



**ANALISA PENGARUH VARIASI JUMLAH SUDU TURBIN  
TERHADAP DAYA TURBIN *PROTOTYPE* PEMBANGKIT  
LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH)  
MENGUNAKAN TURBIN *CROSS FLOW***

**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Dalam Rangka Penyelesaian Studi  
Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik  
Program Studi Teknik Mesin

Oleh:  
**RESKI SAFRI AL HAFIDZ**  
**NPM. 6419500038**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL  
2024**

## LEMBAR PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul “ANALISA VARIASI JUMLAH SUDU TURBIN TERHADAP DAYA TURBIN *PROTOTYPE* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) MENGGUNAKAN TURBIN *CROSS FLOW*”

Nama Peneliti : Reski Safri Al Hafidz

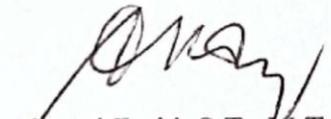
NPM : 6419500038

Telah disetujui oleh dosen pembimbing untuk dipertahankan dihadapan dewan penguji skripsi Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer :

Hari :

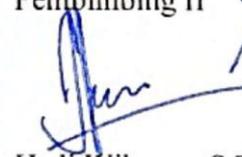
Tanggal :

Pembimbing I

  
Ahmad Farid, S.T., M.T.  
NIPY. 191511101978

8/5/24

Pembimbing II

  
Hadi Wibowo, S.T., M.T.  
NIPY. 20651641971

6/2024  
17

**HALAMAN PENGESAHAN**

Telah dipertahankan dihadapan Sidang Dewan Penguji Fakultas Teknk dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.

Hari : Kamis

Tanggal : 18 Juli 2024

**Ketua penguji**

TTD

Dr. Agus Wibowo, ST., MT  
NIPY. 126518101972

**Penguji Utama**

Galuh Renggani W, ST.,MT.  
NIPY. 16262561981

**Penguji I**

Ahmad Farid, ST., MT.  
NIPY. 191511101978

**Penguji II**

Hadi Wibowo, ST.,MT.  
NIPY. 20651641971

Mengetahui

Dekan Fakultas teknik dan Ilmu Komputer



Dr. Agus Wibowo, ST., MT.  
NIPY. 126518101972

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bawa skripsi ini dengan judul "**Analisa Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Turbin Terhadap Daya Turbin *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Menggunakan Turbin *Cross Flow***". ini beserta isinya benar-benar karya sendiri, dan saya tidak akan melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini saya siap apabila kemudian ada pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau ada klaim pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Yang bertanda tangan

Dibawah ini



Reski Safri Al Hafidz  
NPM. 6419500038

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

1. Di balik kesuksesanmu adalah semua jawaban dari doa kedua orang tua yang tak pernah henti.
2. Yakin adalah kunci jawaban dari semua permasalahanmu.
3. Jangan suka memanjakan diri sendiri dan selalu lihatlah kebawah untuk bisa selalu bersyukur.
4. Tidak ada kata tidak bisa selagi mampu berusaha.
5. Berani mencoba sama dengan berani sukses.
6. Allah tidak mebebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.  
(QS Al-Baqarah 286)

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini penulis persembahkan kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberikan nikmat sehat, nikmat ihsan maupun nikmat iman.
2. Skripsi ini saya persembahkan kepada kedua orang tua saya, Bapak Ali Rosadi dan Ibu Es Tati yang selalu bekerja keras, memberikan dukungan, semangat, serta doa kepada anaknya yang tak pernah henti ta pernah lelah hingga saat ini.
3. Skripsi ini saya persembahkan untuk keluarga saya dirumah, terimakasih selalu menjadi penyemangat dalam mengerjakan skripsi ini.
4. Skripsi ini saya persembahkan kepada orang yang sabar memberikan dukungan dan seseorang yang aku sayangi dan aku cintai.
5. Skripsi ini saya persembahkan kepada seluruh teman angkatan 2019 serta kakak dan adik Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal yang selalu memberikan motivasi.
6. Teman-teman kelas B Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal yang selalu memberikan motivasi dan semangat.
7. Seluruh Dosen Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.
8. Pembaca yang baik dan budiman.

## PRAKATA

Dengan memanjatkan puji syukur atas kehadiran Allah SWT, yang sudah memberikan jalan kemudahan, kelancaran serta kesehatan yang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan berjudul “Analisa Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Turbin Terhadap Daya Turbin *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Menggunakan Turbin *Cross Flow*”. Penyusunan skripsi ini dengan maksud untuk memenuhi suatu syarat dalam rangka menyelesaikan Studi Strata 1 Program Studi Teknik Mesin.

Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak luput dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

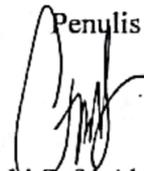
1. Bapak Dr. Agus Wibowo, ST.,MT. selaku dekan Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.
2. Bapak Ahmad Farid, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I.
3. Bapak Hadi Wibowo, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II.
4. Bapak Agus Shidiq. ST., MT. selaku Wali Dosen .
5. Segenap Dosen dan Staf Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.
6. Ibu dan Bapak saya yang tak pernah lelah untuk mendoakanku dan selalu memberi semangat.
7. Semua Anggota Keluarga Besar yang selalu mendoakan dan mendukung.
8. Terimakasih untuk semua teman-teman yang ada di Kampus Universitas Pancasakti Tegal.

9. Serta semua pihak yang selalu membantu hingga laporan ini selesai, semoga mendapatkan balasan yang sesuai dan lebih dari Allah SWT.
10. Terimakasih kepada diri sendiri yang tak pernah lelah berusaha sampai detik ini.

Penulis telah membuat laporan ini sesempurna mungkin semampu kemampuan Penulis, namun demikian ada kekurangan yang tidak terlihat oleh penulis untuk itu dapat dimaklumi dan mohon memberi masukan untuk kebaikan Penulis dan memaafkannya. Harapan penulis, semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Tegal, 18 Juli 2024

Penulis



Reski Safri Al Hafidz  
NPM. 6419500038

## ABSTRAK

RESKI SAFRI AL HAFIDZ, 2024. “ANALISA VARIASI JUMLAH SUDU TURBIN TERHADAP DAYA TURBIN *PROTOTYPE* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) MENGGUNAKAN TURBIN *CROSS FLOW*” Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal.

Perkembangan zaman yang terus meningkat menyebabkan kebutuhan energi semakin meningkat pula. Energi menjadi elemen vital dalam pembangunan suatu negara atau daerah. Saat ini, sebagian besar pasokan energi listrik di Indonesia masih bergantung pada pembangkit berbahan bakar fosil yang jumlahnya terbatas dan tidak terbarukan. Oleh karena itu, diperlukan pemanfaatan energi terbarukan seperti air, angin, matahari, panas bumi, dan nuklir. Indonesia memiliki potensi besar dalam energi air yang bisa dimanfaatkan melalui teknologi mikrohidro. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi jumlah sudu turbin terhadap daya yang dihasilkan oleh *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) menggunakan turbin *cross flow* di daerah Tegal. Daerah ini memiliki potensi besar dengan debit air 1,005 m<sup>3</sup>/s, curah hujan rata-rata 660 mm/bulan, dan head 9,6 meter yang cocok untuk turbin *cross flow*.

Metode penelitian ini menggunakan eksperimen langsung untuk memperoleh data melalui observasi dan pencatatan. Eksperimen dilakukan dengan menguji berbagai variabel penelitian untuk mengetahui hubungan antar variabel. Data yang diperoleh dicatat, dihitung secara teoritis, dan disajikan dalam bentuk grafik untuk memudahkan pemahaman. Tujuan dari kegiatan ini adalah memberikan informasi mengenai kinerja optimum alat serta hubungan antara variabel saat pengujian.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan jumlah sudu secara signifikan meningkatkan ketiga parameter tersebut. Dengan daya input tetap sebesar 8,63 Watt, peningkatan jumlah sudu dari 8 menjadi 16 menghasilkan peningkatan torsi dari 0,086 Nm menjadi 0,12 Nm, daya turbin dari 3,89 Watt menjadi 5,82 Watt, dan efisiensi dari 45,08% menjadi 67,45%. Kesimpulan yang diambil adalah bahwa penambahan jumlah sudu memiliki pengaruh positif terhadap performa turbin, menjadikannya lebih efisien dalam mengkonversi energi input menjadi output. Disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan variasi jumlah, bentuk, dan material sudu untuk menemukan konfigurasi optimal yang mempertimbangkan efisiensi, biaya, dan keandalan.

**Kata kunci :** Energi baru terbarukan, Turbin, *Runner*, Sudu, *Cross flow*

## **ABSTRACT**

**RESKI SAFRI AL HAFIDZ, 2024. "ANALYSIS OF VARIATIONS IN THE NUMBER OF TURBINE BLADES ON TURBINE POWER PROTOTYPE OF MICRO HYDRO POWER PLANT (PLTMH) USING CROSS FLOW TURBINES"** Mechanical Engineering Pancasakti University Tegal.

*The ever-increasing development of the times causes energy needs to increase as well. Energy is a vital element in the development of a country or region. Currently, most of the electricity supply in Indonesia still depends on fossil fuel generators, which are limited in number and non-renewable. Therefore, it is necessary to use renewable energy such as water, wind, solar, geothermal and nuclear. Indonesia has great potential in water energy which can be utilized through micro-hydro technology. This research aims to analyze the effect of variations in the number of turbine blades on the power produced by the Prototype Micro Hydro Power Plant (PLTMH) using a cross flow turbine in the Tegal area. This area has great potential with a water discharge of 1,005 m<sup>3</sup>/s, average rainfall of 660 mm/month, and a head of 9.6 meters which is suitable for cross flow turbines.*

*This research method uses direct experiments to obtain data through observation and recording. Experiments were carried out by testing various research variables to determine the relationship between variables. The data obtained is recorded, calculated theoretically, and presented in graphical form for easy understanding. The aim of this activity is to provide information regarding the optimum performance of the tool and the relationship between variables during testing.*

*The results showed that increasing the number of blades significantly improved these three parameters. With a fixed input power of 8.63 Watts, increasing the number of blades from 8 to 16 results in an increase in torque from 0.086 Nm to 0.12 Nm, turbine power from 3.89 Watts to 5.82 Watts, and efficiency from 45.08% to 67.45%. The conclusion drawn is that increasing the number of blades has a positive influence on turbine performance, making it more efficient in converting input energy into output. It is recommended to carry out further research with variations in the number, shape and material of blades to find the optimal configuration that considers efficiency, cost and reliability*

**Keywords: New renewable energy, Turbine, Runner, Blade, Cross flow**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>PRAKATA</b> .....	vii
<b>ABSTRAK</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>LAMBANG</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Batasan Masalah .....	5
C. Rumusan Masalah .....	5
D. Tujuan dan Manfaat .....	6
E. Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	8
A. Landasan Teori .....	8
1. <i>Prototype</i> .....	8
2. Konversi Energi .....	8
3. Potensi Energi Air .....	9
4. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) .....	12
5. Klasifikasi Turbin Air .....	13
6. Turbin <i>Cross Flow</i> .....	20
7. Generator .....	25
B. Tinjauan Pustaka .....	27

<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>36</b>
A. Metode Penelitian.....	36
B. Waktu Dan Tempat Penelitian .....	36
C. Intrumen Penelitian .....	37
D. Variabel Penelitian .....	44
E. Metode Pengumpulan Data .....	44
F. Metode Analisis Data .....	46
G. Diagram Alur Penelitian.....	50
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>51</b>
A. Hasil Penelitian .....	51
B. Pembahasan .....	60
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>64</b>
A. Kesimpulan .....	64
B. Saran.....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>66</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>68</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis <i>Runner</i> Konvensional.....	16
Gambar 2.2 Pemilihan Jenis Turbin Berdasarkan <i>Head</i> dan <i>Flow</i> .....	19
Gambar 2.3 Prinsip Kerja Turbin <i>Cross Flow</i> .....	20
Gambar 2.4 Dua Tipe Turbin <i>Cross Flow</i> .....	22
Gambar 2.5 Turbin <i>Cross Flow</i> .....	22
Gambar 2.6 Turbin <i>Cross Flow</i> .....	23
Gambar 2.7 <i>Runner Cross Flow</i> .....	25
Gambar 3.1 <i>Multimeter</i> .....	38
Gambar 3.2 <i>Tachometer</i> .....	38
Gambar 3.3 Desain <i>Prototype</i> Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro.....	39
Gambar 3.4 <i>Prototype</i> Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro.....	40
Gambar 3.5 Pipa pvc 1 inch .....	41
Gambar 3.6 Rasio Transmisi.....	41
Gambar 3.7 Turbin <i>Cross flow</i> .....	42
Gambar 3.8 <i>Runner</i> Turbin .....	42
Gambar 3.9 Akrilik.....	43
Gambar 3.10 Pompa .....	43
Gambar 3.11 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	50
Gambar 4.1 Hubungan Jumlah Sudu Dengan Putaran Turbin.....	60
Gambar 4.2 Hubungan Jumlah Sudu Dengan Putaran Torsi.....	61
Gambar 4.3 Hubungan Jumlah Sudu Dengan Daya Turbin.....	62
Gambar 4.4 Hubungan Jumlah Sudu Dengan Efisiensi Turbin. ....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pembangkit Listrik Berdasarkan Daya.....	13
Tabel 2.2 Kecepatan Spesifik Turbin .....	15
Tabel 2.3 Jenis Turbin Air Berdasarkan Ketinggian .....	18
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	36
Tabel 3.2 Penentuan Debit Air .....	45
Tabel 3.3 PengujianTurbin .....	46
Tabel 4.1 Data Pengukuran Debit .....	51
Table 4.2 Data Hasil Pengujian Turbin Menggunakan Beban Pengereman .....	52
Tabel 4.3 Data Pengujian Generator Tubin Dengan Beban Lampu daya 5 Watt	58

## LAMBANG

% : persen (per seratus)

Cm : centimeter

m : meter

m/s : meter per second

Kg : Kilo gram

J : Joule

° : Derajat

$\eta$  : eta

$\rho$  : rho

$\omega$  : omega

N : Newton

Nm : Newton Meter

rad/s : radial per second

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Jalanya perkembangan zaman yang terus meningkat tentu kebutuhan energi semakin meningkat. Energi merupakan unsur yang sangat penting dalam pengembangan suatu negara atau suatu daerah. Oleh karena itu pemanfaatan energi secara tepat guna akan menjadi suatu cara yang ampuh dalam perkembangan zaman tersebut.

Sebagian besar negara di dunia termasuk Indonesia suplai energi listrik masih mengandalkan pembangkit berbahan bakar fosil yakni minyak bumi, gas alam dan batu bara yang jumlahnya terbatas di alam dan akan habis, sementara penggunaan energi listrik terus bertambah. Karena itu pemanfaatan energi sekarang ini sudah diarahkan pada penggunaan energi terbarukan yang ada di alam. Contoh energi air, energi angin, energi matahari, energi panas bumi, dan energi nuklir.

Karena energi baru terbarukan sangat mudah di temui dan mudah di manfaatkan dibanding energi minyak bumi dan batu bara. Energi fosil harus melewati berbagai proses dan sulit menemuinya karena terdapat dibawah permukaan bumi. Sumber energi yang dikenal dengan energi terbarukan yang ditulis di atas antara lain yaitu energi nuklir, energi panas bumi, energi matahari, energi angin, dan energi air. Semua energi tersebut yang memenuhi kriteria dalam pemanfaatanya bisa menghemat penggunaan energi fosil yang terbatas.

Sumber daya alam di Indonesia sangat banyak, salah satu adalah air. Air menjadi kebutuhan pokok sehari-hari untuk memenuhi kebutuhan hidup, karena air

mengalir memiliki energi yang bisa dimanfaatkan untuk mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin air, energi mekanik yang terdapat di dalam turbin diubah menjadi energi listrik merupakan salah satu alternatif yang dapat diperbarui terus.

Berdasarkan letak geografis Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yaitu air yang besar di setiap daerah. Menteri Energi Sumber Daya Mineral memiliki data dari potensi energi air sebesar 75GW yang tersebar diberbagai lokasi. Potensi ini dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu: potensi tenaga air skala besar dan potensi tenaga air skala mini/mikro. Skala besar memiliki potensi tenaga air lebih besar dari 10MW, sedangkan skala mini/mikro dengan potensi kurang dari 10MW (Sunarti, dkk 2017). Pada pembangkit skala kecil sumber energi air dapat dimanfaatkan dengan menggunakan turbin yang memanfaatkan energi dari sebuah aliran air.

Teknologi mikrohidro harus terus dikembangkan dari segi peralatan dan efisiensi. Dalam memaksimalkan daya dan putaran turbin diperlukan jumlah dan bentuk sudu yang sesuai agar dapat menerima energi kinetik dari pancaran air saat menabrak permukaan sudu. Pengaruh jumlah sudu terhadap daya adalah semakin banyak sudu, maka meningkatkan besar daya yang dikeluarkan. Peningkatan tersebut disebabkan dengan banyaknya sudu, maka lebih banyak air yang terkena sudu dan akan memberikan momentum yang lebih besar kepada rotor. Jumlah sudu terlalu banyak menyebabkan penurunan efisiensi turbin karena adanya resistensi yang lebih besar pada aliran air.

Sudu merupakan bagian turbin yang berfungsi untuk merubah gerak pancar air menjadi gerak rotasi/putaran atau pancaran air yang masuk turbin dan mengenai sudu roda turbin akibat adanya fluida kerja (air, angin, uap, dll) yang dimana akan terjadi konversi energi yaitu energi kinetik menjadi energi mekanis yang menggerakkannya atau mengubah energi potensial menjadi energi kinetik. Bentuk dari sudu turbin sesuai dengan fluida kerja yang menggerakkannya dengan dimensi sesuai dengan kebutuhan untuk menggerakkan roda turbin.

Jumlah sudu yang digunakan adalah 8, 12, dan 16. Pentingnya menganalisis jumlah sudu ini, dapat diketahui daya paling optimal yang dihasilkan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) menggunakan turbin *cross flow*.

Turbin air merupakan suatu pembangkit mula-mula yang memanfaatkan energi potensial air menjadi energi mekanik dimana air memutar roda turbin. Air yang berada pada ketinggian tertentu memiliki energi potensial. Ketika air mengalir ke tempat yang lebih rendah energi potensial berubah menjadi energi kinetik. Oleh turbin air, energi kinetik dirubah menjadi energi mekanik.

Pada umumnya turbin air dapat diklasifikasi menjadi 2 jenis dilihat dari kerja turbin dalam hal mengubah tinggi jatuh, salah satunya yaitu: turbin impuls, air dengan tinggi jatuh tertentu dirubah menjadi energi kinetik melalui nosel. Keluar dari nosel, pancaran air menumbuk sudu dan memutar poros kemudian mengalir dengan tekanan konstan. Beberapa jenis turbin yang termasuk turbin impuls adalah turbin turgo, turbin pelton dan turbin *cross flow*. Turbin *cross flow* merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga listrik. Turbin *cross flow* banyak digunakan untuk sumber energi listrik di daerah yang

tidak terjangkau Perusahaan Listrik Negara (PLN). Indonesia memiliki banyak potensi sumber energi air khususnya daerah Kabupaten Tegal yang mempunyai potensi yang sangat besar untuk dikembangkan PLTMH, yaitu dengan debit  $1,005\text{m}^3/\text{s}$ , ketersediaan air yang selalu ada dengan curah hujan rata-rata 660mm/bulan dan memiliki potensi head 9,6 m yang mana cocok menggunakan turbin tipe *cross flow*/aliran silang tetapi kurang dimanfaatkan dengan baik, sehingga diperlukan media atau alat yang digunakan untuk memanfaatkan potensi sumber energi air dengan baik.

Berdasarkan latar belakang masalah, maka peneliti akan menguji pengaruh jumlah sudu turbin pada *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) menggunakan turbin *cross flow* dengan keadaan saat ini di daerah Tegal dengan judul “**Analisa Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Turbin Terhadap Daya Turbin *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Menggunakan Turbin *Cross Flow***”. Untuk menguji tersebut, diperlukan pengetahuan khususnya di Program Studi Teknik Mesin sebagai bahan simulasi dalam pembelajaran perkuliahan mengenai turbin air. Oleh karena itu, pengaruh jumlah sudu diharapkan mampu menghasilkan informasi terhadap daya yang dihasilkan.

## B. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang muncul perlunya pembatasan masalah, sehingga ruang lingkup permasalahan lebih fokus, penulis mengambil batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) skala laboratorium.
2. Turbin yang akan digunakan adalah turbin tipe *cross flow*.
3. Menggunakan lampu LED daya 3 watt.
4. Sudut arah aliran tetap sejumlah 1 (satu) sebesar  $45^\circ$ .
5. Jumlah sudu yang akan digunakan adalah 8, 12, dan 16.
6. Fluida yang akan digunakan adalah air tawar.
7. Generator DC yang akan digunakan dengan daya 220 Volt.

## C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang ada pada pembahasan sebelumnya, maka penelitian ini dilakukan berdasarkan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh jumlah sudu *runner* terhadap torsi turbin pada *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) menggunakan turbin tipe *Cross Flow*?
2. Bagaimana pengaruh variasi jumlah sudu *runner* terhadap daya pada *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) menggunakan turbin tipe *Cross Flow*?
3. Bagaimana efisiensi *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) menggunakan turbin tipe *Cross Flow*?

#### **D. Tujuan dan Manfaat**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah sudu turbin terhadap daya pada *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) menggunakan turbin tipe *Cross Flow*.
2. Untuk mengetahui efisiensi pada *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) menggunakan turbin tipe *Cross Flow*.

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Diharapkan adanya penelitian ini membantu dalam menambah daya listrik dan mengurangi penggunaan bahan bakar pada pembangkit listrik yang banyak di gunakan saat ini, sehingga potensi pembangkit listrik tenaga mikro hidro bisa bermanfaat dan ramah lingkungan.
2. Dapat mengetahui pengaruh sudu pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH).
3. Menambah alat praktikum untuk di pelajari dan bisa mengembangkan potensi energi alternatif terbarukan yang terdapat di alam.

#### **E. Sistematika Penulisan**

Dalam penelitian ini penulisan proposal skripsi memiliki sistematika penulisan skripsi yaitu:

##### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini berisi tentang latar belakang, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan

## **BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini berisi penjelasan tentang teori-teori yang berkaitan dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) menggunakan turbin *cross flow*.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini berisi pembahasan metodologi penelitian yang akan digunakan penulisan, meliputi kerangka penulisan yang berisi: bahan dan alat, waktu penelitian.

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini berisi data-data yang telah di kumpulkan dalam penelitian yang akan digunakan dalam proses pengolahan data.

## **BAB V PENUTUP**

Pada bab terakhir ini berisi kesimpulan hasil penelitian tentang analisa pengaruh variasi jumlah sudu turbin terhadap daya turbin di *prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) menggunakan turbin *Cross Flow*.

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## BAB II

### LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Landasan Teori

##### 1. *Prototype*

*Prototype* merupakan bentuk awal atau contoh yang dibuat untuk melakukan uji coba terhadap konsep yang sudah di perkenalkan ataupun sudah dibuat sebelumnya. *Prototype* merupakan sebuah alat maupun benda nyata yang mengekspresikan benda tersebut yang dalam proses perencanaan.

Penggunaan *prototype* dapat membantu dan untuk meningkatkan pemahaman dan daya serap mahasiswa terhadap materi kuliah yang sudah dipelajari.

Beberapa manfaat *prototype* sebagai berikut:

- a. Untuk mendapatkan gambaran konkret.
- b. Hemat biaya dalam proses pembuatan dan pengujian.
- c. Untuk pengembangan produk baru.

##### 2. **Konversi Energi**

Konversi energi yaitu perubahan bentuk energi dari yang satu menjadi energi yang lain. Pada hukum kekekalan energi (hukum 1 termodinamika) mengatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan (dibuat) maupun dimusnahkan akan tetapi dapat berubah bentuk lainnya. Pada masa revolusi industri mulai penemuan mesin uap oleh James Watt adalah contoh konversi energi. Konversi energi dari batu bara menjadi energi gerak mesin uap.

Konversi energi mengalami perkembangan sehingga dalam kehidupan sehari-hari bergantung kepada energi contohnya yaitu energi listrik. Energi listrik adalah produk dari energi lain seperti energi batu bara, energi minyak diesel, energi uap/panas bumi, energi kinetik air terjun, dan lain sebagainya. Produk konversi energi listrik ini untuk menggerakkan turbin dan dikonversikan ke generator sehingga dapat menghasilkan energi listrik.

### 3. Potensi Energi Air

Air adalah sumber energi baru terbarukan yang mudah di dapat dan murah yang di dalamnya tersimpan energi potensial (air jatuh) dan sumber energi kinetik (air mengalir). *Hydropower* (Tenaga air) di dapatkan dari air mengalir dan di manfaatkan untuk menjadi energi mekanis ataupun energi listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yaitu suatu sistem pembangkit energi listrik dengan cara memanfaatkan aliran dari air yang di ubah menjadi energi listrik menggunakan putaran turbin dan generator. Pemanfaatan energi air bisa menggunakan turbin air yang memanfaatkan air terjun atau air sungai yang mengalir (Suyitno, 2011). Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya *head* dan debit air adalah merupakan energi potensial air yaitu :

$$E = m \times g \times h$$

Dimana:

$m$  = Massa Air ( $kg$ )

$g$  = Gaya Gravitasi ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

$h$  = *Head* ( $m$ )

$E$  = Energi potensial (Joule)

Daya merupakan energi tiap satuan waktu  $\frac{E}{t}$ , sehingga persamaan (1)

dapat dinyatakan sebagai :  $\frac{E}{t} = \frac{m}{t} g \times h$

Dengan mensubsitusikan  $P$  terhadap  $\frac{E}{t}$  dan mensubsitusikan  $\rho Q$

terhadap  $\frac{m}{t}$  maka :

$$P = \rho \times Q \times g \times h$$

Dimana:

$P$  = Daya Potensial Air (watt)

$Q$  = Kapasitas Aliran ( $m^3/s$ )

$\rho$  = Densitas Air ( $kg/m^3$ )

$g$  = Gaya Gravitasi ( $9.81 m/s^2$ )

$h$  = *head* (m)

Dalam sebuah pipa berdiameter dan panjang mengalir air dengan kecepatan tertentu maka tekanan air yang keluar pipa dan debit serta laju aliran massanya bisa dihitung. Adanya aliran air di dalam sebuah pipa menyebabkan penurunan tekanan di sisi keluar pipa. Adanya perbedaan tekanan air masuk dan air keluar pipa dapat disebabkan oleh hambatan aliran, misalnya kekasaran permukaan dalam pipa, gesekan air dengan permukaan pipa, panjang pipa, diameter pipa dan kecepatan aliran. Menghitung debit air ini yang perlu diketahui dahulu yaitu tekanan air serta kecepatan air yang mengalir dalam pipa. Tekanan air menggunakan hukum pascal. Hukum pascal yaitu tekanan fluida dipancarkan dengan kekuatan sama ke semua arah dan

bekerja tegak lurus pada suatu bidang. Tekanan air dapat dihitung dengan rumus:

$$P = \rho \times g \times h$$

Keterangan:

$P$  = Tekanan (pascal)

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

$g$  = Gaya Gravitasi ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

$h$  = *Head* Efektif (m)

kecepatan air menggunakan hukum Bernoulli. Jenis air mengalir adalah laminar maka persamaan yang didapat adalah:

$P_1 = P_2$  maka

$$P_1 + \frac{1}{2} \times \rho \times V_1^2 + \rho \times g \times h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \times \rho \times V_2^2 + \rho \times g \times h_2$$

$$V_2 = \sqrt{V_1^2 + g(h_1 - h_2)}$$

Keterangan :

$P$  = Tekanan (pascal)

$V_2$  = Kecepatan 2 (m/s)

$V_1$  = Kecepatan 1 (m/s)

$g$  = Gaya Gravitasi ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

$h$  = *Head* (tinggi air dalam *reservoir*)

Menghitung daya turbin dapat dihitung dengan rumus:

$$P_t = g \times h \times Q \times \eta_t$$

Keterangan:

$P_t$  = Daya *Output* (kW)

$g$  = Gaya Gravitasi (9.81 m/s<sup>2</sup>)

$h$  = *Head* (m)

$Q$  = Debit Air (m<sup>3</sup>/s)

$\eta_t$  = Efisiensi Turbin (0,7)

#### 4. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) atau disebut dengan mikro hidro adalah salah satu pembangkit listrik dengan tergolong *renewable energy*. Pembangkit mikro hidro tergolong pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai penggerak mula pada turbin. contoh dari tempat mikro pada turbin. contoh dari tempat mikro hidro yaitu seperti saluran irigasi, air terjun, sungai pada hidro yaitu seperti saluran irigasi, air terjun, sungai pada alam dengan memanfaatkan head pada aliran air dan jumlah debit air (Silitonga, 2022).

$$P = \rho \times g \times Q \times H \times \eta$$

$P$  = Daya yang dibangkitkan PLTMH (Watt)

$\rho$  = Massa jenis air ( $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ )

$g$  = Gaya Gravitasi(9.81 m/s<sup>2</sup>)

$Q$  = Debit Air (m<sup>3</sup>)

$H$  = Ketinggian (m)

$\eta$  = Efisiensi sistem PLTMH

Berdasarkan output yang dihasilkan, pembangkit listrik tenaga air dibedakan sesuai tabel berikut :

**Tabel 2.1** Pembangkit listrik berdasarkan daya.

Sumber: (Laymand, 1998)

No.	Jenis Turbin	Daya
1	<i>Large-hydro</i>	>100 MW
2	<i>Medium-hydro</i>	15 MW – 100 MW
3	<i>Small-hydro</i>	1 MW – 15 MW
4	<i>Mini-hydro</i>	100 kW
5	<i>Micro-hydro</i>	5 kW– 100 kW
6	<i>Pico-hydro</i>	5 kW

## 5. Klasifikasi Turbin Air

Perkembangan ilmu mekanika dan Hidrolika serta memperhatikan sumber energi air yang cukup banyak tersedia di pedesaan timbul perencanaan-perencanaan turbin yang divariasikan terhadap tinggi jatuh (*head*) dan debit air yang ada. Dengan demikian masalah turbin air menjadi salah satu objek yang menarik guna mendapatkan sistem, bentuk dan ukuran yang tepat dalam mendapatkan efisiensi turbin yang maksimal. Pada uraian berikut akan dijelaskan klasifikasi turbin air berdasarkan kriteria.

### a. Berdasarkan Model Aliran Air Masuk *Runner*

Berdasarkan model aliran masuk *runner*, maka turbin air dapat dibagi menjadi tiga tipe yaitu:

a) Turbin Aliran Tangensial

Pada turbin ini posisi air masuk *runner* dengan arah tangensial atau tegak lurus dengan poros *runner* mengakibatkan *runner* berputar, contohnya turbin *cross flow* dan turbin pelton

b) Turbin Aliran Aksial

Pada turbin ini air masuk *runner* dan keluar *runner* sejajar dengan poros *runner*, Turbin Kaplan atau Propeller adalah salah satu contoh dari tipe turbin ini.

c) Turbin Aliran Aksial-Radial

Pada turbin ini air masuk ke dalam *runner* secara radial dan keluar *runner* secara aksial sejajar dengan poros. Turbin *France* adalah termasuk jenis turbin ini.

**b. Berdasarkan Perubahan Momentum Fluida Kerjanya**

Perubahan berdasarkan momentum fluida kerjanya turbin air dapat dibagi atas dua tipe yaitu:

1) Turbin Impuls

Energi potensial air pada turbin ini dirubah menjadi energi kinetik sebelum air masuk/menyentuh sudu-sudu *runner* oleh alat pengubah yang disebut *nozel*. Yang termasuk jenis turbin ini antara lain: Turbin Pelton dan Turbin *Cross Flow*.

2) Turbin Reaksi

Pada turbin reaksi seluruh energi potensial dari air dirubah menjadi energi kinetis pada saat air melewati lengkungan sudu-sudu

pengarah, dengan demikian putaran *runner* disebabkan oleh perubahan momentum oleh air. Yang termasuk jenis turbin reaksi diantaranya: turbin *francis*, turbin *kaplan* dan turbin *propeller*.

**c. Berdasarkan kecepatan spesifik (ns)**

Kecepatan spesifik yang dimaksud dengan kecepatan spesifik dari suatu turbin ialah kecepatan putaran *runner* yang dapat dihasilkan daya efektif 1 BPH untuk setiap tinggi jauh 1 meter atau dengan rumus dapat ditulis:

$$ns = n \times Pt^{1/2} / H_{eff}^{5/4}$$

Keterangan:

ns = Kecepatan Spesifik Turbin(rpm)

n = Kecepatan Putaran Turbin (rpm)

H<sub>eff</sub> = Tinggi Jatuh Efektif (m)

Pt = Daya Turbin Efektif (HP)

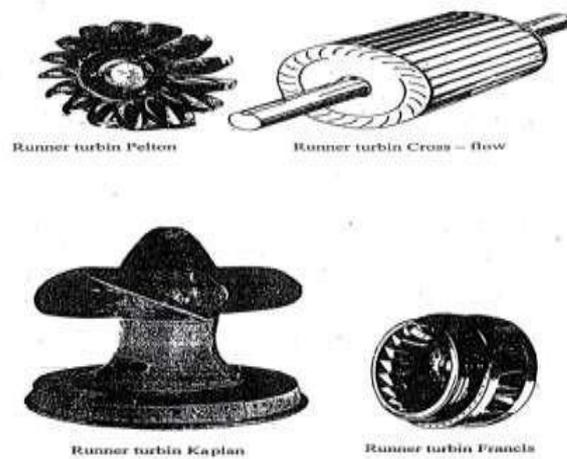
Setiap turbin air memiliki nilai kecepatan spesifik masing-masing, Tabel menjelaskan batasan kecepatan spesifik untuk beberapa turbin konvensional.

**Tabel 2.2** Kecepatan Spesifik Turbin

Sumber: (Mansah, 2015)

No	Jenis Turbin	Kecepatan Spesifik %
1.	<i>Pelton dan Kincir Air</i>	$10 \leq Ns \leq 35$
2.	<i>France</i>	$60 \leq Ns \leq 300$
3.	<i>Cross Flow</i>	$70 \leq Ns \leq 80$
4.	<i>Kaplan dan Propeller</i>	$300 \leq Ns \leq 1000$

Jenis *runner* turbin konvensional ditunjukkan pada gambar 2.1



**Gambar 2.1** Jenis *runner* konvensional.

Sumber: (Haimerl, 1960)

#### d. Berdasarkan *Head* dan Debit

Dalam pemilihan jenis turbin, hal spesifik yang perlu diperhatikan antara lain yaitu menentukan tinggi *head* bersihnya dan besar debit airnya. Berikut ini adalah pengertian tentang *head* dan debit.

##### 1) *Head* bersih (*Net Head*)

*Head* bersih adalah selisih antara *head* ketinggian kotor dengan *head* kerugian di dalam sistem pemipaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro tersebut. *Head* kotor (*gross head*) adalah jarak *vertical* antara permukaan air sumber dengan ketinggian air keluar saluran turbin (*tail race*) untuk turbin reaksi dan keluar *nozel* untuk turbin impuls.

*Head* kerugian didalam sistem pemipaan yaitu berupa *head* kerugian didalam pipa dan *head* kerugian pada kelengkapan perpipaan seperti sambungan, katup, percabangan, *difuser*, dan sebagainya.

- a) *Head* kerugian aliran didalam pipa (*Mayor Losses*) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (Fox & Mc Donald, 1995)

$$H_f = f \frac{L \cdot V^2}{D \cdot 2g}$$

Dimana :

V = Kecepatan rata-rata aliran di dalam pipa (*m/s*)

f = Koefisien kerugian gesek

g = Percepatan grafitasi ( $9,8 \text{ m/s}^2$ )

L = Panjang pipa (*m*)

D = Diameter dalam pipa (*m*)

- b) *Minor losses*

*Head* kerugian aliran didalam sistem kelengkapan pipa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Penche. C, 1998) :

$$H_m = K \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Dimana :

$H_l$  = minor losses (*m*)

$K_l$  = koefisien kerugian head minor losses

V = kecepatan fluida (*m/s*)

g = percepatan gravitasi (*m/s*)

- c) Maka besar total rugi-rugi (*losses*) yang terjadi adalah

Rugi-rugi (*losses*) = *Mayor Losses* + *Minor losses*

- d) Sehingga nilai *Head* bersih setelah di kurangi rugi-rugi adalah

$$H_{net} = H - H_{minor} - H_{losses}$$

Namun karena *Head* kerugian pada kelengkapan pipa kecil maka kerugian ini dapat diabaikan.

**Tabel 2.3** Jenis Turbin Air Berdasarkan Ketinggian

Sumber: (Dietzel, 1989)

Jenis Turbin	Variasi <i>Head</i> (m)
<i>Kaplan</i> dan <i>Propeller</i>	$2 < H < 40$
<i>France</i>	$10 < H < 350$
<i>Pelton</i>	$50 < H < 1000$
<i>Cross Flow</i> / Banki	$6 < H < 100$
<i>Turgo</i>	$50 < H < 250$

## 2) Kapasitas Aliran (Debit)

Debit aliran adalah volume air yang mengalir dalam satuan waktu tertentu. Debit air adalah tinggi permukaan air sungai yang terukur oleh alat ukur permukaan air. Pengukurannya dilakukan tiap hari, atau dengan pengertian yang 39 lain debit atau aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik ( $m^3/s$ ). Prinsip pelaksanaan pengukuran debit adalah mengukur luas penampang basah, kecepatan aliran dan tinggi muka air tersebut.

Debit dapat dihitung dengan persamaan (Penche. C, 1998) :

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

Dimana :

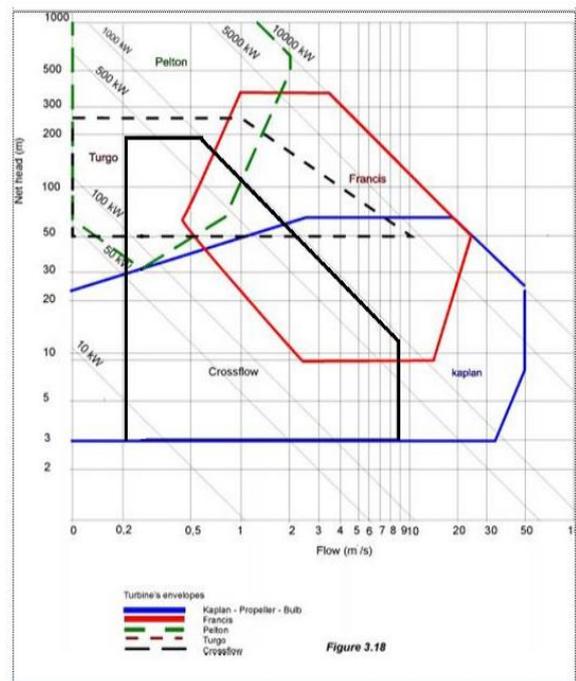
$$Q = \text{Debit } (m^3/s)$$

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

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

Berikut ini pemilihan pengopersian turbin air berdasarkan *head* dan debit.

- Head* yang rendah yaitu dibawah 40m tetapi debit air yang besar, maka Turbin *kaplan* atau *propeller* cocok digunakan untuk kondisi seperti ini.
- Head* yang sedang antara 10m sampai 200 m dan debit relatif cukup, maka untuk kondisi seperti ini cocok menggunakan turbin *francis* atau *cross flow*.
- Head* yang tinggi diatas 200m dan debit yang sedang, maka gunakanlah turbin impuls jenis *pelton*.

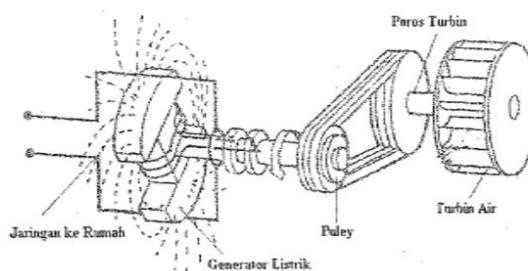


**Gambar 2.2** Pemilihan jenis turbin berdasarkan *head* dan *flow*

(Laymand, 1998)

## 6. Turbin *Cross Flow*

Turbin *Cross flow* adalah salah satu turbin air jenis turbin aksi (*impulse turbine*). Prinsip kerja turbin ini ditemukan oleh seorang insinyur dari Australia bernama *A.G.M Michell* pada tahun 1903. Kemudian turbin ini dikembangkan dan dipatenkan di Jerman Barat oleh *Prof. Donat Banki* sehingga turbin ini diberi nama *Turbin Banki* disebut juga *Turbin Michell-Ossberger* (Haimerl, 1960). Pada dasarnya turbin ini bekerja menggunakan tenaga jatuhan air sehingga turbin akan berputar, dan putaran itu akan menggerakkan generator sehingga turbin akan berputar, dan putaran itu akan menggerakkan generator yang akan menghasilkan listrik. Berikut gambar prinsip kerja turbin *Cross flow*.



**Gambar 2.3** Prinsip Kerja Turbin *Cross Flow* (Haimerl, 1960)

Pemakaian jenis turbin *cross flow* lebih menguntungkan dibanding dengan penggunaan kincir air maupun jenis turbin mikro hidro lainnya. Penggunaan turbin ini untuk daya yang sama dapat menghemat biaya pembuatan penggerak mula sampai 50% dari penggunaan kincir air dengan bahan yang sama. Penghematan ini dapat dicapai karena 25 ukuran turbin *cross flow* lebih kecil dan lebih kompak dibanding kincir air. Diameter kincir air yakni roda jalan atau runnernya biasanya 2m ke atas, tetapi diameter turbin *cross flow* dapat dibuat hanya 20cm saja sehingga bahan-bahan yang dibutuhkan jauh lebih sedikit, itulah sebabnya bisa lebih murah. Demikian juga daya guna atau efisiensi rata-

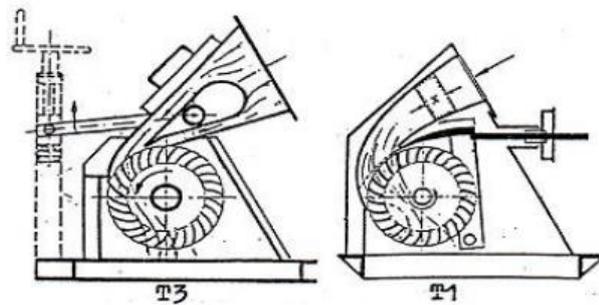
rata turbin ini lebih tinggi dari pada daya guna kincir air. Hasil pengujian laboratorium yang dilakukan oleh pabrik turbin Ossberger Jerman Barat yang menyimpulkan bahwa daya guna kincir air dari jenis yang paling unggul sekalipun hanya mencapai 70% sedang efisiensi turbin *cross flow* mencapai 82% (Haimerl, 1960).

Tingginya efisiensi turbin *cross flow* ini akibat pemanfaatan energi air pada turbin ini dilakukan dua kali, yang pertama energi tumbukan air pada sudu-sudu pada saat air mulai masuk, dan yang kedua adalah daya dorong air pada sudu-sudu saat air akan meninggalkan *runner*. Adanya kerja air yang bertingkat ini ternyata memberikan keuntungan dalam hal efektifitas yang tinggi dan kesederhanaan pada sistim pengeluaran air dari *runner*. Untuk turbin *cross flow* dengan  $Q/Q_{mak} = 1$  menunjukkan efisiensi yang cukup tinggi sekitar 80%, disamping itu untuk perubahan debit sampai dengan  $Q/Q_{mak} = 0,2$  menunjukkan harga efisiensi yang relatif tetap (Meier, 1981)

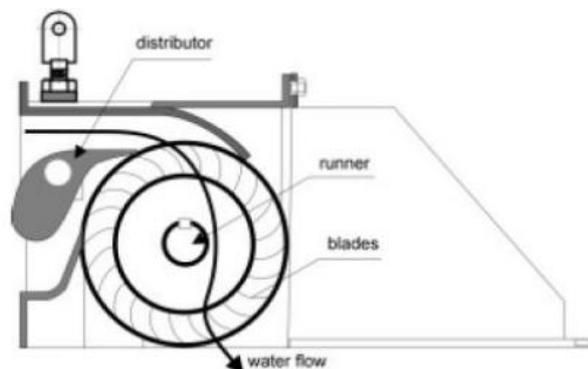
Turbin *cross flow* dapat dioperasikan pada debit  $20m^3/s$  hingga  $10 m^3/s$  dan head antara 1 s/d 200 m. Turbin *cross flow* secara umum dapat dibagi dalam dua tipe yaitu (Meier, 1981)

1. Tipe T1 yaitu *Turbin Cross Flow* kecepatan rendah.
2. Tipe T3 yaitu *Turbin Cross Flow* kecepatan tinggi.

Kedua tipe turbin tersebut lebih dijelaskan dengan gambar.



**Gambar 2.4** Dua Tipe Turbin *Cross Flow* (Haimerl, 1960)



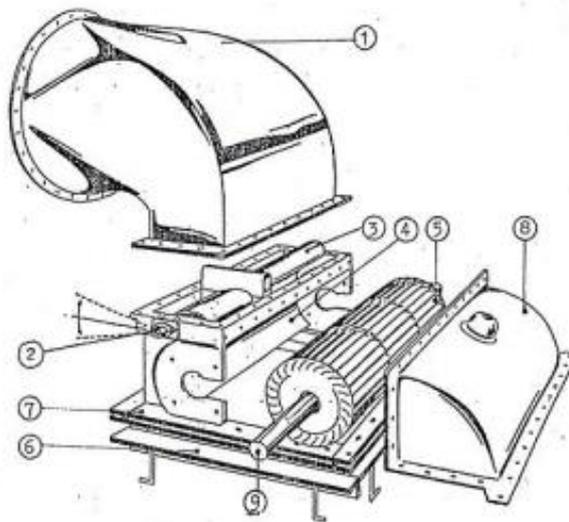
**Gambar 2.5** Turbin *Cross Flow* (Laymand, 1998)

Dari kesederhanaannya jika dibandingkan dengan jenis turbin lain, maka turbin *cross flow* yang paling sederhana. Sudu Turbin Pelton misalnya, bentuknya sangat pelik pembuatannya harus dituang. Demikian juga *runner* turbin *francis*, *kaplan* dan *propeller* pembuatannya harus melalui proses pengecoran/tuang. Tetapi *runner* turbin *cross flow* dapat dibuat dari material baja sedang (*mild steel*) seperti ST 37, dibentuk dingin kemudian dirakit dengan konstruksi las. Demikian juga komponen-komponen lainnya dari turbin ini semuanya dapat dibuat di bengkel umum dengan peralatan pokok mesin las listrik, mesin bor, mesin gerinda meja, bubut dan peralatan kerja bangku, itu sudah cukup. Dari kesederhanaannya itulah maka Turbin *Cross flow* dapat dikelompokkan sebagai teknologi tepat guna yang pengembangannya di masyarakat pedesaan memiliki prospek cerah karena

pengaruh keunggulannya sesuai dengan kemampuan dan harapan masyarakat.

Dari beberapa kelebihan turbin *cross flow* itulah, maka sampai saat ini pemakaiannya di beberapa negara lain terutama di Jerman Barat sudah tersebar luas, bahkan yang dibuat oleh pabrik turbin *ossberger* sudah mencapai 5000 unit lebih, sebagaimana diungkapkan oleh Prof. (Haimerl, 1960) dalam suatu artikelnya.

Selanjutnya Prof. (Haimerl, 1960) menyatakan pula bahwa setiap unit dari turbin ini dapat dibuat sampai kekuatan kurang lebih 750 kW, dapat dipasang pada ketinggian jatuh antara 10m sampai 200m dengan 28 debit air sampai 3.000 l/s. Cocok digunakan untuk PLTMH, penggerak instalasi pompa, mesin pertanian, workshop, bengkel dan lain sebagainya.



**Gambar 2.6** Turbin *Cross Flow* (Haimerl, 1960)

Keterangan :	1.Elbow	5. <i>Runner</i>
	2.Poros katup	6. Rangka

3. Katup

7. Rumah turbin

4. Nozel

8. Tutup

Komponen turbin yang penting adalah sebagai berikut:

a. Sudu pengarah

biasanya dapat diatur untuk mengontrol kapasitas aliran yang masuk turbin.

b. *Runner*

pada bagian ini terjadi peralihan energi potensial fluida menjadi energi mekanik.

c. Poros turbin

pada poros turbin terdapat runner dan ditumpu dengan bantalan radial dan bantalan axial.

d. Rumah turbin

biasanya berbentuk keong atau spiral, berfungsi untuk mengarahkan aliran masuk sudu pengarah.

e. Pipa hisap

Berfungsi mengalirkan air yang ke luar turbin ke saluran luar.

Turbin *cross flow* menggunakan *nozzle* persegi panjang yang lebarnya sesuai dengan lebar *runner*. Pancaran air masuk turbin dan mengenai sudu sehingga terjadi konversi energi kinetik menjadi energi mekanis.

Air mengalir keluar membentur sudu dan memberikan energinya (lebih rendah dibanding saat masuk) kemudian meninggalkan turbin.



**Gambar 2.7** *Runner Cross flow* (Cole, 2004)

*Runner* turbin dibuat dari beberapa sudu yang dipasang pada sepasang piringan paralel. Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya *head* dan debit air. Dalam hubungan dengan 30 reservoir air maka *head* adalah beda ketinggian antara muka air pada reservoir dengan muka air keluar dari kincir air/turbin air. (James J.Doland, 1984).

## 7. Generator

Generator berfungsi untuk mengubah energi mekanik putaran poros menjadi energi energi listrik. Konversi Energi tersebut berlangsung melalui medium medan magnet. Untuk instalasi PLTMH dapat digunakan generator sinkron dan generator induksi.

Umumnya tegangan yang keluar dari PLTMH adalah arus bolak-balik (AC, alternating current) dapat juga searah (DC, direct current). Tegangan AC dapat diubah menjadi tegangan tinggi secara mudah dan murah dengan menggunakan transformator, sehingga energi listrik dapat di jaringan pengantarkan pada jarak yang cukup jauh dari rumah pembangkit (power house) sehingga lebih ekonomis dan kerugian jaringan pengantarnya dapat diminimalkan. Keuntungan lain dari penggunaan arus AC ialah konstruksi

generator AC yang lebih sederhana Arus AC menuntut frekuensi sistem tetap konstan terutama jika menggunakan motor induksi sebagai generator Untuk itu diperlukan pengaturan kecepatan putar generator di samping pengatur tegangan (Voltage regulator) (Yanda, dkk 2021)

## B. Tinjauan Pustaka

1. Farid & Mustaqim (2012) dengan judul Studi Potensi Dan Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Di Sungai Guci Kabupaten Tegal. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa: 1) Aliran sungai Guci mempunyai potensi yang besar untuk dikembangkan PLTMH, yaitu dengan debit 1,005m<sup>3</sup> /s, ketersediaan air yang selalu ada dengan curah hujan rata rata 660mm/bulan dan memiliki potensi *head* 9,6 m. 2) Hasil perencanaan system PLTMH Guci: a) Konstruksi sipil, diantaranya: Bendungan dengan tipe bronjong, saluran tipe U dan penstock dengan pipa PVC Ø0,22 m. b) Mekanikal Elektrikal, tipe turbin yaitu arus silang dengan Ø *runner* 0,3 m dan jumlah sudu 18 buah jari-jari runner 0,15 m.
2. Andi Fachruddin (2012) dengan judul Eksperimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Berpenampang Plat Datar Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Reaksi *Crossflow* Poros Horizontal. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Daya tertinggi diperoleh turbin dengan variasi jumlah sudu 15 yakni sebesar 3,136 Watt pada kapasitas 12,583 L/s dan memiliki ketahanan pembebanan tertinggi yakni dengan pembebanan hingga 7000g, Efisiensi turbin tertinggi diperoleh turbin dengan variasi jumlah sudu 15 dengan efisiensi sebesar 58,23% pada kapasitas 12,583 L/s.
3. Dewangga, dkk (2022) dengan judul Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Air Terhadap Kinerja Generator Pembangkit Listrik Tenaga Air. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh antara jumlah sudu

yang digunakan dengan daya keluaran generator, dimana jumlah sudu berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan oleh generator listrik tenaga air dan hal lain yang mempengaruhi output generator adalah jumlah aliran air yang masuk pada pembangkit, karena jumlah air yang mengalir dan yang mampu dipergunakan secara optimal lah yang mempengaruhi efisiensi sistem dan keluaran pada pembangkit, seperti pada perbandingan penelitian yang sudah dilakukan di atas dimana pada debit aliran air tinggi dan jumlah sudu yang banyak terdapat juga efisiensi dan output yang tidak optimal karena air yang diterima sudu tidak secara optimal.

4. Nurudin & Adiwibowo (2022) dengan judul Studi Eksperimental Pengaruh Sudu Berpenampang V Terpancung Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin *Crossflow* Poros Horizontal. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa: 1) Daya maksimum dihasilkan dari pengujian turbin dengan dengan variasi sudu terpancung 8mm, yaitu sebesar 4,204 Watt dengan pembebanan 8000g pada kapasitas 18,113L/s. Daya maksimum berikutnya dihasilkan turbin sudu terpancung 4mm, terpancung 12mm, tidak terpancung, dan plat datar, 2) Efisiensi optimum dihasilkan dari pengujian turbin sudu terpancung 8mm sebesar 85,77% dengan pembebanan 5000g kapasitas 11,024 L/s. Efisiensi optimum berikutnya dihasilkan turbin dengan sudu terpancung 4mm, terpancung 12mm, tidak terpancung, dan plat datar.
5. Rohmi & Adiwibowo (2021) dengan judul Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Air Tipe *Cross flow* Terhadap Output PLTMH Skala

Laboratorium. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa: 1) Berdasarkan pada jumlah sudu dengan perbandingan sudu 12, 18 dan semakin banyak jumlah sudu yang digunakan, menyebabkan turbin semakin meningkat pada setiap ketinggian muka air, 2) Berdasarkan hasil daya generator dari setiap head air untuk turbin 12 terjadi penurunan sedangkan untuk turbin 18 dan 24 terjadi peningkatan generator.

6. Andi Dinata, dkk (2020) dengan judul Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Daya Output Pada *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Dengan Menggunakan Turbin *Cross flow*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa: 1) Kecepatan putar turbin maksimum yang didapatkan pada turbin yang memiliki jumlah sudu 18 adalah 575,3 rpm sebelum dikopel generator dan 497 rpm untuk kondisi setelah dikopel generator. Kecepatan generator rata-rata sebesar 3280,7 rpm sebelum dikopel dengan beban lampu dan 2309 rpm setelah dikopel dengan beban lampu, 2) Tegangan, arus dan daya yang dihasilkan secara berturut-turut yaitu 24,95 Volt, 0,42 Amper dan 10,479 Watt, Torsi maksimum sebesar 0,205 Nm pada sudu dengan jumlah 18 buah, 3) Efisiensi terbesar yang diperoleh pada pengujian PLTMH menggunakan turbin crossflow adalah 8,52% pada turbin dengan jumlah sudu 18 buah.
7. Mafruddin & Irawan (2018) dengan judul Pengaruh Diameter Dan Jumlah Sudu *Runner* Terhadap Kinerja Turbin *Cross-Flow*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa: 1) Variasi perbandingan diameter dalam dengan diameter luar dan jumlah sudu *runner* berpengaruh terhadap putaran

turbin. Putaran turbin maksimal sebesar 352 Rpm dengan perbandingan diameter dalam dan diameter luar 0,66 dan jumlah sudu runner 18, 2) Variasi perbandingan diameter dalam dengan diameter luar dan jumlah sudu runner berpengaruh terhadap daya dan efisiensi turbin. Daya turbin maksimal 363,98 Watt dan efisiensi maksimal 62% diperoleh dengan perbandingan diameter dalam dengan diameter luar yaitu 0,66 dan jumlah sudu *runner* 18.

8. Mafruddin & Irawan (2014) dengan judul Pembuatan Turbin Mikrohidro Tipe *Cross Flow* Sebagai Pembangkit Listrik Di Desa Bumi Nabung Timur. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa: 1) Hasil rancangan atau spesifikasi turbin air *cross flow* yaitu lebar *runner* turbin 0,1524 m, diameter luar *runner* turbin 0,48 m, diameter dalam *runner* turbin 0,32 m, jarak antar sudu 0,083 m, tebal *nozzle* 0,04 m, jari-jari sudu 0,078 m dengan jumlah sudu 20 sudu. 2) Hasil pengujian torsi pada putaran tertentu maka dapat diketahui daya yang dihasilkan turbin. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan diperoleh daya yang dihasilkan turbin kurang lebih 236,82 Watt. 3) Hasil pengujian daya yang dihasilkan turbin dengan membandingkan dengan daya air yang digunakan maka dapat diketahui efisiensi turbin air *cross flow* yang telah dibuat. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa efisiensi mekanik turbin yaitu 30% dengan kecepatan keliling maksimal runner 5,55 m/s. 4) Pada saat daya listrik dari generator tidak digunakan putaran turbin yaitu 68 rpm, namun pada saat daya listrik dari generator digunakan dengan kelipatan 20

Watt putaran turbin semakin menurun seiring dengan bertambahnya pemakaian daya listrik. Semakin besar daya listrik dari generator yang digunakan maka putaran turbin semakin menurun.

9. Sutrimo & Adiwibowo (2019) dengan judul Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Berpenampang L Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin *Crossflow* Poros *Horizontal*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa: 1) Daya tertinggi dihasilkan oleh variasi jumlah sudu 6 buah pada kapasitas aliran 13,408 L/s yaitu 3,683 Watt dengan pembebanan 6000 g, diikuti oleh variasi jumlah sudu 8 pada kapasitas aliran 13,408 L/s yaitu 2,582 Watt dengan pembebanan 3500 g, dan daya yang paling rendah dihasilkan oleh variasi jumlah sudu 10 pada kapasitas aliran 13,408 L/s yaitu 2,057 Watt dengan pembebanan 3000 g. 2) Efisiensi tertinggi dihasilkan oleh variasi jumlah sudu 6 buah pada kapasitas aliran 11,775 L/s yaitu 57,98% dengan pembebanan 5500 g, diikuti oleh variasi jumlah sudu 8 pada kapasitas aliran 11,775 L/s yaitu 53,51% dengan pembebanan 5000 g, dan efisiensi yang paling rendah dihasilkan oleh variasi jumlah sudu 10 pada kapasitas aliran 11,775 L/s yaitu 33,32% dengan pembebanan 3000 g.
10. Nugroho & Adiwibowo (2020) dengan judul Eksperimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Berpenampang Plat Datar Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Reaksi *Crossflow* Poros *Horizontal*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa: 1) Daya tertinggi diperoleh turbin dengan variasi jumlah sudu 15 yakni sebesar 3,136 Watt pada kapasitas 12,583 L/s dan

memiliki ketahanan pembebanan tertinggi yakni dengan pembebanan hingga 7000 g. 2) Efisiensi turbin tertinggi diperoleh turbin dengan variasi jumlah sudu 15 dengan efisiensi sebesar 58,23% pada kapasitas 12,583 L/s.

11. Anam & Adiwibowo (2020) dengan judul *Experimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Setengah Lingkaran Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Crossflow Poros Horizontal*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa:
  - 1) Daya tertinggi terdapat pada turbin dengan variasi jumlah sudu 6 pada kapasitas 11,010 L/s dengan nilai daya turbin yang dihasilkan sebesar 2,650 Watt dengan pembebanan 6500 g, diikuti dengan turbin dengan variasi jumlah sudu 8 dengan nilai daya turbin sebesar 2,494 Watt dengan pembebanan 5000 g pada kapasitas 11,010 L/s dan yang paling rendah berada pada variasi jumlah sudu 4 dengan nilai daya turbin sebesar 2,430 Watt pada kapasitas aliran sebesar 11,010 L/s dengan pembebanan 6500 g.
  - 2) Efisiensi tertinggi terdapat pada turbin dengan variasi jumlah sudu 6 pada kapasitas 11,010 L/s dengan nilai efisiensi sebesar 57,189% dengan pembebanan 6500 g, lalu diikuti variasi jumlah sudu 8 dengan nilai efisiensi sebesar 53,833% pada kapasitas air 11,010 L/s dengan pembebanan 5000 g dan yang paling kecil berada pada variasi jumlah sudu 4 dengan nilai efisiensi 52,445% pada pembebanan 6500 g dan kapasitas aliran sebesar 11,010 L/s.
12. Priambodho & Adiwibowo (2020) dengan judul *Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Berpenampang V Terhadap Daya Dan*

Efisiensi Turbin *Crossflow* Poros *Horizontal*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa: 1) Daya turbin optimum dihasilkan pada variasi jumlah sudu 8 didapat pada kapasitas 11,804 L/s sebesar 2,834 Watt pada pembebanan 6500 g dan memiliki ketahanan pembebanan pembebanan hingga 8500 g. 2) Efisiensi turbin optimum dihasilkan dari pengujian pada variasi jumlah sudu 8 didapat pada kapasitas 11,804 L/s sebesar 77,55% pada pembebanan 6500 g.

13. Nurudin & Adiwibowo (2022) dengan judul Studi Eksperimental Pengaruh Sudu Berpenampang V Terpancung Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin *Crossflow* Poros *Horizontal*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa: 1) Daya maksimum dihasilkan dari pengujian turbin dengan dengan variasi sudu terpancung 8 mm, yaitu sebesar 4,204 Watt dengan pembebanan 8000 g pada kapasitas 18,113L/s. Daya maksimum berikutnya dihasilkan turbin sudu terpancung 4 mm, terpancung 12 mm, tidak terpancung, dan plat datar. 2) Efisiensi optimum dihasilkan dari pengujian turbin sudu terpancung 8 mm sebesar 85,77% dengan pembebanan 5000 g kapasitas 11,024 L/s. Efisiensi optimum berikutnya dihasilkan turbin dengan sudu terpancung 4 mm, terpancung 12 mm, tidak terpancung, dan plat datar.

14. Dinata, dkk. (2020) dengan judul Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Terhadap Daya *Output* Pada *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Dengan Menggunakan Turbin *Crossflow*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa: 1) Kecepatan putar turbin maksimum yang

didapatkan pada turbin yang memiliki jumlah sudu 18 adalah 575,3 rpm sebelum dikopel generator dan 497 rpm untuk kondisi setelah dikopel generator. Kecepatan generator rata-rata sebesar 3280,7 rpm sebelum dikopel dengan beban lampu dan 2309 rpm setelah dikopel dengan beban lampu. 2) Tegangan, arus dan daya yang dihasilkan secara berturut-turut yaitu 24,95 volt, 0,42 amper dan 10,479 watt, Torsi maksimum sebesar 0,205 Nm pada sudu dengan jumlah 18 buah. 3) Efisiensi terbesar yang diperoleh pada pengujian PLTMH menggunakan turbin *crossflow* adalah 8,52% pada turbin dengan jumlah sudu 18 buah.

15. Budiarsyah & Putra (2023) dengan judul Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Air *Crossflow* Terhadap Kinerja Pembangkit Mini Hidro. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa: Terdapat pengaruh jumlah sudu terhadap torsi dan daya turbin air, sehingga dapat disimpulkan, sudu 30 dari turbin *cross flow* mempunyai torsi yang lebih besar dari sudu 15. Adapun variabel jumlah sudu memberikan nilai daya mekanis turbin air dimana seiring bertambahnya debit dan jumlah sudu. Semakin besar debit air maka kecepatan air semakin meningkat, sehingga menambah kecepatan angular dan memperbesar aliran yang menumbuk sudu kemudian memperbesar gaya yang terjadi.
16. Suswantoro, dkk (2021) dengan judul Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Air Tipe *Crossflow* Terhadap *Output* PLTMH Skala Laboratorium. Hasil yang diperoleh pada perancangan turbin *cross flow* dengan tinggi jatuh air 1,45 m, 1,75 m, dan 1,95 m serta tiga variasi jumlah sudu turbin

yaitu 12, 18, dan 24, antara lain: diameter luar 0,12 m, diameter dalam 0,08 m, lebar sudu 0,04 m, jari-jari sudu 0,0195 m, dan tebal nosel 0,0088 m. Sedangkan hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa: 1) Berdasarkan pada jumlah sudu dengan perbandingan sudu 12, 18 dan 24, maka semakin banyak jumlah sudu yang digunakan, menyebabkan turbin semakin meningkat pada setiap ketinggian muka air. 2) Berdasarkan hasil daya generator dari setiap *head* air untuk turbin 12 terjadi penurunan sedangkan untuk turbin 18 dan 24 terjadi peningkatan output daya generator.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen adalah metode untuk mencari adanya hubungan sebab akibat antara beberapa faktor yang saling berkaitan.

Pada penelitian ini penulis akan melakukan eksperimen Analisa variasi jumlah sudu turbin *cross flow* untuk mengetahui proses kerja alat pembangkit listrik tenaga *mikro hidro*. Pada eksperimen ini peneliti memvariasikan untuk mencari berapa sudu berpenampang setengah lingkaran yang paling optimal yang memiliki efisiensi dan daya terbaik. Penelitian ini dilakukan dalam kondisi dan peralatan yang telah di sesuaikan.

#### B. Waktu dan Tempat Penelitian

##### 1. Waktu penelitian

Adapun waktu penelitian ini dilakukan selama 6 Bulan mulai dari bulan September 2023 sampai dengan Juli 2024.

**Tabel 3.1** Jadwal Penelitian

No	Uraian	Bulan ke-					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan Judul	■					
2	Penyusunan Proposal		■				
3	Seminar Proposal			■			
4	Perancangan alat				■		

5	Pengujian Alat						
6	Pengambilan Data						
7	Pengolahan Data						
8	Laporan Skripsi						
9	Ujian skripsi						

## 2. Tempat penelitian

Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal, Jl. Halmahera KM.01, Mintaragen, Tegal timur, Kota Tegal, Jawa Tengah.

## C. Instrumen Penelitian

### 1. Alat

Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### a. *Multimeter*

*Multimeter* adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur besaran listrik, tegangan listrik, dan hambatan pada listrik.



**Gambar 3.1** *Multimeter*

Sumber : Dokumen Pribadi

*b. Tachometer*

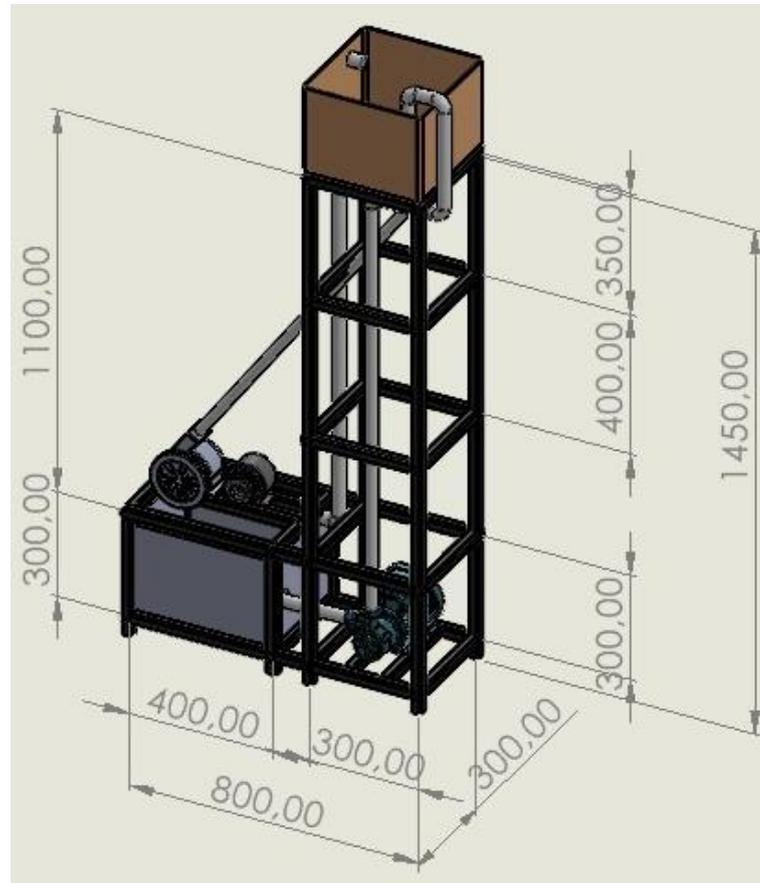
*Tachometer* adalah sebuah alat pengujian untuk mengukur kecepatan rotasi dari sebuah objek, seperti alat pengukur dalam sebuah mobil yang mengukur putaran per menit (Rpm) dari poros engkol mesin. Kata *Tachometer* berasal dari kata Yunani yaitu *tachos* yang berarti kecepatan dalam metron yang berarti untuk mengukur.



**Gambar 3.2** *Tachometer*

Sumber : Dokumen Pribadi

## 2. Bahan



**Gambar 3.3** Desain *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro.

Sumber : Dokumen Pribadi



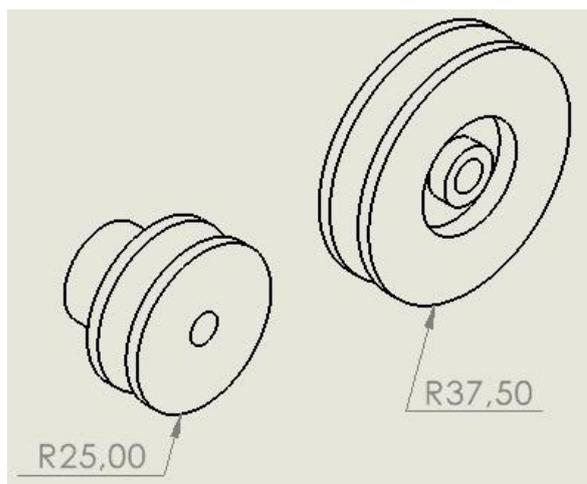
**Gambar 3.4** *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

Sumber : Dokumen Pribadi



**Gambar 3.5** Pipa pvc 1 inch

Sumber : Dokumen Pribadi



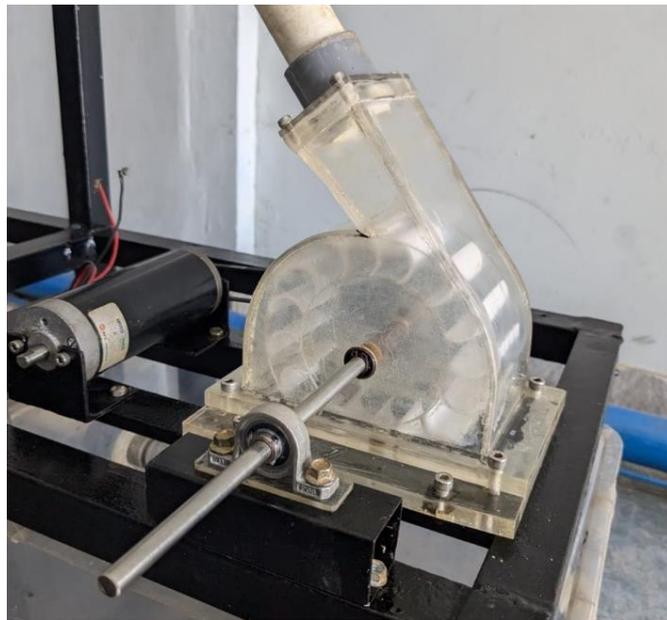
**Gambar 3.6** Rasio Transmisi

Sumber : Dokumen Pribadi

Keterangan :

1. Turbin *Cross Flow*.
2. *Prototype* pembangkit listrik tenaga mikro hidro head 0,8 m.
3. Bak penampung atas volume 25 liter.
4. Bak penampung bawah volume 25 liter.

5. Pipa pvc 1 Inch.
6. Pompa air.
7. Rasio Transmisi Turbin dengan generator 1:1,5



**Gambar 3.7** Turbin *Cross Flow*

Sumber : Dokumen Pribadi



**Gambar 3.8** *Runner* Turbin

Sumber : Dokumen Pribadi

Keterangan :

1. Diameter luar *runner* 120 mm.

2. Diameter dalam *runner* 80 mm.
3. Lebar sudu 40 mm.



**Gambar 3.9** Akrilik

Sumber : Dokumen Pribadi

Keterangan :

1. Rumah turbin *Cross Flow*.
2. Diameter *runner* 12 cm.
3. Lebar *runner* 4 cm.



**Gambar 3.10** Pompa

Sumber : Dokumen Pribadi

Keterangan :

Merek	: Shimizu
Daya listrik	: 125 watt
Daya hisap	: Max 9 meter
Daya dorong	: 30 meter
Kapasitas	: 32 liter/min

#### **D. Variabel Penelitian**

##### 1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah variasi jumlah sudu berpenampang setengah lingkaran sebanyak 8, 12, dan 16 buah.

##### 2. Variabel terikat

Variabel terikat yang ada di penelitian ini ialah Torsi, Daya serta Efisiensi yang diperoleh oleh turbin *cross flow*.

##### 3. Variabel control

Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel bebas terhadap dependen tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti.

#### **E. Metode Pengumpulan Data**

Metode yang di gunakan adalah eksperimen langsung yaitu metode untuk memperoleh suatu data dengan melakukan observasi, mencatat data-data yang di perlukan hingga menyimpulkan hasil dari penelitian. Eksperimen ini di lakukan

dengan menguji coba variabel-variabel pada penelitian, sehingga dapat diketahui hubungan antara satu variabel dengan variabel yang lain.

Pengambilan data penelitian ini menggunakan alat ukur, sehingga perolehan dari pengukuran dicatat ke dalam tabel, dihitung menurut teoritis dan hasil yang disajikan akan dalam bentuk grafik agar mudah dipahami. Kegiatan ini dilakukan untuk memberi informasi mengenai kinerja alat yang optimum, ikatan dengan variabel dan peristiwa saat pengujian.

#### 1. Debit air

Pengukuran debit air dilakukan untuk mendapatkan nilai atau besar debit air yang masuk ke turbin dengan ketinggian tertentu.

**Tabel 3.2** Penentuan Debit Air

No	Pengulangan	V( $\ell$ )	T (s)	Q ( $m^3/s$ )
1	1	15		
2	2			
3	3			
4	Rata-rata	15		

#### 2. Putaran poros turbin

Pengukuran putaran poros turbin dilakukan dengan menggunakan *Tachometer* yang diarahkan ke poros turbin sehingga mendapatkan hasil putaran turbin tersebut.

**Tabel 3.3** Pengujian Turbin

No	Q	Sudu	Putaran Turbin (Rpm)		V (Volt)	I (Ampere)	$P_{generator}$	$\eta_{generator}$
			$n_1$ Turbin	$n_2$ generator				
1		8						
2		12						
3		16						

#### F. Metode Analisa Data

Analisis data adalah cara untuk melakukan pengolahan data menjadi informasi sehingga dapat di mengerti serta digunakan mengambil peluang dan menemukan solusi. Pada kajian ini menggunakan teknik analisis data kualitatif deskriptif. Menurut Moleong dalam Hidayat & Adiwibowo (2021:87) penelitian deskriptif merupakan penelitian yang mendeskripsikan dan menggambarkan kondisi objek penelitian berdasarkan fakta saat pengujian.

##### 1. Daya Hidrolis ( $P_H$ )

Daya hidrolis adalah daya yang dihasilkan oleh air yang mengalir dari suatu ketinggian. Dalam hal ini daya hidrolis diperoleh dari daya air yang dihasilkan oleh pompa. Daya hidrolis dilambangkan dengan  $P_H$ . Daya hidrolis dirumuskan sebagai berikut: (Suswanto, dkk 2021)

$$P_H = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H$$

Dimana :

$\rho$  = massa jenis air ( $Kg/m^3$ )

$Q$  = debit air ( $m^3/s$ )

$H$  = ketinggian jatuh air ( $m$ )

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$P_H$  = daya hidrolis (Watt)

## 2. Daya Turbin

Untuk mengetahui daya turbin, maka diperlukan beberapa data seperti torsi ( $T$ ) dan kecepatan angular turbin ( $\omega$ )

Untuk mengetahui torsi, maka sebelumnya perlu diketahui gaya yang dihasilkan turbin bila dilakukan pembebanan. Gaya turbin ( $F$ ) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut

$$F = (m \times g) - F \text{ Neraca}$$

Dimana :

$F$  = Gaya (N)

$m$  = Beban (Kg)

$g$  = Percepatan Gravitasi ( $9,81 m/s^2$ )

$F \text{ Neraca}$  = Gaya Pada Neraca (N)

Gaya turbin yang telah dihitung dengan rumus diatas kemudian digunakan untuk menghitung torsi, dengan jari-jari poros turbin maka torsi ( $T$ ) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut

$$T = F \cdot r$$

Dimana :

$T$  = Torsi (Nm)

$F$  = Gaya (N)

$r$  = Jari-jari poros turbin

Kemudian kecepatan angular ( $\omega$ ) turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut

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

Dimana :

$\omega$  = Kecepatan angular (rad/s)

$\pi$  = 3,14

$n$  = Putaran turbin (Rpm)

Setelah semua itu diketahui, maka barulah daya turbin ( $P_t$ ) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut

$$P_t = T \cdot \omega$$

Dimana :

$P_t$  = Daya Turbin (Watt)

$T$  = Torsi (Nm)

$\omega$  = Kecepatan angular (rad/s)

### 3. Efisiensi Turbin

Efisiensi turbin adalah perbandingan antara input dan output dari sistem pembangkit listrik. Besarnya efisiensi turbin dapat dirumuskan sebagai berikut:  
(Yuniarti, 2012)

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a} \cdot 100 \%$$

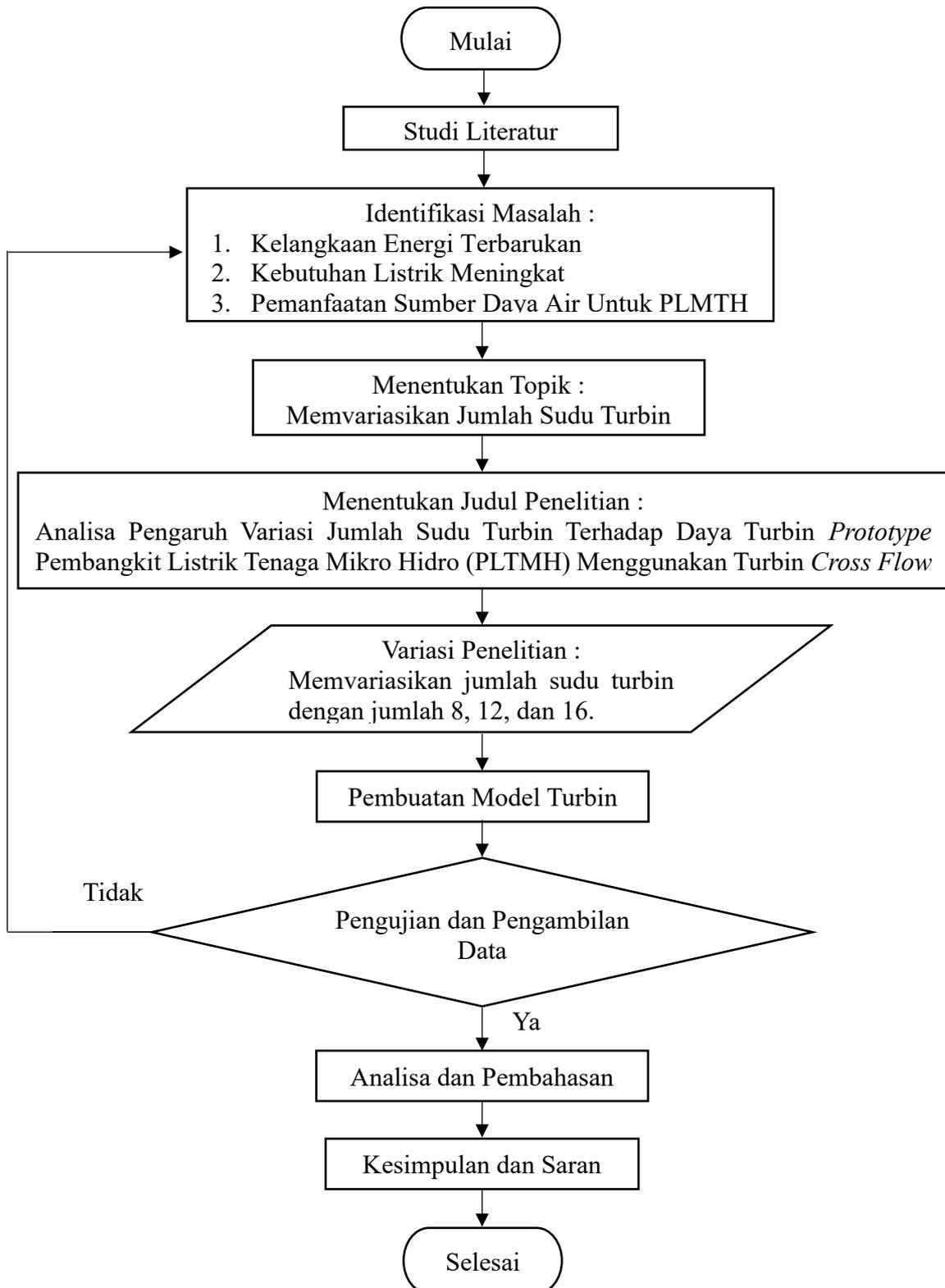
Dimana :

$\eta$  = Efisiensi Turbin (%)

$P_t$  = Daya Turbin (Watt)

$P_a$  = Daya air (Watt)

### G. Diagram Alur Penelitian



**Gambar 3.11** *Flowchart* Penelitian