

**PEMBUATAN TURBIN HELIK UNTUK MODEL SISTEM
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO
(PLTMH) DENGAN MENGGUNAKAN
SUDU NACA 0030**

(Laporan Proyek Akhir)

Oleh

Robinson



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2020**

ABSTRAK

PEMBUATAN DAN PENGUJIAN TURBIN HELIK PADA MODEL SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) DENGAN MENGGUNAKAN SUDU NACA 0030

Oleh

Robinson

Turbin helik adalah jenis turbin yang dapat memanfaatkan aliran air yang memiliki tinggi jatuh airnya yang rendah atau energi aliran air yang hanya memiliki energi kinetik untuk menghasilkan listrik. Pada laporan ini di berikan pembuatan dan pengujian turbin helik untuk model pembangkit listrik. Dimensi turbin yang dibuat memiliki tinggi turbin 1,2 m dengan diameter turbin 1 m, jumlah sudu yang dipakai sebanyak 3 buah, panjang cord 41,18 cm, kemiringan sudu 73° dan bentuk sudu yang digunakan NACA 0030. Kemudian pengujian dilakukan dengan menggunakan 3 kecepatan aliran air di saluran irigrasi Way Tebu Desa Banjaragung Udik Kecamatan Pugung Kabupaten Tanggamus. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan untuk kecepatan aliran 0,398m/s diperoleh daya poros maksimal sebesar 28 Watt, diperoleh efisiensi maksimal 74,64% untuk kecepatan aliran air 0,491 m/s dengan daya poros maksimal 46 Watt diperoleh efisinesi maksimal 64,57% dan kecepatan aliran 0,548 m/s diperoleh daya poros maksimal 66 Watt dengan hasil 67,07%

Kata Kunci : Turbin Helik, Unjuk Kerja, Energi Kinetik

ABSTRACT

MAKING AND TESTING ON HELIC TURBINE

MICRO POWER POWER SYSTEM MODEL

HYDRO (PLTMH) USING NACA SUDU 0030

By

Robinson

Helic turbine is a type of turbine that can utilize water flow that has a low water fall height or a water flow energy that only has kinetic energy to produce electricity. This report provides the making and testing of helical turbines for power plant models. The dimensions of the turbine made have a turbine height 1.2 m with a turbine diameter of 1 m, the number of blades used is 3 pieces, cord length 41.18 cm, the slope of the blade is 73° and the blade shape used is NACA 0030. Then the test is carried out using 3 the speed of water flow in the Way Cane irrigation channel in Way Tebu Desa Banjaragung Udik Kecamatan Pugung Kabupaten Tanggamus. Based on the results of tests conducted for a flow rate of 0.398 m³ / s, a maximum shaft power of 28 Watt is obtained, a maximum efficiency of 74.64% is obtained for a water flow velocity of 0.491 m / s with a maximum shaft power of 46 Watt, a maximum efficiency of 64.57% and a speed of flow of 0.548 m / s obtained a maximum shaft power of 66 Watt with a yield of 67.07%

Keywords: Helical Turbine, Performance, Kinetic Energy

**PEMBUATAN TURBIN HELIK UNTUK MODEL SISTEM
PEMBANGKITLISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) DENGAN
MENGUNAKAN SUDUvNACA 0030**

Oleh

Robinson

Laporan Proyek Akhir

**Sebagai satu syarat untuk mencapai gelar
AHLI MADYA (A.Md.)**

Pada

**Program Studi Diploma III Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**PROGRAM DIPLOMA III TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2020

Judul Proyek Akhir

: **PEMBUATAN TURBIN HELIK UNTUK
MODEL SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH)
DENGAN MENGGUNAKAN SUDU NACA
0033**

Nama Mahasiswa

: **Robinson**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1505101026

Program Studi

: Diploma III Teknik Mesin

Jurusan

: Teknik Mesin

Fakultas

: Teknik

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Ketua Program Studi
D III Teknik Mesin


Jorfri Boike Sinaga, S.T., M.T.
NIP. 19710127 199803 1 004


Tarkono, S.T., M.T.
NIP. 19700415 199802 1 001

Mengetahui,

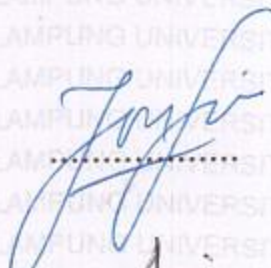
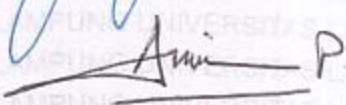
Ketua Jurusan Teknik Mesin


Dr. Amrul, S.T., M.T.
NIP. 19710331 199903 1 003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua Penguji : **Jorfri Boike Sinaga, S.T., M.T.**

Penguji Utama : **A. Yudi Eka Risano, S.T., M.Eng.**



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

Prof. Drs. Ir. Suharno, Ph.D., IPU., ASEAN Eng.
NIP. 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Proyek Akhir : **13 Desember 2019**

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Proyek Akhir dengan judul “Pembuatan Turbin Helik Untuk Model Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Dengan Menggunakan Sudu NACA 0030” adalah karya saya sendiri dan tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini deserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 13 Desember 2019

Pembuat Pernyataan



Robinson

NPM. 1505101026

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, Provinsi Lampung pada tanggal 22 Juli 1997, sebagai anak kedua dari empat bersaudara dari pasangan bapak Tarmidi dan ibu Serepina Samosir. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Sepang Jaya pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama di SMP Xaverius 4 Bandar Lampung tahun 2013 dan Sekolah Menengah Atas di SMK 2 Mei Bandar Lampung pada tahun 2015. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di tingkat perguruan tinggi pada tahun 2015 sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam berbagai lembaga kemahasiswaan diantaranya sebagai Anggota divisi kaderisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung periode 2017-2018. Pada skripsi ini, penulis melakukan penelitian di bidang konversi energi dengan judul **“Pembuatan Turbin Helik Untuk Model Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro hidro (PLTMH) Dengan Menggunakan Sudu NACA 0030”** dibawah bimbingan bapak Jorfri Boike Sinaga, S.T., M.T.

MOTTO

"Dan apa yang kamu minta dalam doa dengan penuh kepercayaan, kamu akan menerimanya"

(Penulis)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbilalamin..

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT

Yang telah memberikan begitu banyak rezeki dan nikmat kepadaku

Sholawat serta salam saya junjungkan kepada Nabi Muhammad SAW

Sebagaimana hari ini penulis telah menyelesaikan laporan Tugas Akhir.

Laporan ini saya persembahkan sebagai bakti kepada Universitas

Lampung.

&

Kepada kedua orang tuaku tercinta

Tarmidi

Ibunda Serepina Samosir

Yang telah membimbing, berkorban, dan mendoakan dengan tulus ikhlas

demi keberhasilan dan masa depanku dunia dan akhirat, juga teruntuk

Ayundaku Dewi Junita

Adinda Tri Ade

Adinda Renanda Putra

Batu sandar terkokoh Theresia Sindy Claudia Utama

serta rekan-rekan baik Mahasiswa Teknik Mesin,

almamater tercinta

~Universitas Lampung~

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Yang Maha Esa yang telah melimpahkan hikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan serta menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pembuatan Turbin Helik Untuk Model Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Dengan Menggunakan Sudu NACA 0030”**. Penulis menyadari betapa besar bantuan dan dukungan dari semua pihak yang telah membantu dalam proses penelitian tugas akhir ini. Melalui kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Orangtuaku tercinta ayah Tarmidi dan mamah Serepina Samosir yang selalu memberikan kasih sayang, doa dan semangat motivasi bagi penulis.
2. Bapak Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Ahmad Su’udi, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung yang selalu memberi dukungan terhadap penulis dalam menyelesaikan perkuliahan.
4. Bapak Jorfri Boike Sinaga, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak A. Yudi Eka Risano, S.T., M. Eng. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan banyak pengetahuan baik dalam proses perkuliahan maupun diluar proses perkuliahan.

7. Seluruh teknisi Lab Terpadu Teknik Mesin Universitas Lampung, terutama Pak Sugiman selaku teknisi Lab Fluida.
8. Bapak Santerin dan keluarga yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Keluarga Besar Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung terkhusus Angkatan 2015 yang selalu bersama-sama dalam susah maupun senang dan saling memotivasi dalam perkuliahan.
10. Rekan-rekan satu tim penelitian Rizki, Ade, Okta, Reynaldo, Taufik, Akmal dan Jacky yang telah berbagi ilmu dan pengalaman bersama dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
11. Yang terkasih Theresia Sindy Claudia Utama yang selalu memberikan semangat bagi penulis menyelesaikan skripsi ini.
12. Pihak-pihak lain yang telah banyak membantu penulis selama proses penelitian dan penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masi jauh dari sempurna, tetapi besar harapan penulis semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 13 Desember 2019
Penulis

Robinson
NPM. 1505101026

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGEASAHAN	v
PERNYATAAN PENULIS	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
SANWACANA	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	2
C. Batasan Masalah	2
D. Sistematika Penulisan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)	5
B. Teknologi Turbin Air	6
1. Turbin Implus	7
a. Turbin Pelton	7
b. Turbin <i>cross-flow</i>	8

c. Turbin Turgo	9
2. Turbin Reaksi	10
a. Turbin Francis	11
b. Turbin Kaplan	11
C. Turbin Helik	13
D. <i>Hydrofoil</i>	15

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Pelaksanaan	18
1. Tempat Pelaksanaan	18
2. Waktu Pelaksanaan	18
B. Alat dan Bahan	19
1. Alat Pembuatan Turbin Helik	19
a. Mesin Las dan Elektroda	19
b. Gerinda tangan	20
c. Bor tangan	20
d. Tabung Setengah Lingkaran	21
e. Akrilik	21
f. Palu	22
g. Mistar, Busur derajat, Jangka sorong, Mistar siku	22
h. Meteran	23
i. <i>Waterpas</i>	23
2. Bahan Pembuatan Turbin Helik	24
a. Besi Cor	24
b. Besi Pelat	24
c. Besi Siku	25
d. Besi Pejal	25
e. Dempul	26
f. Mur dan Baut	26
3. Alat cukur dan Perlengkapan Untuk Pengujian	27
a. <i>Tachometer</i>	27
b. <i>Current Meter</i>	27
c. Torsi meter	27
C. Proses Pembuatan Turbin Helik	28
D. Metode Pengujian dan Pengambilan data	30
E. Metode Pengambilan Data dalam Pengujian Turbin Helik	31
F. Diagram Alir Pelaksanaan Proyek Akhir	35

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses Pembuatan Turbin Helik	36
B. Hasil Pengujian	41
1. Pengujian unjuk kerja turbin helik	43

2. Pengaruh <i>Tip Speed Ratio (TSR)</i> terhadap torsi, daya poros dan efisiensi turbin.....	45
---	----

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan	50
B. Saran	51

DAFTAR PUSTAKA	52
-----------------------------	----

LAMPIRAN	54
-----------------------	----

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil Pengukuran Putaran Propeller alat ukur <i>current meter</i>	42
2. Kecepatan aliran air dalam saluran irigasi	42
3. Tabel Data Hasil Perhitungan Unjuk Kerja Turbin Helik Kecepatan aliran air 0,398 m/s	44
4. Tabel Data Hasil Perhitungan Unjuk Kerja Turbin Helik Kecepatan aliran air 0,491 m/s	44
5. Tabel Data Hasil Perhitungan Unjuk Kerja Turbin Helik Kecepatan aliran air 0,548 m/s	45

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Konsumsi listrik masyarakat setiap tahunnya terus meningkat sejalan dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi nasional. Peningkatan kebutuhan listrik diperkirakan dapat tumbuh rata-rata 6,5% per tahun hingga tahun 2020 (Muchlis, 2003). Selain itu di era digital ini semakin banyak aktivitas masyarakat yang dibantu dengan barang elektronik. Konsumsi listrik Indonesia yang begitu besar akan menjadi suatu masalah bila dalam penyediaannya tidak sejalan dengan kebutuhan. Dengan keterbatasan energi ini kita sebaiknya bisa memanfaatkan energi mikro yang ada, karena energi mikro tersebut dapat membuat masyarakat menjadi masyarakat yang mandiri energi. Dari sekian banyak energi mikro kami memilih energi mikro hidro. Mikro hidro dipilih karena sesuai dengan lokasi pengujian yang memiliki saluran irigasi.

Salah satu jenis turbin yang dapat digunakan untuk membuat sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah turbin helik karna dalam oprasinya turbin helik tidak memerlukan tinggi jatuhnya air yang tinggi seperti turbin jenis lain. Turbin helik membutuhkan debit air

dan kecepatan aliran air pada sungai atau irigasi, instalasi yang cukup mudah dan komponen yang terbilang sedikit juga dalam proses pembuatan yang tidak terlalu rumit, membuat turbin helik dipilih oleh penulis untuk dibuat dan dilakukan pengujiannya. Berdasarkan uraian tersebut, pengujian turbin helik menggunakan sistem PLTMH dilakukan disaluran irigasi Way Tebu, desa Banjaragung Udik, kecamatan pugung, kabupaten Tanggamus.

B. Tujuan

Adapun tujuan dari Proyek akhir kuliah yang dilakukan sebagai berikut:

1. Mengetahui proses pembuatan turbin helik .
2. Membuat sudu turbin helik dengan tinggi turbin 1,2 m, diameter turbin 1 m, dan jumlah sudu sebanyak 3 buah.
3. Menguji turbin helik dengan menggunakan model sistem pembangkit listrik tenaga Mikro Hidro (PLTMH) untuk mengetahui unjuk kerja alat turbin helik yang dilakukan langsung di saluran irigasi kecamatan Pugung, Tanggamus.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang terdapat pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Pembuatan turbin Helik menggunakan bentuk sudu NACA 0030.
2. Pengujian turbin helik pada model sistem PLTMH di lokasi aliran irigasi di Kecamatan Pugung, Kabupaten Tanggamus.

3. Pengujian dilakukan dengan 3 variasi kecepatan aliran air di saluran irigasi Way Tebu, desa Banjar agung Udik, kecamatan Pugung, kabupaten Tanggamus.

D. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut :

I. Pendahuluan

Berisikan latar belakang, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

II. Tinjauan Pustaka

Berisikan tentang teori dan konsep dasar PLTMH mulai dari definisi turbin, jenis-jenis turbin, konsep kerja turbin helik dan faktor-faktor yang mempengaruhi unjuk kerja turbin helik.

III. Metodologi Proyek akhir

Berisikan tentang tempat dan waktu pelaksanaan dan pengujian, alat dan bahan, serta prosedur yang digunakan dalam penulisan laporan.

IV. Hasil dan Pembahasan

Berisikan tentang hasil analisis, hasil pengujian dan pembahasan dari data-data yang diperoleh.

V. Simpulan dan Saran

Berisikan simpulan yang diperoleh dari hasil pengujian dan saran –saran yang diberikan oleh peneliti.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) yaitu teknologi terbarukan yang memanfaatkan tenaga air sebagai penggerak lalu dikonversikan menjadi listrik. Sumber tenaga air tersebut biasa didapat pada saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan ketinggian air terjun (*head*) dan jumlah debit air. Mikro hidro yaitu sebuah istilah yang terdiri dari kata mikro yang artinya kecil dan hidro yang artinya air. Secara teknis, mikro hidro mempunyai tiga komponen utama yaitu air (sebagai sumber energi), turbin yang berguna untuk merubah gerak translasi dari air menjadi gerak rotasi dan generator yang berguna mengkonversikan energi mekanik dari putaran turbin menjadi energi listrik.

Energi yang didapatkan pada mikro hidro berasal dari aliran air yang memiliki perbedaan ketinggian. Pada dasarnya, mikro hidro memanfaatkan energy potensial jatuhan air (*head*) seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Asroful Anam yang menyatakan semakin tinggi jatuh air maka semakin baik kinerja turbin pada sudu mangkok (*Pelton*) (Anam, 2016). Namun pada dasarnya energi kinetik yang dihasilkan oleh arus ombak laut, aliran sungai

dan lain sebagainya juga dapat dikonversikan menjadi energi listrik seperti yang sudah dilakukan oleh Gorlov pada tahun 1998, ia mampu mengkonversikan aliran air pada head rendah sebesar 16,51 cm menjadi listrik sebesar 11,9 Watt (Gorlov,1998).

B. Teknologi Turbin Air

Turbin air merupakan salah satu mesin-mesin fluida yang tergolong dalam mesin tenaga yaitu mesin yang berfungsi mengubah energi fluida menjadi energi mekanis pada poros. Turbin air dikembangkan mulai abad ke-19 dan telah dikembangkan secara luas sebagai pembangkit energi listrik. Dengan menggunakan turbin air kita dapat mengubah atau mengkonversikan energi potensial (air yang jatuh) maupun energi kinetik (aliran air) menjadi energi mekanis dengan menggunakan air sebagai fluida kerja (Sihombing, 2009).

Teknologi arus air dibagi menjadi dua kategori yaitu *Axial Flow Turbine* yaitu arah aliran air tegak lurus dengan poros turbin dan *Cross Flow Turbine* yaitu arah aliran air tegak lurus dengan poros turbin. Untuk *Cross Flow* posisi poros turbin dibagi menjadi dua yaitu *Horizontal Axis Water Turbine* (HAWT) dimana posisi sumbu putar turbin secara horizontal dan *Vertical Axis Water Turbine* (VAWT) dimana posisi sumbu putar turbin yaitu secara vertical (Iwan, 2014).

Turbin air dapat diklasifikasikan dalam dua jenis tipe dasar yaitu turbin reaksi dan turbin impuls. Dimana secara umum turbin reaksi yaitu turbin yang

memiliki head rendah dan laju aliran yang tinggi, sedangkan turbin impuls adalah turbin yang memiliki head besar dan laju aliran yang rendah (Munson, 2005). Turbin air memiliki jenis yang beragam dan sesuai dengan kondisi aliran yang ada. Dilihat dari segi pengubahan momentum fluida kerjanya turbin air dibedakan menjadi dua yaitu (Dwi, 2016):

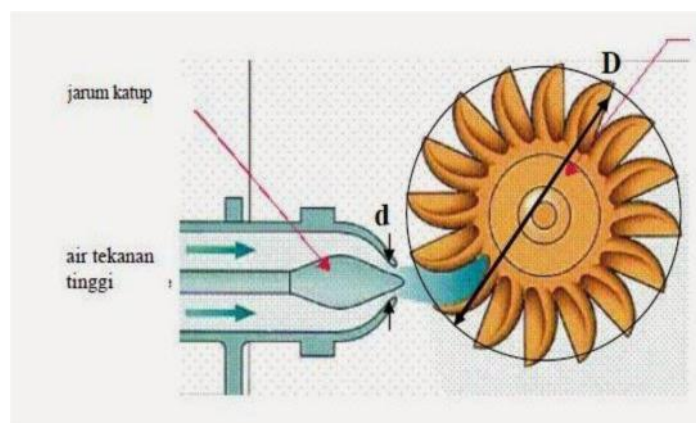
1. Turbin impuls

Turbin Impuls merupakan turbin air yang memiliki tekanan sama pada setiap sudu gerakanya (*runner*). Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada nosel. Air keluar nosel yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (impuls). Akibatnya roda turbin akan berputar. Turbin impuls adalah turbin tekanan sama karena aliran air yang keluar dari nosel tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Semua energi, tinggi tempat dan tekanan ketika masuk aliran air yang keluar dari nosel tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Semua energi, tinggi tempat dan tekanan ketika masuk ke sudu jalan turbin akan berubah menjadi energi kinetik. Berikut di bawah ini jenis – jenis turbin impuls (Mafruddin, 2016):

a. Turbin Pelton

Turbin *Pelton* terdiri dari satu set sudu jalan yang diputar oleh semburan air yang disemprotkan dari satu atau beberapa nosel. Turbin *Pelton* adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien dibandingkan dengan turbin implus lainnya. Bentuk sudu

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

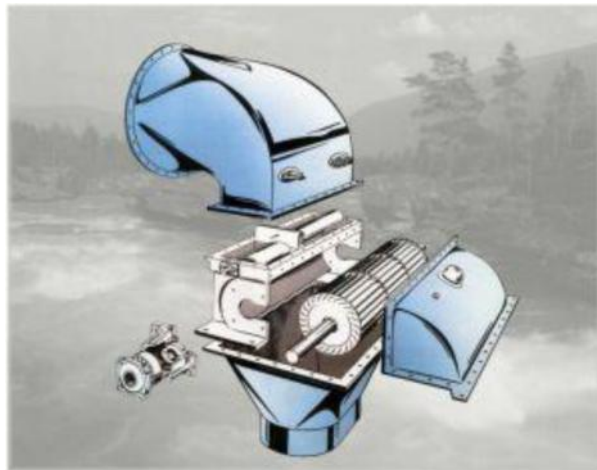


Gambar 2.1 Turbin Impuls (Pelton) (<http://anasmecin.blogspot.co.id>)

b. Turbin *cross-flow*

Turbin *cross-flow* mempunyai alat pengarah air sehingga dengan demikian celah bebas dengan sudu-sudu di sekeliling roda hanya sedikit. Turbin jenis ini baik sekali digunakan untuk pembangkit listrik tenaga air yang kecil dengan daya kurang lebih 750 kW. *Head* yang dapat digunakan ialah di atas 1 m sampai dengan 200 m dan

kapasitasnya antara 0,02 m³/s sampai dengan 7 m³/s. dimana kecepatan putarannya antara 60 rpm sampai dengan 200 rpm tergantung pada diameter roda atau puli yang digunakan.



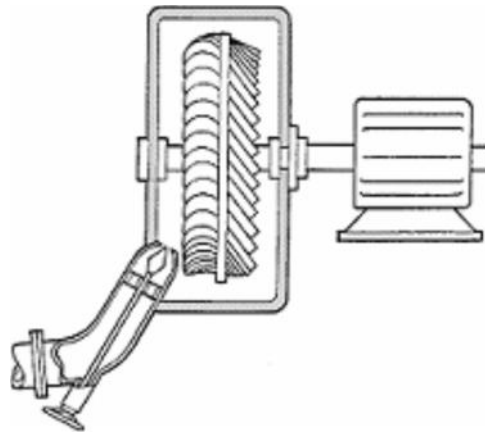
Gambar 2.2 Turbin *cross-flow* (Assepadang.wordpress.com)

Prinsip kerja dari turbin *cross-flow* adalah air yang keluar dari nosel masuk ke *runner* atau turbin dan menumbuk sudu-sudu tahap pertama dan kemudian air tersebut keluar dari celah sudu-sudu tahap pertama lalu melewati ruang kosong dalam *runner* yang selanjutnya menumbuk sudusudu tahap kedua dan akhirnya air itu keluar dari celah sudu-sudu tingkat kedua menuju kolam bawah.

c. Turbin Turgo

Seperti halnya dengan turbin Pelton, turbin Turgo juga termasuk jenis turbin impuls, tetapi sudunya berbeda. Turbin Turgo dapat beroperasi pada *head* 3 s/d 150 m. Pancaran air dari nosel membentur sudu pada sudut 20°. Kecepatan putar turbin Turgo lebih

besar dari turbin Pelton. Akibatnya dimungkinkan transmisi langsung dari turbin ke generator sehinggamenaikkan efisiensi total sekaligus menurunkan biaya perawatan.



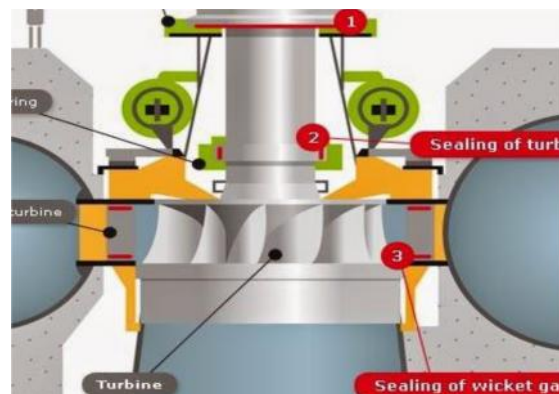
Gambar 2.3 Turbin Turgo (<http://sistem-tenaga-listrik.blogspot.co.id>)

2. Turbin reaksi

Turbin reaksi merupakan turbin yang mempunyai profil khusus sehingga menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melewati sudu. Perbedaan dari tekanan tersebut memberikan gaya pada sudu sehingga *runner* (bagian turbin yang berputar) dapat berputar dengan perbedaan tekanan tersebut. *Runner* turbin reaksi sepenuhnya tenggelam dalam air dan berada dalam rumah turbin. Turbin reaksi bekerja dengan cara penggerak turbin air secara langsung mengubah energi kinetik dan energi tekanan secara bersamaan menjadi energi mekanik. Berikut dibawah ini beberapa contoh turbin reaksi :

a. Turbin Francis

Turbin Francis merupakan salah satu jenis turbin reaksi. Turbin Francis menggunakan sudu pengarah. Sudu pengarah berfungsi untuk mengarahkan air masuk secara tangensial. Sudu pengarah pada turbin Francis dapat merupakan suatu sudu pengarah yang tetap ataupun sudu pengarah yang dapat diatur sudut atau kemiringannya. Turbin Francis diaplikasikan diantara sumber air tekanan tinggi di bagian masuk dan air bertekanan rendah di bagian keluar. Untuk penggunaan pada berbagai kondisi aliran air penggunaan sudu pengarah yang dapat diatur merupakan pilihan yang tepat.

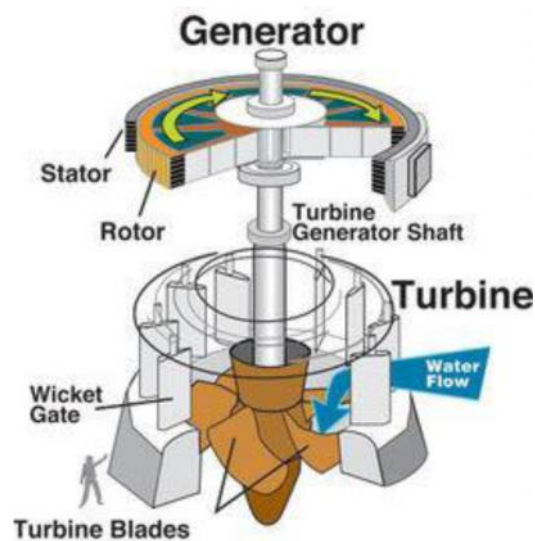


Gambar 2.4 Turbin reaksi (Francis) (<http://satuanenergi.com>)

b. Turbin Kaplan

Turbin Kaplan prinsip kerjanya menggunakan prinsip reaksi. Turbin Kaplan dapat beroperasi pada kecepatan tinggi sehingga ukuran roda turbin lebih kecil dan dapat dihubungkan langsung dengan generator. Dalam kondisi pada beban tidak penuh turbin kaplan mempunyai

efisiensi paling tinggi, hal ini dikarenakan sudu-sudu turbin Kaplan dapat diatur menyesuaikan dengan beban yang ada. Turbin Kaplan banyak dipakai pada instalasi pembangkit listrik tenaga air sungai, karena turbin ini mempunyai kelebihan dapat menyesuaikan *head* yang berubah-ubah sepanjang tahun.



Gambar 2.5 Turbin *Kaplan*

(<http://hydropowerplantsttpn.blogspot.co.id>)

Turbin ini mempunyai roda jalan yang mirip dengan baling-baling pesawat terbang. Bila baling-baling pesawat terbang berfungsi untuk menghasilkan gaya dorong, roda jalan pada turbin *Kaplan* berfungsi untuk mendapatkan gaya yaitu gaya putar yang dapat menghasilkan torsi pada poros turbin. Berbeda dengan roda jalan pada Francis,

sudu-sudu pada roda jalan turbin *Kaplan* dapat diputar posisinya untuk menyesuaikan kondisi beban turbin.

C. Turbin Helik

Salah satu turbin yang menggunakan head yang sangat rendah yaitu turbin helik. Sebelum dikembangkan turbin helik pada awalnya ditemukan terlebih dahulu yaitu turbin Darrieus. Turbin Darrieus merupakan turbin yang menggunakan aliran dengan head yang sangat rendah dengan bentuk sudu yang berbentuk *straight*. Turbine Darrieus sangat baik dalam menghasilkan daya tetapi menimbulkan vibrasi pada *tip speed ratio* yang tinggi. Untuk mengurangi vibrasi yang tinggi maka mulai dikembangkanlah turbine helik oleh Gorlov pada tahun 1990. Turbin helik merupakan penyempurnaan dari turbin Darrieus dimana turbin helik lebih baik dimana getaran turbin lebih kecil dibandingkan turbin Darrieus (Shiono,2002).

Beberapa keunggulan dari turbin helik yaitu (Gorlov, 1998) :

1. Dapat beroperasi pada gelombang samudera, air pasang surut dan arus sungai.
2. Dapat berputar pada kecepatan air 0.6 m/s.
3. Berputar tanpa terjadi fluktuasi.
4. Berputar hanya pada satu arah, meskipun arus yang datang berubah-ubah arahnya. Maka sangat ideal untuk arus pasang surut.

Turbin Gorlov dapat diposisikan sebagai turbin vertical dan horizontal. Untuk posisi horizontal dapat digunakan pada air dangkal (sungai), dengan kedalaman air 1 meter. Dalam merancang turbin helik, diperlukan profil sudu dan dimensi turbin yang dapat menghasilkan gaya *lift* yang besar dan gaya *drag* yang rendah sehingga akan menghasilkan torsi besar. Dimensi turbin yang perlu diperhatikan yaitu jari-jari turbin, panjang sudu turbin dan panjang chord pada sudu dengan memperhatikan soliditas. Menurut Gorlov, untuk menentukan panjang sudu perlu memperhatikan *pitch angle* terhadap rasio tinggi turbin terhadap jari-jari turbin (L/R) sehingga didapat nilai torsi (Gorlov,1998).

Turbin gorlov memiliki torsi yang besar dan kerja awal yang baik. Untuk dapat menghitung torsi, kita perlu mengetahui berapa sudut serang pada turbin helik. Sudut serang merupakan sudut yang terbentuk dari kecepatan resultan (W) dan kecepatan keliling sudu (U) dimana kecepatan resultan didapatkan dengan persamaan trigonometri.

Tubin helik mempunyai dua faktor yang mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh turbin, di antaranya yaitu (Iwan, 2014):

1. Faktor eksternal antara lain massa jenis fluida (ρ) kg/m^3 , kecepatan fluida (V) m/s .
2. Faktor internal yang merupakan geometri turbin yang berbentuk helik yaitu radius turbin (R) m , tinggi turbin (H) m , kecepatan sudut yang dihasilkan turbine (ω) rad/s , *twist angel* (ψ), *pitch angel* (δ), panjang

chord (c) m, jumlah *blade* (n). Kedua faktor diatas yang memiliki faktor lebih dominan yang dapat memperbaiki karakteristik turbin helik yaitu salah satunya *tip speed ratio* terhadap koefisien daya.

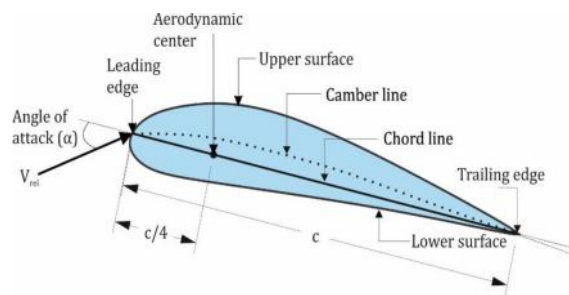
Pada umumnya turbin helik Gorlov mempunyai dua jenis *twist angel* yaitu *twist angle* 60° dan *twist angle* 120°. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan *twist angel* 60° memiliki koefisien performa sedikit lebih besar dibandingkan *twist angel* 120° (Iwan, 2014).

D. Hydrofoil

Salah satu hal yang perlu diketahui dalam merancang sebuah turbin helik yaitu *hydrofoil*. *Hydrofoil* merupakan struktur dengan bentuk hidrodinamik yang digunakan untuk menghasilkan gaya mekanis (gaya angkat) akibat dari gerakan relative dari *hydrofoil* dan juga fluida yang ada disekitarnya . Dengan menggunakan prinsip *hydrofoil* maka turbin helik yang dibuat akan berputar karena adanya bentuk *hydrofoil* pada sudu turbin tersebut.

Pada dasarnya *hydrofoil* mempunyai permukaan bagian atas dan bagian bawah. Pada sebagian besar *hydrofoil*, bentuk kelengkungan permukaan atas lebih tinggi dibandingkan dengan bagian bawahnya. Titik persimpangan kedua permukaan pada daerah depan dan belakang masing-masing dikenal sebagai tepi *leading* dan *trailing*. Garis datar yang menghubungkan ujung tombak dan ujungnya dinamakan garis *chord*, yang dilambangkan dengan c.

Garis yang merupakan titik tengah antara permukaan atas dan bawah hidrofoil disebut garis *chamber*. *Chamber* dari hidrofoil didefinisikan sebagai jarak vertikal antara garis *chord* dan garis *chamber*, nilai terbesar dari jarak itu disebut *chamber* maksimum. Jarak antara permukaan atas dan bawah yang diukur tegak lurus terhadap garis *chord* adalah ketebalan hidrofoil. Sudut serangan, yang ditunjukkan oleh α adalah sudut geometris antara vektor kecepatan relatif, V_{rel} dan garis *chord*. Berikut di bawah ini gambar dan nama dari bagian-bagian *hydrofoil*.



Gambar 2.6 Bagian-bagian dari *hydrofoil* (kroo,2007)

Hydrofoil memiliki bentuk yang beragam dan memiliki standar data yang telah dikembangkan oleh beberapa lembaga penelitian, salah satunya yaitu National Advisory Committee for Aeronautics (NACA) dan RISØ National Laboratory (Denmark). Profil *hydrofoil* dinyatakan oleh NACA dengan angka yang menyatakan beberapa parameter seperti ketebalan maksimal, *chamber* maksimum, posisi ketebalan maksimal, posisi

chamber maksimum dan radius hidung dimana setiap angka memiliki makna.

Pada angka pertama menyatakan nilai maksimum *chamber* dalam persen terhadap chord, angka kedua menunjukkan letak maksimum *chamber* berada dalam persepuluh chord, dan dua angka terakhir menunjukkan ketebalan maksimum dalam persen terhadap chord. Dengan beberapa jenis angka kode profil NACA, karakteristik dari turbin yang dibuat akan berbeda pula meskipun pada jenis profil dan soliditas yang sama. Profil *hydrofoil* NACA lebih banyak digunakan karena memiliki gaya *lift* dan torsi yang lebih besar dibandingkan dengan profil lain seperti RISO.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Pelaksanaan

1. Tempat Pelaksanaan

Proses pembuatan turbin helik ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida Fakultas Teknik Universitas Lampung (UNILA). Untuk pengujian model pembangkit listrik tenaga mikro hidro dengan menggunakan turbin helik akan dilaksanakan di saluran irigasi Way Tebu, desa Banjaragung Udik, kecamatan Pugung, kabupaten Tanggamus.

2. Waktu Pelaksanaan

Pelaksanaan proyek akhir ini dijadwalkan dilakukan pada bulan Oktober 2018 hingga Februari 2019 dengan jadwal kegiatan yang tersusun. Kegiatan yang dilakukan mulai dari studi literatur dan studi potensial kemudian dilanjutkan dengan pembuatan sudu turbin helik setelah semua siap, dilakukan pengujian pada model sistem PLTMH setelah mendapatkan data hasil pengujian penulis melakukan pengolahan data.

B. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada pembuatan dan pengujian PLTMH turbin helik ini adalah sebagai berikut :

1. Alat pembuatan turbin helik

Adapun alat yang digunakan dalam proses pembuatan PLTMH menggunakan turbin helik adalah sebagai berikut :

a. Mesin Las dan Elektroda

Mesin las digunakan untuk melakukan proses penyambungan bahan-bahan logam pada proses pembuatan rangka sudu turbin helik.



Gambar 3.1 Mesin Las dan Elektroda

b. Gerinda Tangan

Gerinda tangan digunakan untuk melakukan pemotongan bahan-bahan pembuatan turbin helik seperti pemotongan besi cor dan besi plat juga untuk menghaluskan hasil dari pengelasan.



Gambar 3.2 Gerinda Tangan

c. Bor Tangan

Bor tangan digunakan untuk melubangi besi plat pada dudukan sudu turbin helik.



Gambar 3.3 Bor Tangan

d. Tabung Setengah Lingkaran

Tabung setengah lingkaran digunakan sebagai media cetakan untuk membentuk sudu turbin helik.



Gambar 3.4 Tabung Setengah Lingkaran

e. Akrilik

Akrilik digunakan sebagai mal untuk membentuk profil sudu turbin helik lebih agar lebih presisi.



Gambar 3.5 Akrilik

f. Palu

Palu digunakan untuk mengetok bagian sudu yang terlalu menonjol ke luar, sehingga membuat dinding sudu terlihat rapih.



Gambar 3.6 Palu

g. Mistar, Busur derajat, Jangka sorong, Mistar siku

Berbagai macam alat ukur ini digunakan untuk melakukan pengukuran dalam skala yang kecil seperti satuan millimeter dan centimeter busur derajat digunakan untuk melakukan pengukuran pada tabung setengah lingkaran yang digunakan untuk membentuk sudu turbin helik.



Gambar 3.7 Mistar, Busur derajat, Jangka sorong, Mistar siku

h. Meteran

Meteran digunakan untuk melakukan pengukuran pada proses pembuatan turbin helik dengan skala satuan yang lebih besar yaitu meter.



Gambar 3.8 Meteran

i. *Waterpas*

Alat ini digunakan untuk menentukan apakah poros turbin heik dan dan besi plat sebagai dudukan turbin helik sudah benar-benar tegak lurus atau masih mengalami kemirinan.



Gambar 3.9 *Waterpas*

2. Bahan pembuatan turbin helik

Adapun bahan yang digunakan dalam proses pembuatan turbin helik sebagai berikut :

a. Besi cor

Besi ini digunakan sebagai rusuk atau rangka dari turbin helik besi jenis ini digunakan karna mudah dibentuk dan kuat, besi cor yang digunakan berdiameter 8mm.



Gambar 3.10 Besi cor

b. Besil plat

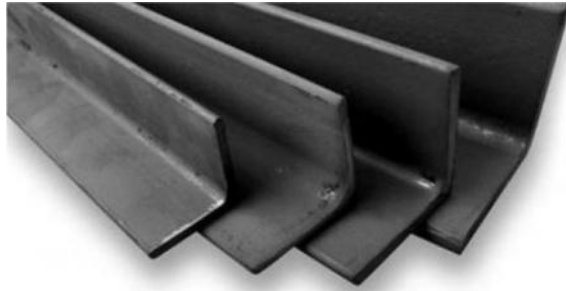
Besi plat digunakan sebagai bodi atau penutup rangka dari sudu turbin helik, besi plat yang digunakan berukuran 1,2mm.



Gambar 3.11 Besil plat 1,2mm

c. Besi siku

Besi siku ini digunakan sebagai bahan pembuatan sistem PLTMH pengujian sudu turbin helik.



Gambar 3.12 Besi siku.

d. Besi pejal

Besi pejal ini digunakan sebagai poros dari turbin helik menggunakan besi pejal berdiameter 1 inch.



Gambar 3.13 Besi pejal

e. Dempul

Bahan ini digunakan untuk melapisi atau menutupi seluruh bagian sudu turbin helik untuk membentuk profil sudu yang lebih sesuai mencegah kebocoran dan menghindari sudu turbin helik dari korosi.



Gambar 3.14 Dempul

f. Mur dan baut

Mur dan baut digunakan sebagai pengikat sudu di plat poros pada rangka turbin helik.



Gambar 3.15 Mur dan baut.

3. Alat ukur dan perlengkapan untuk pengujian

Adapun alat yang digunakan dalam pengujian model PLTMH menggunakan turbin helik adalah sebagai berikut :

a. *Tachometer*

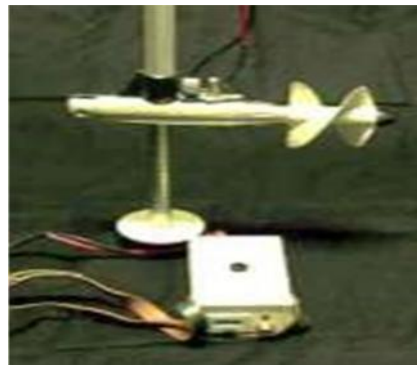
Tachometer digunakan untuk mengukur rotasi permenit yang di hasilkan turbin helik.



Gambar 3.16 *Tachometer*

b. *Current meter*

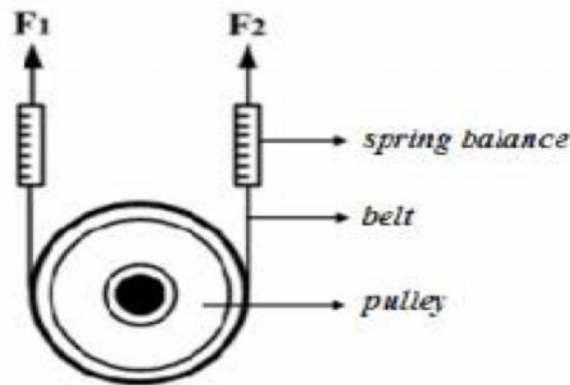
Current meter alat yang digunakan sebagai pengukur kecepna aliran air pada irigasi.



Gambar 3.17 *current meter*

c. Torsi meter

Torsi meter ini menggunakan sistem pengereman belt, untuk menguji torsi yang dihasilkan turbin helik



Gambar 3.18 Torsi meter

C. Proses Pembuatan Turbin Helik

Adapun proses pembuatan turbin helik dengan profil NACA 0030 dilakukan secara bertahap sebagai berikut :

- a. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
- b. Membuat sudu turbin helik hydrofoil NACA 0030 sesuai dengan hasil perancangan diperoleh dimensi turbin dengan tinggi turbin 1,2 m, diameter turbin 1 m, dengan kemiringan sudu 73° , dan Panjang *chord* 41,18 cm (sembiring, 2019)
- c. Memotong besi cor sepanjang 50 cm, sebanyak 42 buah menggunakan gerinda.
- d. Membentuk besi cor sesuai dengan profil NACA 0030 menggunakan akrilik.

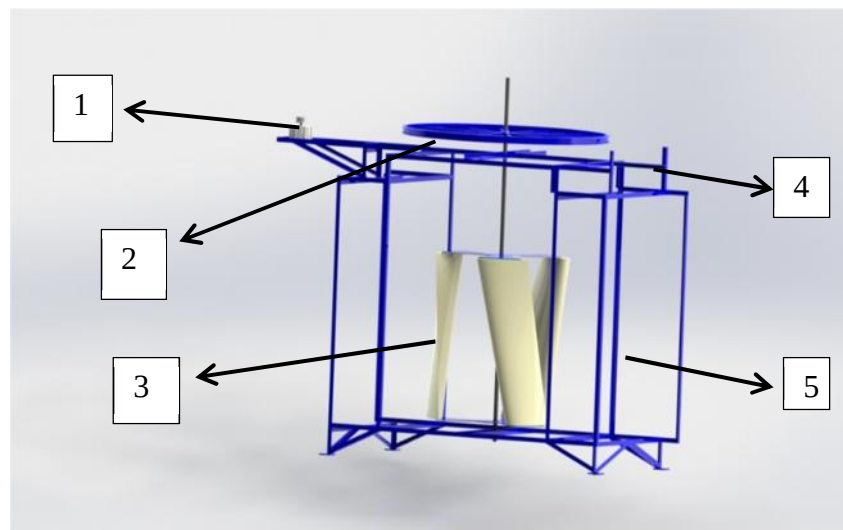
- e. Membuat garis bantu pada tabung setengah lingkaran untuk membentuk kemiringan sudu 73° .
- f. Memotong besi cor sepanjang 1,2 meter sebanyak 6 buah menggunakan gerinda.
- g. Mengelas besi cor sepanjang 1,2 meter yang sudah dipotong pada tabung setengah lingkaran.
- h. Memotong besi plat setebal 1,2 mm.
- i. Mengelas besi plat pada bagian atas besi cor.
- j. Melepas hasil pengelasan dari tabung setengah lingkaran menggunakan gerinda
- k. Mengelas besi cor yang dibengkokkan dan plat besi setebal 1,2mm pada bagian sebaliknya.
- l. Mengulang hal yang sama sampai membuat 3 sudu NACA 0030.
- m. Melakukan *finishing* dengan mendempul seluruh bagian sudu agar tidak terjadi kebocoran dan korosi
- n. Mengamplas hasil pendempulan agar hasil lebih rapih dan sesuai dengan profil NACA 0030.



Gambar 3.19 Turbin helik

D. Metode Pengujian dan Pengambilan data

Sebelum melakukan pengambilan data pengujian turbin helik NACA 0030 dilakukan terlebih dahulu pembuatan sistem pengujian turbin helik, seperti pada gambar 3.20.



Gambar 3.20 Sistem pengujian turbin helik

Keterangan:

1. Generator
2. Pully Turbin
3. Turbin Helik NACA 0033
4. Dudukan Pengereman Sabuk
5. Rangka

Adapun data yang akan diambil dalam pengujian pembangkit listrik model sistem PLTMH menggunakan turbin helik adalah kecepatan aliran air irigasi, kecepatan putaran turbin helik (rpm), torsi turbin helik (Nm). Adapun

prosedur yang dilakukan dalam melakukan pengujian turbin helik menggunakan model sistem PLTMH adalah sebagai berikut:

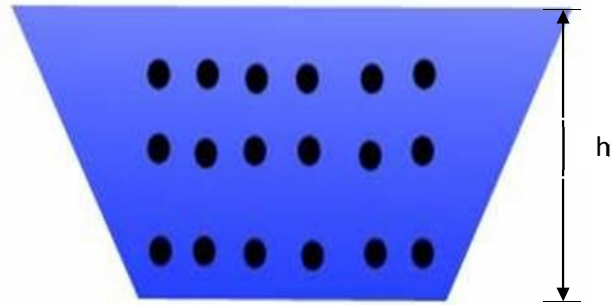
1. Memasang sistem PLTMH turbin helik pada saluran irigasi.
2. Membuka pintu air bendungan sampai ketinggian air pada turbin yang telah ditentukan yaitu 10 cm dibawah permukaan turbin, sejajar permukaan turbin, dan 10 cm diatas permukaan turbin.
3. Mengukur kecepatan air pada setiap level ketinggian yang ditentukan.
4. Mengukur torsi pada turbin helik dengan menggunakan metode pengereman sabuk yang dikaitkan pada puli turbin helik.
5. Mengukur kecepatan putaran turbin helik menggunakan alat ukur *tachometer*.
6. Mencatat data hasil pengujian turbin helik yaitu: kecepatan putaran *propeller curret meter* dengan 3 variasi ketinggian air, pengereman sabuk dengan sistem pegas, kecepatan putaran poros turbin helik.
7. Mengolah data hasil pengujian sehingga mendapatkan nilai daya poros (watt), daya hidro (watt) dan efisiensi turbin.

E. Metode pengambilan data dalam pengujian turbin helik

1. Pengukuran kecepatan aliran air

Pengukuran kecepatan aliran menggunakan alat ukur *current meter* dengan metode pengukuran tiga titik referensi, yaitu 0,2h, 0,6h, dan 0,8h, dimana (h) merupakan ketinggian permukaan air. Pengukuran juga membagi

penampang lebar sungai menjadi 6 segmen untuk meminimalisir kesalahan pengukuran kecepatan aliran.



Gambar 3.21 metode pengambilan data kecepatan air

Selanjutnya mengkalibrasi alat ukur *current meter* dengan menggunakan *propeller* No. A-13.17 diameter 100 mm, *pitch* 0.125 m, dimana dari hasil pengukuran nilai dari putaran propeler per segmen (N) lebih besar dari 1,22 dengan lama pengukuran pertitik (t) 10 detik, menggunakan kalibrasi alat ukur yang dikalibrasi oleh Laboratorium Balitbang Hidrologi dan Tata Air, Kementrian PUPR pada Persamaan 1 berikut ini (Tobiin, 2017):

Untuk $n \geq 1,22$ maka,

$$V = 0,1312 n + 0,0121 \text{ (m/s)} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

n = Koefisien (N/t)

N = Jumlah putaran

t = Waktu (s)

2. Pengukuran daya pengereman

Pengukuran daya pengereman dilakukan untuk mendapatkan nilai torsi turbin, Sistem pengereman sabuk menggunakan dua buah neraca pegas sebagai pengukur besar tegangan tali pengereman seperti Gambar 3.17 (Tohari, 2015). Gaya pengereman (F) adalah selisih tangangan tali antara sisi ketat dan sisi kendur.

$$F = |F_1 - F_2| \text{ (N) (2)}$$

Selanjutnya untuk mengetahui torsi dihitung dengan persamaan 3 berikut (Ewen, 2012).

$$T = F \cdot r \text{ (3)}$$

Sehingga daya turbin (P_t) dengan Persamaan 4 berikut (Ewen, 2012):

$$P_t = T \cdot \omega \text{ (4)}$$

Dimana:

$$F = |F_1 - F_2| \text{ (N)}$$

$$r = \text{Jari-jari } \textit{pulley} \text{ pengereman (m)}$$

$$P_t = \text{Daya poros turbin (Watt)}$$

$$T = \text{Torsi turbin (Nm)}$$

$$\omega = \text{Kecepatan sudut turbin (rad/se)}$$

3. Pengukuran putaran turbin

Pengukuran putaran turbin dilakukan untuk mengetahui jumlah putaran poros turbin per menit untuk mengetahui besar daya poros turbin. Alat yang digunakan dalam menghitung putaran turbin adalah *tachometer*.

4. Daya poros turbin

Daya poros turbin dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P_T = \frac{2\pi T.n}{60}$$

Keterangan:

P_T = Daya poros turbin (Watt)

T = Torsi turbin (Nm)

n = Jumlah putaran

5. Daya hidro turbin

Daya hidro merupakan total energi hidrolis yang menggerakkan turbin, dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$P_h = 0,5 \cdot \rho \cdot At \cdot V^3$$

Keterangan :

P_h = Daya hidro turbin (Watt)

ρ = masa jenis air (kg/m³)

At = Penampang turbin (m²)

V^3 = Kecepatan air (m/s)

6. Efisiensi turbin

Untuk mendapatkan hasil perhitungan efisiensi turbin dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\eta_{\text{turbin}} = \frac{P_t}{P_h} \times 100\%$$

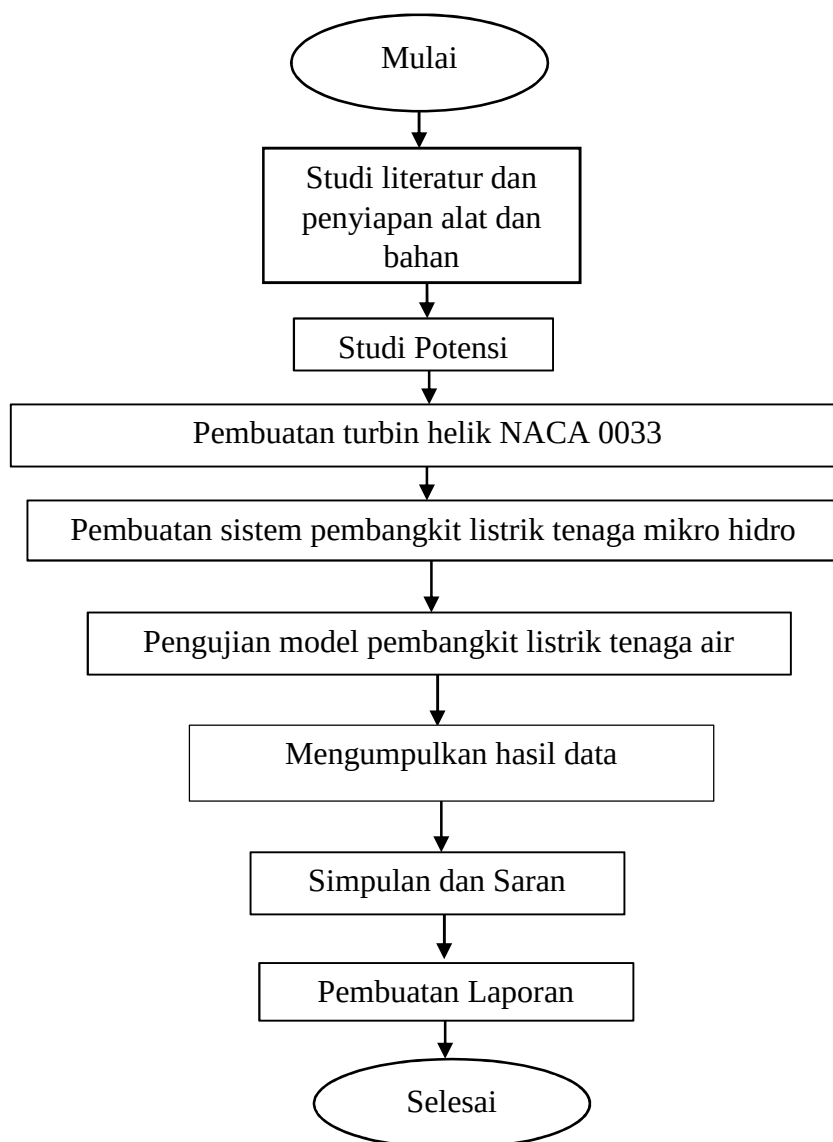
Keterangan :

η_{turbin} = Efisiensi turbin

P_t = Daya turbin (Watt)

P_h = Daya hidro (Watt)

F. Diagram Alur Pelaksanaan Tugas Akhir



Gambar 3.22 Diagram alur

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Adapun simpulan yang diperoleh dari pembuatan proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pada proses pembuatan turbin dilakukan dengan mengikuti literatur yang digunakan, agar hasil sesuai dengan literatur.
2. Berdasarkan hasil pembuatan spesifikasi turbin yaitu; dimensi turbin dengan tinggi turbin 1,2 m, diameter turbin 1 m, dengan jumlah 3 sudu, panjang *chord* 41,18 cm, panjang sudu 1,359 cm dan profil *hydrofoil* yang digunakan sebagai sudu turbin yaitu NACA 0030.
3. Pada hasil pengujian turbin helik menggunakan model sistem PLTMH didapatkan efisiensi maksimum sebesar 74,64% pada kecepatan aliran 0,398 m/s, kemudian pada kecepatan aliran 0,491 m/s efisiensi sistem sebesar 64,57%, sedangkan pada kecepatan 0,548 m/s efisiensi sistem yang didapat sebesar 67,07%.

B. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan setelah melakukan pengujian pada proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pemilihan bahan pembuatan turbin yang lebih ringan dan kuat agar turbin berputar lebih optimal.
2. Memberi cat pada sudu, untuk melapisi dinding sudu guna mengurangi kekasaran pada dinding sudu.
3. Pembuatan saluran percepatan aliran untuk meningkatkan daya yang dihasilkan model PLTMH.

DAFTAR PUSTAKA

Gorlov A.M, 1998. *Turbine With a Twist : Journal Macro-Engineering and The Earth World Project for Year 2000 and Beyond. Northeastern University. Boston, MA*

Kurniawan, Iwan, 2014. Kajian Eksperimental dan Numerikal Turbin Helikal Gorlov untuk Twist Angel 60o dan 120o : Journal ISSN. Universitas Riau. Riau.

Mafruddin, 2016. Setudi Eksperimental Sudut Nosel dan Sudut Sudu Terhadap Kinerja Turbin Cross-Flow Sebagai PLTMH di Desa Bumi Nabung Timur, Tesis. Universitas Lampung. Lampung.

Munson, 2005. Mekanika Fluida. Edisi Keempat Jilid 2. Jakarta : Erlangga.
Shiono, Mitsuhiro, Suzuki, Katsuyuki, dan Kiho, Seiji, 2002. *Output Characteristic of Darrieus Water Turbine with Helical Blades for Tidal Current Generations : journal ISSN. Nihon University. Japan.*

Sihombing Edis, 2009. Pengujian Sudu Lengkung Prototipe Turbin Air Terapung pada Aliran Sungai : Jurnal Teknik Mesin. Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.

Shiono, Mitsuhiro, Suzuki, Katsuyuki, dan Kiho, Seiji, 2002. *Output Characteristic of Darrieus Water Turbine with Helical Blades for Tidal Current Generations : journal ISSN. Nihon University. Japan.*

Supratmanto, Dwi, 2016. Kajian Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Helik Untuk Model Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Universitas Lampung. Lampung.

Yawara, Eka, Jayatun, Agus, Y, dan Sugati, Daru, 2016. Pengaruh Profil Sudu Terhadap Koefisien Daya Turbin Gorlov : Journal ISSN. Sekolah Tinggi Nasional Yogyakarta. Yogyakarta