

**TUGAS SARJANA**  
**KONVERSI ENERGI**  
**PENGUJIAN PROTOTIPE TURBIN VORTEX**  
**DENGAN VARIASI KAPASITAS ALIRAN**  
**DAN BEBAN TORSI**

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)  
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun oleh :**

**KHAIRIL IMRAN**  
**1307230146**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
**2018**

**LEMBAR PENGESAHAN - I**  
**TUGAS SARJANA**  
**KONVERSI ENERGI**  
**PENGUJIAN PROTOTIPE TURBIN VORTEX**  
**DENGAN VARIASI KAPASITAS ALIRAN**  
**DAN BEBAN TORSI**

Disusun Oleh :

**KHAIRIL IMRAN**

1307230146

Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing - I

Pembimbing - II



(Khairul Umurani, S.T., M.T.)



(Munawar A Siregar, S.T., M.T.)

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin



(Affandi, S.T )

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
**2018**

**LEMBAR PENGESAHAN - II**

**TUGAS SARJANA**

**KONVERSI ENERGI**

**PENGUJIAN PROTOTIPE TURBIN VORTEX  
DENGAN VARIASI KAPASITAS ALIRAN  
DAN BEBAN TORSI**

Disusun Oleh :

**KHAIRIL IMRAN**


1307230146

Telah Diperiksa dan Diperbaiki  
Pada Seminar Tanggal 19 Maret 2018

Disetujui Oleh :

Pembanding - I

Pembanding - II

  
(Sudirman Lubis, S.T., M.T.)

  
(Chandra A. Siregar, S.T., M.T.)

Diketahui oleh :

**Ka. Program Studi Teknik Mesin**

  
(Affandi, ST)

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2018**



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
**FAKULTAS TEKNIK**  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –  
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238  
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Siapa yang berprestasi agar dibelikan  
kembar tangannya

---

---

**DAFTAR SPESIFIKASI**  
**TUGAS SARJANA**

Nama Mahasiswa : Khairil Imran

NPM : 1307230146

Semester : X

SPESIFIKASI :

Pengujian Prototipe Turbin Vortex Dengan Variasi Kapasitas

Aliran Dan Beban Torsi

---

Diberikan Tanggal : 27 September 2017

Selesai Tanggal : 19 Maret 2017

Asistensi : Lima Hari Sekali

Tempat Asistensi : Fakultas Teknik UMSU

Diketahui oleh :  
Ka. Program Studi Teknik Mesin

Medan,  
Dosen Pembimbing – I

  
(Afandi, S.T.)

  
(Khairul Umurani, S.T., M.T)



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi : Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –  
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238  
Website : <http://www.umsu.ac.id>

DAFTAR HADIR ASISTENSI  
TUGAS SARJANA

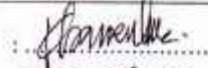


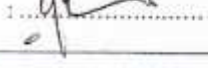
NAMA : Khairil Imran PEMBIMBING – I : Khairul Umurani, S.T.,M.T  
NPM : 1307230146 PEMBIMBING – II : Munawar A. Siregar S.T.,M.T


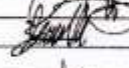
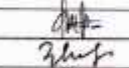
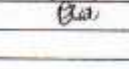
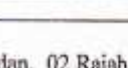
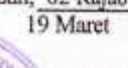


NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
	17/07 - 2018	- Pembelian spesifikasi tugas sarjana	le
	26/01 - 2018	- Perbincangan bab 1 : - latar belakang - Permasalahan masalah - tujuan	le
	01/02 - 2018	- Perbincangan per soal	le
	08/02 - 2018	- Perbincangan Metode	le
	23/02 - 2018	- lanjut ke penyusunan II	u
	08/02 - 2018	- Analisis Segitiga merupakan	
	23/02 - 2018	- Perhitungan Variasi bahan lumpur	
	26/02 - 2018	- Grafik dari Variasi	le
	24/02 - 2018	- Aca, selesai	le



**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2017 – 2018**

Peserta seminar  
 Nama : Khairil Imran  
 NPM : 130723046  
 Judul Tugas Akhir : Pengujian Prototype Turbin Vortex Dengan Variasi Kapasitas Aliran Dan Beban Torsi.


DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T	: 
Pembimbing – II : Munawar A Siregar.S.T.M.T	: 
Pembanding – I : Sudirman Lubis.S.T.M.T	: 
Pembanding – II : Chandra A Siregar.S.T.M.T	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1307230168	Affandi Ramadani Horta	
2	1307230133	KIKI ANJANDA SIAHAAN	
3	1307230286	Dedi Suryadi	
4	1307230033	MHO. Ardianto	
5	1307230148	IMAM MAULANA NST	
6	1307230270	Muhammad Yudin	
7	1307230085	DINO BRYANSYAH	
8	1307230136	FARROZI RAUH	
9			
10			

Medan, 02 Rajab 1439 H  
19 Maret 2018 M

Ketua Prodi Teknik Mesin



  
Affandi.S.T.

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

NAMA : Khairil Imran  
NPM : 1307230146  
Judul T.Akhir : Pengujian Prototype Turbin Vortex Dengan Variasi Kapasitas – Aliran Dan BebanTorsi.

Dosen Pembimbing - I : Sudirman Lubis.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T  
Dosen pembeding - I : Khairul Umurani.S.T.M.T  
Dosen Pembeding - II : Munawar A Siregar.S.T.M.T

**KEPUTUSAN**

- 1 Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
- 2 Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....  
.....  
.....

- 3 Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

.....  
.....  
.....

Medan 02 Rajab 1438 H  
19 Maret 2018 M

Diketahui :  
Ketua Prodi T.Mesin



Affandi.S.T

Dosen Pembeding - I

.....  
Sudirman Lubis.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

NAMA : Khairil Imran  
NPM : 1307230146  
Judul T.Akhir : Pengujian Prototype Turbin Vortex Dengan Variasi Kapasitas – Aliran Dan Beban Torsi.

Dosen Pembimbing - I : Sudirman Lubis.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T  
Dosen pembeding - I : Khairul Umurani.S.T.M.T  
Dosen Pembeding - II : Munawar A Siregar.S.T.M.T

**KEPUTUSAN**

- 1 Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
- 2 Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :  
..... *lebih baik dari pada Skripsi* .....
- 3 Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :  
.....  
.....  
.....

Medan 02 Rajab 1438 H  
19 Maret 2018 M

Diketahui :  
Ketua Prodi T.Mesin



Affandi.S.T

Dosen Pembeding - II

Chandra A Siregar.S.T.M.T



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : KHAIRIL IMRAN  
Tempat / Tgl Lahir : Belawan, 24 Juni 1994  
NPM : 1307230146  
Bidang Keahlian : Konversi Energi  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
(UMSU)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas sarjana (skripsi) saya ini yang berjudul :

### PENGUJIAN PROTOTYPE TURBIN VORTEX DENGAN VARIASI KAPASITAS ALIRAN DAN BEBAN TORSI

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Maret 2018  
Saya yang menyatakan,



**KHAIRIL IMRAN**  
1307230146

## **ABSTRAK**

*Turbin Vortex adalah salah satu jenis turbin mikrohidro yang menggunakan pusaran air sebagai penggerak sudunya. Turbin Vortex mempunyai head yang relatif rendah yaitu 0,7m-1,4m dan debit air 0,02 m<sup>3</sup>/s yang mengalir terus menerus. Turbin ini sangat cocok digunakan di aliran sungai. Dimana Indonesia merupakan negara yang sebagian besar wilayahnya adalah perairan, sehingga perairan Indonesia memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai pembangkit energi listrik. Energi potensial ini dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin dan menghasilkan energi listrik salah satunya ialah turbin vortex. Dengan membuat turbin vortex maka sangat efektif apabila dioperasikan pada arus deras yang khususnya wilayah Indonesia banyak terdapat aliran sungai dan irigasi yang sangat baik untuk pengoperasian turbin vortex. Pada pengujian ini digunakan variasi kapasitas aliran dari bukaan katup dan beban torsi. Tujuan tugas sarjana ini sendiri adalah menganalisa hasil pengujian prototipe turbin vortex yaitu nilai efisiensi, daya dan torsi yang dihasilkan dari beban dan putaran dengan bantuan aplikasi arduino uno dan sensor untuk putaran dan load cell untuk menghitung beban torsi yang terjadi pada poros. Arduino dapat memberikan data untuk putaran, torsi serta daya dengan mengupload rumus pada aplikasi arduino. Pengujian dilakukan dengan tiga variasi bukaan katup dan tiga variasi beban yang berbeda. Dari hasil pengujian didapat efisiensi maksimum pada bukaan katup 100% dengan kapasitas aliran 0,0008333 m<sup>3</sup>/s yaitu 93,66% dengan putaran 102 rpm pada beban 50 gram, dan daya maksimum turbin didapat pada pengujian bukaan katup 75% dengan beban 50 gram dengan kecepatan aliran 0,000916 m<sup>3</sup>/s yaitu 0,00156043 watt dengan putaran 131 rpm.*

*Kata Kunci : Turbin Vortex, variasi kapasitas aliran, beban torsi, daya dan efisiensi*

## KATA PENGANTAR



*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana ini dengan lancar. Tugas sarjana ini merupakan tugas akhir bagi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dalam menyelesaikan studinya.

Untuk memenuhi syarat tersebut penulis dengan bimbingan dari pada dosen pembimbing merencanakan sebuah

### **“PENGUJIAN PROTOTYPE TURBIN VORTEX DENGAN VARIASI KAPASITAS ALIRAN DAN BEBAN TORSI”**

Dalam menyelesaikan tugas ini penulis banyak mengalami hambatan dan rintangan yang disebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis, namun berkat petunjuk Allah SWT yang terus-menerus hadir dan atas kerja keras penulis, dan atas banyaknya bimbingan dari pada dosen pembimbing, serta bantuan moril maupun materil dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana.

Untuk itu penulis pada kesempatan ini menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua tercinta penulis yaitu Ayahanda Yatno dan Ibunda Enizar Harahap telah membesarkan, mengasuh, mendidik, serta senantiasa memberikan kasih sayang, do'a yang tulus, dan dukungan moril maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing I
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing II.
5. Bapak Sudirman Lubis, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing I
6. Bapak Chandra A Siregar, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing II dan selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
7. Bapak Affandi, S.T. selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Keluarga besar Lab Teknik Mesin UMSU khususnya abangnda Arif yang telah memberikan saran, bantuan dan dukungan kepada penulis.
9. Rekan – rekan seperjuangan tim proyek prototipe turbin yang telah banyak memberikan bantuan, saran dan dukungan kepada penulis.
10. Rekan – rekan seperjuangan kelas B1 Pagi stambuk 2013, serta rekan – rekan bidang keahlian konversi energi yang telah banyak memberi saran dan dukungan kepada penulis.

11. Hemi Nurul Afifah, S.Pd.I. yang selalu memberikan semangat, do'a, saran, bantuan, dukungan serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan tugas sarjana ini.
12. Beby Claudia Murri (perempuan yang sangat dan entah bagaimana melukiskan keindahannya) yang selalu memberikan motivasi dan dorongan untuk segera menyelesaikan tugas sarjana ini.
13. Antares Satria Prayudha, S.MB yang telah memberikan motivasi untuk segera menyelesaikan tugas sarjana ini.

Penulis menyadari bahwa tugas ini masih jauh dari sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dada penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan tugas sarjana ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas sarjana ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga Allah SWT selalu merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amin Ya Rabbal Alamin.

*Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Medan, Maret 2018  
Penulis



**KHAIRIL IMRAN**  
1307230146

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN I</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN II</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR SPESIFIKASI TUGAS SARJANA</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	
<b>DAFTAR TABEL</b>	
<b>DAFTAR NOTASI</b>	
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.4.1 Tujuan Umum	3
1.4.2 Tujuan Khusus	4
1.5 Manfaat	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Potensi Energi Air	6
2.2 Jenis-Jenis Turbin	7
2.2.1 Turbin Impuls	8
2.2.2 Turbin Reaksi	11
2.3 Klasifikasi Turbin	14
2.3.1 Klasifikasi Berdasarkan Ketinggian Jatuh Air	14
2.3.2 Klasifikasi Berdasarkan Kecepatan Spesifik Turbin	15
2.3.3 Klasifikasi Berdasarkan Arah Aliran Fluida	16
2.4 Turbin Vortex (Pusaran Air)	16
2.4.1 Cara Kerja Turbin Vortex	17
2.4.2 Komponen Utama Turbin Vortex	18
2.4.3 Keunggulan Turbin Vortex	18
2.5 Aliran Vortex	18
2.6 Lubang Masuk	21
2.7 Pipa Lepas	22
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Tempat dan Waktu	23
3.1.1 Tempat	23
3.1.2 Waktu	23
3.2 Diagram Alir	24
3.3 Peralatan Pengujian	25
3.4. Prosedur Pengujian	30
3.5 Metode Pengukuran	30
3.6 Penentuan Kecepatan Aliran Pada Penampang	31
3.7 Analisa Segitiga Kecepatan	31
3.8 Putaran Spesifik Turbin	32
<b>BAB 4. ANALISA DATA</b>	
4.1 Analisa Segitiga Kecepatan	33



4.2	Analisa Segitiga Kecepatan Pada Sisi Keluar	35
4.3	Efisiensi Turbin Vortex	37
4.4	Data Hasil Pengujian Prototipe Turbin Vortex	47
4.5	Pengolahan Data	48
4.5.1	Menghitung Nilai Debit Pada Pengujian Turbin	48
4.5.2	Menghitung Nilai Torsi Pada pengujian Turbin	48
4.5.3	Menghitung Kecepatan Sudut Pada Pengujian Turbin	50
4.5.4	Menghitung Nilai Daya Turbin	51
4.5.5	Menghitung Efisiensi Turbin	53
4.6	Hasil Pengolahan Data	55
4.7	Grafik Perbandingan Hasil Pengujian	56
4.7.1	Perbandingan Efisiensi dan Torsi	56
4.7.2	Perbandingan Putaran dan Torsi	57
4.7.3	Perbandingan Daya dan Torsi	58
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran	59
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>		

## DAFTAR GAMBAR

No.	Nama Gambar	Halaman
2.1	Turbin Pelton	8
2.2	Skema Head Turbin Pelton	9
2.3	Turbin Crossflow	10
2.4	Turbin Kaplan	12
2.5	Turbin Francis	13
2.6	Turbin Vortex	14
2.7	Rumah Turbin Vortex	17
2.8	Aliran Vortex	19
2.9	Tipe – tipe Vortex	21
2.10	Tipe – tipe Lubang Masuk	22
3.1	Diagram Alir	24
3.2	Runner turbin	25
3.3	Rumah turbin	26
3.4	Arduino Uno	26
3.5	Photo sensor interuptor	27
3.6	Load Cell	27
3.7	Bread Board	28
3.8	Pulley	28
3.9	Roda Pencacah	29
3.10	Flowmeter	29
3.11	Pompa air	29
4.1	Segitiga kecepatan sisi masuk dan keluar	33
4.2	Grafik Torsi dan efisiensi	56
4.3	Grafik putaran dan torsi	57
4.4	Grafik daya dan torsi	58

## DAFTAR TABEL

No.	Nama Tabel	Halaman
2.1	Klasifikasi Turbin air berdasarkan tinggi air jatuh	15
2.2	Klasifikasi berdasarkan putaran spesifik	16
2.3	Jenis – jenis turbin berdasarkan arah aliran	17
4.1	Data hasil pengujian bukaan katup 100%	47
4.2	Data hasil pengujian bukaan katup 75%	48
4.3	Data hasil pengujian bukaan katup 50%	48
4.4	Hasil pengolahan data bukaan katup 100%	55
4.5	Hasil pengolahan data bukaan katup 75%	55
4.6	Hasil pengolahan data bukaan katup 50%	55

## DAFTAR NOTASI

<b>Simbol</b>	<b>Besaran</b>	<b>Satuan</b>
<i>P</i>	Daya	<i>Watt</i>
<i>N</i>	Putaran	<i>Rpm</i>
<i>Q</i>	Debit aliran air	$m^3/s$
<i>D</i>	Diameter Turbin	<i>mm</i>
<i>V</i>	Volume air	$m^3$
<i>F</i>	Gaya (beban)	<i>kg.mm</i>
<i>r</i>	Jari – jari turbin	<i>mm</i>
<i>t</i>	Waktu	<i>sekon</i>
...	Massa jenis air	$kg/m^3$
<i>T</i>	Torsi	<i>kg.mm</i>
<i>S</i>	Kecepatan sudut	$Rad/s$
<i>y</i>	Efisiensi	%
<i>v</i>	Kecepatan aliran	$m/s$
<i>A</i>	Luas penampang	$m^2$
<i>b</i>	Lebar saluran	<i>mm</i>
<i>y</i>	Tinggi air pada saluran	<i>mm</i>
<i>m</i>	Laju Aliran massa	$kg/s$

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi pada saat ini semakin besar penggunaannya dan akibat penggunaan energi secara berlebihan di semua bidang menjadi semakin boros energi, ilmuwan diseluruh dunia menyadari hal ini dan mencoba berbagai energi alternatif. Salah satu sumber energi saat ini yang banyak dilakukan penelitian adalah arus air. Penggunaan berbagai macam turbin semakin maju. Indonesia adalah negara agraris yang menghasilkan air secara terus menerus, sehingga turbin air lebih diutamakan dari turbin angin karena angin di indonesia relatif stabil. Alih fungsi turbin angin menjadi turbin air perlu dilakukan studi lebih lanjut. Massa jenis air yang hampir 1000 kali lipat massa jenis udara menyebabkan gaya dan torsi yang mempengaruhi turbin semakin besar.

Pembangkit listrik tenaga air saat ini menjadi salah satu pilihan dalam memanfaatkan sumber energi terbaru, namun pemanfaatan yang ada masih menggunakan teknologi yang sederhana. Pembangkit Listrik jenis ini dalam proses pembuatannya sangat ekonomis, tapi masih dalam skala kecil. Artinya pembangkit - pembangkit ini hanya mampu mencukupi pemakaian energi listrik untuk sejumlah rumah saja. Jenis Pembangkit Listrik Tenaga Air ini sering disebut *Microhydro* atau sering juga disebut *Picohydro* tergantung keluaran daya listrik yang dihasilkan.

*Microhydro* ataupun *Picohydro* yang dibuat biasanya memanfaatkan air terjun dengan *head* jatuh yang besar. Sedangkan untuk aliran sungai dengan *head*



jatuh yang kecil belum dimanfaatkan dengan optimal. Hal ini menjadi referensi untuk memanfaatkan aliran sungai dengan mengubahnya menjadi aliran *vortex*.

Seorang Peneliti dari Jerman Viktor Schauburger mengembangkan teknologi aliran *vortex* (pusaran) untuk diterapkan pada pemodelan turbin air. Aliran *vortex* yang juga dikenal sebagai aliran pulsating atau pusaran dapat terjadi pada suatu fluida yang mengalir dalam suatu saluran yang mengalami perubahan mendadak.

Dalam penelitiannya Viktor Schauburger, memanfaatkan aliran irigasi yang kemudian diubah menjadi aliran *vortex* (pusaran), kemudian dimanfaatkan untuk menggerakkan sudu turbin. Dari penelitian ini didapatkan efisiensi sebesar 75% dengan tinggi air jatuh 0,6 m. Namun pada penelitiannya Viktor Schauburger tidak menjelaskan pengaruh tinggi sudu turbin.

Penelitian tentang “turbin vortex” belum sempurna, bukan dikarenakan Indonesia kekurangan penemu tetapi pengaplikasiannya belum banyak sehingga dapat dijadikan tolak ukur. Oleh karena itu perlu dibuat penganalisaan disamping pembuatan turbin *vortex* itu sendiri, agar nantinya efisiensi dari turbin air dapat maksimal.

Berdasarkan latar belakang ini, penulis ingin melakukan pengujian terhadap sebuah prototipe turbin vortex untuk mengetahui performa dari turbin vortex. Pengujian yang dilakukan pada turbin vortex berbentuk prototipe dituangkan pada tugas akhir yang berjudul **“PENGUJIAN PROTOTIPE TURBIN VORTEX DENGAN VARIASI KAPASITAS ALIRAN DAN BEBAN TORSI”**.

## 1.2 Rumusan masalah

Adapun rumusan masalah dalam pengujian prototipe turbin vortex ini antara lain adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mendapatkan nilai efisiensi, daya turbin serta nilai torsi pada putaran turbin.

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam pengujian ini adalah :

1. Adapun turbin *vortex* yang digunakan memiliki 8 sudu
2. Bahan sudu dari pipa PVC dengan sudut lengkungan 60°
3. Bahan poros dari aluminium dengan diameter 15 mm
4. Diameter turbin *vortex* 80 mm dan tinggi turbin 120 mm
5. Variasi kapasitas aliran berdasarkan bukaan katup yaitu 100%, 75% dan 50%. Dan variasi beban yang digunakan adalah 50, 100, 150 gram.
6. Pengujian dilakukan dengan pemberian beban pada poros turbin diukur dengan *Load cell* 1 kg
7. Penghitung putaran turbin menggunakan sensor Photo interuptor
8. Simulasi data hasil pengujian dikontrol menggunakan mikrokontrol Arduino Uno dan di program menggunakan software Arduino IDE

## 1.4 Tujuan

### 1.4.1 Tujuan Umum

Adapun yang menjadi tujuan umum dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan nilai performa turbin *vortex*.

#### 1.4.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari pengujian prototipe turbin vortex ini adalah :

1. Untuk mengetahui nilai efisiensi turbin.
2. Untuk menghitung daya optimal yang dihasilkan kerja turbin.
3. Untuk menghitung torsi pada poros terhadap putaran turbin.

#### 1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari pengujian ini :

1. Agar penulis mengetahui tentang apa dan bagaimana cara pengujian turbin ini dilakukan sehingga didapat hasil yang maksimal.
2. Hasil dari pengujian ini diharapkan akan bermanfaat untuk pengguna turbin vortex, sehingga didapat turbin vortex yang aman pada saat digunakan.
3. Memberikan informasi dari hasil analisa turbin vortex seperti efisiensi, daya optimal, serta torsi dan putaran poros maksimum yang dihasilkan.

#### 1.6 Sistematika Penulisan

Agar penulisan tugas akhir ini dapat dilaksanakan dengan mudah dan sistematis, maka pada penulisan tugas akhir ini disusun tahapan - tahapan sebagai berikut :

1. Pada BAB 1 menyampaikan tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.
2. Pada BAB 2 landasan teori, isinya membahas tentang teori-teori yang berhubungan dengan perancangan ini, yang diperoleh dari berbagai referensi yang dijadikan landasan untuk melakukan perancangan ini.
3. Pada BAB 3 membahas tentang metode pembuatan, bahan dan peralatan.

4. Pada BAB 4 menganalisa dan mengevaluasi dari hasil rancangan berdasarkan efisiensi keluaran.
5. Pada BAB 5 berupa kesimpulan dan saran.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Potensi Energi Air

Air merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah didapat, karena pada air tersimpan energi potensial (pada air jatuh) dan energi kinetik (pada air mengalir). Tenaga air (*hydropower*) adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis maupun energi listrik. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun ataupun aliran air di sungai. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik.

Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya *head* dan debit air. Banyaknya sungai dan danau air tawar yang ada di Indonesia merupakan modal awal untuk pengembangan energi air ini. Namun eksploitasi terhadap sumber energi yang satu ini juga harus memperhatikan ekosistem lingkungan yang sudah ada. Pemanfaatan energi air pada dasarnya adalah pemanfaatan energi potensial gravitasi. Energi mekanik aliran air yang merupakan transformasi dari energi potensial gravitasi dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin atau kincir. Umumnya turbin digunakan untuk membangkitkan energi listrik sedangkan kincir untuk pemanfaatan energi mekanik secara langsung. Untuk aliran yang melewati turbin, maka besar daya yang dihasilkan dapat dihitung dengan persamaan :

$$P = \dots g H_{eff} Y_T \tag{2.1}$$



Tekanan atmosfer (dalam kasus ini merupakan tekanan luar) bekerja pada seluruh permukaan fluida dan tekanan tersebut disalurkan pada seluruh bagian fluida. Oleh karena itu, tekanan total fluida pada kedalaman tertentu selain disebabkan oleh tekanan lapisan fluida pada bagian atas, juga dipengaruhi oleh tekanan luar. Air yang mengalir memiliki energi kinetik, yang berhubungan dengan massa dan kecepatan aliran. Sehingga energi kinetik air dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Energi Kinetik air} = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.2)$$

Karena laju aliran massa air dapat dihitung dengan rumus :

$$\dot{m} = \dots \cdot Q \quad (2.3)$$

Maka energi kinetik air bisa dirumuskan menjadi :

$$E_{kinetik} = \frac{1}{2} \dots \cdot Q \cdot v^2 \quad (2.4)$$

## 2.2 Jenis – Jenis Turbin

Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis, turbin dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin Impuls dan turbin Reaksi.

Sebelum berkembang menjadi turbin Pelton dan turbin *Crossflow* (jenis impuls), dan turbin Francis dan turbin Kaplan (jenis reaksi) seperti yang banyak ditemukan saat sekarang, beberapa jenis turbin dengan konstruksi yang relatif sederhana telah mengawalinya.

Di samping itu juga telah dilakukan upaya penyempurnaan dengan memodifikasi rancangan dari turbin - turbin yang sudah mapan seperti turbin Pelton, turbin *Crossflow*, turbin Francis, dan turbin Kaplan. Beberapa jenis turbin

air dapat disebut seperti turbin Banki, turbin Fourneyron, turbin Girard, turbin Turgo, turbin Jonval, turbin Thomson, turbin Deriaz, turbin Heber, turbin Schwan-Krug. Turbin - turbin tersebut dinamakan sesuai dengan nama penemunya. Walaupun dari segi kepentingan tidak begitu besar artinya, namun dari kepentingan akademik, beberapa jenis turbin air ini perlu juga dikenal.

### 2.2.1 Turbin Impuls

Pada turbin impuls energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada nosel. Air dari nosel yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu turbin arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (impuls). Akibatnya roda turbin akan berputar. Turbin impuls adalah turbin tekanan sama karena aliran air yang keluar dari nosel tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Beberapa contoh dari turbin impuls turbin *pelton* dan turbin *crossflow*.

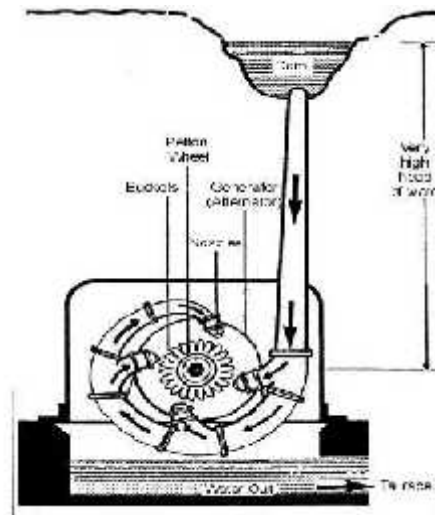
#### 1. Turbin Pelton.

Turbin pelton seperti pada gambar 2.1 merupakan turbin impuls. Turbin Pelton terdiri dari satu set sudu Jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih alat yang disebut nosel. Turbin Pelton adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien. Turbin Pelton adalah turbin yang cocok digunakan untuk *head* tinggi.



Gambar 2.1 Turbin Pelton

Bentuk sudu turbin terdiri dari dua bagian yang simetris. Sudu dibentuk sedemikian sehingga pancaran air akan mengenai tengah - tengah sudu dan pancaran air tersebut akan berbelok ke kedua arah sehingga bisa membalikkan pancaran air dengan baik dan membebaskan sudu dari gaya - gaya samping. Untuk turbin dengan daya yang besar, sistem penyemprotan airnya dibagi lewat beberapa nosel. Dengan demikian diameter pancaran air bisa diperkecil dan ember sudu lebih kecil. Turbin Pelton untuk pembangkit skala besar membutuhkan *head* lebih kurang 150 meter tetapi untuk skala mikro *head* 20 meter sudah mencukupi seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Skema *head* Turbin Pelton

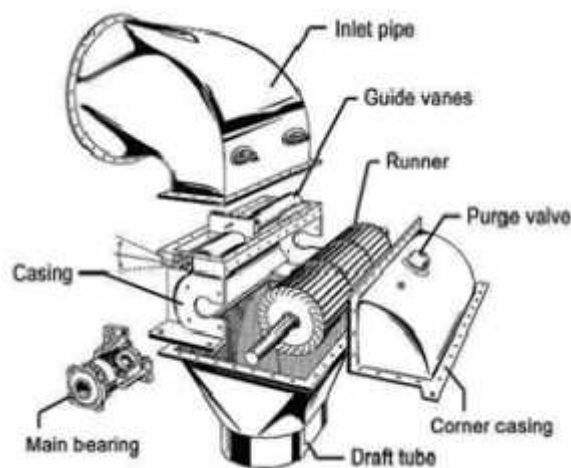
## 2. Turbin *Crossflow* (Turbin *Michell-Banki*).

Pada turbin impuls pelton beroperasi pada *head* relatif tinggi, sehingga pada *head* yang rendah operasinya kurang efektif atau efisiensinya rendah. Karena alasan tersebut, turbin pelton jarang dipakai secara luas untuk pembangkit listrik skala kecil. Sebagai alternatif turbin jenis impuls yang dapat beroperasi pada *head* rendah adalah turbin *crossflow* atau turbin impuls aliran ossberger. Turbin *crossflow* seperti pada gambar 2.3 dapat dioperasikan pada debit 20 m<sup>3</sup>/detik

hingga 10 m<sup>3</sup>/detik dan *head* antara 1 s/d 200 m. Komponen – komponen utama konstruksi turbin *crossflow* adalah sebagai berikut :

1. Rumah Turbin.
2. Alat Pengarah (distributor).
3. Roda jalan.
4. Penutup.
5. Katup udara.
6. Pipa hisap.
7. Bagian peralihan.

Aliran air dilewatkan melalui sudu - sudu jalan yang berbentuk silinder, kemudian aliran air dari dalam silinder keluar melalui sudu - sudu. Jadi perubahan energi aliran air menjadi energi mekanik putar terjadi dua kali yaitu pada waktu air masuk silinder dan air keluar silinder. Energi yang diperoleh dari tahap kedua adalah 20% nya dari tahap pertama.



Gambar 2.3 Turbin *Crossflow*

Seperti pada gambar 2.3 air yang masuk sudu diarahkan oleh alat pengarah yang sekaligus berfungsi sebagai nosel seperti pada turbin pelton. Prinsip

perubahan energi adalah sama dengan turbin impuls pelton yaitu energi kinetik dari pengarah dikenakan pada sudu - sudu pada tekanan yang sama. Turbin *crossflow* menggunakan *nozzle* persegi panjang yang lebarnya sesuai dengan lebar *runner*. Pancaran air masuk turbin dan mengenai sudu sehingga terjadi konversi energi kinetik menjadi energi mekanis. Air mengalir keluar membentur sudu dan memberikan energinya (lebih rendah dibanding saat masuk) kemudian meninggalkan turbin. *Runner* turbin dibuat dari beberapa sudu yang dipasang pada sepasang piringan paralel. Ciri utama turbin impuls adalah tekanan jatuh hanya terjadi pada sudu tetap, dan tidak terjadi pada sudu berputar. Turbin impuls disebut turbin tak bertekanan karena sudu gerak beroperasi pada tekanan atmosfer. Banyak turbin air jenis impuls yang pernah dibuat, namun yang masih banyak ditemukan pada saat sekarang adalah turbin pelton dengan bentuk *bucket* yang terbelah ditengah. Posisi poros dapat dibuat tegak (vertikal) atau mendatar (horizontal).

### 2.2.2 Turbin Reaksi

Pada turbin reaksi, energi yang tersedia pada saluran masuk hanya sebagian saja yang diubah menjadi energi kinetik sedangkan sisanya tetap dalam bentuk energi tekan. Ketika air mengalir melalui roda gerak / *runner* terjadi perubahan energi tekan menjadi energi kinetik secara berangsur - angsur. Tekanan pada sisi masuk roda gerak lebih tinggi dibandingkan tekanan pada sisi keluar roda gerak turbin, dimana tekanan tersebut bervariasi terhadap laju aliran fluida yang melalui turbin. Selanjutnya agar perubahan tekanan ini dapat terjadi, maka roda / *runner* dalam hal ini harus tertutup dari udara luar dan seluruhnya terisi air



selama turbin beroperasi. Beberapa contoh dari turbin reaksi adalah turbin *francis*, turbin *kaplan*, dan turbin *vorteks*.

#### 1. Turbin *Kaplan*.

Tidak berbeda dengan turbin *francis*, turbin *kaplan* cara kerjanya menggunakan prinsip reaksi. Turbin ini mempunyai roda jalan yang mirip dengan baling - baling pesawat terbang.

Bila baling - baling pesawat terbang berfungsi untuk menghasilkan gaya dorong, roda jalan pada *kaplan* berfungsi untuk mendapatkan gaya  $F$  yaitu gaya putar yang dapat menghasilkan torsi pada poros turbin. Berbeda dengan roda jalan pada *francis*, sudu - sudu pada roda jalan *kaplan* dapat diputar posisinya untuk menyesuaikan kondisi beban turbin. Turbin *kaplan* banyak dipakai pada instalasi pembangkit listrik tenaga air sungai, karena turbin ini mempunyai kelebihan dapat menyesuaikan *head* yang berubah - ubah sepanjang tahun. Turbin *Kaplan* dapat beroperasi pada kecepatan tinggi sehingga ukuran roda turbin lebih kecil dan dapat dikopel langsung dengan generator. Pada kondisi pada beban tidak penuh turbin *kaplan* seperti pada gambar 2.4 mempunyai efisiensi paling tinggi, hal ini dikarenakan sudu - sudu turbin *kaplan* dapat diatur menyesuaikan dengan beban yang ada.



Gambar 2.4 Turbin *Kaplan*

## 2. Turbin *Francis*

Turbin *francis* seperti pada gambar 2.5 merupakan salah satu turbin reaksi. Turbin dipasang di antara sumber air tekanan tinggi di bagian masuk dan air bertekanan rendah di bagian keluar. Turbin Francis menggunakan sudu pengarah. Sudu pengarah mengarahkan air masuk secara tangensial. Sudu pengarah pada turbin francis dapat merupakan suatu sudu pengarah yang tetap ataupun sudu pengarah yang dapat diatur sudutnya. Untuk penggunaan pada berbagai kondisi aliran air penggunaan sudu pengarah yang dapat diatur merupakan pilihan yang tepat.



Gambar 2.5 Turbin Francis

## 3. Turbin *Vortex* ( Pusaran Air )

Turbin *Vortex* merupakan turbin yang memanfaatkan pusaran air sebagai media perantara energi terhadap sumbu vertikal sehingga terjadi perbedaan tekanan antara bagian sumbu dan sekelilingnya. Turbin air seperti gambar 2.6 ini dioperasikan pada daerah yang memiliki *head* yang rendah dan memanfaatkan pusaran gravitasi air sehingga akan menimbulkan perbedaan tekanan air dengan bagian sumbu. Hal ini ditemukan oleh Insinyur Austria Franz Zotloterer ketika mencoba untuk menemukan cara untuk mengalirkan air tanpa sumber daya eksternal.



Gambar 2.6 Turbin Vortex

Ciri utama turbin reaksi pada semua jenis turbin, baik turbin uap, turbin gas dan turbin air, adalah sebagian dari tekanan jatuh terjadi pada sudu tetap dan sebagian lagi pada sudu berputar. Persamaan kontinuitas dapat digunakan pada perhitungan aliran melalui sudu berputar, karena seluruh fluida kerja memenuhi seluruh saluran sudu. Karena fluida masuk sudu berputar melalui seluruh tepi sisi masuk.

### 2.3 Klasifikasi Turbin

Pemilihan turbin kebanyakan didasarkan pada *head* air yang didapatkan dan pada rata - rata alirannya. Umumnya, turbin impuls digunakan untuk tempat dengan *head* tinggi, dan turbin reaksi digunakan untuk tempat dengan *head* rendah.

#### 2.3.1 Klasifikasi Berdasarkan Ketinggian Jatuh Air

Pemakaian jenis turbin dibedakan atas ketinggian air jatuh, dimana untuk ketinggian air jatuh tertentu maka berbeda pula jenis turbin yang digunakan. Pada tabel 2.1 berikut dapat dilihat jenis turbin yang digunakan menurut tinggi air jatuh.

Tabel 2.1 Klasifikasi Turbin air berdasarkan tinggi jatuh air

Ketinggian Air Jatuh (m)	Jenis Turbin
Tinggi tekan sangat rendah (<2)	Turbin Vortex
Tinggi tekan rendah (<15)	Turbin Baling - baling/Kaplan
Tinggi tekan menengah (16-70)	Turbin Kaplan/Francis
Tinggi tekan tinggi (71-500)	Turbin Francis/Pelton

### 2.3.2. Klasifikasi Berdasarkan Kecepatan Spesifik Turbin

Kecepatan spesifik ( $ns$ ), menunjukkan bentuk dari turbin itu dan tidak berhubungan dengan ukurannya. Hal ini menyebabkan desain turbin baru yang diubah skalanya dari desain yang sudah ada, dengan performa yang sudah diketahui. Kecepatan spesifik merupakan kriteria utama yang menunjukkan pemilihan jenis turbin yang tepat berdasarkan karakteristik sumber air.

Kecepatan spesifik dari sebuah turbin juga dapat diartikan sebagai kecepatan ideal, persamaan geometris turbin, yang menghasilkan satu satuan daya tiap satu satuan *head*. Kecepatan spesifik turbin dapat diartikan sebagai titik efisiensi maksimum. Perhitungan tepat ini menghasilkan performa turbin dalam jangkauan *head* dan debit tertentu.

Kecepatan spesifik juga merupakan titik awal dari analisis desain dari sebuah turbin baru. Setelah kecepatan spesifik yang diinginkan diketahui, dimensi dasar dari bagian - bagian turbin dapat dihitung dengan mudah.

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

Kecepatan spesifik dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$n_s = \frac{n\sqrt{pt}}{H^{5/4}} \quad (2.5)$$

Tabel 2.2 Klasifikasi berdasarkan putaran spesifik

PENGGERAK	KECEPATAN SPESIFIK (rpm)		
	Lambat	Sedang	Cepat
Pelton	4 – 5	16 – 30	31 – 70
Francis	60 – 150	151 – 250	251 – 400
Kaplan	300 – 450	451 – 700	701 – 1100

### 2.3.3. Klasifikasi Berdasarkan Arah Aliran Fluida

Pada tabel 2.3 berikut dapat dilihat pemakaian jenis turbin berdasarkan arah alirannya.

Tabel 2.3 Jenis-jenis turbin berdasarkan arah alirannya

Jenis Turbin	Arah Aliran
Francis	Radial atau gabungan
Pelton	Tangensial
Kaplan	Aksial
Vortex	Vertikal

## 2.4 Turbin Vortex ( Pusaran Air)

Turbin vortex adalah turbin yang mengubah energi kinetik dari vortex (pusaran) menjadi torsi. Vortex atau pusaran sendiri didefinisikan sebagai aliran fluida yang bergerak di sepanjang lintasan melengkung atau aliran massa fluida yang bergerak melingkar.

Turbin *Vortex* merupakan turbin yang memanfaatkan pusaran air sebagai media perantara energi terhadap sumbu vertikal sehingga terjadi perbedaan tekanan antara bagian sumbu dan sekelilingnya. Turbin air ini dioperasikan pada daerah yang memiliki *head* yang rendah dan memanfaatkan pusaran gravitasi air sehingga akan menimbulkan perbedaan tekanan air dengan bagian sumbu.

### 2.4.1 Cara Kerja Turbin Vortex

Sistem PLTA pusaran air adalah sebuah teknologi baru yang memanfaatkan energi yang terkandung dalam pusaran air yang besar dengan diciptakan melalui perbedaan *head* rendah di sungai.

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 energi kinetik rotasi di inti vortex yang selanjutnya diekstraksi melalui turbin sumbu vertikal.
4. Pusaran yang terbentuk kemudian memutar sudu / *runner*
5. Air kemudian kembali ke bak penampungan melalui saluran keluar.



Gambar 2.7 Rumah Turbin Vortex

### 2.4.2 Komponen Utama Turbin Vortex

Komponen utama pada turbin *vortex* sama dengan turbin - turbin lain hanya saja turbin *vortex* lebih mudah dalam pemasangannya dan pemeliharaannya. Turbin ini kuat dan dibangun untuk terakhir, dengan maksimum rak - hidup 50 -

100 tahun. Beberapa bagian diantaranya sebagai berikut : Rumah (*casing*), Poros, Sudu (*Moving Blades*), dan Bantalan (*Bearing*).

#### 2.4.3 Keunggulan Turbin Vortex

1. Baik dikembangkan pada daerah yang memiliki sumber air dengan debit yang cukup besar namun hanya memiliki *head* yang rendah.
2. Tidak memerlukan sistem kontrol yang sangat rumit seperti turbin lainnya.
3. Tekanan air yang terjadi tidak merusak ekologi, dalam hal ini dampak terhadap kehidupan air (ikan) dan mikroorganisme lainnya tetap terjaga.
4. Tidak membutuhkan *draft tube*, sehingga dapat mengurangi pengeluaran untuk penggalian pemasangan *draft tube*.
5. Memiliki efisiensi yang tinggi, dengan variasi debit yang besar dan sangat baik untuk debit air yang kecil.
6. Tidak memerlukan jaring - jaring halus sebagai pencegah masuknya puing-puing kedalam turbin, sehingga dapat mengurangi biaya perawatan.

#### 2.5 Aliran vortex

Vortex adalah massa fluida yang partikel - partikelnya bergerak berputar dengan garis arus (*streamline*) membentuk lingkaran konsentris. Gerakan *vortex* seperti pada gambar 2.8 berputar disebabkan oleh adanya perbedaan kecepatan antara lapisan fluida yang berdekatan. Dapat diartikan juga sebagai gerak alamiah fluida yang diakibatkan oleh parameter kecepatan dan tekanan. *Vortex* sebagai pusaran yang merupakan efek dari putaran rotasional dimana viskositas berpengaruh didalamnya.



Gambar 2.8 Aliran Vortex

Pergerakan aliran fluida dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu :

1. Translasi murni atau translasi irrotasional
2. Rotasi murni atau translasi rotasional
3. Distorsi atau deformasi murni, baik angular ataupun linier

Aliran irrotasional terjadi apabila elemen fluida di setiap titik tidak mempunyai kecepatan sudut *netto* terhadap titik tersebut. Sebaliknya aliran rotasional terjadi apabila elemen fluida mempunyai kecepatan sudut *netto*. Gerak *vortex* dapat dikategorikan sebagai dalam aliran rotasional. *Vortex* digambarkan sebagai aliran yang bergerak dan berputar terhadap sumbu vertikal sehingga terjadi perbedaan tekanan antara bagian sumbu dan sekelilingnya.

Berdasarkan klasifikasi aliran berputar yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari maka aliran *vortex* dapat dibedakan menjadi tiga bagian, yaitu :

1. Aliran *Vortex* Bebas

Aliran *vortex* bebas 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  $r$  dapat dilihat pada persamaan ini :



$$v = \frac{\ddagger}{2f r} \quad (2.6)$$

## 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  $r$  dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$v = r \cdot S \quad (2.7)$$

Bekerjanya gaya selain gaya gravitasi pada air menghasilkan gaya *vortex* yang dikenal sebagai aliran *vortex* paksa. Dalam putaran,  $N$  dan kecepatan sudut  $\checkmark$ , partikel  $P$  mempunyai sudut tangen, berat partikel  $m$  dan gaya sentrifugal  $F_c$ . Gaya sentrifugal didefinisikan sebagai berikut :

$$F_c = \frac{m}{g} (\checkmark r^2) \quad (2.8)$$

## 3. Aliran *Vortex* Kombinasi

Aliran *Vortex* Kombinasi adalah *vortex* dengan *vortex* paksa pada inti pusatnya dan distribusi kecepatan yang sesuai dengan *vortex* bebas pada luar intinya. Jadi untuk sebuah *vortex* kombinasi dapat dilihat pada persamaan berikut ini :

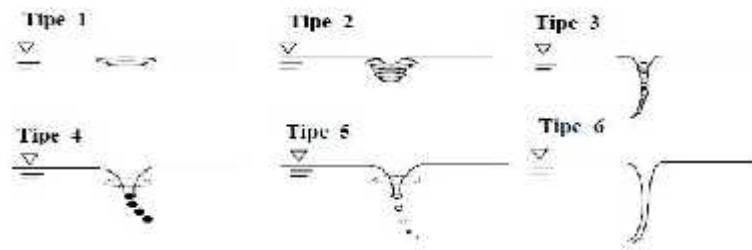
$$v_e = \checkmark \cdot r \quad r \leq r_0 \quad (2.9)$$

$$v_e = \frac{K}{r} \quad r > r_0 \quad (2.10)$$

Dimana nilai  $K$  dan  $\checkmark$  adalah konstanta dan  $r_0$  adalah jari-jari inti pusat.

Sebuah konsep matematika yang biasanya berhubungan dengan gerakan *vortex* adalah sirkulasi. Sirkulasi didefinisikan sebagai sebuah integral garis dari

komponen tangensial kecepatan yang diambil dari sekeliling kurva tertutup di medan aliran. Pada gambar 2.9 menunjukkan konsep sirkulasi sering digunakan untuk mengevaluasi gaya - gaya yang terbentuk pada benda - benda yang terendam dalam fluida yang bergerak.

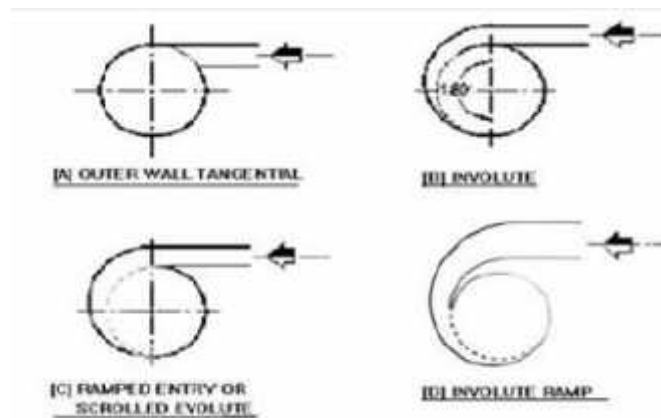


Gambar 2.9 Tipe - tipe *Vortex*

Tipe *vortex* 1 merupakan awal aliran air berputar di permukaan. Tipe 2 putaran air mulai menunjukkan adanya cekungan kedalam di bagian tengah pusaran. Tipe 3 pusaran air mulai membentuk kolom udara (*vortex*) yang bergerak menuju *outlet*. Tipe 4 kekuatan *vortex* mampu menarik material apung masuk ke dalam pusaran. Tipe 5 adalah *vortex* dimana gelembung - gelembung udara pecah di ujung pusat pusaran yang masuk konstruksi silinder. Tipe 6 *vortex* dengan lubang udara penuh menuju *outlet*.

## 2.6 Lubang masuk (*Inlet area*)

Ada beberapa tipe dari lubang masuk (*Inlet area*), yaitu : lubang masuk tipe *involute*, lubang masuk tipe *ramp* dan lubang masuk tipe *scroll*. Berbagai *involute*, lubang masuk tipe *ramp* dan lubang masuk tipe *scroll* dapat mengurangi efek dari turbulensi yang terjadi disekitar dinding lubang masuk dan daerah antara lubang masuk. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.10 tipe tersebut dimaksudkan untuk lebih memaksimalkan kinerja dari turbin. Dengan konstruksi lubang masuk dengan tipe.



Gambar 2.10 Beberapa tipe dari lubang masuk (*Inlet area*)

## 2.7 Pipa Lepas

Pipa lepas adalah saluran penghubung antara sisi keluar turbin dengan muka air bawah. Umumnya pipa lepas satu meter di muka air bawah. Dengan demikian *head* antara air keluar roda jalan dan muka air bawah dapat dimanfaatkan. Fungsi utama pipa lepas adalah :

1. Memanfaatkan tinggi air jatuh antara sisi keluar turbin dengan muka air bawah. Air yang jatuh bebas dari sisi keluar turbin menimbulkan kehampaan dalam pipa lepas. Kehampaan ini terjadi akibat kecepatan air yang keluar dari roda turbin sangat tinggi sehingga terjadi tarikan air setinggi jarak antara sisi keluar turbin dan muka air bawah, ini berlaku untuk rumah turbin yang berada lebih tinggi dari muka air bawah.
2. Mengurangi kerugian energi kinetik. Umumnya kecepatan air keluar roda jalan masih dalam kecepatan tinggi. Dengan menggunakan pipa lepas yang mempunyai penampang yang semakin besar ke arah keluar, maka kecepatan air dapat diperkecil sehingga energi kinetik dapat dikurangi. Dengan menggunakan pipa lepas ini efisiensi turbin dapat bertambah.

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu

##### 3.1.1 Tempat

Tempat dilaksanakannya pengujian prototipe turbin vortex dengan variasi kapasitas aliran dan beban torsi dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan.

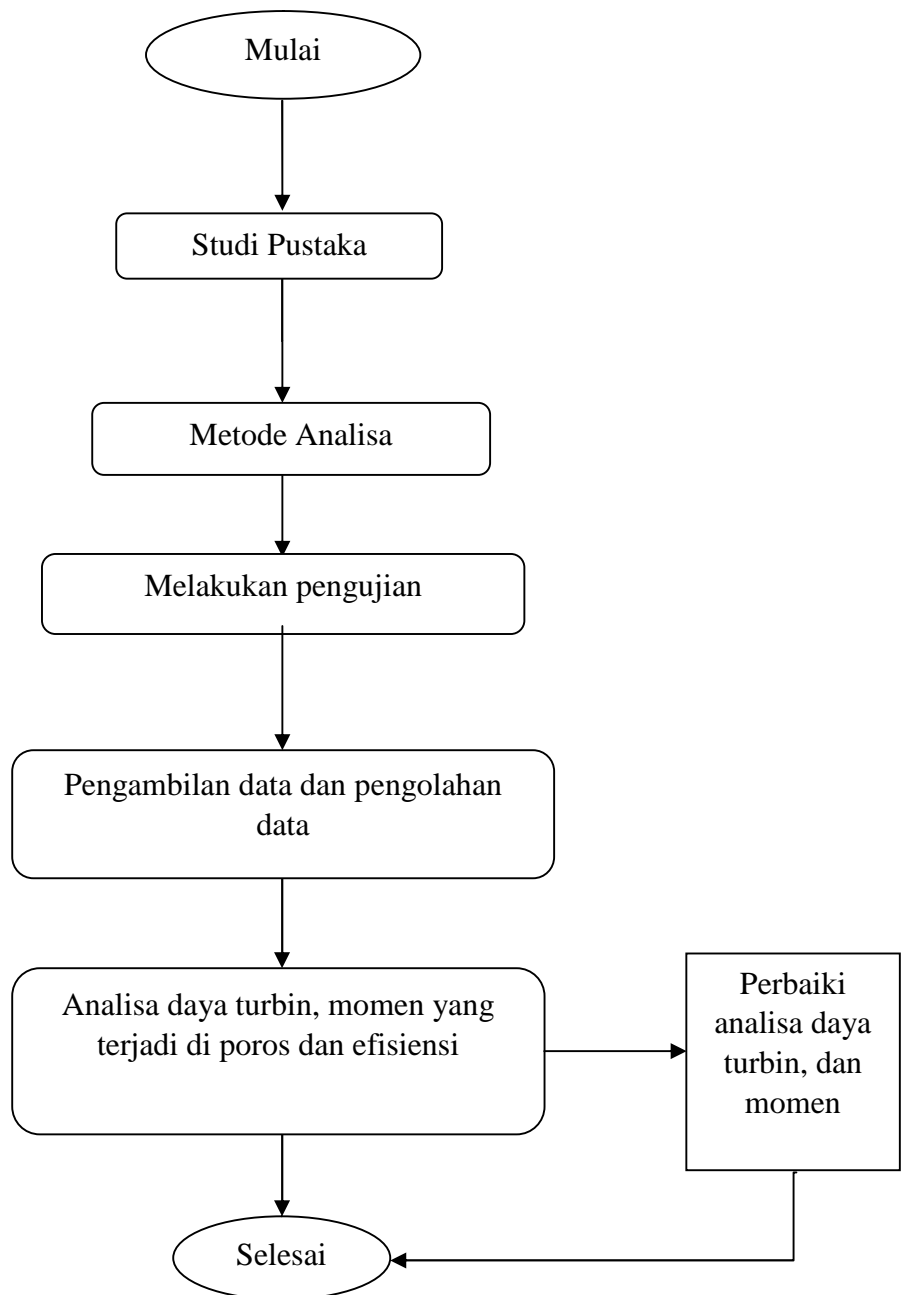
##### 3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan pembuatan prototipe dan pengujian turbin telah dilaksanakan sejak tanggal pengesahan usulan judul penelitian oleh pengelola Program Studi Teknik Mesin sampai dinyatakan selesai, diperkirakan sembilan (7) bulan.

No	Uraian Kegiatan	Waktu						
		Sept	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar
1	Pengajuan Judul	■						
2	Studi Literatur	■	■					
3	Penyiapan Bahan		■					
4	Pembuatan Alat		■	■	■	■		
5	Pengujian Alat					■		
6	Penyusunan Skripsi					■	■	■
7	Sidang Sarjana							

### 3.2 Diagram Alir

Agar penelitian dapat berjalan secara sistematis, maka diperlukan rancangan penelitian atau langkah - langkah penelitian. Adapun diagram alir penelitian sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir

### 3.3 Peralatan Pengujian

#### 1. Prototipe Turbin Vortex

Runner turbin vortex berperan sebagai pengubah energi fluida yang terkandung pada air menjadi energi listrik, adapun spesifikasi runner yang digunakan adalah :

Jumlah Sudu/ <i>Bucket</i>	: 8 buah
Diameter runner	: 80 mm
Diameter poros	: 15 mm
Dimensi bucket	
Tinggi	: 80 mm
Tebal	: 2 mm
Sudut lengkung	: 60°



Gambar 3.2 runner turbin

## 2. Rumah Turbin

Rumah turbin *vortex* berfungsi sebagai tempat pusaran air untuk memutar sudu turbin, dengan diameter 160 mm dan tinggi 200 mm.



Gambar 3.3 rumah turbin

## 3. Mikrokontrol Arduino

Mikrokontrol arduino uno digunakan untuk mengontrol dan menerjemahkan data ataupun input sinyal yang ditangkap oleh sensor pembaca seperti sensor putar dan load cell dan menerjemahkannya dalam bentuk data yang dapat dibaca secara visual. Spesifikasi arduino yang digunakan :

Tipe arduino	: Arduino Uno
Jumlah Pin	: 13 Pin
Analog pin	: 5 Pin
Digital pin	: 13 pin



Gambar 3.4 Arduino Uno

#### 4. Photo Sensor Interuptor

Sensor ini berfungsi sebagai pembaca jumlah putaran poros turbin dengan sinar infra merah, data hasil pembacaan putaran akan di terjemahkan dalam bentuk data visual oleh arduino menggunakan serangkaian program.



Gambar 3.5 Photo sensor interuptor

#### 5. Load Cell

*Load Cell* berfungsi sebagai pembaca berat beban yang diletakkan diatas poros turbin sebagai pengujian untuk mengetahui torsi yang terjadi pada poros.

*Load cell* yang digunakan adalah *load cell* 1 Kg

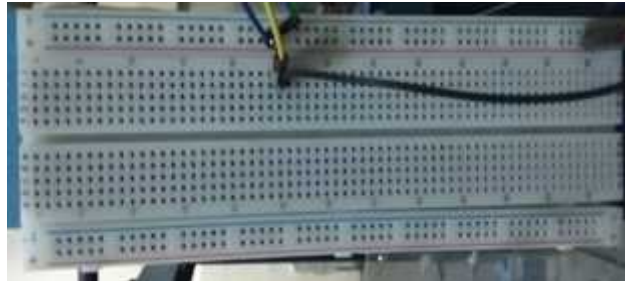


Gambar 3.6 Load Cell



## 6. Bread Board

*Bread board* berfungsi sebagai papan penghubung rangkaian listrik yaitu sebuah alat dimana jumper atau kabel sensor di rangkakan.



Gambar 3.7 Bread Board

## 7. Pulley

*Pulley* berfungsi sebagai tempat sabuk penggantung beban, beban yang di ikat menggunakan tali yang digantung pada *pulley*, jumlah *pulley* yang dipakai tiga buah, satu buah dipasang pada poros dan dua buah lagi di sisi samping dudukan *runner*.



Gambar 3.8 Pulley

## 8. Roda Pencacah

Roda pencacah diletakkan dicelah - celah antara sensor putaran, roda ini berfungsi untuk mempengaruhi intensitas cahaya yang diberikan oleh sinar LED pada optocouler ke photo transistor yang akan memberikan perubahan level logika sesuai dengan putaran roda cacah.



Gambar 3.9 Roda Pencacah

#### 9. Flow meter

Flow meter adalah alat untuk mengukur jumlah atau laju aliran dari suatu fluida yang mengalir dalam pipa atau sambungan terbuka. Alat ini terdiri dari primary device, yang disebut sebagai alat utama dan secondary device (alat bantu sekunder).



Gambar 3.9 Flow meter

#### 10. Pompa Air

Pompa air berfungsi untuk memompa air dari bak penampungan hingga keluar menuju jalur dan mengarah ke rumah turbin.



Gambar 3.11 pompa air

Spesifikasi pompa :

H. Max = 12 m

Q. Max = 200 L/min

RPM = 2850

Suction Max = 9 m

### **3.4 Prosedur Pengujian**

Langkah – langkah yang dilakukan dalam melakukan prosedur pengujian prototipe turbin vortex ini adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan bahan dan alat untuk proses pengujian.
2. Mengisi bak air pada bak penampungan.
3. Merangkai dan menghubungkan sensor putar serta load cell pada arduino.
4. Memasang roda pencacah tepat diantara celah sensor putar.
5. Memberikan daya ke arduino dengan cara menghubungkan arduino ke laptop atau komputer.
6. Memasang beban pemberat disertai load cell sebagai pembaca berat ke pulley.
7. Menghidupkan pompa air dan melakukan pengamatan data yang ditampilkan di komputer.

### **3.5 Metode Pengukuran**

Metode yang digunakan untuk menghitung daya turbin adalah dengan cara membaca pergerakan pertambahan beban yang terjadi setelah turbin berputar, sebelum turbin berputar menghitung beban dahulu berat awalnya kemudian setelah turbin berputar mencatat pertambahan berat beban yang tertera pada aplikasi arduino. Dan melakukan pengamatan kecepatan putaran turbin saat poros

berputar. Kemudian mengamati debit air pada flow meter dalam waktu 1 menit. Setelah melakukan pengujian pertama, mengganti berat beban dan bukaan katup, variasi beban yaitu 50, 100, 150 gram dan variasi kapasitas aliran dari bukaan katup 100%, 75% dan 50%.

### 3.6 Penentuan Kecepatan Aliran Air Pada Penampang.

Fluida mengalir dengan kecepatan tertentu, sesuai dengan debit aliran dan luas penampang aliran air. Maka yang dimaksud dengan debit fluida adalah volume fluida yang mengalir persatuan waktu melalui suatu penampang dengan luas penampang dan dengan kecepatan.

Luas penampang pada saluran :

$$A = b \cdot y \quad (3.1)$$

Kecepatan aliran air pada saluran :

$$v = \frac{Q}{A} \quad (3.2)$$

### 3.7 Analisa Segitiga Kecepatan

Kecepatan air yang mengalir melalui sudu *runner* dan kecepatan tangensial akibat perputaran *runner* akan membentuk hubungan segitiga kecepatan, hubungan segitiga kecepatan ini dapat terjadi pada sisi masuk dan sisi keluar *runner*.

Untuk efisiensi turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$y_t = \frac{P_{turbin}}{P_{air}} \times 100\% \quad (3.3)$$

Untuk menghitung daya air dapat menggunakan rumus :

$$P_{air} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad (3.4)$$

### 3.8 Putaran Spesifik Turbin

Putaran spesifik adalah putaran yang diperlukan untuk menganalisa hubungan antara putaran yang dihasilkan oleh daya turbin terhadap besarnya energi potensial yang diberikan. Putaran spesifik turbin dapat diperoleh dari persamaan :

$$ns = \frac{n\sqrt{Pt}}{H^{5/4}} \quad (3.9)$$

Apa bila momen puntir dari suatu poros sudah diketahui maka untuk daya turbin juga dapat dicari menggunakan rumus :

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{Pd}{n} \quad (3.10)$$

Atau

$$T = F \cdot r$$

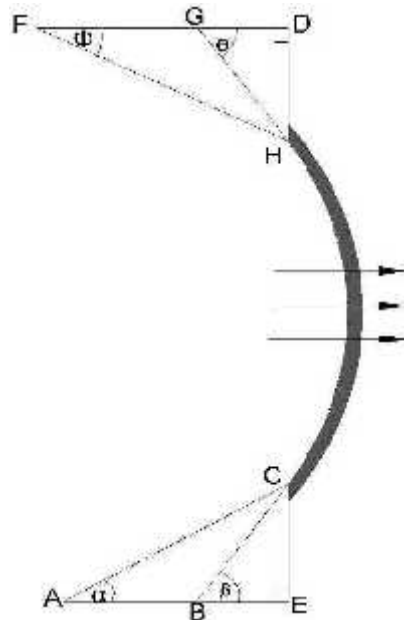
$$Pd = \frac{(T/1000) \times (2fn/60)}{102} \quad (3.11)$$

Dimana pada turbin air biasanya diketahui kapasitas air  $V$ , tetapi pada turbin uap dan gas diketahui jumlah massa fluida  $\dot{m}$  yang dialirkan, diantara kedua satuan tersebut terdapat hubungan :

$$\text{Kapasitas air } V = \frac{\dot{m}}{\dots} \quad (3.12)$$

**BAB 4**  
**ANALISA DATA**

**4.1 Analisa Segitiga Kecepatan**



Gambar 4.1 segitiga kecepatan sisi masuk dan keluar

Dimana pada segitiga kecepatan aliran masuk :

AC = kecepatan absolut air memasuki sudu (V)

BC = kecepatan relatif air memasuki sudu ( $V_r$ )

EC = kecepatan aliran memasuki sudu bergerak ( $V_f$ )

AB = kecepatan linier sudu yang bergerak (U)

AE = kecepatan pusing pada sisi masuk sudu yang bergerak ( $V_w$ )

$\gamma$  = sudut antara air dan sudu yang memasuki sudu

$s$  = sudut antara kecepatan relatif dengan sudu

Pada segitiga aliran keluar :

$$H_f = V_{r1}$$

$$H_G = V_1$$

$$H_D = V_{f1}$$

$\alpha, \omega$  = sudut yang sama pada sisi keluar

1. Kecepatan aliran air pada pintu bukaan katup 100% :

$$V = \frac{Q}{A}$$

Debit aliran air ( $0,05 \frac{m^3}{mnt}$ ) berdasarkan pengukuran flow meter

a. Kecepatan absolut air memasuki sudu (V)

$$V = \frac{Q}{A} \quad \text{dimana luas penampang pintu} = 0,0024 m^2$$

$$V = \frac{0,0008333 \frac{m^3}{s}}{0,0024 m^2} = 0,3472 \frac{m}{s}$$

b. Kecepatan aliran memasuki sudu bergerak ( $V_f$ )

Diketahui sudut  $r = 60^\circ$  dari kelengkungan sudu

$$V_f = \sin 60^\circ \times V$$

$$V_f = 0,866 \times 0,3472 \frac{m}{s}$$

$$V_f = 0,3 \frac{m}{s}$$

c. Kecepatan pusar pada sisi masuk sudu yang bergerak ( $V_w$ )

$$V_w = V \cos 60^\circ$$

$$V_w = 0,3472 \frac{m}{s} \times 0,5$$

$$V_w = 0,1736 \frac{m}{s}$$

d. Kecepatan relatif air memasuki sudu ( $V_r$ )

$$V_r = \frac{f \cdot D \cdot n}{60}$$

$$V_r = \frac{3,14 \cdot 0,08 \cdot 75}{60} = 0,314 \text{ m/s}$$

e. Kecepatan keliling roda jalan ( $U$ )

$$\sin S = \frac{V_f}{V_r} = \frac{0,3 \text{ m/s}}{0,314 \text{ m/s}} = 0,9554$$

$$\sin S = 0,9554$$

$$S = 72,82^\circ$$

$$U_1 = V_r \cos S$$

$$U_1 = 0,314 \text{ m/s} \times 0,295 = 0,0926 \text{ m/s}$$

Maka :  $U = V_w - U_1$

$$U = 0,1736 \text{ m/s} - 0,0926 \text{ m/s}$$

$$U = 0,081 \text{ m/s}$$

## 4.2 Analisa Segitiga Kecepatan Pada Sisi Keluar

Karena sudu licin, sehingga analisa segitiga pada sisi keluar :

a. Kecepatan aliran pada sisi keluar ( $V_{f1}$ ,  $V_1$ ,  $V_{r1}$ )

$$V_f = V_{f1} = 0,3 \text{ m/s}$$

$$V = V_1 = 0,3472 \text{ m/s}$$

$$V_r = V_{r1} = 0,314 \text{ m/s}$$



b. Sudut pada kecepatan keliling sisi keluar sudu ( $\alpha$ )

$$V_{f1} = V_1 \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{V_f}{V_1} = \frac{0,3 \text{ m/s}}{0,3472 \text{ m/s}}$$

$$\sin \alpha = 0,864$$

$$\alpha = 59,77^\circ$$

c. kecepatan keliling pada sisi keluar ( $U_1$ )

$$U_1 = V_1 \cos \alpha$$

$$U_1 = 0,3472 \text{ m/s} \sin 59,77$$

$$U_1 = 0,3472 \text{ m/s} \times 0,503$$

$$U_1 = 0,1748 \text{ m/s}$$

d. Sudut pada kecepatan pusar sisi keluar sudu yang bergerak ( $\omega$ )

$$V_{f1} = V_{r1} \sin \omega$$

$$\sin \omega = \frac{V_f}{V_{r1}} = \frac{0,3 \text{ m/s}}{0,314 \text{ m/s}}$$

$$\sin \omega = 0,9554$$

$$\omega = 72,82^\circ$$

e. Kecepatan pusar sisi keluar sudu yang bergerak ( $V_{w1}$ )

$$V_{w1} = V_{r1} \cos \omega$$

$$V_{w1} = 0,314 \text{ m/s} \cos 72,82^\circ$$

$$V_{w1} = 0,314 \text{ m/s} \times 0,29537$$

$$V_{w1} = 0,0927 \text{ m/s}$$

Maka :

$$U = Vw_1 - U_1$$

$$U = 0,0927 \text{ m/s} - 0,104 \text{ m/s}$$

$$U = 0,0113 \text{ m/s}$$

### 4.3 Efisiensi Turbin Vortex

Untuk efisiensi turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$y_t = \frac{P_{turbin}}{P_{air}} \times 100\%$$

Untuk menghitung daya air dapat menggunakan rumus :

$$P_{air} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Dimana :

$$m = \text{laju aliran massa (kg/m}^3\text{)}$$

$$m = \dots Q$$

$$= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,00083 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,83 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Kecepatan aliran air pada saluran :

$$A = b \cdot y$$

$$= 0,15 \text{ m} \cdot 0,1 \text{ m} = 0,015 \text{ m}^2$$

$$\text{maka : } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0008333 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,015 \text{ m}^2} = 0,0556 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$P_{air} = \frac{1}{2} \cdot 0,83 (0,0556^2)$$

$$= 0,001286 \text{ W}$$

$r_{turbin}$  = 40 mm  
 $runner$  = 0,25 kg

$$T = F \cdot r$$

$$T = 0,25 \text{ kg} \times 40 \text{ mm}$$

$$T = 10 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

Untuk mencari daya turbin, maka :

$$P_{turbin} = \frac{(T / 1000) \cdot (2fn / 60)}{102}$$

Maka :

$$P_{turbin} = \frac{(11,50718 / 1000) \cdot (2 \cdot f \cdot 102 / 60)}{102}$$

$$= 0,00120442 \text{ W}$$

Maka dari hasil diatas didapat efisiensi turbin vortex :

$$y_t = \frac{0,00120442}{0,001286} \times 100\%$$

$$= 93,66\%$$

Putaran spesifik turbin :

$$n_s = \frac{n \sqrt{Pt}}{H^{5/4}}$$

$$n_s = \frac{102 \sqrt{0,00120442}}{0,1^{5/4}} = 63 \text{ rpm}$$

2. Analisa segitiga kecepatan pada bukaan katup 75%

Kecepatan aliran air pada pintu bukaan katup 75% :

$$V = \frac{Q}{A}$$

Debit aliran air ( $0,055 \text{ m}^3 / \text{mnt}$ ) berdasarkan pengukuran flow meter

- a. Kecepatan absolut sisi masuk (V)

$$V = \frac{Q}{A} \quad \text{dimana luas penampang pintu} = 0,0024\text{m}^2$$

$$V = \frac{0,0009166\text{m}^3/\text{s}}{0,0024\text{m}^2} = 0,3819\text{m}/\text{s}$$

- b. Kecepatan aliran memasuki sudu bergerak ( $V_f$ )

Diketahui sudut  $r = 60^\circ$  dari kelengkungan sudu

$$V_f = \sin 60^\circ \times V$$

$$V_f = 0,866 \times 0,3819\text{m}/\text{s}$$

$$V_f = 0,330725\text{m}/\text{s}$$

- c. Kecepatan pusat pada sisi masuk sudu yang bergerak ( $V_w$ )

$$V_w = V \cos 60^\circ$$

$$V_w = 0,3819\text{m}/\text{s} \times 0,5$$

$$V_w = 0,19095\text{m}/\text{s}$$

- d. Kecepatan relatif air memasuki sudu ( $V_r$ )

$$V_r = \frac{f \cdot D \cdot n}{60}$$

$$V_r = \frac{3,14 \cdot 0,08 \cdot 98}{60} = 0,355\text{m}/\text{s}$$

- e. Kecepatan keliling roda jalan (U)

$$\sin S = \frac{V_f}{V_r} = \frac{0,330725\text{m}/\text{s}}{0,355\text{m}/\text{s}} = 0,93161972$$

$$\sin S = 0,93161972$$

$$S = 68,68^\circ$$

$$U_1 = Vr \cos S$$

$$U_1 = 0,355 \frac{m}{s} \times 0,363576 = 0,129 \frac{m}{s}$$

Maka :  $U = V_w - U_1$

$$U = 0,19095 \frac{m}{s} - 0,129 \frac{m}{s}$$

$$U = 0,06195 \frac{m}{s}$$

Analisa Segitiga Kecepatan Pada Sisi Keluar bukaan katup 75%

Karena sudu licin, sehingga analisa segitiga pada sisi keluar :

a. Kecepatan aliran pada sisi keluar ( $V_{f1}$ ,  $V_1$ ,  $V_{r1}$ )

$$V_f = V_{f1} = 0,330725 \frac{m}{s}$$

$$V = V_1 = 0,3819 \frac{m}{s}$$

$$V_r = V_{r1} = 0,355 \frac{m}{s}$$

b. Sudut pada kecepatan keliling sisi keluar sudu ( $\alpha$ )

$$V_{f1} = V_1 \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{V_f}{V_1} = \frac{0,330725 \frac{m}{s}}{0,3819 \frac{m}{s}}$$

$$\sin \alpha = 0,8659989$$

$$\alpha = 60^\circ$$

c. Kecepatan keliling pada sisi keluar ( $U_1$ )

$$U_1 = V_1 \cos \alpha$$

$$U_1 = 0,3819 \frac{m}{s} \cos 60$$

$$U_1 = 0,3819 \frac{m}{s} \times 0,5$$

$$U_1 = 0,191 \frac{m}{s}$$

d. Sudut pada kecepatan pusar sisi keluar sudu yang bergerak ( $w$ )

$$V_{f1} = V_{r1} \sin w$$

$$\sin w = \frac{V_f}{V_{r1}} = \frac{0,330725 \frac{m}{s}}{0,355 \frac{m}{s}}$$

$$\sin w = 0,9316$$

$$w = 68,687^\circ$$

e. Kecepatan pusar sisi keluar sudu yang bergerak ( $V_{w1}$ )

$$V_{w1} = V_{r1} \cos w$$

$$V_{w1} = 0,355 \frac{m}{s} \cos 68,687^\circ$$

$$V_{w1} = 0,355 \frac{m}{s} \times 0,29537$$

$$V_{w1} = 0,1048 \frac{m}{s}$$

Maka :  $U = V_{w1} - U_1$

$$U = 0,1048 \frac{m}{s} - 0,191 \frac{m}{s}$$

$$U = 0,08614 \frac{m}{s}$$

$m$  = laju aliran massa ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$$m = \dots Q$$

$$= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,000916 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,916 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Kecepatan aliran air pada penampang :

$$A = b \cdot y$$

$$= 0,15 \text{ m} \cdot 0,1 \text{ m} = 0,015 \text{ m}^2$$

$$\text{maka : } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,000916 \text{ m}^3 / \text{s}}{0,015 \text{ m}^2} = 0,06 \text{ m/s}$$

$$P_{air} = \frac{1}{2} \cdot 0,916 (0,0611^2)$$

$$= 0,001711677 \text{ W}$$

Daya runner :

$$r = 40 \text{ mm}$$

$$runner = 0,25 \text{ kg}$$

$$T = F \cdot r$$

$$T = 0,25 \text{ kg} \times 40 \text{ mm}$$

$$T = 10 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

$$P_{turbin} = \frac{(T / 1000) \cdot (2fn / 60)}{102}$$

Maka :

$$P_{turbin} = \frac{(11,60821 / 1000) \cdot (2 \cdot f \cdot 131 / 60)}{102}$$

$$= 0,00156043 \text{ W}$$

Maka dari hasil diatas didapat efisiensi turbin vortex :

$$y_t = \frac{0,00156043}{0,001711677} \times 100\%$$

$$= 91,16\%$$

Putaran spesifik turbin :

$$n_s = \frac{n\sqrt{Pt}}{H^{5/4}}$$

$$n_s = \frac{131\sqrt{0,00156043}}{0,1^{5/4}} = 92 \text{ rpm}$$

3. Analisa segitiga kecepatan pada bukaan katup 50%

Kecepatan aliran air pada pintu bukaan katup 50% :

$$V = \frac{Q}{A}$$

Debit aliran air ( $0,06 \text{ m}^3/\text{mnt}$ ) berdasarkan pengukuran flow meter

a. Kecepatan absolut sisi masuk (V)

$$V = \frac{Q}{A} \quad \text{dimana luas penampang pintu} = 0,0024 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{0,001 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0024 \text{ m}^2} = 0,417 \text{ m/s}$$

b. Kecepatan aliran memasuki sudu bergerak ( $V_f$ )

Diketahui sudut  $r = 60^\circ$  dari kelengkungan sudu

$$V_f = \sin 60^\circ \times V$$

$$V_f = 0,866 \times 0,417 \text{ m/s}$$

$$V_f = 0,361122 \text{ m/s}$$

c. Kecepatan pusar pada sisi masuk sudu yang bergerak ( $V_w$ )

$$V_w = V \cos 60^\circ$$

$$V_w = 0,417 \text{ m/s} \times 0,5$$



$$V_w = 0,2085 \text{ m/s}$$

d. Kecepatan relatif air memasuki sudu ( $V_r$ )

$$V_r = \frac{f \cdot D \cdot n}{60}$$

$$V_r = \frac{3,14 \cdot 0,08 \cdot 91}{60} = 0,381 \text{ m/s}$$

e. Kecepatan keliling roda jalan ( $U$ )

$$\sin S = \frac{V_f}{V_r} = \frac{0,361122 \text{ m/s}}{0,381 \text{ m/s}} = 0,9478$$

$$\sin S = 0,9478$$

$$S = 71^\circ$$

$$U_1 = V_r \cos S$$

$$U_1 = 0,381 \text{ m/s} \times 0,325568 = 0,124 \text{ m/s}$$

Maka :  $U = V_w - U_1$

$$U = 0,2085 - 0,124$$

$$U = 0,084 \text{ m/s}$$

Analisa Segitiga Kecepatan Pada Sisi Keluar bukaan 50%

Karena sudu licin, sehingga analisa segitiga pada sisi keluar :

a. Kecepatan aliran pada sisi keluar ( $V_{f1}$ ,  $V_1$ ,  $V_{r1}$ )

$$V_f = V_{f1} = 0,361122 \text{ m/s}$$

$$V = V_1 = 0,417 \text{ m/s}$$

$$V_r = V_{r1} = 0,381 \text{ m/s}$$

b. Sudut pada kecepatan keliling sisi keluar sudu ( $\alpha$ )

$$V_{f1} = V_1 \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{V_f}{V_1} = \frac{0,361122 \text{ m/s}}{0,417 \text{ m/s}}$$

$$\sin \alpha = 0,866$$

$$\alpha = 60^\circ$$

c. Kecepatan keliling pada sisi keluar ( $U_1$ )

$$U_1 = V_1 \cos \alpha$$

$$U_1 = 0,417 \text{ m/s} \cos 60$$

$$U_1 = 0,417 \text{ m/s} \times 0,5$$

$$U_1 = 0,2085 \text{ m/s}$$

d. Sudut pada kecepatan pusar sisi keluar sudu yang bergerak ( $w$ )

$$V_{f1} = V_{r1} \sin w$$

$$\sin w = \frac{V_f}{V_{r1}} = \frac{0,361122 \text{ m/s}}{0,381 \text{ m/s}}$$

$$\sin w = 0,9578$$

$$w = 71^\circ$$

e. Kecepatan pusar sisi keluar sudu yang bergerak ( $V_{w1}$ )

$$V_{w1} = V_{r1} \cos w$$

$$V_{w1} = 0,381 \text{ m/s} \cos 71^\circ$$

$$V_{w1} = 0,381 \text{ m/s} \times 0,325586$$

$$V_{w1} = 0,124 \frac{m}{s}$$

Maka :  $U = Vw_1 - U_1$

$$U = 0,0927 \frac{m}{s} - 0,104 \frac{m}{s}$$

$$U = 0,0113 \frac{m}{s}$$

$m$  = laju aliran massa ( $kg/m^3$ )

$$m = \dots Q$$

$$= 1000 \text{ kg} / m^3 \cdot 0,001 m^3 / s$$

$$= 1 \frac{kg}{s}$$

Kecepatan aliran air pada penampang :

$$A = b \cdot y$$

$$= 0,15 \text{ m} \cdot 0,1 \text{ m} = 0,015 m^2$$

maka :  $V = \frac{Q}{A} = \frac{0,001 \frac{m^3}{s}}{0,015 m^2} = 0,0667 \frac{m}{s}$

$$P_{air} = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot (0,0667^2)$$

$$= 0,002245 \text{ Watt}$$

Daya runner :

$$r = 40 \text{ mm}$$

$$runner = 0,25 \text{ kg}$$

$$T = F \cdot r$$

$$T = 0,25 \text{ kg} \times 40 \text{ mm}$$

$$T = 10 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

$$P_{turbin} = \frac{(T / 1000) \cdot (2fn / 60)}{102}$$

Maka :

$$P_{turbin} = \frac{(11,59358/1000) \cdot (2 \cdot f \cdot 108 / 60)}{102}$$

$$= 0,00128646 W$$

Maka dari hasil diatas didapat efisiensi turbin vortex :

$$y_t = \frac{0,00128646}{0,002222} \times 100\%$$

$$= 57,89\%$$

Putaran spesifik turbin :

$$n_s = \frac{n\sqrt{Pt}}{H^{5/4}}$$

$$n_s = \frac{108\sqrt{0,00128646}}{0,1^{5/4}} = 69 rpm$$

#### 4.4 Data Hasil Pengujian Prototipe Turbin Vortex

Setelah diperoleh data – data yang diperlukan maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai yang dihasilkan dari data pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.1 Katup Buka 100%

No	Beban (gram)	Beban Rata-Rata (gram)	Putaran (rpm)	Torsi (kg.mm)	Daya Torsi (Watt)	Flow Air (m <sup>3</sup> /mnt)
1	50	100.37	102	1.50554	0.15775	0.05
2	100	212.94	87	3.19408	0.28515	0.05
3	150	300.54	75	4.50809	0.34694	0.05

Tabel 4.2 Katup Buka 75%

No	Beban (gram)	Beban Rata-Rata (gram)	Putaran (rpm)	Torsi (kg.mm)	Daya Torsi (Watt)	Flow Air (m <sup>3</sup> /mnt)
1	50	107.21	131	1.60821	0.21618	0.055
2	100	211.96	112	3.1794	0.3654	0.055
3	150	317.5	98	4.76256	0.47893	0.055

Tabel 4.3 Katup bukaan 50%

No	Beban (gram)	Beban Rata-Rata (gram)	Putaran (rpm)	Torsi (kg.mm)	Daya Torsi (Watt)	Flow Air (m <sup>3</sup> /mnt)
1	50	106.24	108	1.59358	0.1766	0.06
2	100	203.43	105	3.05143	0.32877	0.06
3	150	299.62	91	4.49423	0.41966	0.06

#### 4.5 Pengolahan Data

4.5.1 Untuk menghitung nilai Q pada prototipe turbin vortex

$$Q = \frac{V}{t} \quad (4.1)$$

a. Q<sub>1</sub> rata – rata pengujian turbin vortex bukaan 100% adalah 0.00083 m<sup>3</sup>/s

b. Q<sub>2</sub> rata – rata pengujian turbin vortex bukaan 75% adalah 0.000916 m<sup>3</sup>/s

c. Q<sub>3</sub> rata – rata pengujian turbin vortex bukaan 50% adalah 0.001 m<sup>3</sup>/s

4.5.2 Untuk menghitung nilai Torsi pada prototipe turbin vortex menggunakan

persamaan :

$$T = F \times r \quad (4.2)$$

a. Torsi pada katup bukaan 100%

1. Torsi ( $T_1$ ) pengujian dengan beban 50 gram.

$$T = F_1 \times r$$

$$T_1 = 0,10037 \times 15 = 1,5055 \text{ kg mm}$$

2. Torsi ( $T_2$ ) pengujian dengan beban 100 gram.

$$T = F_2 \times r$$

$$T_2 = 0,21294 \times 15 = 3,19408 \text{ kg mm}$$

3. Torsi ( $T_3$ ) pengujian dengan beban 150 gram.

$$T = F_3 \times r$$

$$T_3 = 0,30054 \times 15 = 4,50809 \text{ kg mm}$$

b. Torsi pada katup bukaan 75%

1. Torsi ( $T_1$ ) pengujian dengan beban 50 gram.

$$T = F_1 \times r$$

$$T_1 = 0,10721 \times 15 = 1,60821 \text{ kg mm}$$

2. Torsi ( $T_2$ ) pengujian dengan beban 100 gram.

$$T = F_2 \times r$$

$$T_2 = 0,21196 \times 15 = 3,1794 \text{ kg mm}$$

3. Torsi ( $T_3$ ) pengujian dengan beban 150 gram.

$$T = F_3 \times r$$

$$T_3 = 0,3175 \times 15 = 4,76256 \text{ kg mm}$$

c. Torsi pada katup bukaan 50%

1. Torsi ( $T_1$ ) pengujian dengan beban 50 gram.

$$T = F_1 \times r$$

$$T_1 = 0,10624 \times 15 = 1,59358 \text{ kg mm}$$

2. Torsi ( $T_2$ ) pengujian dengan beban 100 gram.

$$T = F_2 \times r$$

$$T_2 = 0,20343 \times 15 = 3,05143 \text{ kg mm}$$

3. Torsi ( $T_3$ ) pengujian dengan beban 150 gram.

$$T = F_3 \times r$$

$$T_3 = 0,29962 \times 15 = 4,49423 \text{ kg mm}$$

4.5.3 Menghitung Kecepatan Sudut dari pengujian prototipe turbin vortex dengan menggunakan persamaan :

$$\check{S} = \frac{2 \times f \times n}{60}$$

- a. Kecepatan sudut ( $\check{S}$ ) katup bukaan 100%

1. Beban 50 gram

$$\check{S}_1 = \frac{2 \times 3,14 \times 102}{60} = 10,676 \text{ rad/s}$$

2. Beban 100 gram

$$\check{S}_2 = \frac{2 \times 3,14 \times 87}{60} = 9,106 \text{ rad/s}$$

3. Beban 150 gram

$$\check{S}_3 = \frac{2 \times 3,14 \times 75}{60} = 7,85 \text{ rad/s}$$

- b. Kecepatan sudut ( $\check{S}$ ) katup bukaan 75%

1. Beban 50 gram

$$\check{S}_1 = \frac{2 \times 3,14 \times 131}{60} = 13,711 \text{ rad/s}$$

2. Beban 100 gram

$$\check{S}_2 = \frac{2 \times 3,14 \times 112}{60} = 11,722 \text{ rad/s}$$

3. Beban 150 gram

$$\check{S}_3 = \frac{2 \times 3,14 \times 98}{60} = 10,257 \text{ rad/s}$$

c. Kecepatan sudut ( $\check{S}$ ) katup bukaan 50%

1. Beban 50 gram

$$\check{S}_1 = \frac{2 \times 3,14 \times 108}{60} = 11,304 \text{ rad/s}$$

2. Beban 100 gram

$$\check{S}_2 = \frac{2 \times 3,14 \times 105}{60} = 10,99 \text{ rad/s}$$

3. Beban 150 gram

$$\check{S}_3 = \frac{2 \times 3,14 \times 91}{60} = 9,5246 \text{ rad/s}$$

4.5.4 Menghitung nilai daya turbin dari hasil pengujian prototipe turbin vortex :

$$P_{\text{turbin}} = \frac{(T / 1000) \cdot (2fn / 60)}{102}$$

1. Daya turbin pada bukaan katup 100%

a. Beban 50 gram

$$P_1 = \frac{(11,50718 / 1000) \cdot (2f 102 / 60)}{102}$$

$$P_1 = 0,00120442 W$$



b. Beban 100 gram

$$P_2 = \frac{(13,19408/1000) \cdot (2f 87 / 60)}{102}$$

$$P_2 = 0,0011779W$$

c. Beban 150 gram

$$P_3 = \frac{(14,50809/1000) \cdot (2f 75 / 60)}{102}$$

$$P_3 = 0,00111655W$$

2. Daya turbin pada bukaan katup 75%

a. Beban 50 gram

$$P_1 = \frac{(11,60821/1000) \cdot (2f 131 / 60)}{102}$$

$$P_1 = 0,00156043W$$

b. Beban 100 gram

$$P_2 = \frac{(13,1794/1000) \cdot (2f 112 / 60)}{102}$$

$$P_2 = 0,00151468W$$

c. Beban 150 gram

$$P_3 = \frac{(14,76256/1000) \cdot (2f 98 / 60)}{102}$$

$$P_3 = 0,00148455W$$

3. Daya turbin pada bukaan katup 50%

a. Beban 50 gram

$$P_1 = \frac{(11,59358/1000) \cdot (2f 108 / 60)}{102}$$

$$P_1 = 0,00128646W$$

b. Beban 100 gram

$$P_2 = \frac{(13,05143/1000) \cdot (2f 105/60)}{102}$$

$$P_2 = 0,0014202W$$

c. Beban 150 gram

$$P_3 = \frac{(14,49423/1000) \cdot (2f 91/60)}{102}$$

$$P_3 = 0,00137851W$$

4.5.5 Pada tahap ini adalah tahap untuk mencari efisiensi turbin vortex

Persamaan mencari efisiensi turbin dari nilai daya :

$$y = \frac{P_{turbin}}{P_{air}} \times 100\%$$

1. Efisiensi turbin pada bukaan katup 100%

a. Beban 50 gram

$$y_1 = \frac{0,00120442}{0,001286} \times 100\% = 93,66\%$$

b. Beban 100 gram

$$y_2 = \frac{0,0011779}{0,001286} \times 100\% = 91,59\%$$

c. Beban 150 gram

$$y_3 = \frac{0,00111655}{0,001286} \times 100\% = 86,82\%$$

2. Efisiensi turbin pada bukaan katup 75%

a. Beban 50 gram

$$y_1 = \frac{0,00156043}{0,00171167} \times 100\% = 91,16\%$$

b. Beban 100 gram

$$y_2 = \frac{0,00151468}{0,00171167} \times 100\% = 88,49\%$$

c. Beban 150 gram

$$y_3 = \frac{0,00148455}{0,00171167} \times 100\% = 86,73\%$$

3. Efisiensi turbin pada bukaan katup 50%

a. Beban 50 gram

$$y_1 = \frac{0,00128646}{0,00223} \times 100\% = 57,89\%$$

b. Beban 100 gram

$$y_2 = \frac{0,00142002}{0,00223} \times 100\% = 63,9\%$$

c. Beban 150 gram

$$y_3 = \frac{0,00137851}{0,00223} \times 100\% = 62\%$$

#### 4.6 Hasil Pengolahan Data

Dari data hasil pengujian dan analisa prototipe turbin vortex maka telah diperoleh nilai torsi, daya, dan efisiensi yang dapat dilihat pada tabel hasil pengolahan data seperti berikut :

Tabel 4.4 Hasil pengolahan data prototipe turbin vortex bukaan katup 100%

No	Daya Air (Watt)	Putaran Spesifik (rpm)	Daya Turbin (Watt)	Efisiensi (%)
1	0,001286	63	0,00120442	93,66
2	0,001286	53	0,0011779	91,59
3	0,001286	45	0,00111655	86,82

Tabel 4.5 Hasil pengolahan data prototipe turbin vortex bukaan katup 75%

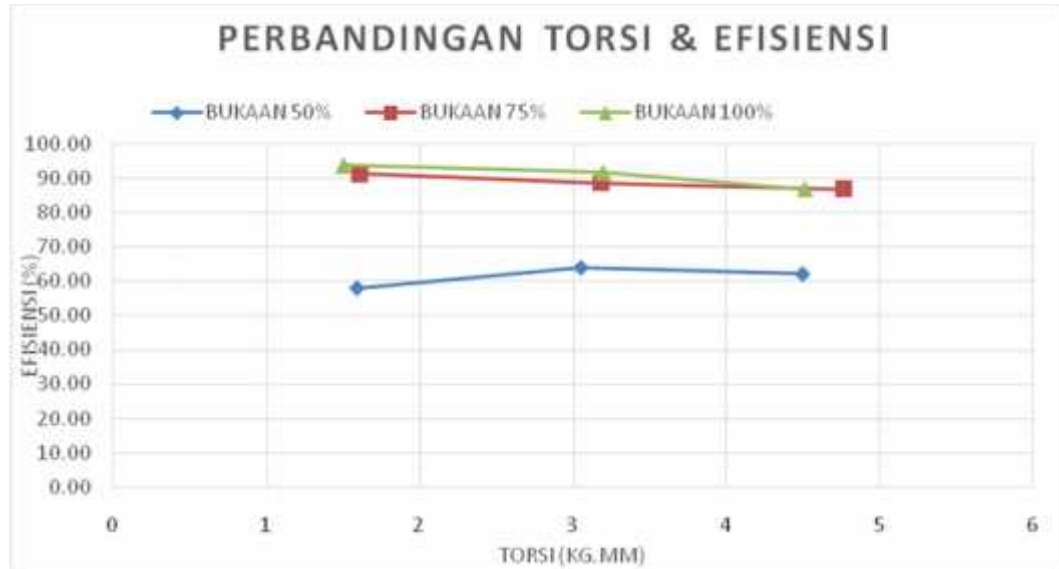
No	Daya Air (Watt)	Putaran Spesifik (rpm)	Daya Turbin (Watt)	Efisiensi (%)
1	0,00171167	92	0,00156043	91,16
2	0,00171167	78	0,00151468	88,49
3	0,00171167	67	0,00148455	86,73

Tabel 4.6 Hasil pengolahan data prototipe turbin vortex bukaan katup 50%

No	Daya Air (Watt)	Putaran Spesifik (rpm)	Daya Turbin (Watt)	Efisiensi (%)
1	0,00223	69	0,00128646	57,89
2	0,00223	70	0,00142002	63,90
3	0,00223	60	0,00137851	62,03

## 4.7 Grafik Perbandingan hasil dari pengujian prototipe turbin vortex dengan variasi kapasitas aliran dan beban torsi

### 4.7.1 Perbandingan Efisiensi dan Torsi



Gambar 4.2 Grafik Efisiensi dan Torsi dengan beban 50, 100, dan 150 gram

Dari gambar 4.2 didapat perbandingan antara efisiensi dan torsi masing – masing pada bukaan katup 100%, 75%, dan 50%. Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa efisiensi maksimum pada pengujian bukaan katup 100%, yaitu sebesar 93,66% pada beban 50 gram dengan torsi 1,50554 kg.mm dan efisiensi terendah pada bukaan katup 50% yaitu sebesar 57,89% pada beban 50 gram dengan torsi 1,59358 kg.mm, untuk bukaan katup 75% diperoleh efisiensi maksimum 91,16% pada beban 50 gram dengan torsi 1,60821 kg.mm. besarnya nilai torsi mempengaruhi nilai efisiensi berdasarkan kapasitas aliran masing – masing pengujian.

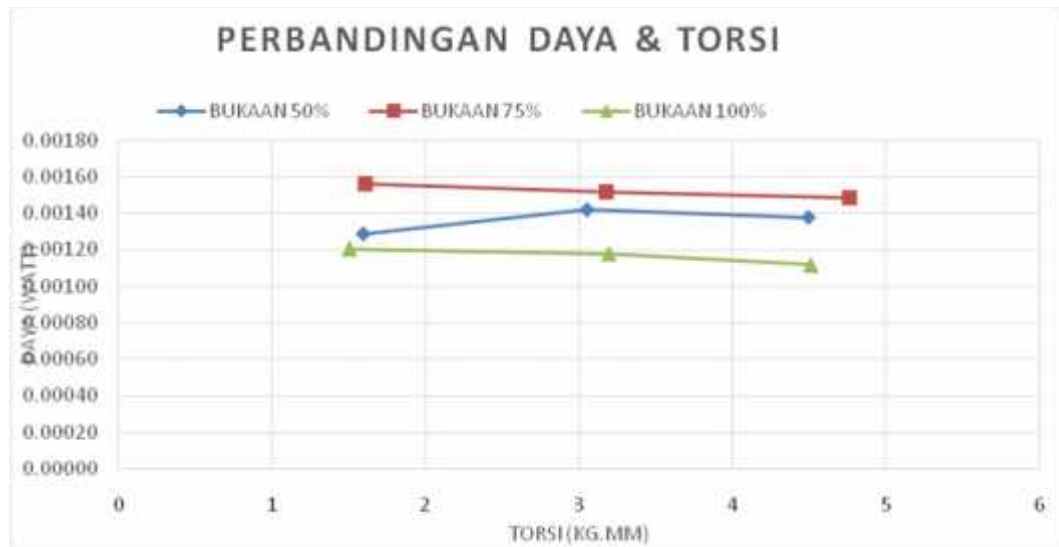
#### 4.7.2 Grafik Perbandingan Putaran dan Torsi



Gambar 4.3 Grafik Putaran dan Torsi dengan beban 50, 100, dan 150 gram

Dari gambar 4.3 didapat hubungan antara putaran turbin dengan torsi pada bukaan 100%, 75%, dan 50%. Sehingga di dapat dari grafik di atas bahwa semakin besar nilai torsi maka semakin kecil putaran yang diperoleh. Putaran tertinggi didapat pada pengujian bukaan katup 75% pada beban 50 gram dengan torsi 1,60821 kg.mm yaitu 131 rpm, dan putaran terendah didapat pada pengujian bukaan katup 100% pada beban 150 gram dengan torsi 4,50809 kg.mm yaitu 75 rpm. Untuk bukaan katup 50% putaran tertinggi didapat pada beban 50 gram dengan torsi 1,59358 kg.mm yaitu 108 rpm. Selain beban, kapasitas aliran juga mempengaruhi kecepatan putaran turbin.

#### 4.7.3 Grafik Perbandingan Daya dan Torsi



Gambar 4.4 Grafik Daya dan Torsi dengan beban 50, 100, dan 150 gram

Dari gambar 4.4 didapat perbandingan antara daya turbin dan torsi pada bukaan 100%, 75%, dan 50%. Sehingga di dapat dari grafik di atas bahwa semakin besar nilai torsi maka semakin turun daya yang diperoleh. daya maksimum didapat pada pengujian bukaan katup 75% pada beban 50 gram dengan torsi 1,60821 kg.mm yaitu 0,00156043 Watt. Daya terendah didapat pada pengujian bukaan katup 100% pada beban 150 gram dengan torsi 4,50809 kg.mm yaitu 0,00111655 Watt. Untuk pengujian bukaan katup 50% didapat daya maksimum pada beban 100 gram dengan torsi 3,05143 kg.mm yaitu 0,00142002 Watt. Selain torsi, kecepatan putaran turbin pada masing – masing pengujian juga mempengaruhi besar daya yang dihasilkan oleh turbin.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 KESIMPULAN

Dari hasil pengujian prototipe turbin vortex dengan variasi kapasitas aliran dari bukaan katup 100%, 75% dan 50% serta beban torsi 50, 100 dan 150 gram didapat beberapa kesimpulan :

1. Pengujian pada kapasitas aliran bukaan katup 100% dengan

$Q=0,05\text{m}^3/\text{mnt}$  berdasarkan pengukuran flow meter dengan kecepatan

aliran di penampang  $V=0,055\text{m}/\text{s}$  didapat efisiensi terbaik yaitu

$\eta=93,66\%$  pada beban 50 gram dengan torsi  $1,50554\text{kg.mm}$  dan

didapat daya turbin sebesar  $0,00120442\text{ watt}$  dengan putaran  $102\text{ rpm}$

2. Daya turbin maksimal didapat pada pengujian bukaan katup 75%

dengan kapasitas aliran  $Q=0,055\text{m}^3/\text{mnt}$  dan kecepatan aliran

$V=0,0611\text{m}/\text{s}$  pada beban 50 gram dengan beban torsi  $1,60821\text{kg.mm}$

yaitu sebesar  $0,00156043\text{ watt}$  dengan putaran  $131\text{ rpm}$

#### 5.2 SARAN

1. Untuk pengujian berikutnya sebaiknya menambah jumlah variasi jumlah sudu dan diameter *runner* agar lebih banyak mendapatkan variasi data dan serta mendapat daya dan efisiensi yang lebih optimal.
2. Agar mendapatkan kemampuan kerja atau prestasi turbin vortex yang lebih baik, dilakukan modifikasi baik dengan mendesain dari rumah turbin, bentuk sudu serta saluran inlet dan outlet fluida.



3. Dalam melaksanakan pengujian pengambilan data sebaiknya dilakukan dengan kesabaran mengingat ada variasi bukaan katup dan beban torsi, serta dalam menentukan keakuratan data yang dihasilkan sensor putaran dan *load cell* untuk mengukur beban.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dietzel, Fritz. 1993. *Turbin, Pompa dan Kompresor*. Cetakan Keempat. Jakarta: Erlangga.
- Husain, Zoeb. 2008. *Basic Fluid Mechanic and Hidraulyc Machines*.Hyderabad : BS Publications.
- L,V.Steeterdan Wylie B. 1993. *Mekanika Fluida*. Edisi Kedelapan. Jakarta: Erlangga.
- Ng, Johnson, Kerson Wong dan Snehil Raisinghani. 2010. *Vortex Generator for a Hydro Turbine*. FIU: Florida International University.
- Munson, Bruce. 2005. *Mekanika Fluida*,Edisi Keempat Jilid 2. Jakarta : Erlangga.
- Sihombing, Edisi. 2009. *Pengujian Sudu Lengkung Prototipe Turbin Air Terapung Pada Aliran Sungai*. Medan: USU
- Treehugger : Gravitation water vortex” , <http://www.treehugger.com/renewable-energy/gravitational-vortex-power-plant-is-safe-for-fish.html>
- Winther, J.B. 1975. *Dynamometer Handbook Of Basic Theory And Aplications*. Cleveland, Ohio : Eaton Corporation.

## **DAFTAR RIWAYAT HIDUP**



### **DATA PRIBADI**

Nama : Khairil Imran  
Alamat : Jl. Tuar Indah 2 No.268 Blok 9 Griya Martubung  
Jenis kelamin : Laki – laki  
Umur : 23 Tahun  
Agama : Islam  
Status : Belum Menikah  
Tempat dan Tgl. Lahir : Belawan, 24 Juni 1994  
Tinggi dan Berat Badan : 173 cm / 56 Kg  
Kewarganegaraan : Indonesia  
No.Telp : 0822-9718-5614

### **ORANG TUA**

Nama Ayah : Yatno  
Agama : Islam  
Nama Ibu : Enizar Harahap  
Agama : Islam  
Alamat : Jl. Tuar Indah 2 No.268 Blok 9 Griya Martubung

### **LATAR BELAKANG PENDIDIKAN**

2000-2006 : SD Negeri 118 Karang Berahi Kab.Merangin Jambi  
2006-2009 : SMP N 19 Merangin Jambi  
2009-2012 : SMA Swasta Hang Tuah Belawan, Kota Medan  
2013-2018 : Tercatat Sebagai Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)