

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH JUMLAH SUDU PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK  
TENAGA MIKROHIDRO TIPE WHIRLPOOL TERHADAP DAYA YANG  
DIHASILKAN**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syara Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**SURYA AL-AMIN**  
**1507230251**



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2020**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Surya Al-Amin

NPM : 1507230251

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Pengaruh Jumlah Sudu Prototype Pembangkit Listrik Tenaga  
Mikrohidro Tipe Whirlpool Terhadap Kinerja Yang  
Dihasilkan

Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 06 Agustus 2020

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



H. Muharnif, S.T., M.Sc

Dosen Peguji II



Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Peguji IV



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

Program Studi Teknik Mesin

Ketua,



Affandi, S.T., M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : SURYA AL-AMIN  
Tempat /Tanggal Lahir : KISARAN 6 MEI 1997  
NPM : 1507230252  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“PENGARUH JUMLAH SUDU *PROTOTYPE* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO TIPE *WHIRLPOOL* TERHADAP DAYA AIR YANG DIHASILKAN”.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal 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 Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Oktober 2020

Saya yang menyatakan,



Surya Al-amin

## ABSTRAK

Turbin air adalah alat yang merubah energi aliran menjadi energi mekanik poros. Sebelum dikonversi menjadi energi mekanik pada turbin maka energi potensial perlu dikonversi menjadi energi kinetik terlebih dahulu. Ada pun cara kerja turbin yang akan di pakai ini adalah dengan memanfaatkan aliran air yang di mana air akan di buat menjadi pusaran air (*whirlpool*). Pusaran air akan menggerakkan sudu turbin yang menyebabkan *runner* berputar sehingga terjadi perubahan energi kinetik air menjadi energi mekanis pada turbin yang digunakan untuk menggerakkan generator kemudian menjadi energi listrik. Skripsi ini membahas pengaruh jumlah sudu 6 dan sudu 8 di mana sudu sangat berperan penting dalam turbin *whirlpool*, sudu yang digunakan adalah sudu tetap yang merupakan suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu. pengaruh jumlah sudu juga mempengaruhi putaran turbin dan kecepatan torsi dimana dengan berbedanya jumlah sudu sangat menentukan peningkatan kinerja turbin. Dan penelitian kali ini membahas pengaruh jumlah sudu (sudu 6 dan sudu 8) untuk menghasilkan putaran turbin yang efektif. Adapun tujuan khususnya adalah mendapatkan nilai torsi yang terjadi pada poros, menghitung daya turbin dan daya air yang dihasilkan turbin, menganalisa nilai efisiensi dari kerja turbin, dan menghitung nilai kecepatan spesifik pada turbin. Metode yang digunakan untuk menghitung daya turbin adalah dengan cara membaca pergerakan penambahan yang terjadi setelah turbin berputar. Pada hasil pengujian berdasarkan pengaruh jumlah sudu 6 dan sudu 8, daya turbin pada sudu 6 yang terbesar terdapat pada debit 150 liter/menit dengan nilai  $=0,9073378$  watt dan daya turbin paling besar didapat pada jumlah sudu 8 pada debit 150 liter/menit dengan daya turbin  $=1,03288761$  watt.

Kata kunci: jumlah sudu, Daya turbin, kinerja Turbin *whirlpool*

## **ABSTRACT**

*Water turbine is a device that converts flow energy into shaft mechanical energy. Before it is converted into mechanical energy in the turbine, potential energy needs to be converted into kinetic energy first. There is also a way of working the turbine that will be used is by utilizing the flow of water in which the water will be made into a whirlpool. The whirlpool will drive the turbine blade which causes the runner to spin so that there is a change in the kinetic energy of the water into mechanical energy in the turbine used to drive the generator then into electrical energy. The effect of the number of blades also affects the turbine rotation and torque speed where different blades determine the increase in performance turbine. And the current study discusses the influence of the number of blades (blades 6 and blades 8) to produce an effective turbine rotation. The specific goal is to get the value of the torque that occurs on the shaft, calculate the turbine power and water power produced by the turbine, analyze the efficiency value of the turbine work, and calculate the specific speed value on the turbine. The method used to calculate the turbine power is by reading the incremental movements that occur after the turbine rotates. In the test results based on the influence of the number of blades 6 and blades 8, the greatest turbine power is obtained at the number of blades 8 at a discharge of 150 liters / minute with turbine power = 1.03288761 watts.*

*Keywords: the influence of the number of blades, turbine power, whirlpool turbine performance*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “PENGARUH JUMLAH SUDU DAN TINGGI PROPELER PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO TIPE WHIRLPOOL TERHADAP DAYA AIR YANG DIHASILKAN” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Khairul Umurani S.T.,M.T, selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A. Siregar S.T.,M.T, selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar,ST.,MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
7. Orang tua penulis yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.

8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat saya: Wahyu Eka Syahputra, Suheriansyah, Haris, Ridho, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu saya berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan saya di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik Mesin.

Medan, 10 Februari 2020

Surya Al-amin

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>4</b>
2.1. Energi Air	4
2.2. Turbin Air	4
2.2.1. Defenisi turbin air	4
2.2.2. Jenis-jenis turbin air	5
2.3. Turbin <i>Whirpool</i>	9
2.3.1. Cara kerja turbin whirlpool	10
2.3.2. Komponen-komponen turbin air	10
2.4. Karakteristik turbin air	11
2.5. Efisiensi turbin dan runner	14
<b>BAB 3 METODOLOGI</b>	<b>16</b>
3.1. Tempat dan Waktu Pembuatan	16
3.1.1. Tempat Pembuatan	16
3.1.2. Waktu Penelitian	16
3.2. Alat yang digunakan	17
3.2.1. Alat-alat Yang Digunakan	17
3.3. Diagaram Alir Penelitian	26
3.3.1. Penjelasan Diagram Alir	27
3.4. Prosedur Pengujian	27
3.5. Metode Pengukuran	28
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>29</b>
4.1. Hasil pengujian	29
4.2. Hasil Penelitian	29
4.3. Perbandingan pengaruh jumlah sudu	30
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>53</b>
5.1. Kesimpulan	53
5.2. Saran	54



**DAFTAR PUSTAKA**

**55**

**LAMPIRAN  
LEMBAR ASISTENSI  
DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 jadwal dan pelaksanaan penelitian	
Tabel 4.2 Hasil pengujian pengaruh jumlah sudu 6	40
Tabel 4.3 Hasil Pengujian pengaruh jumlah sudu 8	55

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 turbin <i>francis</i>	6
Gambar 2.2 turbin <i>kaplan</i>	7
Gambar 2.3 Turbin <i>pelton</i>	8
Gambar 2.4 turbin <i>turgo</i>	8
Gambar 2.5 turbin <i>crossflow</i>	9
Gambar 2.6 Turbin <i>Whilpool</i>	9
Gambar 3.1 Mesin Bubut	17
Gambar 3.2 <i>chopsaw</i>	17
Gambar 3.3 Gerinda Tangan	17
Gambar 3.4 Mesin Bor	18
Gambar 3.5 Mesin Las	18
Gambar 3.6 Meteran Gulung	18
Gambar 3.7 Meteran Siku	19
Gambar 3.8 Kapur Besi	19
Gambar 3.9 Kaca Mata	19
Gambar 3.10 Sarung Tangan	19
Gambar 3.11 Kunci Pas	20
Gambar 3.12 Palu	20
Gambar 3.13 Jangka	20
Gambar 3.14 Jangka Sorong	21
Gambar 3.15 <i>Mikrokontrol Arduino</i>	21
Gambar 3.16 Sensor <i>Interruptor</i>	22
Gambar 3.17 <i>Load cell</i>	22
Gambar 3.18 <i>Bread Board</i>	22
Gambar 3.19 <i>Pulley</i>	23
Gambar 3.20 Roda Pencacah	23
Gambar 3.21 Pompa Air	24
Gambar 3.22 <i>Flow Meter</i>	24
Gambar 3.23 PLX-DAQ	25
Gambar 3.24 Leptop	25
Gambar 3.25 Diagram Alir	28
Gambar 4.2 sudu turbin	29
Gambar 4.3 Perbandingan Debit Terhadap Torsi	44
Gambar 4.4 Perbandingan Debit Terhadap Daya Turbin	45
Gambar 4.5 Perbandingan Debit Terhadap Daya Air	45
Gambar 4.6 Perbandingan Debit Terhadap Efisiensi	46
Gambar 4.7 Perbandingan Debit Terhadap Kecepatan Spesifik	46
Gambar 4.8 Perbandingan Debit Terhadap Torsi	47
Gambar 4.9 Perbandingan Debit Terhadap Daya Turbin	47
Gambar 4.10 Perbandingan Debit Terhadap Daya Air	48
Gambar 4.11 Perbandingan Debit Terhadap Efisiensi	48
Gambar 4.12 Perbandingan Debit Terhadap Kecepatan Spesifik	49
Gambar 4.11 Torsi sudu 6 dan Torsi 8	49
Gambar 4.12 Daya Turbin sudu 6 Dan Sudu 8	50
Gambar 4.13 Daya Air Sudu 6 Dan Dan Sudu 8	51
Gambar 4.14 Efisiensi sudu 6 Dan Sudu 8	51



## DAFTAR NOTASI

<b>NO.</b>	<b>Simbol</b>	<b>Besaran</b>	<b>Satuan</b>
1.	$N_s$	Kecepatan spesifik	rpm
2.	$V_n$	Kecepatan pancaran	m/s
3.	$P$	Daya	watt
4.	$Q$	Debit aliran air	$m^3/s$
5.	$t$	waktu	second
6.	$v$	Kecepatan runner	m/s
7.	$H$	Tinggi jatuh	m
8.	$n$	Putran	rpm
9.	$g$	Perepatan gravitasi	$m/s^2$
10.	$T$	Torsi	Nm
11.	$r$	Kerapatan Air	$kg/m^3$
12.	$h_t$	Efisiensi turbin	%
13.	$dn$	Diameter nozzle	m
14.	$Dt$	Diameter lingkaran tusuk	m
15.	$Z$	Jumlah Sudu	Buah
16.	$B_s$	Lebar Sudu	m
17.	$C_s$	Kedalaman Sudu	m
18.	$M$	Lebar Bukaan Sudu	m
19.	$I$	Jarak Jet Keujung Sudu	m
20.	$L_s$	Panjang Sudu	m
21.	$F$	Gaya	N
22.	$w$	Kecepatan Keliling	rad/s

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1 LatarBelakang

Listrik merupakan sumber energi yang digunakan oleh manusia. Listrik di hasilkan melalui sebuah sistem pembangkit listrik. Pembangkit yang banyak digunakan adalah pembangkit listrik tenaga air (PLTA), Pembangkit listrik tenaga gas bumi (PLTG), pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD), dan pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN), PLTU dan PLTD menggunakan sumber energi berupa batubara ataupun minyak bumi.

Pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air sebagai media utama untuk penggerak turbin dan generator (PLMTH). Secara teknis, mikrohidro mempunyai tiga komponen utama yaitu air sumber energi turbin dan generator. Air mengalir dengan kapasitas tertentu disalurkan dengan ketinggian tertentu melalui pipa pesat menuju rumah instalasi (powerhouse).

Turbin whirlpool dibuat oleh turbulent perusahaan belgia merupakan pembangkit listrik yang hampir dapat dipasang di semua kanal atau sungai memanfaatkan air yang mengalir untuk menghasilkan tenaga listrik bagi setidaknya 60 rumah sumber energi bersih yang juga ramah terhadap ikan ini dapat beroperasi pada siang dan malam hari. Turbin whirlpool ini memanfaatkan jeram kecil atau air terjun untuk mendapatkan energy. Sebidang tanah didekat sumber air digali untuk membuat sebuah bak dan saluran air kecil dengan konstruksi beton. Generator dan impeller dimasukan didalam bak lalu dinding sungai dibuka sedikit supaya sebagian air sungai bias masuk kedalamnya sehingga membuat turbin berputar. Putaran turbin ini menghasilkan energi tanpa batas sepanjang airnya mengalir.

sudu adalah bagian dari turbin, dimana konversi energi terjadi sudu terdiri dari bagian akar sudu badan sudu dan ujung sudu kemudian di rangkai sehingga membentuk satu lingkaran penuh.

Komponen utama dalam penelitian ini adalah sudu tetap yang merupakan suatu kontruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, Air sebagai

fluida kerja mengalir melalui ruang diantara sudu tersebut, dengan demikian roda turbin akan dapat berputar dan pada sudu ada gaya yang bekerja. Oleh karena itu sudu merupakan bagian yang sangat penting pada turbin.

Berdasarkan uraian diatas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul skripsi PENGARUH JUMLAH SUDU PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO TIPE WHILPOOL TERHADAP DAYA YANG DIHASILKAN

## 1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah dalam penelitian adalah pengaruh jumlah sudu dan tinggi propeler prototype pembangkit listrik tenaga mikrohidro tipe whirlpool terhadap kapasitas air.

Berdasarkan uraian diatas dapat di tarik beberapa hal yang menjadi permasalahan yaitu:

1. Bagaimana pengaruh jumlah sudu 6 dan Sudu 8 terhadap daya yang dihasilkan
2. Bagaimana kinerja turbin akibat variasi jumlah sudu 6 dan sudu 8 prototype pembangkit listrik mikrohidro

## 1.3 Ruang lingkup

Turbin whirlpool telah menjadi pembangkit listrik terbarukan dengan memanfaatkan pusaran air. putaran turbin akan menghasilkan energi bebas tanpa batas sepanjang airnya mengalir. Dalam penelitian ini akan melakukan pengujian variasi jumlah sudu (sudu 6 dan sudu 8) terhadap daya air pada prototype pembangkit listrik tenaga mikrohidro tipe whirlpool, dengan menggunakan debit air 90 liter/menit, 110 liter/menit, 125 liter/menit, 135 liter/menit, 150 liter/menit. Sehingga pembangkit listrik dengan skala kecil ini dapat di tempatkan di daerah-daerah terpencil atau perdesaan.

## 1.4 Tujuan

### 1.4.1 Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah

1. Untuk Mengetahui pengaruh jumlah sudu 6 dan sudu 8 terhadap daya air yang di hasilkan
2. Untuk menghitung daya air dalam variasi jumlah sudu 6 dan sudu 8 prototype pembangkit listrik

## 1.5 Manfaat

Manfaat dalam pe nelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi peneliti, dapat menambah wawasan dan ilmu pengetahuan tentang turbin air.
2. Hasil penelitian dapat menambah kasanah ilmu pengetahuan yang dapat ditempatkan di perpustakaan atau di publikasikan pada kahalayak ramai.
3. Hasil penelitian dapat dijadikan referensi bagi para peneliti lain jika melakukan penelitian yang sama.
4. Bagi penulis dapat menambah pengetahuan tentang turbin air



## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### *2.1 Prototype*

*Prototype* adalah sample atau model paling awal yang di rancang untuk menguji konsep yang sudah ada atau yang sudah dibuat.

#### *2.2 Energi Air*

Air merupakan sumber energi yang mudah 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 menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun atau aliran air disungai. Sejak awal abad 18 kincir air banyak dimanfaatkan sebagai penggerak gandum, penggergajian kayu dan mesin tekstil. (Mesin, Industri, & Indonesia, 2018)

Besarnya energi air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya head dan debit air. Dalam hubungan reservoir air maka head adalah beda ketinggian antara muka air pada *reservoir* (bendungan) dengan muka air keluar dari kincir air/turbin air. (Mesin et al., 2018)

#### *2.3 Turbin Air*

Turbin air terdapat dalam suatu pembangkit listrik berfungsi untuk mengubah energi potensial yang dimiliki air menjadi energi kinetik. Selanjutnya energi kinetik ini akan dirubah menjadi energi elektrik melalui generator. Hal ini menyebabkan setiap pembahasan tentang turbin hidrolik akan mengikutsertakan generator sebagai pembangkit listrik. Turbin air adalah salah satu mesin penggerak yang mana fluida kerjanya adalah air. Berdasarkan perubahan energi turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin *Impuls* dan turbin reaksi.

##### *2.2.1 Defenisi Turbin Air*

Kata "turbine" ditemukan oleh seorang insinyur Prancis yang bernama Cloude Biourdin pada awal abad 19, yang di ambil dari terjemahan bahasa latin dari kata "whirling" (putaran). Turbin air adalah suatu mesin berputar yang mengkonversikan energi suatu gerakan aliran air menjadi energi mekanis yaitu energi puntir. Energi mekanis ini kemudian ditransfer melalui suatu poros untuk mengoperasikan mesin atau generator.(paish,2002)

Pemilihan suatu turbin tergantung pada karakteristik lokasi, karena menentukan tinggi air jatuh dan kapasitas air. Selain itu pemilihan turbin juga tergantung dari kecepatan putar yang di minta oleh generator.

### 2.2.2 Jenis-Jenis Turbin Air

Terdapat berbagai jenis turbin air yang digunakan untuk penyediaan kebutuhan energi listrik. Turbin air biasanya dikelompokkan berdasarkan kegunaan tertentu, kapasitas aliran, dan tinggi air jatuh. Oleh karena itu, turbin air di klasifikasikan berdasarkan beberapa cara. Secara umum klasifikasi berdasarkan prinsip kerja turbin tersebut merubah energi air menjadi energi mekanis, berdasarkan klasifikasi ini, turbin air dibagi menjadi dua yaitu:

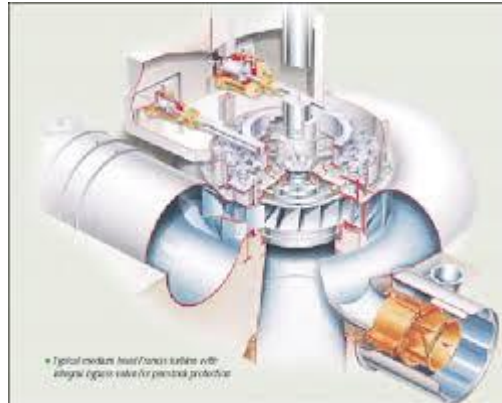
#### -Turbin Reaksi

Turbin reaksi biasa disebut turbin tekanan lebih, turbin ini terdiri atas sudu pengarah dan sudu jalan. Pada turbin reaksi proses ekspansi air terjadi di dalam sudu tetap maupun sudu gerak, dan kedua sudu tersebut semuanya terendam di dalam aliran air. Turbin reaksi digunakan untuk aplikasi turbin dengan head rendah dan medium beberapa contoh turbin reaksi adalah turbin francis, dan turbin kaplan.

#### 1. Turbin francis

Turbin francis adalah termasuk jenis turbin yang terdiri dari sudu pengarah dan sudu jalan, dan kedua sudu tersebut, semuanya terendam didalam air. Air pertama masuk pada terusan berbentuk rumah keong. perubahan energi seluruhnya terjadi pada sudu pengarah dan sudu gerak. Aliran air masuk kesudu pengarah dengan kecepatan semakin naik dengan tekanan yang semakin turun sampai roda jalan, pada roda jalan kecepatan akan naik lagi dan tekanan turun sampai di bawah

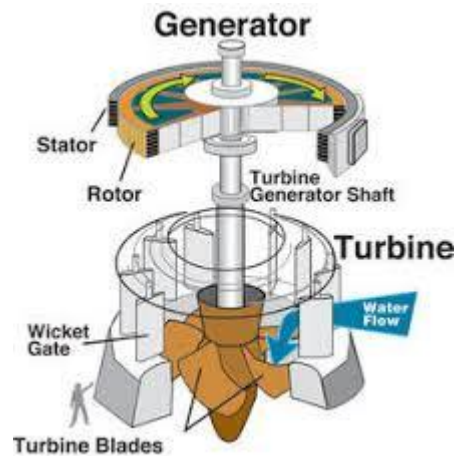
1 atm. Untuk menghindari kavitasi, tekanan harus di naikan 1 atm dengan cara pemasangan pipa hisap. Pengaturan daya yang di hasilkan yaitu dengan mengatur posisi pembukaan sudu pengarah, sehingga kapasitas air yang masuk keroda turbin dapat di perbesar atau diperkecil. Turbin francis dapat dipasang dengan poros vertikal dan horizontal.



2.1 Turbin francis : (Oliver,2019)

## 2. Turbin kaplan

Turbin ini mempunyai roda jalan yang miring 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 air ini mempunyai kelebihan dapat menyesuaikan head yang berubah – ubah sepanjang tahun. turbin kaplan dapat beroperasi pada kecepatan tinggi sehingga ukuran roda dapat di kopel langsung dengan generator. pada kondisi pada beban tidak penuh turbin kaplan mempunyai efisiensi paling tinggi, hal ini di karenakan sudu-sudu kaplan dapat diatur menyesuaikan dengan beban yang ada.



2.2 turbin kaplan: (Oliver, 2019)

#### -Turbin Implus

Turbin implus adalah tekanan jatuh hanya terjadi pada sudu tetap, dan tidak terjadi pada sudu berputar. turbin implus disebut juga turbin tekanan sama, karena aliran air ketika masuk kesudu adalah sama dengan tekanan pada saat keluar sudu. Air keluar nozel yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (implus).

Energi fluida masuk sudu gerak, dalam bentuk energi kinetik berupa pancaran air yang di hasilkan oleh nozel. Pada bucket, energi air di ubah menjadi energi mekanis putaran poros. Beberapa contoh turbin implus adalah turbin pelton, turbin turgo, miche-banki (juga dikenal sebagai turbin crossflow atau ossberger).

#### 1. Turbin pelton

Turbin pelton adalah turbin reaksi dimana satu atau lebih pancaran air menumbuk roda yang terdapat sejumlah mangkok. Masing-masing pancaran keluar melalui nozzle dengan valve untuk mengatur aliran. turbin pelton hanya digunakan head tinggi. Nozzle turbin berada searah dengan piringan runner.



2.3 turbin pelton: (Oliver,2019)

## 2. Turbin turgo

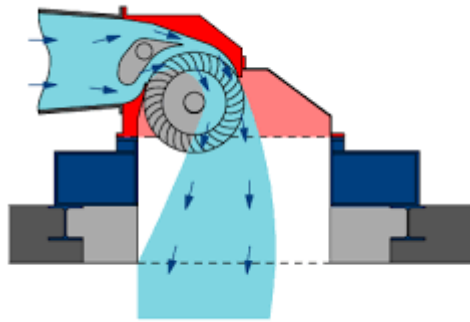
Turbin turgo dapat beroperasi pada head 30 s/d 300 m. Seperti turbin pelton turbin turgo merupakan turbin impuls, tetapi sudunya berbeda keuntungannya dan kerugiannya juga sama.



2.4 Turbin turgo: (Oliver,2019)

## 3. Turbin crossflow

Turbin crossflow adalah salah satu turbin air dari jenis turbin aksi (impulse turbin). Pemakaian jenis turbin crossflow lebih menguntungkan dibanding dengan penggunaan kincir air maupun jenis turbin mikrohidro lainnya. Penggunaan turbin ini untuk daya yang sama dapat menghemat biaya pembuatan penggerak mula sampai 50% dari penggunaan kincir air dengan bahan yang sama.



2.5 turbin crossflow: (Oliver,2019)

### 2.3 Turbin whirlpool

Turbin ini hanya memiliki satu komponen yang bergerak, sehingga umur teknisnya panjang dan tidak membutuhkan perawatan yang rumit. Sampah atau kotoran berukuran besar yang masuk dari sungai ditangkap oleh sebuah layar yang mampu membersihkan diri secara otomatis. Menurut turbulent, bak beton dapat bertahan hingga seratus tahun, turbinya pun tidak akan mengganggu kehidupan ikan-ikan yang ada di sungai.

Turbulent mengklaim bahwa seiring perjalanan waktu, pembangkit listrik tenaga air dengan bendungan dan turbin bertekanan tinggi yang semakin berkurang keberlanjutannya, dan tujuan adalah agar sumber energi dari airmenjadi berkelanjutan kembali.



2.6 turbin whirlpool

### 2.3.1 Cara kerja Turbin whirlpool

Turbin whirlpool ini memanfaatkan jeram kecil atau air terjun untuk mendapatkan energi. Sebidang tanah didekat sumber air digali untuk membuat sebuah bak dan saluran air kecil dengan konstruksi beton. Generator dan impeller dimasukan kedalam bak, lalu dinding sungai dibuk sedikit supaya sebagian air bisa masuk kedalamnya, sehingga membuat turbin berputar. Putaran turbin ini menghasilkan energi bebas tanpa batas, sepanjang airnya mengalir.

### 2.3.2 komponen-komponen Turbin

Komponen-komponen utama adalah sebagai berikut:

#### 1. Stator

Stator turbin terdiri dari dua bagian yaitu *casing* dan sudu diam/tetap (*fixed blade*).

##### a. Casing

casing atau shell adalah suatu wadah berbentuk menyerupai sebuah tabung dimana rotor ditempatkan diluar casing dipasang bantalan yang berfungsi untuk menyangga rotor.

##### b. sudu tetap

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

#### 2. Rotor

Rotor adalah bagian yang berputar terdiri dari poros dan sudu-sudu gerak yang terpasang mengelilingi rotor.

##### a. Poros

poros dapat berupa silinder panjang yang solid (pejal) atau berongga (hollow). Pada umumnya sekarang poros terdiri dari silinder panjang yang solid.

##### b. sudu gerak

sudu gerak adalah sudu-sudu yang dipasang disekeliling rotor membentuk suatu piringan.

### c. Bantalan

bantalan berfungsi sebagai penyangga rotor sehingga membuat rotor dapat stabil lurus pada posisinya di dalam 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.

## 2.4. Karakteristik Turbin Air

Karakteristik suatu turbin dinyatakan secara umum oleh enam buah konstanta, yaitu:

1. Rasio Kecepatan ( $\phi$ )
2. Kecepatan Satuan (Nu)
3. Debit Satuan (Qu)
4. Daya Satuan (Pu)
5. Kecepatan Spesifik (Ns)
6. Diameter Spesifik (Ds)
7. Menghitung kapasitas aliran (Q)
8. Menghitung kecepatan aliran (v)
9. Menghitung torsi turbin (T)
10. Menghitung daya turbin ( $P_t$ )

### 1. Rasio Kecepatan ( $\phi$ )

Rasio kecepatan ( $\phi$ ) adalah perbandingan kecepatan antara kecepatan keliling linear turbin pada ujung diameter nominal dibagi dengan kecepatan teoritis air melalui curat dengan tinggi terjun sama dengan tinggi terjun ( $H_{netto}$ ) yang bekerja pada turbin. Dapat dinyatakan dengan:

$$f = \frac{V_{Linear}}{\sqrt{2gh}} \Rightarrow f = \frac{ND}{84.6\sqrt{H}} \quad (2.2)$$

$$V_{Linear} = \frac{NpD}{60}$$



Dengan N adalah putaran turbin rpm (rotation per minutes), D adalah diameter karakteristik turbin (m), umumnya digunakan diameter nominal, H adalah tinggi terjun netto/efektif (m)

## 2. Kecepatan Satuan (Nu)

Kecepatan satuan (Nu) adalah kecepatan putaran turbin yang mempunyai diameter (D) satu satuan panjang dan bekerja pada tinggi terjun ( $H_{\text{netto}}$ ) satu satuan panjang.

Dari persamaan (2.1) diperoleh korelasi:

$$N = 84.6 \cdot f \frac{\sqrt{H}}{D} \quad (2.3)$$

Dengan memasukkan nilai  $D = 1$  m dan  $h = 1$  m, maka pers.(2.2) menjadi

$$N_u = 84.6 \cdot f \quad (2.4)$$

Akhirnya Pers.(2.3) dapat ditulis sebagai

$$N_u = \frac{ND}{\sqrt{H}} \quad (2.5)$$

## 3. Debit Satuan (Qu)

Debit yang masuk ke turbin secara teoritis dapat diandaikan sebagai debit yang melalui suatu curat dengan tinggi terjun sama dengan tinggi terjun ( $H_{\text{netto}}$ ) yang bekerja pada turbin. Oleh karena itu debit yang melalui turbin dapat dinyatakan sebagai

$$Q = C_d \frac{1}{4} \rho \cdot D^2 \sqrt{2gh} \quad (2.6)$$

$$Q = CD^2 \sqrt{H}$$

Dengan  $C_d$  adalah koefisien debit.

Debit satuan ( $Q_u$ ) adalah debit turbin yang mempunyai diameter (D) satu satuan panjang dan bekerja pada tinggi terjun ( $H_{\text{netto}}$ ) satu satuan panjang.

$$Q_u = C_d \frac{1}{4} \rho \sqrt{2g} \quad (2.7)$$

Akhirnya pers.(1.5) dapat ditulis sebagai

$$Q_u = \frac{Q}{D^2 \sqrt{H}} \quad (2.8)$$

#### 4. Daya Satuan (Pu)

Daya (P) yang dihasilkan turbin dapat dinyatakan sebagai

$$\begin{aligned} P &= h \cdot Q_u \cdot H \cdot g = h \cdot Q_u \cdot D^2 \sqrt{H} \cdot H \cdot g \\ P &= h \cdot g \cdot Q_u \cdot D^2 \cdot H^{3/2} \end{aligned} \quad (2.9)$$

Dengan  $\eta$  adalah efisiensi turbin,  $\gamma$  adalah berat jenis air.

Daya satuan (Pu) adalah daya turbin yang mempunyai diameter (D) satu satuan panjang dan bekerja pada tinggi terjun ( $H_{\text{netto}}$ ) satu satuan panjang.

Akhirnya pers.(2.8) dapat ditulis sebagai

$$P_u = \frac{P}{D^2 \cdot H^{3/2}} \quad (2.10)$$

#### 5. Kecepatan Spesifik (Ns)

Eliminasi diameter (D) dari pers.(2.4) dan pers.(2.9) menghasilkan korelasi:

$$N_s = \frac{N \sqrt{P}}{H^{5/4}} \quad (2.11)$$

Kecepatan spesifik (Ns) adalah kecepatan puntir turbin yang menghasilkan daya sebesar satu satuan daya pada tinggi terjun ( $H_{\text{netto}}$ ) satu satuan panjang.

Kecepatan spesifik (Ns) dapat dinyatakan dalam sistim metrik maupun sistim Inggris, korelasi dari kedua system tersebut dinyatakan dalam

$$N_s(\text{Metrik}) = N_s(\text{Inggris}) \times 4.42 \quad (2.12)$$

Catatan: Satuan daya yang digunakan dalam rumus diatas adalah Daya Kuda (DK) atau Horse Power (HP).

#### 6. Diameter Spesifik (Ds)

Dari pers.(2.9) diperoleh

$$D = \frac{1}{P_u} \frac{\sqrt{P}}{H^{3/4}} \quad (2.13)$$

Diameter spesifik adalah diameter turbin yang menghasilkan daya sebesar satu satuan daya pada tinggi terjun ( $H_{\text{netto}}$ ) satu satuan panjang.

Akhirnya pers.(2.13) dapat ditulis sebagai

$$D_s = \frac{D \cdot H^{3/4}}{\sqrt{P}} \quad (2.14)$$

Rumus empiris untuk menghitung diameter spesifik dari diameter debit (discharge diameter,  $D_3$ ) untuk turbin reaksi adalah sebagai berikut:

$$\text{Turbin Francis} \quad D_{3s} = \frac{567,85}{N_s^{0,37}} (cm) \quad (2.15)$$

$$\text{Turbin Kaplan} \quad D_{3s} = \frac{475,72}{N_s^{0,34}} (cm) \quad (2.16)$$

Pada turbin reaksi, jika diameter spesifiknya telah dihitung dengan pers.(2.15) atau pers.(2.16), maka diameter debit dapat dihitung dari pers.(2.13)

#### 7. Menghitung kapasitas aliran (Q)

Untuk menghitung kapasitas aliran, digunakan persamaan :

$$P = AV \quad (2.17)$$

#### 8. Menghitung kecepatan aliran (v)

Untuk menghitung kecepatan aliran, digunakan persamaan:

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

#### 9. Menghitung torsi turbin (T)

Besarnya torsi dapat dihitung dengan persamaan:

$$T = F.r \quad (2.19)$$

#### 10. Menghitung daya turbin ( $P_t$ )

Daya turbin dihitung dengan persamaan:

$$P_t = \frac{(T / 1000)(2p.n / 60)}{102} \quad (2.20)$$

### 2.5 Efisiensi Turbin dan Runner

Secara umum, efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan antara output dengan input. Pada sistem turbin air, terdapat banyak cara untuk menghitung

efisiensi, berdasarkan perbandingan daya output dengan input total sistem, berdasarkan presentase pressure drop pada berbagai komponen atau berdasarkan rugi-rugi pada berbagai komponen turbin. analisis CFD turbin francis untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi kavitasi, dan masalah-masalah dinamik yang terjadi, efisiensi dihitung dengan cara menghitung head drop pada setiap komponen (Patel, 2011) . Kajian CFD dan menghitung efisiensi turbin francis berdasarkan rugi tekanan yang terjadi pada setiap komponen. Dalam kajian ini, efisiensi runner dihitung berdasarkan torsi total runner dan drop tekanan yang terjadi pada runner (Dartina, 1999):

$$Efisiensi = \frac{P_{Air}}{P_{Runer}} = \frac{T \cdot \omega}{\Delta P \cdot Q} \quad (2.17)$$

- Menghitung kapasitas aliran (Q)

Untuk menghitung kapasitas aliran aliran, digunakan persamaan :

$$P = A.V \quad (2.18)$$

-Menghitung kecepatan aliran (v)

Untuk menghitung kecepatan aliran, digunakan persamaan:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (2.19)$$

- Menghitung torsi turbin (T)

Besarnya torsi dapat dihitung dengan persamaan:

$$T = F.r \quad (2.20)$$

- Menghitung daya turbin ( $P_t$ )

Daya turbin dihitung dengan persamaan:

$$P_t = \frac{(T / 1000)(2\pi.n / 60)}{102} \quad (2.21)$$

### **BAB 3**

#### **METODOLOGI PENELITIAN**

### 3.1 Tempat Dan Waktu Pembuatan

#### 3.1.1 Tempat Peembuatan

Adapun tempat pelaksanaan dalam menyelesaikan tugas akhir prototype pembangkit listrik tenaga mikrohidro tipe whirlpool di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

#### 3.1.2 Waktu Penelitian

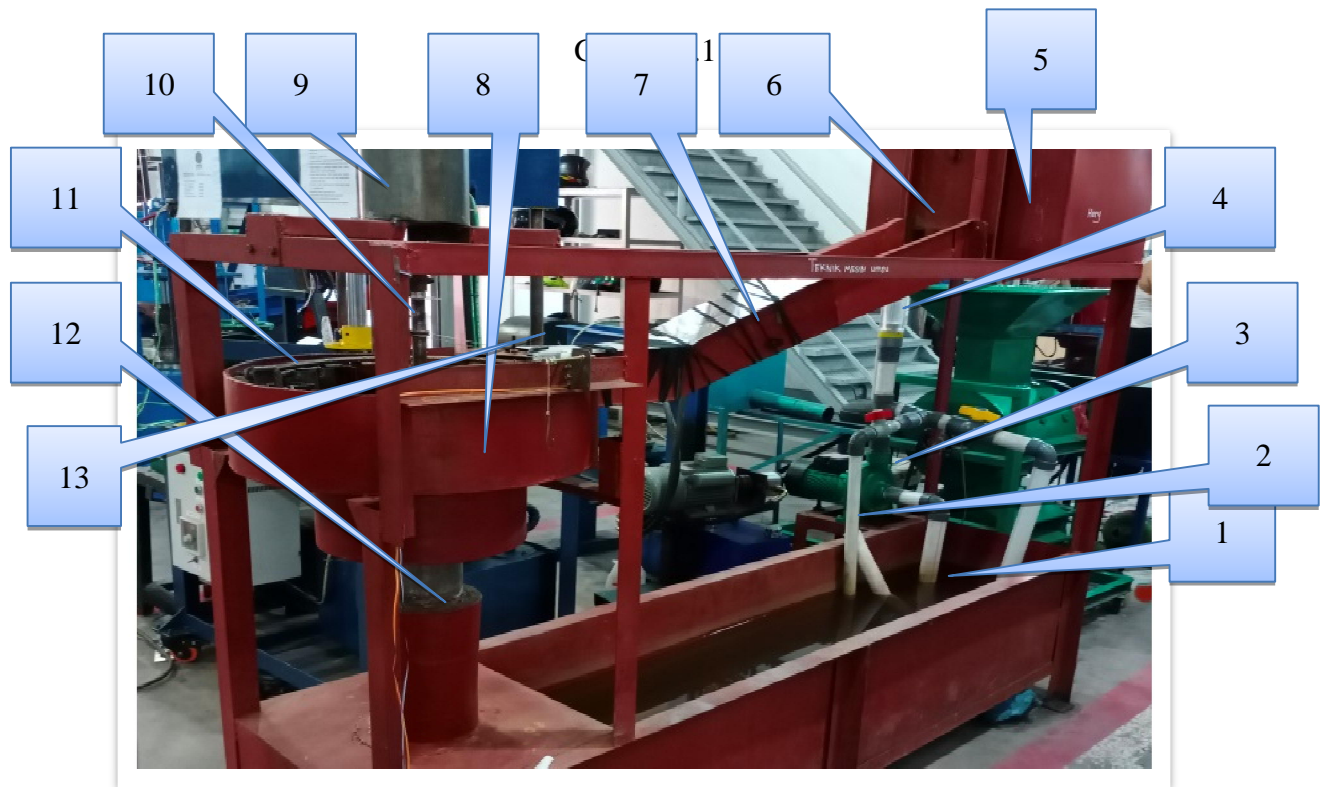
Adapun waktu pelaksanaan penelitian ini dimulai dari dikeluarkanya Surat Penentuan Tugas Akhir dan Pengunjukan Dosen Pembimbing oleh Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dan diberikan oleh Dosen Pembimbing I dan II. Penelitian dimulai pada tanggal 20 Oktober 2019 sampai dinyatakan selesai.

Tabel 3.1 Jadwal dan Pelaksanaan Penelitian

No.	Kegiatan	Bulan					
		Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar
1	Studi Literatur	■	■				
2	Pengumpulan Data		■				
3	Penentuan Diameter dan Jumlah Runner			■			
4	Pembuatan Model				■		
5	Simulasi					■	
6	Pengolahan Data dan Evaluasi						■
7	Penyelesaian Tugas Akhir						■

### 3.2 Rancangan alat penelitian, Alat yang digunakan dan prosedur penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam proses pembuatan adalah sebagai berikut:



Keterangan:

1. Kerangka
2. Pipa hisap air
3. Pompa
4. Rota meter
5. Bak penampungan
6. Katup pengatur buangan
7. Jalur air mengalir
8. Rumah keong
9. generator
10. poros dan sudu
11. Guidevane

- 12. Saluran buang rumah keong
- 13. Load cell

3.2.1 Alat yang digunakan dalam prosedur pengujian pengaruh jumlah sudu 6 dan sudu 8

1. 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 : ArduinoUno
- JumlahPin : 13Pin
- Analogpin : 5Pin
- Digitalpin : 13pin



Gambar 3.1 Arduino Uno

2. 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 3.16 Photo Sensor Interuptor

### 3. Loadcell

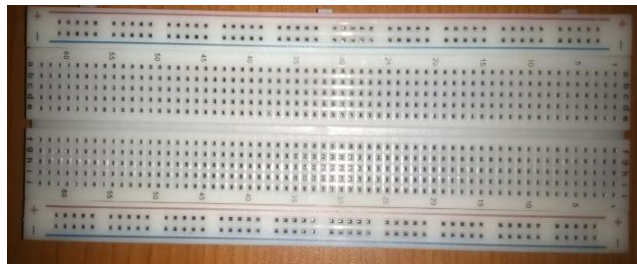
Load cell berfungsi sebagai pembaca berat beban yang diletakkan diatas poros turbin sebagai pengujian untuk mengetahui torsi yang terjadi pada poros. Load cell yang digunakan adalah load cell 10 Kg.



Gambar 3.17 Load Cell

### 4. BreadBoard

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



Gambar 3.18 Bread Board

### 5. Pulley

Pulley berfungsi sebagai tempat sabuk penggantung beban, beban yang di ikat menggunakan tali yang digantun di pulley.

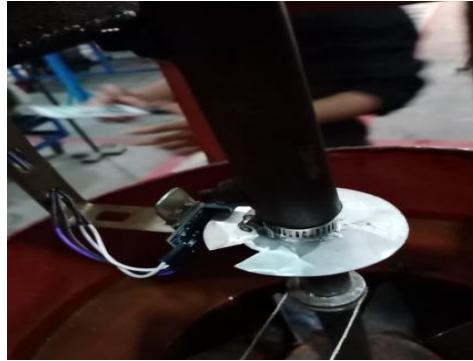


Gambar 3.19 Pulley



## 6. 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 3.20 Roda Pencacah

## 7. Pompa Air

Pompa air berfungsi untuk memompa air dari bak hingga keluar dari nozzle sehingga dapat dipancarkan oleh nozzle. Adapun pompa air yang digunakan mempunyai spesifikasi dengan  $Q = 267$  Liter/menit dan  $H$  maks = 18 meter.



Gambar 3.21 Pompa Air

## 8. FlowMeter

Flow meter adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur debit suatu aliran air dengan ukuran satuan Liter/menit.



Gambar 3.22 Flow Meter

### 9. PLX-DAQ

PLX-DAQ adalah free software yang digunakan untuk mencatat data serial di Microsoft excel yang dikirim oleh arduino uno kekomputer.

	A	B	C	D	E	F
	Waktu	Gaya Torsi (N)	Putaran (rpm)	Torsi(N, m)	Daya (PS)	
1	18:18:09	4.78	0	0.04	0.01	
2	18:18:11	4.19	0	0.03	0	
3	18:18:13	244.20	0	1.83	0.26	
4	18:18:14	431.69	0	3.24	0.45	
5	18:18:16	432.75	0	3.25	0.45	
6	18:18:18	521.70	8	3.91	0.55	
7	18:18:20	543.73	210	4.08	0.57	
8	18:18:21	538.42	218	4.04	0.56	
9	18:18:23	536.37	234	4.02	0.56	
10	18:18:25	534.28	230	4.01	0.56	
11	18:18:26	532.19	216	3.99	0.56	
12	18:18:28	530.66	234	3.99	0.56	
13	18:18:30	529.57	224	3.97	0.55	
14	18:18:32	528.42	242	3.96	0.55	
15	18:18:33	528.09	220	3.96	0.55	
16	18:18:35	527.12	224	3.95	0.55	
17	18:18:36	526.37	226	4.15	0.58	
18	18:18:37	526.37	234	3.96	0.55	
19	18:18:39	563.37	222	4.36	0.61	
20	18:18:40	561.55	230	4.38	0.61	
21	18:18:42	564.14	234	4.36	0.61	
22	18:18:44	561.55	226	4.34	0.61	
23	18:18:46	579.17	230	4.33	0.6	
24	18:18:47	577.52	230	4.33	0.6	

Gambar 3.23 Software PLX-DAQ

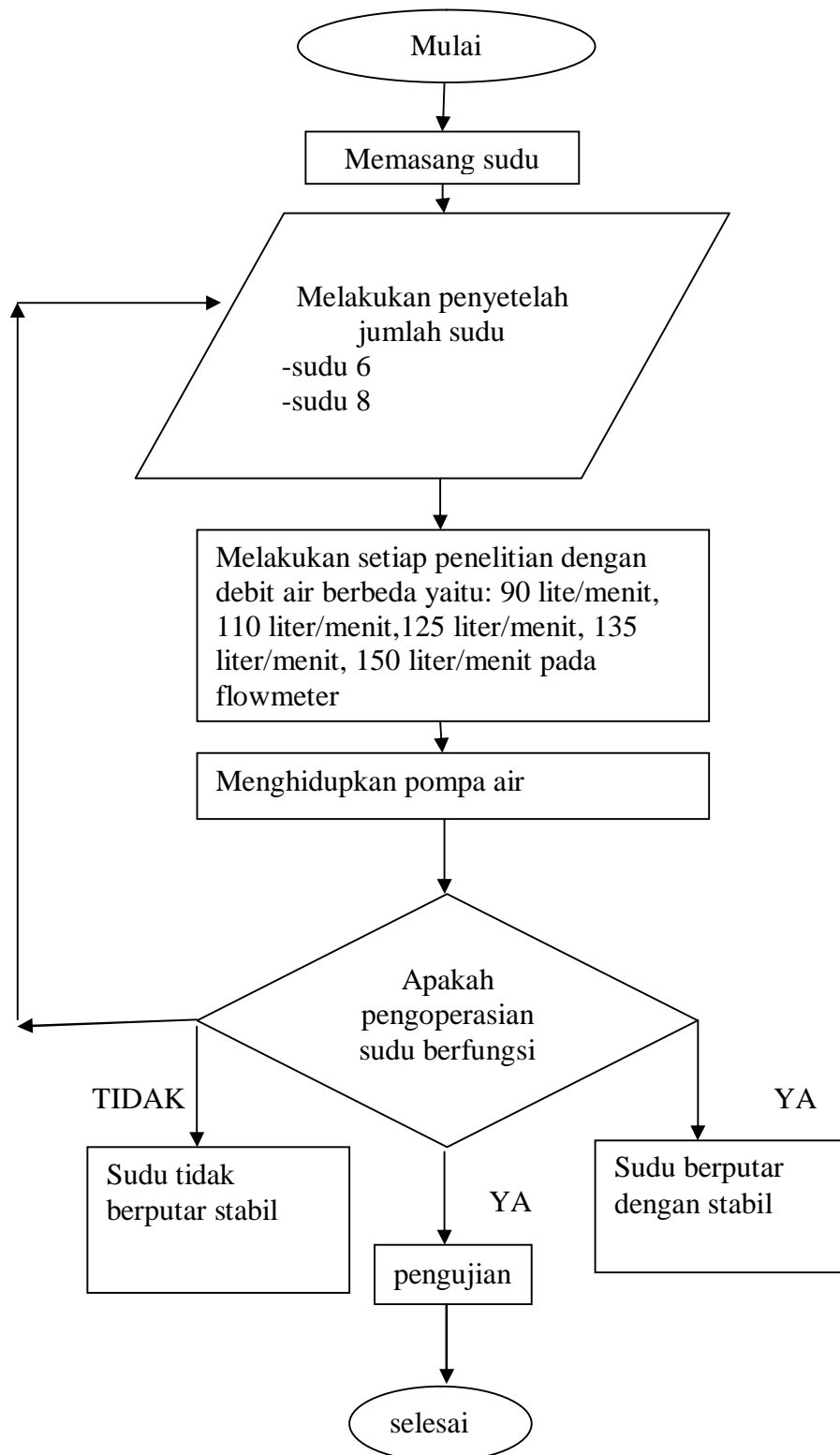
### 10. Laptop

Laptop digunakan untuk pemasangan Software PLX-DAQ agar Dapat menghitung data hasil pengujian Prototype Turbin Pelton.



Gambar 3.24 Laptop

### 3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar. 3. 25 Diagram alir penelitian pengaruh jumlah sudu 6 dan sudu 8 turbin pembangkit listrik tenaga mikrohidro tipe whirlpool

### 3.3.1 Penjelasan Diagram Alir

1. Study Literature, merupakan bagian sangat penting dari sebuah proposal atau laporan penelitian, teori-teori yang melandasi dilakukannya penelitian. Penelitian studi literature dapat diartikan sebagai kegiatan yang meliputi, mencari, membaca dan menelaah laporan-laporan penelitian dan bahan pustaka yang memuat teori-teori yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan.
2. Desain merupakan suatu perencanaan atau perancangan yang dilakukan sebelum pembuatan suatu objek, sistem, komponen, atau struktur.
3. Penyediaan bahan adalah mengumpulkan bahan yang akan digunakan untuk membuat mesin tersebut.
4. Pembuatan merupakan kegiatan menciptakan atau memproses sesuatu kegiatan yang bertujuan untuk menciptakan sesuatu dengan beberapa cara atau langkah yang sesuai dengan alat yang akan dibuat.
5. Assembly merupakan suatu proses penyusunan dan penyatuan beberapa bagian komponen menjadi suatu alat atau mesin yang mempunyai fungsi tertentu.
6. Pengoperasian merupakan untuk mengetahui apakah mesin dapat beroperasi secara baik.
7. Pengujian merupakan pengambilan hasil data hasil dari mesin yang telah selesai dibuat.
8. Kesimpulan adalah hasil yang didapat dari pembuatan mesin tersebut apakah sudah layak untk dioperasikan.

### 3.4 Prosedur Pengujian

Langkah–langkah yang dilakukan dalam melakukan prosedur analisa prototype turbin *whirpool* ini adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan bahan dan alat untuk proses pengujian.

2. Mengisi bak air pada bak penampungan.



Gambar:3.26

3. Merangkai dan menghubungkan sensor putar serta load cell pada arduino.



Gambar:3.27

4. Memasang roda pencacah tepat diantara celah sensor putar.



Gambar: 3.28

5. Memberikan daya ke arduino dengan cara menghubungkan arduino ke laptop atau komputer.



Gambar; 3.29

6. Memasang beban pemberat disertai *load cell* sebagai pembaca berat kepulley.



Gambar: 3.30

7. Menghidukan pompa air dan melakukan pengamatan data yang ditampilkan dikomputer.



Gambar: 3.31

8. Pengujian diamati dengan pengaruh jumlah sudu 8 dan 6 dan lima variasi debit air dengan beban yang tetap pada *loadcell*.



Gambar: 3.32

### 3.5 Metode Pengukuran

Metode yang digunakan ialah dengan pengaruh jumlah sudu (6 dan 8) dengan debit air yang dipakai 90 liter/menit, 110 liter/menit, 125 liter/menit, 135 liter/menit, dan 150 liter/menit. Untuk menghitung daya turbin tiap-tiap jumlah sudu 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.



Gambar 3.33 : Debit 90 liter/menit





Gambar 3.34 Debit 110 liter/menit



Gambar 3.35 Debit 125 liter/menit





Gambar:3.36 Debit 135 liter/menit



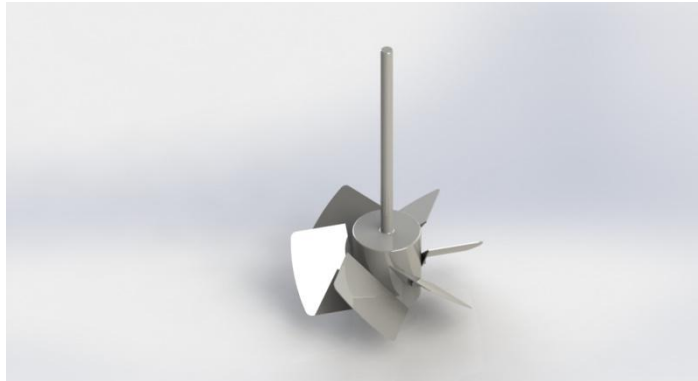
Gambar: 3.37 Debit 150 liter/menit

## BAB 4

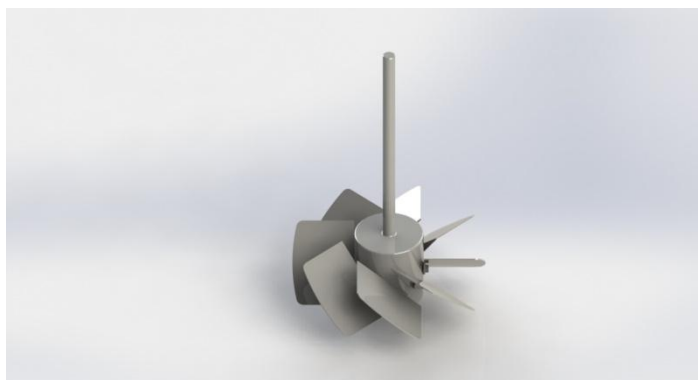
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Pengujian

Daya sangat tergantung pada besarnya torsi dan putaran. Besaran torsi berbanding berbalik dengan putaran turbin debit air juga sangat berpengaruh terhadap torsi dan putaran ,semakin besar debit yang diberikan akan menaikkan daya suatu turbin. Dari hasil penelitian dan pengolahan data, maka didapat suatu perhitungan nilai torsi dengan debit air 90 liter/menit,110 liter/menit,125 liter/menit, 135 liter/menit, 150 liter/menit.dan memberi perbandingan dengan pengaruh jumlah sudu 6 dan jumlah sudu 8 dengan debit air yang sama.



Gambar 4.1 Sudu 6



Gambar 4.2 Sudu 8

## 4.2 Hasil Penelitian

Percobaan turbin whirlpool dengan jumlah sudu 6 didapatkan dan pengolahan data pada tabel 4.1

Tabel 4.1 hasil pengujian

Debit Air (Q)	Gaya Berat (F)	Putaran (Rpm)	Jari-jari (r)	Head (H)	Beban
90 Liter/menit	543,47 gram	34	14 mm	1,24 m	200 gram
110 liter/menit	548,33 gram	53	14 mm	1,24 m	200 gram
125 liter/menit	573,20 gram	86	14 mm	1,24 m	200 gram
135 liter/menit	652,08 gram	91	14 mm	1,24 m	200 gram
150 liter/menit	651,12 gram	97	14 mm	1,24 m	200 gram

Berdasarkan data yang di peroleh melalui pengujian awal dengan sudu 6 dan debit 90 liter/menit maka perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut:

### 1. Torsi

$$T = F.r$$

Nilai r diambil dari jarak gaya yang bekerja pada pulley poros ketitik pusat poros

$$T = 543,47 \text{ gram} \times 0,014 \text{ m}$$

$$T = \frac{543,47}{1000} \text{ kg} \times 0,014 \text{ m} \times 1000 \text{ mm}$$

$$T = 7,60858 \text{ kg.mm}$$

### 2. Daya Turbin

Perhitungan daya pada beban yang diberikan pada turbin yang digunakan apabila T dalam suatu kg.mm maka:

$$P_t = \frac{(T/1000).(2\pi n/60)}{102}$$

$$P_t = \frac{7,60858 \text{ kg.mm}/1000).(2 \times 3,14 \times 34/60)}{102}$$

$$P_t = 0,0002654549 \text{ kw}$$

$$P_t = 0,2654549 \text{ watt}$$

### 3. Daya Air

Menghitung daya air diketahui debit air=90 liter/menit  
 $=0,0015m^3/s$

$$P_a = Q \cdot r \cdot g \cdot H$$

$$P_a = 0,0015m^3/s^2 \times 9,81m^3/s^2 \times 1000kg/m^3 \times 1,24m$$

$$P_a = 18,2466watt$$

### 4. efisiensi

Maka efisiensi turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$h_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

$$h_t = \frac{0,2654549}{18,2466} \times 100\%$$

$$h_t = 1,454818\%$$

### 5. Kecepatan Spesifik

$$N_s = N \frac{(P_t)^{0,5}}{(H)^{1,25}}$$

$$N = 34 \frac{(0,2654549)^{0,5}}{(1,24)^{1,25}}$$

$$N = 34 \frac{0,515223156}{1,308510182}$$

$$N = 13,3874291Rpm$$

Pengujian dengan sudu 6 dan debit 110 liter/menit, maka perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut:

#### 1. Torsi

Nilai r diambil dari jarak gaya yang bekerja pada pulley poros ketitik pusat poros

$$T = F \cdot r$$

$$T = 548,33 \text{ gram} \times 0,014 \text{ m}$$

$$T = \frac{548,33}{1000} \text{ kg} \times 0,014 \text{ m} \times 1000 \text{ mm}$$

$$T = 7,67662 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

2. Daya Turbin Perhitungan daya pada beban yang diberikan pada turbin yang digunakan apabila T dalam suatu kg.mm maka:

$$P_t = \frac{(T/1000) \cdot (2\pi n/60)}{102}$$

$$P_t = \frac{(7,67662/1000) \cdot (2 \times 3,14 \times 53/60)}{102}$$

$$P_t = 0,0004174977 \text{ kw}$$

$$P_t = 0,4174977 \text{ watt}$$

### 3. Daya Air

Menghitung daya air diketahui debit air=110 liter/menit=0,0018 m<sup>3</sup>/s

$$P_a = Q \cdot r \cdot g \cdot H$$

$$P_a = 0,0018 \text{ m}^3 / \text{s} \times 9,81 \text{ m}^3 / \text{s}^2 \times 1000 \text{ kg} / \text{m}^3 \times 1,24 \text{ m}$$

$$P_a = 21,89592 \text{ watt}$$

### 4. Efisiensi

Maka efisiensi turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut

$$h_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

$$h_t = \frac{0,4174977}{21,89592} \times 100\%$$

$$h_t = 1,906737\%$$

### 5. Kecepatan Spesifik

$$N_s = N \frac{(P_t)^{0,5}}{(H)^{1,25}}$$

$$N_s = 53 \frac{(0,4174977)^{0,5}}{(1,24)^{1,25}}$$

$$N_s = 53 \frac{0,646140619}{1,308510182}$$

$$N_s = 26,1713308 Rpm$$

Pengujian dengan sudu 6 dan debit 125 liter/menit, maka perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut:

### 1. Torsi

Nilai r diambil dari jarak gaya yang bekerja pada pulley poros ketitik pusat poros

$$T = F.r$$

$$T = 5730,20 \times 0,014$$

$$T = \frac{5730,20}{1000} kg \times 0,014m \times 1000mm$$

$$T = 8,0248 kg.mm$$

### 2. Daya Turbin

Perhitungan daya pada beban yang diberikan pada turbin yang digunakan apabila T dalam suatu kg.mm maka:

$$P_t = \frac{(T/1000).(2pn/60)}{102}$$

$$P_t = \frac{(8,0248 kg.mm/1000).(2 \times 3,14 \times 86/60)}{102}$$

$$P_t = 0,0007081754 kw$$

$$P_t = 0,7081754 watt$$

### 3. Daya Air

Menghitung daya air diketahui debit air=125 liter/menit  
 $=0,0020 m^3/s$

$$P_a = Q \cdot r \cdot g \cdot H$$

$$P_a = 0,0020m^3 / s \times 9,81m^3 / s^2 \times 1000kg / m^3 \times 1,24m$$

$$P_a = 24,3288watt$$

#### 4. Efisiensi

Maka efisiensi turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut

$$h_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

$$h_t = \frac{0,708175watt}{24,3288watt} \times 100\%$$

$$h_t = 2,910852\%$$

#### 5. Kecepatan Spesifik

$$N_s = N \frac{(P_t)^{0,5}}{(H)^{1,25}}$$

$$N_s = 86 \frac{(0,7081754)^{0,5}}{(1,24)^{1,25}}$$

$$N_s = 86 \frac{0,84153158}{1,308510182}$$

$$N_s = 55,3084851Rpm$$

Pengujian dengan sudu 6 dan debit 135 liter/menit, maka perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut:

##### 1. Torsi

Nilai r diambil dari jarak gaya yang bekerja pada pulley poros ketitik pusat poros

$$T = F \cdot r$$

$$T = 653,08gram \times 0,014m$$

$$T = \frac{652,08}{1000} kg \times 0,014m \times 1000mm$$

$$T = 9,12912kg \cdot mm$$

## 2. Daya Turbin

Perhitungan daya pada beban yang diberikan pada turbin yang digunakan apabila T dalam suatu kg.mm maka:

$$P_t = \frac{(T/1000).(2pn/60)}{102}$$

$$P_t = \frac{(9,12912kg.mm/1000).(2 \times 3,14 \times 91/60)}{102}$$

$$P_t = 0,0008524688kw$$

$$P_t = 0,8524688watt$$

## 3. Daya Air

Menghitung daya air diketahui debit air=135 liter/menit  
=0,0022m<sup>3</sup>/s

$$P_a = Q.r.g.H$$

$$P_a = 0,0022m^3/s \times 9,81m/s^2 \times 1000kg/m^3 \times 1,24m$$

$$P_a = 24,76168watt$$

## 4. Efisiensi

Maka efisiensi turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut

$$h_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

$$h_t = \frac{0,8524688watt}{24,76168watt} \times 100\%$$

$$h_t = 3,442694\%$$



## 5. Kecepatan Spesifik

$$N_s = N \frac{(P_t)^{0,5}}{(H)^{1,25}}$$

$$N_s = 91 \frac{(0,8524688)^{0,5}}{(1,24)^{1,25}}$$

$$N_s = 91 \frac{0,92329231}{1,308510182}$$

$$N_s = 64,2101275 \text{ Rpm}$$

Pengujian dengan sudu 6 dan debit 150 liter/menit, maka perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut:

### 1. Torsi

Nilai r diambil dari jarak gaya yang bekerja pada pulley poros ketitik pusat poros

$$T = F \cdot r$$

$$T = \frac{651,12 \text{ gram}}{1000} \text{ kg} \times 0,014 \text{ m} \times 1000 \text{ mm}$$

$$T = 9,11568 \text{ kg.mm}$$

### 2. Daya Turbin

Perhitungan daya pada beban yang diberikan pada turbin yang digunakan apabila T dalam suatu kg.mm maka:

$$P_t = \frac{(T / 10000) \cdot (2\pi n / 60)}{102}$$

$$P_t = \frac{(9,112568 \text{ kg.mm} / 1000) \cdot (2 \times 3,14 \times 97 / 60)}{102}$$

$$P_t = 0,0009073378 \text{ kw}$$

$$P_t = 0,9073378 \text{ watt}$$

### 3. Daya Air

Menghitung daya air diketahui debit air=150 liter/menit  
 $= 0,0025 \text{ m}^3/\text{s}$

$$P_a = Q \cdot r \cdot g \cdot H$$

$$P_a = 0,0025 \text{ m}^3 / \text{s} \times 9,81 \text{ m}^3 / \text{s}^2 \times 1000 \text{ kg} / \text{m}^3 \times 1,24 \text{ m}$$

$$P_a = 30,411 \text{ watt}$$

#### 4. Efisiensi

Maka efisiensi turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$h_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

$$h_t = \frac{90,73378 \text{ watt}}{30,411 \text{ watt}} \times 100\%$$

$$h_t = 2,983584\%$$

#### 5. Kecepatan Spesifik

$$N_s = N \frac{(P_t)^{0,5}}{(H)^{1,25}}$$

$$N_s = 97 \frac{(0,9073378)^{0,5}}{(1,24)^{1,25}}$$

$$N_s = 97 \frac{0,952542807}{1,308510182}$$

$$N_s = 70,6121004 \text{ Rpm}$$

2. Percobaan turbin air whirlpool dengan jumlah sudu 8 sudu 90° didapatkan hasil dan pengolahan data pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil Pengujian

Debit air (Q)	Gaya Berat (F)	Putaran (Rpm)	Jari-jari (r)	Head (H)	Beban
90 liter/menit	651,33 gram	50	14 mm	1,24 m	200 gram
110 liter/menit	658,19 gram	82	14 mm	1,24 m	200 gram
125 liter/menit	622,58 gram	97	14 mm	1,24 m	200 gram
135 liter/menit	669,22 gram	96	14 mm	1,24 m	200 gram
150 liter/menit	718,58 gram	100	14 mm	1,24 m	200 gram

Berdasarkan data yang diperoleh melalui pengujian awal dengan sudut 8 dan pada debit air 90 liter/menit, maka perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Torsi

$$T = F \cdot r$$

$$T = 651,33 \text{ gram} \times 0,014 \text{ m}$$

$$T = \frac{651,33}{1000} \text{ kg} \times 0,014 \times 1000 \text{ mm}$$

$$T = 9,11862 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

2. Daya turbin

Daya pada beban yang digunakan pada turbin yang digunakan apabila T (torsi) dalam (kg.mm), maka :

$$P_t = \frac{(T/1000) \cdot (2 \cdot p \cdot n / 60)}{102}$$

$$P_t = \frac{(9,11862/1000) \cdot (2 \times 3,14 \times 50 / 60)}{102}$$

$$P_t = 0,000467850765 \text{ kW}$$

$$P_t = 0,467850765 \text{ waat}$$

3. Daya air

Untuk menghitung daya air diketahui debit air = 90 liter/menit (0.0015 m<sup>3</sup>/s)

$$P_a = r \cdot g \cdot H$$

$$P_a = Q \cdot r \cdot g \cdot H$$

Dari hasil pengukuran data yang di dapat head yang digunakan adalah 1,24 m, maka :

$$P_a = 1000 \text{ kg} / \text{m}^3 \times 9,81 \text{ m} / \text{s}^2 \times 1,24 \text{ m} \times 0,0015 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$P_a = 18,2466 \text{ waat}$$

4. Efisiensi turbin

Maka efisiensi turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$h_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

Maka nilai efisiensi untuk pengujian kemiringan  $90^0$  dengan debit 90 liter/menit diperoleh dengan rumus efisiensi :

$$h_t = \frac{0,467850765}{18,2466} \times 100\%$$

$$h_t = 2,56\%$$

#### 5. Kecepatan Spesifik

$$N_s = N \frac{(P_t)^{0,5}}{(H)^{1,25}} = 50 \frac{(0,467850765)^{0,5}}{(1,24)^{1,25}} = 26,13644825Rpm$$

2. Percobaan ke dua turbin air whirlpool dengan sudu 8 pada debit 110 liter/menit di dapat data sebagai berikut :

#### 1. Torsi

$$T = F.r$$

$$T = 658,19 \text{ gram} \times 0,014m$$

$$T = \frac{658,19}{1000} \text{ kg} \times 0,014 \times 1000mm$$

$$T = 9,21466 \text{ kg.mm}$$

#### 2. Daya turbin

Daya pada beban yang digunakan pada turbin yang digunakan apabila T (torsi) dalam (kg.mm), maka :

$$p_t = \frac{(T/1000).(2.p.n/60)}{102}$$

$$p_t = \frac{(9,21466/1000).(2 \times 3,14 \times 82/60)}{102}$$

$$p_t = 0,00077535624kw$$

$$p_t = 0,77536424waat$$

### 3. Daya air

Untuk menghitung daya air diketahui debit air = 110 liter/menit (0.001834 m<sup>3</sup>/s)

$$P_a = r.g.H$$
$$P_a = Q.r.g.H$$

Dari hasil pengukuran data yang di dapat head yang digunakan adalah 1,24 m, maka :

$$P_a = 1000kg / m^3 \times 9,81m / s^2 \times 1,24m \times 0,001834m^3 / s$$
$$P_a = 22,3095096\text{waat}$$

### 4. Efisiensi turbin

Maka efisiensi turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$h_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

Maka nilai efisiensi untuk pengujian kemiringan 90<sup>0</sup> dengan debit 110 liter/menit diperoleh dengan rumus efisiensi :

$$h_t = \frac{0,77536424}{22,3095096} \times 100\%$$
$$h_t = 3,47\%$$

### 5. Kecepatan Spesifik

$$N_s = N \frac{(P_t)^{0,5}}{(H)^{1,25}} = 82 \frac{(0,77536424)^{0,5}}{(1,24)^{1,25}} = 55,18100802Rpm$$

3. Percobaan ke tiga turbin air whirlpool dengan sudu 8 pada debit 125 liter/menit di dapat data sebagai berikut :

#### 1. Torsi

$$T = F.r$$

$$T = 622,58\text{gram} \times 0,014m$$

$$T = \frac{622,58}{1000} kg \times 0,014 \times 1000mm$$

$$T = 8,71612kg.mm$$

## 2. Daya turbin

Daya pada beban yang digunakan pada turbin yang digunakan apabila T (torsi) dalam (kg.mm), maka :

$$P_t = \frac{(T/1000).(2.p.n/60)}{102}$$

$$P_t = \frac{(8,71612/1000).(2 \times 3,14 \times 97/60)}{102}$$

$$P_t = 0,000867567265 \text{ kw}$$

$$P_t = 0,867567265 \text{ watt}$$

## 3. Daya air

Untuk menghitung daya air diketahui debit air = 125 liter/menit (0.002083 m<sup>3</sup>/s)

$$P_a = r.g.H$$

$$P_a = Q.r.g.H$$

Dari hasil pengukuran data yang di dapat head yang digunakan adalah 1,24 m, maka :

$$P_a = 1000 \text{ kg} / \text{m}^3 \times 9,81 \text{ m} / \text{s}^2 \times 1,24 \text{ m} \times 0,002083 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$P_a = 25,3384452 \text{ watt}$$

## 4. Efisiensi turbin

Maka efisiensi turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$h_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

Maka nilai efisiensi untuk pengujian kemiringan 90<sup>0</sup> dengan debit 125 liter/menit diperoleh dengan rumus efisiensi :

$$h_t = \frac{0,867567265}{35,0699652} \times 100\%$$

$$h_t = 2,47\%$$

## 5. Kecepatan Spesifik

$$N_s = N \frac{(P_t)^{0,5}}{(H)^{1,25}} = 97 \frac{(0,867567265)^{0,5}}{(1,24)^{1,25}} = 69,04722139Rpm$$

4. Percobaan ke empat turbin air whirlpool dengan sudu 8 pada debit 135 liter/menit di dapat data sebagai berikut :

1. Torsi

$$T = F.r$$

$$T = 669,22 \text{ gram} \times 0,014 \text{ m}$$

$$T = \frac{669,22}{1000} \text{ kg} \times 0,014 \times 1000 \text{ mm}$$

$$T = 9,36908 \text{ kg.mm}$$

2. Daya turbin

Daya pada beban yang digunakan pada turbin yang digunakan apabila T (torsi) dalam (kg.mm), maka :

$$p_t = \frac{(T/1000).(2.p.n/60)}{102}$$

$$p_t = \frac{(9,36908/1000).(2 \times 3,14 \times 96/60)}{102}$$

$$p_t = 0,000922946233 \text{ kw}$$

$$p_t = 0,922946233 \text{ waat}$$

3. Daya air

Untuk menghitung daya air diketahui debit air = 135 liter/menit (0.00225 m<sup>3</sup>/s)

$$p_a = r.g.H$$

$$p_a = Q.r.g.H$$

Dari hasil pengukuran data yang di dapat head yang digunakan adalah 1,24 m, maka :

$$p_a = 1000 \text{ kg} / \text{m}^3 \times 9,81 \text{ m} / \text{s}^2 \times 1,24 \text{ m} \times 0,00225 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$p_a = 27,3699 \text{ waat}$$

#### 4. Efisiensi turbin

Maka efisiensi turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$h_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

Maka nilai efisiensi untuk pengujian kemiringan  $90^0$  dengan debit 135 liter/menit diperoleh dengan rumus efisiensi :

$$h_t = \frac{0,922946233}{27,3699} \times 100\%$$

$$h_t = 3,37\%$$

#### 5. Kecepatan Spesifik

$$N_s = N \frac{(P_t)^{0,5}}{(H)^{1,25}} = 96 \frac{(0,922946233)^{0,5}}{(1,24)^{1,25}} = 70,48266674 Rpm$$

5. Percobaan ke lima turbin air whirlpool dengan sudu 8 pada debit 150 liter/menit di dapat data sebagai berikut :

##### 1. Torsi

$$T = F \cdot r$$

$$T = 718,58 \text{ gram} \times 0,014 \text{ m}$$

$$T = \frac{718,58}{1000} \text{ kg} \times 0,014 \times 1000 \text{ mm}$$

$$T = 10,06572 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

##### 2. Daya turbin

Daya pada beban yang digunakan pada turbin yang digunakan apabila T (torsi) dalam (kg.mm), maka :

$$p_t = \frac{(T/1000) \cdot (2 \cdot p \cdot n / 60)}{102}$$

$$p_t = \frac{(10,06572/1000) \cdot (2 \times 3,14 \times 100 / 60)}{102}$$

$$p_t = 0,00103288761 \text{ kw}$$

$$p_t = 1,03288761 \text{ waat}$$



### 3. Daya air

Untuk menghitung daya air diketahui debit air = 150 liter/menit  
(0.0025m<sup>3</sup>/s)

$$p_a = r.g.H$$

$$p_a = Q.r.g.H$$

Dari hasil pengukuran data yang di dapat head yang digunakan adalah 1,24 m, maka :

$$p_a = 1000kg/m^3 \times 9,81m/s^2 \times 1,24m \times 0,0025m^3/s$$

$$p_a = 30,411\text{waat}$$

### 4. Efisiensi turbin

Maka efisiensi turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$h_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

Maka nilai efisiensi untuk pengujian kemiringan 90<sup>0</sup> dengan debit 150 liter/menit diperoleh dengan rumus efisiensi :

$$h_t = \frac{1,03288761}{30,411} \times 100\%$$

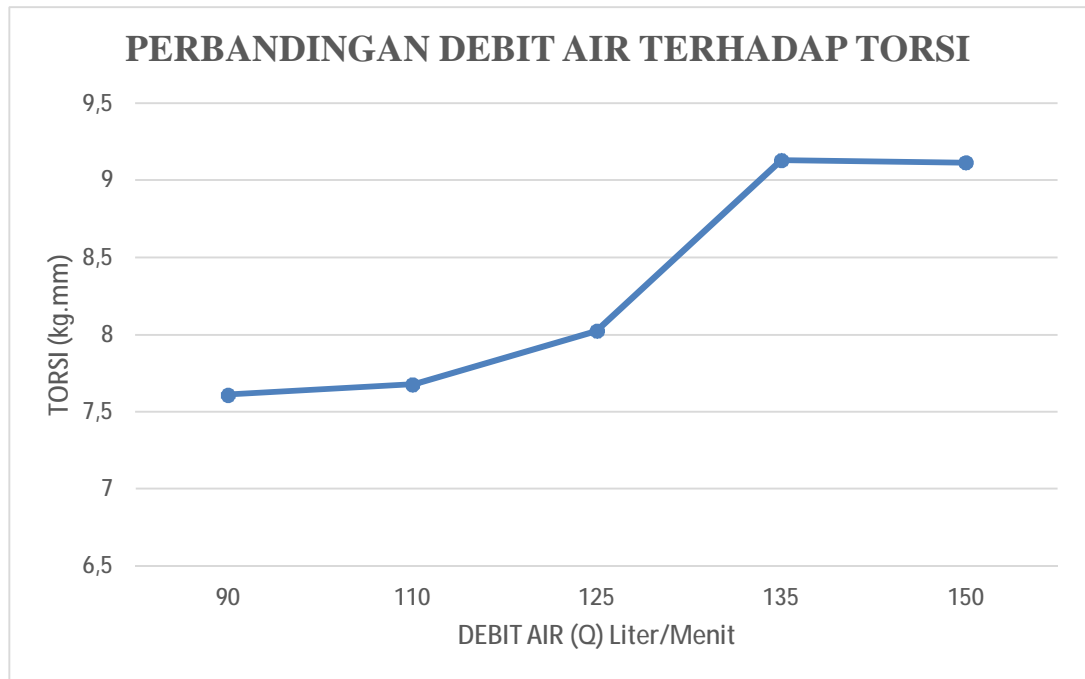
$$h_t = 3,39\%$$

### 5. Kecepatan Spesifik

$$N_s = N \frac{(P_t)^{0,5}}{(H)^{1,25}} = 100 \frac{(1.016310784)^{0,5}}{(1,24)^{1,25}} = 77,6930652SRpm$$

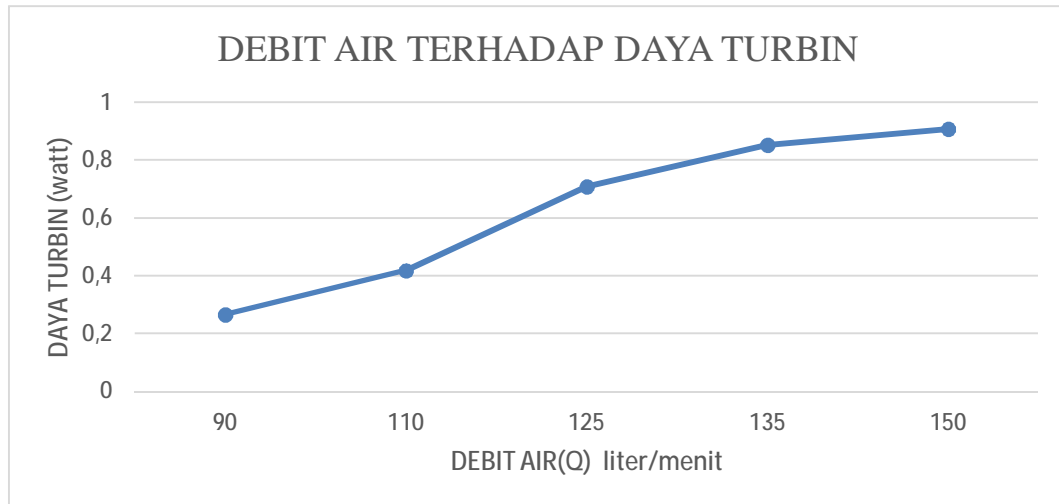
#### 4.3 Grafik Perbandingan Jumlah Sudu 6

1.pada variasi jumlah sudu dengan data seperti di atas maka di lakukan perbandingan antara Debit air vs Torsi, Debit Air vs Daya Turbin,DebitAir vs Daya Air,Debit Air vs Efisiensi,Debit Air vs Kecepatan spesifik pada masing-masing debit air pada jumlah sudu 6.



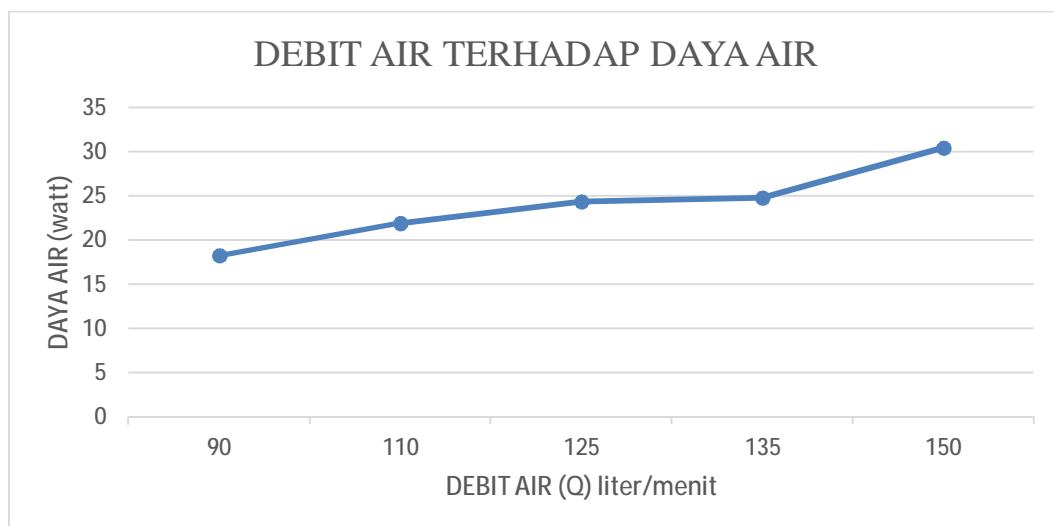
Gambar:4.1 Debit VS Torsi

Dari grafik diatas torsi tertinggi pada sudu 6 terletak pada debit 135 liter/menit dengan nilai=9,129 kg.mm karna pada debit 135 liter/menit aliran air stabil dan tidak meluap saat menuju sudu turbin. pada alat penelitian ini memiliki diameter rumah sudu turbin keci, mengakibatkan apabila air terlalu bnyak masuk pada turbin maka air pada sarang turbin akan meluap dan tidak akan terjadi pusaran air yang sempurna dan apabila pusaran air sempurna maka kecepatan turbin semakin kencang.



Gambar 4.2 Debit VS Daya Turbin

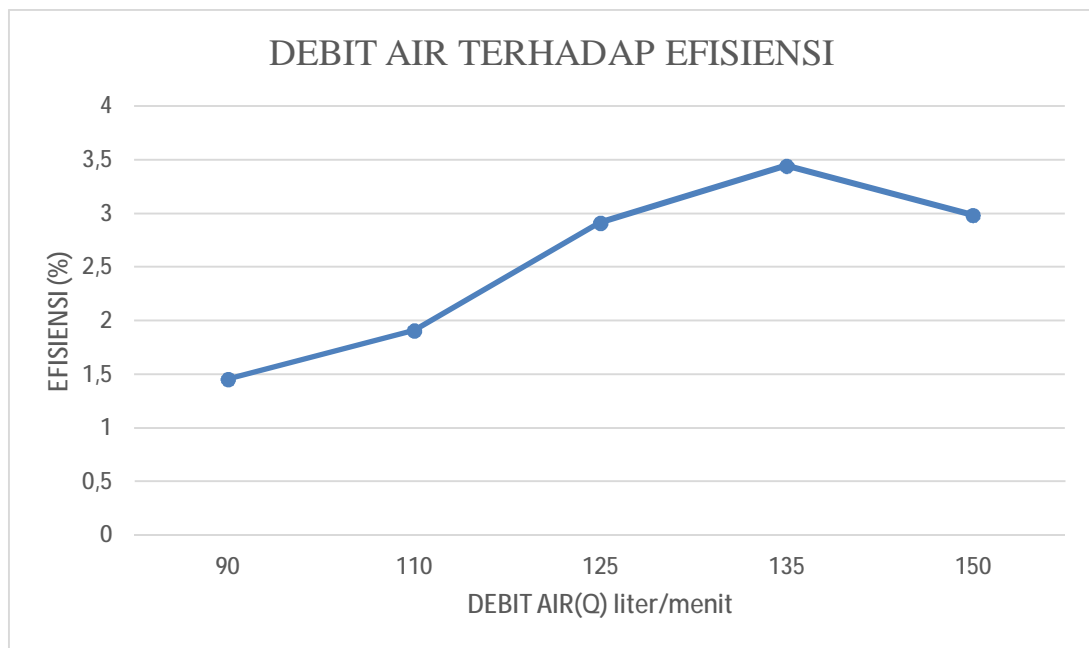
Dari grafik diatas daya turbin terbesar pada sudu 6 terletak pada debit 150 liter/menit dengan nilai=0,9073378 watt karna pada debit 150 liter/menit aliran air sangat kencang saat menuju sudu turbin. pada alat penelitian ini memiliki diameter rumah sudu turbin kecil, mengakibatkan apabila air terlalu bnyak masuk pada turbin maka air pada sarang turbin akan meluap dan tidak akan terjadi pusaran air yang sempurna dan apabila pusaran air sempurna maka daya turbin yang di dapat semakin besar



Gambar 4.3 Daya Air VS Debit

Dari grafik diatas daya air terbesar pada sudu 6 terletak pada debit 150 liter/menit dengan nilai=30,411 watt dan yang terkecil didapat pada debit 90

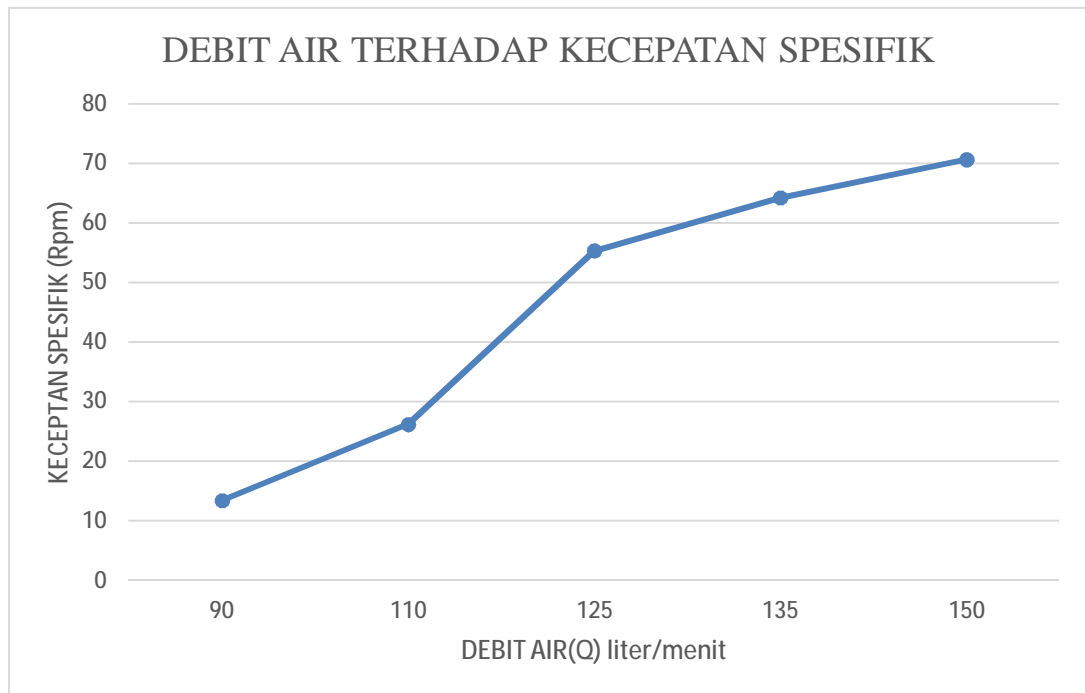
liter/menit dengan nilai=18,2466 watt karna pada debit 150 liter/menit aliran air sangat kencang saat menuju sudu turbin. pada alat penelitian ini memiliki diameter rumah sudu turbin kecil, mengakibatkan apabila air terlalu bnyak masuk pada turbin maka air pada sarang turbin akan meluap dan tidak akan terjadi pusaran air yang sempurna dan apabila pusaran air sempurna maka daya air yang di dapat semakin besar.



Gambar 4.4 Debit VS efisiensi

Dari grafik diatas daya turbin terbesar pada sudu 6 terletak pada debit 135 liter/menit dengan nilai=3,442694 % karna pada debit 135 liter/menit aliran air sangat kencang saat menuju sudu turbin. pada alat penelitian ini memiliki diameter rumah sudu turbin kecil, mengakibatkan apabila air terlalu bnyak masuk pada turbin maka air pada sarang turbin akan meluap dan tidak akan terjadi pusaran air yang sempurna dan apabila pusaran air sempurna maka Efisiensi turbin yang di dapat semakin tinggi.

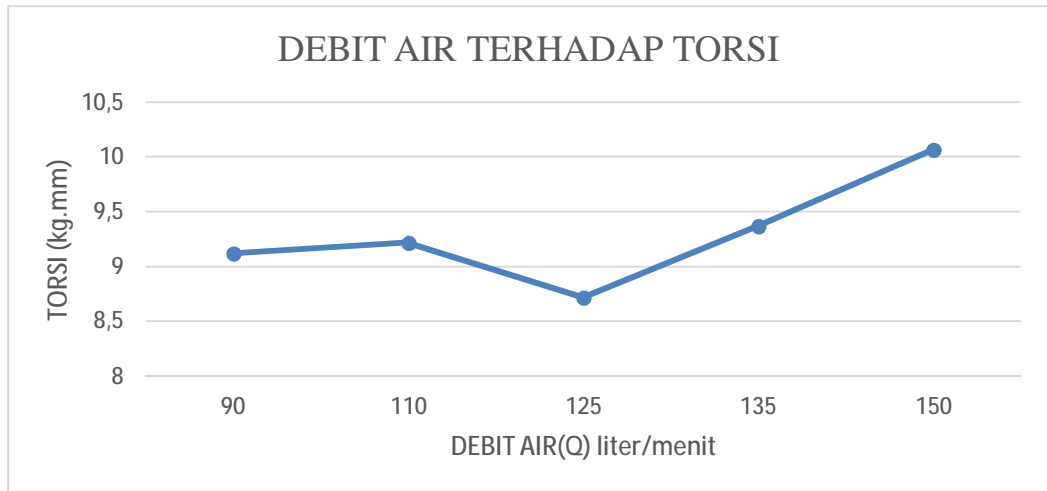
Gambar 4.5 Debit air vs kecepatan spesifik



Dari grafik diatas kecepatan spesifik tertinggi pada sudu 6 terletak pada debit 150 liter/menit dengan nilai=70,6121 Rpm dan kecepatan spesifik yang terendah terletak pada debit 90 liter/menit karna pada debit 150 liter/menit aliran air sangat kencang saat menuju sudu turbin. pada alat penelitian ini memiliki diameter rumah sudu turbin kecil, mengakibatkan apabila air terlalu bnyak masuk pada turbin maka air pada sarang turbin akan meluap dan tidak akan terjadi pusaran air yang sempurna dan apabila pusaran air sempurna maka kecepatan spesifik yang di dapat semakin tinggi

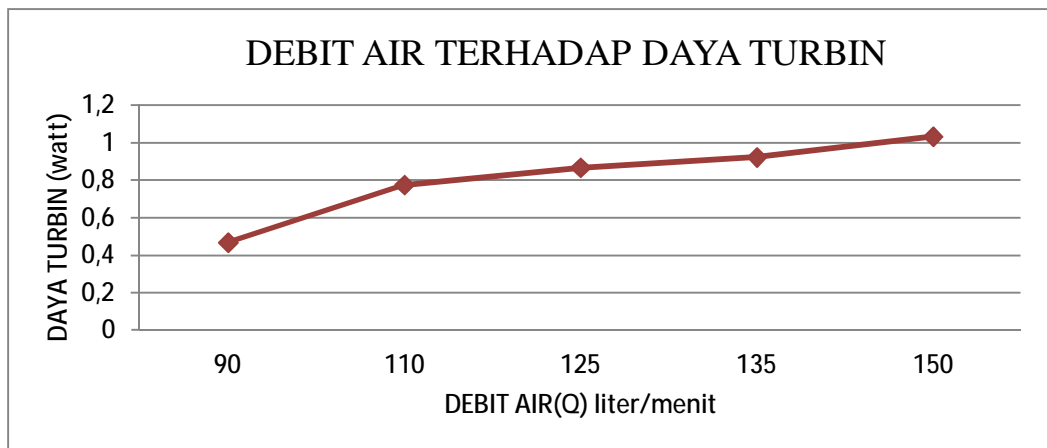
#### 4.4 Perbandingan Jumlah Sudu 8

1.pada variasi jumlah sudu dengan data seperti di atas maka di lakukan perbandingan antara Debit air vs Torsi, Debit Air vs Daya Turbin,DebitAir vs Daya Air,Debit Air vs Efisiensi,Debit Air vs Kecepatan spesifik pada masing-masing debit air pada jumlah sudu 8.



Gambar 4.6 debit air vs torsi

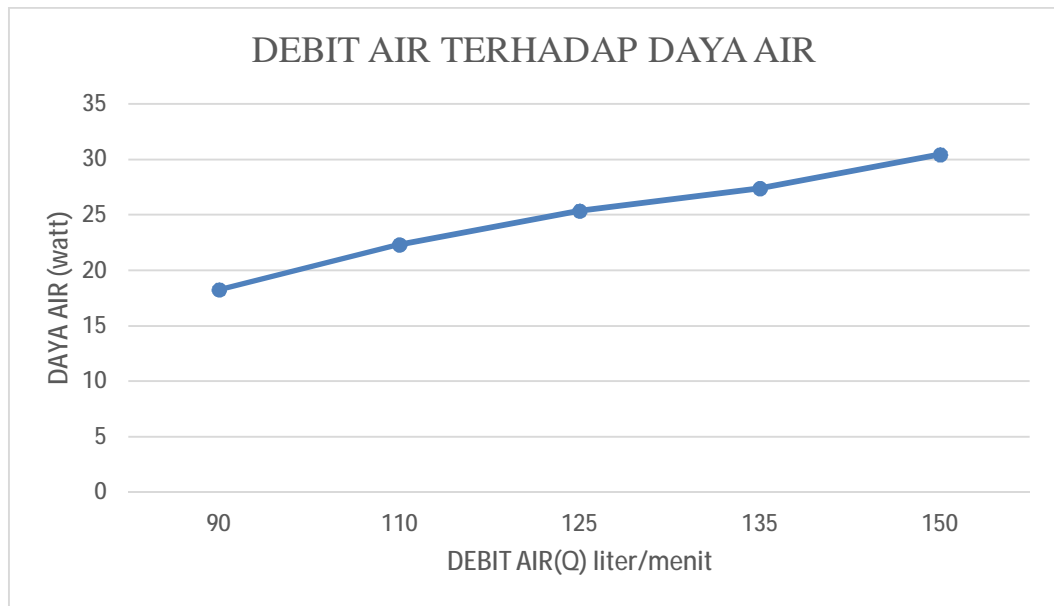
Dari grafik diatas torsi tertinggi pada sudu 8 terletak pada debit 150 liter/menit dengan nilai= 10,06572 kg.mm dan yang terendah didapat pada debit 125 liter/menit karna pada debit 150 liter/menit aliran air sangat kencang saat menuju sudu turbin. pada alat penelitian ini memiliki diameter rumah sudu turbin kecil, mengakibatkan apabila air terlalu bnyak masuk pada turbin maka air pada sarang turbin akan meluap dan tidak akan terjadi pusaran air yang sempurna dan apabila pusaran air sempurna maka torsi yang di dapat semakin tingi



Gambar 4.7 debit air vs daya turbin

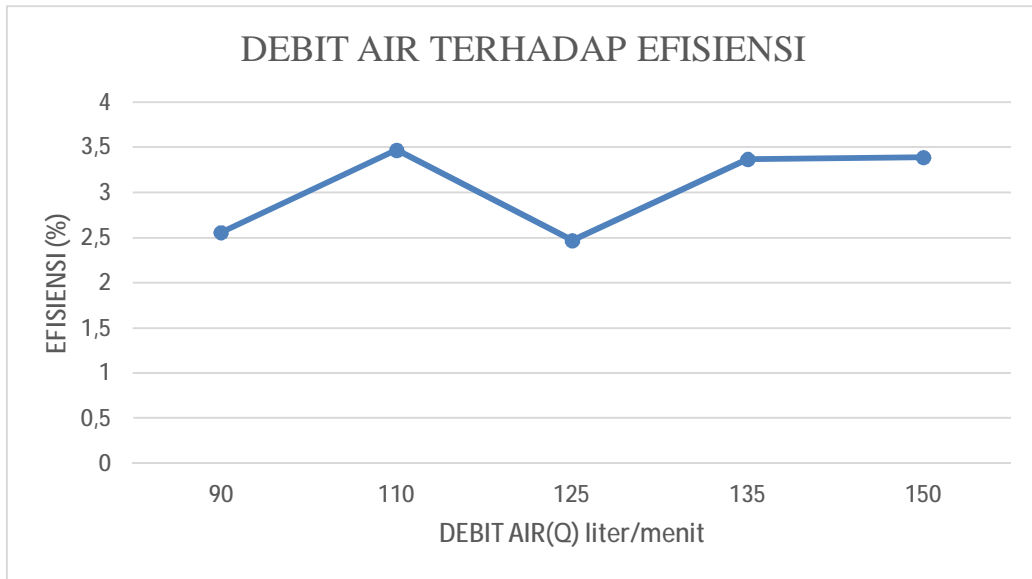
Dari grafik diatas daya turbin terbesar pada sudu 8 terletak pada debit 150 liter/menit dengan nilai=1,0328 watt karna pada debit 150 liter/menit aliran air sangat kencang saat menuju sudu turbin. pada alat penelitian ini memiliki

diameter rumah sudu turbin kecil, mengakibatkan apabila air terlalu bnyak masuk pada turbin maka air pada sarang turbin akan meluap dan tidak akan terjadi pusaran air yang sempurna dan apabila pusaran air sempurna maka daya turbin yang di dapat semakin besar



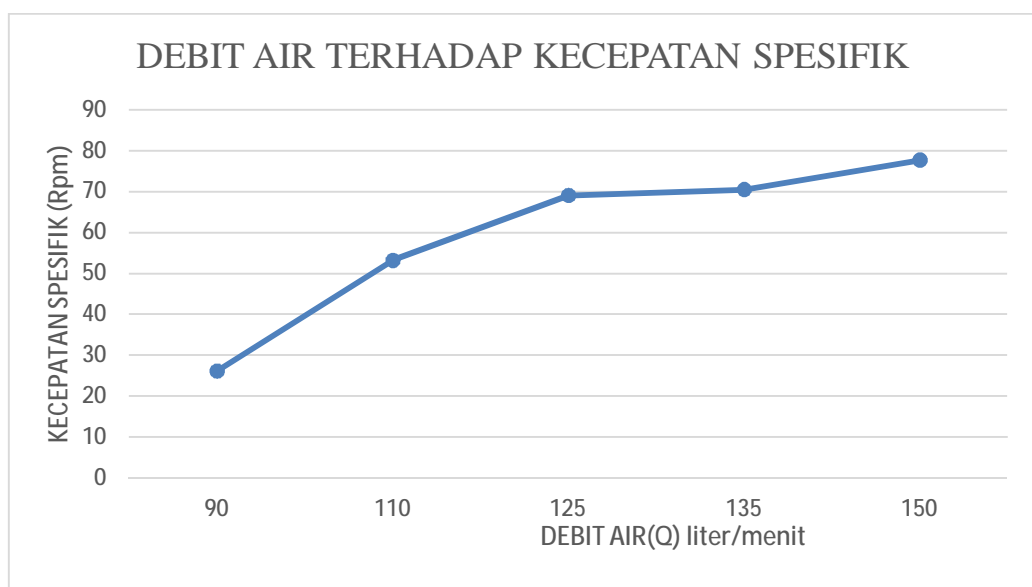
Gambar 4.8 debit air vs daya air

Dari grafik diatas daya air terbesar pada sudu 8 terletak pada debit 150 liter/menit dengan nilai=30,411 watt karna pada debit 150 liter/menit aliran air sangat kencang saat menuju sudu turbin. pada alat penelitian ini memiliki diameter rumah sudu turbin kecil, mengakibatkan apabila air terlalu bnyak masuk pada turbin maka air pada sarang turbin akan meluap dan tidak akan terjadi pusaran air yang sempurna dan apabila pusaran air sempurna maka daya turbin yang di dapat semakin besar



Gambar 4.9 debit air vs efisiensi

Dari grafik diatas Efisiensi tertinggi pada sudu 8 terletak pada debit 110 liter/menit dengan nilai=3,47% karna pada debit 110 liter/menit aliran air sangat stabil saat menuju sudu turbin. pada alat penelitian ini memiliki diameter rumah sudu turbin kecil, mengakibatkan apabila air terlalu bnyak masuk pada turbin maka air pada sarang turbin akan meluap dan tidak akan terjadi pusaran air yang sempurna dan apabila pusaran air sempurna maka Efisiensi yang di dapat semakin tinggi

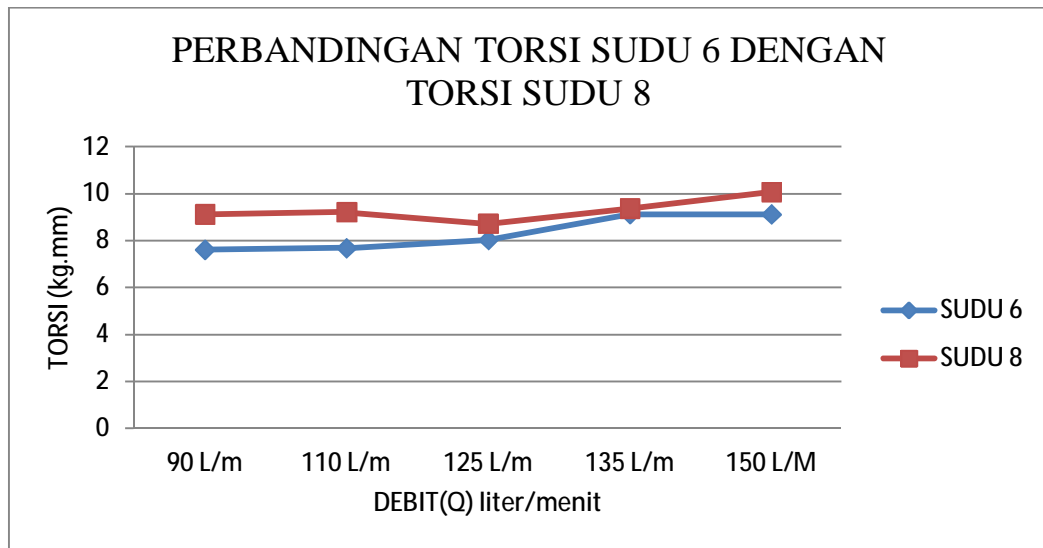


Gambar 4.10 debit air vs kecepatan spesifik



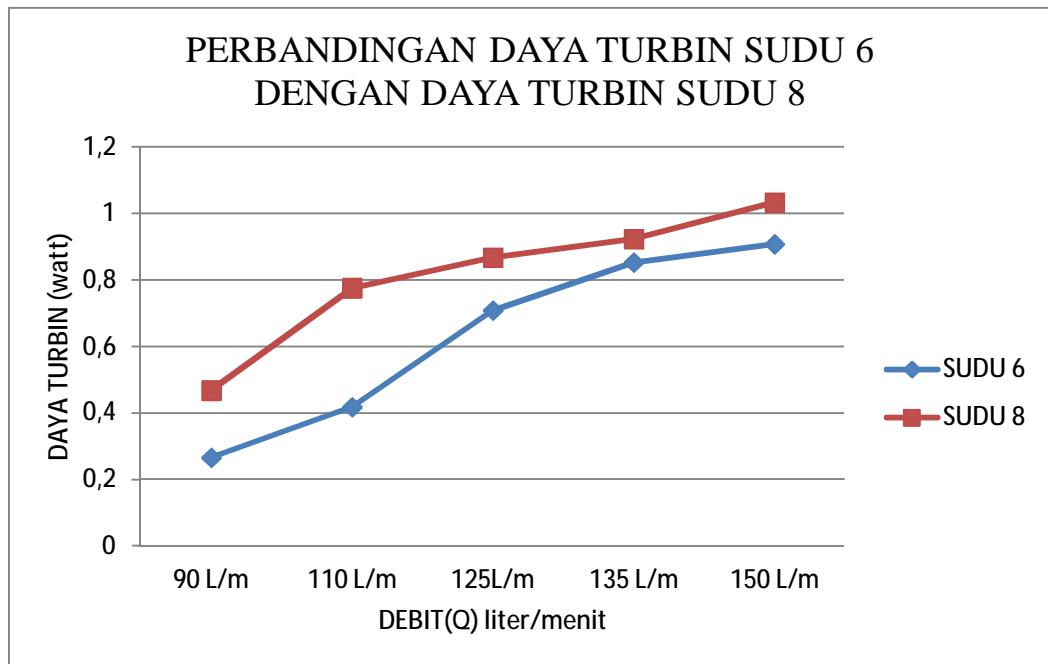
Dari grafik diatas kecepatan spesifik tertinggi pada sudu 8 terletak pada debit 150 liter/menit dengan nilai=77,693 Rpm karna pada debit 150 liter/menit aliran air sangat kencang saat menuju sudu turbin. pada alat penelitian ini memiliki diameter rumah sudu turbin kecil, mengakibatkan apabila air terlalu bnyak masuk pada turbin maka air pada sarang turbin akan meluap dan tidak akan terjadi pusaran air yang sempurna dan apabila pusaran air sempurna maka kecepatan spesifing yang di dapat semakin tinggi

- a. Perbandingan hasil perhitungan jumlah sudu 6 dan jumlah sudu 8



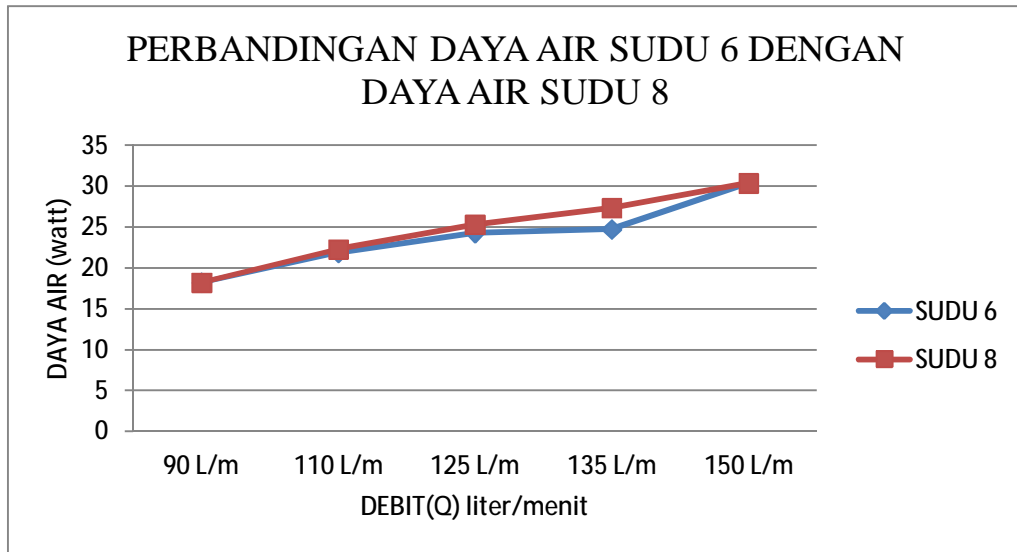
Gambar 4.11 torsi sudu 6 dan torsi sudu 8

Dari perbandingan antara torsi sudu 6 dan torsi sudu 8 dapat diketahui dari grafik bahwa torsi yang paling tinggi di dapat pada jumlah sudu 8 yaitu pada debit 150 L/m =10,06572 kg.mm, sedangkan torsi yang paling rendah di dapat pada jumlah sudu 6 yaitu pada debit 90 L/m= 7,60858 kg.mm karna pada debit 150 liter/menit pada sudu 8 aliran air sangat kencang saat menuju sudu turbin. pada alat penelitian ini memiliki diameter rumah sudu turbin kecil, mengakibatkan apabila air terlalu bnyak masuk pada turbin maka air pada sarang turbin akan meluap dan tidak akan terjadi pusaran air yang sempurna dan apabila pusaran air sempurna maka torsi yang di dapat semakin tinggi



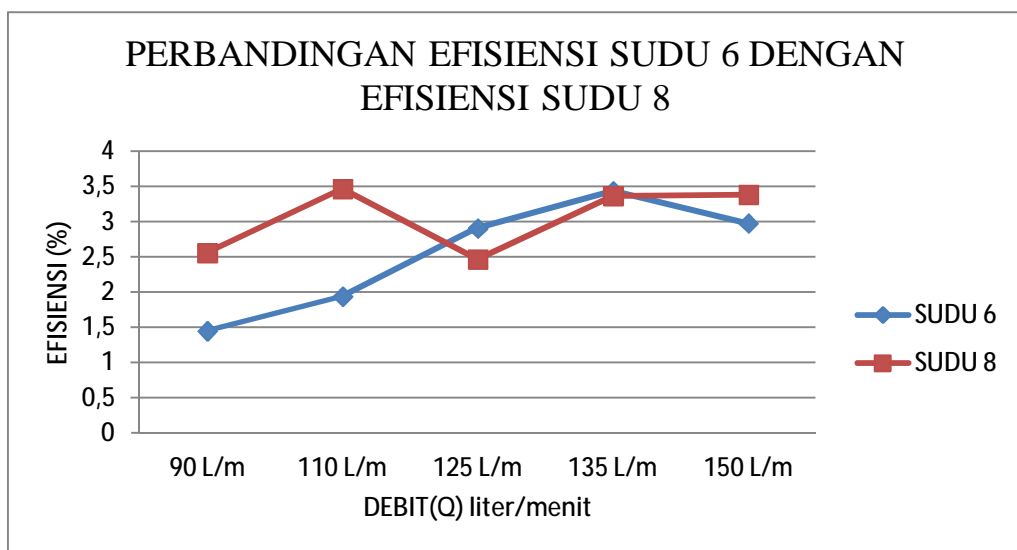
Gambar 4.12 perbandingan daya turbin sudu 6 dan sudu 8

Dari perbandingan antara daya turbin sudu 6 dan daya turbin sudu 8 dapat diketahui dari grafik bahwa daya turbin yang paling besar di dapat pada daya turbin jumlah sudu 8 setiap daya turbin pada debit 150 L/m=1,03288761 watt, sedangkan daya turbin yang paling rendah pada jumlah sudu 6 debit 90 L/m =0,2654549 watt. karna pada debit 150 liter/menit pada sudu 8 aliran air sangat kencang saat menuju sudu turbin. pada alat penelitian ini memiliki diameter rumah sudu turbin kecil, mengakibatkan apabila air terlalu bnyak masuk pada turbin maka air pada sarang turbin akan meluap dan tidak akan terjadi pusaran air yang sempurna dan apabila pusaran air sempurna maka daya turbin yang di dapat semakin besar.



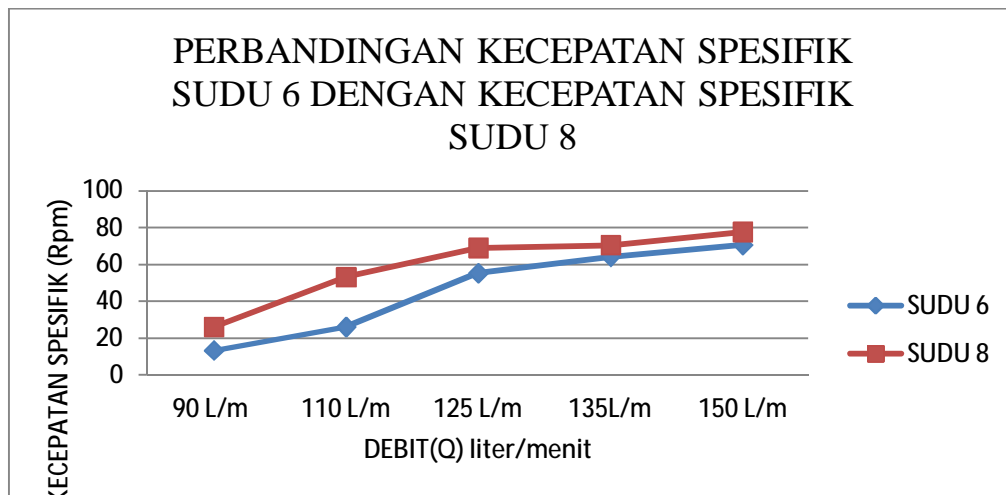
4.13 perbandingan daya air sudu 6 dan daya air sudu 8

Dari perbandingan antara daya air sudu 6 dan daya turbin sudu 8 dapat diketahui dari grafik bahwa daya air yang paling besar yaitu sama besarnya pada debit 150 L/m= 30,411 watt, sedangkan daya air sudu 6 dan sudu 8 yang paling rendah juga sama rendah nya di dapat pada debit 90 L/m=18,2466 watt. karna pada debit 150 liter/menit dan debit 90 liter/menit aliran air sangat stabil saat menuju sudu turbin. pada alat penelitian ini memiliki diameter rumah sudu turbin kecil, mengakibatkan apabila air terlalu bnyak masuk pada turbin maka air pada sarang turbin akan tidak stabil dan tidak akan terjadi pusaran air yang sempurna dan apabila pusaran air sempurna maka daya air yang di dapat semakin tinggi



Gambar 4.14 perbandingan efisiensi sudu 6 dan sudu 8

Dari perbandingan antara efisiensi sudu 6 dan efisiensi sudu 8 dapat diketahui dari grafik bahwa efisiensi yang paling tinggi di dapat pada efisiensi jumlah sudu 8 pada debit 110 L/m=3,47%, sedangkan efisiensi yang paling besar pada sudu 6 di dapat pada debit 135 L/m =3,44%. karna pada debit 110 liter/menit dan 135 liter/menit aliran air sangat stabil saat menuju sudu turbin. pada alat penelitian ini memiliki diameter rumah sudu turbin kecil, mengakibatkan apabila air terlalu bnyak masuk pada turbin maka air pada sarang turbin akan meluap dan tidak akan terjadi pusaran air yang sempurna dan apabila pusaran air sempurna maka Efisiensi yang di dapat semakin tinggi



Gambar 4.15 perbandingan kecepatan spesifik sudu 6 dan sudu 8

Dari perbandingan antara kecepatan spesifik sudu 6 dan kecepatan spesifik sudu 8 dapat diketahui dari grafik yang paling tinggi di dapat pada kecepatan spesifik jumlah sudu 8 pada debit 150 L/m=77,6930652 Rpm dan pada sudu 6 dengan debit 150 liter/menit=70,612 Rpm. karna pada debit 150 liter/menit aliran air sangat kencang saat menuju sudu turbin. pada alat penelitian ini memiliki diameter rumah sudu turbin kecil, mengakibatkan apabila air terlalu bnyak masuk pada turbin maka air pada sarang turbin akan meluap dan tidak akan terjadi pusaran air yang sempurna dan apabila pusaran air sempurna maka kecepatan spesifing yang di dapat semakin tinggi.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari data perhitungan turbin *whirlpool* yang menggunakan jumlah sudu 6 dan sudu 8 dengan debit air 90 liter/menit, 110 liter/menit, 125 liter/menit, 135 liter/menit, dan 150 liter/menit yang tertera dilampiran dapat disimpulkan yaitu :

1. Pada kesimpulan ini didapat bahwa Torsi yang terendah terdapat pada jumlah sudu 6 dengan debit 90 liter/menit dengan nilai Torsi= 7,60858 kg.mm dan Torsi yang tertinggi didapat pada sudu 8 dengan debit 150 liter/menit dengan nilai Torsi=10,06572 kg.mm.

2. Daya turbin yang terendah terdapat pada sudu 6 pada debit 90 liter/menit dengan nilai= 0,2654549 watt dan daya turbin yang tertinggi terdapat pada jumlah sudu 8 dengan debit 150 liter/menit dengan nilai= 1,03288761 watt.

3. Daya air yang terendah terdapat pada jumlah sudu 6 dengan debit 90 liter/menit dengan nilai=18,2466 watt dan Daya air yang tertinggi terdapat pada jumlah sudu 8 dengan debit 150 liter/menit dengan nilai= 30,411 watt

4. Efisiensi turbin yang terendah terdapat pada jumlah sudu 6 dengan debit 90 liter/menit dengan nilai= 1,454818% dan Efisiensi turbin yang tertinggi terdapat pada jumlah sudu 8 dengan debit 150 liter/menit dengan nilai=3,47%

5. Kecepatan spesifik yang terendah terdapat pada jumlah sudu 6 dengan debit 90 liter/menit dengan nilai=13,3874291 Rpm dan kecepatan spesifik yang tertinggi terdapat pada jumlah sudu 8 dengan debit 150 liter/menit dengan nilai= 77,6930652 Rpm.

#### 1.2 Saran

1. Untuk pengujian dapat juga dilakukan dengan *flow* meter kapasitas 200-300 liter/menit agar performa yang ingin didapatkan lebih optimal, diantaranya :
  - a. Kecepatan putaran turbin lebih maksimal agar daya yang dihasilkan bisa lebih maksimal

- b. Berat beban pada alat ukur torsi agar bisa di variasikan apabila debit air mencapai 300 liter/menit
2. Alat untuk melakukan pengujian di lab teknik universitas muhammadiyah sumatera utara agar dilengkapi untuk mempermudah mahasiswa melakukan pengujian untuk tugas akhir
3. Apabila ada pengembangan untuk alat ini, pompa air yang digunakan harus lebih besar, karena hasil data yang didapat semakin besarnya debit air yang masuk maka kecepatan turbin lebih tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arndt, Roger E. A.. 1981. *Fundamentals of Hydrolic Turbine Desasin*. Thailand: AIT Bangkok.
- Bodego, A., Iriarte, E., & Álvarez, I. (2018). Faculty of Science and Technology SC. *Marine and Petroleum Geology*
- Charles Artur Mockmore. 1972. *The Banki Water Turbine*. United States: Oregon State College
- Harja, H. B., Abdurrahim, H., Yoewono, S., & Riyanto, H. (n.d.). *TURBIN PADA TURBIN ULIR ARCHIMEDES*. 36(1), 26–33.
- Malik, R., & Aziz, A. (2018). *Rancangan Pengujian Serta Pembuatan Turbin Air Kinetik Tipe Savonius Poros Vertikal Menggunakan Pemandu Arah Aliran dengan Pemanfaatan Aliran Sungai*.
- Mawarudin dan Himaran, S..2006. *Analisis Pengaruh Beban Terhadap Kinerja turbi Air, pada PLTA BALANBANO*. Sulewesi Selatan: Sekripsi Teknik Mesin Unhas,Makasar.
- Mesin, J. T., Industri, F. T., & Indonesia, U. I. (2018). *Rancang bangun turbin vortex skala kecil dan pengujian pengaruh bentuk penampang sudu terhadap daya*.
- S., Himaran. 1957. *Merencana Turbin Air-Mikrohidro tipe Francis*. Bandung Skripsi Serjana Teknik Mesin, ITB.
- Susanto, A. (2013). *Jurusan teknik mesin fakultas teknik universitas muhammadiyah surakarta 2013*.
- Syarief, A., Isworo, H., Studi, P., Mesin, T., Lambung, U., & Selatan, K. (2015). *SIMULASI TURBIN AIR KAPLAN PADA PLTMH KOTABARU*. (Snttm Xiv), 7–8.
- Sreerag, S. R., Raveendran, C. K., & Jinshah, B. S. (2016). *EFFECT OF OUTLET DIAMETER ON THE PERFORMANCE OF GRAVITATIONAL VORTEX TURBINE WITH CONICAL BASIN*. 7(4), 457–463.
- Teknik, J., Fakultas, M., & Surakarta, U. M. (2013). *PERANCANGAN DAN PENGUJIAN TURBIN KAPLAN PADA KETINGGIAN ( H ) 4 MSUDUT SUDU JALAN 45° DENGAN VARIABEL PERUBAHANDEBIT ( Q ) DAN SUDUT*.

Yani, A., & Erianto, R. (2016). *PENGARUH VARIASI BENTUK SUDU TERHADAP KINERJA TURBIN AIR KINETIK ( Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Daerah Pedesaan )*. 5(1), 1–6.

Yaakob, O. B., Ahmed, Y. M., Elbatran, A. H., & Shabara, H. M. (2014). *Jurnal Teknologi Full paper A Review on Micro Hydro Gravitational Vortex Power and Turbine Systems*. 7, 1–7.



# LAMPIRAN

## LAMPIRAN 1

Tabel: Hasil Pengujian Pada Sudu 6

Hasil Pengujian	Debit 90 liter/menit	Debit 110 liter/menit	Debit 125 liter/menit	Debit 135 liter/menit	Debit 150 liter/menit
Torsi (kg.mm)	7,608 kg.mm	7,676 kg.mm	8,024 kg.mm	9,129 kg.mm	9,115 kg.mm
Daya Turbin (watt)	0,265 watt	0,417 watt	0,708 watt	0,852 watt	0,907 watt
Daya Air (watt)	18,246 watt	21,895 watt	24,328 watt	24,761 watt	30,411 watt
Efisiensi Turbin (%)	1,454 %	1,906 %	2,910 %	3,442 %	2,983 %
Kecepatan Spesifik (Rpm)	13,387 Rpm	26,171 Rpm	55,308 Rpm	64,210 Rpm	70,612 Rpm

Tabel: Hasil Pengujian Pada Sudu 8

Hasil Pengujian	Debit 90 liter/menit	Debit 110 liter/menit	Debit 125 liter/menit	Debit 135 liter/menit	Debit 150 liter/menit
Torsi (kg.mm)	9,118 kg.mm	9,214 kg.mm	8,716 kg.mm	9,369 kg.mm	10,065 kg.mm
Daya Turbin (watt)	0,467 watt	0,775 watt	0,867 watt	0,922 watt	1,032 watt
Daya Air (watt)	18,246 watt	22,309 watt	25,338 watt	27,369 watt	30,411 watt
Efisiensi Turbin (%)	2,56 %	3,47 %	2,47 %	3,37 %	3,39 %
Kecepatan Spesifik (Rpm)	26,136 Rpm	55,181 Rpm	69,047 Rpm	70,482 Rpm	77,693 Rpm

**LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR**

**PENGARUH JUMLAH SUDU DAN TINGGI PROPELER PROTOTYPE  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO TIPE WHIRLPOOL TERHADAP  
KAPASITAS AIR**

Nama : Surya Al-amin  
NPM : 1507230251

Dosen Pembimbing 1 : Khairul Umurani, S.T., M.T  
Dosen Pembimbing 2 : Chandra A. Siregar, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Senin / 10-02-2020	Pembuatan Spesifikasi	h
2.	Rabu / 19-02-2020	Tugas	h
3.	Kamis / 05-03-2020	Perbaiki Bab I	h
4.	Selasa / 24-03-2020	Perbaiki Tinjauan	h
5.	Jumat / 10-04-2020	Revisi	h
6.	Senin / 11-05-2020	Perbaiki Metode	h
7.	Senin / 10-05-2020	lanjut bab 2	h
8.	Jumat / 17-07-2020	ace seminar	h

Surya Al-amin

h



## **DATA PRIBADI**

Nama : Surya Al-amin  
NPM : 1507230251  
Tempat/Tanggal/Lahir : kisanan, 06 mei 1997  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Islam  
Status Perkawinan : Belum Kawin  
Alamat : Rantau Prapat  
RT/RW : -  
Kel/Desa : Negri Lama  
Kecamatan : Panai Tengah  
Provinsi : Sumatera Utara

Nomor Hp : 082273567980  
E-mail : [suryaalamina0707@gmail.com](mailto:suryaalamina0707@gmail.com)  
Nama Orang Tua  
Ayah : Supriyatno  
Ibu : Sri Wahyuni

## **PENDIDIKAN FORMAL**

2003-2009 : SD Swasta Suka Maju  
2009-2012 : MTs Al-ikhlas Kebun Ajamu  
2012-2015 : Ponpes Ahmadul Jariyah Kota Pinang  
2015-2020 : S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara