Teknik Mesin**

Fakultas : **Teknik**



Ketua Jurusan Teknik Mesin

Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 197108171998021003

Ketua Program Studi

Diploma III Teknik Mesin

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

NIP. 197008041998031003

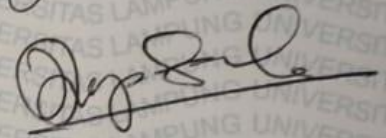
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



Penguji : **M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng.**



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Tanggal Lulus Ujian Proyek Akhir : **24 Januari 2024**

PERNYATAAN 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



Ferdian Irham Ramadan

NPM. 2005101016

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Gunung Batin Baru pada tanggal 29 November 2001 sebagai anak kedua dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Supardi dan Ibu Fatimah.

Pendidikan pertama yang dijalani penulis yaitu Taman Kanak-kanak (TK) Satya Dharma Sudjana pada tahun 2008 , kemudian dilanjutkan dengan tingkat Sekolah Dasar (SD) yang diselesaikan di SDN 1 GMP pada tahun 2014 . Kemudian penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) yang diselesaikan di SMP Satya Dharma Sudjana PT.GMP Lampung Tengah pada tahun 2016 . Pada tahun 2019 penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan Negeri dua (SMKN 2) Terbanggi Besar Lampung Tengah. Selanjutnya pada tahun 2020 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Penerimaan Mahasiswa Program Diploma (PMPD).

Selama menjadi Mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai anggota Edukasi dan Kemahasiswaan (EDKESMA) masa periode 2021-2022. Pada tahun 2022 bulan Juli penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT. KAI Indonesia (PERSERO) yang berjudul **“PERAWATAN DAN PERBAIKAN COMPRESOR LOKOMOTIF CC202 PADA PT. KERETA API (PERSERO) SUB DIVISI REGIONAL IV UPT DIPO LOKOMOTIF TARAHAN”**. Pada tahun 2021 akhir penulis sudah melaksanakan pengerjaan Proyek Akhir yang berjudul **“PEMBUATAN ALAT UJI TURBIN VORTEX DENGAN KETINGGIAN 368 mm DAN JUMLAH SUDU 5 (LIMA) BUAH”**. Pengujian tersebut dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Fluida Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung di bawah bimbingan Bapak Jorfri Boike Sinaga, S.T., M.T.

MOTTO

“Memulai dengan penuh keyakinan, menjalankan dengan penuh keikhlasan,
dan menyelesaikan dengan penuh kebahagiaan”.

(Ferdian_Irham)

“Permata tidak bisa berkilau tanpa gesekan. Begitu juga Manusia, tidak ada
Manusia yang luar biasa tanpa adanya cobaan”.

(Ferdian_Irham)

“Hidup ini bagai skripsi, banyak bab dan revisi yang harus dilewati. Tapi
akan selalu berakhir indah, bagi yang pantang menyerah”.

(Alit Susanto)

“Dan bersabarlah. Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar”.

(QS. Al-Anfal 8 : Ayat 46)

PERSEMBAHAN

*Dengan kerendahan hati
ku persembahkan skripsiku ini untuk :*

Ayah, Ibu dan Keluargaku Tercinta

Dan

*Almamater
Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung*

SANWACANA

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir sesuai dengan waktu yang ditetapkan.

Laporan Proyek Akhir ini ditunjukkan untuk memenuhi salah satu syarat wajib untuk mencapai gelar Ahli Madya Teknik jenjang Diploma III Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Selain itu Proyek Akhir ini ditunjukkan Untuk mengamati dan mengetahui secara langsung proses pembuatan alat uji turbin *vortex* yang bermanfaat bagi masyarakat dan khususnya bagi penulis.

Selama penyusunan Proyek Akhir berlangsung penulis dibantu dan diberikan saran dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir ini. Pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T., Ph.D., selaku ketua jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
4. Bapak Agus Sugiri, S.T., M.Eng., selaku ketua program studi Diploma III Teknik Mesin Universitas Lampung.
5. Bapak Jorfri Boike Sinaga, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah bersedia mendidik dan meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam penyusunan Laporan Proyek Akhir.
6. Bapak Dyan Susila ES, S.T., M.Eng., selaku dosen penguji dalam Laporan Proyek Akhir ini. Terima kasih untuk masukan dan saran-saran pada Laporan Proyek Akhir ini.
7. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung atas ilmu yang telah diberikan selama penulis melaksanakan studi, baik materi Akademik maupun Motivasi.

8. Kedua orang tua penulis, Abang, Kakak, Adik serta keluarga besar yang penulis cintai dan selalu memberikan do'a, motivasi serta semangat materil maupun moril dalam penyusunan Proyek Akhir ini.
9. Semua teman-teman angkatan 2020 yang telah memberikan semangat sampai saat ini, salam *"Solidarity M Forever"*.
10. Kepada Oktavia Nur Baetty, orang yang spesial di hidup penulis. Cinta dan motivasi yang telah kamu berikan mengajarku bagaimana mencintai diriku sendiri. Terima kasih atas dukungannya selama ini yang selalu mendorong penulis untuk selalu tetap semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir ini." *A Dream to Always Be With You*".
11. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) khususnya HIMATEM angkatan 2020 yang telah memberikan dukungan.

Penulis menyadari masih terdapatnya kekurangan yang ada dalam Laporan Proyek Akhir ini. Penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak agar penulis dapat berkembang dan menjadi lebih baik dari sebelumnya. Akhir kata, semoga Laporan Proyek Akhir ini dapat berguna dan dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan bagi pembaca serta bagi penulis khususnya.

Bandar Lampung, 19 Februari 2024

Penulis,



Ferdian Irham Ramadan

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	v
 I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penulisan Proyek Akhir.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Sistematika Penulisan	3
 II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Turbin Air.....	4
2.2. Turbin <i>Vortex</i>	7
2.3. Saluran Masuk.....	9
2.4. Tangki Sirkulasi	9
2.5. Sudu Turbin.....	11
 III. METODOLOGI	
3.1. Tempat Pelaksanaan Proyek Akhir.....	13
3.2. Alat dan Bahan	13
3.3. Tahap Pembuatan Alat Uji Turbin <i>Vortex</i>	21

3.4. Pengukuran dan Perhitungan Pada Turbin <i>Vortex</i>	23
3.5. Diagram Alur Pelaksanaan Proyek Akhir	26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Komponen-komponen Alat Pendukung Alat Uji Turbin <i>Vortex</i>	27
4.2. Pembuatan Alat Uji Turbin <i>Vortex</i>	29
4.3. Hasil Pengujian	35
4.4. Pembahasan.....	37
V. PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	41
5.2. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Turbin Francis	6
Gambar 2 Turbin Turgo	7
Gambar 3 Skema Pembangkit listrik menggunakan Turbin <i>Vortex</i>	8
Gambar 4 Tangki Sirkulasi Pada Turbin	11
Gambar 5 Bentuk Sudu Pada Turbin <i>Vortex</i>	11
Gambar 6 <i>Waterpass</i>	13
Gambar 7 Mesin las listrik	14
Gambar 8 Mesin gerinda tangan	14
Gambar 9 Meteran	15
Gambar 10 Penggaris siku	15
Gambar 11 Mesin roll	16
Gambar 12 Pompa air	16
Gambar 13 <i>Tachometer</i>	17
Gambar 14 Gelas ukur	17
Gambar 15 Neraca pegas	18
Gambar 16 Bantalan (<i>Bearing</i>).....	18
Gambar 17 Pipa besi	19
Gambar 18 Plat besi	19
Gambar 19 Mur dan baut	20
Gambar 20 katrol (<i>Pulley</i>)	20
Gambar 21 Sabuk (<i>belt</i>).....	21
Gambar 22 sketsa poros turbin	22

Gambar 23 sketsa sudu turbin.....	22
Gambar 24 Alat ukur torsi	24
Gambar 25 Diagram alur pelaksanaan proyek akhir.....	26
Gambar 26 tangki <i>reservoir</i>	27
Gambar 27 saluran air	28
Gambar 28 sudu pengarah	28
Gambar 29 tangki sirkulasi	29
Gambar 30 proses pengukuran pipa besi	30
Gambar 31 pemotongan pipa besi.....	30
Gambar 32 pembubutan dan pengeboran pipa besi	31
Gambar 33 mal atau cetakan sudu turbin.....	31
Gambar 34 membuat pola pada besi plat.....	32
Gambar 35 pemotongan plat.....	32
Gambar 36 proses pelengkungan plat	33
Gambar 37 penandaan jarak antara turbin	33
Gambar 38 proses penyambungan poros turbin dengan sudu	34
Gambar 39 turbin <i>vortex</i>	34
Gambar 40 hubungan pengaruh putaran turbin terhadap torsi turbin	37
Gambar 41 pengaruh putaran turbin terhadap daya poros turbin	38
Gambar 42 pengaruh putaran turbin terhadap efisiensi turbin.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Nilai Debit dan Kecepatan Aliran.....	35
Tabel 2 Hasil Pengujian Dengan Menggunakan Turbin <i>Vortex</i>	36

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi merupakan bagian penting dalam kehidupan masyarakat di Indonesia, sebagian besar energi yang digunakan di Indonesia masih berasal dari energi fosil. Hal tersebut juga ditambah dengan meningkatnya pertumbuhan jumlah penduduk yang semakin pesat yang diikuti dengan permintaan dan konsumsi energi listrik semakin tinggi. Dari permasalahan tersebut kita harus memulai dengan berbagai opsi lain demi terciptanya energi alternatif yang dapat meminimalkan penggunaan energi fosil yang saat ini jumlahnya kian menipis. Hal tersebut yang membuat banyak orang berusaha mencari sumber energi baru terbarukan dan tentunya yang ramah lingkungan. Saat ini banyak sekali energi-energi yang belum dimanfaatkan potensinya dengan baik, salah satunya potensi energi air.

Seiring dengan besarnya potensi dari pembangkit listrik tenaga air tersebut diperlukan banyak penelitian untuk dapat memaksimalkan potensi di atas. Salah satunya dengan didirikannya beberapa Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di daerah-daerah terpencil yang ada di Indonesia. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan suatu pembangkit listrik berskala kecil yang menggunakan air sebagai tenaga penggerak, seperti saluran irigasi. Jumlah debit air dan sungai dengan memanfaatkan tinggi dari terjunan. Secara teknis, mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air sebagai sumber energi, turbin dan generator. Jenis-jenis turbin yang dapat digunakan dalam PLTMH sangat beragam menyesuaikan dengan karakteristiknya masing-masing, contohnya turbin crossflow dan

Pelton yang termasuk dalam turbin impuls dan turbin vortex dan kaplan yang termasuk dalam turbin reaksi. Penggunaan jenis turbin bergantung dari kondisi pengaplikasiannya seperti turbin *vortex* yang dapat digunakan pada rentang head yang bervariasi.

Turbin *vortex* sangatlah menarik di kalangan mahasiswa, dalam laporan proyek akhir ini diberikan pembuatan alat uji turbin *vortex* yang nantinya dapat digunakan untuk mendukung proses pembelajaran ataupun praktikum prestasi mesin, sehingga mahasiswa dapat memahami prinsip kerja dan mengetahui unjuk kerja dari turbin *vortex*. Dikarenakan hal tersebut pada laporan ini akan diberikan mengenai rancang pembuatan pembangkit listrik dengan menggunakan turbin *vortex*. Proses pembuatan ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung.

1.2. Tujuan Penulisan Proyek Akhir

Adapun tujuan pelaksanaan pembuatan alat uji turbin *vortex* ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat turbin *vortex* dengan ketinggian 368 mm dan jumlah sudu 5 (lima) buah.
2. Melakukan pengujian untuk mengetahui unjuk kerja turbin *vortex*.

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan pada pembuatan model alat pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Model alat pengujian dibuat berdasarkan kondisi ruangan yang ada di Laboratorium Mekanika Fluida.
2. Pengujian dilakukan dengan tiga variasi debit aliran.

1.4. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika yang digunakan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang penulisan laporan, maksud dan tujuan penulisan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisikan tentang teori, pengklasifikasian turbin, dan parameter turbin *vortex*.

3. BAB III METODOLOGI

Pada bab ini berisi mengenai waktu, tempat penelitian, beserta langkah-langkah yang dilakukan selama proses penyelesaian tugas akhir.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tabel, grafik, dan pembahasan yang didapatkan selama proses tugas akhir.

5. BAB V PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran dari hasil proyek akhir.

6. DAFTAR PUSTAKA

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

7. LAMPIRAN

Lampiran berisi beberapa hal yang berhubungan dengan materi yang dibahas sebagai pelengkap laporan tugas akhir.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Turbin Air

Turbin air adalah alat untuk mengubah energi potensial air menjadi menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Turbin air dikembangkan pada abad 19 dan digunakan secara luas untuk pembangkit tenaga listrik. Dalam pembangkit listrik tenaga air (PLTA) turbin air merupakan peralatan utama selain generator. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi. Untuk merancang pembangkit menggunakan turbin air memerlukan rancangan yang sangat spesifik yaitu pada dimensi kincirnya, debit aliran dan tingginya untuk memaksimalkan kerja dari turbin tersebut. Pengertian turbin secara umum adalah sebuah elemen mesin yang berputar yang memperoleh energi dari aliran fluida. Dikarenakan fluida yang bergerak menyebabkan terjadinya perputaran pada baling-baling sehingga menghasilkan energi untuk menggerakkan rotor. Pada suatu pembangkit turbin merupakan bagian yang paling utama.

Turbin yang bergerak dengan menggunakan aliran fluida biasanya disebut dengan turbin air. Fluida akan mengalir dari tempat yang tinggi ketempat yang rendah sehingga menghasilkan perbedaan tinggi yang akan menghasilkan energi potensial. Fungsi dari turbin tersebut akan mengubah energi potensial menjadi energi kinetik, yang akan mendorong jatuhnya air ke

sistem baling-baling yang dapat menyebabkan turbin tersebut berputar. Dan perputaran tersebut akan dihubungkan dengan generator sehingga yang akan menghasilkan energi listrik. Secara umum pengklasifikasian turbin ada dua yaitu turbin reaksi dan turbin *impuls*. Dimana turbin reaksi adalah turbin yang memiliki *head* rendah dan laju aliran tinggi, sedangkan turbin *impuls* adalah turbin yang memiliki *head* besar dan laju aliran rendah (Fox, 2004). Berdasarkan cara penggunaannya turbin diklasifikasikan dalam beberapa jenis adapun jenis-jenis turbin tersebut adalah sebagai berikut ini (Dietsel, 1980) :

1. Berdasarkan tingkatan *head* nya yaitu:

Pengklasifikasian turbin berdasarkan *head* nya dibagi menjadi empat jenis yaitu:

a) Turbin yang *head* nya sangat rendah

Turbin yang *head* nya sangat rendah memiliki tinggi berkisaran ≤ 5 m, biasanya jenis turbin dengan besar *head* yang diatas adalah turbin Propeller, Kaplan.

b) Turbin yang *head* rendah

Turbin yang *head* rendah memiliki ketinggian berkisaran 5 –20 m, biasanya jenis turbin dengan *head* diatas adalah turbin Crossflow.

c) Turbin yang head sedang

Turbin yang *head* nya sedang memiliki tinggi berkisaran 20-100 m, biasanya jenis turbin dengan *head* yang diatas adalah turbin Francis.

d) Turbin yang head tinggi

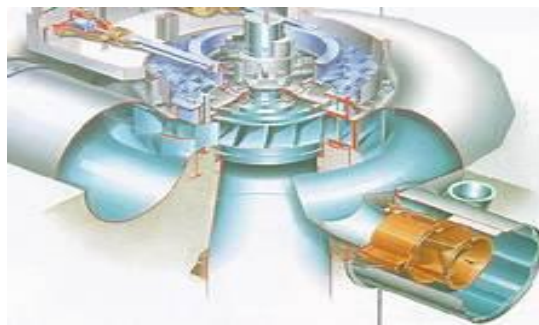
Turbin dengan head yang tinggi biasanya memiliki ketinggian berkisaran 100 m, biasanya jenis turbin dengan head yang diatas adalah turbin Pelton, dan Turgo.

2. Berdasarkan cara kerjanya

Menurut cara kerjanya turbin di klasifikasikan menjadi dua jenis yaitu :

a) Turbin reaksi

Turbin reaksi adalah turbin yang memanfaatkan energi air yang bertujuan untuk mengubah energi air menjadi energi kinetik pada saat air mengalir melewati sudu-sudu sehingga menyebabkan penurunan tekanan air selama air melewati sudu-sudu tersebut. Dikarenakan adanya perbedaan tekanan maka akan memberikan gaya pada sudu sehingga bagian turbin yang berputar (*runner*) dapat berputar. Oleh karena itu putaran *runner* menyebabkan perubahan momentum oleh air tersebut. Salah satu contoh turbin reaksi adalah turbin Francis dan Kaplan (*propeller*), Darrieus (Patty, 1995).



Gambar 2.1. Turbin Francis (Jaliwala, 2010).

b) Turbin *impuls*

Turbin *impuls* adalah turbin yang sistem kerjanya memanfaatkan kecepatan, tekanan, dan energi potensial menjadi energi kinetiknya yang akan memutar turbin sehingga energi mekanik yang terdapat pada poros akan ditransmisikan ke generator yang akan menghasilkan energi listrik akibat adanya perputaran pada

turbin. Cara kerja dari turbin implus ini adalah energi fluida akan masuk ke sudu yang bergerak untuk membentuk energi kinetik pada *nozzle*, dan air akan keluar dari *nozzle* yang memiliki kecepatan yang tinggi akan membentur sudu turbin yang akan menyebabkan arah kecepatan aliran akan berubah sehingga akan terjadi perubahan momentum yang menyebabkan terjadinya perputaran pada roda turbin. Contoh dari turbin implus ini adalah turbin Pleton, Turgo, dan Crossflow.



Gambar 2.2. Turbin Turgo (Jaliwala, 2010).

2.2. Turbin *Vortex* (Pusaran)

Turbin ini dinamakan sebagai *Gravitation Water Vortex Power Plant* (GWVPP) oleh penemunya Frans Zotleterer berkebangsaan Austria, tetapi nama turbin ini dikenal juga sebagai turbin *vortex* atau turbin pusaran air. Sesuai dengan namanya pusaran air, turbin ini memanfaatkan pusaran air buatan untuk memutar sudu turbin dan kemudian energi pusaran air diubah menjadi energi putaran pada poros. Prosesnya air dari sungai dialirkan melalui saluran masuk ke tangki turbin yang berbentuk lingkaran dan di bagian tengah dasar tangki terdapat saluran buang berupa lingkaran kecil. Akibat saluran buang ini maka air mengalir akan membentuk aliran pusaran air. Ketinggian air (*head*) yang diperlukan untuk turbin ini

0,7 – 2 m dan debit berkisar 1000 liter per detik. Turbin ini sederhana, mudah dalam perawatannya, kecil, kuat, dan bertahan hingga 50 – 100 tahun.



Gambar 2.3. Skema pembangkit listrik menggunakan turbin *vortex* (Power, 2016)

Prinsip kerja turbin *vortex* adalah air memasuki sebuah inlet yang berukuran besar dan bergerak melalui sebuah saluran menuju sebuah tangki sirkulasi berbentuk lingkaran, kemudian air bergerak secara tangensial. Di bawah tangki sirkulasi yang berbentuk lingkaran tersebut, terdapat outlet untuk keluarnya air dimana diameter pada outlet lebih kecil dibanding diameter inlet. Pusaran air akan terbentuk didalam tangki sirkulasi ketika air mengalir menuju outlet akibat adanya gravitasi. Turbin *vortex* ini tidak bergerak karena adanya perbedaan tekanan namun bergerak karena gaya dinamik pada *vortex* (Dhakal dkk, 2015).

Cara kerja turbin *vortex* yaitu:

- a) Air sungai dari tepi sungai disalurkan dan diarahkan ke tangki sirkulasi. Tangki sirkulasi ini memiliki suatu lubang lingkaran pada dasarnya.
- b) Tekanan rendah pada lubang dasar tangki dan kecepatan air pada titik masuk tangki sirkulasi mempengaruhi kekuatan aliran *vortex*.
- c) Energi potensial seluruhnya diubah menjadi energi kinetik rotasi di inti *vortex* yang selanjutnya diekstraksi melalui turbin sumbu vertikal.

d) Air kemudian kembali ke sungai melalui saluran keluar.

2.3. Saluran Masuk

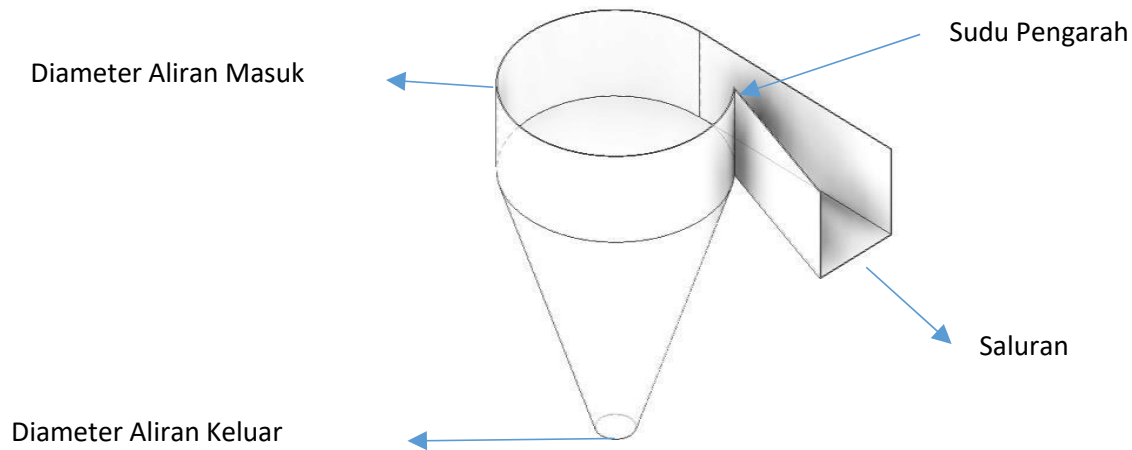
Ada beberapa tipe dari saluran masuk (Inlet area), yaitu : saluran masuk tipe *tangential*, *involute*, tipe *scroll* dan tipe *ramp*. Tipe tersebut dimaksudkan agar dapat memaksimalkan kinerja pada sudu turbin. Aliran air masuk ke dalam saluran masuk yang kemudian akan masuk ke dalam tangki sirkulasi. Dimensi pada saluran masuk ditentukan berdasarkan ukuran dari tempat melakukan pengujian dan debit aliran air yang akan dipompakan. Untuk menghubungkan saluran masuk dan tangki sirkulasi terdapat sudu pengarah yang mempunyai diameter sama seperti diameter saluran keluar air atau diameter bagian bawah dari tangki sirkulasi. Dimensi yang sama antara saluran masuk dan saluran keluar air membuat laju aliran masuk dan keluar air sama.

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 baksecara 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.

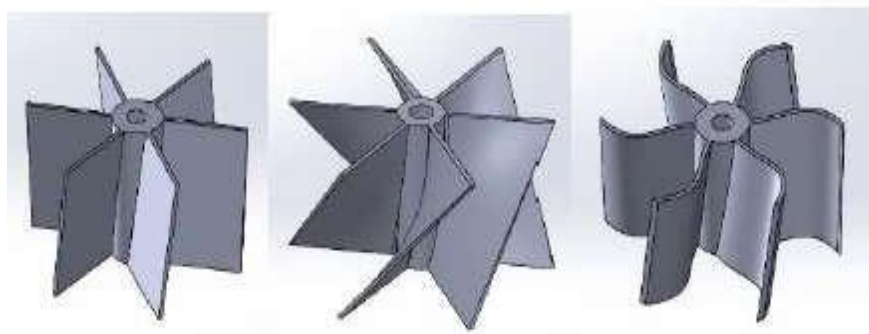
Berdasarkan studi literatur dari penelitian Wanchat dan Sutivarakorn (2013) yang menyatakan bahwa bentuk dari tabung sirkulasi akan mempengaruhi aliran *vortex* pada turbin. Penelitian ini juga menyatakan bahwa parameter pada tabung sirkulasi seperti bentuk tabung sirkulasi, diameter aliran masuk dan 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 studi literatur dari penelitian Wanchat, dkk (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 studi literatur dari penelitian Sagar, dkk (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° dan diameter sebesar 800mm yang menghasilkan efisiensi sebesar 36,84%.



Gambar 2.4. Tangki sirkulasi pada turbin *vortex*.

2.5.Sudu Turbin

Turbin adalah perangkat yang mengekstrak energi dari fluida yang mengalir. Dalam turbin reaksi, aliran fluida mengenai sudu turbin diikuti oleh penurunan tekanan statis yang signifikan dan perubahan kecepatan relatif fluida melintasi sudu-sudu turbin sedangkan dalam turbin impuls efek pengaruh kecepatan dapat diabaikan. Turbin adalah salah satu komponen terpenting untuk pembangkit listrik aliran vortex. Turbin diposisikan di tengah, sejajar dengan pusat aliran keluar. Turbin didorong oleh tenaga air yang berasal dari pusaran air. Sebagian besar penelitian difokuskan pada optimasi turbin untuk meningkatkan efisiensi turbin.



Gambar 2.5. Bentuk sudu pada turbin *vortex*.

Pada turbin *vortex* yang menjadi parameter pada sudu turbin ialah panjang sudu, diameter sudu, bentuk sudu, dan jumlah sudu. Berdasarkan studi literatur dari penelitian Dhakal, dkk (2017) yang menyatakan bahwa sudu turbin dengan bentuk melengkung lebih sesuai untuk aliran *vortex* dibandingkan dengan sudu turbin berbentuk lurus. Jumlah sudu turbin dilakukan berdasarkan studi literatur dari penelitian Sritram dan Suntivarakorn (2013) dimana saat melakukan pengujian dengan menggunakan jumlah 2 sampai 7 sudu turbin didapatkan kesimpulan turbin yang menggunakan 5 sudu menghasilkan efisiensi paling tinggi, berdasarkan studi literatur dari penelitian Christine, dkk (2016) menyatakan bahwa efisiensi turbin meningkat ketika jumlah sudu pada turbin ditambah dari 2 sudu menjadi 4 sudu. Berdasarkan studi literatur dari penelitian Dhakal, dkk (2015) yang menyatakan bahwa efisiensi tertinggi didapatkan dengan meletakkan sudu turbin 65% - 70% dari keseluruhan tinggi tangki sirkulasi yang dimulai dari saluran masuk (inlet) tangki sirkulasi.

III. METODOLOGI

3.1. Tempat Pelaksanaan Proyek Akhir

Tempat pelaksanaan atau pengerjaan proyek akhir ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Dalam pelaksanaan proyek akhir ini digunakan berbagai alat dan bahan untuk pembuatan dan pengujian unjuk kerja turbin *vortex*. Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Alat yang digunakan dalam pembuatan turbin *vortex*.
 - a) *Waterpass*

Waterpass digunakan untuk menentukan posisi sejajar dari suatu benda dengan bagian yang lainnya, baik dalam keadaan vertikal maupun horizontal.



Gambar 3.1 *Waterpass*.

b) Mesin Las Listrik

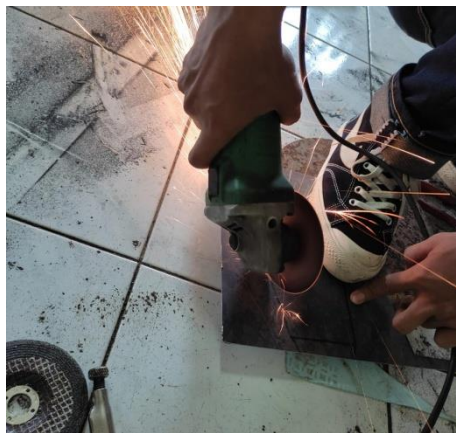
Las listrik adalah sebuah proses pengelasan yang sumber panasnya diperoleh dari energi listrik. Dari energi listrik kemudian diterima oleh mesin las dan dirubah menjadi energi panas saat kutub elektroda dan benda kerja bertemu sehingga terjadi pertukaran ion yang menyebabkan terjadinya busur listrik.



Gambar 3.2 Mesin las listrik.

c) Mesin gerinda tangan

mesin gerinda tangan adalah sebuah *power tools* yang dapat digunakan untuk menggerinda atau memotong benda logam.



Gambar 3.3 Mesin gerinda tangan.

d) Meteran

Meteran berguna untuk mengukur panjang benda kerja.



Gambar 3.4 Meteran.

e) Penggaris siku

Alat ini digunakan untuk menyambungkan antara dua besi siku agar tepat 90 derajat.



Gambar 3.5 Penggaris siku.

f) Mesin roll

Mesin roll digunakan sebagai alat melengkungkan sudu.



Gambar 3.6 Mesin roll.

2. Alat pengujian turbin *vortex*

Alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

a) Pompa air

Pompa berguna untuk memindahkan air dari sumber air ke *reservoir*.



Gambar 3.7 Pompa air.

b) *Tachometer*

Tachometer berguna untuk mengukur putaran pada turbin.



Gambar 3.8 *Tachometer*.

c) *Gelas ukur*

Gelas ukur berguna untuk mengukur volume air.



Gambar 3.9 *Gelas ukur*.

d) Neraca pegas

Neraca pegas digunakan untuk pengukuran besar gaya pengereman yang dihasilkan.



Gambar 3.10 Neraca pegas.

3. Bahan pembuatan turbin *vortex*

Adapun bahan yang digunakan dalam proses pembuatan alat uji turbin *vortex* ini adalah sebagai berikut:

a) Bantalan (*bearing*)

Bantalan atau dudukan turbin ini berguna sebagai penumpu poros yang mempunyai beban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus dan aman.



Gambar 3.11 Bantalan (*bearing*).

b) Pipa besi

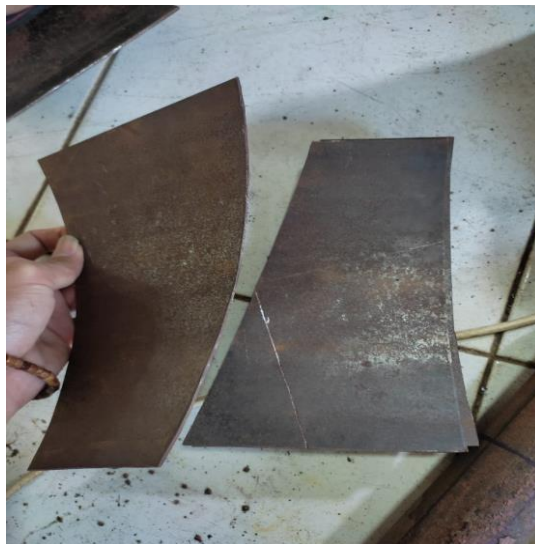
Pipa besi berguna sebagai poros pada sudu turbin.



Gambar 3.8 Pipa besi.

c) Plat Besi

Plat besi berguna sebagai bahan untuk membuat saluran, tangki sirkulasi, dan sudu pada turbin *vortex*.



Gambar 3.9 Plat besi.

d) Mur dan baut

Mur dan baut berguna untuk menyambungkan plat besi padasaluran dan dudukan turbin pada besi poros.



Gambar 3.10 Mur dan baut.

e) *Pulley*

Pulley berguna sebagai komponen atau penghubung putaran yang kemudian diteruskan dengan menggunakan sabuk atau *belt* ke beban.



Gambar 3.11 *Pulley*.

f) Sabuk (*belt*)

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



Gambar 3.12 Sabuk (*belt*).

3.3. Tahap Pembuatan Alat Uji Turbin *Vortex*

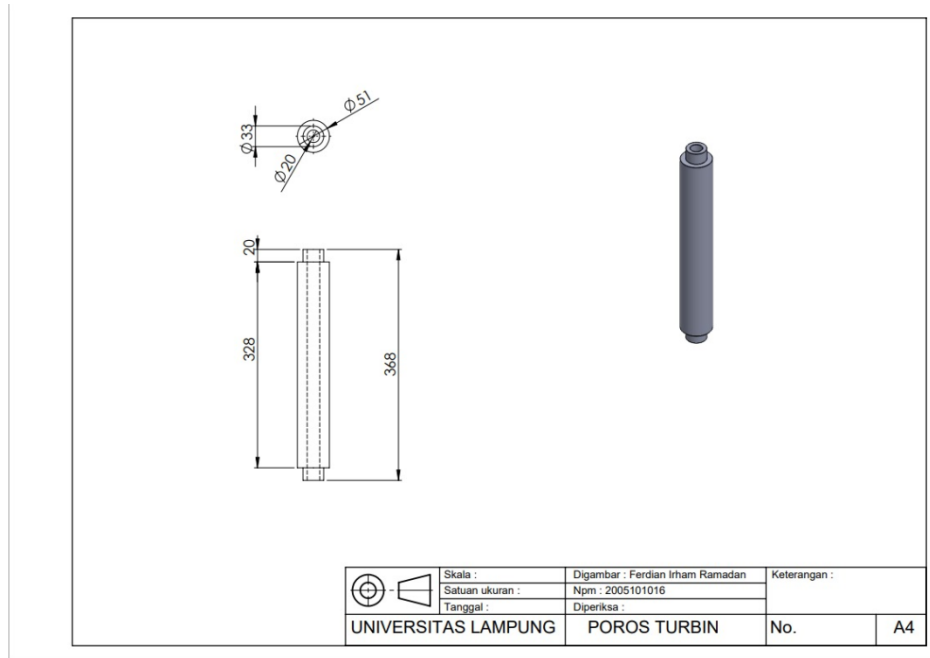
Adapun tahapan pembuatan alat uji turbin *vortex* ini dilakukan dengan beberapa persiapan adalah sebagai berikut:

1. Tahap persiapan

Pada tahap ini dilakukan studi literatur dan melengkapi bahan dan alat yang dibutuhkan dalam tahap perancangan dan pembuatan komponen- komponen turbin.

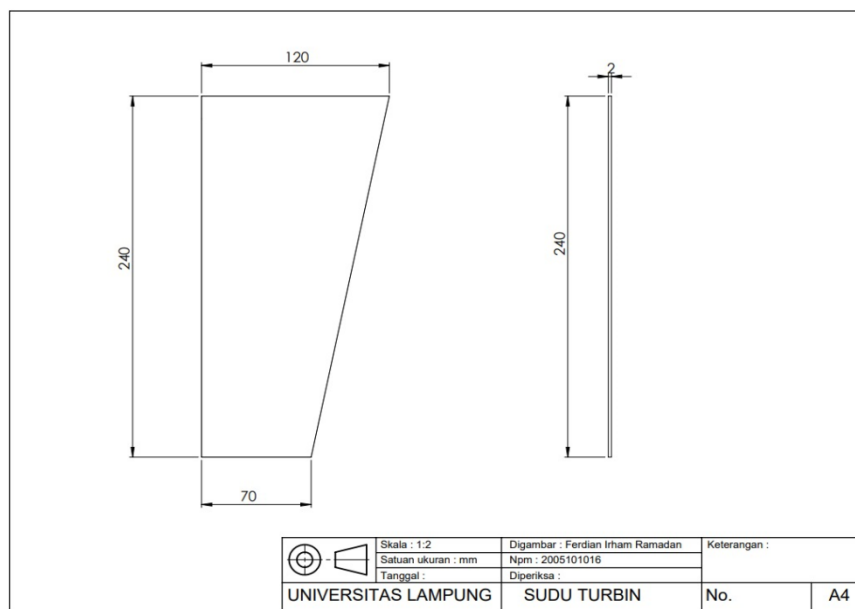
2. Tahap pembuatan sketsa

Pada tahapan ini dilakukan pembuatan skema turbin *vortex* dengan menggunakan aplikasi inventor. Tahap awal pembuatan skema ialah membuat bertingkat dengan dengan diameter utamanya adalah 51 mm, dan diameter setelahnya 33 mm, dengan diameter lubang 20 mm, dan tinggi total 368 mm.



Gambar 3.13 sketsa poros turbin.

Proses selanjutnya adalah pembuatan skema sudu turbin dengan tinggi sudu turbin 240 mm, lebar sudu bagian atas 120 mm dan lebar bagian bawah turbin 70 mm.



Gambar 3.14 sketsa sudu turbin.

3. Tahap pengujian dan pengambilan data

Pengujian model turbin *vortex* dilakukan untuk memperoleh data pengujian sehingga diperoleh unjuk kerja turbin. Adapun data yang akan diambil dalam pengujian turbin *vortex* di laboratorium adalah kecepatan aliran air, putaran turbin (rpm), torsi turbin (Nm), dan *head vortex* (cm). Adapun langkah-langkah yang digunakan dalam pengujian model turbin *vortex* di laboratorium mekanika fluida adalah sebagai berikut:

- a) Mengisi air ke dalam *reservoir*.
- b) Membuka katup saluran air pada *reservoir* dengan 3 variasi debit aliran air yaitu 12 m³/s, 17 m³/s, dan 20 m³/s.
- c) Mengukur debit pada setiap level ketinggian air dengan menggunakan ember yang sudah diukur volumenya dengan gelas ukur.
- d) Memasang sudu turbin.
- e) Mengukur torsi turbin dengan membaca gaya-gaya yang dihasilkan neraca pegas sistim pengereman.
- f) Mengukur tinggi aliran *vortex* dengan menggunakan meteran.
- g) Setelah turbin beroperasi dilakukan pengukuran putaran pada turbin menggunakan *tachometer* dan gaya-gaya pengereman.
- h) Mencatat data hasil pengujian.

3.4. Pengukuran dan Perhitungan Pada Turbin *Vortex*

a) Penentuan kecepatan aliran

Kecepatan aliran ditentukan untuk mengetahui besar daya air yang keluar dari turbin. Kecepatan aliran dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$U \frac{Q}{\Delta t} \quad (3.1)$$

Dimana:

U : Kecepatan aliran (m/s)

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

Δt : Rata – rata waktu (s)

b) Perhitungan daya *hydro*

Daya *hydro* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Ph = y \cdot Q \cdot H \quad (3.2)$$

Dimana :

Ph : Daya *hydro* (Watt)

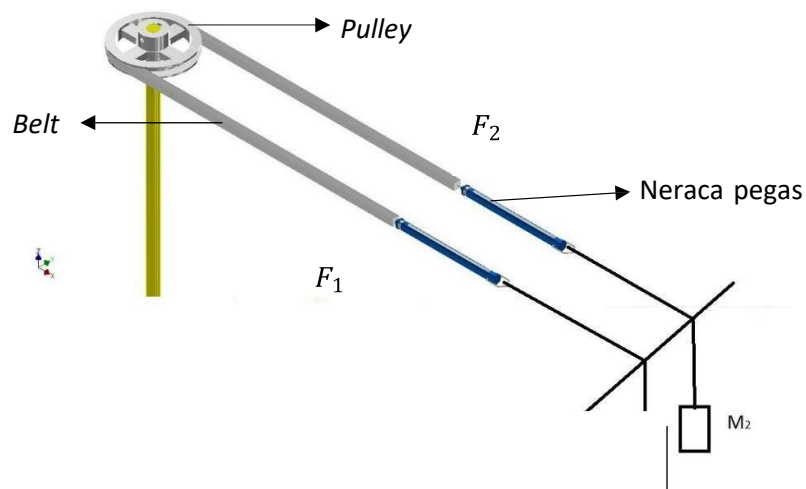
y : Berat jenis air

Q : Debit air (m^3/s)

H : *Head vortex* (m)

c) Penentuan torsi

Torsi turbin dapat diukur dengan melakukan pengereman terhadap turbin saat berputar dengan metode sistem pengereman sabuk. Sistem pengereman sabuk menggunakan neraca pegas sebagai pengukur besar tegangan tali pengereman.



Gambar 3.15 Alat ukur torsi

Besar torsi dihitung dengan menggunakan selisih tegangan sabuk antara sisi ketat (F_2) dan sisi kendur (F_1), gaya pengereman ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$T = \Sigma F.r \quad (3.3)$$

Dimana:

ΣF : $F_2 - F_1$ (N)

r : Jari-jari *pulley* pengereman (m)

Sehingga daya turbin (P_t) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$P_t = T.\omega \quad (3.4)$$

Dimana:

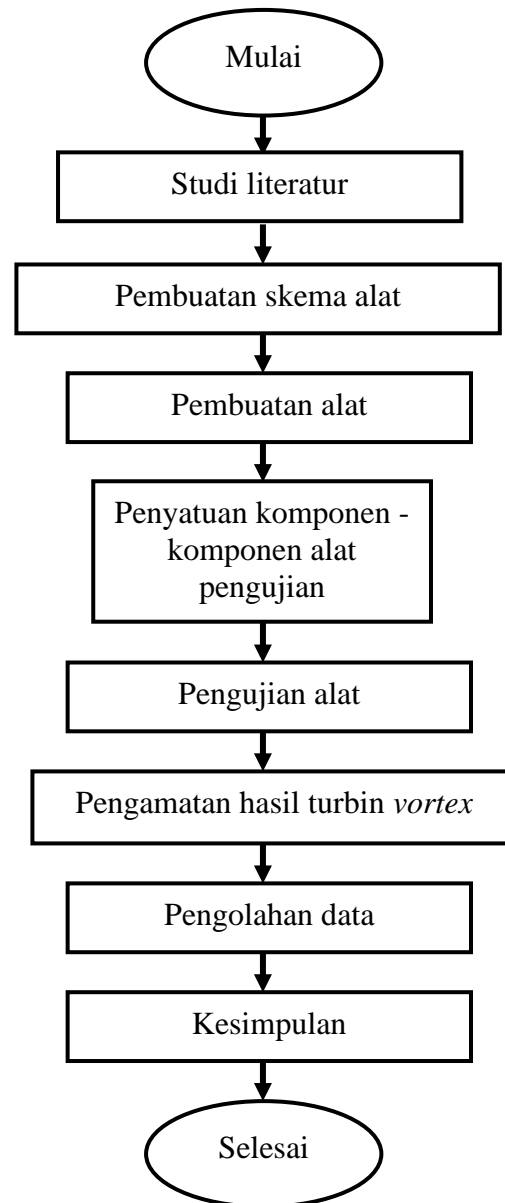
P_t : Daya poros turbin (Watt)

T : Torsi turbin (Nm)

ω : Kecepatan sudut turbin (rad/s)

3.5. Diagram Alur Pelaksanaan Proyek Akhir

Adapun proses pembuatan turbin *vortex* ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.16 Diagram alur pelaksanaan proyek akhir.

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari proyek akhir ini adalah:

- 1 Pembuatan dan pengujian sistem alat pengujian turbin *vortex* telah diberikan pada laporan proyek akhir ini dengan menggunakan ketinggian turbin 368 mm dan jumlah sudu lima buah.
- 2 Hasil dari pengujian model unjuk kerja turbin *vortex* dengan ketinggian turbin 368 mm dengan jumlah sudu lima buah sudu, yaitu efisiensi yang dihasilkan dari debit 0,007 m³/s adalah 5,75%, efisiensi yang dihasilkan dari debit 0,009 m³/s adalah 7,54%, dan efisiensi yang dihasilkan dari debit 0,012 m³/s adalah 15,97%.
- 3 *Trend* grafik hasil pengujian ini mendekati dengan *trend* grafik hasil pengujian peneliti-peneliti sebelumnya, sehingga alat ini dapat digunakan untuk mendukung praktikum prestasi mesin.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat saya berikan adalah sebagai berikut:

1. Diharapkan pada kajian berikutnya sebaiknya dapat menggunakan generator dalam pengujiannya, agar dapat mengetahui berapa besar daya listrik yang dapat dihasilkan dari turbin *vortex*.

2. Diharapkan pada pengujian yang akan datang jumlah sudu dan tinggi sudu dapat lebih divariasikan.
3. Diharapkan pada pengujian yang akan datang sebaiknya memvariasikan bentuk sudu yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Acharya, R., Ghimire, S. K., Dura, H. B., 2019. Design Study of Runner For Gravitational Water Vortex Power Plant with Conical Basin, Proceedings of IOE Graduate Conference, 2019-Summer.
- Dietzel, F. 1980. *Steam turbines. Calculation, construction, partial performance and performance in service, condensation. Dampfturbinen. Berechnung, konstruktion, Teillast-und Betriebsverhalten, kondensation.*
- Dhakal, R., Nepal, A., Acharya, A., Kumal, B., Aryal, T., Williamson, S., Devkota, L. 2017. *Technical and economic prospects for the site implementation of a gravitational water vortex power plant in Nepal. In 2016 IEEE International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA 2016): Proceedings of a meeting held 20-23 November 2016, Birmingham, United Kingdom. (pp. 1001-1006). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). DOI : 10.1109 / ICRERA. 2016. 7884485.*
- Dhakal S, Timilsina AB, Dhakal R, Fuyal D, Bajracharya TR, Pandit HP, Amatya N, Nakarmi AM, 2015. *Comparison of conical basin and cylindrical basin with optimum position of runner: gravitational water vortex power plant. Renew Sustain Energy Rev 48:662–669.*
- Fitroh, H. K., & Adiwibowo, P. H. (2018). Uji Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Tipe Sudu Melengkung Dengan Variasi Sudut Kemiringan. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(1).

- Jaliwala, R., dan Tim *Contained Energy* Indonesia., 2020. Buku Panduan Energi yang Terbarukan. Kementerian Dalam Negeri. Jakarta.
- Laksmmana, S. C., & Akbar, A. (2018). Pengaruh sudut pengarah aliran pada turbinair crossflow tingkat dua terhadap putaran dan daya. *REM (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 3(1), 35-39.
- Lendeber, s., syahril. G., Nur, B., Tulus, Sitorus, Ambarita, H., Mahadi 2015. Pengaruh Jarak Sudu Terhadap Prestasi Turbin *Vortex* Berpenampang Lingkaran Dengan Diameter Sudu 46 cm. Fakultas Teknik mesin universita Sumatera utara.
- Patty. O.F., 1995, Tenaga Air, Erlangga, Jakarta.
- Prasetyo, W. D., 2018, Rancang Bangun Turbin *Vortex* Skala Kecil Dan Pengujian Pengaruh Bentuk Penampang Sudu Terhadap Daya, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Wanchat S, Suntivarakorn R, Wanchat S, Tonmit K and Kayanyiem P 2013 *Advanced Materials Research* 805-806 811-817.
- Wibawanto HH. 2018. Uji Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran *Vortex* Tipe Sudu Berpenampang Lurus Dengan Variasi Lebar Sudu, Fakultas Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya.