

**PENGARUH LEBAR SUDU TERHADAP UNJUK KERJA  
TURBIN AIR HELIKAL TIPE POROS VERTIKAL**

**SKRIPSI**

**TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**EGA SATRIYANTO**

**NIM. 105060200111053**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2015**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PENGARUH LEBAR SUDU TERHADAP UNJUK KERJA**  
**TURBIN AIR HELIKAL TIPE POROS VERTIKAL**

**SKRIPSI**

**TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**EGA SATRIYANTO**  
**NIM. 105060200111053**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
Pada tanggal 19 November 2015

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

**Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc.**  
**NIP. 19490911 198403 1 001**

**Purnami, ST., MT.**  
**NIP. 19770707 200812 1 005**

Mengetahui,  
Ketua Program Studi S1

**Dr.Eng. Widya Wijayanti,ST.,MT.**  
**NIP. 19750802 199903 2 002**

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 19 November 2015

Mahasiswa,

Ega Satriyanto  
NIM. 105060200111053



**JUDUL SKRIPSI:**

Pengaruh Lebar Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Air Helikal Tipe Poros Vertikal

Nama Mahasiswa : Ega Satriyanto

NIM : 105060200111053

Program Studi : Teknik Mesin

Minat : Konversi Energi

**KOMISI PEMBIMBING:**

Pembimbing 1 : Prof. Dr.,Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc.

Pembimbing 2 : Purnami, ST.,MT.

**TIM DOSEN PENGUJI:**

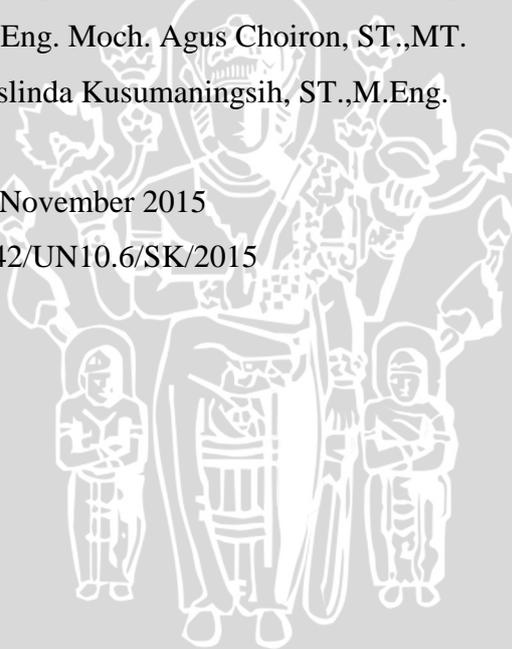
Dosen Penguji 1 : Dr.Eng. Nurkholis Hamidi, ST.,M.Eng.

Dosen Penguji 2 : Dr.Eng. Moch. Agus Choiron, ST.,MT.

Dosen Penguji 3 : Haslinda Kusumaningsih, ST.,M.Eng.

Tanggal Ujian : 19 November 2015

SK Penguji : 1042/UN10.6/SK/2015



*Skripsi ini saya tujuikan kepada orang tua tercinta,  
Alm. Bapak Sadikun dan Ibu Suparti  
Serta kepada Kakak tercinta,  
Rubiyanto dan Cuncun Wahyudi*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT. Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan skripsi yang dengan judul **“Pengaruh Lebar Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Air Helikal Tipe Poros Vertikal”**.

Skripsi merupakan salah satu mata kuliah wajib yang menjadi persyaratan untuk dapat menyelesaikan perkuliahan di Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya. Diharapkan nantinya dari skripsi ini mahasiswa yang bersangkutan dapat menerapkan hal-hal yang didapat di perkuliahan ke dalam kondisi lapangan yang sebenarnya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segenap ketulusan hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua tercinta (alm. Bapak Sadikun) (Ibu Suparti), kakak (Mas Rubiyanto, dan Mas Cuncun), yang telah memberikan dukungan penuh serta memanjatkan do'a kepada penulis hingga terselesaikannya skripsi ini.
2. Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng., Dr.Eng. Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Purnami, ST.,MT. selaku Selaku Sekertaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
4. Widya Wijayanti, ST., MT., Dr. Eng. Selaku Kepala Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
5. Francisca Gayuh Utami D.,ST.,MT. Selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
6. Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc. selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan dan ilmu yang bermanfaat selama proses penyusunan skripsi ini.
7. Purnami, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan dan ilmu yang bermanfaat selama proses penyusunan skripsi ini.
8. Teman seperjuangan sekaligus tim penelitian turbin air Helikal ( Kuku dan Erwin) yang telah sabar membantu dan saling berjuang menyelesaikan penelitian ini, kalian luar biasa

9. Keluarga Besar IMMORTAL M'10 yang telah memberikan semangat, dukungan serta bantuan kepada penulis dalam berbagai hal dari awal perkuliahan sampai terselesaikannya terselesaikannya skripsi ini.
10. KBMM (Keluarga Besar Mahasiswa Mesin) yang banyak memberikan pengalaman dalam pembentukan pola pikir dan pola sikap.
11. Keluarga kecil Khayangan, Nirwana, Permata Jingga yang banyak memberikan semangat serta dukungan kepada penulis
12. Teman-teman Kos KR/39 yang memberikan dukungan, bantuan serta semangat.
13. Bunga Anindita yang selalu memberikan semangat dan dukungan serta motivasi kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi perbaikan di masa yang akan datang dan dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi pihak-pihak lain yang memerlukan.

Malang , November 2015

Penyusun



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Sebelumnya .....	4
2.2 Potensi Tenaga Air .....	4
2.3 Pengertian Fluida .....	6
2.4 Turbin Air .....	6
2.5 Klasifikasi Turbin Air .....	7
2.5.1 Turbin Impuls .....	7
2.5.1.1 Turbin Pelton .....	8
2.5.1.2 Turbin <i>Crossflow</i> .....	9
2.5.2 Turbin Reaksi .....	10
2.5.2.1 Turbin Francis .....	10
2.5.2.2 Turbin Kaplan dan Propeler .....	11
2.5.2.3 Turbin Air Helikal (Gorlov).....	12
2.6 Prinsip Kerja Turbin Air Helikal .....	14
2.6.1 Hydrofoil .....	15
2.6.2 Diagram Kecepatan .....	16
2.7 Kinerja Turbin Air .....	17
2.7.1 <i>Water Horse Power</i> (WHP) .....	17
2.7.2 <i>Brake Horse Power</i> (BHP) .....	17
2.7.3 Rasio U/Vs .....	18
2.7.4 Efisiensi Turbin Air.....	18
2.8 Hipotesa .....	18
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Metode Penelitian .....	19
3.2 Variabel Penelitian .....	19
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	20
3.4 Instalasi Penelitian .....	23
3.5 Metode Pengambilan Data .....	24
3.6 Tempat Penelitian .....	25
3.7 Diagram Alir Penelitian .....	26
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil .....	27

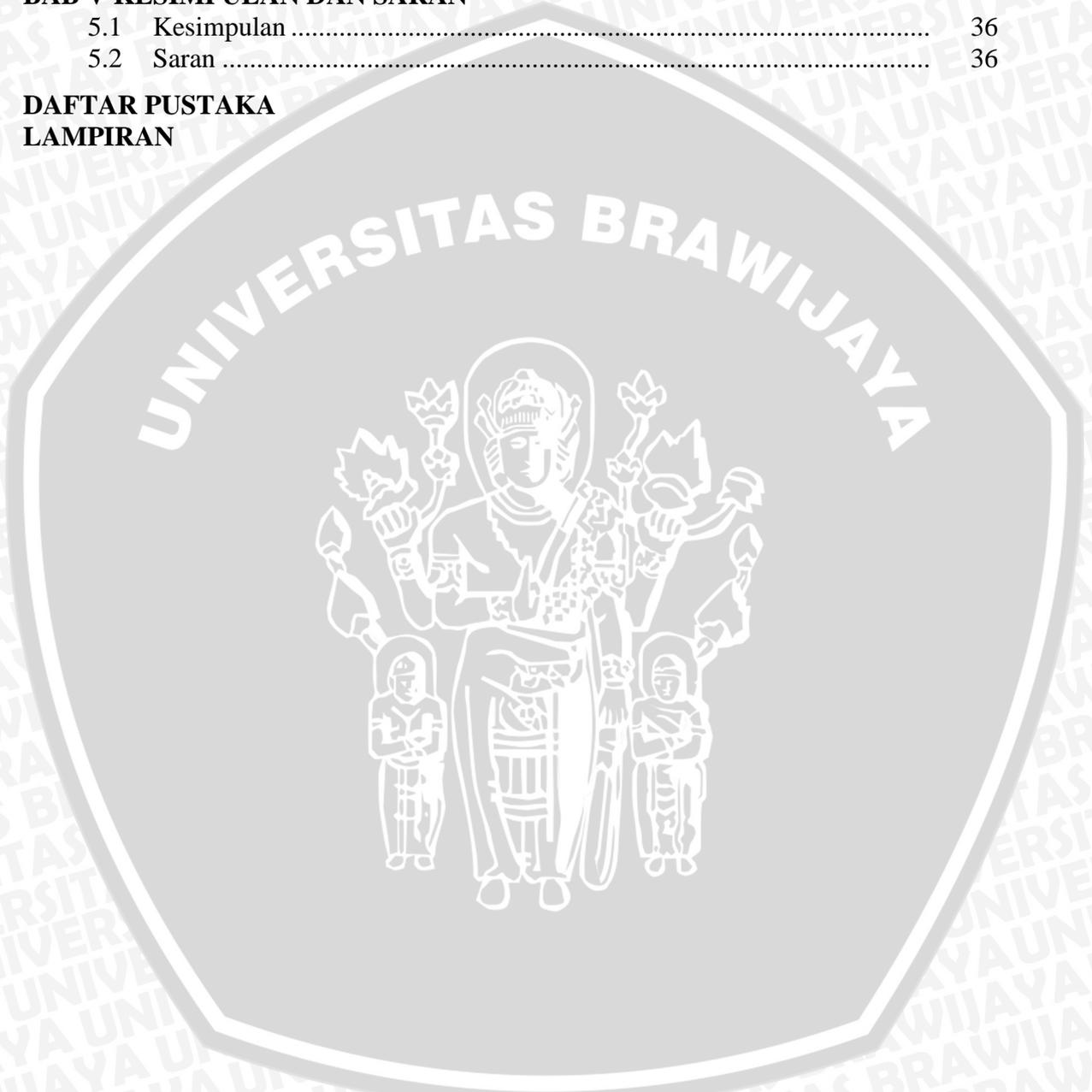
4.1.1	Data Hasil Pengujian.....	27
4.1.2	Pengolahan Data.....	29
4.2	Pembahasan.....	32
4.2.1	Hubungan Antara Debit Air (Q) Terhadap Rasio U/Vs.....	32
4.2.2	Hubungan Antara Debit Air (Q) Terhadap Daya Poros (BHP) ..	33
4.2.3	Hubungan Antara Debit Air (Q) Terhadap Efisiensi .....	34

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan .....	36
5.2	Saran .....	36

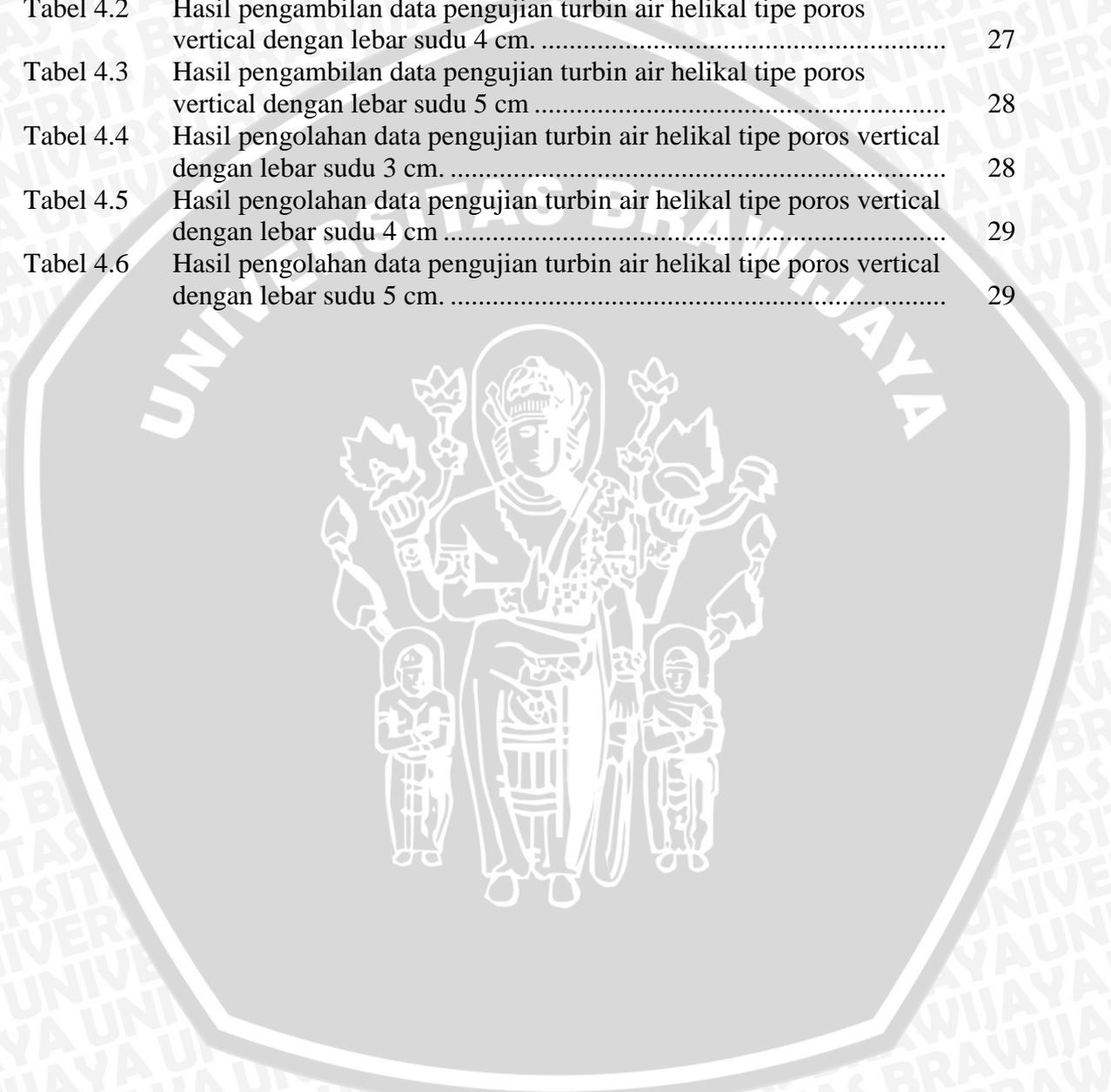
**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



**DAFTAR TABEL**

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Pengelompokan Turbin .....	7
Tabel 4.1	Hasil pengambilan data pengujian turbin air helikal tipe poros vertical dengan lebar sudu 3 cm. ....	27
Tabel 4.2	Hasil pengambilan data pengujian turbin air helikal tipe poros vertical dengan lebar sudu 4 cm. ....	27
Tabel 4.3	Hasil pengambilan data pengujian turbin air helikal tipe poros vertical dengan lebar sudu 5 cm .....	28
Tabel 4.4	Hasil pengolahan data pengujian turbin air helikal tipe poros vertical dengan lebar sudu 3 cm. ....	28
Tabel 4.5	Hasil pengolahan data pengujian turbin air helikal tipe poros vertical dengan lebar sudu 4 cm .....	29
Tabel 4.6	Hasil pengolahan data pengujian turbin air helikal tipe poros vertical dengan lebar sudu 5 cm. ....	29



## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Turbin Pelton.....	8
Gambar 2.2	Turbin <i>Cross-Flow</i> .....	10
Gambar 2.3	Turbin Francis .....	11
Gambar 2.4	Turbin Kaplan .....	12
Gambar 2.5	Turbin Helokal (Gorlov) .....	13
Gambar 2.6	Jenis Turbin dan Efisiensi (%) .....	14
Gambar 2.7	Parameter Turbin Air Helikal.....	15
Gambar 2.8	Sudu Hydrofoil Simetris dan Tak Simetris .....	15
Gambar 2.9	Diagram Kecepatan Pada Turbin Sumbu Vertikal.....	16
Gambar 3.1	Pompa Sentrifugal .....	20
Gambar 3.2	<i>Magnetic Flowmeter</i> .....	21
Gambar 3.3	<i>Digital Tachometer</i> .....	22
Gambar 3.4	Neraca Pegas .....	22
Gambar 3.5	Turbin Air Helikal.....	23
Gambar 3.6	Instalasi Penelitian .....	24
Gambar 3.7	Diagram Alir Penelitian .....	26
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Antara Debit air (Q) Terhadap Rasio U/Vs pada Variasi Lebar Sudu Turbin Air Helikal Tipe Poros Vertikal .....	32
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Antara Debit air (Q) Terhadap Daya Poros (BHP) pada Variasi Lebar Sudu Turbin Air Helikal Tipe Poros Vertikal.....	33
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Antara Debit air (Q) Terhadap Efisiensi pada Variasi Lebar Sudu Turbin Air Helikal Tipe Poros Vertikal .....	34



## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1	Gambar 2 dimensi Turbin Air Helikal
Lampiran 2	Foto saat pengambilan data
Lampiran 3	Foto saat turbin air helikal berputar



## RINGKASAN

**Ega Satriyanto**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, November 2015, *Pengaruh Lebar Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Air Helikal Tipe Poros Vertikal*, Dosen Pembimbing: Rudy Soenoko dan Purnami.

Energi listrik adalah satu dari energi vital yang sangat banyak digunakan dalam kehidupan manusia sehari-hari. Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat membutuhkan tambahan energi baru yang ramah lingkungan dan dapat diperbarui. Karena sumber energi yang digunakan untuk pembangkit energi listrik sebagian besar berasal dari sumberdaya yang terbatas. Pemanfaatan energi air adalah salah satu solusi untuk energi terbarui, turbin air helikal merupakan salah satu dari pemanfaatan potensi tenaga air mikrohidro. Turbin air helikal merupakan turbin yang dapat digunakan pada alairan tidal (aliran pasang surut) juga turbin yang dapat digunakan pada aliran bolak balik. Penelitian ini bertujuan untuk meninjau pengaruh lebar sudu terhadap unjuk kerja turbin air helikal tipe poros vertikal dengan variasi debit air. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode experimental nyata yang secara langsung digunakan pada obyek yang akan diteliti. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi lebar sudu 3, 4, 5 cm dan debit air 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90 m<sup>3</sup>/jam. Variabel terikat yang digunakan adalah daya air, daya poros, rasio U/Vs dan efisiensi. Dari penelitian yang dilakukan, didapatkan daya poros tertinggi sebesar 4,114 Watt pada debit 90 m<sup>3</sup>/jam dengan variasi lebar sudu 5 cm, sedangkan rasio U/Vs tertinggi sebesar 1,65 pada debit air 90 m<sup>3</sup>/jam dengan variasi lebar sudu 3 cm. Efisiensi tertinggi yang didapatkan dari penelitian ini sebesar 34,72 % pada debit air 90 m<sup>3</sup>/jam dengan lebar sudu 5 cm.

**Kata kunci:** turbin air helikal, lebar sudu, poros vertikal, unjuk kerja

## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Untuk saat ini energi listrik merupakan energi yang sangat dibutuhkan bahkan keberadaannya adalah bagian utama penunjang kehidupan manusia, dimana disetiap yang dilakukan oleh manusia sebagian besar membutuhkan energi listrik dari kebutuhan kecil sampai dunia industri yang besar. Sebagai contoh setiap rumah pasti membutuhkan lampu penerangan untuk melakukan aktivitas, tanpa listrik kita tidak mungkin menjadi Negara yang maju dan sudah pasti akan menjadi Negara yang tertinggal baik dalam kehidupan orangnya maupun kebutuhan di dalam dunia industri. Semua itu sudah pasti membutuhkan pembangkit listrik untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan yang diperlukan dalam menjalankan kehidupannya.

Mengingat sumber energi yang digunakan untuk pembangkit energi listrik sebagian besar berasal dari bahan bakar fosil seperti minyak, gas, dan batu bara, maka ketergantungan terhadap bahan bakar fosil mengakibatkan menipisnya cadangan sumber energi tersebut, karena bahan bakar tersebut adalah jenis bahan bakar yang tidak dapat terbaharui lagi, meskipun dapat terbaharui membutuhkan waktu yang sangat lama, bahkan ribuan tahun. Oleh karena itu, pengembangan dan implementasi sumber tenaga terbarukan yang ramah lingkungan seperti tenaga air, perlu mendapatkan perhatian serius dari berbagai pihak.

Energi fosil yang saat ini ketersediannya sudah sangat tipis maka kita memerlukan energi alternatif dan terbarukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil tersebut. Energi panas matahari, panas bumi, angin dan air merupakan sebagian kecil dari berbagai energi yang dapat kita manfaatkan dan keberadaannya di bumi juga sangat melimpah. Dalam hal ini saya sebagai penulis ingin mencoba memanfaatkan energi air menjadi energi listrik, karena melimpahnya air yang tidak termanfaatkan menjadi sebuah energi. Di Negara kita air sudah banyak dimanfaatkan menjadi energi, contohnya pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Namun dalam kesempatan kali ini saya ingin mencoba melakukan penelitian untuk skala kecil atau mikrohidro.

Energi air yang melimpah dan diubah ke dalam bentuk lain merupakan satu dari banyak solusi yang sangat menjanjikan untuk menurunkan ketergantungan terhadap energi fosil tersebut. Air yang tidak akan bisa habis ketersediaannya, murah dan tidak menghasilkan polusi seperti bahan bakar dari fosil merupakan alasan mengapa saya memilih untuk mencoba melakukan penelitian terhadap energi air tersebut. Turbin air merupakan salah satu alat untuk mengubah energi air tersebut dalam bentuk lain yang berguna dalam kehidupan contohnya energi listrik. Dalam hal ini penulis mencoba untuk melakukan penelitian tentang turbin helikal.

Turbin air helikal memiliki kelebihan untuk memulai putaran awal dengan sendirinya yang baik disebabkan karena terdapat *hydrofoil* pada setiap derajat putar turbin. Dan juga bisa menerima aliran horizontal dari berbagai arah disebabkan oleh bentuk dari konstruksi turbin helikal itu sendiri, sehingga bisa digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga air pasang-surut yang memiliki arah aliran bolak-balik.

Prof. Alexander Gorlov memperoleh hak paten pada tahun 1995 tentang bentuk sudu dari turbin helikal, yang dapat digunakan pada turbin angin maupun air. Sudu ini berbentuk helix yang merupakan pengembangan dari darrieus turbine tetapi memiliki banyak kelebihan daripada turbin darrieus itu sendiri. Yang memiliki prinsip kerja sama seperti turbin pada umumnya.

Penelitian yang berhubungan tentang turbin air helikal sendiri sudah banyak dilakukan untuk mendapatkan kinerja paling baik yang mampu didapatkan dari turbin air helikal itu sendiri. Dari sini penulis ingin melakukan penelitian tentang pengaruh lebar sudu turbin air helikal terhadap hasil kerja dari turbin helikal tersebut salah satunya adalah efisiensi kerja yang didapatkan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang ada di atas maka penulis mengambil rumusan masalah yang meliputi bagaimana pengaruh lebar sudu terhadap unjuk kerja turbin air helikal tipe poros vertikal

## 1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini batasan masalah yang digunakan sebagai berikut :

1. Kondisi aliran air pada penelitian ini dianggap *steady state* dan juga *steady flow*.

2. Unjuk kerja pada turbin air helikal antara lain meliputi daya yang mampu dibangkitkan dari poros turbin air helikal (BHP), rasio U/Vs dan efisiensi yang dihasilkan dari turbin air helikal tipe poros vertikal itu sendiri.
3. Saluran yang dipakai dalam penelitian ini adalah saluran terbuka.
4. Lebar sudu yang digunakan adalah dengan variasi lebar 3, 4, dan 5 cm.
5. Putaran poros yang saya pakai dalam penelitian ini sebesar 100 rpm.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian saya ini memiliki tujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh lebar sudu terhadap unjuk kerja turbin air helikal tipe poros vertikal.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini, penulis mengharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Mendapatkan hasil dari analisa unjuk kerja dari turbin air helikal dengan menggunakan variasi lebar sudu.
2. Sebagai bahan dari pertimbangan bagi semua kalangan umum bahwa dari unjuk kerja turbin air helikal itu sendiri masih bisa ditingkatkan efisiensinya.
3. Sebagai sumbangan pemikiran ilmu bagi dunia pendidikan khususnya pada bidang teknik

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Gusti (2013), melakukan penelitian terhadap perbandingan antara jumlah sudu, dan gap pada turbine air Savonis dengan sumbu vertikal. Pada penelitian ini menggunakan tiga variasi sudu, yaitu 2, 3, dan 4 sudu. Hasil pengujian membuktikan bahwa variasi jumlah sudu dapat mempengaruhi kinerja dari turbin air. Dari pengujian yang dilakukan diperoleh hasil daya uji yang paling tinggi sebesar 3,908546 W, pada kecepatan 1,4 m/s yang di hasilkan oleh turbin sudu 4 dengan gap 2 cm.

Gede (2014), penelitian lain yang mengambil topik tentang pengaruh lebar sudu terhadap unjuk kerja kincir air tipe sudu lengkung pada aliran *overshot*. Gede pada penelitian ini mengambil variasi lebar sudu 3 cm, 4 cm, dan 5 cm. Debit air yang digunakan pada penelitiannya adalah sebesar 2 ; 4 ; 6 ; 8 ; 10 m<sup>3</sup>/jam.

Dari penelitiannya Gede mendapatkan kesimpulan bahwa lebar dari sudu dapat mempengaruhi unjuk kerja dari kincir air sudu lengkung *overshot*. unjuk kerja yang dihasilkan adalah efisiensi dari kincir air, didapatkan nilai paling tinggi pada variasi lebar 400 mm dan pada debit aliran air 2 m<sup>3</sup>/jam yaitu sebesar 63,29 %.

#### 2.2 Potensial Tenaga Air

Bahan bakar fosil ketersediaannya semakin menipis karena sumber daya alam yang sulit diperbaharui, selain itu juga memiliki dampak yang kurang baik terhadap lingkungan seperti pencemaran lingkungan dan polusi udara. Maka diperlukan suatu energi terbarukan atau energi alternatif untuk mengurangi dampak tersebut. Pemanfaatan air sebagai energi alternatif yang dapat memenuhi kebutuhan manusia dalam jangka waktu yang panjang. Karena air adalah satu dari banyak energi yang keberadaannya sangat melimpah dan mudah didapatkan dimana saja di Negara kita ini.

Air memiliki energi yang tersimpan di dalamnya yang mampu di dimanfaatkan, pemanfaatan energi yang tersimpan dalam air tersebut dengan cara mengubahnya kebentuk lain contohnya ke dalam bentuk energi listrik. Di dalam suatu aliran air memiliki energi potensial dikarenakan terdapat ketinggian air tersebut, sedangkan

energi kinetik dikarenakan aliran air tersebut memiliki kecepatan. Selanjutnya energi tersebut menghasilkan energi mekanik dari putaran poros turbin yang dihubungkan dengan generator menghasilkan energi listrik.

Besar kecilnya energi yang dihasilkan pada air tergantung pada besarnya ketinggian dan kecepatan aliran. Secara garis besar head (ketinggian) adalah perbedaan ketinggian air antara muka air pada reservoir atau bak penampung (bendungan) dengan muka air pada saat keluar dari saluran kincir atau turbin. Total energi yang dimiliki suatu sumber karena letak ketinggiannya yaitu :

$$E = m \cdot g \cdot h \quad (2-1)$$

Dimana :

- E : Energi potensial dari air, (N.m)
- M : Massa air, (kg)
- h : Head, (m)
- g : Percepatan gravitasi, (m/s<sup>2</sup>)

Daya adalah energi setiap satuan waktu (E/t) sehingga persamaan di atas dapat kita ubah jadi :

$$\frac{E}{t} = \frac{m}{t} \cdot g \cdot h \quad (2-2)$$

Dengan mensubstitusikan P pada E/t dan  $\rho Q$ , terhadap m/t :

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot h \quad (2-3)$$

Dimana :

- P : Daya potensial yang dimiliki air, (watt)
- Q : Debit pada aliran air, (m<sup>3</sup>/s)
- $\rho$  : Densitas air (masa jenis), (kg/m<sup>3</sup>)

Energi potensial dari air bisa di dapatkan dikarenakan terdapat ketinggian atau head, dan energi kinetik dari air adalah energi yang timbul karena terdapat kecepatan aliran air. Energi tersebut dapat diketahui atau dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$E = \frac{1}{2} m v^2 \quad (2-4)$$

Dimana :

$v$  : kecepatan yang dimiliki oleh aliran air, ( $m/s^2$ )

Hubungan antara energi kinetik air terhadap daya yang dihasilkan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P = \frac{1}{2} \rho Q v^2 \quad (2-5)$$

Persamaan diatas sudah sesuai dengan persamaan yang ada pada hukum kontinuitas  $Q = A v$  maka :

$$P = \frac{1}{2} \rho (Av) v^2 \quad (2-6)$$

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (2-7)$$

Dimana :

$A$  : luasan penampang lintasan aliran air

### 2.3 Pengertian Fluida

Fluida merupakan salah satu zat yang dapat mengalami perubahan-perubahan bentuk secara continue/terus-menerus apabila terkena tekanan/gaya geser meskipun relatif kecil. Disebut juga sebagai suatu zat yang dapat mengalir. Kata fluida sendiri mencakup zat cair, gas, air, dan udara. Sebaliknya batu atau benda-benda keras dan seluruh zat-zat padat tidak dapat dikategorikan sebagai fluida karena tidak dapat mengalir secara *continue* apabila terkena tekanan.

Penelitian ini menggunakan jenis fluida air sebagai bahan uji. Air termasuk dalam kategori jenis *Newtonian Fluid* karena memiliki nilai viskositas yang sama walaupun dikenai *shear rate* yang berbeda-beda pada temperatur dan tekanan lingkungan yang sama. Selain itu air juga termasuk dalam jenis fluida *Incompressible* karena apabila mendapatkan tekanan maka volume dan massa jenisnya akan tetap.

### 2.4 Turbin Air

Turbin air merupakan salah satu alat utama untuk mengubah energi yang dimiliki oleh air menjadi energi listrik dengan cara potensial dari air menjadi energi kinetik menumbuk sudu-sudu turbin sehingga menghasilkan energi mekanik dari putaran poros turbin. Selanjutnya turbin disambungkan dengan generator supaya

menghasilkan energi listrik yang dapat digunakan di kehidupan kita sehari-hari. Pada abad ke-19 pertama kali sudah di pasaran secara massal turbin air digunakan menjadi pembangkit listrik. Dari prinsip kerja di atas jenis dari turbin air dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi.

## 2.5 Klasifikasi Turbin Air

Turbin air merupakan mesin konversi energi yang memiliki fungsi untuk merubah energi potensial yang dimiliki oleh air menjadi energi mekanik berupa putaran pada poros kincir atau turbin. Pada turbin tidak mengenal terdapat mesin yang bergerak translasi. Bagian turbin yang berputar disebut rotor atau roda turbin sedangkan bagian yang tidak berputar disebut stator. Air yang diam pada ketinggian tertentu, menyimpan energi potensial yang dapat diubah secara perlahan-lahan dengan mengalirkan air ke tempat yang lebih rendah. Berdasarkan prinsip kerja pada turbin air dalam mengubah energi potensial menjadi energi mekanik, dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls, dan turbin reaksi.

Tabel 2.1 Pengelompokan Turbin

Jenis Turbin	Head Tinggi	Head Sedang	Head Rendah
Impuls Turbin	Pelton dan Turgo	Cross – Flow, Multi - Jet Pelton, Turgo	Cross-Flow
Turbin Reaksi		Francis	Propeller, Kaplan

Sumber : Dietzel F. Turbin Pompa dan Kompresor.

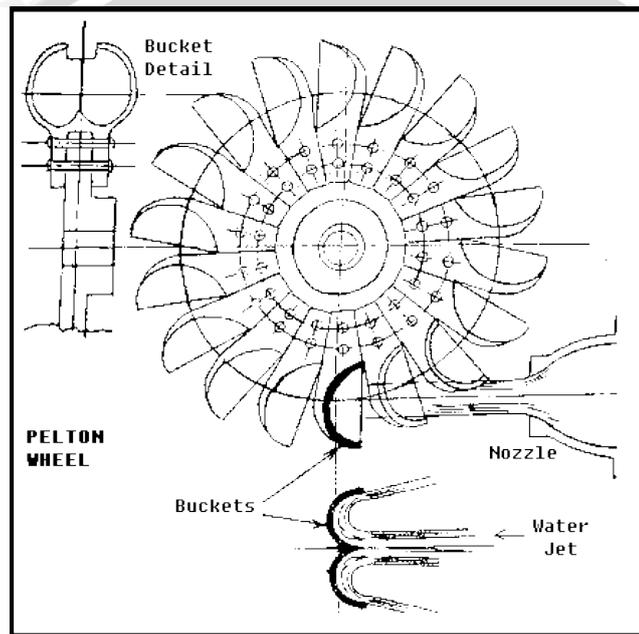
### 2.5.1 Turbin Impuls

Turbin impuls merupakan jenis dari turbin yang memiliki cara kerja dengan merubah seluruh dari energi air (energi potensial, tekanan, dan kecepatan air) sehingga dapat menghasilkan energi kinetik untuk memutar poros dari turbin tersebut. Disini *nozzle* berfungsi mengubah energi potensial menjadi energi kinetik, tumbukan dari sudu turbin diakibatkan oleh kecepatan tinggi dari air yang keluar dari *nozzle*. Setelah itu kecepatan air berubah mengakibatkan *impulse* atau perubahan momentum, sehingga mengakibatkan roda dari turbin akan berputar. Impulse turbine salah satu jenis turbin yang memiliki tekanan sama dengan tekanan atmosfer, dalam hal ini tekanan dari air

yang keluar dari *nozzle* sama dengan tekan dari atmosfer udara luar. Contoh dari impuls turbine adalah turbin pelton

### 2.5.1.1 Turbin Pelton

Turbin pelton adalah satu dari jenis turbin impuls, turbin pelton memiliki sudu-sudu berbentuk mangkok. Pancaran air keluar dari *nozzle* menumbuk sudu berbentuk mangkok untuk memutar poros turbin untuk mengatur aliran. Turbin pelton hanya bisa dipakai pada hed yang tinggi.



Gambar 2.1 Turbin Pelton  
Sumber: Anonymous 1 ; 2012

Sudu turbin pelton memiliki dua bagian yang simetris. Bentuk sudu dibuat sedemikian hingga supaya air yang keluar pada *nozzle* tepat mengenai tengah pada sudu tersebut. Dalam turbin yang memiliki head tinggi sistem pancuran air memiliki berbagai *nozzle*. Sehingga diameter pancuran air dapat dipersempit dan ember menjadi lebih kecil. Head yang diperlukan untuk turbin pelton pada pembangkit dalam skala besar lebih kurang 150 meter sedangkan pada skala mikro memerlukan 20 meter saja.

Turbin pelton adalah turbin dengan ukuran besar, dikarenakan turbin pelton dioperasikan pada tekanan dan head yang tinggi dengan momentum pada sudu sangatlah besar. Dari sini turbin pelton haruslah memiliki konstruksi yang kuat. Dalam turbin pelton semua head dan tempat tekanan saat masuk pada sudu diubah semuanya menjadi kecepatan, hal ini dapat kita lihat pada gambar di atas.

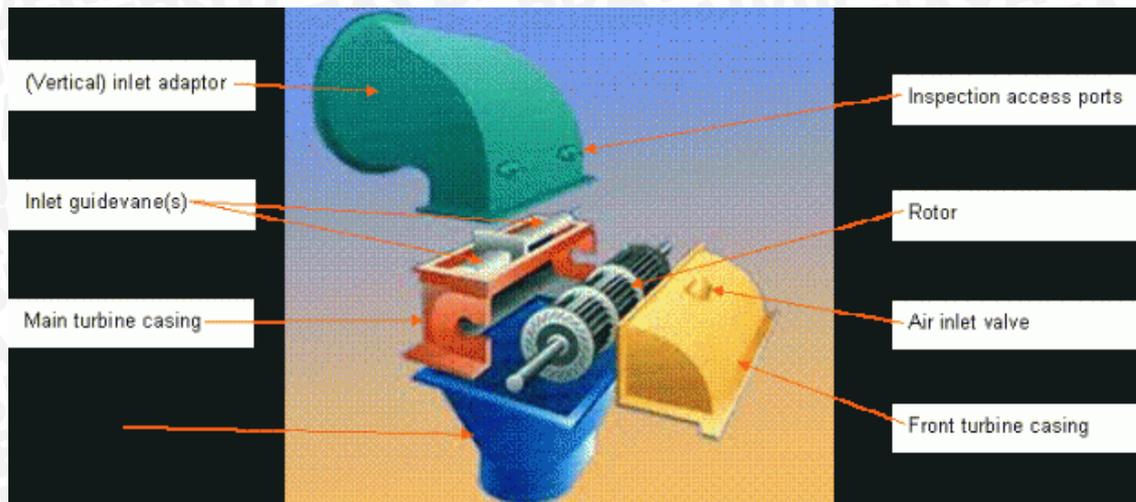
### 2.5.1.2 Turbin *Crossflow*

Turbin *Cross-Flow* merupakan jenis dari turbin impuls, turbin ini ditemukan oleh insinyur dari Australia A.G.M. Michell pada tahun 1903. Selanjutnya dikembangkan oleh Prof. Donat Banki di Jerman Barat oleh karena itu turbin ini dinamakan turbin Banki sering disebut juga Turbin Michell-Ossberger (Haimel, L.A., 1960).

Kebanyakan orang lebih memilih menggunakan turbin *Cross-Flow* dibandingkan dengan kincir air ataupun jenis mikro hidro dikarenakan turbin *Cross-Flow* lebih menguntungkan. Turbin *Cross-Flow* lebih murah dibandingkan kincir air dalam pembuatannya dengan kesamaan bahan. Dikarenakan turbin *Cross-Flow* ukurannya cenderung lebih kecil dibandingkan dengan kincir air itu sendiri. Diameter turbin *Cross-Flow* biasanya hanya 20cm saja dibandingkan dengan kincir air yang bisa mencapai 2 meter keatas sehingga apabila dibuat dengan bahan yang sama akan membutuhkan bahan yang lebih sedikit. Yang lebih penting efisiensi yang dihasilkan oleh turbin ini lebih besar dibandingkan dengan kincir air.

Turbin *Cross-Flow* merupakan jenis turbin radial yang memiliki tekanan kecil dengan injeksi tangensial dari putaran kipas dengan poros horizontal. Aliran dari air pada turbin ini mengalir melalui saluran masuk pipa kemudian diatur oleh baling-baling pemacu dan masuk kedalam kipas turbin itu sendiri. Setelah itu air melewati kipas yang berlawanan sehingga menghasilkan efisiensi tambahan. Pada akhirnya air mengalir dari casing secara bebas maupun melalui tabung yang berada di bawah turbin itu.

Kenyataannya aliran air yang berada pada kipas dapat membersihkan dengan sendirinya. Gaya sentrifugal yang berada pada kipas-kipas turbin memberikan efek pembuangan kotoran yang masuk bersama air. Selanjutnya setelah mengalami setengah dari putaran, kipas mendorong kotoran keluar ke bak penampungan.



Gambar 2.2 Turbin *Cross-Flow*  
 Sumber : Anonymous 2 ; 2012

## 2.5.2 Turbin Reaksi

Pada turbin ini sudu dibuat kontruksi khusus sehingga dapat menghasilkan penurunan tekanan air selama melewati sudu. Jenis turbin reaksi adalah turbin yang paling banyak digunakan pada saat ini. Pada turbin ini perbedaan tekanan dapat memberikan gaya pada sudu sehingga dapat membuat runner berputar. Prinsip kerja seperti diatas merupakan prinsip kerja dari turbin reaksi, pada turbin reaksi runner berada dalam air atau tercelup seluruhnya dalam air yang berada dalam rumah turbin.

### 2.5.2.1 Turbin Francis

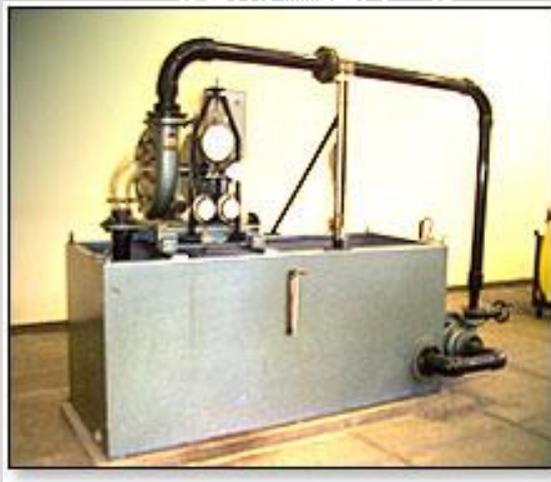
Turbin air francis ditemukan oleh orang amerika bernama Howk dan Francis pada tahun 1950. Turbin francis paling banyak digunakan karena kapasitas pada tinggi air jatuh sudah sesuai dengan kebutuhannya. Untuk saat ini melalui berbagai penelitian turbin francis sudah dapat digunakan pada tinggi air jatuh mencapai 700m dilain sisi kapasitas dan kecepatan roda putarnya sudah sesuai dengan harapan. Terjadi kendala pada turbin francis apabila terdapat pasir pada aliran airnya yang masuk kedalam turbin.

Turbin francis merupakan turbin dengan tekanan yang tinggi pada saat air memasuki turbin sedangkan memiliki tekanan rendah saat aliran keluar dari turbin.dalam turbin francis sudu pengarah berfungsi untuk mengarahkan aliran air yang dapat diatur sudut sudunya.menggunakan sudu pengarah merupakan suatu solusi yang tepat pada suatu kondisi tertentu.

Turbin air francis memiliki prinsip saat air masuk kedalam roda jalan atau rotor, energi potensial air bekerja pada sudu pengarah tersebut selajutnya dirubah sebagai

kecepatan masuk ke turbin. Sisa dari energi potensial air selanjutnya dimanfaatkan di dalam rotor, karena ada pipa hisap memungkinkan potensial dari air bekerja pada rotor dengan maksimal. Pada saat air keluar dari roda jalan terdapat tekanan yang rendah (kurang dari 1 atmosfer) dengan kecepatan aliran air yang tinggi. Didalam pipa hisap kecepatan aliran air mulai berkurang sedangkan tekanannya naik kembali, sehingga air dapat keluar melewati saluran keluar yang berada dibawah dengan tekanan atmosfer (sama dengan tekanan udara sekitarnya)

Turbin francis memiliki banyak rotor atau sudu pengarah yang keseluruhannya terendam di dalam air. Air yang masuk ke dalam turbin ini melewati saluran masuk yang berada di atas rumah turbin yang berbentuk spiral. Untuk mengatur daya yang dihasilkan oleh turbin francis ini dilakukan dengan cara mengubah posisi atau sudut dari sudu pengarah, dengan demikian air yang masuk ke dalam turbin bisa diatur besar kecilnya.



Gambar 2.3 Turbin Francis  
Sumber : Anonymus 3 ; 2014

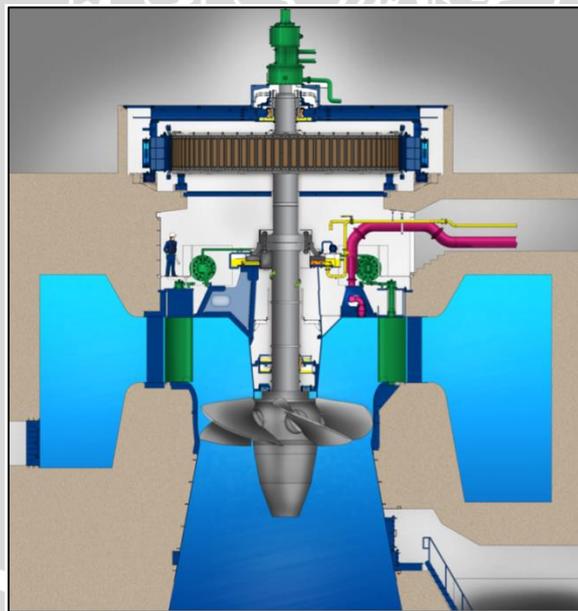
#### 2.5.2.2 Turbin Kaplan, dan Propeler

Turbin Kaplan adalah jenis turbin air propeller dengan menggunakan *blade* yang dapat disesuaikan. Turbin ini di rancang oleh professor dari Austria bernama Victor Kaplan pada tahun 1913. Dia mengkombinasikan baling baling secara otomatis yang bisa di adjust di sesuaikan dengan *wicket gates* atau gerbang gawang, digunakan untuk menghasilkan efisiensi di berbagai tingkat aliran air.

Turbin Kaplan sendiri adalah pengembangan dari turbin francis, dari penemuan turbin Kaplan ini menghasilkan listrik dengan hanya menggunakan head yang rendah

yang tidak dapat dihasilkan oleh turbin air francis itu sendiri. Tinggi head dari turbin ini antara 10-70 m dan daya yang dihasilkan antara 5-200 MW. Putaran dari turbin ini berkisar antara 79-429 rpm. Turbin Kaplan dapat menghasilkan daya yang paling optimal apabila mencapai head 34,65 m, seperti yang ada pada power plant di Venezuela (Tacoma Power Plant) Kaplan pembangkit turbin 235 MW yang memiliki diameter runner 4,8m. pada saat ini turbin Kaplan banyak digunakan pada sebuah power plant dengan aliran rendah.

Turbin ini merupakan jenis turbin reaksi dengan menggunakan aliran ke dalam, berarti fluida perubahan tekanan bekerja saat bergerak melewati turbin kemudian memberikan energinya. Daya dipulihkan dari kedua kepala hidrostatis dan dari energi kinetik dari air yang mengalir. Desain dari turbin ini adalah menggabungkan fitur aksial dan radial dari turbin. Saluran masuk turbin berbentuk scroll yang membungkus di sekitar gerbang gawang turbin. Air kemudian diarahkan secara tangensial melalui gerbang gawang tersebut kemudian secara spiral ke baling-balingnyaberbentuk runner yang mengakibatkan turbin ini berputar. Saluran keluar berbentuk draft tube yang berfungsi mengurangi kecepatan air juga untuk memulihkan energi kinetiknya.



Gambar 2.4 Turbin Kaplan  
Sumber : Anonymous 4 ; 2014

### 2.5.2.3 Turbin Helikal (Gorlov)

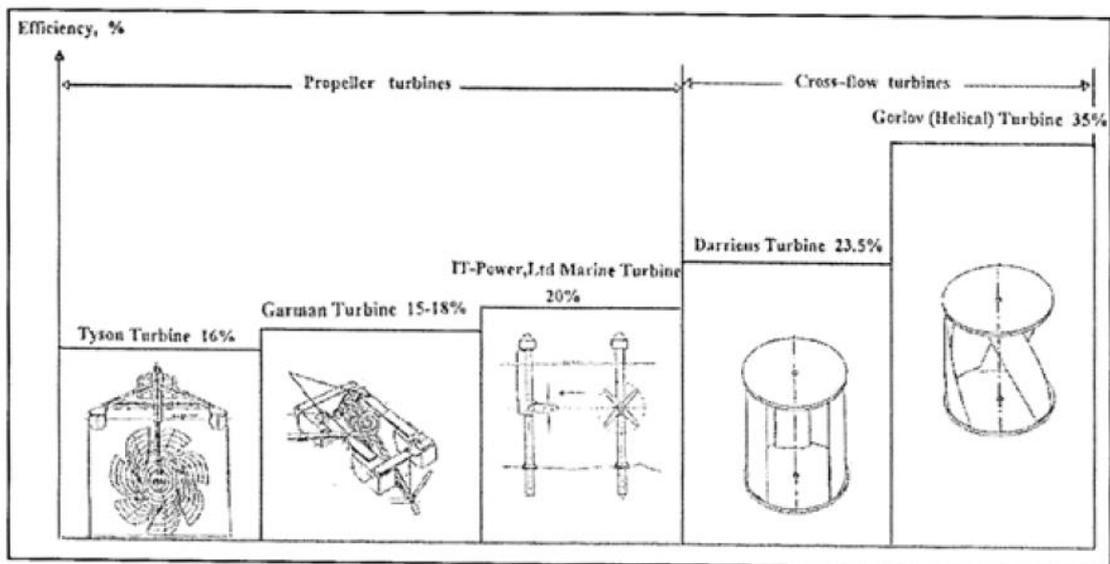
Turbin air helikal atau sering juga disebut turbin gorlov adalah penyempurnaan atau pengembangan dari turbin sebelumnya yaitu turbin Darrieus, turbin ini baru ditemukan pada tahun 1995. Prinsip kerja turbin helikal ini sama dengan turbin pada

umumnya yaitu mengubah energi yang tersimpan dalam air (energi potensial) menjadi energi kinetik saat menumbuk sudu turbin lalu menjadi energi mekanik saat poros turbin berputar. Profesor Alexander M. Gorlov adalah orang yang menemukan turbin ini yang berasal dari Northeastern University. Turbin helikal dapat digunakan pada arus sungai, arus laut, dan juga arus pasang surut (tidal energy).



Gambar 2.5 Turbin Helikal (Gorlov)  
Sumber : Anonymous 5 ; 2014

Untuk memanfaatkan tidal energi yang belum banyak digunakan telah dikembangkan berbagai jenis turbin dan efisiensi yang dihasilkan (gambar 2.6). Dikenal dua macam jenis turbin : 1.) *propeller turbine*, dan 2.) *cross flow turbine*. *Propeller turbine* memiliki sifat yang *non-reversible* sulit untuk berputar pada perubahan arah aliran atau pasang-surut tetapi sebaliknya pada turbin jenis *cross flow turbine* dapat menyesuaikan pada kondisi tersebut dengan cepat, selain itu turbine tipe aliran silang / *cross flow turbine* mempunyai efisiensi yang lebih baik jika dibanding *propeller turbine*. [Gorban, 2001]. Turbine jenis aliran silang ada 2 tipe yaitu a) *Darrieus turbine* dan b) *Gorlov (helical) turbine*. Tipe *Darrieus turbine* mempunyai sejumlah kekurangan dibanding *Gorlov (helical) turbine*, turbin tipe *Darrieus* saat operasi memiliki lendutan yang kuat dan pada banyak kasus turbin tidak bisa memulai putarannya sendiri. Selanjutnya dikembangkan turbin helikal yang mempunyai efisiensi yang lebih baik dan karakteristik kerja yang lebih bagus. Turbin helikal mempunyai efisiensi 11.5 % lebih besar dibandingkan efisiensi yang dimiliki oleh turbin *Darrieus*.



Gambar 2.6 Jenis Turbin dan Efisiensi (%)

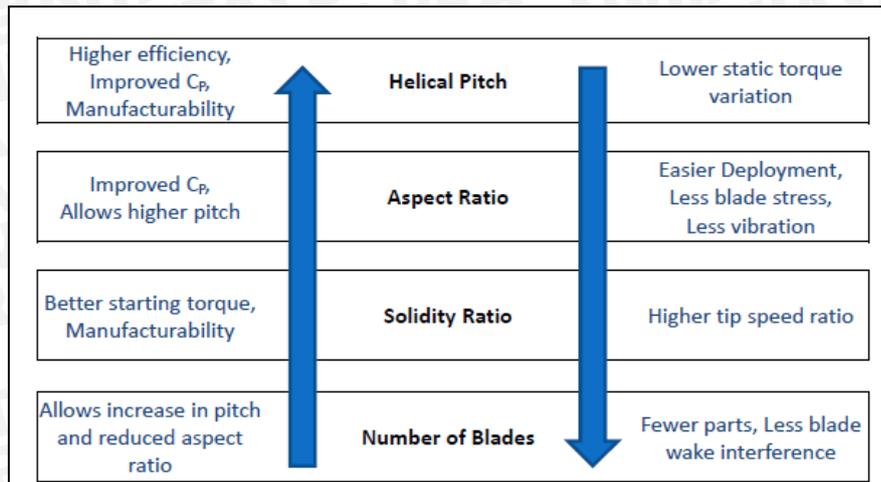
Sumber : Gorban, A.N., Gorlov, A.M., Silantyev V.M., 2001, *Limits of the Turbine Efficiency for Free Fluid Flow Journal of Energy Resources Technology*

Turbin air helikal memiliki kelebihan untuk memulai putaran awal dengan sendirinya yang baik disebabkan karena terdapat hydrofoil pada setiap derajat putar turbin. Dan juga bisa menerima aliran horizontal dari berbagai arah disebabkan oleh bentuk dari konstruksi turbin helikal itu sendiri, sehingga bisa digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga air pasang-surut yang memiliki arah aliran bolak-balik.

## 2.6 Prinsip Kerja Turbin Air Helikal

Turbin air helikal memiliki sudu yang berbentuk *hydrofoil* dengan arah melintang yang memiliki besar derajat sudut tertentu. Sudu tersebut berfungsi untuk mengubah energi potensial dari aliran air yang bergerak menghasilkan energi kinetik menumbuk pada sudu turbin yang selanjutnya dirubah menjadi energi mekanik gerak pada putaran poros turbin. Aliran air yang membentur sudu bisa digambarkan dalam diagram kecepatan yang akan dijelaskan pada sub-bab selanjutnya.

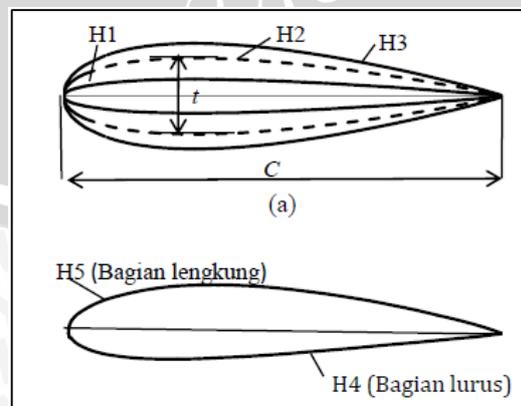
Dalam merancang turbin air tipe sudu helikal, anda harus diperhatikan parameter-parameter yang dapat mempengaruhi kinerja turbin tersebut. Pengaruh naik turunnya parameter dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.7 Parameter Turbin Air Helikal  
Sumber : Niblick, 2012

### 2.6.1 Hydrofoil

*Hydrofoil* merupakan suatu penampang benda yang berbentuk sedemikian rupa agar terjadi reaksi saat ada fluida yang melewatinya, misalkan dilewati oleh air atau udara sehingga menghasilkan putaran dari sudu yang berbentuk *hydrofoil* tersebut. Gaya-gaya *hidrodinamika* yang bekerja pada *hydrofoil* dapat diperoleh dari hasil penjumlahan atau integrasi distribusi tekanan statik dan tegangan geser pada sepanjang permukaan atas dan bawah *hydrofoil*, sehingga pada akhirnya diperoleh bilangan-bilangan tak berdimensi atau koefisien-koefisien seperti koefisien gaya angkat (*coefficient of lift*), koefisien gaya hambat (*coefficient drag*), koefisien gaya moment (*coefficient of moment*). Berbagai koefisien itu dan koordinat titik pusat tekan aerodinamika digunakan untuk karakteristik performa dari aerodinamika bentuk dari *hydrofoil* sebagai fungsi dari sudut serangnya.

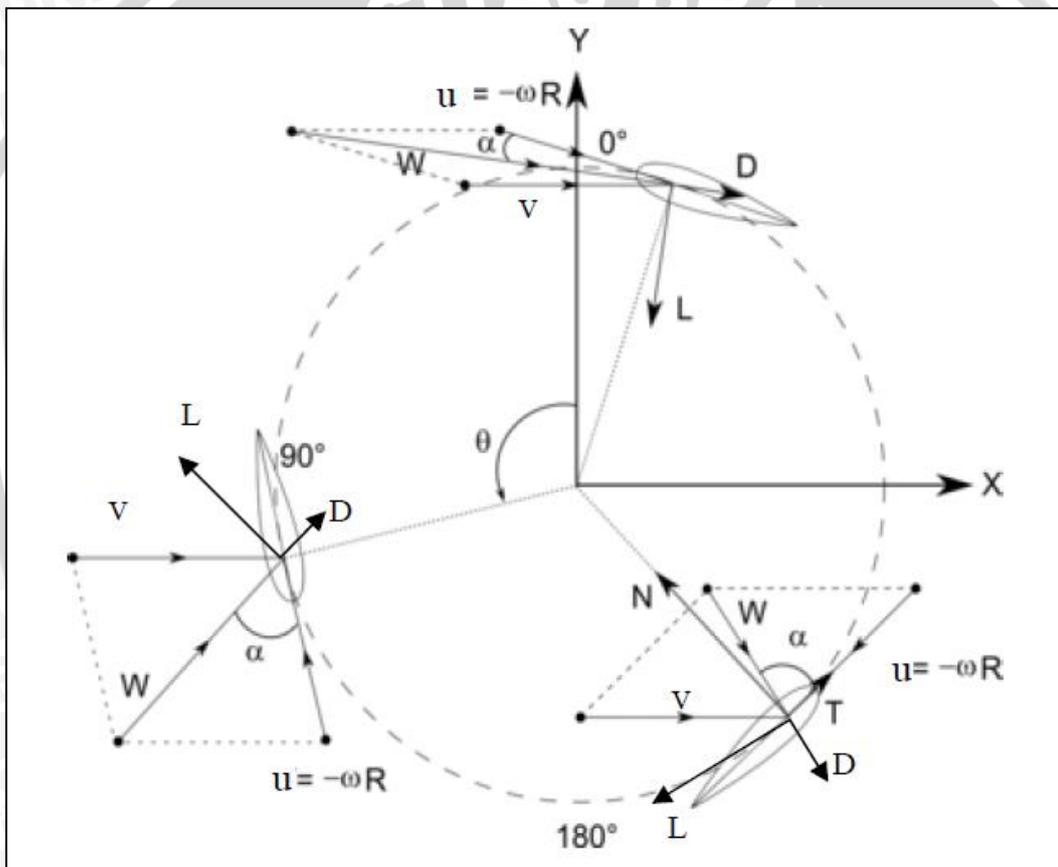


Gambar 2.8 Sudu *Hydrofoil* Simetris dan Tak-Simetris  
Sumber : Kaprawi, 2011

Karakteristik *hydrodinamika* sangat dipengaruhi oleh aliran air yang menumbuk sudu tersebut, oleh karena itu kita perlu mengetahui bagian-bagian dari hydrofoil tersebut : *leading edge*, *trailing edge*, *chord line*, *chamber*, *mean chamber*, *mean chamber line*, dan *thickness*. [Hatomi, Fasri ; 2010]

### 2.6.2 Diagram Kecepatan

Diagram kecepatan turbin air pada sumbu vertikal merupakan pendekatan dari turbin udara pada sumbu vertikal seperti yang terlihat di gambar 2.9. Dimana resultan vektor kecepatan ( $W$ ) adalah jumlah dari vektor kecepatan ( $v$ ) fluida dan vektor kecepatan sudu ( $u$ ) [Ardianto ; 2008]



Gambar 2.9 Diagram kecepatan pada turbin sumbu vertical  
Sumber : Muhammad Irsyad, 2010

Pada gambar diagram kecepatan diatas dihasilkan kecepatan yang bervariasi yaitu kecepatan maksimum pada  $\theta = 0^\circ$  , sedangkan kecepatan minimum pada  $\theta = 180^\circ$  , dimana  $\theta$  merupakan posisi orbital sudu.

*Angle of attack* atau sudut serang sudu merupakan sudut antara resultan vector kecepatan ( $W$ ), dan vektor kecepatan sudu.

## 2.7 Kinerja Turbin Air

Dalam penelitian ini kinerja dari turbin air yang harus diketahui adalah : Rasio U/Vs, *Water Horse Power* (WHP), *Brake Horse Power* (BHP), dan efisiensi turbin air. Parameter-parameter itu baru bisa diketahui setelah kita melakukan penelitian dari turbin air tersebut.

### 2.7.1 *Water Horse Power* (WHP)

*Water Horse Power* (WHP) merupakan daya yang tersimpan di dalam air tersebut yang berbentuk head dari turbin, energi dari air tersebut yang digunakan untuk mendapatkan energi mekanik yang berupa putaran poros dari turbin air. Untuk mengetahui besarnya WHP dapat kita cari menggunakan rumus sebagai berikut :

$$WHP = \frac{1}{2} \rho Q V s^2 (\text{watt}) \quad (2-8)$$

Dimana :

WHP : *Water Horse Power*, (watt)

Q : Debit aliran air pada pompa, (m<sup>3</sup>/s)

Vs<sup>2</sup> : Kecepatan aliran yang dimiliki air, (m/s)

$\rho$  : Massa jenis air, (kg/m<sup>3</sup>)

### 2.7.2 *Brake Horse Power* (BHP)

*Brake Horse Power* (BHP) merupakan daya yang dihasilkan oleh putaran poros turbin yang disebabkan oleh tumbukan air pada sudu-sudu turbin air. BHP dapat diketahui dengan cara melakukan pengereman pada poros turbin air itu sehingga dihasilkan torsi selanjutnya digunakan untuk mencari *Brake Horse Power* (BHP) itu sendiri menggunakan rumus :

$$BHP = T \omega$$

$$BHp = F l \omega , (\text{watt}) \quad (2-9)$$

Dimana :

BHP : *Brake Horse Power*, (Watt)

T : Torsi, (Nm)

F : Gaya tangensial, (N)

$\omega$  : Kecepatan sudut  $\frac{2\pi n}{60}$  (rad/s)

l : Lengan torsi, (m)

### 2.7.3 Rasio U/Vs

Rasio U/Vs adalah perbandingan antara kecepatan keliling (kecepatan tangensial) dari turbin air (U), terhadap kecepatan teoritis air (Vs). Untuk mengetahui besarnya rasio U/Vs dapat kita gunakan rumus sebagai berikut :

$$\frac{U}{V_s} = \frac{\omega R}{V_s} \quad (2-10)$$

Dimana :

U : kecepatan keliling dari kincir air, (m/s)

V<sub>s</sub> : Kecepatan pada aliran air, (m/s)

R : Radian kincir, (m)

ω : Kecepatan sudut,  $\frac{2\pi n}{60}$  (rad/s)

### 2.7.4 Efisiensi Turbin Air

Efisiensi dari turbin air merupakan perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh turbin air itu (BHP) dengan daya yang diperlukan untuk memutar turbin tersebut (WHP). Efisiensi merupakan kemampuan dari turbin air untuk menerima energi yang dimiliki oleh air menjadi energi output dari turbin berupa putaran poros turbin. Semakin besar energi yang dimiliki oleh air untuk memutar poros turbin maka efisiensi yang dihasilkan akan semakin besar pula. Untuk mengetahui efisiensi dari turbin air, kita dapat menggunakan rumus atau persamaan sebagai berikut ini :

$$\eta = \frac{\text{Brake Horse Power (BHP)}}{\text{Water Horse Power (WHP)}} (\%) \quad (2-11)$$

## 2.8 Hipotesa

Semakin lebar sudu pada turbin air helikal maka efisiensi yang dihasilkan akan semakin besar, dikarenakan semakin besar lebar sudu maka torsi yang dihasilkan semakin meningkat sehingga daya yang dihasilkan juga meningkat.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode *experimental nyata* atau *true experimental research* artinya secara langsung melakukan penelitian terhadap objek yang akan diteliti. Objek tersebut diteliti dan diambil berbagai data yang diperlukan selanjutnya mengolahnya menjadi sebuah objek untuk dibandingkan.

#### 3.2 Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang akan digunakan pada saat melakukan penelitian, antara lain :

1. Variabel bebas, (*independent variable*)

Yang mana variabel ini sudah ditentukan dari awal sebelum dilakukannya pengambilan data dan bisa berubah ubah sesuai yang ditentukan, variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini :

- Lebar sudu dari turbin air heliacal yang digunakan 3, 4, dan 5 cm
- Debit dari air yang saya gunakan antara lain : 50 ; 55 ; 60 ; 65 ; 70 ; 75 ; 80 ; 85 ; 90, ( $m^3/jam$ )

2. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel dimana nilainya selalu tetap pada setiap pengambilan data di penelitian ini sama seperti variabel bebas, variabel terkontrol pun nilainya ditentukan dulu sebelum melakukan pengambilan data dalam penelitian ini. Nilai dari variabel terkontrol yang dipakai dalam penelitian ini adalah putaran dari poros turbin air helikal sebesar 100 rpm.

3. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dicari, yaitu variabel yang baru kita ketahui setelah melakukan percobaan. Variabel terikat yang dipakai pada penelitian ini antara lain :

- Daya air, (WHP) [Watt]
- Daya poros, (BHP) [Watt]

- Rasio  $U/V_s$
- Efisiensi [%]

### 3.3 Alat-alat Penelitian

#### 1. Pompa

Pompa yang dipakai pada penelitian ini adalah pompa sentrifugal. Pada penelitian kali ini pompa sentrifugal memiliki fungsi untuk memindahkan fluida dari bak penampung (reservoir) menuju saluran sehingga membentuk aliran air yang nantinya digunakan untuk melakukan pengujian terhadap turbin air.

Berikut ini adalah gambar dan spesifikasi pompa yang digunakan pada penelitian.

Spesifikasi :

Merk. : Ebara.

Hmax. : 10 m.

Q max. :  $1,5 \text{ m}^3/\text{min}$ .

Power. : 5 hp.

Kecepatan. : 1800 rpm.



Gambar 3.1 Pompa Sentrifugal.

Sumber : Laboratorium Mesin - Mesin Fluida, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

#### 2. *Magnetic Flowmeter*

*Magnetic Flowmeter* merupakan alat yang diperlukan pada penelitian kali ini yang berfungsi untuk mengetahui besarnya debit pada aliran air yang keluar dari pompa yang diperlukan untuk memutar poros dari turbin air helikal. *Magnetic*

repository.ub.ac.id

*Flowmeter* ditunjukkan pada gambar 3.2 dan disertakan spesifikasinya yang kita gunakan pada penelitian ini



Gambar 3.2 *Magnetic Flowmeter*

Sumber : Laboratorium Mesin-Mesin Fluida, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Spesifikasi :

Merk. : Yokogawa.

Model. : AX 100 G.

### 3. *Digital Tachometer*

*Digital Tachometer* merupakan suatu alat yang sangat diperlukan dalam penelitian kali ini, yang berfungsi untuk mengetahui berapa besar dari putaran poros turbin air helikal tipe poros vertikal. Dibawah ini merupakan gambar dari *Digital Tachometer* yang digunakan saat penelitian. *Digital Tachometer* memiliki satuan *revolution per minute* (rpm).



Gambar 3.3 *Digital Tachometer*

Sumber : Laboratorium Mesin-Mesin Fluida, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

#### 4. Neraca Pegas

Neraca Pegas adalah suatu alat yang digunakan untuk mengetahui berapa gaya yang diperoleh putaran poros turbin air helikal ini. Alat ini dihubungkan pada poros turbin air helikal menggunakan tali yang di sambungkan dengan pulley pada sebuah lengan dengan panjang tertentu. Besarnya gaya yang terlihat pada neraca pegas bisa diketahui berapa nilai torsi dari putaran poros turbin air helikal tersebut, sehingga bisa diketahui pula besarnya nilai daya porosnya.



Gambar 3.4 Neraca Pegas

Sumber : Laboratorium Mesin-Mesin Fluida, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

## 5. Turbin Air Helikal

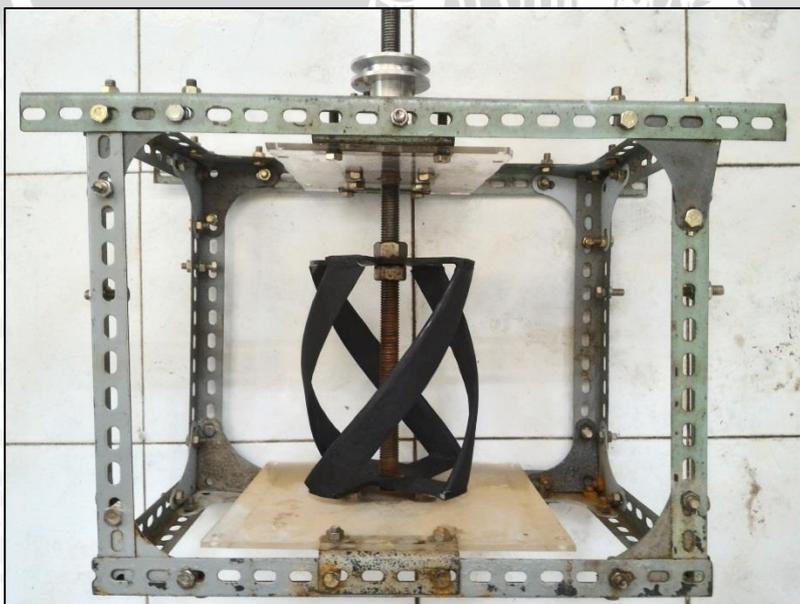
Turbin air yang saya digunakan merupakan jenis turbin air helikal yang terbuat dari sebuah pipa PVC dengan besar sudut  $65^\circ$ , tinggi 20 cm, dan diameter 16,24 cm, dengan menggunakan sistem aliran terbuka. Banyaknya jumlah sudu yang saya gunakan adalah 4 buah dengan besar lebar sudu 3, 4, 5 cm dan Diameter poros turbin 1,9 cm.



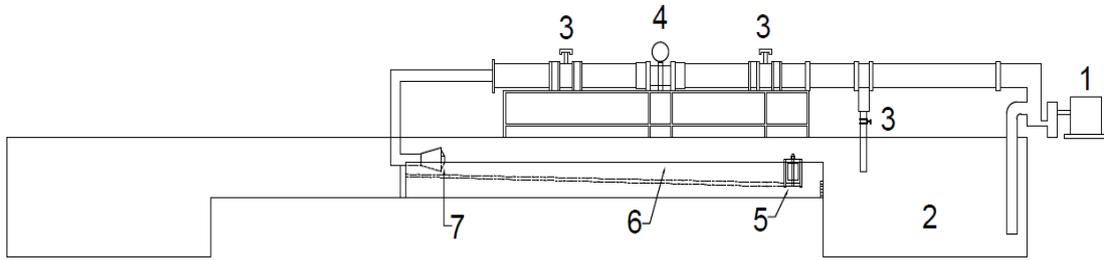
Gambar 3.5 Turbin Air Helikal  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

## 3.4 Instalasi Penelitian

### 1. Instalasi Rumah Turbin



## 2. Instalasi Saluran Air Pada Penelitian



Gambar 3.6 Instalasi Penelitian

Sumber : Dokumentasi Pribadi

### Keterangan :

- 1 : Pompa air
- 2 : Reservoir (bak penampung)
- 3 : Gate Valve
- 4 : Magnetic Flowmeter
- 5 : Turbin Air Helikal
- 6 : Lintasan Air
- 7 : Saluran Air Keluar Dari Pompa

### 3.5 Metode Pengambilan Data

Dibawah ini adalah metode pengambilan data yang nantinya akan dilakukan :

1. Mempersiapkan terlebih dahulu alat, bahan, instalasi penelitian dan alat bantu yang dibutuhkan dalam penelitian ini.
2. Melakukan *dry run* agar memastikan instalasi pada dalam kondisi baik dan siap untuk digunakan.
3. Selanjutnya memasang turbin air helikal dengan besar lebar sudu 3 cm pada rumah turbin selanjutnya instalasi.
4. Meyalakan pompa air, selanjutnya membuka katup pada saluran pengalir perlahan-lahan sampai debit air bisa konstan sebesar  $90 \text{ m}^3/\text{jam}$
5. Dilakukan pencatatan ketinggian air pada saluran.
6. Tunggu sampai putaran poros turbin air telah mencapai putaran maksimum tanpa adanya pemberian beban pada turbin air helikal.

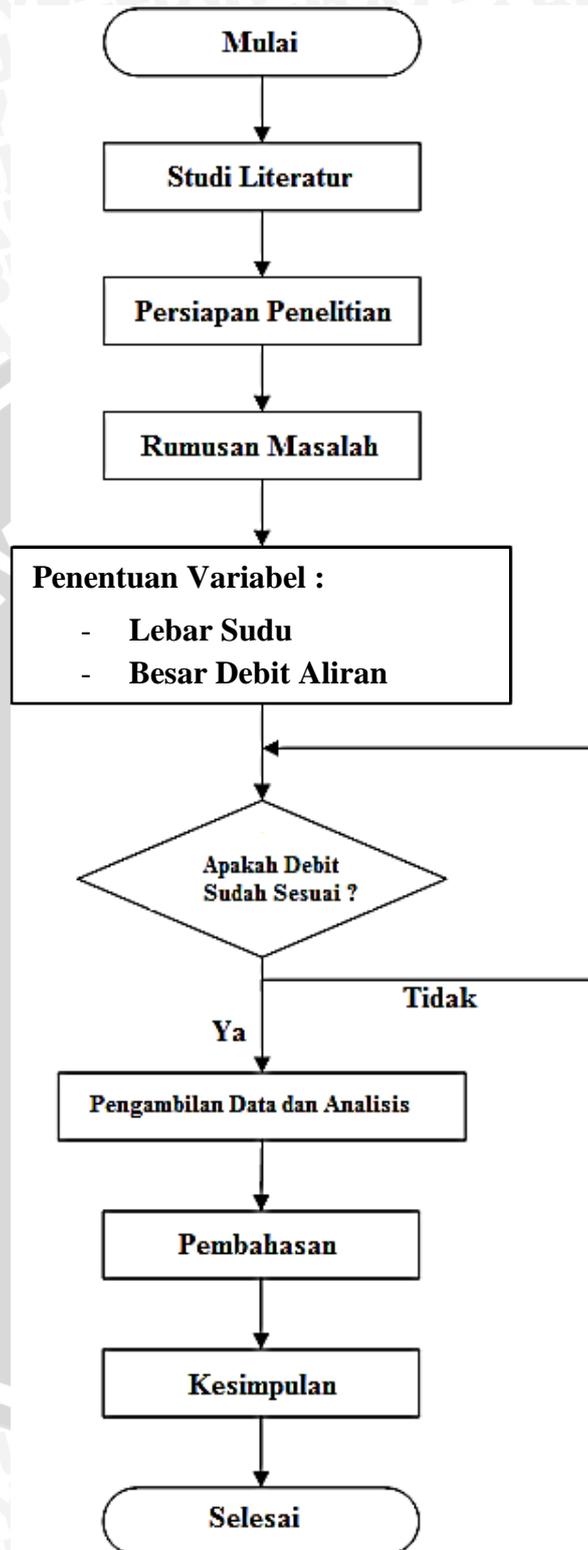
7. Mengatur besar putaran turbin air dengan pemberian beban pada poros hingga mencapai putaran poros 100 rpm.
8. Dilakukan pengambilan data gaya pembebanan pada debit air  $90 \text{ m}^3/\text{jam}$  dengan putaran pada poros turbin air sebesar 100 rpm.
9. Mengulangi langkah pada no. 4, 5, 6, 7, dan 8 untuk debit air 85, 80, 75, 70, 65, 60, 55, dan  $50 \text{ m}^3/\text{jam}$ .
10. Matikan pompa air.
11. Dilakukan pengulangan langkah no. 3 sampai langkah no 10 untuk turbin air helikal dengan besar lebar sudu 4 dan 5 cm.
12. Percobaan telah selesai

### 3.6 Tempat Penelitian

Penelitian pengaruh lebar sudu terhadap unjuk kerja turbin air helikal tipe poros vertikal ini saya lakukan di Laboratorium Mesin-mesin Fluida, Fakultas Teknik, Jurusan Mesin, Universitas Brawijaya.



3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil

#### 4.1.1 Data Hasil Pengujian

Tabel di bawah ini merupakan data yang didapatkan setelah melakukan pengujian turbin air helikal tipe poros vertikal pada berbagai variasi lebar sudu

Tabel 4.1 Hasil pengambilan data pengujian turbin air helikal tipe poros vertikal dengan lebar sudu 3 cm.

No	Debit (m <sup>3</sup> /jam)	Vs (m/s)			F1 (N)			F2 (N)			Vs rata-rata (m/s)	F rata-rata (N)
		1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	90	0.97	0.97	0.98	6.4	6.3	6.5	3.2	3.1	3.8	0.97	9.77
2	85	0.99	0.98	0.98	5.6	5.8	6.1	2.9	2.6	3.1	0.98	8.70
3	80	0.98	0.98	1.00	4.3	4.5	4.5	2	2.7	2.5	0.99	6.83
4	75	1.02	0.97	1.00	4.2	4.3	4.2	1.5	2	2.3	1.00	6.17
5	70	1.02	0.96	0.99	3.7	3.4	3.6	1.6	1.8	2	0.99	5.37
6	65	0.97	0.96	0.97	2.5	2.8	2.8	1.1	1.3	1.3	0.97	3.93
7	60	0.92	0.93	0.94	2	1.7	2.1	0.8	0.8	0.8	0.93	2.73
8	55	0.89	0.90	0.91	1.5	1.5	1.6	0.6	0.5	0.9	0.90	2.20
9	50	0.87	0.89	0.87	1.1	1.2	1.1	0.3	0.3	0.5	0.88	1.50

Tabel 4.2 Hasil pengambilan data pengujian turbin air helikal tipe poros vertikal dengan lebar sudu 4 cm.

No	Debit (m <sup>3</sup> /jam)	Vs (m/s)			F1 (N)			F2 (N)			Vs rata-rata (m/s)	F rata-rata (N)
		1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	90	0.98	0.98	0.99	8.5	8.5	8.6	5	5	5.1	0.98	13.57
2	85	0.98	0.99	1.00	7.2	7.3	7.4	4	4.1	4	0.99	11.33
3	80	0.99	0.98	1.01	6.2	6.6	6.5	3.8	3.8	3.6	0.99	10.17
4	75	0.98	0.97	1.00	5.5	5.2	5.6	3	2.7	3.2	0.99	8.40
5	70	1.00	0.96	1.00	5	4.6	5.4	2.3	2.1	2.3	0.99	7.23
6	65	0.97	0.95	0.97	3.5	3.6	3.5	1.8	1.5	2.4	0.97	5.43
7	60	0.93	0.93	0.94	2.8	2.4	3	1.4	1.3	1.6	0.93	4.17
8	55	0.88	0.90	0.91	2.1	2.2	2.2	1	0.9	1.3	0.90	3.23
9	50	0.85	0.89	0.87	1.7	1.8	1.5	0.5	0.6	1	0.87	2.37

Tabel 4.3 Hasil pengambilan data pengujian turbin air helikal tipe poros vertikal dengan lebar sudu 5 cm.

No	Debit (m <sup>3</sup> /jam)	Vs (m/s)			F1 (N)			F2 (N)			Vs rata-rata (m/s)	F rata-rata (N)
		1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	90	0.97	0.98	0.97	9.7	9.6	9.7	5	5.5	5	0.97	14.83
2	85	0.98	0.96	0.98	8.6	8.3	8.5	4.5	4	4.3	0.97	12.73
3	80	0.98	0.96	0.98	6.7	7	6.7	4.3	2.7	3	0.97	10.13
4	75	0.97	0.97	0.98	6	6.5	6.3	3.9	2.7	2.5	0.97	9.30
5	70	0.94	0.94	0.94	4.8	4.8	5	1.9	1.8	2	0.94	6.77
6	65	0.91	0.92	0.90	4.2	3.8	3.9	1.5	1.2	1.4	0.91	5.33
7	60	0.90	0.87	0.89	3.4	3.1	3	0.9	1	1	0.89	4.13
8	55	0.84	0.84	0.85	2.4	2.5	2.4	0.4	0.8	0.5	0.84	3.00
9	50	0.83	0.84	0.81	1.8	2.1	2	0.9	0.5	1.1	0.83	2.80

Tabel 4.4 Hasil pengolahan data pengujian turbin air helikal tipe poros vertikal dengan lebar sudu 3 cm.

Putaran Tanpa Beban (rpm)			Putaran Tanpa Beban rata-rata (rpm)	Torsi (Nm)	Rasio U/Vs	WHP (Watt)	BHP (Watt)	Efisiensi (%)
1	2	3						
189	188	189	188.7	0.26	1.65	11.801	2.709	22.95%
183	183	185	183.6667	0.23	1.59	11.403	2.413	21.16%
177	178	175	176.7	0.18	1.52	10.814	1.895	17.53%
173	174	171	172.7	0.16	1.47	10.384	1.710	16.47%
165	168	165	166.0	0.14	1.42	9.546	1.489	15.59%
157	160	159	158.7	0.10	1.39	8.460	1.091	12.90%
152	154	154	153.3	0.07	1.41	7.161	0.758	10.59%
144	146	147	145.7	0.06	1.38	6.172	0.610	9.89%
134	133	135	134.0	0.04	1.30	5.325361	0.416	7.81%

Tabel 4.5 Hasil pengolahan data pengujian turbin air helikal tipe poros vertikal dengan lebar sudu 4 cm.

Putaran Tanpa Beban (rpm)			Putaran Tanpa Beban rata-rata (rpm)	Torsi (Nm)	Rasio U/Vs	WHP (Watt)	BHP (Watt)	Efisiensi (%)
1	2	3						
159	159	159	159.0	0.36	1.37	12.091	3.763	31.12%
151	154	156	153.7	0.30	1.32	11.503	3.143	27.33%
148	149	152	149.7	0.27	1.28	10.966	2.820	25.71%
144	146	149	146.3	0.22	1.26	10.128	2.330	23.00%
142	146	148	145.3	0.19	1.25	9.441	2.006	21.25%
138	138	146	140.7	0.14	1.24	8.414	1.507	17.91%
129	130	142	133.7	0.11	1.22	7.202	1.156	16.05%
125	125	128	126.0	0.09	1.20	6.136	0.897	14.62%
120	120	123	121.0	0.06	1.18	5.258	0.656	12.48%

Tabel 4.6 Hasil pengolahan data pengujian turbin air helikal tipe poros vertikal dengan lebar sudu 5 cm.

Putaran Tanpa Beban (rpm)			Putaran Tanpa Beban rata-rata (rpm)	Torsi (Nm)	Rasio U/Vs	WHP (Watt)	BHP (Watt)	Efisiensi (%)
1	2	3						
153	154	156	154.3	0.39	1.35	11.850	4.114	34.72%
148	149	150	149.0	0.34	1.30	11.210	3.532	31.51%
145	146	145	145.3	0.27	1.27	10.523	2.811	26.71%
141	143	141	141.7	0.25	1.24	9.882	2.580	26.10%
134	136	138	136.0	0.18	1.23	8.564	1.877	21.92%
130	133	134	132.3	0.14	1.24	7.439	1.479	19.88%
127	128	131	128.7	0.11	1.23	6.546	1.146	17.51%
124	123	129	125.3	0.08	1.26	5.453	0.832	15.26%
122	118	121	120.3	0.07	1.24	4.752	0.777	16.34%

#### 4.1.2 Pengolahan Data

Perhitungan hasil pengambilan data dilakukan untuk memperoleh nilai dari rasio U/Vs, daya air (WHP), daya poros (BHP), dan efisiensi dari turbin air helikal tipe poros vertikal dengan variasi lebar sudu. Contoh dari perhitungan data hasil penelitian, diambil pada debit air 90 m<sup>3</sup>/jam dengan menggunakan variasi lebar sudu 4 cm

Berikut ini adalah data yang diperoleh pada saat pengujian kincir air :

- Debit aliran air (Q) : 90 m<sup>3</sup>/jam = 0,025 m<sup>3</sup>/detik
- Ketinggian permukaan air rata-rata : 16,4 cm
- Kecepatan putar kincir air rata-rata: 159 rpm
- Gaya pengereman : 13,57 N

- Radius kincir (R) : 0.0812 m
- Lengan *pulley* (l) : 0,053 m
- Massa jenis air ( $\rho$ ) : 1000 kg/m<sup>3</sup>.

Berikut ini adalah contoh perhitungan dari pengolahan data turbin air helikal:

1. Kecepatan Aliran Air

$$Q = A \times V_s$$

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

$$V_s = \frac{0,025}{16,4 \times 15,5}$$

$$V_s = 0,98 \text{ [m/s]}$$

2. Torsi (T)

$$T = F \times \ell$$

$$T = 13,57 \times (0.053/2)$$

$$T = 0.36 \text{ [Nm]}$$

3. Rasio U/Vs

$$\frac{U}{V_s} = \frac{\omega R}{V_s}$$

$$\frac{U}{V_s} = \frac{2\pi n}{60} R$$

$$\frac{U}{V_s} = \frac{2 \times 3,14 \times 159}{60} \times 0.0812 = 1,37$$

4. Daya Air (Water Horse Power)

$$WHP = \frac{1}{2} \rho Q V_s^2$$

$$WHP = \frac{1}{2} 1000 (90/3600) 0,98^2$$

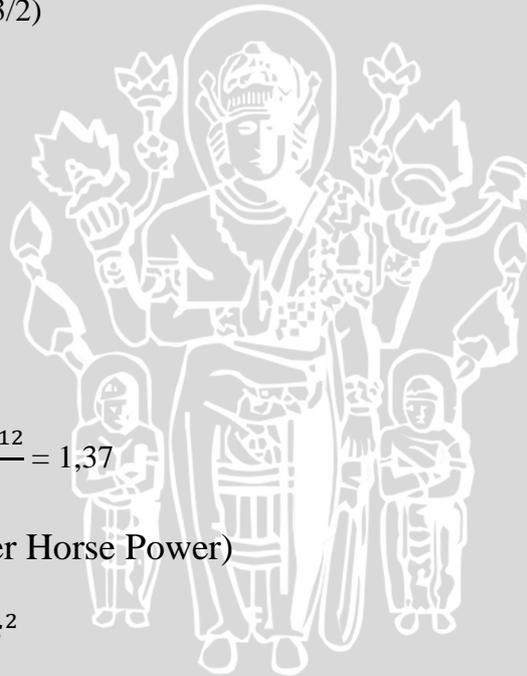
$$WHP = 12,091 \text{ [Watt]}$$

5. Daya Poros (Brake Horse Power)

$$BHP = T \omega$$

$$BHP = 0,36 \frac{2 \times 3.14 \times 100}{60}$$

$$BHP = 3,763 \text{ [Watt]}$$



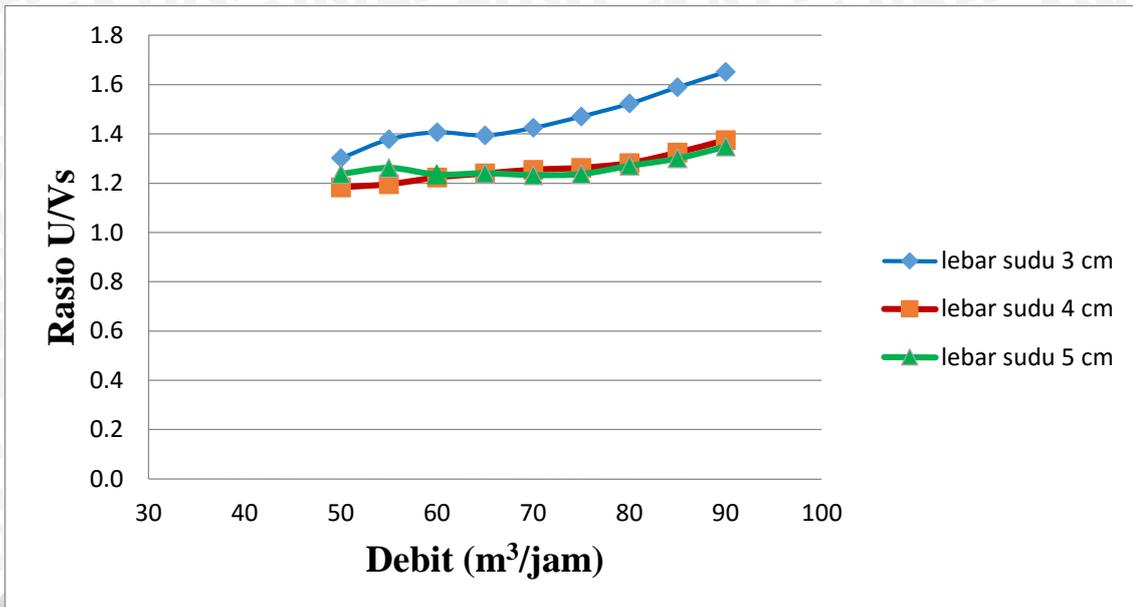
6. 
$$\eta = \frac{\text{Brake Horse Power (BHP)}}{\text{Water Horse Power (WHP)}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{3,763}{12,091} \times 100 = 31,12 \%$$



## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Hubungan Antara Debit Air (Q) Terhadap Rasio U/Vs



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Debit air (Q) Terhadap Rasio U/Vs pada Variasi Lebar Sudu Turbin Air Helikal Tipe Poros Vertikal.

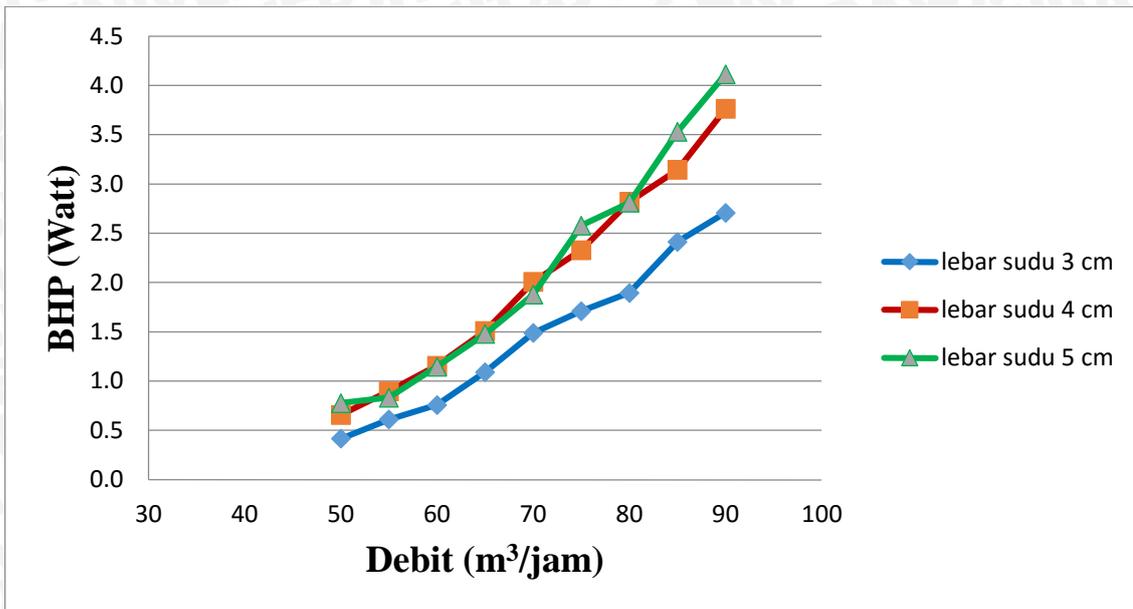
Grafik di atas menunjukkan semakin tinggi debit air yang ada maka semakin tinggi pula rasio U/Vs yang dapat dihasilkan. Karena debit air sangat mempengaruhi hasil dari rasio U/Vs dari turbin air helikal tipe poros vertikal tersebut. Peningkatan debit air sejajar dengan peningkatan nilai rasio U/Vs dari turbin ini.

Rasio U/Vs berbanding lurus dengan putaran turbin. Pada grafik diatas nilai rasio U/Vs berbanding terbalik dengan besarnya lebar sudu turbin air helikal tipe poros vertikal, dikarenakan semakin lebar sudu turbin ini putaran yang dihasilkan semakin kecil dikarenakan semakin lebar sudu maka aliran air semakin susah untuk melewati turbin itu tetapi daya yang dihasilkan semakin besar.

Karena putaran turbin berbanding lurus dengan besarnya rasio U/Vs maka pada lebar sudu yang sama, semakin tinggi debit aliran air maka rasio akan semakin meningkat. Karena semakin tinggi debit pada aliran menghasilkan putaran turbin air helikal yang semakin tinggi pula.

Dari grafik diatas dapat kita tarik kesimpulan bahwa pada lebar sudu 3 cm rasio U/Vs tertinggi adalah 1,65, itu berada pada debit aliran air 90 m<sup>3</sup>/jam. 1,37 adalah nilai rasio yang tertinggi pada lebar sudu 4 cm, itu didapatkan pada debit aliran air 90 m<sup>3</sup>/jam juga. Sedangkan pada lebar 5 cm didapatkan rasio U/Vs tertinggi adalah 1,35 pada debit aliran air 90 m<sup>3</sup>/jam juga.

#### 4.2.2 Hubungan Antara Debit Air (Q) Terhadap Daya Poros (BHP)



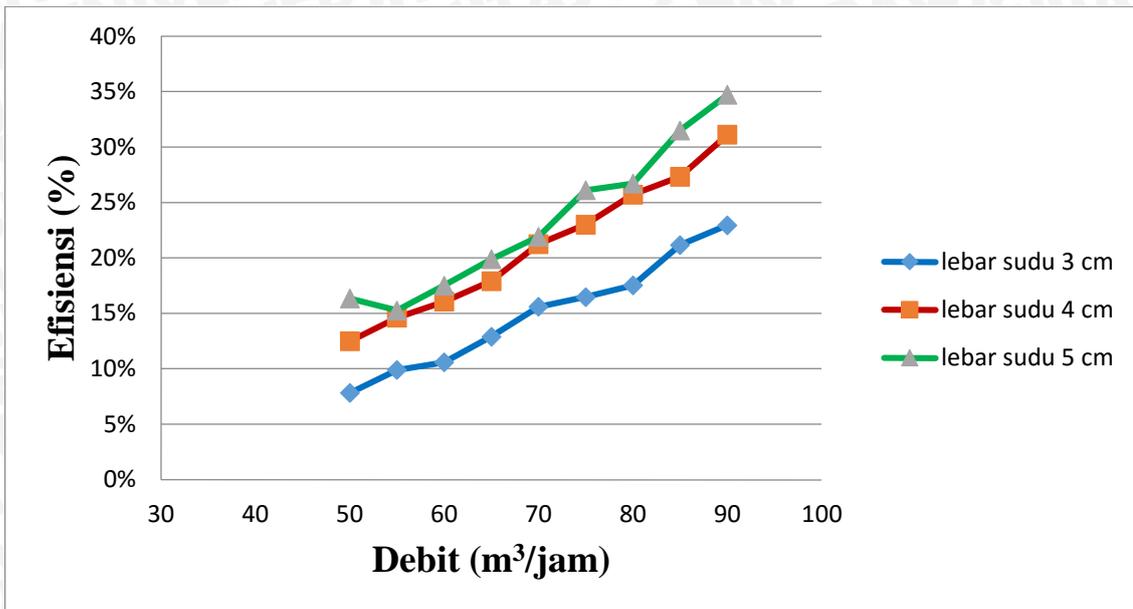
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Debit air (Q) Terhadap Daya Poros (BHP) pada Variasi Lebar Sudu Turbin Air Helikal Tipe Poros Vertikal.

Dari grafik diatas kita dapat melihat bahwa semakin meningkat debit dari aliran air maka daya dari poros yang dihasilkan akan semakin besar pula, hal ini terjadi pada semua lebar sudu turbin air helikal tipe poros vertikal. Ini disebabkan semakin banyak aliran air yang menabrak sudu turbin maka semakin besar pula gaya yang diterima oleh turbin sehingga mengakibatkan torsi semakin meningkat sehingga gaya pengereman juga meningkat.

Jika dilihat pada debit air yang sama pada variasi lebar yang berbeda maka semakin besar lebar sudu menghasilkan daya yang semakin besar pula. Hal tersebut disebabkan oleh perbedaan luasan penampang sudu yang tertumbuk air semakin besar sehingga mengakibatkan gaya yang diterima oleh turbin otomatis semakin besar pula, sehingga gaya pengereman atau daya poros turbin air helikal tipe poros vertikal semakin besar.

Kesimpulan dari grafik diatas adalah BHP yang paling besar dapat diketahui dari variasi lebar sudu turbin 5 cm yang menunjukkan angka 4,114 Watt pada debit 90 m<sup>3</sup>/jam. Sedangkan pada lebar sudu 4 cm terlihat angka sebesar 3,763 Watt yang paling tinggi pada debit 90 m<sup>3</sup>/jam. Pada variasi sudu 3 cm menunjukkan angka terbesar adalah 2,709 Watt pada debit 90 m<sup>3</sup>/jam.

#### 4.2.3 Hubungan Antara Debit Air (Q) Terhadap Efisiensi



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Debit air (Q) Terhadap Efisiensi pada Variasi Lebar Sudu Turbin Air Helikal Tipe Poros Vertikal.

Seiring meningkatnya debit aliran air, efisiensi menunjukkan angka yang semakin meningkat pula, pada semua variasi lebar juga menunjukkan peningkatan efisiensi seiring dengan meningkatnya debit dari aliran air yang bekerja pada saat penelitian.

Pada penelitian ini menunjukkan efisiensi sangat dipengaruhi oleh debit yang bekerja pada turbin tersebut, dikarenakan semakin meningkat debit aliran air maka masa alir yang menumbuk turbin semakin meningkat pula, seiring meningkatnya masa alir maka putaran turbin juga semakin meningkat sehingga menghasilkan daya poros yang semakin besar. Dari sini dapat ditarik kesimpulan bahwa efisiensi semakin besar dikarenakan efisiensi dengan daya poros berbanding lurus besarnya.

Jika dilihat pada debit aliran air yang sama pada variasi lebar yang berbeda maka dapat dilihat peningkatan efisiensi turbin air helikal tipe poros vertikal, hal ini disebabkan semakin lebar sudu maka gaya pengereman dan daya poros semakin besar pula. Daya poros dan gaya pengereman berbanding lurus dengan efisiensi yang dapat dibangkitkan oleh turbin air helikal tipe poros vertikal.

Nilai dari efisiensi turbin helikal tipe poros vertikal dengan berbagai variasi lebar sudu dapat diketahui angka terbesar secara berurutan ada pada lebar 5 cm yaitu sebesar 34,72 % pada debit aliran 90 m<sup>3</sup>/jam, selanjutnya pada variasi lebar sudu 4 cm menunjukkan efisiensi tertinggi pada debit 90 m<sup>3</sup>/jam yaitu 31,12 %, dan pada variasi

lebar sudu 3 cm efisiensi tertinggi yaitu 22,95 % pada debit 90 m<sup>3</sup>/jam. Hal itu terjadi karena semakin besar lebar sudu maka perpindahan daya air akan semakin besar pula.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini saya sebagai penulis menarik kesimpulan bahwa lebar sudu mempengaruhi unjuk kerja dari turbin air helikal tipe poros vertikal. Nilai dari unjuk kerja turbin ini tertera sebagai berikut ini :

- Lebar sudu sangat mempengaruhi terhadap daya poros (BHP) juga efisiensi dari turbin air helikal tipe poros vertikal. Besaran dari lebar sudu berbanding lurus dengan nilai dari daya poros juga efisiensi kerja dari turbin ini.
- Dari penelitian saya mendapatkan Daya poros (BHP) tertinggi yang dapat dibangkitkan adalah pada lebar sudu turbin air helikal tipe poros vertikal 5 cm pada debit aliran air 90 m<sup>3</sup>/jam dengan nilai sebesar 4,114 [Watt].
- Efisiensi tertinggi yang dapat dihasilkan adalah pada lebar sudu 5 cm pada debit 90 m<sup>3</sup>/jam yaitu 34,72 %.

#### 5.1 Saran

Dari apa yang telah dilakukan penulis pada penelitian ini menyarankan untuk penelitian selanjutnya tentang turbin air helikal perlu dilakukan:

- Melakukan penelitian lebih lanjut terhadap lebar sudu turbin air helikal tipe poros vertical, dengan variasi lebar sudu yang sama tapi dengan jumlah sudu yang berbeda, atau juga sebaliknya.
- Lebih teliti dalam desain turbin air helikal tipe poros vertical, maupun dengan airfoil yang digunakan, karena sangat mempengaruhi putaran dari turbin tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Muhammad As'ad., 2013. Pengaruh Sudut Kelengkungan Sudu Terhadap Unjuk Kerja Kincir Air Tipe Sudu Lengkung *Overshot*. Vol. 1, pp 2-3
- Agus Mulyantono, Tonny. 2005. *Penggunaan Energi Alternatif untuk Tenaga Listrik*. PLN. Bandung. Vol 1, pp 4-6
- Anonymous 1*, <http://www.zeco.itzeco-turbinespelton-turbine>  
(diakses pada tanggal 9 april 2015)
- Anonymous 2*, <http://saseppadang.wordpress.com20090621karakteristik-turbin-crossflow>  
(diakses pada tanggal 9 april 2015)
- Anonymous 3*, [http://en.wikipedia.org/wiki/Francis\\_turbine](http://en.wikipedia.org/wiki/Francis_turbine)  
(diakses pada tanggal 9 april 2015)
- Anonymous 4*, <http://enginegearclutch.blogspot.sg201311kaplan-turbine.html>  
(diakses pada tanggal 9 april 2015)
- Anonymous 5*, <http://www.worldchanging.comarchives002383.html>  
(diakses pada tanggal 9 april 2015)
- B. Yang n, X.W.Shu., 2012 *Hydrofoil optimization and experimental validation in helical vertical axis turbine for power generation from marine current*
- Dietzel F. *Turbin Pompa dan Kompresor*. Jakarta : Erlangga
- Gorban, A.N., Gorlov, A.M., Silantsev V.M., 2001, *limits of the Turbine Efficiency for Free Fluid Flow Journal of Energy Resources Technology*, Vol. 123, pp 311-317
- Gorlov, A. M., 1998, *Helical turbines for the Gulf Stream, Marine Technology*, 35, No 3, pp. 175-182.
- Irsyad M. 2010. Kinerja turbin air tipe darrieus dengan sudu hydrofoil standar NACA 6512
- Kaprawi. 2011. *Pengaruh Geometri Sudu dari Turbin Air Darrieus Terhadap Kinerjanya*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Palembang
- Niblick, Adam. 2012. *Experimental and Analytical Study of Helical Cross-Flow Turbines for a Tidal Micropower Generation System*. University of Washington Northwest National Marine Renewable Energy Center

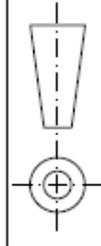
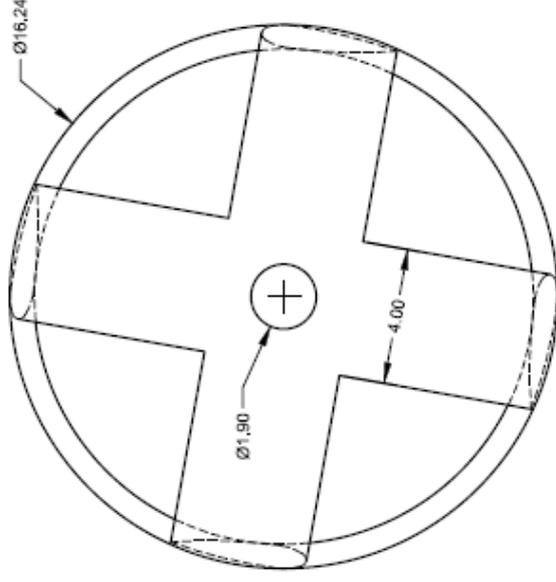
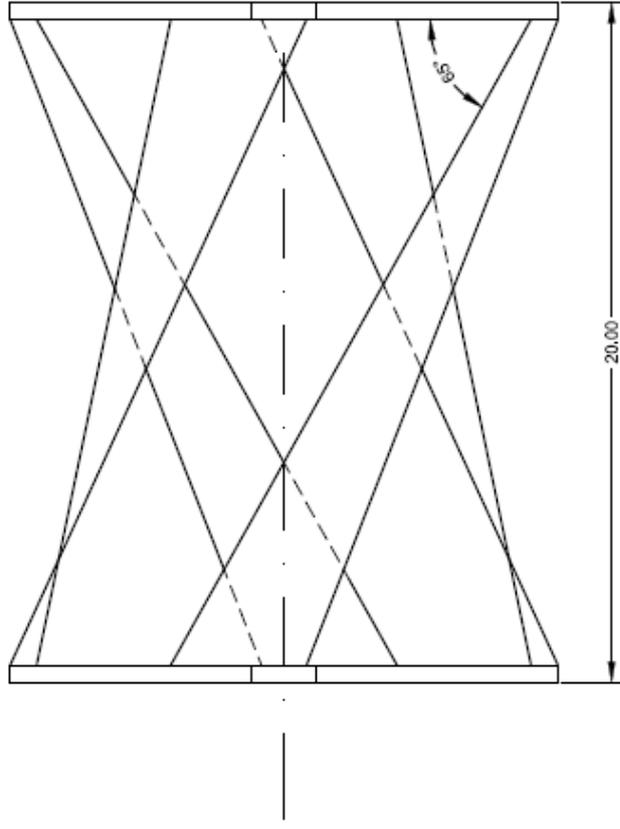
Santoso, Dyos. 2011. *Studi Eksperimental pada Turbin Air Aliran Lintang yang Menggunakan Sudu Helikal dengan Penampang Airfoil*. Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Palembang.



## LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar 2 dimensi Turbin Air Helikal





Skala : 1 : 2  
Satuan : mm  
Tanggal :

Digambar : Ega Satriyanto  
NIM : 105060200111053  
Diperiksa :

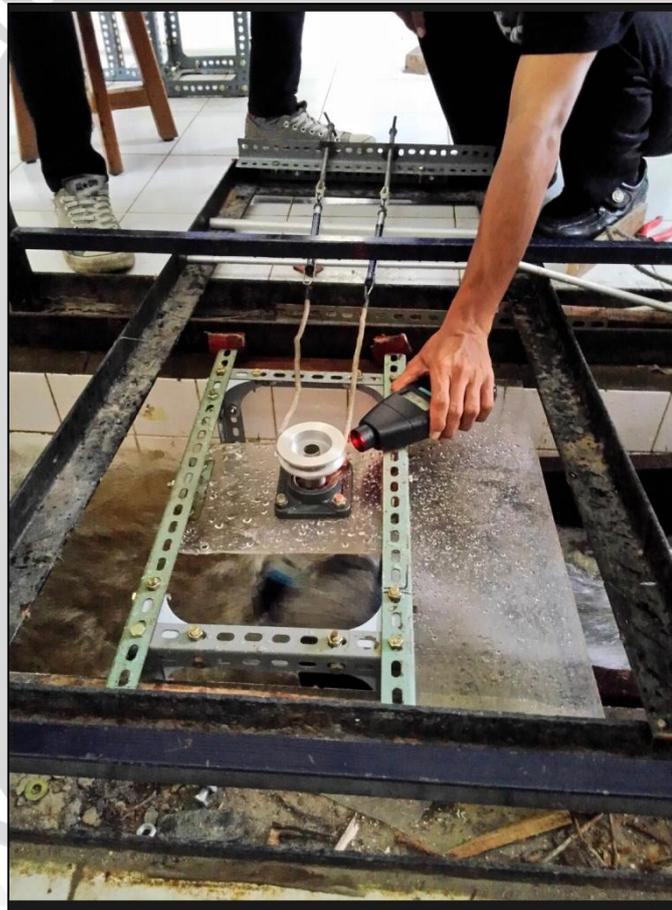
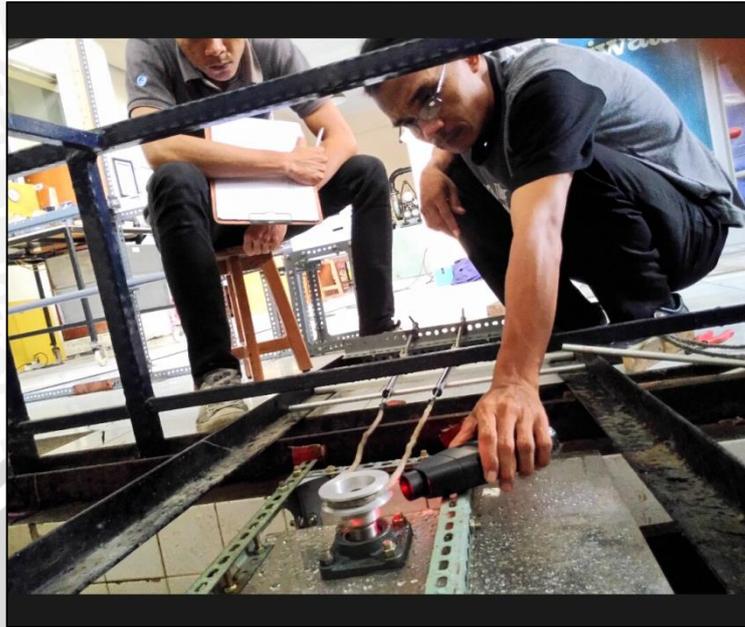
Keterangan :

TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**TURBIN HELIKAL**

No. **A4**

Lampiran 2 foto pada saat pengambilan data





Lampiran 3 foto saat turbin air helikal berputar



