



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 4 Nomor 1 Tahun 2023 Page 1003-1017

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Analisis Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) dengan Turbin  
Aliran Silang Desa Siboruon, Kecamatan Balige Kabupaten Toba Samosir,  
Provinsi Sumatera Utara

Saloom Hilton Siahaan<sup>1✉</sup>, Andriono Manalu<sup>2</sup>

Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar, Pematang Siantar, Indonesia

Email: [saloomhsiahaan@gmail.com](mailto:saloomhsiahaan@gmail.com)<sup>1✉</sup>

Abstrak

Kelengkapan sarana dan prasarana adalah salah satu yang menentukan dalam proses pembelajaran pada perkuliahan, khususnya di Program Studi Teknik Mesin Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar (UHKBPNP). Selama ini sudah banyak Praktikum yang dilakukan di Laboratorium Fluida Teknik Mesin Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar (UHKBPNP) tentang mesin konversi energi dan mesin-mesin fluida. Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah merancang dan membuat model sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) sebagai alat untuk menunjang praktikum mesin-mesin fluida dan prestasi mesin di Laboratorium Fluida Teknik Mesin Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar serta mengetahui karakteristik dari turbin air tersebut. Alat yang dibuat dengan tinggi jatuh air dan debit yang berskala laboratorium dengan head 1,75 m dan debit maksimum 0,02 m<sup>3</sup>/s dan turbin yang digunakan adalah turbin aliran silang (*cross flow*). Berdasarkan eksperimen diperoleh hasil bahwa pada pengoprasian model sistem PLTMH didapatkan efisiensi sistem PLTMH mencapai 14,21 %. Efisiensi sebuah sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) ditentukan oleh efisiensi turbin, efisiensi generator dan efisiensi transmisinya.

Kata kunci : *Analisis, turbin cross-flow, PLTMH*

## Abstract

The completeness of facilities and infrastructure is one of the factors that determines the learning process in lectures, especially in the Mechanical Engineering Study Program at HKBP Nommensen Pematangsiantar University (UHKBPNP). So far, many practicums have been carried out at the Fluid Laboratory of Mechanical Engineering, HKBP Nommensen Pematangsiantar University (UHKBPNP) regarding energy conversion machines and fluid machines. The aim of carrying out this research is to design and create a model of a micro-hydro power plant (PLTMH) system as a tool to support fluid machine practicum and machine performance in the Fluid Laboratory of Mechanical Engineering at HKBP Nommensen University, Pematangsiantar and to know the characteristics of the water turbine. The tool is made with a water fall height and flow rate on a laboratory scale with a head of 1.75 m and a maximum flow rate of 0.02 m<sup>3</sup>/s and the turbine used is a cross flow turbine. Based on experiments, the results showed that when operating the PLTMH system model, the efficiency of the PLTMH system reached 14.21%. The efficiency of a Micro Hydro Power Plant (PLTMH) system is determined by turbine efficiency, generator efficiency and transmission efficiency.

Keywords: *Analysis, cross-flow turbine, PLTMH*

## PENDAHULUAN

Kelengkapan sarana dan prasarana adalah salah satu yang menentukan dalam proses pembelajaran pada perkuliahan, khususnya di Jurusan Teknik Mesin Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar (UHKBPNP). Di dalam perkuliahan juga banyak mata kuliah yang diajarkan, maupun praktikum yang bertujuan untuk membandingkan hasil teori yang didapat dengan aktualnya. Selama ini sudah banyak praktikum yang dilakukan di Laboratorium Fluida Teknik Mesin UHKBPNP tentang mesin konversi energi dan mesin-mesin fluida. Sebagai salah satu contohnya ada pada praktikum prestasi mesin pada prodi S1. Pada kegiatannya, dalam praktikum mekanika fluida yang dikhususkan untuk mempelajari prinsip kerja dari mesin-mesin fluida ini, namun kenyataannya belum cukup memadai. Hal ini diakibatkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah terbatasnya dana yang dianggarkan oleh pihak universitas untuk menyediakan peralatan praktikum di Laboratorium.

Oleh sebab itu perlu dibuat sebuah alat uji yang menggunakan beban output yang lebih riil lagi, dalam hal ini penulis bermaksud untuk membuat sebuah alat uji tentang sebuah mesin konversi energi yang langsung menghasilkan energi listrik yang di manfaatkan untuk menyalakan lampu. Alat uji yang digunakan pada penelitian ini merupakan penghubung turbin ke generator sebagai pembangkit, dan perangkat penelitian dibuat dalam skala laboratorium. Rancang bangun model alat uji sistem PLTMH menggunakan turbin aliran silang ini dibuat untuk memenuhi kebutuhan mahasiswa untuk

membandingkan teori - teori tentang sistem PLTMH yang nantinya akan menambah pengetahuan dan kemampuan mahasiswa Teknik Mesin Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar (UHKBPNP) tentang Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro dan untuk mendukung dari apa yang telah didapatkan mahasiswa dalam teori-teori yang telah didapatkan di perkuliahan.

## METODE PENELITIAN

### A. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Perancangan dan pembuatan model sistem PLTMH turbin aliran silang ini, dimulai pada bulan Oktober 2015 yang dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Fluida, Teknik Mesin Universitas Lampung.

### B. Perancangan dan Pembuatan Alat uji turbin aliran silang

Dalam perancangan dan pembuatan alat uji model sistem PLTMH turbin aliran silang meliputi beberapa tahapan, yaitu sebagai berikut :

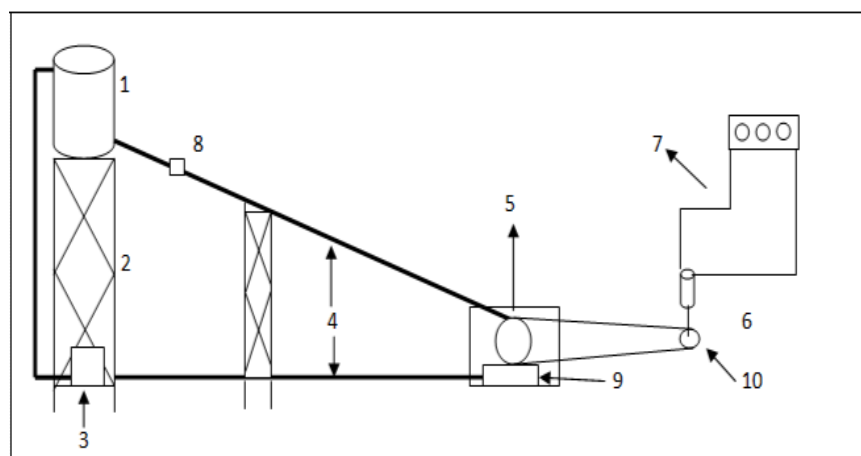
#### 1. Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan ini, penulis melakukan studi literatur dan menyiapkan bahan-bahan serta peralatan yang dibutuhkan dalam perancangan model sistem PLTMH turbin aliran silang ini.

#### 2. Tahap Perancangan dan Pembuatan Alat

Pada tahap ini terdapat beberapa tahapan yaitu :

- a. Pembuatan gambar rancangan model sistem PLTMH turbin aliran silang yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sketsa rancangan model sistem PLTMH.

Keterangan gambar :

- 1: drum air
- 2: tiang penyangga
- 3: pompa air
- 4: pipa
5. turbin
6. generator
7. lampu dan instalasi listrik
8. katup
9. bak penampung sementara
10. *pulley*

- b. Menyiapkan bahan-bahan dan peralatan yang dibutuhkan dalam pembuatan model sistem PLTMH.
- c. Menentukan parameter-parameter yang akan diukur dan jenis alat ukur yang akan digunakan pada model sistem PLTMH menggunakan turbin aliran silang.
- d. Melakukan pemasangan pompa, pipa-pipa, generator dan instalasi lampu listrik pada model sistem PLTMH.
- e. Melakukan pengujian terhadap sistem PLTMH ini.

C. Alat dan Bahan yang Digunakan

Adapun alat yang digunakan dalam proses pengujian adalah :

1. Turbin aliran silang

Turbin aliran silang yang akan digunakan pada penelitian ini dibuat dengan jumlah sudu 17,18,19 buah, diameter dalam 80 mm, diameter luar 120 mm, ketebalan sudu 1mm dan panjang turbin 250 mm.



Gambar 2. Turbin *cross flow*.

2. *Pulley*

*Pulley* digunakan sebagai alat transmisi gaya turbin ke generator, dengan rasio 1:10 pada generator untuk mendapatkan putaran yang maksimal.



Gambar 3. *Pulley*.

### 3. Generator

Generator yang dipakai memiliki kapasitas yang sangat kecil yaitu dibawah 100 watt.



Gambar 4. Generator.

### 4. Multimeter

Multimeter digunakan untuk mengetahui arus dan tegangan yang keluar dari generator.



Gambar 5. Multimeter.

## 5. Tacho Meter

Tacho meter digunakan untuk mengukur putaran poros turbin dan generator.



Gambar 6. Tacho Meter.

## 6. Pipa

Pipa sebagai media penyaluran fluida menggunakan pipa jenis PVC.



Gambar 7. Pipa PVC.

## 7. Besi

Bahan yang digunakan untuk pembuatan kerangka ataupun dudukan untuk alat uji turbin *cross flow* adalah bahan yang terbuat dari besi hollow.



Gambar 8. Besi Hollow.

## 8. Katup

Katup digunakan untuk memperbesar dan memperkecil laju aliran air dalam pipa pada proses pengujian.



Gambar 9. Katup.

#### 9. Bak penampung air

Bak penampung air digunakan sebagai sumber air dan penampung air yang telah dipompa.



Gambar 10. Bak penampung air.

#### 10. Roda gila

Roda gila digunakan sebagai penyimpan energi putar dari turbin, dengan berat 1,4 kg.



Gambar 11. Roda gila.

#### D. Pengujian Rancangan Model Sistem PLTMH

Pada proses pengujian ini, dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja turbin aliran silang sebagai pembangkit listrik. Parameter-parameter yang dapat diketahui dari proses pengujian adalah :

1. Debit aliran.

Pada pengoprasianya menggunakan variasi debit aliran  $0,0031 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $0,016 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $0,02 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dengan melakukan bukaan pada katup sebesar  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ .

2. Jumlah sudu

Turbin yang digunakan memiliki jumlah sudu 17 buah, 18 buah dan 19 buah.

3. Berat *flywheel*

*Flywheel* yang kita gunakan yaitu dengan berat 1 kg, 1,2 kg dan 1,4 kg.

#### E. Prosedur Pengambilan Data

Hal-hal yang perlu dilakukan sebelum pengujian ini adalah:

1. Merakit dan menyiapkan bentuk model PLTMH secara lengkap
2. Mengisi drum air 1 dan drum air 2 dengan air secukupnya sampai dengan tinggi yang diinginkan.
3. Memasang dan menghidupkan pompa air.
4. Membuka katup sehingga air dapat bersirkulasi dengan penuh.
5. Setelah air terisi kesemua drum dan air dapat bersirkulasi dengan baik, maka dimulai proses pengujian dan pengambilan data.
6. Proses pengambilan data dilakukan dalam 3 debit aliran, yaitu  $0,0031 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $0,016 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $0,02 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan membuka katup sebesar  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ , dan  $90^\circ$  dengan tinggi *head* 1,75 m.
7. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan jumlah sudu 17, 18, dan 19 buah.
8. Mengambil data dengan menggunakan torsimeter dan diambil berdasarkan torsi terbesar dan dibagi sebanyak 5 kali pengambilan data, dan putaran poros turbin dan generator dengan Tachometer, serta mengukur arus dan tegangan listrik menggunakan multi meter. Waktu di ukur dengan stopwatch.
9. Mengulangi langkah tersebut untuk bukaan katup selanjutnya.
10. Data yang diperoleh dicatat dalam tabel.

#### F. Analisis Data

Setelah dilakukan pengujian, maka akan didapatkan data-data hasil pengujian, untuk kemudian dianalisis dan dibandingkan dengan teori-teori yang diperoleh dari buku acuan, tentang mekanika fluida, dimana tujuan membandingkan ini adalah untuk mengetahui



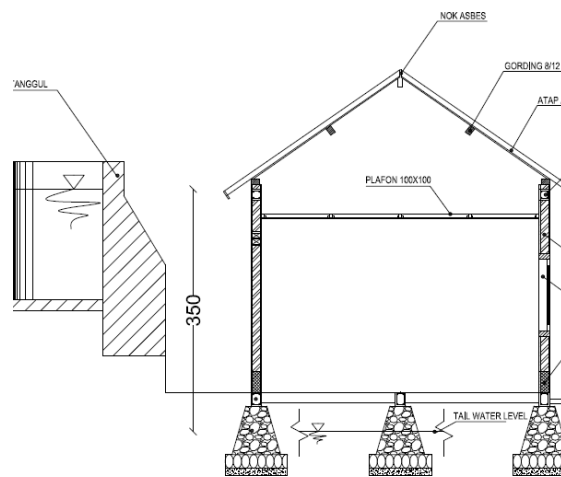
apakah hasil pengujian ini dapat digunakan untuk menjelaskan pengaruh parameter-parameter seperti debit aliran, jumlah sudu dan berat *fly wheel*, untuk kemudian digunakan sebagai salah satu alat praktikum Prestasi Mesin untuk S1 dari mesin-mesin Fluida Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar (UHKBPNP).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Analisis Tinggi Jatuh Air (Head)

Tinggi jatuh air merupakan salah satu hal penting dalam perancangan PLTMH. Tinggi jatuh air (head) didapat dari pengukuran langsung, yaitu merupakan selisih elevasi antara muka air di bak penenang dan tail water level (TWL). Cara pengukuran tinggi jatuh dilakukan dengan menggunakan theodolit agar didapat hasil yang akurat.

Hasil pengukuran tinggi jatuh dengan menggunakan Theodolit:



Gambar 12. Sketsa Tinggi Jatuh

Dari pengamatan yang dilakukan, didapatkan tinggi jatuh air sebesar 3.5 m. Dalam pengamatan tersebut, acuan pengukuran adalah dari elevasi air sampai TLW, sehingga besaran tinggi jatuh air tersebut sudah dapat digunakan untuk menghitung daya. Dengan tinggi jatuh sebesar 3.5 m, maka secara teknis dapat dimanfaatkan untuk PLTMH. Tinggi jatuh tersebut nantinya akan dikurangi dengan kehilangan energi pada pipa pesat. Hasil dari perhitungan tersebut nantinya akan digunakan dalam perhitungan daya terbangkit. Hal selanjutnya yang harus dilakukan adalah optimasi unit pembangkit. Yaitu merekayasa unit pembangkit lain agar daya yang dihasilkan dapat optimal.

## 2. Perancangan bangunan Pengambilan

Bangunan pengambilan adalah bangunan yang berfungsi untuk mengalihkan air dari sungai ke sistem PLTMH. Bangunan pengambilan dilengkapi dengan pintu air dan trashrack kasar untuk menyaring sampah terapung. Bangunan pengambilan harus dapat meminimalisir sampah yang masuk.

Bangunan intake harus mensuplai debit air dengan stabil ke saluran pembawa, yang kemudian diteruskan ke bak penenang. Debit air tersebut kemudian diteruskan ke rumah pembangkit melalui pipa pesat (penstock). Desain bangunan intake dibuat dengan harus memperhatikan tingkat permukaan air pada saat debit minimum. Berdasarkan kondisi topografi sungai Sejing, maka bangunan pengambilan ditempatkan di sebelah kanan aliran sungai.

Dengan memanfaatkan bangunan pengambilan yang telah ada, maka dilakukan perhitungan ulang seperti berikut:

## 3. Bangunan Pengambilan

Bentuk = persegi panjang

$$b = 1.8 \text{ m}$$

$$h = 1 \text{ m}$$

$$Q = 1.65 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$V = Q/(b.h)$$

$$= 0.9 \text{ m/detik (dijinkan)}$$

Oleh karena kecepatan yang dihasilkan adalah 0.9 m/detik maka saluran tersebut sudah memenuhi prasyarat, yaitu tidak lebih dari kecepatan kritis.

Bangunan pengambilan ini dilengkapi dengan pintu air serta trashrack kasar untuk menyaring sampah terapung. Keberadaan trashrack di sini sangat penting karena air yang dialirkan menuju turbin harus terbebas dari sampah terapung dan sedimen. Trashrack pada bangunan pengambilan merupakan trashrack pertama dalam layout PLTMH sehingga trashrack ini dirancang dengan plat besi berjarak 3 cm. Oleh karena letak bak pengendap berada langsung setelah bangunan pengambilan maka tidak diperlukan saluran pengarah.

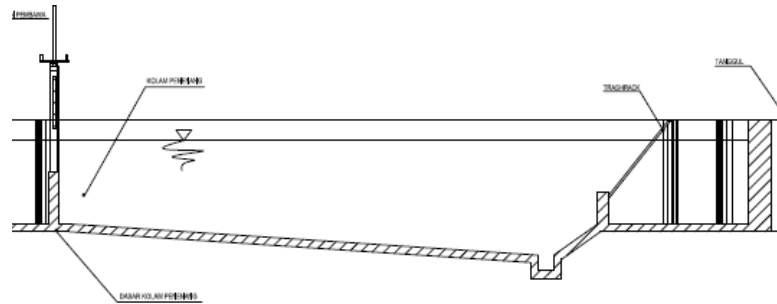
## 4. Perancangan Bak Pengendap

Bak pengendap pada PLTMH ini berfungsi sebagai pengendap sedimen. Hal yang terpenting dalam saluran ini adalah sedimen harus dapat mengendap sebelum mencapai

ujung saluran. Untuk dapat mengendapkan sedimen, bak pengendap dilengkapi dengan penangkap pasir.

Butiran sedimen yang masuk dalam bangunan pengendap sedimen, dengan kecepatan endapan sedimen "w" dan kecepatan air "v" harus mencapai titik C. Sehingga butiran sedimen tersebut akan berjalan selama waktu  $H/V$ , yang diperlukan untuk mencapai dasar, untuk selanjutnya bergerak atau bergulir sepanjang L dalam waktu  $L/v$ .

Desain penangkap pasir adalah sebagai berikut :



Gambar 13. Bak pengendap

Cara kerja penangkap pasir ialah dengan cara membuat aliran berkecepatan rendah sehingga dapat dihitung kecepatan turun butir sedimen. Hal yang berpengaruh ialah ukuran butiran sedimen dan masa jenis pelarut. Dari data tersebut dapat dihitung kecepatan turun sedimen serta panjang minimal saluran agar sedimen dapat mengendap.

Perhitungan panjang minimum bak pengendap dapat memakai persamaan (2.3).Langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$d = 0.7 \text{ mm}$$

$$a = 44$$

$$v = \frac{a \cdot d}{1000}$$

$$= 0.36 \text{ m/detik}$$

Maka kecepatan di bak pengendap tidak boleh lebih dari 0.36 m/detik, direncanakan kecepataannya adalah 0.3 m/detik.

$$Q = 0.825 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$b = 2.6 \text{ m (direncanakan)}$$

$$h = 1.6 \text{ m (direncanakan)}$$

$$w = 0.08 \text{ m/detik}$$

Selanjutnya, diujung bak pengendap terdapat trashrack yang kedua. Trashrack ini memiliki jarak yang lebih rapat dari yang pertama, yatu berjarak 1cm. Trashrack yang kedua ini berfungsi untuk menyaring sampah melayang yang masih tertinggal.

Oleh karena L dan b yang direncanakan sudah melebihi L dan b minimum, maka desain tersebut sudah memenuhi syarat. Dalam perhitungan tersebut, debit yang dipakai adalah 0.825 m<sup>3</sup>/detik, hal ini dikarenakan saluran dibagi menjadi dua lajur sehingga masing-masing lajur dialiri setengah debit total. Pembagian seperti ini dilakukan untuk rekayasa pengoperasian, yaitu ketika satu lajur dikuras maka air tetap dapat mengalir melalui lajur yang satunya dan PLTMH tetap dapat beroperasi. Untuk dapat mengatur aliran, maka ditempatkan pintu air di hulu lajur saluran.

## 5. Perancangan Penstock

Bilamana pemasangan pipa dilakukan di atas permukaan tanah maka diperlukan konstruksi blok angker dan struktur pendukung sebagai dudukan pipa pesat untuk menahan beban pipa dan air di dalamnya. Pipa pesat adalah pipa bertekanan yang mengalirkan air dari bak penenang (sandtrap) langsung ke intake turbin. Penempatan pipa pesat dapat di atas permukaan tanah atau di dalam tanah, untuk penempatan pipa di dalam tanah akan menjaga tekanan air yang ada di dalam pipa dari perubahan suhu matahari dan hujan.

Pipa pesat (penstock) adalah pipa yang berfungsi untuk mengalirkan air dari bak penenang (forebay tank). Perencanaan pipa pesat mencakup pemilihan material, diameter penstock, tebal dan jenis sambungan (coordination point). Diameter pipa pesat dipilih dengan pertimbangan keamanan, kemudahan proses pembuatan, ketersediaan material dan tingkat rugi-rugi (friction losses) seminimal mungkin. Ketebalan penstock dipilih untuk menahan tekanan hidrolik dan surge pressure yang dapat terjadi.

Diameter dan panjang pipa penstock ditentukan berdasarkan debit aliran yang akan mengalir pada pipa penstock tersebut di mana dalam penentuan diameter dan panjang pipa penstock tersebut mempertimbangkan beberapa hal yakni keamanan, kemudahan proses pembuatan, ketersediaan material, tingkat rugi-rugi yang seminimal mungkin dan nilai ekonomis dari pipa penstock tersebut, dimana pipa yang memiliki diameter lebih besar memiliki tingkat rugirugi yang lebih minim dikarenakan kecepatan aliran air lebih kecil namun pipa pila penstock dengan ukuran diameter yang lebih besar ukurannya sangat besar, berat dan harganya lebih tinggi. Sedangkan untuk pipa yang memiliki diameter lebih kecil harganya lebih murah namun memiliki tingkat rugi yang lebih besar.

### a. Tebal dan Material Penstock

Penstock yang akan digunakan terbuat dari besi,. Sesuai dengan pedoman teknis maka tebal penstock yang dipakai adalah 1.5 mm. dengan ketebalan dan material seperti itu, penstock sudah mampu mengendalikan air karena panjang penstock keseluruhan yang hanya 7 m dan beda tinggi sebesar 3.5 m.

## b. Kehilangan Energi

Kehilangan energi pipa dihitung untuk mencari tinggi jatuh efektif. Kehilangan energi pipa yang utama disebabkan oleh belokan pipa. Belokan pipa menyebabkan kehilangan energi yang mempunyai koefisien sebagai berikut:

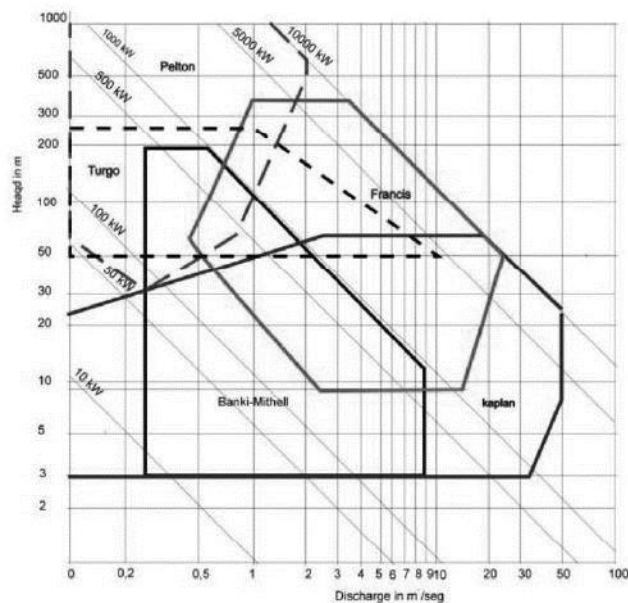
Tabel 1. Tabel koefisien kehilangan energi akibat belokan

| $\alpha$ | 5    | 10   | 15   | 30   | 45   | 50   | 90  |
|----------|------|------|------|------|------|------|-----|
| $\delta$ | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,15 | 0,28 | 0,55 | 1,2 |

Dari desain pipa pesat PLTMH, diketahui terdapat 2 sudut belokan dengan besar masing-masing 50o. Dengan demikian maka koefisien kehilangan energi adalah sebesar 0.55

## 6. Pemilihan Turbin

Turbin Pemilihan turbin ini berhubungan erat dengan jenis generator yang akan mengubah tenaga air menjadi listrik serta tinggi jatuh air dan debit air. Untuk tinggi jatuh air yang di peroleh dari hasil perhitungan itu setinggi 3.5 m dan debit air sebesar 1.65 m<sup>3</sup>/s. Maka dari data tersebut bias di katakana turbin propeller dianggap cocok untuk kondisi sungai Serinjing di mana tinggi head yang di pakai untuk tubin propeller ini 2<H<20 (m). Turbin propeller dipilih karena memenuhi kriteria debit dan head. Batas head untuk turbin propeller adalah 3-70 m, dan batas debitnya adalah 50 m<sup>3</sup>/detik.



Gambar 14. Grafik Pemilihan Turbin

Daya turbin yang dihasilkan oleh debit sebesar 1.65 m<sup>3</sup>/s dari sungai Serinjing di Kediri dengan head 3.5 meter ini dapat di hitung dengan efisiensi turbin propeller sebesar 0.8-0.9 (dipakai 0.8). Selanjutnya koefisien tersebut digunakan untuk menghitung daya total terbangkit.

## 7. Perhitungan Daya dan Energi

Untuk perhitungan besar potensi daya yang terbangkit itu sendiri dengan melihat tinggi head, debit dan efisiensi dari komponen komponen mekanik dan elektrik yang diperkirakan cocok untuk kondisi sungai Serinjing yang digunakan untuk pembangunan PLTMH.

Potensi daya terbangkitkan dari pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini merupakan besar daya yang terbangkit yang memperhitungkan semua efisiensi komponen pembangkit dari debit, turbin dan generator.

Daya keseluruhan yang dapat dibangkitkan dihitung dengan mengalikan semua efisiensi turbin dan generator. Dihitung dengan menggunakan persamaan (2.11) dengan efisiensi yang dipertimbangkan adalah efisiensi turbin dan generator.

$$P = Q \times H \times 9.8 \times \mu(\text{turbin}) \times \mu(\text{generator}) \quad P = 1.65 \times 2.56 \times 9.81 \times 0.8 \times 0.9$$

$$P = 29.87 \text{ kW}$$

## SIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pengolahan data, maka penulis dapat mengambil simpulan sebagai berikut:

1. Pada tugas akhir ini telah dilakukan pembuatan dan pengujian model sistem PLTMH dengan menggunakan turbin aliran silang (*crossflow*) di Laboratorium Fluida Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar (UHKBPNP).
2. Pada pengoprasian model sistem PLTMH didapatkan daya 25,9 Watt dan efisiensi sistem PLTMH mencapai 14,21 %.
3. Walaupun unjuk kerja alat uji model sistem PLTMH yang telah dibuat ini masih rendah, namun alat ini sudah bisa menjelaskan fenomena perubahan energi air menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin air sehingga dapat digunakan sebagai alat uji praktikum prestasi mesin untuk S1 dan mesin-mesin fluida untuk S1 di Laboratorium Fluida Teknik Mesin Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, S.K. 2004. *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik I*. Jakarta. PT Pradnya Paramita.
- Dietzel, F. 1988. *Turbin Pompa dan Kompresor*. Jakarta. Erlangga.
- Fox, R.W., Dan A.T McDonald.1995. *Introduction to Fluid Mechanics 3rd edition*. USA. John Willey & Sons.
- Haimerl, L.A. 1960. *The Cross Flow Turbine*. Jerman Barat.
- Jiandong, T., Z. Naibo., W. Xianhuan., H. Jing., D. Huishen. 1997. *Mini Hydropower*. China. Hangzhou Regional Centre For Small Hydo Power.
- Khurmi R S. G.JK. 1980, *Text Book of Machine Design Eurasia*. New Delhi. Publising House, ltd Ram Nagar.
- Mockmore C.A., and M Fred. 1949. *The Banki Water Turbine*. Bulletin Series No.25 Engineering Experimental Station, Oregon State System of Higher education, Oregon State College, Corvalis.
- Patty, O. 1995. *Tenaga Air*. Jakarta. Erlangga.