

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH TINGGI IMPELLER DAN VARIASI JUMLAH SUDU PADA  
IMPELLER TERHADAP KINERJA TURBIN VORTEX**



*DISUSUN OLEH :*

**IBNU RASYID**  
**16.331.0437**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

**PEKANBARU**

**2022**

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

PENGARUH TINGGI IMPELLER DAN VARIASI JUMLAH SUDU PADA  
IMPELLER TERHADAP KINERJA TURBIN VORTEX



Disusun Oleh :

IBNU RASYID

16.331.0437

Disetujui Oleh :

PEKANBARU

EDDY ELFIANO, S.T., M.Eng  
Dosen Pembimbing

  
Tanggal : \_\_\_\_\_

**HALAMAN PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH TINGGI IMPELLER DAN VARIASI JUMLAH SUDU PADA  
IMPELLER TERHADAP KINERJA TURBIN VORTEX**

Disusun Oleh :

**UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

**IBNU RASYID**

**NPM : 16.331.0437**

Disetujui :

**PEMBIMBING**

**EDIS KAMBARI, S.T., M.Eng**

**NIDN : 1025057501**

**PENGUJI I**

**PENGUJI II**

**SEHAT ABDI SARAGIH, S.T., M.T**  
**NIDN: 1012107502**

**RAFIL ARIZONA, S.T., M.Eng**  
**NIDN : 1028108902**

Disahkan Oleh :

**KETUA PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**JHONNI RAHMAN, B.Eng., M.Eng., PhD**  
**NIDN. 1009038504**

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ibnu Rasyid  
Tempat/Tgl Lahir : Pekanbaru, 09 September 1998  
Alamat : Jl. Cendrawasih, Pekanbaru

Adalah mahasiswa Universitas Islam Riau yang terdaftar pada :

Fakultas : Teknik  
Jurusan : Teknik Mesin  
Program Studi : Teknik Mesin  
Jenjang Pendidikan : Strata-1 (S1)

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang saya tulis adalah benar dan asli hasil dari penelitian yang telah saya lakukan dengan judul "Pengaruh Tinggi Impeller Dan Variasi Jumlah Sudu Pada Impeller Terhadap Kinerja Turbin Vortex".

Apabila dikemudian hari ada yang merasa dirugikan dan atau menuntut karena penelitian ini menggunakan sebagian hasil tulisan atau karya orang lain tanpa mencantumkan nama penulis yang bersangkutan, atau terbukti karya ilmiah ini bukan karya saya sendiri atau plagiat hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Pekanbaru, 01 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



IBNU RASYID

## KATA PENGANTAR



Rasa syukur disampaikan kepada Allah Subhana wa Ta'ala karena atas Rahmat dan limpahan ilmu dari-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dan mendorong penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Tanpa bantuan dari mereka tentu akan sulit rasanya untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik ini. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua Orang tua terkasih Ayahanda Suardis dan Ibunda Endriyenti serta keluarga besar atas segala kasih sayang, dukungan moril maupun materil serta doa yang selalu diberikan sampai penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Jhonni Rahman, B.Eng., M.Eng., Ph.d. selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
3. Rafil Arizona, ST., M.Eng. selaku Sekretaris Prodi sekaligus tim penguji yang membantu penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini dan tak pernah bosan memberitahu kesalahan penulis ketika masih dalam tahap menyusun. serta dosen-dosen yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan hal lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
4. Eddy Elfiano, ST., M.Eng. selaku pembimbing Tugas Akhir yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan arahan dan masukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Sehat Abdi Saragih, ST., MT. selaku tim penguji yang juga tidak pernah bosan memberikan arahan yang sangat baik kepada penguji agar Tugas Akhir yang penulis susun dapat menjadi Tugas Akhir yang bagus.

6. Gamma Alan Sukma dan keluarga, Terimakasih atas fasilitas, tempat, saran bahkan dukungan yang telah diberikan demi tugas akhir ini dapat terselesaikan.
7. Haldina Putri, Meisara Nurvitasari dan Yulita Hansri, Aldo Rao Rivaldo, ST. dan Alfinovawan Lumban Tobing terimakasih atas waktu, dukungan, bantuan, motivasi, dan doa yang telah diberikan agar tugas akhir ini dapat terselesaikan.
8. Teman-teman seperjuangan angkatan 2016, terkhususnya untuk Teknik Mesin kelas B terimakasih atas kebersamaannya selama menjalani proses perkuliahan, serta teman dan sahabat yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Teriring doa saya, semoga Allah SWT. memberikan balasan atas segala kebaikan semua pihak yang telah` membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, Juni 2022

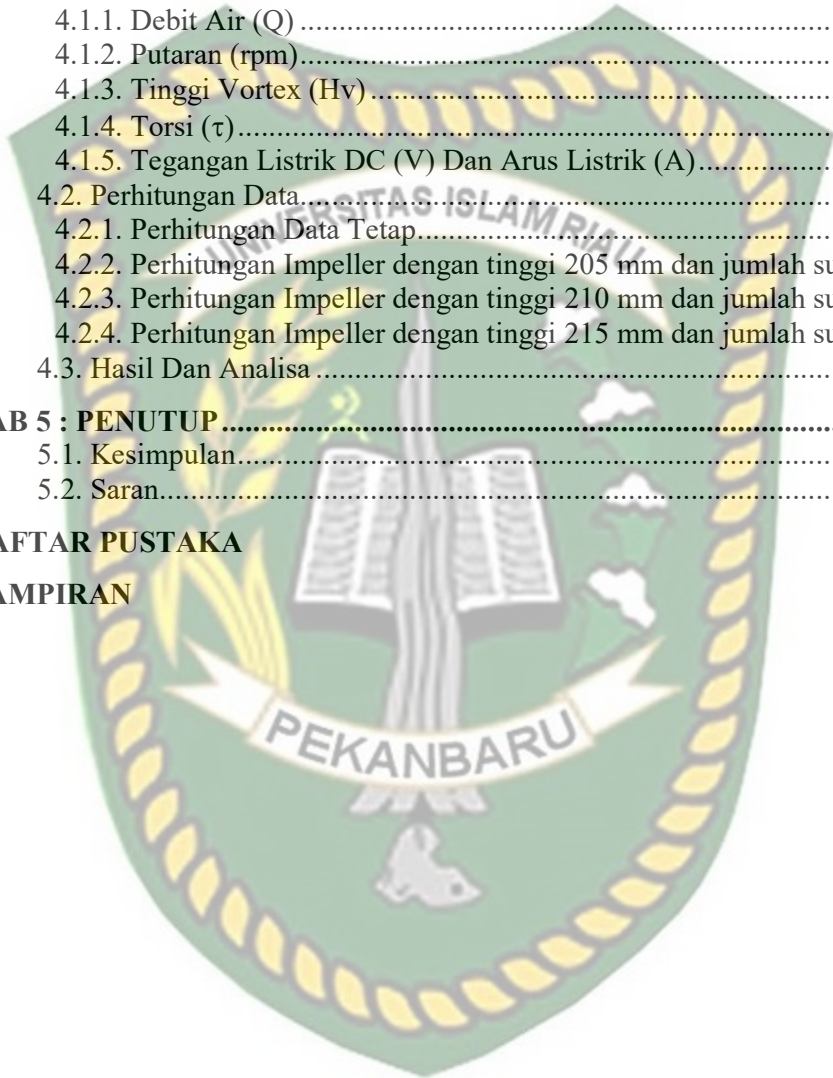
Penulis

**Ibnu Rasyid**

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR NOTASI.....	viii
ABSTRAK.....	x
ABSTACT.....	xi
<b>BAB 1 : PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1. Sejarah Turbin Air.....	5
2.2. Turbin Air.....	6
2.2.1. Klasifikasi turbin Air.....	7
2.2.2. Prinsip Kerja Turbin Air.....	11
2.2.3. Fungsi Turbin Air.....	11
2.2.4. Komponen Turbin Air.....	12
2.2.5. Tahapan Konversi Turbin Air Menjadi Energi Listrik.....	13
2.3. Turbin <i>Vortex</i> (Gravitational Water <i>Vortex</i> Power Plant).....	13
2.3.1. Cara Kerja Turbin <i>Vortex</i> .....	17
2.3.2. Keuntungan Turbin <i>Vortex</i> .....	17
2.3.3. Klasifikasi Turbin <i>Vortex</i> .....	18
2.3.4. Saluran Masuk Turbin <i>Vortex</i> ( <i>Inlet Area</i> ).....	20
2.3.5. Komponen - Komponen Turbin <i>Vortex</i> .....	20
2.3.6. Persamaan-Persamaan Dalam Analisa Turbin <i>Vortex</i> .....	24
2.4. Tinggi Impeller Pada Turbin <i>Vortex</i> .....	27
2.5. Jumlah Sudu Pada Turbin <i>Vortex</i> .....	27
<b>BAB 3 : METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>35</b>
3.1. Diagram Alir Penelitian.....	35
3.2. Studi Literatur.....	36
3.3. Alat Dan Bahan Yang Digunakan.....	36
3.3.1. Alat.....	36
3.3.2. Bahan.....	40

	Halaman
3.4. Metode Pengambilan Data .....	45
3.5. Jadwal Kegiatan Penelitian .....	48
<b>BAB 4 : HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>49</b>
4.1. Data Hasil Penelitian.....	49
4.1.1. Debit Air (Q) .....	49
4.1.2. Putaran (rpm).....	50
4.1.3. Tinggi Vortex (Hv) .....	51
4.1.4. Torsi ( $\tau$ ).....	52
4.1.5. Tegangan Listrik DC (V) Dan Arus Listrik (A).....	53
4.2. Perhitungan Data.....	54
4.2.1. Perhitungan Data Tetap.....	54
4.2.2. Perhitungan Impeller dengan tinggi 205 mm dan jumlah sudu.....	58
4.2.3. Perhitungan Impeller dengan tinggi 210 mm dan jumlah sudu.....	63
4.2.4. Perhitungan Impeller dengan tinggi 215 mm dan jumlah sudu.....	67
4.3. Hasil Dan Analisa .....	72
<b>BAB 5 : PENUTUP .....</b>	<b>87</b>
5.1. Kesimpulan.....	87
5.2. Saran.....	89
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	





## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1. Sudu Tubin Pelton .....	10
Gambar 2.2. Turbin <i>Crossflow</i> .....	11
Gambar 2.3. Turbin Francis .....	12
Gambar 2.4. Turbin Kaplan Dengan Sudu Jalan Yang Dapat Diatur.....	13
Gambar 2.5. Gravitational Water <i>Vortex</i> Power Plant.....	19
Gambar 2.6. Turbin <i>Vortex</i> .....	20
Gambar 2.7. Klasifikasi <i>Vortex</i> Berdasarkan Kekuatannya.....	22
Gambar 2.8. Tipe Lubang Masuk Turbin <i>Vortex</i> .....	24
Gambar 2.9. <i>Casing</i> .....	25
Gambar 2.10. Poros .....	27
Gambar 2.11. Sudu Gerak.....	27
Gambar 2.12. Bantalan .....	28
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	35
Gambar 3.2. Turbin <i>Vortex</i> .....	37
Gambar 3.3. <i>Tachometer</i> .....	38
Gambar 3.4. Penggaris.....	38
Gambar 3.5. Multimeter.....	39
Gambar 3.6. Kunci Pas Dan Ring.....	40
Gambar 3.7. Impeller Tinggi 205 mm Dan Jumlah Sudu 8 Buah.....	41
Gambar 3.8. Impeller Tinggi 205 mm Dan Jumlah Sudu 9 Buah.....	41
Gambar 3.9. Impeller Tinggi 205 mm Dan Jumlah Sudu 10 Buah.....	42
Gambar 3.10. Impeller Tinggi 210 mm Dan Jumlah Sudu 8 Buah.....	42
Gambar 3.11. Impeller Tinggi 210 mm Dan Jumlah Sudu 9 Buah.....	43
Gambar 3.12. Impeller Tinggi 210 mm Dan Jumlah Sudu 10 Buah.....	43
Gambar 3.13. Impeller Tinggi 215 mm Dan Jumlah Sudu 8 Buah.....	44
Gambar 3.14. Impeller Tinggi 215 mm Dan Jumlah Sudu 9 Buah.....	44
Gambar 3.15. Impeller Tinggi 215 mm Dan Jumlah Sudu 10 Buah.....	45

**Halaman**

Gambar 4.1. Grafik Kecepatan Sudut ( $\omega$ )..... 72

Gambar 4.2. Grafik Torsi ( $\tau$ )..... 73

Gambar 4.3. Grafik Daya Hidrolik ( $P_{hid}$ )..... 74

Gambar 4.4. Grafik Daya Mekanik ( $P_{mek}$ )..... 75

Gambar 4.5. Grafik Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ )..... 76

Gambar 4.6. Grafik Hubungan Torsi ( $\tau$ ) dan Kecepatan Sudut ( $\omega$ )..... 78

Gambar 4.7. Grafik Hubungan Kecepatan Sudut ( $\omega$ ) dan Daya Mekanik ( $P_{Mek}$ )..... 79

Gambar 4.8. Hubungan Kecepatan Sudut ( $\omega$ ) dan Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ )..... 80

Gambar 4.9. Grafik Hubungan Torsi ( $\tau$ ) dan Daya Mekanik ( $P_{Mek}$ )..... 81

Gambar 4.10. Grafik Hubungan Torsi ( $\tau$ ) dan Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ )..... 82

Gambar 4.11. Grafik Hubungan Daya Mekanik ( $P_{Mek}$ ) dan Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ )..... 83

Gambar 4.12. Grafik Hubungan Daya Hidrolik ( $P_{hid}$ ) dan Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ )..... 84

Gambar 4.13. Grafik Hubungan Daya Dinamo ( $P_{dinamo}$ ) dan Daya Mekanik ( $P_{mek}$ )..... 85

Gambar 4.14. Grafik Hubungan Daya Dinamo ( $P_{dinamo}$ ) dan Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ )..... 86

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian.....	42
Tabel 4.1 Data Debit Air.....	50
Tabel 4.2 Putaran (n) .....	50
Tabel 4.3 Tinggi <i>Vortex</i> (Hv).....	51
Tabel 4.4 Massa dan Panjang Poros.....	52
Tabel 4.5 Tegangan Listrik DC (V) dan Arus Listrik (A).....	53
Tabel.4.6 Data Hasil Perhitungan.....	71



## DAFTAR NOTASI

Keterangan	Simbol	Satuan
Debit Air	Q	m <sup>3</sup> /s
Kecepatan Aliran Air	v	m <sup>3</sup> /s
Area	A	m <sup>2</sup>
Jarak	s	m
Volume	V	m <sup>3</sup>
Waktu	t	s
Lebar Kanal	l	m
Kedalaman Kanal	h	m
Phi	$\pi$	No Unit
Kecepatan Angular Sudut	$\omega$	rad/s
Putaran	n	RPM
Daya Hidrolik	P <sub>hid</sub>	Watt
Gaya Gravitasi	g	m/s <sup>2</sup>
Massa Jenis Air	$\rho$	kg/m <sup>3</sup>
Tinggi <i>Vortex</i>	H <sub>v</sub>	m
Daya Mekanik	P <sub>mek</sub>	Watt

Efisiensi	$\eta$	%
Jari-Jari Putaran	$r$	m
Sirkulasi	$\Gamma$	No Unit
Massa pully	kg	Kg
Gravitasi	g	m/s <sup>2</sup>
Panjang Poros	$r$	M
Gaya Pada Pully 1	$F_{p1}$	N
Gaya Pada Pully 2	$F_{p2}$	N
Gaya Pada Pully Impeller	$F_i$	N
Gaya Tarik Pada Sabuk	$F_t$	N



# PENGARUH TINGGI IMPELLER DAN VARIASI JUMLAH SUDU PADA IMPELLER TERHADAP KINERJA TURBIN *VORTEX*

Nama Mahasiswa : Ibnu Rasyid  
NPM : 163310437  
Jurusan : Teknik Mesin  
Dosen Pembimbing : Eddy Elfiano, ST., M.Eng

## Abstrak

Penggunaan teknologi yang didasarkan dari energi alternatif sedang sangat banyak digunakan guna mengantisipasi keterbatasan energi fosil. Turbin *vortex* merupakan salah satu contohnya. Turbin *vortex* adalah salah satu dari klasifikasi didalam turbin mikrohidro yang memanfaatkan pusaran air untuk menggerakkan sudunya. Turbin *vortex* mempunyai head yang relatif rendah, yaitu 0,7 m – 3m dengan debit 50 L/s. Turbin dengan jenis ini sangat cocok apabila digunakan untuk aliran sungai, karena kebanyakan sungai memiliki head yang rendah. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan turbin *vortex* dengan peforma yang baik, baik dari segi daya yang dihasilkan maupun dari segi efisiensi dengan memvariasikan tinggi impeller dan jumlah sudu pada impeller untuk mendapatkan peforma turbin yang lebih baik. Adapun variasi tinggi yang dimaksud adalah 180 mm, 210 mm, dan 240 mm. Sementara untuk variasi jumlah sudu yang dimaksud adalah 6 buah, 8 buah, dan 10 buah. Adapun hasil dari penelitian ini yaitu impeller dengan tinggi 215 mm dan jumlah sudu 10 buah menghasilkan daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) daya dinamo ( $P_{dinamo}$ ) dan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) tertinggi dengan daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) yang dihasilkan 25,2028 W. daya dinamo ( $P_{dinamo}$ ) yang dihasilkan 7,775 W. dan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) yang dihasilkan 65,39%. Dalam hal ini dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin banyak jumlah sudu pada impeller maka semakin bagus daya dan efisiensi yang dihasilkan. sementara itu semakin tinggi impeller tidak menjamin hasil daya dan efisiensi yang baik.

**Kata Kunci :** turbin vortex, turbin mikrohidro, tinggi *impeller*, jumlah sudu

**THE EFFECT OF IMPELLER HEIGHT AND VARIETY OF THE  
NUMBER OF VALUES IN IMPELLER ON VORTEX TURBINE  
PERFORMANCE**

**Student Name** : Ibnu Rasyid  
**NPM** : 163310437  
**Department** : Mechanical Engineering  
**Lecturer** : Eddy Elfiano, ST., M.Eng

**Abstract**

The use of technology based on alternative energy is being widely used to anticipate the limitations of fossil energy. The vortex turbine is one example. Vortex turbines are one of the classifications in micro hydro turbines that use whirlpools to move the blades. The vortex turbine has a relatively low head, which is 0.7 m – 3 m with a discharge of 50 L/s. This type of turbine is very suitable when used for river flow, because most rivers have low heads. The purpose of this study was to obtain a vortex turbine with good performance, both in terms of power produced and in terms of efficiency by varying the impeller height and the number of blades on the impeller to get better turbine performance. The height variations in question are 180 mm, 210 mm, and 240 mm. Meanwhile, the variation in the number of spoons in question is 6, 8, and 10. The results of this study are the impeller with a height of 215 mm and the number of blades of 10 produce mechanical power ( $P_{Mek}$ ) dynamo power ( $P_{dinamo}$ ) and turbine efficiency ( $\eta_t$ ) the highest with mechanical power ( $P_{Mek}$ ) produced 25.2028 W. dynamo power ( $P_{dinamo}$ ) produced 7.775 W. and turbine efficiency ( $\eta_t$ ) produced 65.39%. In this case it can be concluded that the more the number of blades on the impeller, the better the power and efficiency produced. while the higher the impeller does not guarantee good power and efficiency results.

**Keywords:** vortex turbine, micro hydro turbine, impeller height, number of blades

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Kekurangan energi fosil yang diakibatkan oleh tidak sebandingnya pertumbuhan dan penggunaan energi fosil itu sendiri membuat energi fosil sudah mulai ditinggalkan. Selain itu ada dampak buruk yang dihasilkan oleh energi fosil seperti polusi udara, efek rumah kaca serta pemanasan global merupakan alasan utama para peneliti diseluruh dunia mencoba berbagai energi alternatif guna menjadi solusi dari keterbatasan yang dimiliki energi fosil.

Turbin air merupakan satu dari sekian banyak energi alternatif yang dapat dihasilkan. dengan adanya sumber air yang melimpah, indonesia dapat memaksimalkan potensi turbin air dengan sangat maksimal. Dari head yang kecil sampai besar dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi alternatif.

Turbin air memiliki banyak jenis dan klasifikasi. Salah satunya adalah turbin *Vortex*. Turbin *Vortex* adalah salah satu dari klasifikasi didalam turbin mikrohidro yang memanfaatkan pusaran air untuk menggerakkan sudunya. Turbin *Vortex* mempunyai head yang relatif rendah, yaitu 0,7 m – 3m dengan debit 50 L/s. Turbin dengan jenis ini sangat cocok apabila digunakan untuk aliran sungai, karena kebanyakan sungai memiliki head yang rendah (Rinanda dan Permatasari, 2018).



Pada penelitian yang telah dilakukan Hakim dan Adiwibowo (2018) tentang kinerja turbin reaksi aliran *Vortex* tipe sudu berpenampang lurus dengan variasi tinggi sudu 15cm, 18cm, 21cm, dan 24cm menghasilkan daya tertinggi pada turbin dengan tinggi sudu 21 cm yang memiliki daya sebesar 42,97 watt. Sementara itu efisiensi tertinggi memiliki efisiensi sebesar 51,37 %.

Pada penelitian lainnya yang telah dilakukan oleh farisi et al (2019) tentang optimasi desain turbin air tipe *Vortex* dengan 3 variasi jumlah sudu terhadap efisiensi pada turbin *Vortex* dimana 3 variasi sudu yang dimaksud adalah 6, 8 dan 10 buah sudu, menghasilkan daya yang semakin meningkat seiring dengan jumlah sudu yang juga bertambah. Dengan kata lain daya tertinggi dihasilkan oleh sudu dengan jumlah 10 buah dengan daya sebesar 19,58 W. Sementara itu efisiensi tertinggi dihasilkan oleh turbin dengan jumlah sudu 10 buah dengan efisiensi yang dihasilkan sebesar 29,93%.

Dari penelitian diatas dapat disimpulkan tinggi turbin berpengaruh terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin *Vortex*, begitu juga dengan jumlah sudu yang juga berpengaruh terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan. Pada penelitian kali ini akan dilakukan pembuatan turbin *Vortex* dengan memvariasikan tinggi *impeller* dan jumlah sudu pada *impeller* pada turbin *Vortex* dengan *range* yang lebih kecil pada angka daya dan efisiensi tertinggi dari penelitian sebelumnya untuk mendapatkan daya dan efisiensi yang jauh lebih baik lagi.

## 1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dijelaskan diatas, dapat ditarik rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi tinggi *impeller* dan jumlah sudu pada *impeller* terhadap kinerja turbin *Vortex*?
2. *Impeller* dengan variasi tinggi dan jumlah sudu berapakah yang menghasilkan kinerja terbaik pada turbin *Vortex*?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Adapaun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan perbandingan kinerja yang dihasilkan oleh masing masing tinggi *impeller* dan jumlah sudu yang telah divariasikan.
2. Menetapkan tinggi *impeller* dan jumlah sudu *impeller* dengan kinerja tertinggi dengan *range* yang telah diperkecil pada turbin *Vortex*.

## 1.4. Batasan Masalah

Dari tujuan penelitian diatas penulis memberikan batasan masalah agar memberikan arah yang jelas pada penelitian ini, maka penelitian ini dibatasi sebagai berikut :

1. Tinggi *impeller* yang divariasikan adalah 205 mm, 210 mm dan 215 mm.
2. Jumlah sudu pada *impeller* yang akan digunakan adalah 8 buah, 9 buah dan 10 buah sudu.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian Pengaruh Tinggi Impeller Dan Variasi Jumlah Sudu Pada Impeller Terhadap Kinerja Turbin *Vortex* adalah mengembangkan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya dengan memanfaatkan hasil yang telah didapatkannya dengan tujuan mendapatkan kinerja yang lebih baik lagi pada Turbin *Vortex* yang didalamnya termasuk daya dan efisiensi.

### 1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penulisan penelitian ini adalah :

#### Bab I **Pendahuluan**

Bab ini berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, sistematika penulisan.

#### Bab II **Tinjauan Pustaka**

Bab ini berisi penjelasan dasar-dasar teori turbin beserta gambar, turbin *Vortex* , dan rumus rumus yang digunakan dalam perencanaan.

#### BAB III **Metodologi Penelitian**

Bab ini berisi diagram alir penelitian, studi literatur, alat dan bahan, prosedur pengujian dan pengolahan data.

#### Bab IV **Hasil Dan Pembahasan**

Bab ini berisi tentang penguraian data dan perhitungan debit air, kecepatan sudut, daya hidrolis, torsi, daya mekanik turbin dan efisiensi pada turbin *Vortex*

## Bab V Penutup

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.



## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Sejarah Turbin Air

Turbin air memiliki beberapa persamaan teori dengan pompa air, yang menjadi pembeda utama diantara turbin air dan pompa air terletak pada transfer energi yang berbanding terbalik. Turbin air merubah energi potensial air menjadi energi mekanik putaran poros. Sementara pompa air merubah energi mekanik putaran poros menjadi gerakan aliran air. Teori turbin air memiliki tujuan utama agar mendapatkan unjuk kerja optimal dalam memanfaatkan energi air pada sebuah kondisi operasi tertentu. Formula yang dipakai kebanyakan didapatkan secara empiris didasarkan atas pengalaman, eksperimen dan analisis dimensi. (Paryatmo, 2019).

Data sejarah telah mencatat bahwa teori konversi energi air untuk dirubah menjadi energi mekanik telah ada semenjak 2.500 tahun yang lalu. Ditandai dengan mulai digunakannya kincir air sederhana yang dibuat menggunakan kayu sebagai mesin pembangkit. Penggunaan kincir air pertama kali berasal dari india, kemudian berkembang ke mesir, dan berlanjut ke eropa sampai menjalar ke amerika. (Paryatmo, 2019).

Rancangan yang sistematis dari kincir air dimulai sejak abad ke 18, dimana pada saat itu telah banyak dilakukan penelitian untuk meningkatkan performa dari kincir air yang telah ada sebelumnya, sehingga pada akhirnya menuju ke konstruksi turbin air. Kincir air yang dirancang secara teoritis, mulai

dikembangkan oleh Poncelet dan sangat banyak digunakan di Inggris pada awal abad ke 19. (Paryatmo, 2019).

Turbin air mulai dikembangkan pada abad 19 dan secara luas mulai digunakan oleh tenaga industri untuk jaringan listrik. Saat ini lebih universal digunakan untuk pembangkit generator listrik. Turbin saat ini dimanfaatkan secara luas yang merupakan sumber tenaga yang bisa diperbaharukan. Kincir air semenjak lama digunakan untuk kepentingan industri. Pada mulanya yang dipertimbangkan merupakan dimensi kincirnya, yang menghalangi debit serta *head* yang bisa dimanfaatkan. Pertumbuhan kincir air jadi turbin modern memerlukan jangka waktu yang lumayan lama. Pertumbuhan yang dicoba dalam waktu revolusi industri memakai tata cara serta prinsip ilmiah. Mereka pula yang meningkatkan teknologi material serta tata cara penciptaan baru pada dikala itu. (Mafrudin dan Irawan, 2014).

Kata "turbine" dijumpai oleh seseorang insinyur Perancis yang bernama Claude Bourdin sejak awal abad 19, yang dipetik dari terjemahan bahasa Latin dari kata "whirling" (putaran) ataupun "Vortex" (pusaran air). Perbandingan dasar antara turbin air awal dengan kincir air merupakan komponen putaran air yang membagi tenaga pada poros yang berputar. Komponen ekstra ini mengizinkan turbin agar bisa membagi energi yang lebih besar dengan komponen yang lebih kecil. Turbin bisa menggunakan air dengan putaran lebih cepat serta bisa menggunakan *head* yang lebih besar. (Mafrudin dan Irawan, 2014).

## 2.2. Turbin Air

Energi air merupakan energi yang sejak lama telah dimanfaatkan di Indonesia dengan skala yang sangat besar guna dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Selain pada pembangkit listrik, energi air juga telah dimanfaatkan pada sektor pertanian yang bahkan juga memiliki pembangkit listrik tersendiri yang juga bersumber dari energi air dimasa mendatang turbin air dengan berbagai skala akan makin pesat penggunaannya di Indonesia. (Fitroh dan Adiwibowo, 2018).

Turbin air merupakan perlengkapan untuk menukar energi potensial air menjadi tenaga mekanik. Tenaga mekanik ini setelah itu diganti jadi tenaga listrik oleh generator. Turbin air dibesarkan pada abad 19 serta digunakan secara luas buat pembangkit tenaga listrik. Dalam pembangkit listrik tenaga air (PLTA) turbin air ialah perlengkapan utama selain generator. (Saputra, 2018).

### 2.2.1. Klasifikasi turbin Air

Turbin air terdiri dua jenis yaitu turbin *impuls* (aksi) dan reaksi. Pada turbin *impuls*, *head* efektif dikonversi menjadi energi kinetik tepat sebelum masuk ke sudu gerak. Daya yang didapatkan sudu turbin berada pada tekanan atmosfer. Sementara turbin reaksi, sudu gerak terendam di dalam air, sehingga tekanan dan juga kecepatan air menjadi berkurang. (Hilman, 2019).

#### 1. Turbin *Impuls*

Turbin *impuls* merupakan turbin air dengan prinsip kerja mengubah semua energi pada air, dimana energi air yang dimaksud terdiri dari potensial,tekanan

dan kecepatan yang akan dikonversi energi kinetik untuk memutar turbin, sehingga menghasilkan energi puntir. (Saputra, 2018).

Pada turbin *impuls* energi potensial air dikonversi menjadi energi kinetik pada *nozel*. Air keluar *nozel* yang memiliki kecepatan tinggi menghantam sudu turbin. Setelah menghantam sudu turbin arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadilah perubahan pada momentum (*impuls*). Yang mengakibatkan roda turbin akan berputar. Turbin *impuls* adalah turbin dengan tekanan yang sama karena aliran air yang keluar dari *nozel* tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Berikut merupakan jenis-jenis dari turbin *impuls*, diantaranya adalah sebagai berikut :

1) Turbin Pelton

Turbin Pelton merupakan salah satu jenis dari turbin *impuls*. Turbin Pelton terdiri atas satu set sudu-sudu yang berputar akibat air yang disemprotkan dari satu bahkan lebih komponen yang disebut *nozel*. Turbin Pelton merupakan salah satu dari sekian banyak jenis turbin air yang sangat efisien. Turbin Pelton sangat cocok dipakai pada *head* yang tinggi. Sudu pada turbin Pelton dapat dilihat seperti gambar 2.1.





Gambar 2.1. Sudu Turbin Pelton  
(Sumber : Gibran et al, 2017).

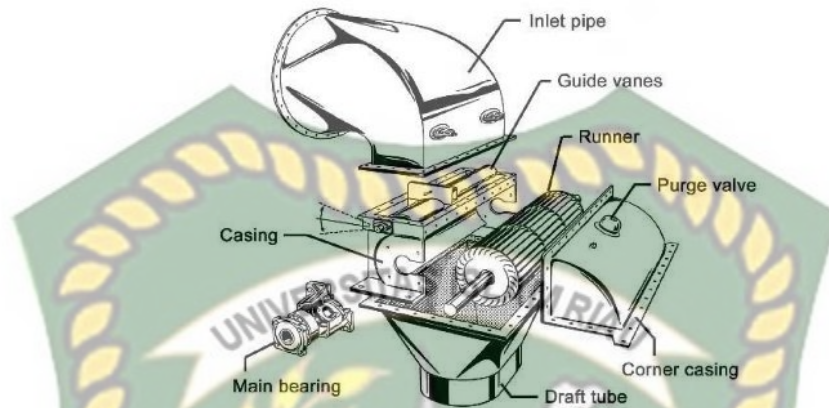
2) Turbin *Crossflow* (Turbin Michell-Banki).

Jika pada turbin Pelton beroperasi pada *head* yang tinggi, sehingga mengakibatkan kurang efektif dan rendahnya efektifitas ketika beroperasi pada *head* yang rendah yang mengakibatkan turbin pelton relatif jarang dipakai secara luas untuk pembangkit listrik skala menengah kebawah, maka turbin *crossflow* atau turbin *impuls* aliran *ossberger* hadir sebagai solusi alternatif yang efektif digunakan pada *head* yang rendah.

Turbin *crossflow* bisa beroperasi pada debit 20 liter/detik sampai 10 m<sup>3</sup>/detik serta *head* pada *range* 1 s/d 200m. Berikut dibawah ini komponen-komponen utama konstruksi turbin *crossflow* :

- 1) Rumah Turbin.
- 2) Alat Pengarah (distributor).
- 3) Roda Jalan.
- 4) Penutup.
- 5) Katup Udara.
- 6) Pipa Hisap.

## 7) Bagian Peralihan



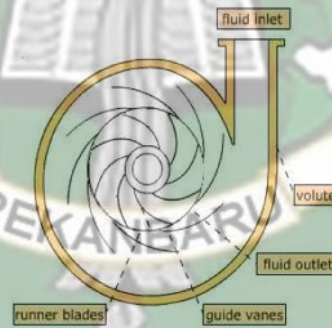
Gambar 2.2. Turbin *Crossflow*  
(Sumber : Gibran et al, 2017).

## 2. Turbin Reaksi

Pada turbin reaksi, energi yang tersedia pada saluran masuk hanya sebagian saja yang dirubah menjadi energi kinetik sedangkan sisanya tetap dalam bentuk energi tekan. Ketika air mengalir melalui roda gerak (*runner*) terjadi perubahan energi tekan menjadi energi kinetik secara berangsur-angsur. Tekanan pada sisi masuk roda gerak lebih tinggi dibandingkan tekanan pada sisi keluar roda gerak turbin, dimana tekanan tersebut bervariasi terhadap laju aliran *fluida* yang melalui turbin. Selanjutnya agar perubahan tekanan ini dapat terjadi, maka roda gerak (*runner*) dalam hal ini harus tertutup dari udara luar dan seluruhnya terisi air selama turbin beroperasi. Beberapa contoh dari turbin reaksi adalah turbin Francis, turbin Kaplan, dan turbin *Vortex*. (Sumber : Gibran et al, 2017).

### 1) Turbin Francis

Turbin Francis adalah salah satu dari beberapa jenis turbin reaksi. Turbin ini digunakan antara sumber air tekanan tinggi di bagian saluran masuk dengan air yang memiliki *head* rendah di bagian saluran keluar. Turbin Francis memakai sudu pengarah. Sudu pengarah inilah yang nantinya akan mengarahkan air masuk dengan metode tangensial. Sudu pengarah pada turbin Francis dapat diaplikasikan sebagai suatu sudu pengarah yang tetap ataupun sudu pengarah yang sudutnya dapat diatur. Untuk penggunaan pada berbagai kondisi aliran air, penggunaan sudu pengarah yang dapat diatur merupakan pilihan yang tepat. Berikut merupakan contoh gambar sudu turbin Francis. (Sumber : Gibran et al, 2017).

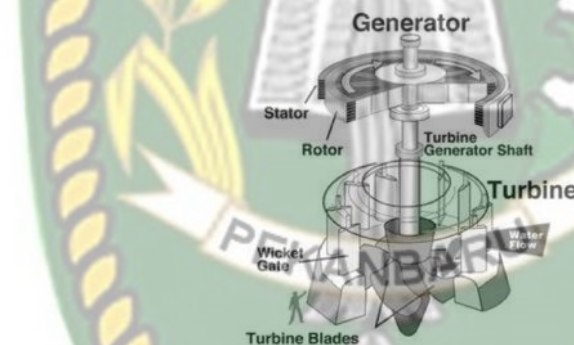


Gambar 2.3. Turbin Francis  
(Sumber : Gibran et al, 2017).

### 2) Turbin Kaplan

Turbin Kaplan memiliki cara kerja yang tidak jauh berbeda dengan turbin Francis, turbin Kaplan memiliki cara kerja menggunakan prinsip reaksi. Turbin Kaplan memiliki roda jalan yang menyerupai baling-baling pesawat terbang. Bilah baling-baling pesawat terbang memiliki fungsi sebagai penghasil gaya dorong, roda jalan pada Kaplan memiliki fungsi sebagai penghasil gaya F yaitu

gaya putar yang bisa menghasilkan torsi pada poros turbin. Berbeda dengan roda jalan pada Francis, sudu-sudu pada roda jalan Kaplan posisinya dapat diputar sesuai dengan kondisi beban turbin. Turbin Kaplan banyak ditemukan pada instalasi pembangkit listrik tenaga air sungai, dikarenakan turbin ini memiliki kelebihan, yaitu dapat menyesuaikan *head* yang berubah-ubah sepanjang tahun. Turbin Kaplan bisa beroperasi dengan kecepatan tinggi sehingga ukuran roda turbin lebih kecil dan dapat dipasangkan langsung dengan generator. Pada kondisi beban tidak penuh turbin Kaplan memiliki efisiensi tertinggi, dikarenakan sudu-sudu turbin Kaplan dapat diatur menyesuaikan dengan beban yang ada. Berikut dibawah ini komponen utama turbin Kaplan:



Gambar 2.4. Turbin Kaplan Dengan Sudu Jalan Yang Dapat Diatur  
(Sumber : Gibran et al, 2017).

### 2.2.2. Prinsip Kerja Turbin Air

Terdapat sudu pada roda turbin, yakni suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, *fluida* kerja yang merupakan air mengalir diantara sudu-sudu tersebut, dengan begitu roda turbin akan berputar dan pada sudu akan terdapat gaya yang bekerja. Gaya tersebut terjadi karena *fluida* kerja mengalami perubahan momentum dari air yang mengalir diantara sudu-sudunya.

Sudu seharusnya dibentuk sedemikian rupa agar mempermudah terjadinya perubahan momentum yang nantinya berubah menjadi gaya. (Irawan et al, 2018).

### 2.2.3. Fungsi Turbin Air

Turbin air memiliki fungsi utama yaitu mengubah energi potensial menjadi energi mekanik. Gaya yang dihasilkan oleh jatuhnya air yang nantinya akan mendorong sudu-sudu menyebabkan turbin berputar. Turbin air umumnya terlihat seperti kincir angin, dengan menggantikan fungsi dorong angin untuk memutar baling-baling digantikan air untuk memutar turbin. Perputaran turbin ini yang nantinya akan dihubungkan ke generator. Energi mekanik yang telah dihasilkan dapat dikonversi menjadi berbagai macam kebutuhan salah satunya dikonversi menjadi energi listrik. (Saputra, 2018).

### 2.2.4. Komponen Turbin Air

Komponen turbin air terdiri dari rotor dan stator yang lebih detailnya dapat dilihat sebagai berikut :

#### 1. Rotor

Rotor merupakan komponen yang berputar pada sistem dimana komponen tersebut terdiri dari :

- 1) Sudu-sudu yang berfungsi untuk menerima beban pancaran yang disemprotkan oleh *nozel*.
- 2) Poros yang berfungsi untuk meneruskan aliran tenaga yang berupa gerak putar yang dihasilkan oleh sudu.
- 3) Bantalan yang berfungsi sebagai perapat komponen-komponen dengan tujuan agar tidak mengalami kebocoran pada sistem.

## 2. Stator

Stator merupakan komponen yang tidak bergerak pada sistem dimana komponen tersebut terdiri dari :

- 1) Pipa pengarah (*nozel*) yang berfungsi untuk meneruskan aliran *fluida* sehingga tekanan dan kecepatan *fluida* yang digunakan didalam sistem besar.
- 2) Rumah turbin, berfungsi sebagai rumah kedudukan komponen-komponen turbin. (Saputra, 2018).
- 3)

### 2.2.5. Tahapan Konversi Turbin Air Menjadi Energi Listrik

Sebuah sistem dimana tenaga air merubah energi air yang mengalir dikonversi menjadi energi mekanik dan biasanya akan diubah menjadi energi listrik. Adapun tahapan-tahapan koversi dari turbin air menjadi energi listrik antara lain:

1. Air mengalir lewat kanal dan melalui turbin air. Dimana pada proses kali ini air akan menabrak sudu-sudu yang mengakibatkan turbin berputar.
2. Jika energi yang dihasilkan ingin digunakan pada pembangkit listrik, perputaran turbin akan memicu perputaran pula pada poros rotor generator.
3. Energi yang dihasilkan bisa saja digunakan secara langsung atau dapat juga disimpan dalam baterai.
4. Daya yang tersedia tersebut kemudian akan diubah dengan menggunakan turbin air menjadi daya mekanik.

5. Karena turbin dan peralatan-peralatan elektro-mekanis lainnya menghasilkan efisiensi dibawah 100% atau mendekati 100%, maka daya listrik yang dapat didapatkan akan lebih kecil jumlahnya dibandingkan daya hidrolik yang didapatkan. (Supranata, 2015).

### 2.3. Turbin *Vortex* (*Gravitational Water Vortex Power Plant*)

Turbin *Vortex* juga dikenal sebagai turbin dengan klasifikasi turbin mikrohidro dimana turbin mikrohidro merupakan pembangkit sebuah pembangkit listrik berskala kecil yang menggunakan air tenaga air untuk media penggerak turbin seperti pada irigasi atau sungai dengan cara memanfaatkan tinggi tekan (*Head*) dan debit air. Dikarenakan kata “*micro*” yang memiliki arti kecil dan kata “*hydro*” yang memiliki arti air, maka turbin mikrohidro dapat diartikan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang memiliki skala kecil karena turbin ini menggunakan irigasi dan sungai yang terkategori kecil yang juga akan menghasilkan *head* yang kecil untuk menggerakkan sudu-sudu pada turbin *Vortex*. (Ariprasetya dan Adiwibowo, 2010).

Turbin *Vortex* juga bertujuan agar menjadi solusi dari pengaruh negatif pada pengembangan PLTA pada skala yang lebih kecil. *Gravitation Water Vortex Power Plant* (GWVPP). Lalu Franz Zotlere menciptakan kembali *Gravitation Water Vortex Power Plant* (GWVPP) di tahun 2006 ketika sedang mencari solusi untuk menganginkan sungai yang telah tidak aktif. tonggak sejarah baru dalam pengembangan hidro dinamika akhirnya dimulai dengan ditemukannya *Gravitation Water Vortex Power Plant* (GWVPP). Dikarenakan berhasil meretas

air tidak aktif yang membuat saturasi oksigen pada energi bebas air naik pesat. (Basri et al, 2020).

*Vortex* merupakan berat *fluida* dimana partikel-partikelnya berpindah secara berputar dengan garis arus (*streamline*) sehingga menyerupai lingkaran konsentris. Pergerakan *Vortex* berputar dikarenakan adanya beda kecepatan pada setiap lapisan *fluida* yang berdekatan. *Vortex* juga dapat diartikan sebagai gerak *fluida* yang disebabkan karena parameter kecepatan dan tekanan. *Vortex* sebagai pusaran adalah efek akibat dari putaran rotasional yang viskositas sangat berpengaruh didalamnya. (Sihombing et al, 2015).

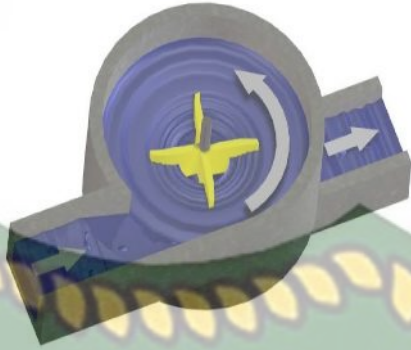
Terdapat beberapa sifat-sifat pada pusaran air. Sifat-sifat dari pusaran air yang dimaksud adalah:

1. Tekanan air di dalam pusaran yang paling kecil adalah di pusat pusaran dan semakin meningkat seiring dengan semakin besarnya jarak pusaran dari pusat. Hal ini sesuai dengan prinsip *Bernoulli*, dimana tekanan berbanding terbalik dengan kecepatan.
2. Pusat dari setiap pusaran dapat dianggap mengandung garis pusaran, dan setiap partikel air dalam pusaran dapat dianggap berotasi di garis pusaran.
3. Dua atau lebih pusaran yang kira-kira sejajar dan berotasi/berputar dalam arah yang sama akan bergabung untuk membentuk sebuah pusaran tunggal.
4. Gerakan rotasi pada pusaran menimbulkan energi yang cukup besar. Apabila suatu benda diletakkan di sekitar pusaran, maka pusaran air seolah-olah menyedot benda tersebut, berputar-putar menuju inti. (Sihombing et al, 2015).



*Gravitational Water Vortex Power Plant* adalah klasifikasi dari *green technology* yang dapat masuk dalam kategori pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Pada saat ini *Gravitational Water Vortex Power Plant* atau turbin *Vortex* dapat dikategorikan dalam tenaga mikrohidro dengan alasan pembangkit listrik maksimum yang telah dilaporkan tidak melebihi daya 100kW. Keunggulan utama dari pembangkit listrik ini terletak pada syarat *head* air yang terkategori rendah dan sangat ramah terhadap lingkungan.

Pada pembangkit listrik ini, air mengalir melalui lubang masuk (*Inlet*) yang dibuat sedemikian rupa besar dan lurus, dan kemudian mengalir secara tangensial ke cekungan berbentuk bundar. Air lalu membentuk pusaran yang sangat kuat, yang nantinya akan keluar dari saluran keluar (*Outlet*) di bagian bawah tengah dari *basin* seperti yang terlihat pada gambar 2.4. Karena syarat pada turbin ini yaitu *head* air yang sangat rendah, pembangkit listrik tidak dapat bekerja pada kondisi tekanan yang berbeda tetapi bergantung kepada kekuatan dinamis yang dapat dihasilkan oleh pusaran. Oleh sebab itu, biaya yang digunakan pada pengembangan dan pembangkit listrik tidak besar pada GWVPP jika dibanding teknologi tenaga air lainnya. (Indarto et al, 2020).



Gambar 2.5. Gravitational Water *Vortex* Power Plant  
(Sumber : Prabowo et al, 2018).

Turbin ini diberi nama *Gravitation Water Vortex Power plant* (GWVPP) dari pengagasnya Frans Zotleterer, seorang yang berkebangsaan Austria, tetapi nama turbin lebih umum dikenal sebagai turbin *Vortex* atau turbin pusaran air. Seperti namanya pusaran air, turbin ini menggunakan pusaran air yang dibuat sedemikian rupa agar dapat memutar sudu turbin dan lalu energi pusaran air dikonversikan menjadi energi putaran pada poros. Prosesnya air dari sungai dialirkan melewati saluran masuk kedalam tangki turbin yang didesain berbentuk lingkaran dan pada bagian tengah bawah tangki merupakan saluran buang seperti lingkaran kecil. saluran buang ini akan mengakibatkan air mengalir akan membentuk aliran pusaran air. Ketinggian air (*head*) yang harus dipenuhi untuk turbin ini 0,7 – 2 m dan debit berkisar 1000 liter per detik. Turbin ini merupakan turbin yang terkategori sangat sederhana, sangat mudah juga dalam perawatannya, kecil, kuat, dan bertahan hingga 50 – 100 tahun. (Indarto et al, 2020).



Gambar 2.6. Turbin *Vortex*  
(Sumber : Ardianto, 2018).

Aliran sungai yang memiliki head rendah yang masih belum dimanfaatkan secara maksimal menjadi alasan untuk memanfaatkan aliran sungai dengan cara mengubahnya menjadi aliran Vortex. Seorang Peneliti dari Jerman Viktor Schauburger memiliki ide untuk pengembangan teknologi aliran Vortex (pusaran) agar diaplikasikan pada pemodelan turbin air aliran irigasi yang dimanfaatkan untuk kemudian dikonversi menjadi Vortex (pusaran), dan dimanfaatkan agar sudu turbin dapat bergerak. Aliran Vortex dikenal sebagai aliran pulsating atau pusaran yang terjadi pada suatu fluida mengalir.

### 2.3.1. Cara Kerja Turbin *Vortex*

Sistem pembangkit listrik pusaran air sebuah teknologi terbaru dimana memanfaatkan energi yang terdapat pada pusaran air yang besar dengan diciptakan melewati perbedaan *head* rendah di sungai. Cara kerja pada turbin *Vortex* antara lain :

1. Air yang terdapat pada sungai, dari tepian sungai mengalir dan diarahkan ke tangki sirkulasi. Pada tangki ini terdapat sebuah lubang lingkaran pada dasarnya.

2. Tekanan rendah pada lubang dasar tangki dan kecepatan air pada titik masuk tangki sirkulasi berpengaruh pada kekuatan aliran *Vortex*.
3. Energi potensial seluruhnya dikonversi menjadi energi kinetik rotasi pada inti *Vortex* yang nantinya diekstraksi lewat turbin sumbu vertikal.
4. Air yang keluar dari saluran buang akan kembali ke sungai. (Prasetyo, 2018).

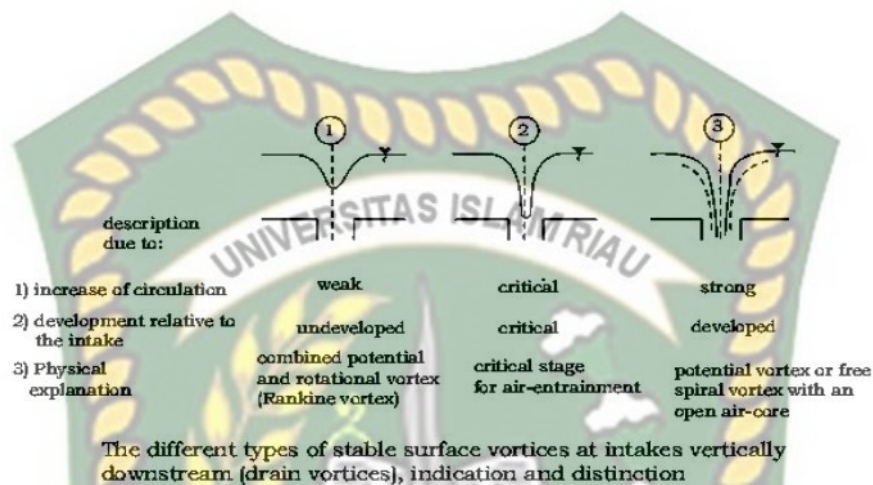
### 2.3.2. Keuntungan Turbin *Vortex*

Ada beberapa keuntungan yang dimiliki oleh turbin *Vortex*. Beberapa keunggulan dari turbin *Vortex* antara lain:

1. Sangat bagus jika dikembangkan di daerah yang terdapat sumber air dengan jumlah debit yang cukup besar tetapi hanya memiliki *head* yang rendah.
2. Tidak memerlukan sebuah sistem kontrol yang terkategori rumit seperti turbin lainnya.
3. Tekanan air yang terjadi pada saat proses tidak akan merusak ekologi, pada hal ini kehidupan air (ikan) dan *microorganisme* lainnya tetap terjaga keseimbangannya.
4. Tidak memerlukan *draft tube*, oleh karena itu turbin *Vortex* dapat memangkas pengeluaran untuk penggalian memasang *draft tube*.
5. Memiliki daya yang tinggi, dengan variasi debit yang terkategori besar dan sangat baik digunakan pada *head* yang rendah.
6. Mengurangi biaya perawatan karena tidak membutuhkan jaring-jaring halus yang digunakan untuk mencegah masuk puing-puing kedalam turbin. (Havendri dan Lius, 2009).

### 2.3.3. Klasifikasi Turbin *Vortex*

Ada tiga tipe kekuatan *Vortex* dengan melihat bentuk pusaran air dalam klasifikasi turbin *Vortex* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.7



Gambar 2.7. Klasifikasi *Vortex* Berdasarkan Kekuatannya (Sumber : Prasetyo, 2018).

Terdapat dua fenomena - fenomena *Vortex*. Dua fenomena tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut ini:

1) *Vortex* Paksa / *Vortex* Berotasi

*Vortex* paksa atau *Vortex* berotasi merupakan *Vortex* yang terbentuk karena adanya gaya luar yang berpengaruh pada *fluida*.

Jika suatu gaya diberi kepada suatu *fluida* agar aliran *fluida* berputar. Hubungan kecepatan partikel *fluida*  $v$  dengan jarak ke pusat putaran  $r$  seperti yang terlihat pada persamaan berikut:

$$v = r\omega$$

Dimana:

$\omega$  = kecepatan sudut(rad/s)

$r$  = jari-jari putaran (m)

## 2) *Vortex* Bebas / *Vortex* Tak Berotasi

*Vortex* bebas atau *Vortex* tak berotasi adalah *Vortex* yang terbuat oleh adanya fenomena natural, tanpa adanya pengaruh karena gaya yang ada di luar sistem *fluida*, pada aliran inkompresibel, biasanya terjadi sebab adanya lubang keluar.

Ciri khas dari *Vortex* bebas adalah kecepatan tangensial dari partikel *fluida* yang berputar dengan jarak tertentu dari pusat *Vortex*. Kecepatan partikel *fluida*  $v$  berhubungan dengan jarak dari pusat putaran  $r$  dengan persamaan berikut:

$$v = \frac{\Gamma}{2\pi r}$$

Dimana:

$V$  = kecepatan tangensial *fluida* (m/s)

$r$  = jari-jari putaran partikel *fluida* dari titik pusat (m)

$\Gamma$  = Sirkulasi

## 3) Aliran *Vortex* kombinasi

Aliran *Vortex* Kombinasi merupakan *Vortex* yang memiliki tipe *Vortex* paksa di inti pusatnya dan seperti *Vortex* bebas pada luar intinya untuk distribusi kecepatan. Bagi *vortex* kombinasi persamaan dapat terlihat sebagai berikut:

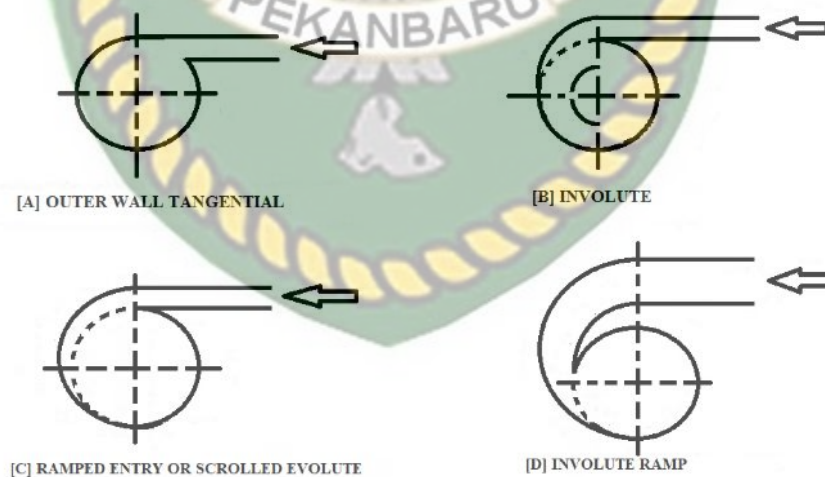
$$v_{\theta} = \omega r \quad r \leq r_{\theta}$$

$$v_{\theta} = \frac{k}{r} \quad r > r_{\theta}$$

Dimana  $k$  dan  $\omega$  merupakan konstanta sementara  $r_{\theta}$  merupakan jari-jari dari inti pusat. (Sihombing dan Gultom, 2014).

### 2.3.4. Saluran Masuk Turbin *Vortex* (*Inlet Area*)

Ada beberapa tipe saluran masuk pada turbin *Vortex* (*Inlet area*) yaitu : saluran masuk tipe *involute*, saluran masuk tipe *ramp* dan saluran masuk tipe *scroll*. Berbagai tipe tersebut bertujuan agar kinerja dari turbin lebih maksimal. Dengan konstruksinya lubang masuk dengan tipe *involute*, saluran masuk tipe *ramp* dan saluran masuk tipe *scroll* bisa meminimalisir efek turbulensi yang terjadi pada dinding saluran masuk juga daerah antara saluran masuk seperti yang terlihat pada gambar 2.8. (Prasetyo, 2018).



Gambar 2.8. Tipe Lubang Masuk Turbin *Vortex*  
 (Sumber : Prasetyo, 2018).

### 2.3.5. Komponen - Komponen Turbin *Vortex*

Komponen-komponen utama pada turbin *Vortex* umumnya hampir sama dengan turbin air pada umumnya yaitu antara lain :

#### 1. Stator

Ada dua bagian yang terdapat pada stator turbin *Vortex*, masing-masing adalah *casing* dan sudu diam (*fixed blade*), tetapi untuk pemasangan kedudukan sudu-sudu diam yang pendek dipasang secara diafragma.

##### 1) *Casing*

*Casing* atau *shell* merupakan sebuah tempat menyerupai bentuk sebuah tabung yang nantinya akan ditempati rotor. Di ujung casing terdapat sebuah ruang besar yang mengelilingi poros turbin yang juga disebut sebagai *exhaust hood*, serta pada bagian luar *casing* terpasang bantalan yang digunakan agar dapat menyangga rotor. *Casing* sangat penting pada kasus terbentuknya pusaran, *casing* berbentuk lingkaran sangat disarankan agar pusaran yang terbentuk lebih sempurna.



Gambar 2.9. *Casing*  
(Sumber : Ardianto, 2018).



## 2) Sudu Tetap

Bagian terpenting agar konversi energi dapat terjadi adalah pada komponen sudu. Sudu terbagi atas bagian akar sudu, badan sudu dan ujung sudu. Sudu nantinya akan dirangkai agar membentuk satu lingkaran penuh.

Sudu-sudu tetap dipasang melingkar pada bagian dudukan yang berbentuk piringan yang juga disebut diafragma. Pemasangan sudu-sudu tetap pada diafragma nantinya akan digunakan akar berbentuk T agar mengokohkan posisi pada sudu.

Diafragma terbagi atas dua bagian yaitu atas dan bawah serta terpasang pada alur-alur yang ada didalam *casing*. Setiap baris yang terdapat pada rangkaian sudu-sudu tetap ini membentuk lingkaran penuh dan akan ditaruh langsung didepan setiap baris dari sudu-sudu gerak.

## 2. Rotor

Rotor yaitu bagian berputar yang terdiri atas poros serta sudu-sudu gerak yang dipasang mengelilingi rotor. Jumlah baris pada sudu gerak pada komponen rotor sama jumlahnya dengan baris sudu diam pada komponen *casing*. Komponen sudu diam dan juga sudu gerak yang dipasang bersamaan disebut tingkat (*stage*).

### 1) Poros

Bentuk poros dapat berupa silinder panjang yang pejam (*solid*) atau berongga (*hollow*). Biasanya poros turbin terdiri atas silinder panjang yang *solid*. Pada sepanjang poros akan dibuat alur-alur melingkar yang umumnya disebut akar (*root*) yang digunakan sebagai dudukan sudu-sudu gerak (*moving blade*).



Gambar 2.10. Poros  
(Sumber : Ardianto, 2018).

2) Sudu gerak (*moving blade*)

Sudu gerak yaitu sudu-sudu yang terpasang pada sekeliling rotor sehingga membentuk suatu piringan. Pada sebuah rotor turbin terbagi atas beberapa baris piringan yang menggunakan diameter yang berbeda-beda, jumlah baris sudu gerak umumnya disebut banyaknya tingkat (*stage*).



Gambar 211. Sudu Gerak  
(Sumber : Ardianto, 2018).

3) Bantalan

Bantalan dibuat agar dapat berfungsi sebagai penyangga rotor agar rotor dapat stabil / lurus pada posisinya didalam *casing* dan rotor bisa berputar dengan kondisi yang aman dan bebas. Selain bermanfaat untuk menyangga turbin bantalan juga berfungsi sebagai penjaga rotor turbin agar tetap pada posisinya juga menimbulkan kerugian mekanik akibat adanya gesekan. Rotor memiliki

kecenderungan untuk bergerak baik dalam arah radial maupun dalam arah aksial sebagai bagian yang berputar. Oleh sebab itu rotor musti ditumpu sebaik mungkin supaya tidak terjadi pergeseran radial maupun aksial yang terlalu berlebih. Bantalan juga umumnya disebut sebagai *bearing*.



Gambar 2.12. Bantalan  
(Sumber : Ardianto, 2018).

### 2.3.6. Persamaan-Persamaan Dalam Analisa Turbin *Vortex*

Dalam menghitung dan menganalisa data nantinya akan diperlukan sebuah rumus yang diperlukan sebagai referensi menghitung. Rumus analisa data yang akan digunakan dibagi mejadi 2 jenis, yaitu persamaan pendukung analisa data seperti debit ( $Q$ ), kecepatan angular ( $\omega$ ) dan persamaan untuk mengitung kinerja turbin *Vortex* seperti Daya Hidrolik ( $Phid$ ), torsi ( $\tau$ ), daya mekanik turbin ( $P_{Mekanik}$ ), efisiensi ( $\eta$ ).

#### 1. Persamaan Pendukung Analisa Kinerja Turbin *Vortex*

Persamaan pendukung analisa kinerja turbin *Vortex* yang dimaksud disini adalah segala persamaan-persamaan yang digunakan untuk mempermudah analisa pada turbin *Vortex*. Persamaan yang dimaksud antara lain sebagai berikut:

### 1) Pengukuran debit (Q)

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung pengukuran debit pada turbin *Vortex* adalah sebagai berikut :

$$Q = v \times A \text{ atau juga dapat menggunakan persamaan } Q = \frac{V}{t}$$

Dimana :  $v = \frac{s}{t}$  dan  $A = l \cdot h$

$Q$  = Debit Air ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$v$  = Kecepatan Aliran Air ( $\text{m/s}$ )

$A$  = Area ( $\text{m}^2$ )

$s$  = Jarak ( $\text{m}$ )

$V$  = Volume ( $\text{m}^3$ )

$t$  = Waktu ( $\text{s}$ )

$l$  = Lebar Kanal ( $\text{m}$ )

$h$  = Kedalaman Kanal ( $\text{m}$ )

### 2) Kecepatan Angular/Sudut ( $\omega$ )

Rumus yang digunakan untuk menghitung torsi pada turbin *Vortex* adalah sebagai berikut :

$$\omega = 2 \times \pi \times \frac{n}{60}$$

Dimana :

$\omega$  = Kecepatan Angular Sudut ( $\text{rad/s}$ )

$n$  = Putaran (RPM)

## 2. Persamaan Kinerja Turbin *Vortex*

Persamaan kinerja turbin *Vortex* adalah persamaan yang digunakan untuk menganalisa kinerja pada turbin *Vortex*. Adapun persamaan tersebut antara lain:

### 1) Daya Hidrolik ( $P_{hid}$ )

Berikut merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung daya hidrolik pada turbin *Vortex* adalah sebagai berikut :

$$P_{hid} = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H_v$$

Dimana :

$$P_{hid} = \text{Daya Hidrolik (W)}$$

$$g = \text{Gaya Gravitasi (m/s}^2\text{)}$$

$$Q = \text{Debit Air (m}^3\text{/s)}$$

$$\rho = \text{Massa Jenis Air (kg/m}^3\text{)}$$

$$H_v = \text{Tinggi } Vortex \text{ (m)}$$

### 2) Torsi ( $\tau$ )

Rumus yang digunakan untuk menghitung torsi pada turbin *Vortex* adalah sebagai berikut :

$$\tau = F_{tot} \times r$$

$$F_{tot} = F_{b1} + F_{b2} + F_p + F_i + F_{sc} + F_{al} + F_{bp}$$

$$\text{Dimana, } F_{b1} = F_{b2} = F_p = F_i = F_{sc} = F_{al} = F_{bp} = m \cdot g$$

Dimana :

$\tau$  = Torsi (Nm)

$F_{tot}$  = Semua Gaya Yang Terdapat Poros (N)

$m$  = Massa pully (kg)

$g$  = gravitasi ( $\frac{m}{s^2}$ )

$r$  = Panjang Poros (m)

$F_{b_1}$  = Gaya Pada *Bearing* 1 (N)

$F_{b_2}$  = Gaya Pada *Bearing* 2 (N)

$F_i$  = Gaya Pada *Impeller* (N)

$F_p$  = Gaya Pada Pipa (N)

$F_{sc}$  = Gaya Pada *Socket* (N)

$F_{al}$  = Gaya Pada Aluminium (N)

$F_{bp}$  = Gaya Pada Besi Poros (N)

### 3) Daya Mekanik Turbin ( $P_{Mekanik}$ )

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung daya mekanik turbin pada turbin *Vortex* adalah sebagai berikut :

$$P_{mekanik} = \omega \cdot \tau$$

Dimana :

$P_{mek}$  = Daya Mekanik (W)

$\omega$  = Kecepatan Sudut (Rad/s)

$\tau$  = Torsi (Nm)

#### 4) Efisiensi ( $\eta$ )

Rumus yang digunakan untuk menghitung torsi pada turbin *Vortex* adalah sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{mekanik}}{P_{hid}} \times 100\%$$

Dimana :

$\eta$  = Efisiensi (%)

$P_{Mek}$  = Daya Mekanik Turbin (W)

$P_{Hid}$  = Daya Hidrolik (W)

#### 5) Daya Dinamo ( $P_{dinamo}$ )

Rumus yang digunakan untuk daya dinamo ( $P_{dinamo}$ ) torsi pada turbin *Vortex* adalah sebagai berikut :

$$P_{dinamo} = V \times I$$

Dimana:

$P_{dinamo}$  = Daya Dinamo (W)

$V$  = Tegangan Listrik (V)

$I$  = Arus Listrik (A)

#### 2.4. Tinggi Impeller Pada Turbin *Vortex*

*Impeller* merupakan subyek terpenting didalam penelitian turbin *Vortex*. Dengan optimalnya kinerja dari impeller pada turbin *Vortex*, maka akan berdampak kepada kinerja yang dapat dihasilkan oleh turbin *Vortex* itu sendiri.

Pada penelitian yang sudah dilakukan oleh Hakim dan Adiwibowo (2018) pada jurnalnya yang berjudul “Uji Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran *Vortex* Tipe Sudu Berpenampang Lurus Dengan Variasi Tinggi Sudu”, beliau melakukan pengujian tentang tinggi *impeller* dengan memvariasikan tingginya menjadi 4 variasi, yaitu 15 cm, 18 cm, 21 cm, 24 cm. dengan hasil turbin dengan tinggi 21 cm menghasilkan daya dan efisiensi yang paling besar dibandingkan *impeller* dengan tinggi 15 cm, 18 cm, dan 24 cm dengan daya yang dihasilkan adalah 42,97 watt. Sementara efisiensi yang dihasilkan adalah sebesar 51,37%.

Pada penelitian lain yang dilakukan Rahmanto et al (2020) pada jurnalnya yang berjudul “Analisis Eksperimental Kinerja Turbin *Vortex* Akibat Perubahan Tinggi *Impeller* Tipe Sudu Berpenampang Lurus”, beliau membagi memvariasikan tinggi *impeller* menjadi 3 jenis, yaitu 18 cm, 21 cm, 24 cm. Dimana daya dan efisiensi tertinggi ada pada *impeller* yang memiliki tinggi 21 cm dengan daya yang dihasilkan sebesar 24,28 watt dan efisiensi yang dihasilkan sebesar 37,93%.



## 2.5. Jumlah Sudu Pada Turbin *Vortex*

Selain tinggi *impeller*, jumlah sudu pada *impeller* juga dapat digunakan sebagai suatu subyek penelitian agar terciptanya turbin *Vortex* dengan daya dan efisiensi teroptimal diantara daya optimal yang telah diteliti sebelumnya.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Farisi et al (2019) pada jurnalnya yang berjudul “Analisis Variasi Jumlah Sudu Turbin Berpenampang Pelat Datar Pada Turbin Air Aliran *Vortex* Dengan Tipe Saluran Masuk *Involute*”, mereka memvariasikan jumlah sudu 6 buah, 8 buah, dan 10 buah dengan daya dan efisiensi tertinggi terjadi saat turbin *Vortex* menggunakan *impeller* dengan jumlah sudu 10 buah. Daya yang dihasilkan adalah sebesar 19,58 watt dan efisiensi yang dihasilkan adalah sebesar 29,93%

Pada penelitian lain yang dilakukan Rinanda dan Permatasari (2018) pada jurnalnya yang berjudul “Optimasi Desain Turbin Air Tipe *Vortex* Dengan 5 Variasi Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi”, beliau membagi memvariasikan tinggi *impeller* menjadi 6 jenis, yaitu 4 buah, 5 buah, 6 buah, 7 buah, 8 buah dan 9 buah. Dimana daya dan efisiensi tertinggi ada pada *impeller* yang memiliki jumlah sudu 9 buah dengan daya yang dihasilkan sebesar 20,35 kW dan efisiensi yang dihasilkan sebesar 64%.

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian merupakan langkah-langkah yang dijadikan pedoman untuk melakukan penelitian. Langkah-langkah dalam melaksanakan penelitian akan diperlihatkan pada gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.2. Studi Literatur

Penelitian yang baik adalah penelitian yang harus melakukan teknik penyusunan sistematis agar memudahkan langkah-langkah yang akan diambil. Begitu pula dengan penelitian ini, melakukan studi literatur pada buku-buku yang membahas tentang turbin *Vortex*, jurnal, dan penelitian yang telah dilakukan merupakan langkah pertama yang harus dilakukan. Data yang didapat dari studi literatur ini akan digunakan sebagai acuan untuk membuat tahapan-tahapan penelitian.

### 3.3. Alat Dan Bahan Yang Digunakan

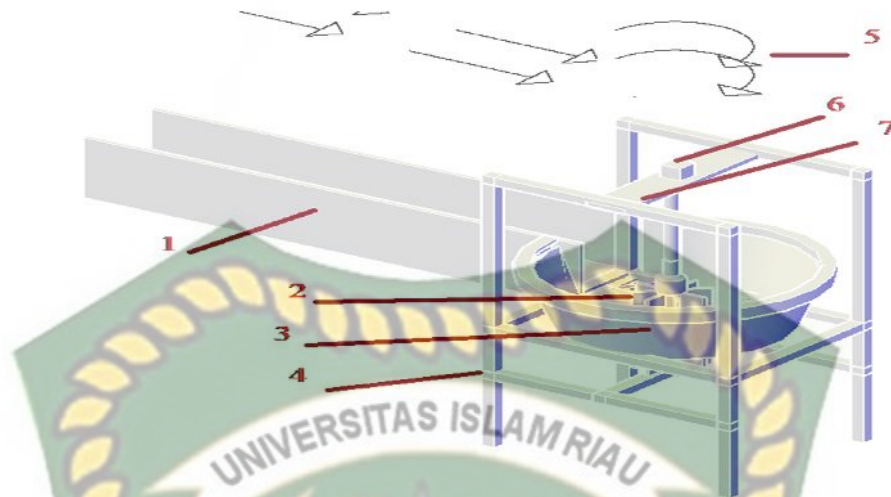
Adapun alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut.

#### 3.3.1. Alat

Alat yang akan digunakan pada penelitian turbin *Vortex* ini dapat dibagi menjadi tiga yaitu alat penelitian, alat yang digunakan untuk melakukan pengambilan data turbin *Vortex* dan alat pendukung agar dapat melakukan pergantian *impeller* pada turbin *Vortex* yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

##### 1. Alat Penelitian

Alat penelitian yang dimaksud disini adalah alat yang akan digunakan pada penelitian untuk mendapatkan data. Alat tersebut adalah turbin *Vortex*. Turbin *Vortex* akan melakukan kerja yang selanjutnya data nya akan diambil dan akan dianalisa untuk menentukan kinerja dari turbin *Vortex*.



Gambar 3.2. Turbin *Vortex*.

Keterangan gambar :

- 1) Talang air
  - 2) Impeller
  - 3) Ember (Basin)
  - 4) Kerangka turbin *Vortex*
  - 5) Ilustrasi aliran air
  - 6) Dinamo
  - 7) Kayu penyanggah dinamo
2. Alat Untuk Mendapatkan Data

Alat yang dimaksud disini adalah alat yang digunakan agar dapat menentukan kinerja turbin *Vortex* yang bekerja. Alat tersebut antara lain:

- 1) *Tachometer*

*Tachometer* adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengambil data putaran yang dihasilkan oleh *impeller*. fungsi dari *tachometer* adalah untuk menghitung besar putaran dari suatu benda dalam satuan *Rotation Per Minutes*

(RPM). Adapun tachometer yang akan digunakan pada penelitian kali ini adalah *tachometer* digital dengan spesifikasi 0,1 rpm-5~999,9rpm, 1rpm-1,000 rpm~99,999 rpm



Gambar 3.3. *Tachometer*

## 2) Penggaris / Mistar

Penggaris atau disebut juga sebagai mistar digunakan sebagai alat untuk mengetahui ukuran panjang suatu benda. Pada penelitian kali ini dapat digunakan untuk menentukan tinggi dari *impeller* yang akan dibuat dalam satuan meter (m). Adapun mistar yang digunakan adalah mistar dengan panjang 30 cm.



Gambar 3.4. Penggaris

### 3) Multimeter

Multimeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya tegangan dalam satuan *Volt* (v) dan juga arus yang dihasilkan dalam satuan *Ampere* (A) oleh turbin *Vortex*. Spesifikasi dari multimeter ini sendiri antara lain 400 mA dan 600 V



Gambar 3.5. Multimeter

### 3. Alat Pendukung

Alat pendukung adalah alat yang digunakan untuk mendukung penelitian pada turbin *Vortex*. Adapun alat pendukung yang dimaksud adalah kunci pas dan ring. Kunci pas dan ring akan digunakan untuk mengganti impeller pada turbin *Vortex*.

Kunci pas dan ring merupakan sebuah alat yang digunakan agar mur dapat berputar dari bautnya. Terdapat dua ujung yang berbeda pada kunci pas dan ring yaitu ring atau end (bulat) dan pas atau open (U) memiliki ukuran yang sama. Kunci ini dibuat dari baja yang dilapisi krom supaya tidak mudah aus.



Gambar 3.6. Kunci Pas Dan Ring

### 3.3.2. Bahan

Turbin *Vortex* yang baik adalah turbin *Vortex* yang dapat menghasilkan kinerja yang sangat baik, untuk dapat mencapai kinerja yang sangat baik, maka diperlukan bahan yang dapat menunjang turbin *Vortex* itu sendiri. Bahan yang dimaksud adalah *Impeller*

Kinerja turbin *Vortex* yang baik ditentukan oleh beberapa faktor. Salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja pada turbin *Vortex* yaitu maksimal atau tidaknya kerja yang dihasilkan oleh *impeller*. Semakin maksimal kerja *impeller* maka semakin baik kinerja turbin *Vortex*.

Subjek utama dalam penelitian ini terletak pada *impeller*, dimana *impeller* akan divariasikan jumlah sudu dan juga tingginya. *Impeller* berfungsi sebagai komponen turbin *Vortex* yang menghasilkan energi mekanik dengan cara berputar akibat adanya pengaruh air yang mengalir melalui *impeller*. Energi mekanik inilah yang nantinya akan dikonversikan menjadi energi listrik.

Adapun variasi *impeller* yang akan digunakan pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. *Impeller* dengan tinggi 205 mm dan jumlah sudu 8 buah



Gambar 3.7. Impeller Tinggi 205 mm Dan Jumlah Sudu 8 Buah

2. *Impeller* dengan tinggi 205 mm dan jumlah sudu 9 buah



Gambar 3.8. Impeller Tinggi 205 mm Dan Jumlah Sudu 9 Buah



3. *Impeller* dengan tinggi 205 mm dan jumlah sudu 10 buah



Gambar 3.9. Impeller Tinggi 205 mm Dan Jumlah Sudu 10 Buah

4. *Impeller* dengan tinggi 210 mm dan jumlah sudu 8 buah



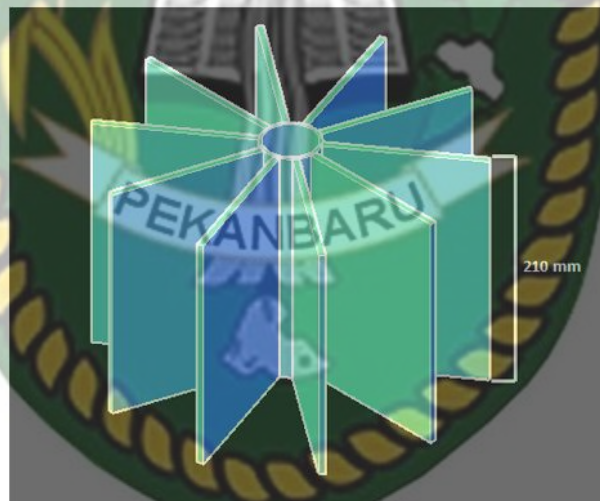
Gambar 3.10. Impeller Tinggi 210 mm Dan Jumlah Sudu 8 Buah

5. *Impeller* dengan tinggi 210 mm dan jumlah sudu 9 buah



Gambar 3.11. Impeller Tinggi 210 mm Dan Jumlah Sudu 9 Buah

6. *Impeller* dengan tinggi 210 mm dan jumlah sudu 10 buah



Gambar 3.12. Impeller Tinggi 210 mm Dan Jumlah Sudu 10 Buah

7. *Impeller* dengan tinggi 215 mm dan jumlah sudu 8 buah



Gambar 3.13. Impeller Tinggi 215 mm Dan Jumlah Sudu 8 Buah

8. *Impeller* dengan tinggi 215 mm dan jumlah sudu 9 buah



Gambar 3.14. Impeller Tinggi 215 mm Dan Jumlah Sudu 9 Buah

9. *Impeller* dengan tinggi 215 mm dan jumlah sudu 10 buah



Gambar 3.15. Impeller Tinggi 215 mm Dan Jumlah Sudu 10 Buah

### 3.4. Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data yang benar dimulai dengan merancang turbin *Vortex* menggunakan alat dan bahan yang sesuai. Selain untuk beroperasinya turbin *Vortex* dengan maksimal, perancangan turbin *Vortex* yang menggunakan alat dan bahan yang sesuai juga bertujuan agar turbin *Vortex* dapat bertahan lama dalam pengoperasiannya.

Setelah alat dan bahan telah disiapkan maka proses selanjutnya adalah merancang kerangka turbin *Vortex*. Mulai dari tempat air akan masuk kedalam turbin menggunakan bahan besi yang tahan air dengan bentuk yang sederhana. Selain itu komponen lain yang perlu dirancang adalah *impeller*, *impeller* akan dirancang menggunakan plat aluminium dengan beberapa variasi tinggi dan jumlah sudu seperti yang telah disebutkan pada batasan masalah yaitu dengan variasi tinggi 205 mm, 210 mm, 215 mm dengan jumlah sudu masing – masing adalah 8 buah, 9 buah, dan 10 buah.

Karena turbin *Vortex* telah selesai dirancang dan hanya perlu mengganti *impeller*, maka tahap-tahap pengambilan data akan melakukan tertib sebagai berikut :

1. Menentukan tekanan dan kecepatan air menggunakan alat sederhana yaitu gabus dan *stopwatch*.
2. Meletakkan turbin *Vortex* yang telah dirancang ditempat yang telah diperkirakan.
3. Mulai membendung air menggunakan karung pasir serta mengarahkannya sedemikian rupa kedalam talang air agar air dapat masuk kedalam *casing* dan memutar *impeller*.
4. Pastikan terlebih dahulu tidak ada masalah yang terjadi pada turbin *Vortex* agar data yang diambil memiliki tingkat keakuratan yang tinggi.
5. Memasang *impeller* dengan tinggi 180 mm dengan jumlah sudu 6 buah pada turbin *Vortex*.
6. Melakukan *monitoring* apakah turbin bekerja dengan baik dengan cara membiarkan turbin bekerja beberapa saat sebelum mengambil data.
7. Melakukan pengambilan data putaran *impeller* turbin menggunakan *tachometer* dan tinggi *Vortex* yang terjadi menggunakan mistar.
8. Melakukan pengambilan data tegangan dalam satuan *Volt* (v) dan daya dalam satuan *Ampere* (A) menggunakan multimeter.
9. Setelah data telah diambil, maka lanjutkan dengan memasang *impeller* lainnya secara berurutan. Dimana urutan yang dimaksud adalah sebagai berikut :

- a. *Impeller* dengan tinggi 205 mm dengan jumlah sudu 8 buah.
  - b. *Impeller* dengan tinggi 205 mm dengan jumlah sudu 9 buah
  - c. *Impeller* dengan tinggi 205 mm dengan jumlah sudu 10 buah
  - d. *Impeller* dengan tinggi 210 mm dengan jumlah sudu 8 buah
  - e. *Impeller* dengan tinggi 210 mm dengan jumlah sudu 9 buah
  - f. *Impeller* dengan tinggi 210 mm dengan jumlah sudu 10 buah
  - g. *Impeller* dengan tinggi 215 mm dengan jumlah sudu 8 buah
  - h. *Impeller* dengan tinggi 215 mm dengan jumlah sudu 9 buah
  - i. *Impeller* dengan tinggi 215 mm dengan jumlah sudu 10 buah
10. Melakukan poin 6,7, 8 dan 9 secara berurutan untuk mendapatkan perubahan data pada variasi yang telah ditentukan.
11. Selesai.



### 3.5. Jadwal Kegiatan Penelitian

Agar penelitian ini dapat berjalan dengan optimal sesuai dengan waktu yang ditentukan, maka perlu dibuat jadwal penelitian seperti yang terlihat pada tabel

3.1 dibawah ini :

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Bulan ke: -																							
		Satu				Dua				Tiga				Empat				Lima				Enam			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur																								
2	Pembuatan Proposal																								
3	Persiapan Alat dan Bahan																								
4	Seminar Proposal																								
5	Pembuatan, Pengujian dan Pengumpulan Data																								
6	Analisis Data																								
7	Seminar dan Sidang Hasil																								

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Data Hasil Penelitian

Penelitian telah dilaksanakan pada kanal yang bertempat di irigasi yang terdapat di Perawang. Pengujian dilakukan secara berulang dan tertib sampai data yang diinginkan dapat dihasilkan secara menyeluruh.

Pengambilan data penelitian dilakukan dengan dimulainya mengukur debit air menggunakan gabus dan *stopwatch* untuk selanjutnya dimasukkan ke rumus perhitungan debit air. Selain itu dilakukan pengujian untuk mendapatkan data putaran pada *pulley* untuk menentukan kecepatan angular yang terjadi pada poros, tinggi poros untuk menghitung daya hidrolis dan torsi untuk menghitung daya mekanik yang dihasilkan turbin *Vortex*.

Adapun data yang telah dihasilkan pada penelitian kali ini meliputi data debit air ( $Q$ ), putaran (rpm), ketinggian *Vortex* ( $H_v$ ), dan torsi ( $\tau$ ).

##### 4.1.1. Debit Air ( $Q$ )

Debit air merupakan salah satu dari beberapa factor uji penting didalam penelitian ini. Karena dengan diketahuinya nilai debit air, maka akan berpengaruh pada analisa perhitungan lain. Adapun data yang diambil pada bagian debit air ( $Q$ ) melingkupi jarak ( $s$ ), waktu ( $t$ ), lebar kanal ( $l$ ), kedalaman kanal ( $h$ ) yang dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini.



Tabel 4.1 Data Debit Air

No.	Nama	Simbol	Nilai	Satuan
1	Jarak	s	4	m
2	Waktu	t	22	s
3	Lebar Kanal	l	0,86	m
4	Kedalaman Kanal	h	0,56	m

#### 4.1.2. Putaran (rpm)

Data putaran merupakan sebuah data yang sangat berpengaruh dalam penelitian ini karena dengan data putaran tersebutlah banyak data yang akan dapat dianalisis. Adapun data putaran (rpm) dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 Putaran (n)

No	Impeller 1	Putaran (n)	Impeller 2	Putaran (n)	Impeller 3	Putaran (n)
1	Tinggi <i>Impeller</i> 205 mm dan jumlah sudu 8 buah.	282,2 Rpm	Tinggi <i>Impeller</i> 210 mm dan jumlah sudu 8 buah.	242,4 Rpm	Tinggi <i>Impeller</i> 215 mm dan jumlah sudu 8 buah.	361,3 Rpm
2	Tinggi <i>Impeller</i> 205 mm dan jumlah sudu 9 buah.	345,8 Rpm	Tinggi <i>Impeller</i> 210 mm dan jumlah sudu 9 buah.	262,4 Rpm	Tinggi <i>Impeller</i> 215 mm dan jumlah sudu 9 buah.	368,7 Rpm
3	Tinggi <i>Impeller</i> 205 mm dan jumlah sudu 10 buah.	355,7 Rpm	Tinggi <i>Impeller</i> 210 mm dan jumlah sudu 10 buah.	327,4 Rpm	Tinggi <i>Impeller</i> 215 mm dan jumlah sudu 10 buah.	420,3 Rpm

#### 4.1.3. Tinggi *Vortex* (Hv)

Salah satu data penting lainnya yang harus didapatkan pada penelitian ini merupakan tinggi *Vortex* (Hv). tinggi *Vortex* (Hv) akan digunakan untuk menghitung daya hidrolik ( $P_{hid}$ ) yang akan digunakan untuk menganalisa efisiensi pada turbin *Vortex* nantinya. Data tinggi *Vortex* (Hv) dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3 Tinggi *Vortex* (Hv)

No	Impeller 1	Tinggi Vortex (Hv)	Impeller 2	Tinggi Vortex (Hv)	Impeller 3	Tinggi Vortex (Hv)
1	Tinggi <i>Impeller</i> 205 mm dan jumlah sudu 8 buah.	0,035 m	Tinggi <i>Impeller</i> 210 mm dan jumlah sudu 8 buah.	0,033 m	Tinggi <i>Impeller</i> 215 mm dan jumlah sudu 8 buah.	0,037 m
2	Tinggi <i>Impeller</i> 205 mm dan jumlah sudu 9 buah.	0,045 m	Tinggi <i>Impeller</i> 210 mm dan jumlah sudu 9 buah.	0,035 m	Tinggi <i>Impeller</i> 215 mm dan jumlah sudu 9 buah.	0,04 m
3	Tinggi <i>Impeller</i> 205 mm dan jumlah sudu 10 buah.	0,043 m	Tinggi <i>Impeller</i> 210 mm dan jumlah sudu 10 buah.	0,048 m	Tinggi <i>Impeller</i> 215 mm dan jumlah sudu 10 buah.	0,045 m

#### 4.1.4. Torsi ( $\tau$ )

Adapun data yang didapatkan pada torsi ( $\tau$ ) dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.4 Massa dan Panjang Poros

No	Data	Simbol	Nilai
1	<i>Bearing 1</i>	b1	0,08 kg
2	<i>Bearing 2</i>	b2	0,08 kg
3	<i>Impeller 205 mm dan jumlah sudu 8 buah</i>	I1	0,34 kg
4	<i>Impeller 210 mm dan jumlah sudu 8 buah.</i>	I4	0,36 kg
5	<i>Impeller 215 mm dan jumlah sudu 8 buah.</i>	I7	0,34 kg
6	<i>Impeller 205 mm dan jumlah sudu 9 buah.</i>	I2	0,4 kg
7	<i>Impeller 210 mm dan jumlah sudu 9 buah.</i>	I5	0,43 kg
8	<i>Impeller 215 mm dan jumlah sudu 9 buah.</i>	I8	0,39 kg
9	<i>Impeller 205 mm dan jumlah sudu 10 buah.</i>	I3	0,47 kg
10	<i>Impeller 210 mm dan jumlah sudu 10 buah.</i>	I6	0,48 kg
11	<i>Impeller 215 mm dan jumlah sudu 10 buah.</i>	I9	0,4 kg
12	Pipa	P	0,02 kg
13	<i>Socket</i>	Sc	0,1 kg
14	Panjang Poros	R	0,5 m
15	Aluminium	Al	0,01 kg
16	Besi Poros	Bp	0,04 kg

#### 4.1.5. Tegangan Listrik DC (V) Dan Arus Listrik (A)

Adapun tegangan (V) dan arus listrik (A) yang dihasilkan pada penelitian ini antara lain sebagai berikut:

Tabel 4.5 Tegangan Listrik DC (V) dan Arus Listrik (A)

No	Keterangan	Tegangan (V)	Arus Listrik (A)
1	Impeller tinggi 205 mm dan jumlah sudu 8 buah	16,01	0,293
2	Impeller tinggi 210 mm dan jumlah sudu 8 buah	16,59	0,301
3	Impeller tinggi 215 mm dan jumlah sudu 8 buah	16,81	0,319
4	Impeller tinggi 205 mm dan jumlah sudu 9 buah	17,75	0,317
5	Impeller tinggi 210 mm dan jumlah sudu 9 buah	17,83	0,336
6	Impeller tinggi 215 mm dan jumlah sudu 9 buah	18,96	0,328
7	Impeller tinggi 205 mm dan jumlah sudu 10 buah	19,54	0,33
8	Impeller tinggi 210 mm dan jumlah sudu 10 buah	20,09	0,35
9	Impeller tinggi 215 mm dan jumlah sudu 10 buah	20,99	0,369

## 4.2. Perhitungan Data

Perhitungan data pada penelitian ini meliputi debit air ( $Q$ ), Kecepatan angular/sudut ( $\omega$ ), daya hidrolis ( $P_{hid}$ ), torsi ( $\tau$ ), daya mekanik ( $P_{mek}$ ), efisiensi turbin ( $\eta$ ) dan daya motor listrik. Seluruh data ini akan dihitung dan di analisis sehingga nantinya akan dapat menghasilkan turbin *Vortex* dengan tinggi *Impeller* dan jumlah sudu yang lebih efisien.

### 4.2.1. Perhitungan Data Tetap

Data yang dimaksud disini adalah debit air ( $Q$ ) dan torsi ( $\tau$ ). Dimana debit air ( $Q$ ) digunakan agar dapat menghitung daya hidrolis ( $P_{hid}$ ) sebagai penentu efisiensi turbin *Vortex*.

#### 1. Pengukuran Debit Air ( $Q$ )

Adapun data-data yang telah diketahui pada perhitungan debit air ( $Q$ ) antara lain:

Diketahui :

- $s = 4 \text{ m}$
- $t = 22 \text{ s}$
- $l = 0,86 \text{ m}$
- $h = 0,56 \text{ m}$

Dengan diketahuinya data tentang perhitungan data pada debit air ( $Q$ ), maka debit air ( $Q$ ) dapat dihitung seperti dibawah ini

$$Q = v \times A$$

Dimana:

$$v = \frac{s}{t}$$

$$v = \frac{4m}{22s}$$

$$v = 0,1818 \frac{m}{s}$$

$$A = l \times h$$

$$A = 0,86m \times 0,56m$$

$$A = 0,4816m^2$$

Maka:

$$Q = v \times A$$

$$Q = 0,1818 \frac{m}{s} \times 0,4816 m^2$$

$$Q = 0,0875 \frac{m^3}{s}$$

## 2. Gaya Yang Bekerja Pada Poros

Selain *Impeller*, Ada banyak gaya yang bekerja pada poros yang dapat dihitung terlebih dahulu agar memudahkan perhitungan torsi pada tiap tiap *Impeller*, diantaranya gaya yang bekerja pada masing-masing *bearing* ( $F_{b1}$ ) dan ( $F_{b2}$ ), gaya yang bekerja pada pipa ( $F_p$ ), gaya yang bekerja pada *Socket* ( $F_{sc}$ ), gaya yang bekerja pada aluminium ( $F_{al}$ ), dan gaya yang bekerja pada pada besi poros ( $F_{bp}$ ).

Adapun data yang telah didapatkan pada pengambilan data yang telah dilakukan antara lain:

- $b_1 = 0,08 \text{ kg}$
- $b_2 = 0,08 \text{ kg}$
- $p = 0,02 \text{ kg}$
- $sc = 0,10 \text{ kg}$
- $al = 0,01 \text{ kg}$
- $bp = 0,04 \text{ kg}$
- $r = 0,08 \text{ m}$
- $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

Dengan diketahuinya semua parameter, maka semua gaya dapat dihitung.

Adapun perhitungan semua gaya dapat dirincikan seperti berikut:

1) Gaya Pada *Bearing* 1 ( $F_{b_1}$ )

Gaya pada *bearing* 1 ( $F_{b_1}$ ) sesuai pada data dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$F_{b_1} = m \times g$$

$$F_{b_1} = 0,08 \text{ kg} \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{b_1} = 0,7848 \text{ N}$$

2) Gaya Pada *Bearing* 2 ( $F_{b_2}$ )

Gaya pada *bearing* 2 ( $F_{b_2}$ ) memiliki nilai yang sama dengan *bearing* 1.

Dengan kata lain dapat diartikan sebagai berikut:

$$F_{b_1} = F_{b_2} = 0,7848 \text{ N}$$

3) Gaya Pada Pipa ( $F_p$ )

Gaya pada pipa ( $F_p$ ) sesuai pada data dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$F_p = m \times g$$

$$F_p = 0,02 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_p = 0,1962 \text{ N}$$

4) Gaya Pada Socket ( $F_{sc}$ )

Gaya pada Socket ( $F_{sc}$ ) sesuai pada data dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$F_{sc} = m \times g$$

$$F_{sc} = 0,10 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_{sc} = 0,981 \text{ N}$$

5) Gaya Pada Aluminium ( $F_{al}$ )

Gaya pada aluminium ( $F_{al}$ ) sesuai pada data dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$F_{al} = m \times g$$

$$F_{al} = 0,01 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_{al} = 0,0981 \text{ N}$$



6) Gaya Pada Besi Poros ( $F_{bp}$ )

Gaya pada besi poros ( $F_{bp}$ ) sesuai pada data dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$F_{bp} = m \times g$$

$$F_{bp} = 0,04 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_{bp} = 0,3924 \text{ N}$$

#### 4.2.2. Perhitungan *Impeller* dengan tinggi 205 mm dan jumlah sudu 8

Adapun perhitungan data pada *Impeller* dengan tinggi 205 mm dan jumlah sudu 8 dapat dihitung sebagai berikut:

##### 1. Kecepatan Angular/Sudut ( $\omega$ )

Kecepatan angular ( $\omega$ ) pada *Impeller* dengan tinggi 205 mm dan jumlah sudu 8 buah dapat dihitung menggunakan data seperti dibawah ini:

- $n_1 = 282,2 \text{ Rpm}$

Maka,  $\omega = 2 \times \pi \times \frac{n_1}{60}$

$$\omega = 2 \times 3,14 \times \frac{282,2}{60} \text{ rpm}$$

$$\omega = 29,551 \text{ rpm}$$

## 2. Daya Hidrolik ( $P_{hid}$ )

Daya hidrolik ( $P_{hid}$ ) pada *Impeller* dengan tinggi 205 mm dan jumlah sudu 8 buah dapat dihitung menggunakan data seperti dibawah ini:

- $Q = 0,01563 \frac{m^3}{s}$

- $\rho = 997 \frac{kg}{m^3}$

- $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

- $H_v = 0,035 \text{ m}$

$$P_{hid} = Q \times \rho \times g \times H_v$$

$$P_{hid} = 0,0875 \frac{m^3}{s} \times 997 \frac{kg}{m^3} \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times 0,035 \text{ m}$$

$$P_{hid} = 0,0875 \frac{m^3}{s} \times 997 \frac{kg}{m^3} \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times 0,035 \text{ m}$$

$$P_{hid} = 29,9747 \frac{kgm^2}{s^3} = 29,9747W$$

## 3. Torsi ( $\tau$ )

Torsi pada pada *Impeller* dengan tinggi 205 mm dan jumlah sudu 8 buah dapat dihitung menggunakan data yang telah didapatkan pada pengambilan data dan juga pada perhitungan sebelumnya yang telah dilakukan. Data yang dimaksud antara lain:

- $F_{b_1} = 0,7848 \text{ N}$

- $F_{b_2} = 0,7848 \text{ N}$

- $F_p = 0,1962 \text{ N}$

- $F_{sc} = 0,981 \text{ N}$

- $F_{al} = 0,0981 N$
- $F_{bp} = 0,3924 N$
- $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$
- $i_1 = 0,34 kg$
- $r = 0,08 m$

dengan data yang telah didapatkan, maka torsi dapat dihitung seperti dibawah ini:

1) Gaya Pada *Impeller* 1 ( $F_{i1}$ )

Gaya pada *Impeller* 1 ( $F_{i1}$ ) sesuai pada data dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$F_{i1} = m \times g$$

$$F_{i1} = 0,34 kg \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{i1} = 3,3354 N$$

2) Gaya total ( $F_{tot}$ )

Gaya total ( $F_{tot}$ ) pada *Impeller* 1 sesuai pada data dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$F_{tot} = F_{b1} + F_{b2} + F_p + F_{i1} + F_{sc} + F_{al} + F_{bp}$$

$$F_{tot} = 0,7848N + 0,7848N + 0,1962N + 3,3354N + 0,981N + 0,0981$$
$$+ 0,3924N$$

$$F_{tot} = 6,5727N$$

3) Torsi ( $\tau$ )

$$\tau = F_{tot} \times r$$

$$\tau = 6,5727N \times 0,08 m$$

$$\tau = 0,5258 Nm$$

#### 4. Daya Mekanik Turbin ( $P_{Mek}$ )

Daya mekanik ( $P_{mek}$ ) pada *Impeller* dengan tinggi 205 mm dan jumlah sudu 8 buah dapat dihitung menggunakan data seperti dibawah ini:

- $\omega = 29,551 rpm$
- $\tau = 0,5258 Nm$

$$\text{Maka: } P_{mek} = \omega \times \tau$$

$$P_{mek} = 29,551 rpm \times 0,5258 Nm$$

$$P_{mek} = 15,5383 W$$

#### 5. Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ )

Efisiensi Turbin ( $\eta$ ) pada *Impeller* dengan tinggi 205 mm dan jumlah sudu 8 buah dapat dihitung menggunakan data seperti dibawah ini:

- $P_{mek} = 15,5383W$
- $Phid = 29,9747W$

$$\text{Maka, } \eta = \frac{P_{mek}}{hid} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{15,5383 W}{29,9747 W} \times 100\%$$

$$\eta = 0,5183 \times 100\%$$

$$\eta = 51,83\%$$

#### 6. Daya Dinamo ( $P_{\text{dinamo}}$ )

Daya dynamo ( $P_{\text{dinamo}}$ ) pada *Impeller* dengan tinggi 205 mm dan jumlah sudu 8 buah dapat dihitung menggunakan data seperti dibawah ini:

- $V = 16,01 \text{ V}$
- $I = 0,293 \text{ A}$

Maka,  $P_{\text{dimano}} = V \times I$

$$P_{\text{dimano}} = 16,01V \times 0,293A$$

$$P_{\text{dimano}} = 4,690 \text{ W}$$

#### 4.2.3. Perhitungan *Impeller* dengan tinggi 210 mm dan jumlah sudu 9

Adapun perhitungan data pada *Impeller* dengan tinggi 210 mm dan jumlah sudu 9 buah dapat dihitung sebagai berikut:

##### 1. Kecepatan Angular/Sudut ( $\omega$ )

Kecepatan angular ( $\omega$ ) pada *Impeller* dengan tinggi 210 mm dan jumlah sudu 9 buah dapat dihitung menggunakan data seperti dibawah ini:

- $N_5 = 262,4 \text{ Rpm}$

Maka,  $\omega = 2 \times \pi \times \frac{n_5}{60}$

$$\omega = 2 \times 3,14 \times \frac{262,4}{60} \text{ rpm}$$

$$\omega = 27,4645 \text{ rpm}$$

## 2. Daya Hidrolik ( $P_{hid}$ )

Daya hidrolik ( $P_{hid}$ ) pada *Impeller* dengan tinggi 210 mm dan jumlah sudu 9 buah dapat dihitung menggunakan data seperti dibawah ini:

- $Q = 0,01563 \frac{m^3}{s}$

- $\rho = 997 \frac{kg}{m^3}$

- $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

- $H_v = 0,035 \text{ m}$

$$P_{hid} = Q \times \rho \times g \times H_v$$

$$P_{hid} = 0,01563 \frac{m^3}{s} \times 997 \frac{kg}{m^3} \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times 0,035 \text{ m}$$

$$P_{hid} = 0,01563 \frac{m^3}{s} \times 997 \frac{kg}{m^3} \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times 0,035 \text{ m}$$

$$P_{hid} = 29,9747 \frac{kgm^2}{s^3} = 29,9747 \text{ W}$$

## 3. Torsi ( $\tau$ )

Torsi pada pada *Impeller* dengan tinggi 210 mm dan jumlah sudu 9 buah dapat dihitung menggunakan data yang telah didapatkan pada pengambilan data dan juga pada perhitungan sebelumnya yang telah dilakukan. Data yang dimaksud antara lain:

- $F_{b_1} = 0,7848 \text{ N}$

- $F_{b_2} = 0,7848 \text{ N}$

- $F_p = 0,1962 \text{ N}$

- $F_{sc} = 0,981 \text{ N}$

- $F_{al} = 0,0981 \text{ N}$

- $F_{bp} = 0,3924 N$
- $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$
- $i5 = 0,43 kg$
- $r = 0,08 m$

dengan data yang telah didapatkan, maka torsi dapat dihitung seperti dibawah ini:

1) Gaya Pada *Impeller* 5 ( $F_{i5}$ )

Gaya pada *Impeller* 5 ( $F_{i5}$ ) sesuai pada data dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$F_{i5} = m \times g$$

$$F_{i5} = 0,43 kg \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{i5} = 4,2183 N$$

2) Gaya total ( $F_{tot}$ )

Gaya total ( $F_{tot}$ ) pada *Impeller* 5 sesuai pada data dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$F_{tot} = F_{b1} + F_{b2} + F_p + F_{i5} + F_{sc} + F_{al} + F_{bp}$$

$$F_{tot} = 0,7848N + 0,7848N + 0,1962N + 4,2183N + 0,981N + 0,0981 + 0,3924N$$

$$F_{tot} = 7,4556N$$

3) Torsi ( $\tau$ )

$$\tau = F_{tot} \times r$$

$$\tau = 7,4556N \times 0,08 m$$

$$\tau = 0,5964Nm$$

#### 4. Daya Mekanik Turbin ( $P_{Mek}$ )

Daya mekanik ( $P_{mek}$ ) pada *Impeller* dengan tinggi 210 mm dan jumlah sudu 9 buah dapat dihitung menggunakan data seperti dibawah ini:

- $\omega = 27,4645 rpm$
- $\tau = 0,5964 Nm$

$$\text{Maka: } P_{mek} = \omega \times \tau$$

$$P_{mek} = 27,4645 rpm \times 0,5964 Nm$$

$$P_{mek} = 16,3811 W$$

#### 5. Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ )

Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ ) pada *Impeller* dengan tinggi 210 mm dan jumlah sudu 9 buah dapat dihitung menggunakan data seperti dibawah ini:

- $P_{mek} = 16,3811 W$
- $P_{hid} = 29,9747 W$

$$\text{Maka, } \eta = \frac{P_{mek}}{P_{hid}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{16,3811 W}{29,9747 W} \times 100\%$$

$$\eta = 0,5464 \times 100\% = 54,64\%$$



## 6. Daya Dinamo ( $P_{\text{dinamo}}$ )

Daya dinamo ( $P_{\text{dinamo}}$ ) pada *Impeller* dengan tinggi 210 mm dan jumlah sudu 9 buah dapat dihitung menggunakan data seperti dibawah ini:

- $V = 17,83 \text{ V}$
- $I = 0,336 \text{ A}$

$$\text{Maka, } P_{\text{dimano}} = V \times I$$

$$P_{\text{dimano}} = 17,83\text{V} \times 0,336\text{A}$$

$$P_{\text{dimano}} = 5,99 \text{ W}$$

### 4.2.4. Perhitungan *Impeller* dengan tinggi 215 mm dan jumlah sudu 10

Adapun perhitungan data pada *Impeller* dengan tinggi 215 mm dan jumlah sudu 10 buah dapat dihitung sebagai berikut:

#### 1. Kecepatan Angular/Sudut ( $\omega$ )

Kecepatan angular ( $\omega$ ) pada *Impeller* dengan tinggi 215 mm dan jumlah sudu 10 buah dapat dihitung menggunakan data seperti dibawah ini:

- $N_9 = 420,3 \text{ Rpm}$

$$\text{Maka, } \omega = 2 \times \pi \times \frac{n_9}{60}$$

$$\omega = 2 \times 3,14 \times \frac{420,3}{60} \text{ rpm}$$

$$\omega = 43,9914 \text{ rpm}$$

## 2. Daya Hidrolik ( $P_{hid}$ )

Daya hidrolik ( $P_{hid}$ ) pada *Impeller* dengan tinggi 215 mm dan jumlah sudu 10 buah dapat dihitung menggunakan data seperti dibawah ini:

- $Q = 0,01563 \frac{m^3}{s}$

- $\rho = 997 \frac{kg}{m^3}$

- $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

- $H_v = 0,045 \text{ m}$

$$P_{hid} = Q \times \rho \times g \times H_v$$

$$P_{hid} = 0,01563 \frac{m^3}{s} \times 997 \frac{kg}{m^3} \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times 0,045 \text{ m}$$

$$P_{hid} = 0,01563 \frac{m^3}{s} \times 997 \frac{kg}{m^3} \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times 0,045 \text{ m}$$

$$P_{hid} = 38,5390 \frac{kgm^2}{s^3} = 38,5390 \text{ W}$$

## 3. Torsi ( $\tau$ )

Torsi pada pada *Impeller* dengan tinggi 215 mm dan jumlah sudu 10 buah dapat dihitung menggunakan data yang telah didapatkan pada pengambilan data dan juga pada perhitungan sebelumnya yang telah dilakukan. Data yang dimaksud antara lain:

- $F_{b_1} = 0,7848 \text{ N}$

- $F_{b_2} = 0,7848 \text{ N}$

- $F_p = 0,1962 \text{ N}$

- $F_{sc} = 0,981 \text{ N}$

- $F_{al} = 0,0981 N$
- $F_{bp} = 0,3924 N$
- $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$
- $i9 = 0,4 \text{ kg}$
- $r = 0,08 \text{ m}$

dengan data yang telah didapatkan, maka torsi dapat dihitung seperti dibawah ini:

1) Gaya Pada *Impeller* 9 ( $F_{i9}$ )

Gaya pada *Impeller* 9 ( $F_{i9}$ ) sesuai pada data dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$F_{i9} = m \times g$$

$$F_{i9} = 0,4 \text{ kg} \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{i9} = 3,924 N$$

2) Gaya total ( $F_{tot}$ )

Gaya total ( $F_{tot}$ ) pada *Impeller* 9 sesuai pada data dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$F_{tot} = F_{b1} + F_{b2} + F_p + F_{i9} + F_{sc} + F_{al} + F_{bp}$$

$$F_{tot} = 0,7848N + 0,7848N + 0,1962N + 3,924N + 0,981N + 0,0981$$

$$+ 0,3924N$$

$$F_{tot} = 7,1613 N$$

3) Torsi ( $\tau$ )

$$\tau = F_{tot} \times r$$

$$\tau = 7,1613 \text{ N} \times 0,08 \text{ m}$$

$$\tau = 0,5729 \text{ Nm}$$

#### 4. Daya Mekanik Turbin ( $P_{Mek}$ )

Daya mekanik ( $P_{mek}$ ) pada *Impeller* dengan tinggi 215 mm dan jumlah sudu 10 buah dapat dihitung menggunakan data seperti dibawah ini:

- $\omega = 43,9914 \text{ rpm}$
- $\tau = 0,5729 \text{ Nm}$

$$\text{Maka: } P_{mek} = \omega \times \tau$$

$$P_{mek} = 43,9914 \text{ rpm} \times 0,5729 \text{ Nm}$$

$$P_{mek} = 25,2028 \text{ W}$$

#### 5. Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ )

Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ ) pada *Impeller* dengan tinggi 215 mm dan jumlah sudu 10 buah dapat dihitung menggunakan data seperti dibawah ini:

- $P_{mek} = 25,2028 \text{ W}$
- $P_{hid} = 38,5390 \text{ W}$

$$\text{Maka, } \eta = \frac{P_{mek}}{P_{hid}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{25,2028 \text{ W}}{38,5390 \text{ W}} \times 100\%$$

$$\eta = 0,6539 \times 100\% = 65,39\%$$

## 6. Daya Dinamo ( $P_{\text{dinamo}}$ )

Daya dinamo ( $P_{\text{dinamo}}$ ) pada *Impeller* dengan tinggi 215 mm dan jumlah sudu 10 buah dapat dihitung menggunakan data seperti dibawah ini:

- $V = 20,99 \text{ V}$
- $I = 0,369 \text{ A}$

Maka,  $P_{\text{dimano}} = V \times I$

$$P_{\text{dimano}} = 20,99\text{V} \times 0,369\text{A}$$

$$P_{\text{dimano}} = 7,745 \text{ W}$$



### 4.3. Hasil Dan Analisa

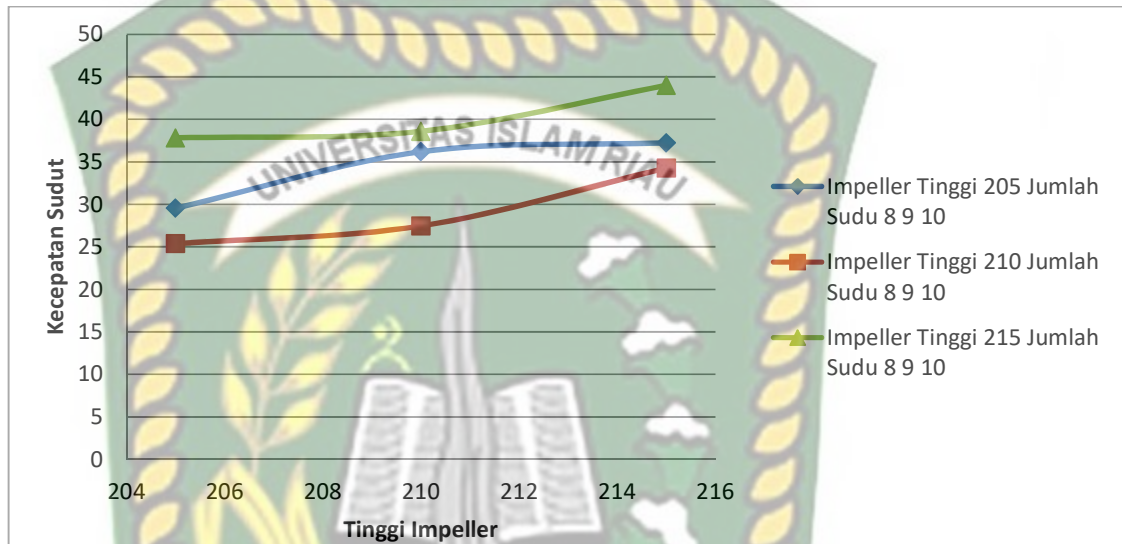
Dari data yang telah didapatkan pada penelitian ini, didapatkan debit air sebesar  $0,0875 \frac{m^3}{s}$ . Sementara itu hasil dari perhitungan lainnya pada penelitian ini dapat disusun menjadi tabel yang dapat dilihat dibawah ini:

Tabel.4.5 Data Hasil Perhitungan

No	Keterangan	Kecepatan Sudut ( $\omega$ )	Gaya Total ( $F_{tot}$ )	Torsi ( $\tau$ )	Daya Hidrolik ( $P_{hid}$ )	Daya Mekani ( $P_{mek}$ )	Efisiensi Turbin ( $\eta$ )	Daya Dinamo ( $P_{dinamo}$ )
1	<i>Impeller 1</i>	29,551 rpm	6,5727 N	0,5258 Nm	29,9747 W	15,5383 W	51,83 %	4,69 W
2	<i>Impeller 2</i>	36,193 rpm	7,1613 N	0,5729 Nm	38,5390 W	20,7355 W	53,80 %	5,62 W
3	<i>Impeller 3</i>	37,229 rpm	7,848 N	0,6278 Nm	36,8261 W	23,3744 W	63,42 %	6,448 W
4	<i>Impeller 4</i>	25,371 rpm	6,7689 N	0,5415 Nm	28,2619 W	13,7388 W	48,61 %	4,993 W
5	<i>Impeller 5</i>	27,464 rpm	7,4556 N	0,5964 Nm	29,9747 W	16,3811 W	54,64 %	5,99 W
6	<i>Impeller 6</i>	34,267 rpm	7,941 N	0,6356 Nm	38,5390 W	21,7836 W	56,52 %	7,03 W
7	<i>Impeller 7</i>	37,816 rpm	6,5727 N	0,5258 Nm	31,6876 W	19,8742 W	62,75 %	5,362 W
8	<i>Impeller 8</i>	38,590 rpm	7,0632 N	0,5650 Nm	34,2568 W	21,8085 W	63,65 %	6,218 W
9	<i>Impeller 9</i>	43,991 rpm	7,1613 N	0,5729 Nm	38,5390 W	25,2028 W	65,39 %	7,745 W

Dari tabel diatas dapat dibuat beberapa grafik hubungan agar lebih memudahkan analisa performa turbin *Vortex*. Berikut grafik yang dapat dibuat dari tabel diatas

1. Grafik Kecepatan Sudut ( $\omega$ )

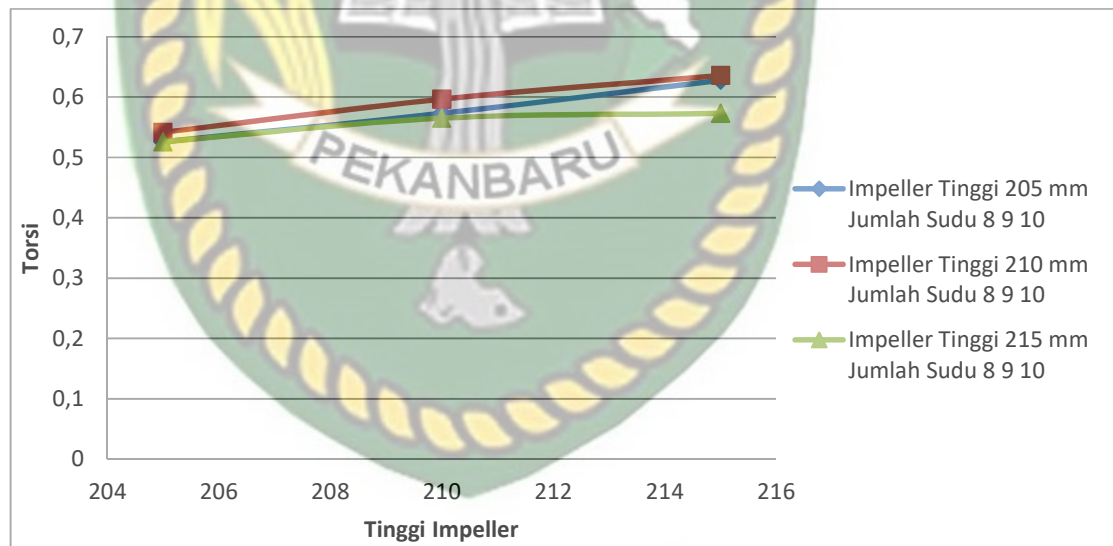


Gambar 4.1. Grafik Kecepatan Sudut ( $\omega$ )

Dari grafik kecepatan sudut ( $\omega$ ) diatas, dapat dilihat bahwa nilai kecepatan sudut ( $\omega$ ) terendah berada pada *impeller* ke 4 dengan nilai 25,371 rpm. Sementara untuk nilai kecepatan sudut ( $\omega$ ) tertinggi terletak pada *impeller* ke tinggi 215 jumlah sudu 10 buah dimana berada pada nilai 43,991 rpm. Begitu juga dengan tinggi *impeller*, semakin tinggi *impeller* pada turbin *Vortex*, semakin besar nilai kecepatan sudut yang dihasilkan. Dengan kata lain semakin tinggi *impeller* dan semakin banyak jumlah sudu nya, maka kecepatan sudut yang dihasilkan juga semakin besar.

Berdasarkan tingginya, *impeller* dengan tinggi 215 mm lah yang menjadi *impeller* yang dapat menghasilkan kecepatan sudut ( $\omega$ ) dengan nilai yang besar. Diikuti dengan *impeller* tinggi 205 mm dan *impeller* dengan tinggi 210 mm sebagai *impeller* dengan nilai kecepatan sudut terkecil. Seperti contoh, *impeller* dengan tinggi 205 mm dan jumlah sudu 8 buah menghasilkan kecepatan sudut ( $\omega$ ) sebesar 29,551 rpm, sementara *impeller* dengan tinggi 210 mm dan jumlah sudu 8 buah menghasilkan kecepatan sudut ( $\omega$ ) sebesar 25,371 rpm, dan *impeller* dengan tinggi 215 mm dan jumlah sudu 8 buah menghasilkan kecepatan sudut ( $\omega$ ) sebesar 37,816 rpm. Dengan kata lain nilai kecepatan sudut ( $\omega$ ) *impeller* dengan tinggi 210 lah yang memiliki nilai kecepatan sudut ( $\omega$ ) terendah.

## 2. Grafik Torsi ( $\tau$ )



Gambar 4.2. Grafik Torsi ( $\tau$ )

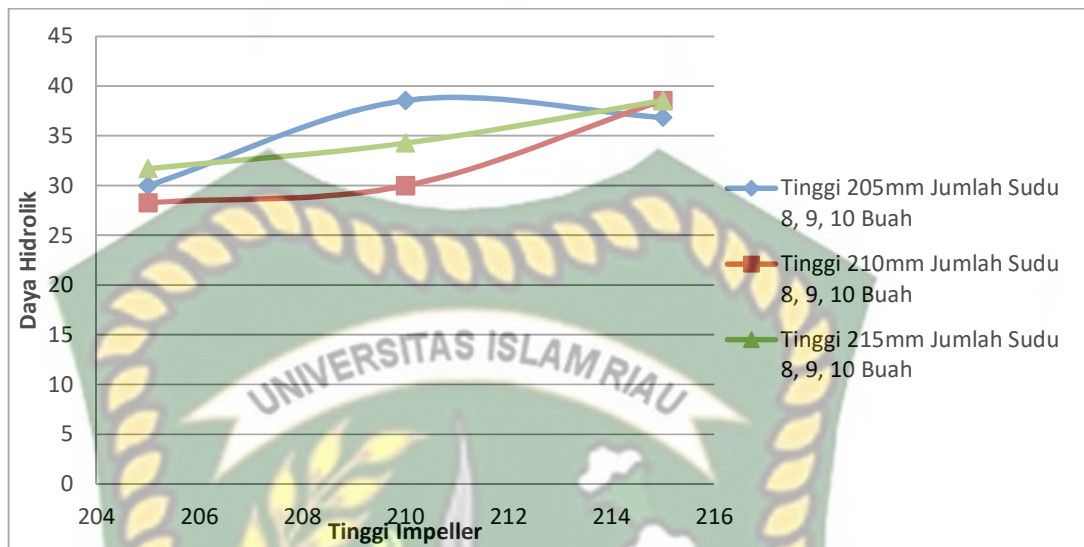
Dari grafik torsi ( $\tau$ ) diatas, dapat dilihat bahwa torsi ( $\tau$ ) yang dihasilkan setiap *impeller* naik ketika tinggi *impellernya* bertambah. Artinya semakin tinggi *impeller* maka semakin bertambah pula nilai Torsi ( $\tau$ ). Untuk titik puncak torsi ( $\tau$ )



terletak pada *impeller* tinggi 210 jumlah sudu 10 buah dengan nilai 0,6356 Nm. Dan titik terendah terletak pada *impeller* ke tinggi 215 jumlah sudu 8 buah dengan nilai 0,5258 Nm. Artinya semakin rendah tinggi *impeller*, maka semakin rendah torsi ( $\tau$ ) yang dihasilkan. sebaliknya, jika nilai tinggi *impeller* semakin besar, maka torsi ( $\tau$ ) yang dihasilkan juga semakin besar.

Berdasarkan tinggi *impeller*, grafik torsi ( $\tau$ ) diatas menunjukkan bahwa *impeller* dengan tinggi 215 mm memiliki nilai torsi ( $\tau$ ) terendah jika dibandingkan dengan *impeller* dengan tinggi 205 mm. sementara torsi ( $\tau$ ) terbesar terjadi pada *impeller* dengan tinggi 210 mm. sebagai contoh, torsi ( $\tau$ ) yang dihasilkan oleh *impeller* dengan tinggi 205 mm dan jumlah sudu 9 buah menghasilkan torsi ( $\tau$ ) sebesar 0,5729 Nm, sementara torsi ( $\tau$ ) yang dihasilkan oleh *impeller* dengan tinggi 210 mm dan jumlah sudu 9 buah menghasilkan torsi ( $\tau$ ) sebesar 0,5964 Nm. Dan torsi ( $\tau$ ) yang dihasilkan oleh *impeller* dengan tinggi 215 mm dan jumlah sudu 9 buah menghasilkan torsi ( $\tau$ ) sebesar 0,565 Nm. Dengan data seperti ini dapat disimpulkan bahwa *impeller* dengan tinggi 215 mm menghasilkan torsi ( $\tau$ ) yang lebih kecil jika dibandingkan *impeller* lainnya.

### 3. Grafik Daya Hidrolik ( $P_{hid}$ )



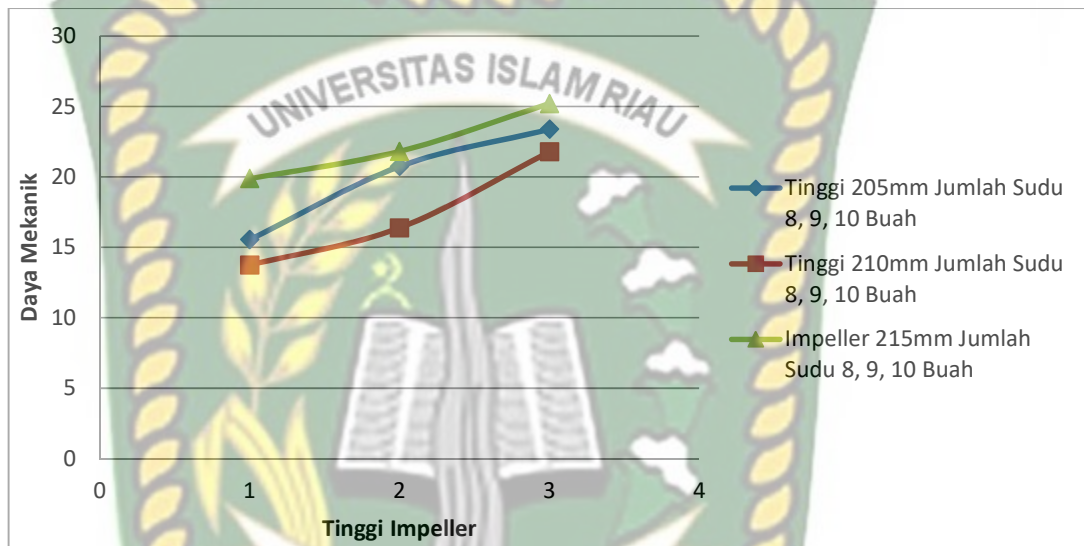
Gambar 4.3. Grafik Daya Hidrolik ( $P_{hid}$ )

Dari grafik daya hidrolik ( $P_{hid}$ ) diatas dapat dilihat bahwa titik puncak Daya Hidrolik ( $P_{hid}$ ) berada di angka 38,539 yang terletak pada *impeller* tinggi 205 jumlah sudu 9 buah, *impeller* tinggi 210 jumlah sudu 9 buah, dan *impeller* tinggi 215 jumlah sudu 9 buah. Adapun hal yang mempengaruhi besar atau kecilnya nilai daya hidrolik terletak pada tinggi *Vortex* ( $H_v$ ). Dimana semakin tinggi nilai tinggi *Vortex*, maka semakin besar Daya Hidrolik ( $P_{hid}$ ) yang dihasilkan. pada Daya Hidrolik ( $P_{hid}$ ), tinggi *impeller* dan jumlah sudu tidak terlalu berpengaruh terhadap besar kecilnya nilai Daya Hidrolik ( $P_{hid}$ ).

Berdasarkan grafik, daya hidrolik ( $P_{hid}$ ) yang terkecil dihasilkan oleh setiap *impeller* yang memiliki tinggi 210 mm, sementara daya hidrolik ( $P_{hid}$ ) terbesar dihasilkan oleh *impeller* yang memiliki tinggi 215 mm. sebagai contoh, pada *impeller* yang memiliki tinggi 205 mm dan jumlah sudu 8 buah menghasilkan daya hidrolik ( $P_{hid}$ ) sebesar 29,9747 W, sementara *impeller* dengan jumlah sudu

yang sama dengan tinggi 210 mm menghasilkan 28,2619 W, dan *impeller* dengan jumlah sudu yang sama dengan tinggi 215 mm menghasilkan 31,6876 W. dari data ini, dapat terlihat bahwa daya hidrolik ( $P_{hid}$ ) terkecil dihasilkan oleh *impeller* dengan tinggi 210 mm.

#### 4. Grafik Daya Mekanik ( $P_{mek}$ )

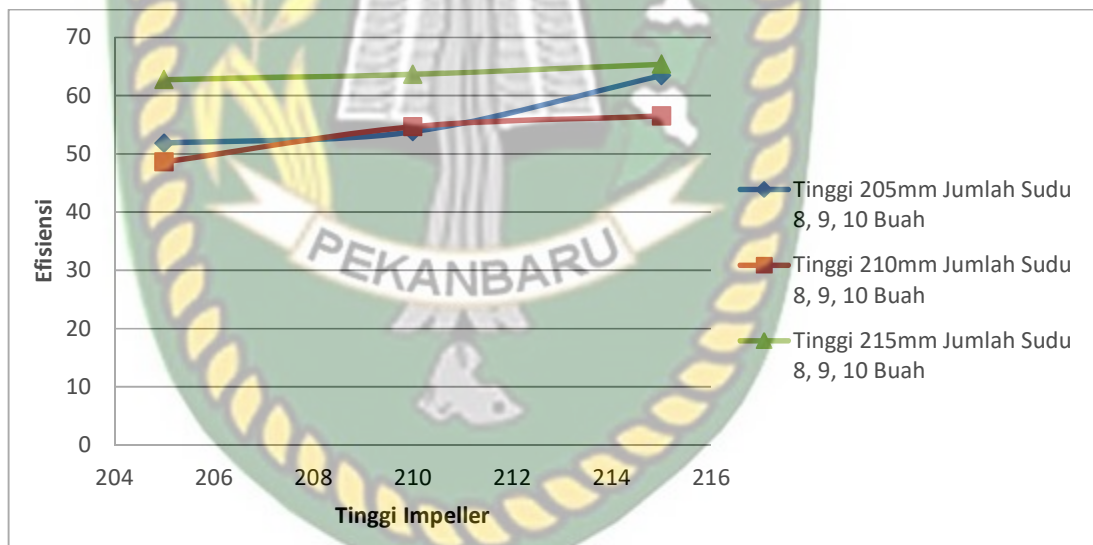


Gambar 4.4. Grafik Daya Mekanik ( $P_{mek}$ )

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa setiap kenaikan nilai tinggi pada setiap *impeller* dan kenaikan jumlah sudu berpengaruh terhadap bertambahnya besar daya mekanik ( $P_{mek}$ ) yang dihasilkan. titik puncak terletak pada *impeller* 9 dimana daya mekanik ( $P_{mek}$ ) yang dihasilkan sebesar 25,2028 Watt, sementara titik terendah terletak pada *impeller* tinggi 210 jumlah sudu 8 buah dengan daya mekanik ( $P_{mek}$ ) yang dihasilkan sebesar 13,7388 Watt.

Berdasarkan grafik, daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) yang terkecil dihasilkan oleh setiap *impeller* yang memiliki tinggi 210 mm, sementara daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) terbesar dihasilkan oleh *impeller* yang memiliki tinggi 215 mm. sebagai contoh, pada *impeller* yang memiliki tinggi 205 mm dan jumlah sudu 8 buah menghasilkan daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) sebesar 15,5383 W, sementara *impeller* dengan jumlah sudu yang sama dengan tinggi 210 mm menghasilkan 13,7388 W, dan *impeller* dengan jumlah sudu yang sama dengan tinggi 215 mm menghasilkan 19,8742 W. dari data ini, dapat terlihat bahwa daya hidrolis ( $P_{hid}$ ) terkecil dihasilkan oleh *impeller* dengan tinggi 210 mm.

5. Grafik Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ )



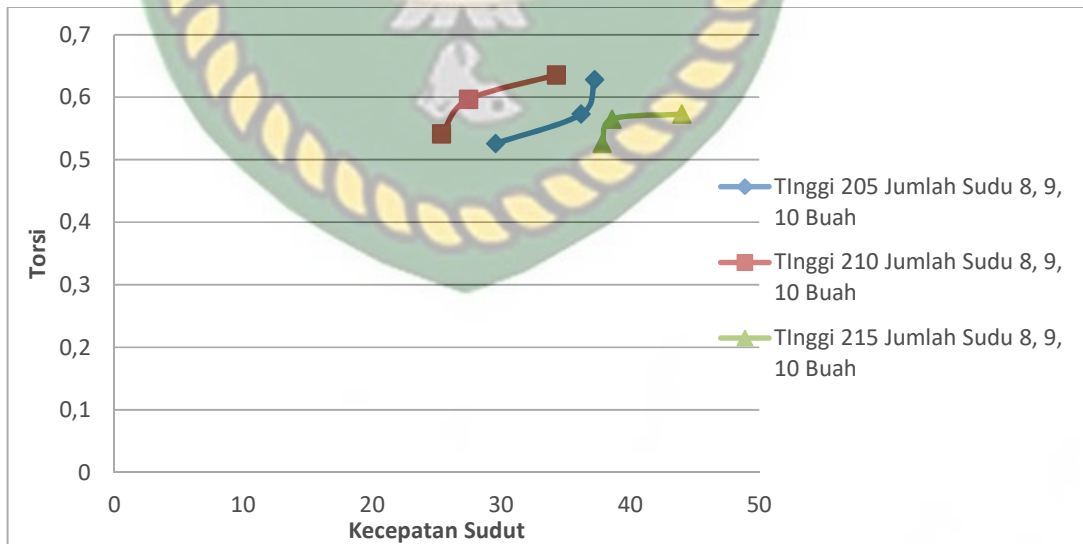
Gambar 4.5. Grafik Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ )

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) terbesar terletak pada *impeller* tinggi 215 jumlah sudu 10 buah dengan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) yang dihasilkan sebesar 65,39%. Sementara efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) terendah terletak pada *impeller* ke tinggi 210 jumlah sudu 8 buah sebesar 48,61%. Sama seperti grafik

sebelumnya, besar efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) yang dihasilkan sangat tergantung kepada tinggi *impeller* dan jumlah sudu pada *impeller*. Semakin tinggi *impeller* dan semakin banyak jumlah sudunya, maka efisiensi yang dihasilkan akan semakin besar.

Berdasarkan grafik, efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) yang terkecil dihasilkan oleh setiap *impeller* yang memiliki tinggi 210 mm, sementara efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) terbesar dihasilkan oleh *impeller* yang memiliki tinggi 215 mm. sebagai contoh, pada *impeller* yang memiliki tinggi 205 mm dan jumlah sudu 8 buah menghasilkan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) sebesar 51,83%, sementara *impeller* dengan jumlah sudu yang sama dengan tinggi 210 mm menghasilkan 48,61 W, dan *impeller* dengan jumlah sudu yang sama dengan tinggi 215 mm menghasilkan 65,39%. dari data ini, dapat terlihat bahwa efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) terkecil dihasilkan oleh *impeller* dengan tinggi 210 mm.

6. Grafik Hubungan Torsi ( $\tau$ ) dan Kecepatan Sudut ( $\omega$ )

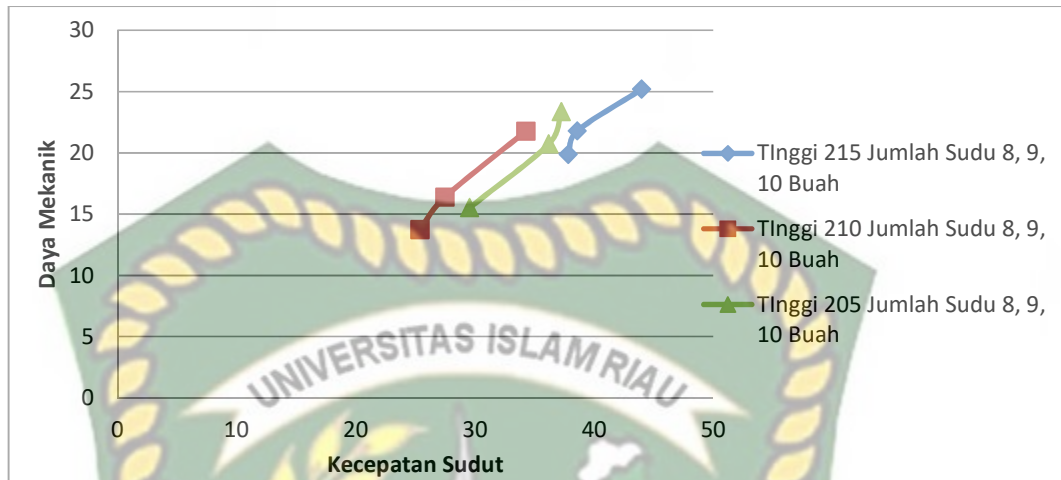


Gambar 4.6. Grafik Hubungan Torsi ( $\tau$ ) dan Kecepatan Sudut ( $\omega$ )

Pada grafik hubungan torsi ( $\tau$ ) dan kecepatan sudut ( $\omega$ ) diatas, dapat dilihat bahwa setiap kenaikan nilai kecepatan sudut ( $\omega$ ) maka nilai torsi ( $\tau$ ) juga ikut bertambah. Sementara untuk torsi ( $\tau$ ) puncak terjadi pada *impeller* dengan tinggi 210 mm dan jumlah sudu 10 buah, dimana torsi ( $\tau$ ) puncak berada di angka 0,6356 Nm.

Berdasarkan grafik, semakin cepat perputaran pada *impeller*, maka torsi ( $\tau$ ) yang dihasilkan juga semakin besar, dengan kata lain bertambahnya nilai torsi ( $\tau$ ) berbanding lurus dengan bertambahnya kecepatan sudut ( $\omega$ ). Sementara untuk torsi ( $\tau$ ) dan kecepatan sudut ( $\omega$ ) yang terkecil terletak pada *impeller* dengan tinggi 210 mm, *impeller* dengan tinggi 210 mm menghasilkan torsi yang relatif besar dengan kecepatan sudut ( $\omega$ ) yang relatif kecil jika dibandingkan *impeller* dengan tinggi lain. Sebagai contoh *impeller* dengan tinggi 205 mm dan jumlah sudu 9 buah menghasilkan torsi ( $\tau$ ) 0,5729 Nm dan kecepatan sudut ( $\omega$ ) 36,193 rpm. Sementara pada *impeller* tinggi 210 mm dengan jumlah sudu yang sama menghasilkan torsi ( $\tau$ ) 0,5964 Nm dan kecepatan sudut ( $\omega$ ) 27,464 rpm, dan *impeller* dengan jumlah sudu yang sama dengan tinggi 215 mm menghasilkan torsi ( $\tau$ ) 0,565 Nm dan kecepatan sudut ( $\omega$ ) 38,59 rpm. Dapat diketahui juga bahwa torsi ( $\tau$ ) dan kecepatan sudut ( $\omega$ ) terbesar dihasilkan oleh *impeller* dengan tinggi 215 mm dan jumlah sudu 9 buah.

7. Grafik Hubungan Kecepatan Sudut ( $\omega$ ) dan Daya Mekanik ( $P_{Mek}$ )



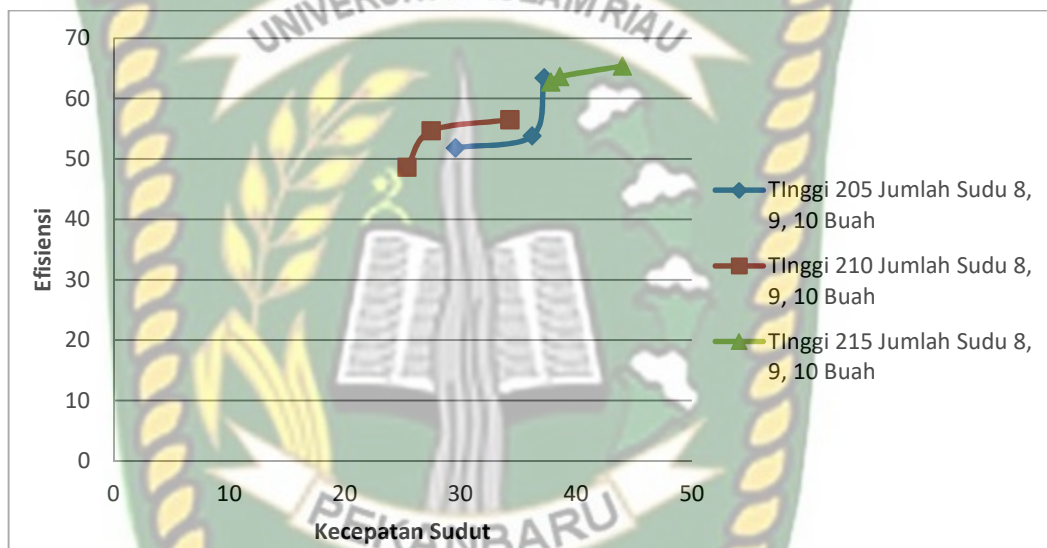
Gambar 4.7. Grafik Hubungan Kecepatan Sudut ( $\omega$ ) dan Daya Mekanik ( $P_{Mek}$ )

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa setiap kenaikan tinggi *impeller* dan bertambahnya jumlah sudu sangat berpengaruh kepada besarnya nilai kecepatan sudut ( $\omega$ ) dan daya mekanik ( $P_{Mek}$ ). nilai kecepatan sudut ( $\omega$ ) dan daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) puncak terletak pada *impeller* tinggi 215 jumlah sudu 10 buah dengan daya mekanik 25,20 W dengan kecepatan sudut ( $\omega$ ) sebesar 43,991 rpm.

Berdasarkan grafik, semakin cepat perputaran pada *impeller*, maka daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) yang dihasilkan juga semakin besar, dengan kata lain bertambahnya nilai daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) berbanding lurus dengan bertambahnya kecepatan sudut ( $\omega$ ). Sementara untuk daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) dan kecepatan sudut ( $\omega$ ) yang terkecil terletak pada *impeller* dengan tinggi 210 mm, *impeller* dengan tinggi 210 mm menghasilkan daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) dengan kecepatan sudut ( $\omega$ ) yang relatif kecil jika dibandingkan *impeller* dengan tinggi lain. Sebagai contoh *impeller* dengan tinggi 205 mm dan jumlah sudu 9 buah menghasilkan daya

mekanik ( $P_{Mek}$ ) 20,73 W dan kecepatan sudut ( $\omega$ ) 36,193 rpm. Sementara pada *impeller* tinggi 210 mm dengan jumlah sudu yang sama menghasilkan daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) 16,38 W dan kecepatan sudut ( $\omega$ ) 27,464 rpm, dan *impeller* dengan jumlah sudu yang sama dengan tinggi 215 mm menghasilkan daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) 21,80 W dan kecepatan sudut ( $\omega$ ) 38,59 rpm.

8. Grafik Hubungan Kecepatan Sudut ( $\omega$ ) dan Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ )



Gambar 4.8. Hubungan Kecepatan Sudut ( $\omega$ ) dan Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ )

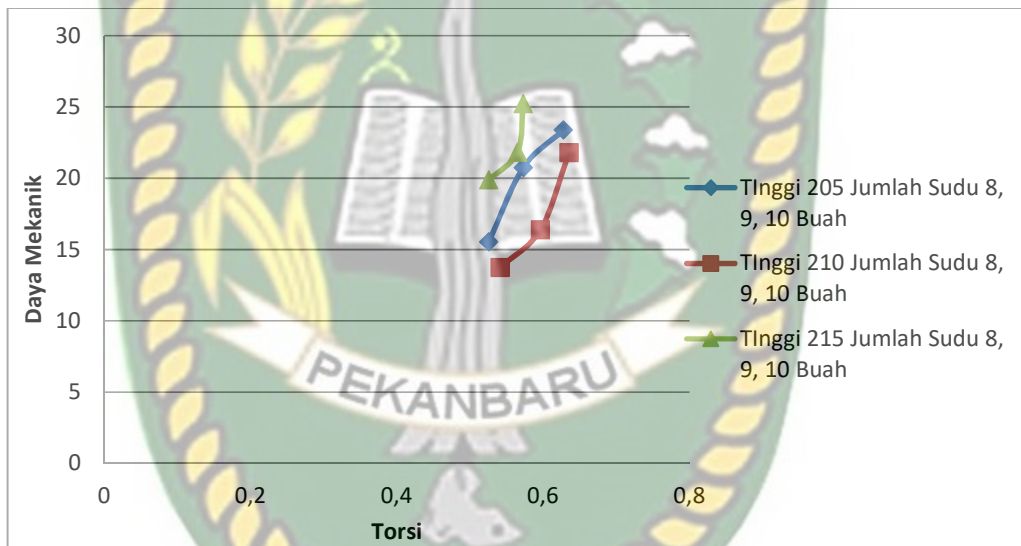
Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa setiap kenaikan tinggi *impeller* dan bertambahnya jumlah sudu sangat berpengaruh kepada besarnya nilai kecepatan sudut ( $\omega$ ) dan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ). nilai kecepatan sudut ( $\omega$ ) dan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) puncak terletak pada *impeller* 9 dengan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) sebesar 65,39% dengan kecepatan sudut ( $\omega$ ) sebesar 43,991 rpm. Sementara itu titik terendah efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) terletak pada *impeller* tinggi 210 jumlah sudu 8 buah yang



memiliki efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) sebesar 48,61% dengan kecepatan sudut ( $\omega$ ) sebesar 25,371 rpm.

Berdasarkan grafik, *impeller* dengan tinggi 215 mm mendapatkan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) dengan nilai terbaik baik pada jumlah sudu 8 buah, 9 buah ataupun 10 buah. Sementara *impeller* dengan tinggi 205 mm masih lebih baik jika dibandingkan dengan *impeller* yang memiliki tinggi 210 mm baik dari efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) maupun kecepatan sudut ( $\omega$ ).

9. Grafik Hubungan Torsi ( $\tau$ ) dan Daya Mekanik ( $P_{Mek}$ )



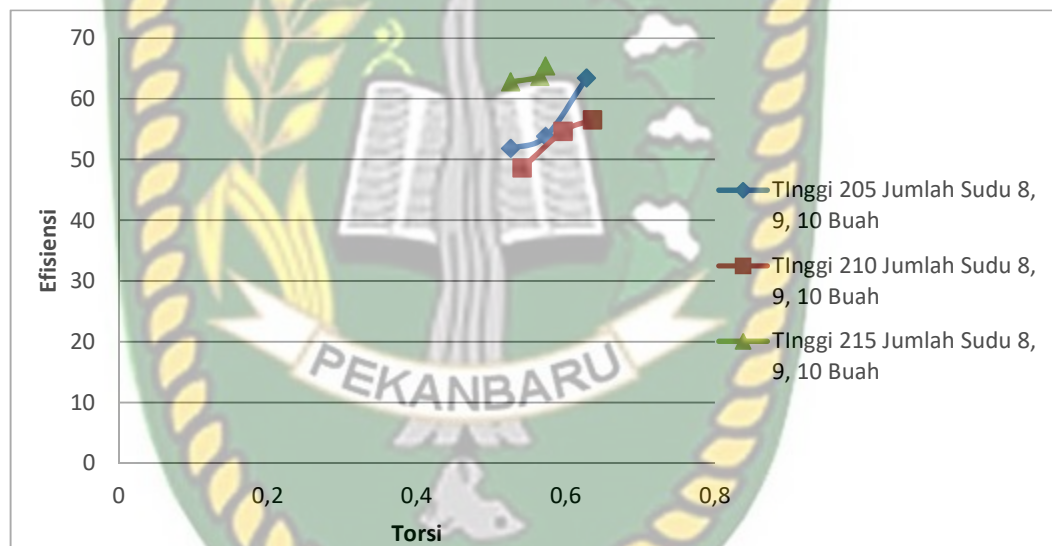
Gambar 4.9. Grafik Hubungan Torsi ( $\tau$ ) dan Daya Mekanik ( $P_{Mek}$ )

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah torsi ( $\tau$ ) maka jumlah daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) yang dihasilkan juga semakin besar. Untuk daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) dan torsi ( $\tau$ ) terletak pada *impeller* 9 dengan daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) yang dihasilkan sebesar 25,2028 W dan torsi ( $\tau$ ) sebesar 0,5729 Nm. Sementara

titik terendah terletak pada *impeller* tinggi 210 jumlah sudu 8 buah dengan daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) sebesar 13,7388 W dan torsi ( $\tau$ ) sebesar 0,5415 Nm.

Berdasarkan grafik, *impeller* dengan tinggi 215 mm mendapatkan daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) dengan nilai terbaik baik pada jumlah sudu 8 buah, 9 buah ataupun 10 buah. Sementara *impeller* dengan tinggi 205 mm masih lebih baik jika dibandingkan dengan *impeller* yang memiliki tinggi 210 mm baik pada daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) maupun torsi ( $\tau$ ).

#### 10. Grafik Hubungan Torsi ( $\tau$ ) dan Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ )



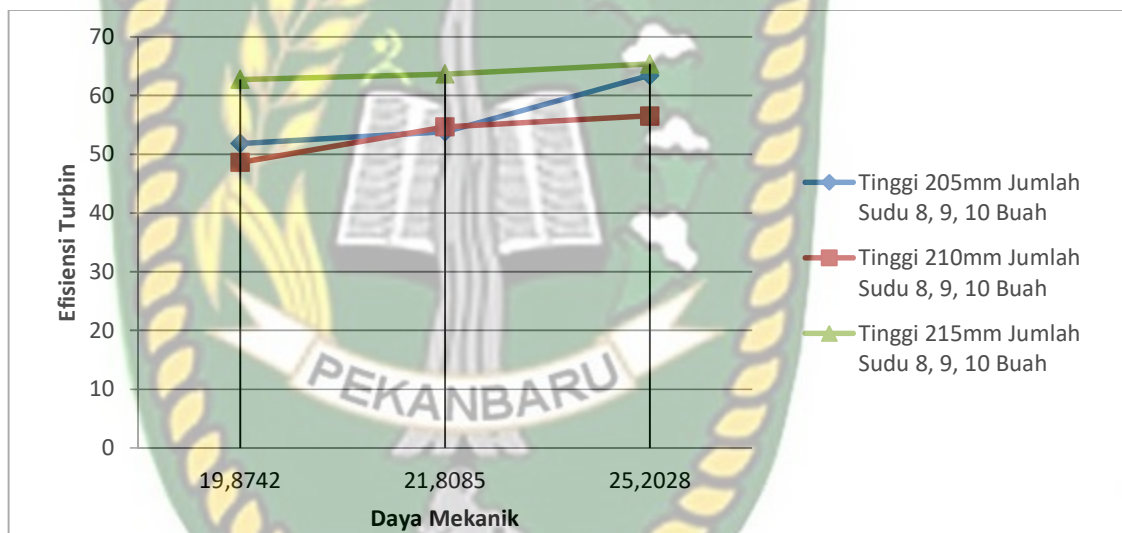
Gambar 4.10. Grafik Hubungan Torsi ( $\tau$ ) dan Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ )

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah torsi ( $\tau$ ) maka jumlah efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) yang dihasilkan juga semakin besar. Untuk efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) dan torsi ( $\tau$ ) terletak pada *impeller* tinggi 215 jumlah sudu 10 buah dengan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) yang dihasilkan sebesar 65,39% dan torsi ( $\tau$ ) sebesar

0,5729 Nm. Sementara titik terendah terletak pada *impeller* 4 dengan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) sebesar 48,61% dan torsi ( $\tau$ ) sebesar 0,5415 Nm.

Berdasarkan grafik, *impeller* dengan tinggi 215 mm mendapatkan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) dan torsi ( $\tau$ ) dengan nilai terbaik, baik pada jumlah sudu 8 buah, 9 buah ataupun 10 buah. Sementara *impeller* dengan tinggi 205 mm masih lebih baik jika dibandingkan dengan *impeller* yang memiliki tinggi 210 mm baik dari efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) maupun torsi ( $\tau$ ).

11. Grafik Hubungan Daya Mekanik ( $P_{Mek}$ ) dan Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ )



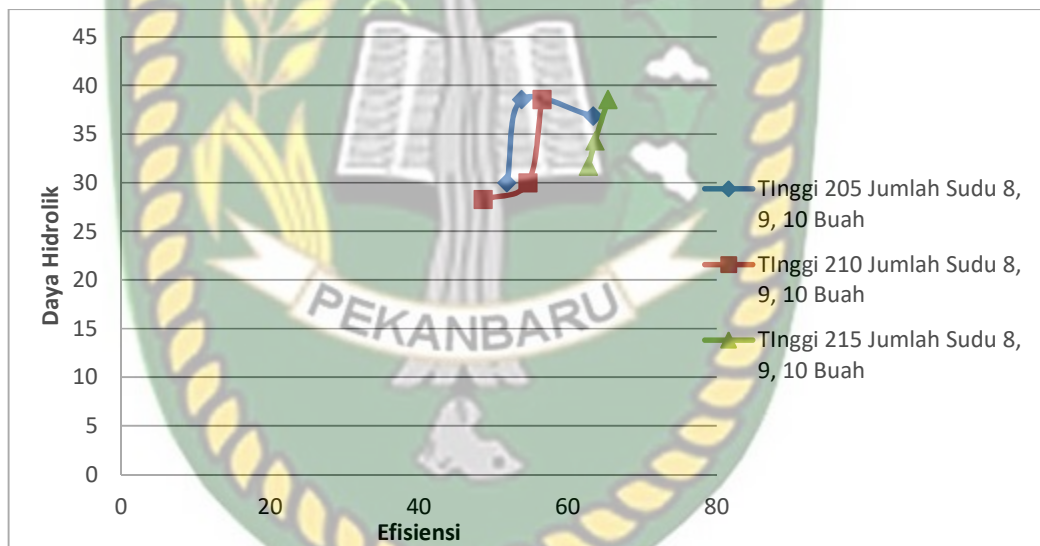
Gambar 4.11. Grafik Hubungan Daya Mekanik ( $P_{Mek}$ ) dan Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ )

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) maka jumlah efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) yang dihasilkan juga semakin besar. Untuk efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) dan daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) terletak pada *impeller* tinggi 215 jumlah sudu 10 buah dengan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) yang dihasilkan sebesar 65,39% dan daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) sebesar 25,2028 W. Sementara titik terendah

terletak pada *impeller* 4 dengan daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) sebesar 13,7388 W dan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) sebesar 48,61%.

Berdasarkan grafik, sama seperti sebelumnya, *impeller* dengan tinggi 215 mm mendapatkan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) dan daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) dengan nilai terbaik, baik pada jumlah sudu 8 buah, 9 buah ataupun 10 buah. Sementara *impeller* dengan tinggi 205 mm masih lebih baik jika dibandingkan dengan *impeller* yang memiliki tinggi 210 mm baik dari efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) maupun daya mekanik ( $P_{Mek}$ ).

#### 12. Grafik Hubungan Daya Hidrolik ( $P_{hid}$ ) dan Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ )



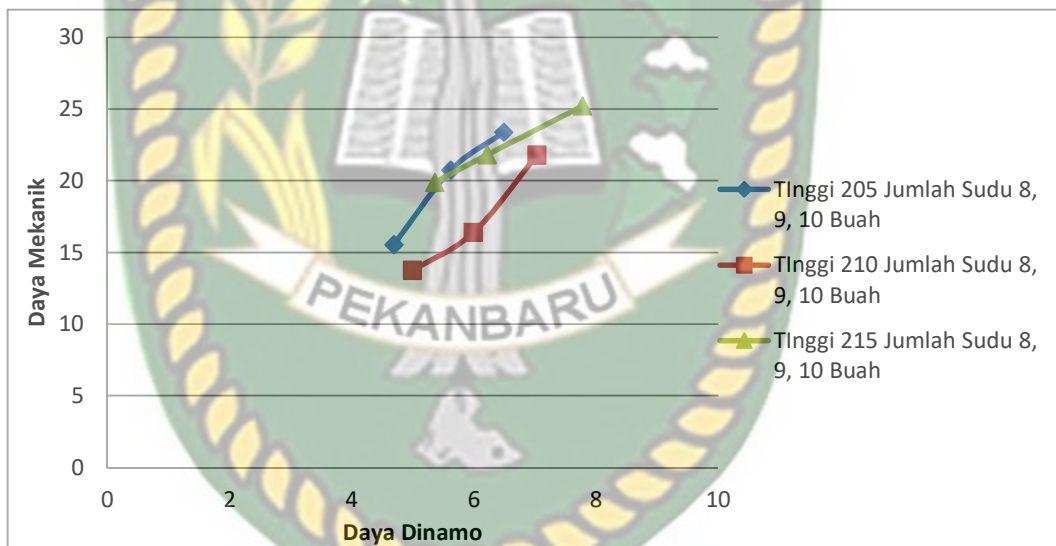
Gambar 4.12. Grafik Hubungan Daya Hidrolik ( $P_{hid}$ ) dan Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ )

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah daya hidrolik ( $P_{hid}$ ) maka jumlah efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) yang dihasilkan juga semakin besar. Untuk efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) dan daya hidrolik ( $P_{hid}$ ) terletak pada *impeller* 9 dengan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) yang dihasilkan sebesar 65,39% dan daya hidrolik ( $P_{hid}$ )

sebesar 38,539 W. Sementara titik terendah terletak pada *impeller* 4 dengan daya hidrolik ( $P_{hid}$ ) sebesar 28,2619 W dan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) sebesar 48,61%.

Berdasarkan grafik, sama seperti sebelumnya, *impeller* dengan tinggi 215 mm mendapatkan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) dan daya hidrolik ( $P_{hid}$ ) dengan nilai terbaik, baik pada jumlah sudu 8 buah, 9 buah ataupun 10 buah. Sementara *impeller* dengan tinggi 205 mm masih lebih baik jika dibandingkan dengan *impeller* yang memiliki tinggi 210 mm baik dari efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) maupun daya hidrolik ( $P_{hid}$ ).

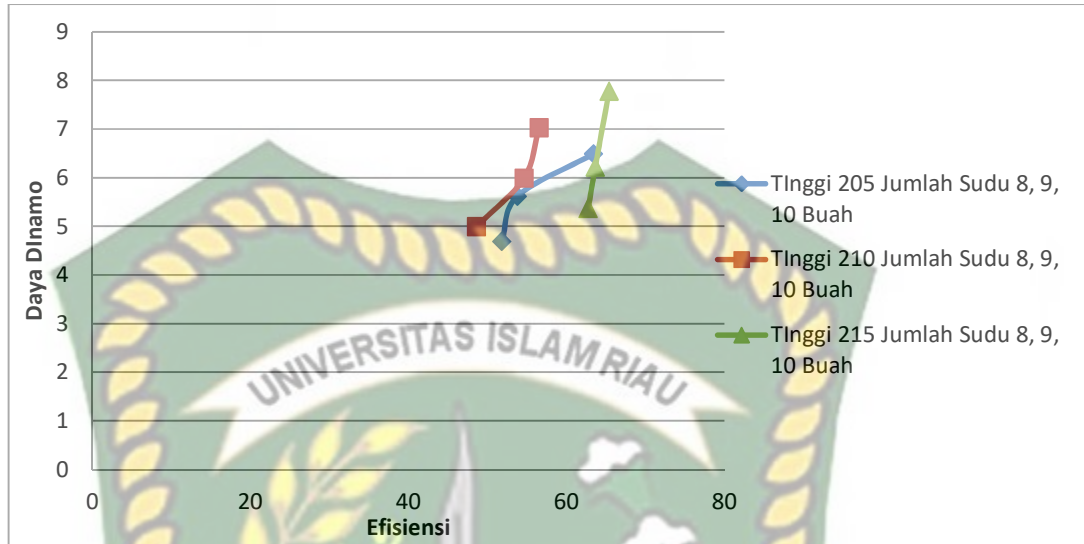
### 13. Grafik Hubungan Daya Dinamo ( $P_{dinamo}$ ) dan Daya Mekanik ( $P_{mek}$ )



Gambar 4.14. Grafik Hubungan Daya Dinamo ( $P_{dinamo}$ ) dan Daya Mekanik ( $P_{mek}$ )

Pada grafik diatas dapat disimpulkan bahwa *impeller* dengan tinggi 215 mm baik sudu 8 buah, 9 buah dan 10 buah lebih baik dibandingkan dengan *impeller* dengan tinggi 210 mm ataupun 205 mm. adapun *impeller* dengan tinggi 210 mm masih sedikit lebih baik jika dibandingkan dengan *impeller* dengan tinggi 205 mm. adapun *impeller* dengan tinggi 215 dan jumlah sudu 10 buah masih tetap menjadi *impeller* dengan daya dinamo terbaik pada penelitian kali ini.

14. Grafik Hubungan Daya Dinamo ( $P_{dinamo}$ ) dan Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ )



Gambar 4.15. Grafik Hubungan Daya Dinamo ( $P_{dinamo}$ ) dan Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ )

Pada grafik diatas masih dapat disimpulkan bahwa impeller dengan sudu 10 buah dan tinggi impeller 215 mm masih menjadi impeller terbaik dengan daya dinamo dan efisiensi yang dihasilkan terbesar dibandingkan dengan impeller dengan tinggi dan jumlah sudu lainnya.

## BAB 5

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini dapat dibedakan menjadi beberapa poin, diantaranya:

1. Menurut data yang telah dianalisa dan grafik yang telah dibuat, impeller dengan tinggi 215 mm dan jumlah sudu 10 buah menghasilkan daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) dan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) terbesar diantara impeller dengan tinggi dan jumlah sudu lainnya yaitu daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) sebesar 25,2028 W dan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) sebesar 65,39 %.
2. Impeller dengan tinggi 210 mm dan jumlah sudu 8 buah menjadi impeller dengan daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) dan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) terkecil diantara impeller dengan tinggi dan jumlah sudu lainnya. Dimana daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) yang dihasilkan sebesar 13,7388 W dan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) 48,61 %.
3. Impeller dengan tinggi 210 mm dengan jumlah sudu 8 buah, 9 buah, dan 10 buah menghasilkan kecepatan sudut ( $\omega$ ), daya hidrolis ( $P_{hid}$ ), daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) dan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) terkecil yang dihasilkan jika dibandingkan dengan impeller dengan tinggi 205 mm dan tinggi 215 mm baik pada jumlah sudu 8 buah, 9 buah, maupun 10 buah. Sementara impeller dengan tinggi 210 mm dengan jumlah sudu 8 buah, 9 buah, dan 10 buah menghasilkan torsi ( $\tau$ ) yang lebih besar dibandingkan dengan impeller yang memiliki tinggi 205 mm dan 215 mm baik dalam sudu 8 buah, 9 buah maupun 10 buah, namun tidak begitu berpengaruh terhadap daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) maupun efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) yang dihasilkan karena torsi ( $\tau$ ) yang dihasilkan hanya dalam *range* 0,5258-0,6356 Nm. Sangat kecil sehingga begitu dikalikan dengan kecepatan sudut ( $\omega$ ) yang besarnya 25,371-43,991 rpm tidak terlalu *impact* kepada daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) maupun efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) yang dihasilkan.

4. Impeller dengan tinggi 205 mm dengan sudu 8 buah, 9 buah, dan 10 buah menjadi impeller terbaik kedua pada penelitian kali ini, kecepatan sudut ( $\omega$ ), daya hidrolik ( $P_{hid}$ ), daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) dan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) yang dihasilkan lebih baik ketika dibandingkan impeller dengan tinggi 210 mm dengan sudu 8 buah, 9 buah, dan 10 buah.
5. Impeller dengan tinggi 215 mm baik dengan sudu 8 buah, 9 buah maupun 10 buah menghasilkan kecepatan sudut ( $\omega$ ), daya hidrolik ( $P_{hid}$ ), daya mekanik ( $P_{Mek}$ ) dan efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) tertinggi jika dibandingkan impeller dengan tinggi 205 mm ataupun 210 mm baik pada sudu 8 buah, 9 buah, ataupun 10 buah.

## 5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diambil setelah melakukan penelitian ini antara lain :

1. Untuk peneliti yang masih ingin mengembangkan turbin vortex, ada baiknya untuk mencari tahu tinggi impeller yang merupakan puncak dari daya dan efisiensi yang dihasilkan dengan cara mengeksplor lebih lanjut tinggi 215 mm ini dengan range penelitian yang lebih diperkecil agar data yang dihasilkan lebih akurat lagi
2. Peneliti lainnya yang ingin meneliti tentang turbin vortex juga dapat menggunakan jumlah dan tinggi sudu yang telah dihasilkan pada penelitian kali ini sebagai referensi penelitian selanjutnya menggunakan impeller dengan tipe yang berbeda dengan penelitian kali ini untuk melihat apakah daya dan efisiensi yang dihasilkan pada impeller tipe lain lebih baik daripada impeller yang digunakan pada penelitian ini.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ardianto M. *Perencanaan Prototype Turbin Vortex Dengan Kapasitas Aliran Maksimal 200 L/Menit*. 2018
- [2] Aripasetya S, Adiwibowo PH. *Eksperimental Pengaruh Kemiringan Sudut Sudu Berpenampang Plat Data Terhadap Kinerja Turbin Aliran Vortex*. Jtm. 2010;06(01):105–113.
- [3] Basri MH, Utomo MB, Hasan F. *Eksperimen Variasi Tabung Basin Silinder Pada Gravitation Water Vortex Power Plant (GWVPP) Berbasis Basin Silinder*. Cyclotron. 2020;3(2).
- [4] Farisi A Al, Handoyo Y, Rokhman T. *Analisis Variasi Jumlah Sudu Turbin Berpenampang Pelat Datar Pada Turbin Air Aliran Vortex Dengan Tipe Saluran Masuk Involute*. Ilm Tek Mesin. 2019;7(2):72–8.
- [5] Fitroh HK, Adiwibowo PH. *Uji Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Tipe Sudu Melengkung Dengan Variasi Sudut Kemiringan*. J Tek Mesin. 2018;06(01):97–104.
- [6] Gibran, Gultom S, Lubis Z, Sembiring PG. *Rancang Bangun Turbin Vortex Dengan Casing Berpenampang Lingkaran Yang Menggunakan Sudu Diameter 46 Cm Pada 3 Variasi Jarak Antara Sudu Dan Saluran Keluar*. J Din. 2015;5(2):36–46.
- [7] Hakim MFR, Adiwibowo PH. *Uji Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Tipe Sudu Berpenampang Lurus Dengan Variasi Tinggi Sudu*. Jtm. 2018;06(01):85–95.
- [8] Havendri A, Lius H. *Perancangan Dan Realisasi Model Prototipe Turbin Air Type Screw (Archimedean Turbine) Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Dengan Head Rendah Di Indonesia*. TeknikA. 2009;31(2):1–7.

- [9] Hilman, S. (2019). *Turbin Air Teori & Dasar Perencanaan*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- [10] Indarto B, Nafi' MI, Basri MH, Iskawanto HS, Salim ATA. *Rancang Bangun Gravitation Water Vortex Power Plant (Gwvpp) Berbasis Basin Silinder*. JEECAE (Journal Electr Electron Control Automot Eng. 2020;5(1):27–34.
- [11] Irawan H, Syamsuri, Rahmad. *Analisis Performansi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Jenis Turbin Pelton Dengan Variasi Buka-an Katup Dan Beban Lampu Menggunakan Inverter* Hery Irawan1, Syamsuri 2, Rahmad Q3. J Has Penelit LPPM Untag Surabaya Januari. 2018;03(01):27–31.
- [12] Mafrudin, Irawan D. *Pembuatan Turbin Mikrohidro Tipe Cross-Flow Sebagai Pembangkit Listrik Di Desa Bumi Nabung Timur*. TURBO. 2014;3(2):7-12.
- [13] Paryatmo, W. (2019). *Turbin Air*. Yogyakarta:Graha Ilmu.
- [14] Prabowo Y, B S, Nazori N, Gata G. *Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pmlth) Pada Saluran Irigasi Gunung Bunder Pamijahan Bogor*. J Ilm FIFO. 2018;10(1):41-52.
- [15] Prasetyo WD. *Rancang bangun turbin vortex skala kecil dan pengujian pengaruh bentuk penampang sudu terhadap daya*. 2018.
- [16] Purba IJ, Gultom S, Sabri M, Nasution DM, Siregar AH. *Uji Performansi Pengaruh Variasi Diameter Sudu Dan Tinggi Jatuh Air Masuk Pada Turbin Vortex*. e-Dinamis. 2018;6(3):53–61.
- [17] Rahmanto RH, Az MS, Setiadi G. *Analisis Eksperimental Kinerja Turbin Vortex Akibat Perubahan Tinggi Impeller Tipe Sudu Berpenampang Lurus*. Ilm Tek Mesin. 2020;8(2):96–103.

- [18] Rinanda V, Permatasari R. *Optimasi Desain Turbin Air Tipe Vortex Dengan 5 Variasi Jumlah Sudu Terhadap Efisiensi*. Semin Nas Cendekiawan ke 4 Tahun 2018 Buku 1 "Teknik, Kedokt Hewan, Kesehatan, Lingkungan dan Lanskap" . 2018;(4):785–90.
- [19] Saputra, Obed Aris (2018). *Analisa Pengaruh Diameter Sudu Pengarah Dan Debit Aliran Air Terhadap Performa Turbin Kaplan*. Undergraduate thesis, Universitas 17 Agustus 1945.
- [20] Sihombing RPJ, Gultom S. *Analisa Efisiensi Turbin Vortex dengan Casing Berpenampang Lingkaran pada Sudu Berdiameter 56 cm untuk 3 Variasi Jarak Sudu dengan Saluran Keluar*. J e-Dinamis. 2014;10(2):143–8.
- [21] Sihombing S V, Gultom S, Nasution DM, Napitupulu FH, Mesin DT, Utara US. *Pengaruh Variasi Dimensi Sudu Dan Luas Saluran Buang Terhadap Prestasi Turbin Vortex*. J Din. 2019;3(1):45–53.
- [22] Supranata S. *Konversi Energi Air Teknologi Energi Terbarukan – Teknik Energi Hidro*. Kemdikbud; 2015. 282 hal. Tersedia pada: <http://repositori.kemdikbud.go.id/8766/>