

**TUGAS SARJANA
KONVERSI ENERGI**

**PERENCANAAN PROTOTYPE TURBIN VORTEX
DENGAN KAPASITAS ALIRAN MAKSIMAL 200 L/MENIT**

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

Disusun oleh :

MHD.ARDianto

1307230033



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

LEMBAR PENGESAHAN I
TUGAS SARJANA
KONVERSI ENERGI
PERENCANAAN PROTOTYPE TURBIN VORTEX DENGAN
ALIRAN MAKSIMAL 200 L/MENIT

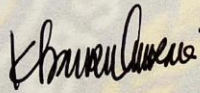
Disusun Oleh :

MHD.ARDianto
1307230033

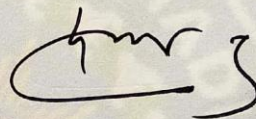
Diperiksa dan Disetujui Oleh :

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
PERENCANAAN PROTOTYPE TURBIN VORTEX DENGAN
ALIRAN MAKSIMAL 200 L/MENIT

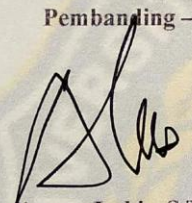
Disusun Oleh :

MHD.ARDianto
1307230033

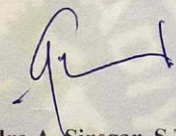
Telah Diperiksa Dan Diperbaiki
Pada Seminar Tanggal 19 Maret 2018

Disetujui Oleh:

Pembanding – I



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

Pembanding – II


(Chandra 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



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>

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

DAFTAR SPESIFIKASI
TUGAS SARJANA

Nama Mahasiswa : Mhd.Ardianto
NPM : 1307230033
Semester : X
SPESIFIKASI :

Perencanaan Prototype Turbin Vortex Dengan Kapasitas

Aliran Maksimal 200 L/Menit

Diberikan Tanggal : 27 September 2017
Selesai Tanggal : 19 Maret 2018
Asistensi : 1 Minggu Sekali
Tempat Asistensi : Di Kampus Umsu

Diketahui oleh :
Ka. Program Studi Teknik Mesin

(Afandi, S.T.)

Medan, 2018
Dosen Pembimbing – I

(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>

Bila menjabah surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

DAFTAR HADIR ASISTENSI
TUGAS SARJANA

NAMA : Mhd.Ardianto PEMBIMBING – I : Khairul Umurani, S.T.,M.T
NPM : 1307230033 PEMBIMBING – II : Munawar A. Siregar S.T.,M.T

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
	30/01-2018	Perbaiki Bab 1	
	1/02-2018	Perbaiki latar belakang	
	8/02-2018	Perbaiki tujuan dan batasan	
	23/02-2018	Perbaiki Analisis data	ke
	25/02-2018	Perbaiki kesimpulan	ke
	26/2-2018	Office di summarikan. cara-cara : - Paralingua dilubangi.	A.

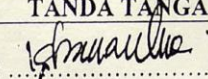

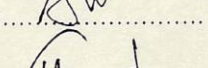
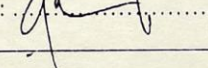
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2017 – 2018**

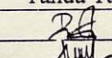
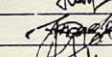
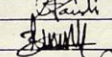
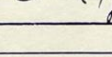
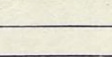
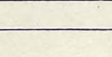
Peserta seminar

Nama : Mhd. Ardi Anto

NPM : 1307230033

Judul Tugas Akhir : Perencanaan Prototype Turbin Vortex Dengan Kapasitas Aliran
Maksimal 200 L/M³/s

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	1307230297	ABDUR RAHMAN A. LUBIS	
2	1307230146	HAIRIL IMRAN	
3	1307230133	KIKI ANANDA SIAHAAN	
4	1307230168	Afandi Romadon Harahap	
5	1307230033	MHD. Ardianto	
6	1307230169	Hidayat Anstari Siregar	
7			
8			
9			
10			

Medan, 02 Rajab 1439 H

19 Maret 2018 M

Ketua Prodi T. Mesin



Affandi.S.T

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

NAMA : Mhd.Ardi Anto
NPM : 1307230033
Judul T.Akhir : Perencanaan Prototype Turbin Vortex Dengan Kapasitas Aliran Maksimal 200 L/Menit.

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

.....*Perbaiki gambar*.....
.....
.....

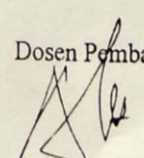
- 3 Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

Medan 02 Rajab 1438H
16 Maret 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi T. Mesin

Affandi.S.T

Dosen Pemanding - I

Sudirman Lubis.S.T.M.T

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

NAMA : Mhd.Ardi Anto
NPM : 1307230033
Judul T.Akhir : Perencanaan Prototype Turbin Vortex Dengan Kapasitas Aliran
Maksimal 200 L/Menit.

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

.....*lihat buku Progres Sarjana*.....
.....
.....

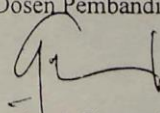
- 3 Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :

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

Medan 02 Rajab 1438H
16 Maret 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi T. Mesin

Affandi.S.T

Dosen Pembimbing - II

Chandra A Siregar.S.T.MT

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Mhd.Ardianto
Tempat/Tgl Lahir : Sukalue, 17 mei 1995
NPM : 1307230033
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 :

“PERENCANAAN PROTOTYPE TURBIN VORTEX DENGAN KAPASITAS ALIRAN MAKSIMAL 200 L/MENIT”.

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 originil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk 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,



MHD.ARDianto

ABSTRAK

Energi pada saat sekarang ini semakin berkurang akibat penggunaan energi fosil secara berlebihan di semua bidang, ilmuwan diseluruh dunia menyadari hal ini dan mencoba berbagai energi alternatif. Salah satu sumber energi saat ini yang banyak dilakukan penelitian adalah arus air. Indonesia adalah negara agraris yang menghasilkan air secara terus menerus, sehingga turbin air lebih diutamakan dari turbin angin karena angin di indonesia relatif stabil. Microhydro atau pun 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. Tujuan dari analisa perencanaan ini adalah untuk mendapatkan rancangan casing turbin vortex, rancangan poros, rancangan sudu dan bantalan serta bahan-bahan yang sesuai. Turbin Vortex ini di rancang dengan debit air $0,00083 \text{ m}^3/\text{s}$ dan kecepatan air $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$. Menggunakan casing berpenampang lingkaran, berbahan Akrilik bening, 1 jenis sudu, berbahan pipa PVC. Hasil dari perencanaan ini diharapkan akan bermanfaat untuk pengguna turbin vortex, sehingga di dapat turbin vortex yang aman pada saat digunakan.

Kata Kunci : Turbin Vortex, turbin air, energi, debit air, kecepatan air.

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 daripada dosen pembimbing merencanakan sebuah

“Perencanaan Prototype Turbin Vortex Dengan Kapasitas Aliran Maksimal 200 L/Menit”

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 terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua tercinta penulis yaitu Ayahanda Tahtim dan Ibunda Rasinem yang telah membesarkan, mengasuh, mendidik, serta senantiasa memberikan kasih sayang, do'a yang tulus, dan dukungan moral 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 Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.Sc 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 Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Affandi, S.T. selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Keluarga besar Lab Teknik Mesin UMSU yang telah memberikan dukungan, semangat dan do'a yang tulus baik secara moril maupun materil kepada penulis.
10. Seluruh teman-teman seperjuangan stambuk 2013, K3 (Kawan Kita – kita), khususnya kelas A1 pagi yang telah banyak memberikan bantuan, motivasi dan doa yang tulus kepada penulis.

11. Rekan – rekan proyek Turbin Pelton dan Turbin Vortex apandi romadhon, kiki ananda, khairil Imran, dayat anshari, danil agusti selaku kelompok perjuangan dalam proses pembuatan, yang mana telah memberikan Motivasi dan Dukungan dalam pembuatan turbin ini.
12. Teman – teman kos, abangda Rustam effendi, Dedek dan hafis yang mana telah memberikan saran - sarannya.

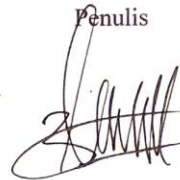
Penulis menyadari bahwa tugas ini masih jauh dari sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dada penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan tugas sarjana ini.

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, ...¹⁹.....Maret 2018

Penulis



MHD. ARDIANTO
1307230033

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN I	
LEMBAR PENGESAHAN II	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR NOTASI	viii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.4.1 Tujuan Umum	3
1.4.2 Tujuan Khusus	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Definisi Turbin Vortex	5
2.2 Mesin-mesin Fluida	6
2.3 Pengertian Turbin Air	7
2.4 Komponen-komponen Turbin Air	9
2.5 Klasifikasi Turbin	12
2.5.1 Klasifikasi Berdasarkan Ketinggian Jatuh Air	13
2.5.2 Klasifikasi Berdasarkan Kecepatan Spesifik turbin	13
2.5.3 Klasifikasi Berdasarkan Arah Aliran Fluida	14
2.6 Cara Kerja Turbin Vortex	15
2.7 Tipe Pusaran (Vortex)	15
2.7.1 Pusaran Bebas (<i>Free vortex</i>)	17
2.7.2 Aliran Vortex Paksa	19
2.7.3 Aliran Vortex Kombinasi	21
2.8 Segitiga Kecepatan	22
2.9 Penampang Air	23
2.10 Lubang Masuk (Inlet Area)	23
2.11 Efisiensi Dan Daya Turbin	24
2.12 Pemilihan Bahan Poros	25
2.13 Bantalan	25
2.13.1 Gaya Radial	26
2.13.2 Gaya Aksial	26
2.13.3 Pemilihan Dimensi Bantalan	27
2.14 Saluran Lubang Jatuh	28
BAB 3. METODELOGI	
3.1 Tempat dan Waktu	29
3.2 Diagram alir	30

3.3	Peralatan	31
3.4	Skema Instalasi Turbin	36
3.5	Prosedur Pengujian	37
3.6	Metode Pengukuran	37
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Perhitungan Kecepatan Aliran Air Pada Penampang	38
4.2	Analisa Segitiga Kecepatan Pada Sisi Masuk Bukaan Penuh	39
4.3	Analisa Segitiga Kecepatan Pada Sisi Keluar Bukaan Penuh	41
4.4	Perhitungan Komponen-komponen Utama Turbin	43
4.4.1	Roda Jalan (Runner)	43
4.4.2	Ukuran-ukuran Utama Sudu Roda Jalan	43
4.5	Perhitungan Efisiensi Turbin Vortex	45
4.6	Perhitungan Putaran Spesifik Turbin	46
4.7	Pemilihan Casing Turbin	47
4.8	Casing Turbin	47
4.8.1	Casing Lingkaran	47
4.8.2	Saluran Lubang Jatuh	49
4.9	Perhitungan Poros Turbin	49
4.9.1	Perhitungan Momen Torsi Poros	49
4.9.2	Pemilihan Bahan Poros	49
4.9.3	Pemeriksaan Kekuatan Poros	50
4.10	Bantalan	50
4.10.1	Perhitungan Gaya Radial	51
4.10.2	Perhitungan Gaya Aksial	52
4.10.3	Pemilihan Dimensi Bantalan	53
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	56
5.2	Saran	57
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR GAMBAR

No.	Nama Gambar	Halaman
2.1	Turbin Vortex	5
2.2	Casing	10
2.3	Poros	11
2.4	Sudu Gerak	11
2.5	Bantalan	12
2.6	Rumah Turbin Vortex	15
2.7	Aliran Vortex	16
2.8	Teori Pusaran Bebas	17
2.9	penampang Melalui Permukaan Bebas	19
2.10	Pusaran Dengan Paksaan	20
2.11	Tipe-tipe Pergerakan Dan Aliran Vortex	22
2.12	Beberapa Tipe Dari Lubang Masuk (Inlet Area)	24
3.1	Diagram Alir	30
3.2	Runner Turbin	31
3.3	Arduino Uno	32
3.4	Photo Sensor Interuptor	32
3.5	load cell	33
3.6	Bread Board	33
3.7	Pompa Air	34
3.8	Pulley	34
3.9	Roda Pencacah	35
3.10	Rumah Turbin	35
3.11	Instalasi Turbin	36
4.1	Turbin Vortex	38
4.2	Segitiga Kecepatan Masuk Bukaan Katup Penuh	39
4.3	Segitiga Kecepatan Keluar Bukaan Katup Penuh	41
4.4	Roda Jalan	43
4.5	Ukuran Lingkaran	48
4.6	casing lingkaran	48
4.7	Pembebanan Pada Poros	53
4.8	Bantalan	54

DAFTAR TABEL

No.	Nama Tabel	Halaman
2.1	Klasifikasi Turbin air berdasarkan tinggi jatuh air	13
2.2	Klasifikasi berdasarkan putaran spesifik	14
2.3	Jenis-jenis turbin berdasarkan arah alirannya	14
3.1	Jadwal Proses Kegiatan Pembuatan Prototype Turbin vortex	29

DAFTAR NOTASI

Simbol	Besaran	Satuan
A	Luas	m
b	Lebar penampang	m
D1	Diameter roda jalan sisi masuk	m
D2	Diameter roda jalan sisi keluar	m
Dt	Diameter turbin	m
Dp	Diameter poros	m
f	koefisien	
Fm	Gaya momentum	N
Ft	Gaya tekanan	N
Fr	Gaya radial	N
Fa	Gaya aksial	N
g	Konstanta gravitasi	9,81 m/s
H	Head	m
n	Putaran operasi	rpm
ns	Putaran spesifik	rpm
P	daya	watt
Q	Debit aliran	m ³ /s
Wp	Berat poros	

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.

Energi pada saat sekarang ini semakin berkurang akibat penggunaan energi fosil secara berlebihan di semua bidang, 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. Massa jenis air yang hampir 1000 kali lipat massa jenis udara menyebabkan gaya dan torsi yang mempengaruhi turbin semakin besar. (Gibran, 2014)

Pada abad ke 19 Seorang peneliti dari jerman victor schauberger 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. Fenomena aliran vortex sering kali dijumpai pada pemodelan sayap pesawat, aliran vortex cenderung dianggap sebagai suatu kerugian dalam suatu aliran fluida. Dalam penelitian victor schauberger, memanfaatkan aliran irigasi yang kemudian diubah menjadi aliran vortex, yang kemudian dimanfaatkan untuk menggerakkan sudu turbin. Dari penelitian tersebut didapatkan efisiensi sebesar 75 % dengan tinggi air jatuh 0,6 m. Namun pada penelitiannya Viktor Schauberger tidak menjelaskan pengaruh tinggi sudu turbin.

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 termanfaatkan dengan optimal.

1.2 Perumusan masalah

Perumusan masalah yang dapat dikemukakan sesuai dengan perencanaan ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perencanaan prototype turbin vortex, casing turbin vortex, poros, sudu dan bantalan serta menentukan bahan yang sesuai.

1.3 Batasan Masalah

Karena luasnya permasalahan yang didapati pada perencanaan prototype turbin vortex, penulis merasa perlu untuk membatasi masalah yang akan dibahas dalam laporan ini, mengingat keterbatasan waktu, tempat, kemampuan dan pengalaman.

Adapun batasan masalah dalam perencanaan prototype turbin vortex adalah sebagai berikut :

1. Diameter casing turbin 8 cm
2. Tinggi turbin vortex 8,4 cm
3. Penggunaan bahan sudu adalah PVC 2 inci
4. Jumlah bucket/sudu turbin direncanakan 8 buah
5. Ukuran Head pompa 12 m dan debit 200 liter/menit
6. Saluran lubang jatuh berdiameter 1,6 cm

1.4 Tujuan

1.4.1 Tujuan Umum

Adapun yang menjadi tujuan umum dari perencanaan ini adalah untuk mengetahui hasil dari perencanaan prototype turbin vortex, casing turbin vortex, bahan poros, bahan sudu dan bantalan.

1.4.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari perencanaan ini adalah untuk mengetahui :

1. Efisiensi dari turbin vortex
2. Daya yang dihasilkan turbin vortex
3. Segitiga kecepatan masuk dan keluar pada bukaan katup penuh

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Hasil dari perencanaan ini diharapkan akan bermanfaat untuk pengguna turbin vortex, sehingga didapat turbin vortex yang aman pada saat digunakan
2. Memberikan informasi dari hasil analisa turbin vortex seperti efisiensi, daya optimal, serta torsi dan putaran poros maksimum yang dihasilkan.

3. Memberikan informasi bagi para mahasiswa yang ingin mengembangkan pembangkit tenaga listrik dengan head yang rendah

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 perencanaan ini, yang diperoleh dari berbagai referensi yang dijadikan landasan untuk melakukan perencanaan ini.
3. **Pada BAB 3** membahas tentang metode pembuatan, bahan dan peralatan.
4. **Pada BAB 4** menganalisa dan mengevaluasi dari hasil perencanaan berdasarkan efisiensi keluaran.
5. **Pada BAB 5** berupa kesimpulan dan saran.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Defenisi turbin vortex.

Turbin pusaran air (vortex) merupakan salah satu turbin yang sangat spesial, karena dapat beroperasi pada daerah yang memiliki head yang sangat rendah. Turbin pusaran air (vortex) bekerja pada head rendah dengan ketinggian air jatuh antara 0,7 m– 1,4 m. (novirikoputra, 2011)

turbin Vortex memanfaatkan pusaran air sebagai media perantara energi terhadap sumbu vertikal sehingga terjadi perbedaan tekanan antara bagian sumbu dan sekelilingnya. Turbin air seperti gambar 2.1 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 menganginkan air tanpa sumber daya eksternal.



Gambar 2.1 Turbin Vortex

Pada sumber Energy air terdapat 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 disungai. Turbin air dikembangkan pada abad 19 dan digunakan secara luas untuk pembangkit tenaga listrik. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik. (Indra Bayu Segara Kasbi, 2014.)

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 rumus :

$$P = \rho g H_{eff} \cdot \eta_T \quad (2.1)$$

2.2 Mesin – Mesin Fluida

Mesin - mesin fluida adalah mesin-mesin yang berfungsi untuk mengubah energi mekanis menjadi energi fluida (energi potensial dan energi

mekanis) atau sebaliknya yaitu merubah energi fluida menjadi energi mekanis sesuai dengan pengertian diatas, maka klasifikasi mesin - mesin fluida secara umum adalah :

1. Mesin - mesin tenaga

Mesin-mesin tenaga merupakan mesin fluida yang dapat merubah energi fluida menjadi energi mekanis. Yang termasuk dalam kelompok ini adalah turbin air dan kincir air

2. Mesin-mesin kerja

Mesin-mesin kerja merupakan mesin fluida yang dapat merubah energi mekanis menjadi energi fluida. Yang termasuk dalam kelompok ini adalah pompa, *blower*, *kompresor*, dan *fan*. Sesuai dengan spesifikasi tugas yang diberikan maka dalam tulisan ini akan dibahas mengenai turbin air secara khusus.

2.3 Pengertian Turbin Air

Turbin air yaitu suatu mesin yang dipergunakan untuk mengambil tenaga air untuk diubah menjadi tenaga listrik, jadi berfungsi untuk mengubah tenaga air menjadi tenaga mekanis, sedangkan tenaga mekanis ini diubah menjadi tenaga listrik oleh generator. (khairul_fadli/perencanaan-turbin-air)

Turbin adalah mesin penggerak dimana energi fluida kerja dipergunakan langsung untuk memutar sudu turbin. Bagian turbin yang bergerak dinamakan rotor atau sudu turbin, sedangkan bagian yang tidak berputar dinamakan stator atau rumah turbin. Secara umum, turbin adalah alat mekanika yang terdiri dari poros dan sudu-sudu. Sudu tetap ataupun *stationary blade*, tidak ikut berputar bersama poros, dan berfungsi mengarahkan aliran fluida. Sedangkan sudu putar atau *rotary*

blade, mengubah arah dan kecepatan aliran fluida sehingga timbul gaya yang memutar poros. Air biasanya dianggap sebagai fluida yang tak kompresibel, yaitu fluida yang secara virtual massa jenisnya tidak berubah dengan tekanan.

Ada beberapa kesamaan teori dari turbin air dan pompa air, dengan perbedaan utama energi transfer yang berkebalikan. Turbin air mengubah energi potensial dari air menjadi energi mekanis putaran poros. Sedangkan pompa air mengubah energi mekanis putaran poros menjadi gerak aliran air.

Turbin konvensional, dalam kelompok mesin penggerak mula atau *prime movers*, ada tiga macam yaitu :

1. Turbin air dengan media kerja air.
2. Turbin gas dengan media kerja gas panas yang bertekanan.
3. Turbin uap dengan media kerja uap.

Ketiga macam turbin tersebut mempunyai kemiripan dalam konstruksi, namun beda dalam termodinamikanya, karena fluida kerjanya yang tidak sama. Teori turbin air bertujuan terutama untuk mendapatkan kerja optimum dalam pemanfaatan energi air pada suatu kondisi operasi tertentu. Dasar kerja turbin air sangat sederhana ini sudah ditemukan sebelum dimulainya tahun masehi. Teknologi turbin air merupakan perkembangan dari kincir air (*water wheel*). Perbedaan utama antara kincir air dan turbin air adalah bahwa kincir air hanya mengubah kecepatan aliran, sedangkan turbin air mengatur aliran kecepatan putaran. Pada saat sekarang, penggunaan turbin air lebih banyak digunakan dibandingkan kincir air. Hal ini disebabkan karena turbin air mempunyai keuntungan - keuntungan antara lain :

1. Ruang yang diperlukan lebih kecil.

2. Dapat beroperasi dengan kecepatan yang lebih tinggi.
3. Mampu membangkitkan daya yang lebih besar dengan ukuran yang relatif kecil.
4. Daerah putaran (rpm) yang lebih luas, sehingga memungkinkan hubungan langsung dengan generator.
5. Mampu memanfaatkan beda ketinggian permukaan air dari yang sangat rendah sampai yang ekstrim tinggi.
6. Dapat bekerja terendam didalam air.
7. Mempunyai efisiensi yang relatif lebih baik.
8. Dapat dikonstruksikan dengan poros mendatar maupun tegak.

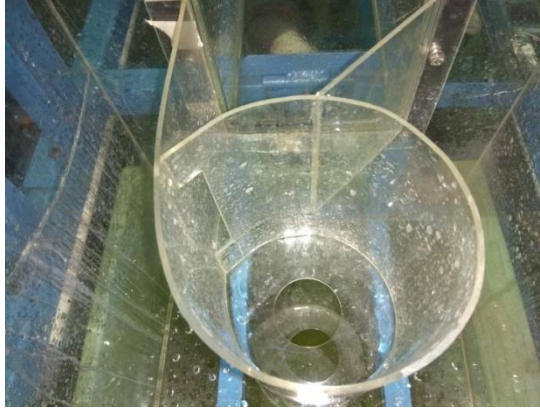
2.4 Komponen - Komponen Turbin Vortex

1. Stator

Stator turbin terdiri dari dua bagian, yaitu *casing* dan sudu diam (*fixed blade*). Namun untuk tempat kedudukan sudu - sudu diam yang pendek dipasang diafragma.

a. Casing

Casing atau *shell* adalah suatu wadah berbentuk menyerupai sebuah tabung dimana rotor ditempatkan. Pada ujung *casing* terdapat ruang besar mengelilingi poros turbin disebut *exhaust hood*, dan di luar *casing* dipasang bantalan yang berfungsi untuk menyangga rotor. Casing berperan penting dalam hal terbentuknya pusaran, untuk pusaran yang sempurna sebaiknya casing berbentuk lingkaran.



Gambar 2.2 casing

b. Sudu Tetap

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

Sudu - sudu tetap dipasang melingkar pada dudukan berbentuk piringan yang disebut diafragma. Pemasangan sudu-sudu tetap ini pada diafragma menggunakan akar berbentuk T sehingga memberi posisi yang kokoh pada sudu.

Diafragma terdiri dari dua bagian (atas dan bawah) dan dipasang pada alur-alur yang ada didalam *casing*. Setiap baris dari rangkaian sudu-sudu tetap ini membentuk satu lingkaran penuh dan ditempatkan langsung didepan setiap baris dari sudu - sudu gerak.

2. Rotor

Rotor adalah bagian yang berputar terdiri dari poros dan sudu-sudu gerak yang terpasang mengelilingi rotor. Jumlah baris sudu gerak pada rotor sama dengan jumlah baris sudu diam pada casing. Pasangan antara sudu diam dan sudu gerak disebut tingkat (*stage*).

a. Poros

Poros dapat berupa silinder panjang yang *solid* (pejal) atau berongga (*hollow*). Pada umumnya poros turbin sekarang terdiri dari silinder panjang yang solid. Sepanjang poros dibuat alur-alur melingkar yang biasa disebut akar (*root*) untuk tempat dudukan, sudu-sudu gerak (*moving blade*).



Gambar 2.3 poros

b. Sudu Gerak

Sudu gerak adakah sudu-sudu yang dipasang di sekeliling rotor membentuk suatu piringan. Dalam suatu rotor turbin terdiri dari beberapa baris piringan dengan diameter yang berbeda-beda, banyaknya baris sudu gerak biasanya disebut banyaknya tingkat.



Gambar 2.4 sudu gerak

c. Bantalan

Bantalan berfungsi sebagai penyangga rotor sehingga membuat rotor dapat stabil / lurus pada posisinya didalam *casing* dan rotor dapat berputar dengan aman dan bebas. Adanya bantalan yang menyangga turbin selain bermanfaat untuk menjaga rotor turbin tetap pada posisinya juga menimbulkan kerugian mekanik karena gesekan. Sebagai bagian yang berputar, rotor memiliki kecenderungan untuk bergerak baik dalam arah radial maupun dalam arah aksial. Karena itu rotor harus ditumpu secara baik agar tidak terjadi pergeseran radial maupun aksial yang berlebihan. Komponen yang dipakai untuk keperluan ini disebut bantalan (*bearing*)



Gambar 2.5 bantalan

2.5 Klasifikasi Turbin

Pemilihan turbin kebanyakan didasarkan pada *head* air yang 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. (<http://idrsmunthe.blogspot.co.id>)

2.5.1 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 (<2m)	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

2.5.2 Klasifikasi Berdasarkan Kecepatan Spesifik Turbin

Kecepatan spesifik (n_s), 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 diluar 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 :

$$ns = \frac{n\sqrt{pt}}{H^{5/4}} \quad (2.2)$$

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

2.5.3 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
Pelton	Tangensial
Kaplan	Aksial
Vortex	Vertikal

2.6 Cara Kerja Turbin Vortex

Sistem 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 :

1. Air dimasukkan kedalam bak penampungan, lalu air dihisap oleh pipa hisap kemudian dialirkan ke saluran penampang dan masuk kedalam rumah turbin vortex yang berbentuk silinder sehingga mengakibatkan pusaran dan Air kemudian kembali lagi ke bak penampungan melalui saluran keluar.
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.



Gambar 2.6 Rumah Turbin Vortex

2.7 Tipe pusaran (vortex)

Vortex adalah massa fluida yang partikel - partikelnya bergerak berputar dengan garis arus (*streamline*) membentuk lingkaran konsentris. Gerakan vortex

seperti pada gambar 2.7 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 2.7 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 :

2.7.1 Pusaran Bebas (*Free vortex*)

Suatu pusaran bebas adalah fenomena yang timbul ketika air bak dibiarkan keluar melalui lubang keluar. Seperti pada pusaran dengan paksaan, garis-garis arus adalah lingkaran-lingkaran konsentris tetapi tidak seperti pusaran dengan paksaan, kecepatan tangensial u , pada jari-jari r diberikan dengan :

(Dugdale, 1986)

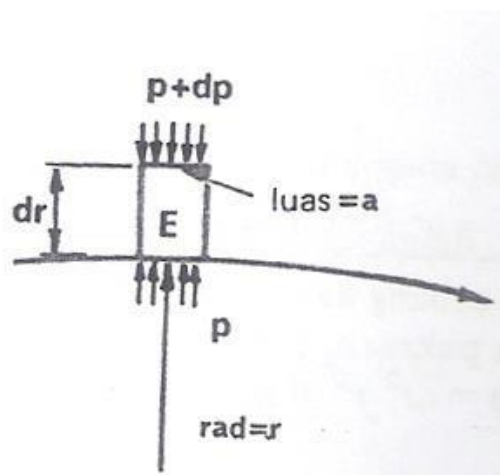
$$ur = K, \text{ suatu konstan}$$

Karena head total H adalah fungsi dari p, u dan z , maka :

$$\frac{dH}{dr} = \frac{\partial H}{\partial r} \frac{dp}{dr} + \frac{\partial H}{\partial u} \frac{du}{dr} + \frac{\partial H}{\partial z} \quad (2.3)$$

Dan karena $H = \frac{p}{\rho g} + \frac{u^2}{2g} + z$ pada garis arus,

$$\frac{\partial H}{\partial p} = \frac{1}{\rho g}; \frac{\partial H}{\partial u} = \frac{u}{g}; \frac{\partial H}{\partial z} = 1 \quad (2.4)$$



Gambar 2.8 Teori pusaran bebas (Dugdale, 1986)

Gambar 2.8 menunjukkan elemen E akan mengalir sepanjang jejak melengkung hanya bila tekanan pada sebelah luar lebih besar daripada sebelah dalam dengan sejumlah dp , maka:

Gaya radial kedalam = $a dp = \text{Massa} \times \text{Percepatan}$

$$= \rho a dr \times \frac{u^2}{r} \quad (2.5)$$

$$\therefore \frac{dp}{dr} = \frac{p}{u^2}$$

Karena $u = \frac{k}{r}$, $\frac{du}{dr} = -\frac{K}{r^2} = -\frac{u}{r}$ (2.6)

Pada bidang horizontal, $\frac{dz}{dz} = 0$ sehingga H konstan. Kenyataannya, H konstan untuk semua garis arus, maka bila suffix 1 dan 2 menandakan kondisi – kondisi dari dua garis arus

$$H = \frac{P_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + z_2 \quad (2.7)$$

Karena pada tiap titik,

$$z + \frac{p}{\rho g} + \frac{C^2}{2gr^2} = H \quad (2.8)$$

Jika fluida pada kondisi permukaan bebas, $\frac{P}{\rho g} = 0$ dan profil pada permukaan

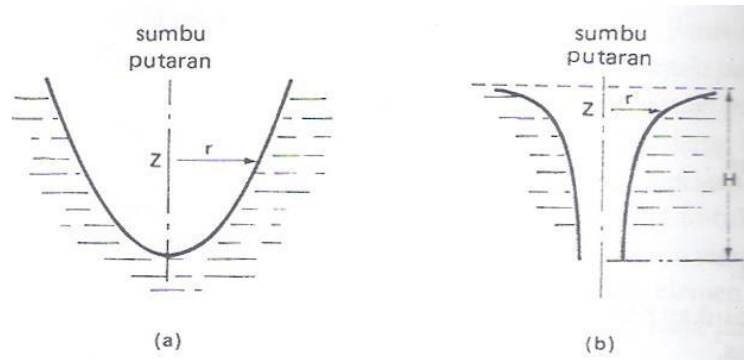
bebas diberikan sebagai berikut:

$$H - z = \frac{C^2}{2gr^2} \quad (2.9)$$

Untuk tiap-tiap bidang horizontal, z adalah konstan dan variasi tekanan diberikan sebagai:

$$\frac{P}{\rho g} = (H - z) - \frac{C}{2gr^2} \quad (2.10)$$

Sehingga pada vortex bebas, tekanan menurun dan circumferensial kecepatan naik ketika bergerak mendekati pusat vortex. (J.F Douglas, 1995)

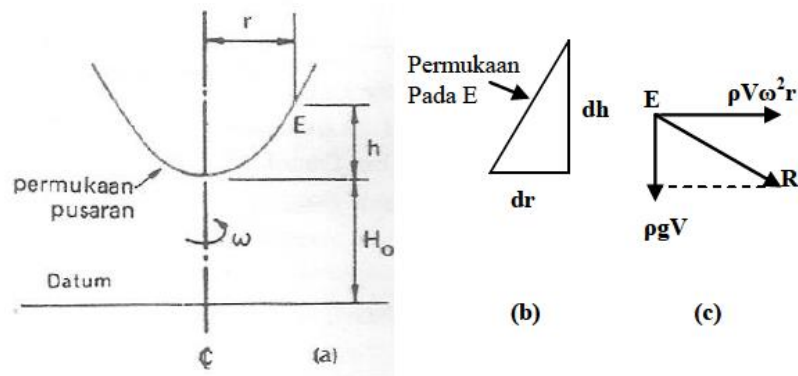


Gambar 2.9. Penampang melalui permukaan bebas dari (a) pusaran dengan paksaan dan (b) pusaran bebas (*Dugdale, 1986*)

2.7.2 Aliran Vortex Paksa

Secara matematis, suatu pusaran dengan paksaan mempunyai karakteristik bahwa setiap tetes dari cairan di dalamnya mempunyai kecepatan sudut sama, ω , sehingga kecepatan tangensial pada jari-jari r dari pusat pusaran adalah $u = \omega r$. Pada pusat dimana $r = 0, u = 0$. Potongan melalui pusaran dengan paksaan terlihat pada gambar 2.10a.

Jejak dari setiap elemen cairan seperti E (gambar 4a) adalah suatu lingkaran sekitar garis tengah pusaran. Akibatnya resultanya, R , dari gaya-gaya (berat dan gaya sentrifugal yang bekerja pada E harus tegak lurus pada permukaan di E, terlihat pada skala yang diperbesar dalam (Gambar 2.10b).



Gambar 2.10. Pusaran dengan paksaan (a) potongan melalui pusaran dengan paksaan, (b) kemiringan permukaan pada E (c) gaya –gaya yang bekerja pada elemen E (Dugdale, 1986)

pada (Gambar 2.10b) dan (Gambar 2.10c) harus sama, sehingga didapatkan (Dugdale, 1986)

$$\frac{dh}{dr} = \frac{\rho V \omega^2 r}{\rho g V} = \frac{\omega^2 r}{g} \quad (2.11)$$

Dimana V = volume dari E

$$\therefore h = \int \frac{\omega^2 r}{g} . dr = \frac{\omega^2 r^2}{2g} + C \quad (2.12)$$

Dimana C = Konstan.

Dari gambar 4 (a), $h = 0$, kalau $r = 0$, dan $\therefore C = 0$

$$\text{Yaitu } h = \frac{\omega^2 r^2}{2g} = \frac{u^2}{2g} \quad (2.13)$$

Yang merupakan persamaan dari permukaan bebas.

Apabila head total pada $r = 0$ adalah H_o , maka pada jari – jari r

Head total $H = H_o + h + \frac{u^2}{2g}, \frac{u^2}{2g}$ adalah head kecepatan

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } H &= H_o + h + \frac{u^2}{2g} + \frac{u^2}{2g} \\ &= H_o + \frac{u^2}{2g} \end{aligned} \quad (2.14)$$

H berubah kalau r berubah, yaitu dalam pusaran-pusran dengan paksaan head total berubah dari garis arus ke garis arus. Oleh karena itu persamaan Bernoulli berlaku sepanjang suatu garis Bernoulli selalu berlaku sepanjang suatu garis arus (*streamline*), tidak dapat dipakai dari satu garis arus ke garis arus yang lain tanpa pandang bulu. (*Dugdale, 1986*)

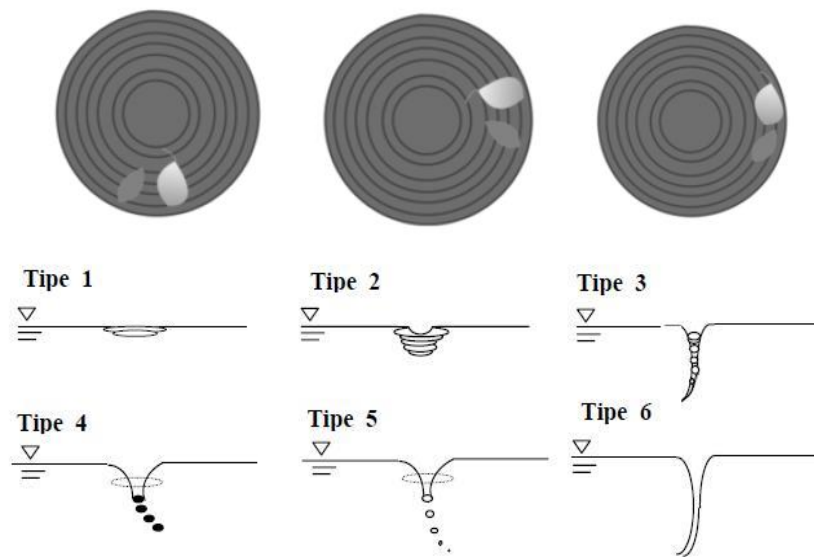
2.7.3 Aliran Vortex Kombinasi

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 :

$$v_e = \omega \cdot r \quad r \leq r_0 \quad (2.15)$$

$$v_e = \frac{K}{r} \quad r > r_0 \quad (2.16)$$

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 2.11 menunjukkan konsep sirkulasi sering digunakan untuk mengevaluasi gaya - gaya yang terbentuk pada benda - benda yang terendam dalam fluida yang bergerak.



Gambar 2.11 Tipe - tipe pergerakan dan aliran 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*.

2.8 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.

- Kecepatan segitiga pada inlet :

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

$$V_f = \sin 60^\circ \times V \qquad V_w = V \cos 60^\circ$$

$$V_r = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \qquad \sin \beta = \frac{V_f}{V_r}$$

$$U_1 = V_r \cos \beta \qquad U = V_w - U_1$$

- segitiga kecepatan pada outlet :

$$V_f = V_{f1} \qquad V_{f1} = V_1 \sin \theta$$

$$\sin \theta = \frac{V_f}{V_1} \qquad U_1 = V_1 \cos \theta$$

$$V_{f1} = V_{r1} \sin \phi \qquad \sin \phi = \frac{V_f}{V_{r1}}$$

$$V_{w1} = V_{r1} \cos \phi \qquad U = V_{w1} - U_1$$

2.9 Penampang Air

Penampang merupakan saluran yang digunakan mengalirkan air dari *reservoir* atas menuju turbin. Panjang Penampang air adalah :

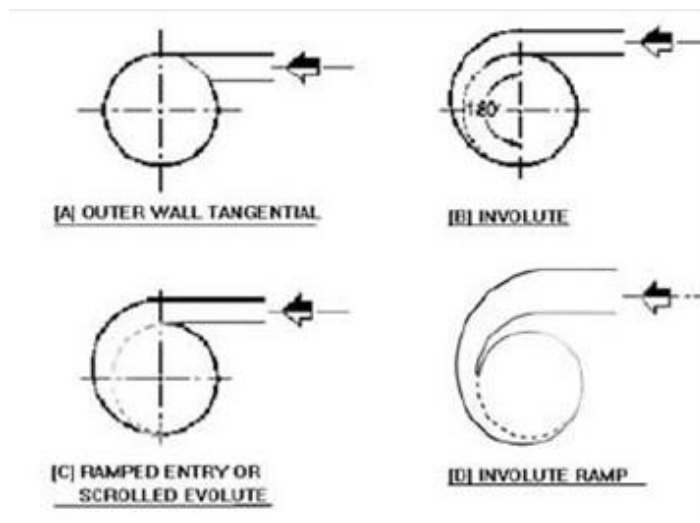
$$L_{total} = L1 + L2 + L3 \qquad (2.17)$$

kecepatan aliran air pada penampang dapat menggunakan persamaan :

$$V = \frac{Q}{A} \quad (2.18)$$

2.10 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 2.12 tipe tersebut dimaksudkan untuk lebih memaksimalkan kinerja dari turbin. Dengan konstruksi lubang masuk dengan tipe.



Gambar 2.12 Beberapa tipe dari lubang masuk (*Inlet area*)

2.11 Efisiensi Dan Daya Turbin

Untuk efisiensi turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\eta_t = \frac{P_{turbin}}{P_{air}} \times 100\% \quad (2.19)$$

Untuk menghitung daya air dapat menggunakan rumus :

$$P_{air} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad (2.20)$$

Untuk menghitung daya turbin dapat menggunakan rumus :

$$P_{turbin} = T \cdot \omega \quad (2.21)$$

$$T = \rho \alpha V_1 (V_{w1} \cdot R + V_{w2} \cdot R_2) \quad (2.22)$$

$$\omega = \frac{2 \pi n}{60} \quad (2.23)$$

2.12 Pemilihan Bahan Poros

Poros turbin berfungsi untuk mentransmisikan daya dan putaran yang dihasilkan turbin. Dalam hal ini poros yang digunakan adalah aluminium

Dalam menentukan bahan perlu diketahui tegangan izinnya, yang dapat dihitung dengan rumus :

(Sularso, Jakarta, 2002)

$$\tau_g = \frac{\sigma_b}{Sf_1 \times Sf_2} \quad (2.24)$$

Poros yang digunakan pada turbin akan mengalami beban torsi. Untuk itu maka digunakan poros transmisi. Perhitungan kekuatan poros didasarkan pada momen torsi khususnya untuk poros turbin. Momen torsi dapat dicari dengan rumus:

$$M_t = 9,74 \cdot 10^3 \frac{pd}{\pi} \quad (2.25)$$

hasil diameter poros yang direncanakan harus diuji kekuatannya. Jika tegangan geser lebih besar dari tegangan geser izin, maka perencanaan tidak akan menghasilkan hasil yang baik. Besar tegangan geser yang timbul pada poros dapat dihitung dengan rumus:

$$\tau_t = \frac{16.mp}{\pi.dp^2} \quad (2.26)$$

2.13 Bantalan

Bantalan adalah bagian atau komponen yang memiliki fungsi untuk menahan atau mendukung suatu poros untuk tetap padaudukannya. Pada saat turbin beroperasi, pada poros akan bekerja gaya – gaya yaitu akibat berat poros dan akibat berat roda jalan. Secara umum gaya – gaya yang bekerja pada poros adalah :

1. Gaya radial, yaitu gaya yang terjadi pada poros dengan arah horizontal.
2. Gaya aksial, yaitu gaya yang bekerja pada poros dengan arah vertical yang diakibatkan berat poros dan berat roda jalan.

2.13.1 Gaya Radial

Gaya radial yang bekerja pada poros dengan arah sejajar sumbu poros disebabkan oleh momentum fluida dan tekanan yang bekerja searah gerakan roda jalan.

1. Gaya Radial Akibat Momentum Fluida

Gaya radial akibat momentum fluida dapat dihitung dengan rumus :

$$F_m = \frac{\gamma}{g} \cdot Q \cdot V_{r1} \quad (2.27)$$

2. Gaya Radial Akibat Tekanan Searah Roda Jalan

Gaya radial akibat tekanan yang bekerja searah gerakan roda jalan, dapat dihitung dengan rumus :

$$F_t = \rho \cdot a \cdot V_{r1} (V_{w1} + V_{w2}) \quad (2.28)$$

2.13.2 Gaya Aksial

Beban aksial pada poros diakibatkan oleh roda jalan dan berat poros.

Berat poros dapat dihitung dengan rumus :

$$W_p = \frac{\pi}{4} \cdot D_p^2 \cdot L \cdot p \cdot g \quad (2.29)$$

Untuk berat roda jalan dapat dihitung dengan rumus :

$$W_r = \frac{\pi}{4} \cdot D_p^2 \cdot L \cdot p \cdot g \quad (2.30)$$

2.13.3 Pemilihan Dimensi Bantalan

Bantal yang digunakan adalah bantalan bola (*deep groove ball bearing*) jenis terbuka 6202 untuk menahan beban aksial. Dimana ukuran – ukuran utamanya adalah :

Diameter dalam bantalan : 15 mm

Diameter luar bantalan : 35 mm

Lebar : 11 mm

Beban dinamis : 700 kg

Untuk memeriksa kekuatan bantalan, perlu dihitung beban dinamis bantalan. Bantalan mampu menahan beban apabila kapasitas nominal dinamis spesifik lebih besar dari kapasitas dinamis yang timbul pada bantalan. Beban ekuivalen dinamis dihitung dengan rumus :

$$P = X \cdot F_r + F_a \cdot Y \quad (2.31)$$

Untuk mengetahui apakah bantalan tahan terhadap pembebanan yang terjadi untuk suatu umur yang direncanakan, maka perludilakukan terhadap beban dinamis yang timbul terhadap bantalan. Beban dinamis yang direncanakan dapat dicari dengan rumus :

$$f_h = f_n \frac{c}{p} \quad (2.32)$$

Mencari besar beban dinamis :

$$C = \frac{f_h}{f_n} \times P \quad (2.33)$$

2.14 Saluran lubang jatuh

Saluran lubang jatuh adalah saluran penghubung antara sisi keluar turbin dengan muka air bawah. Umumnya saluran jatuh buang satu meter di muka air bawah. Fungsi utama adalah :

1. Untuk Memanfaatkan tinggi air jatuh antara sisi keluar turbin dengan muka air bawah.
2. Mengurangi kerugian energi kinetik. Umumnya kecepatan air keluar roda jalan masih dalam kecepatan tinggi. Dengan menggunakan saluran lubang jatuh yang mempunyai penampangan yang semakin besar ke arah keluar, maka kecepatan air dapat diperkecil sehingga energi kinetik dapat dikurangi.
3. Turbin dapat dipasang diatas muka air bawah sehingga turbin dapat diperiksa dan dikontrol.

BAB 3

METODELOGI

3.1 Tempat Dan Waktu

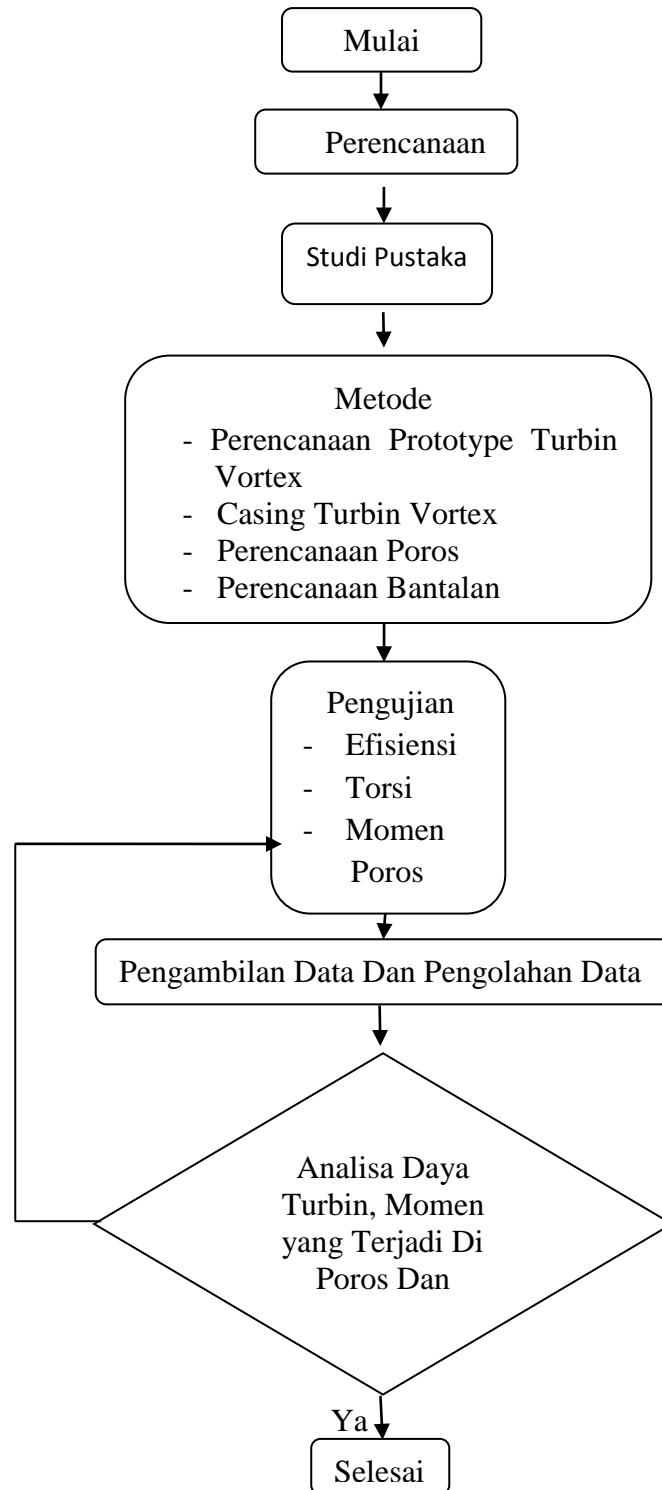
1. Tempat pembuatan prototype turbin vortex dan kegiatan uji coba dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jalan Kapten Mukhtar Basri No 3 Medan.
2. Waktu pelaksanaan pembuatan prototype dan penelitian turbin telah dilaksanakan sejak tanggal pengesahan usulan judul penelitian oleh pengelola Program Studi Teknik Mesin sampai dinyatakan selesai, diperkirakan delapan (8) bulan.

Table 3.1. Jadwal Proses Kegiatan Pembuatan Prototype Turbin vortex

No	Uraian Kegiatan	Waktu							
		Sept	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr
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 perencanaan penelitian. Adapun diagram alir perencanaan sebagai berikut :



Gambar 3.1 diagram alir perencanaan turbin vortex

3.3 Peralatan

1. Prototype 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/Bucket	: 8 buah
Diameter runner	: 8 cm
Diameter poros	: 15 mm
Tinggi poros	: 25 cm
Tipe pasak	: paku rivet
Dimensi bucket	
Panjang	: 8 cm
Lebar	: 4 cm



Gambar 3.2 Runner Turbin

2. 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 3.3 Arduino Uno

3. Photo sensor interruptor

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.

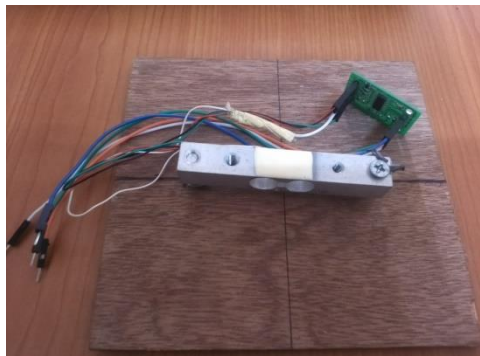


Gambar 3.4 Photo Sensor Interruptor

4. Load cell

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

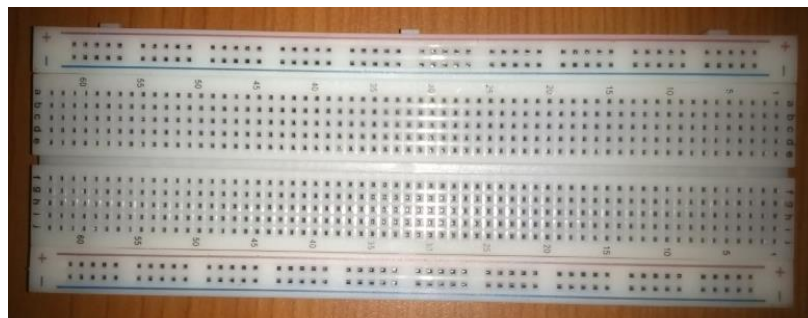
Load cell yang digunakan adalah load cell 1 Kg



Gambar 3.5 load cell

5. Bread Board

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



Gambar 3.6 Bread Board

6. Pompa Air

Pompa air berfungsi untuk memompa air dari bak penampungan kemudian mengalir ke jalur aliran yang mana air menghantam sudu turbin dan air jatuh dari lubang buangan dan kembali lagi bak penampungan.



Gambar 3.7 Pompa Air

Spesifikasi pompa :

H. Max	12 m
Q. Max	200 L/min
RPM	2850
Suction Max	9 m

7. Pulley

Pulley berfungsi sebagai tempat sabuk penggantung beban, beban yang di ikat menggunakan tali yang digantung di pulley, jumlah pulley yang dipakai tiga buah, satu buah dipasang di poros dan dua buah lagi di sebelah kiri dan kanan dudukan bearing poros



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

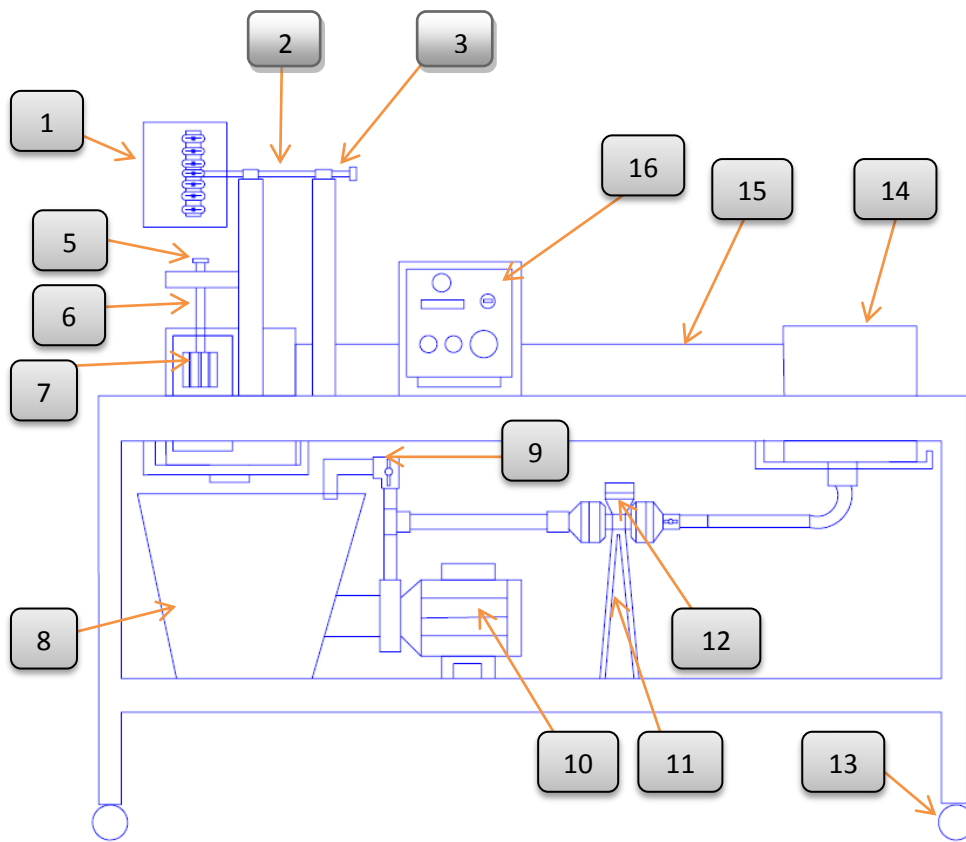
9. rumah turbin

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



Gambar 3.10 Rumah Turbin

3.4 Skema Instalasi Turbin



Gambar 3.11 Instalasi Turbin

Penjelasan Gambar Sebagai Berikut :

1. Rumah turbin pelton
2. Prototype turbin pelton
3. Poros turbin pelton
4. Bantalan/bearing turbin pelton
5. Bantalan/bearing turbin vortex
6. Poros turbin vortex
7. Prototype turbin vortex
8. Bak penampung air
9. Katup
10. Mesin pompa
11. Penyangga sensor flow air
12. Sensor flow air
13. Roda
14. Bak air sisi masuk
15. Penampang aliran air
16. Kontrol panel On/Off

3.5 Prosedur Pengujian

Langkah – langkah yang dilakukan dalam melakukan prosedur analisa prototype turbin pelton 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. Menghidukan pompa air dan melakukan pengamatan data yang ditampilkan di komputer

3.6 Metode Pengukuran

metode yang digunakan untuk menghitung daya turbin adalah dengan cara membaca pergerakan pertambahan beban yang terjadi setelah turbin berputar, sebelum turbin berputar beban dihitung dulu berat awalnya kemudian setelah turbin berputar, catat pertambahan berat beban Dan lakukan pengamatan kecepatan putar turbin saat poros berputar.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Kecepatan Aliran Air Pada Penampang.

Fluida mengalir dengan kecepatan tertentu, penampang aliran air seperti gambar 4.1. Maka yang dimaksud dengan debit fluida adalah volum fluida yang mengalir persatuan waktu melalui suatu penampang dengan luas penampang A dan dengan kecepatan v .



Gambar 4.1 Turbin Vortex

Kecepatan aliran air pada penampang :

Dimana : $b = \text{lebar penampang } 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$

$y = \text{tinggi air direncanakan } 0,1 \text{ m} = 10 \text{ cm}$

$$A = b \cdot y$$

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

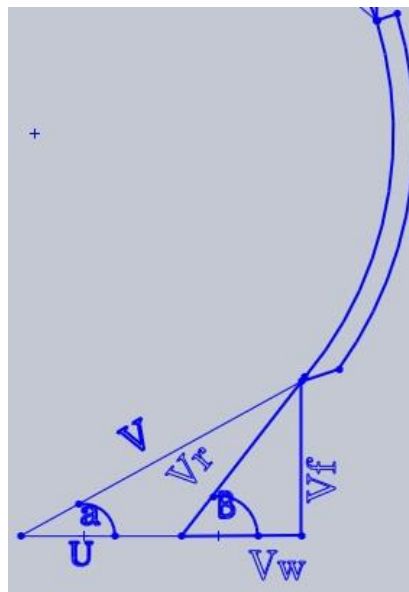
Debit aliran air ($0,00083 \text{ m}^3/\text{s}$) sesuai pengukuran pada katup bukaan penuh

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

$$V = \frac{0,00083}{0,015} = 0,05 \text{ m/s}$$

Maka dalam perencanaan prototype turbin vortex ini didapat kecepatan air pada penampang $0,05 \text{ m/s}$

4.2 Analisa Segitiga Kecepatan Pada Sisi Masuk Katup Buka Penuh



Gambar 4.2 segitiga kecepatan masuk pada bukaan katup penuh

- a. Kecepatan absolut air memasuki sudu (V)

dimana :

$$\text{luas penampang pintu} = 0,0024 \text{ m}^2$$

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

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

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

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

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

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

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

$$V_w = V_1 \cos 60^\circ$$

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

$$V_w = 0,1736 \text{ m/s}$$

d. Kecepatan relatif air memasuki sudu (V_r)

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

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

e. Kecepatan keliling roda jalan (U)

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

$$\sin \beta = 0,9554$$

$$\beta = 72,83^\circ$$

$$U = V_r \cos \beta$$

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

Maka :

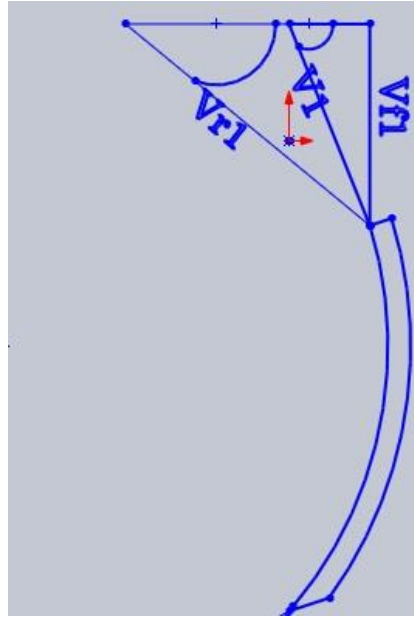
$$U = V_w - U$$

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

$$U = 0,081 \frac{m}{s}$$

4.3 Analisa Segitiga Kecepatan Pada Sisi Keluar Katup Buka Penuh

Karena sudu licin, sehingga analisa segitiga pada sisi keluar :



Gambar 4.3 segitiga kecepatan aliran keluar pada bukaan katup penuh

- a. Kecepatan relatif pada sisi keluar (V_{f1} , V_1 , V_{r1})

$$V_{r2} = V_{r1} = 0,314 \frac{m}{s}$$

$$V_2 = V_1 = 0,3472 \frac{m}{s}$$

- b. Sudut pada kecepatan keliling sisi keluar sudu (θ)

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

$$\sin \theta = \frac{V_f}{V_1} = \frac{0,3 \frac{m}{s}}{0,3472 \frac{m}{s}}$$

$$\sin \theta = 0,864$$

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

c. kecepatan keliling pada sisi keluar (U_1)

$$U_1 = V_1 \cos \theta$$

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

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

$$U_1 = 0,1748 \frac{m}{s}$$

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

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

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

$$\sin \phi = 0,9554$$

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

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

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

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

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

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

Maka :

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

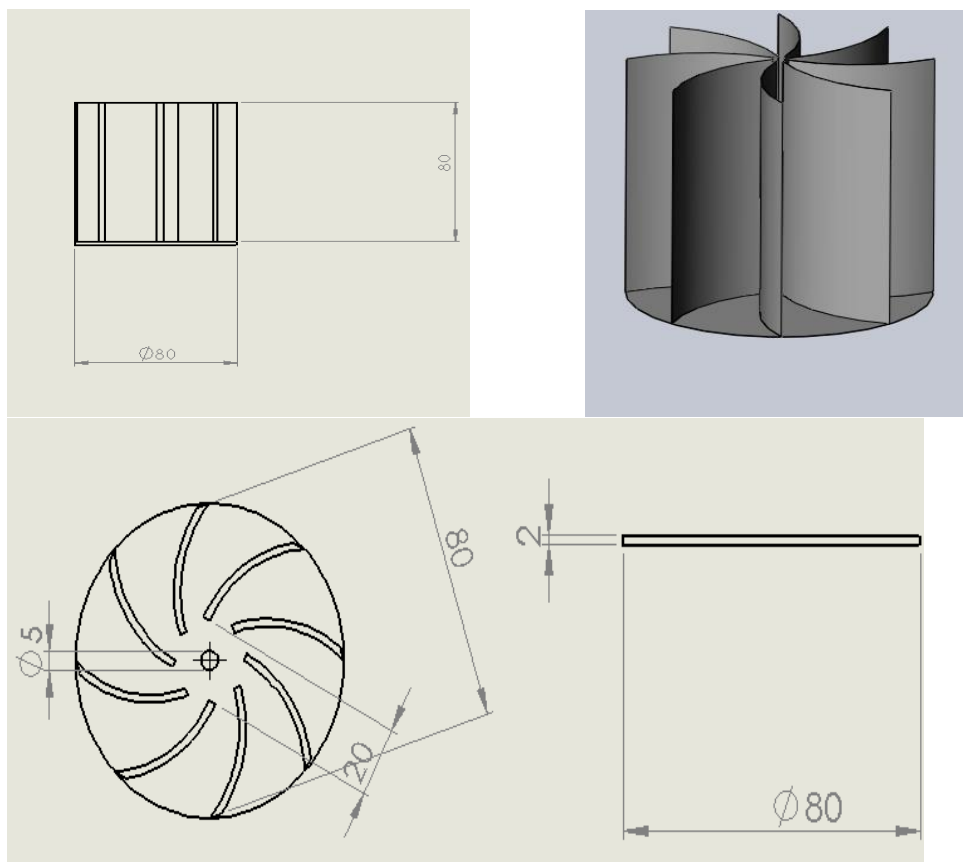
$$U = 0,0927 \frac{m}{s} - 0,104 \frac{m}{s}$$

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

4.4 Perhitungan Komponen – Komponen Utama Turbin

4.4.1 Roda Jalan (Runner)

Runner adalah salah satu komponen utama turbin yang berperan penting dalam menghasilkan daya debit jatuh yang bekerja padanya. Dimana runner berfungsi sebagai penerima kerja dari fluida dan selanjutnya energi yang dikandung fluida dikonversikan pada poros.



Gambar 4.4 Roda Jalan

4.4.2 Ukuran – Ukuran Utama Sudu Roda Jalan

Ukuran – ukuran utama sudu roda jalan yang akan dihitung terdiri dari beberapa bagian yaitu :

1. Diameter Sudu Roda Jalan Pada Sisi Masuk

Diameter sudu roda jalan sisi masuk (D_1) dan diameter roda jalan sisi keluar (D_2) direncanakan adalah :

$$D_1 = 0,08 \text{ m}$$

$$D_2 = 0,02 \text{ m}$$

2. Jarak antara sudu

Jarak antara sudu dapat ditentukan dengan :

$$L = \frac{\pi \cdot D_1}{z}$$

Dimana :

Z = jumlah sudu (direncanakan 8)

Maka :

$$L = \frac{3,14 \cdot 0,08}{8} = 0,0314 \text{ m}$$

3. Tebal Sudu Roda Jalan

Sudu roda jalan dalam prototype turbin vortex ini ditentukan dengan menggunakan bahan plat besi dengan ketebalan 2 mm.

4. Tinggi Roda Jalan

Tinggi roda jalan dapat ditentukan dengan persamaan :

$$H_{rj} = \text{tinggi turbin} - \text{tinggi penampang}$$

$$= 0,084 \text{ m} - 0,05$$

$$= 0,034 \text{ m}$$

5. Pemilihan Bahan Sudu

Pada umumnya bahan sudu yang digunakan adalah besi cor (*cast iron*), baja cor (*cast steel*), baja tahan karat (*stainless steel*), ataupun untuk turbin yang menghasilkan daya yang relatif kecil, namun pada perencanaan ini bahan yang digunakan adalah pipa PVC.

Pada pengujian ini dipilih bahan sudu adalah PVC. Bahan PVC merupakan material yang memiliki ketahanan cukup lama, mempunyai bobot sangat ringan dan memiliki permukaan yang licin dan halus.

4.5 Perhitungan Efisiensi Turbin Vortex

Untuk efisiensi turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

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

Energi kinetik :

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

Dimana :

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

$$\begin{aligned} m &= \rho \cdot Q \\ &= 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,00083 \text{ m}^3 / \text{s} \\ &= 0,83 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Kecepatan aliran air pada penampang :

$$\begin{aligned} A &= b \cdot y \\ &= 0,15 \text{ m} \cdot 0,1 \text{ m} = 0,015 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$P_{air} = \frac{1}{2} \cdot 0,83(0,05^2)$$

$$= 0,00103 \text{ kW}$$

$$r_{turbin} = 40 \text{ mm}$$

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

$$T = F \cdot r$$

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

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

Untuk mencari daya turbin, maka :

Maka :

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

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

Maka dari hasil diatas didapat efisiensi turbin vortex :

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

$$= 93,66\%$$

4.6 Perhitungan 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.

Sehingga putaran spesifik turbin adalah :

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

Dimana : $Pt = \text{daya turbin } 0,00120442$

$$ns = \frac{113\sqrt{0,00120442}}{0,1^{5/4}}$$

$$ns = 63 \text{ rpm}$$

4.7 Pemilihan Casing Turbin

Casing turbin berfungsi untuk membagi dan menyalurkan air yang berasal dari penampang air ke sekeliling runner . casing turbin terbagi atas dua tipe yaitu:

1. Tipe Terbuka

Tipe ini dipergunakan bila air permukaan direncanakan langsung mengenai sudu gerak turbin.

2. Tipe Saluran Tertutup

Pada tipe ini sistemnya tertutup dengan menggunakan *scroll* casing. tipe ini digunakan bila air dari permukaan atas dengan menggunakan pipa penstock.

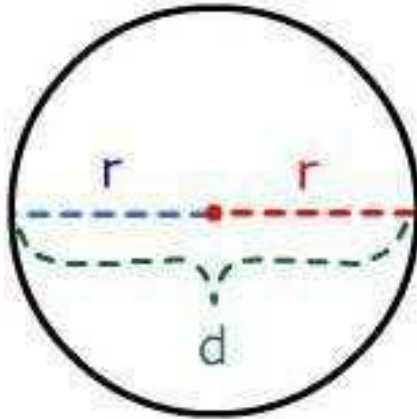
Dari pertimbangan diatas, maka dalam perencanaan dipilih rumah turbin dengan saluran terbuka.

4.8 Casing Turbin

Casing turbin dalam perencanaan ini terdiri dari 1 tipe casing turbin berbentuk lingkaran.

4.8.1 Casing Lingkaran

Bentuk lingkaran dengan penampang laluan air merata ke sekeliling sudu dengan kecepatan yang sama. Perencanaan casing turbin berbentuk lingkaran dengan diameter lingkaran 16 cm menggunakan rumus lingkaran.

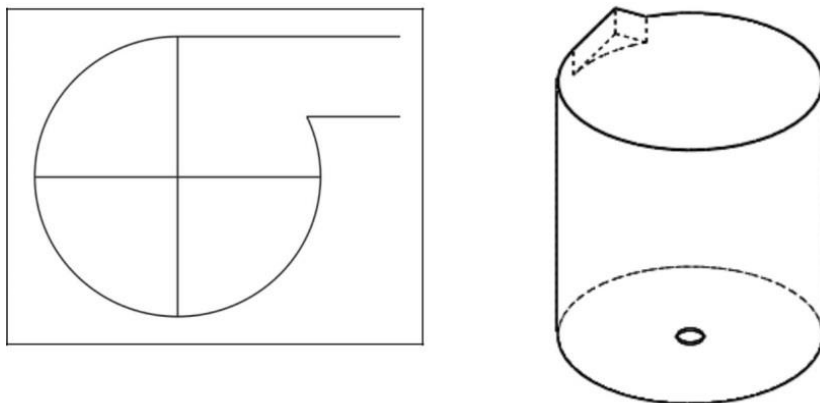


Gambar 4.5 ukuran lingkaran

Dimana : $D =$ Diameter lingkaran $= 0,16$ m

$$r = \text{Jari - jari lingkaran} : r = \frac{d}{2} = \frac{0,16}{2} = 0,08 \text{ m}$$

maka dari hasil diatas casing lingkaran dengan lubang masuk tipe *scroll* dapat dibuat seperti Gambar 4.5.



Gambar 4.6 casing lingkaran

Pada perencanaan penggunaan casing turbin vortex ini yaitu berbentuk lingkaran dan bahan casing turbin ini ialah akrelik transparan dengan tebal 3 mm.

4.8.2 Saluran lubang jatuh

$$D_t = \text{Diameter turbin} = 0,16 \text{ m}$$

Maka :

$$D = \frac{D_t}{10}$$

$$D = \frac{16}{10} = 1,6 \text{ cm}$$

4.9 Perhitungan Poros Turbin

Poros turbin berfungsi untuk mentransmisikan daya dan putaran yang dihasilkan turbin ke poros generator.

4.9.1 Perhitungan Momen Torsi Poros

$$T = F \cdot r$$

Dimana :

$$F \text{ gaya torsi} = 0,25 \text{ kg}$$

$$r_{\text{turbin}} = 40 \text{ mm}$$

$$T = F \cdot r$$

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

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

4.9.2 Pemilihan Bahan Poros

Pada perencanaan ini bahan yang dipilih adalah batang aluminium dengan kekuatan tarik $\sigma = 1,4 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$

Maka tegang geser izin adalah :

Dimana: Sf_1 = factor keamanan yang tergantung pada jenis bahan, dimana untuk bahan aluminium besarnya $1,4 \text{ kg/mm}^2$

Dimana : Sf_1 = faktor keamanan bahan sebesar 6

Sf_2 = faktor keamanan poros berkisar antara 2 – 2,5

$$\begin{aligned}\tau_g &= \frac{\sigma_b}{Sf_1 \times Sf_2} \\ &= \frac{1,4}{6 \times 2} \\ &= 0,116 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

4.9.3 Pemeriksaan Kekuatan Poros

Besar tegangan geser yang timbul pada poros adalah:

Dimana: dp = diameter poros (15 mm)

$$\begin{aligned}\tau_t &= \frac{16.Mp}{\pi.dp^3} \\ \tau_t &= \frac{16.1,4}{3,14 \times 15^3} \\ &= \frac{22,4}{1059} = 0,021 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

4.10 Bantalan

Bantalan adalah bagian atau komponen yang memiliki fungsi untuk menahan atau mendukung suatu poros untuk tetap padaudukannya. Pada saat

turbin beroperasi, pada poros akan bekerja gaya – gaya yaitu akibat berat poros dan akibat berat roda jalan.

4.10.1 Perhitungan Gaya Radial

gaya radial yang bekerja pada poros dengan arah sejajar sumbu poros disebabkan oleh momentum fluida dan tekanan yang bekerja searah gerakan roda jalan.

1. Gaya Radial Akibat Momentum Fluida

Dimana : $\gamma = \text{berat jenis fluida } (9806 \text{ N/m}^3)$

$Q = \text{kapasitas aliran fluida } (0,00083 \text{ m}^3/\text{s})$

$$F_m = \frac{\gamma}{g} \cdot Q_{\text{pintu}} \cdot V_{r1}$$

$$F_m = \frac{9806}{9,81} \cdot 0,00083 \cdot 0,314 = 0,0260 \text{ N} = 0,0026 \text{ kg}$$

2. Gaya Radial Akibat Tekanan Searah Roda Jalan

Dimana : $\rho = \text{massa jenis air } (1000 \text{ kg/m}^3)$

$$F_t = \rho \cdot a \cdot V_{r1} (V_{w1} + V_{w2})$$

$$F_t = 1000 \times 0,015 \times 0,314 (0,1736 + 0,0927)$$

$$= 1,25 \text{ kg}$$

3. Total gaya radial

Total gaya radial yang terjadi adalah :

$$F_t = F_m + F_t$$

$$= 0,0260 + 1,25$$

$$= 1,27 \text{ kg}$$

4.10.2 Perhitungan Gaya Aksial

Beban aksial pada poros diakibatkan oleh roda jalan dan berat poros.

Maka :

Dimana : P = massa jenis poros (untuk aluminium = $2,7 \cdot 10^3 \text{ kg/cm}^3$)

$$W_p = \frac{\pi}{4} \cdot D_p^2 \cdot L \cdot p \cdot g$$

$$W_p = \frac{3,14}{4} \cdot 1,5^2 \cdot 250 \cdot 2,7 \cdot 10^3 \cdot 9,81$$

$$= 11,69 \text{ kg}$$

Perhitungan untuk berat roda jalan :

$$\gamma = \text{berat jenis bahan pipa PVC} = 1,42 \text{ kg/m}$$

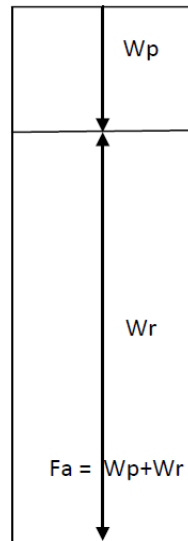
$$W_r = \frac{\pi}{4} \cdot (D_2^1 \cdot D_2^2) \cdot t_b \cdot \gamma$$

$$W_r = \frac{\pi}{4} \cdot (D_2^1 \cdot D_2^2) \cdot t_b$$

$$W = \frac{\pi}{4} \cdot (0,08^2 \cdot 0,02^2) \cdot 0,002 \cdot 1,42$$

$$= 0,000000057 \text{ kg}$$

Dalam perencanaan ini berat poros dan berat roda jalan di anggap sebagai beban terpusat. Pembebanan pada poros dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 4.7 Pembebanan pada poros

Dari Gambar 4.7 didapat :

$$\begin{aligned} Fa &= Wp + wr \\ &= 11,69 + 0,000000057 \\ &= 11,69kg \end{aligned}$$

4.10.3 Pemilihan Dimensi Bantalan

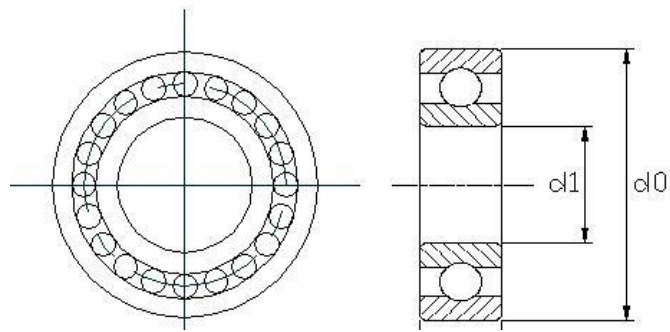
Bantalan yang digunakan adalah bantalan bola (*deep groove ball bearing*) jenis terbuka 6202 untuk menahan beban aksial. Dimana ukuran – ukuran utamanya adalah :

Diameter dalam bantalan : 15 mm

Diameter luar bantalan : 35 mm

Lebar : 11 mm

Beban dinamis : 700 kg



Gambar 4.8 bantalan

Maka :

$$X = \text{faktor rotasi} = 0,4$$

$$Y = \text{faktor aksial} = 1$$

$$P = X.F_r + F_a.Y$$

$$P = 0,4(1,86) + 1.(11,69)$$

$$= 12,43 \text{ kg}$$

Lama pemakaian bantalan, direncanakan 15000 jam

$$L_n = \left(\frac{L_n}{500} \right)^{\frac{3}{10}}$$

$$= \left(\frac{15000}{500} \right)^{\frac{3}{10}}$$

$$= 2,8$$

$f_n = \text{faktor kecepatan bantalan}$

$$= \left(\frac{11,69}{375} \right)^{3/10}$$

$$= 0,35$$

Sehingga diperoleh besaran beban dinamis :

$$C = \frac{f_n}{f_n} \times P$$

$$C = \left(\frac{2,8}{0,35} \right) \cdot 12,43$$

$$= 99,44 \text{ kg}$$

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN.

Dari hasil perhitungan dan pembahasan perencanaan turbin yang dilakukan, maka diperoleh data-data sebagai berikut :

1. Pada kapasitas aliran katup bukaan penuh dengan $Q=0,05\frac{m^3}{mnt}$ berdasarkan pengukuran pada katup bukaan penuh dengan kecepatan aliran di penampang $V=0,055\frac{m}{s}$ didapat efisiensi terbaik yaitu $\eta=93,66\%$ dengan daya turbin $0,000120442\text{ watt}$ dan putaran 63 rpm
2. Pada roda jalan didapat: diameter luar roda jalan 8 cm, diameter dalam roda jalan 2 cm, jumlah sudu 8, jarak antara sudu 0,0314 m, tebal sudu 2 mm, radius kelengkungan 60° , bahan sudu pipa PVC.
3. Diameter pada casing turbin 16 cm, tinggi 20 cm, jenis bahan akrilik bening dengan ketebalan 3 mm, jenis casing terbuka dan berbentuk lingkaran.
4. Pada perencanaan poros turbin berdiameter 15 mm, dengan panjang 25 cm, bahan terbuat dari Aluminium.
5. Jenis bantalan/bearing 6202, pada diameter bagian dalam 15 mm, diameter bagian luar 35 mm, dengan lebar 11 mm dan beban dinamis 700 kg.

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. Sebaiknya mempertimbangkan/merencanakan terlebih dahulu bahan – bahan yang sesuai untuk pengujian kedepannya.
3. Terlebih dahulu mencari referensi tentang turbin vortex, dikarenakan masih sedikitnya pengetahuan tentang turbin vortex dibandingkan dengan turbin – turbin lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Gibran, 2014, "Rancang Bangun Turbin Vortex Dengan Casing Berpenampang Lingkaran Yang Menggunakan Sudu Diameter 46cm Pada 3 Variasi Jarak Antara Sudu Dan Saluran Keluar", Universitas Sumatera Utara.

[Http://idrsmunthe.blogspot.co.id/2011/10/turbin-air.html](http://idrsmunthe.blogspot.co.id/2011/10/turbin-air.html).

[Http://novirikoputra.blogspot.co.id/2011/11/konsep-turbin-pusaran-air-vortex-turbin.html](http://novirikoputra.blogspot.co.id/2011/11/konsep-turbin-pusaran-air-vortex-turbin.html).

[Http://www.Slideshare.Net/Khairul_Fadli/Perencanaan-Turbin-Air](http://www.Slideshare.Net/Khairul_Fadli/Perencanaan-Turbin-Air).

Indra Bayu Segara Kasbi, 2014, "Analisa Perancangan Turbin Vortex Dengan Casing Berpenampang Spiral Dan Lingkaran Dengan 3 Variasi Dimensi Sudu", Universitas Sumatera Utara.

J.F Douglas, 1995, tekanan menurun dan circumferensial kecepatan naik ketika bergerak mendekati pusat vortex.

Sularso, Kiyokatsu Suga, "Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin", Cetakan kesepuluh, Pradnya Paramitha, Jakarta, 2002.

Teori Pusaran Bebas, Pusaran Dengan Paksaan, (Dugdale, 1986).

LAMPIRAN

Tabel Hasil pengolahan data prototipe turbin vortex pada bukaan katup penuh

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 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 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

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Mhd.Ardianto
NPM : 1307230033
Tempat/ Tanggal Lahir : Sukalue, 17 Mei 1995
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Alamat : Sukaluwei
 Kel/Desa : Sukaluwei
 Kecamatan : Bangun Purba
 Kabupaten : Deli Serdang
 Provinsi : Sumatera Utara
Nomor HP : 0853 5862 8955
Nama Orang Tua
 Ayah : Tahtim
 Ibu : Rasinem

PENDIDIKAN FORMAL

2002-2007 : SD Negeri 101993 Sukaluwei
2007-2010 : SMP Negeri 1 Bangun Purba
2010-2013 : SMK Negeri 1 Lubuk Pakam
2013-2017 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas
Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara