

RANCANG BANGUN *PROTOTYPE* PLTMH DENGAN TURBIN PELTON SEBAGAI MODUL PRAKTIKUM

I Gusti Putu Andhita Mahayana¹, Lie Jasa², I Gusti Ngurah Janardana³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

³Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email: andhitamahayana02@gmail.com¹, liejasa@gmail.ac.id², janardana@unud.ac.id³

Abstrak

Pembelajaran tentang pemanfaatan sumberdaya air sebagai pembangkit listrik tenaga mikrohidro sangat penting dilakukan oleh mahasiswa Teknik Elektro Universitas Udayana. Laboratorium Konversi Energi Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana saat ini belum dapat melaksanakan praktikum tentang PLTMH karena belum tersedianya modul petunjuk praktikum berserta *prototype* PLTMH. Oleh karena itu pada penelitian ini dirancang dan dibuat sebuah *prototype* PLTMH dengan Turbin Pelton yang memiliki jumlah sudu sebanyak 18 buah dimana sudu memiliki lebar 5 cm, panjang 4,47 cm, tinggi 1,6 cm dan tebal 0,28 cm dengan diameter total *runner* sebesar 22 cm. *Prototype* ini memiliki 1 buah *nozzel* yang memiliki sudut pancaran 75° dengan tekanan air 21 psi. *Prototype* ini mampu menghasilkan debit air sebesar 4,5 L/s, daya sebesar 9,809 W dan torsi sebesar 0,26 Nm sehingga *prototype* ini memiliki nilai efisiensi 1,48%. Untuk dapat mengoperasikan *prototype* PLTMH dengan turbin pelton sebagai sebuah kesatuan modul praktikum maka telah disusun modul petunjuk praktikum yang bertujuan untuk mengetahui Karakteristik *Prototype* PLTMH dengan Turbin Pelton.

Kata Kunci : PLTMH, *prototype*, turbin pelton, praktikum

Abstract

Learned about the use of water resources as a micro hydro power plant is very important to be carried out by Electrical Engineering students at Udayana University. At this time at Conversion Energy Laboratory there was not been a practicum about Mycro Hydro Power Plan due to the unavailability of guide practicum module and micro hydro power plant prototypes. Therefore in this research was design and build a Prototype of Microhydro Power Plan wich had 18 buckets where had 5 cm width, 4,47 cm length, 1,6 height and the tickness was 0,28 cm. This prototype can made 4,5 L/s water discharge, 9,809 W Power, and the torque was 0,26 Nm . So that prototype had 1,48% efficiency. To make this prototype as a complete practicum module was arranged practicum guide modules that was explain abaout Characteristic of Micro Hydro Power Plan with Pelton Turbines.

Key word : Microhydro Power Plant, *Prototype*, Pelton Turbine, Practicum

1. PENDAHULUAN

Energi air adalah energi yang sangat melimpah di Indonesia, yaitu sekitar 75.000-76.000 MW. Dari jumlah potensi energi air tersebut, pemanfaatannya dalam skala besar masih 3.783 MW (PLTA) dan skala kecil 220 MW (PLTMH) [1].

Energi potensial air dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik

dengan memanfaatkan tenaga potensial yang tersedia (potensi air terjun dan kecepatan aliran). Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah salah satu teknologi yang sudah terbukti tidak merusak lingkungan, menunjang diversifikasi energi sebagai pemanfaatan energi terbarukan, menunjang program pengurangan penggunaan BBM,

dan sebagian besar konstruksinya menggunakan material lokal [2]

Saat ini di Laboratorium Konversi Energi Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana belum dapat dilaksanakan praktikum tentang PLTMH karena belum tersedianya modul beserta *prototype* PLTMH sehingga pemahaman tentang PLTMH oleh sebagian mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana masih belum maksimal. Berdasarkan masalah tersebut pada penelitian ini dibangun *prototype* PLTMH dengan turbin pelton sebagai sarana praktikum beserta modul petunjuk praktikum agar mahasiswa Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana mampu melaksanakan praktikum tentang PLTMH dengan turbin pelton.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 PLTMH

PLTMH merupakan sistem yang memanfaatkan 3 komponen yaitu air, generator dan turbin untuk menghasilkan listrik. Cara kerja PLTMH hampir sama dengan PLTA hanya saja keluaran daya listrik yang dihasilkan berbeda rentang hasilnya, dimana PLTMH cenderung lebih kecil karena hanya memanfaatkan air dari sungai, irigasi dan sejenisnya [3].

Aliran air akan memutar turbin sehingga akan menghasilkan energi mekanik. Energi mekanik turbin akan memutar generator dan generator menghasilkan listrik. Skema prinsip kerja PLTMH dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Prinsip Kerja PLTMH [4]

2.2 Turbin Air

Turbin air bekerja menggunakan prinsip fluida kerja air. Air yang bergerak dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah menyebabkan air memiliki daya potensial.

Kemudian daya potensial ini dirubah menjadi kinetik di pipa pesat ketika air ini mengenai turbin akan menjadikan energi kinetik tadi menjadi energi mekanik. [5].

Turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi. Berikut ini merupakan klasifikasi berbagai jenis turbin air yang digunakan dalam pembangkit listrik tenaga air (PLTMH) [6] :

- Turbin impuls adalah turbin tekanan sama karena aliran air yang keluar dari *nozzel* tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Jenis turbin impuls diantaranya yaitu : Turbin Pelton, Turbin Turgo, Turbin *Cross Flow*.
- Turbin reaksi adalah turbin yang mempunyai profil khusus pada sudu yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya pada sudu sehingga *runner* (bagian turbin yang berputar) dapat berputar. Jenis turbin reaksi yaitu: Turbin Francis, Turbin Kaplan.

2.3 Turbin Pelton

Turbin Pelton merupakan salah satu jenis turbin impuls, yaitu turbin yang digerakkan oleh energi kinetik air. *Nozzel* (jet) air yang berkecepatan tinggi mengenai *bucket runner* dan setelah menggerakkan *runner* air keluar pada kecepatan rendah, yang berarti air yang keluar sebagian energinya tidak diserap oleh *runner*. [7].

Turbin Pelton memiliki kecepatan spesifik yang relatif rendah dan dengan menggunakan tinggi *head* yang sangat besar serta kapasitas air yang kecil dibandingkan dengan turbin jenis yang lain. [8]

2.4 Perencanaan Desain Turbin Pelton

Untuk mendesain *bucket* turbin perlu diketahui beberapa rumus yang digunakan dalam memperhitungkan ukuran dari desain yang akan dibuat agar mendapatkan hasil yang maksimal.

Adapun beberapa rumus matematis dalam perhitungan desain turbin adalah [9]:

a. Kecepatan pancar air (c_1) :

$$c_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad [1]$$

b. kecepatan tangensial (u) :

$$u = \frac{c_1}{2} \quad [2]$$

c. Diameter pancar air (d):

$$d = 0.54 \sqrt{\frac{Q}{\sqrt{H}}} \quad [3]$$

$$Z = 5,4 \sqrt{\frac{22}{2}} = 17,9 \approx 18$$

d. Diameter roda (D):

$$D = \frac{60 \cdot u}{\pi \cdot n} \quad [4]$$

e. Ukuran Sudu (*Bucket*)

1. Lebar *Bucket* = $2,5 \times d$ [5]

2. Tinggi *Bucket* = $\frac{12 \times \text{Lebar Bucket}}{38}$ [6]

3. Panjang *Bucket* = $\frac{34 \times \text{Lebar Bucket}}{38}$ [7]

4. Tebal *Bucket* = $\frac{2 \times \text{Lebar Bucket}}{38}$ [8]

f. Jumlah Sudu (*Bucket*) =

$$Z = 5,4 \sqrt{\frac{D}{d}} \quad [9]$$

3. Metodologi Penelitian

Dalam perancangan ini perhitungan dilakukan berdasarkan parameter yang telah ditentukan terlebih dahulu. Parameter tersebut adalah kapasitas air (Q) = 6 liter/detik atau = 0,006 m³/detik, head (H) = 15 meter, gravitasi (g) = 9,81 m/detik² dan nilai n = 750 rpm. Dari parameter yang diketahui tersebut dan rumus yang telah dijabarkan sebelumnya didapat :

a. Kecepatan pancar air (c_1) :

$$c_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot H} = 17,16 \text{ m/detik}$$

b. kecepatan tangensial (u) :

$$u = \frac{c_1}{2} = 8,58 \text{ m/detik}$$

c. Diameter pancar air (d):

$$d = 0.54 \sqrt{\frac{Q}{\sqrt{H}}} = 0,0213 \text{ m} \approx 2 \text{ cm}$$

d. Diameter runner (D):

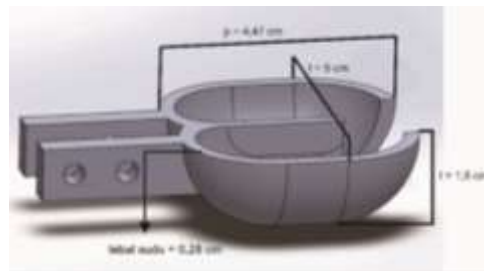
$$D = \frac{60 \cdot u}{\pi \cdot n} = 0,218 \text{ m} \approx 22 \text{ cm}$$

e. Ukuran Sudu (*Bucket*)

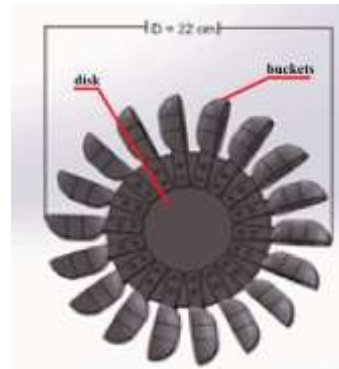
1. Lebar *Bucket* = $2,5 \times d = 5 \text{ cm}$
2. Tinggi *Bucket* = $\frac{12 \times \text{Lebar Bucket}}{38} = 1,6 \text{ cm}$
3. Panjang *Bucket* = $\frac{34 \times \text{Lebar Bucket}}{38} = 4,47 \text{ cm}$
4. Tebal *Bucket* = $\frac{2 \times \text{Lebar Bucket}}{38} = 0,28 \text{ cm}$

f. Jumlah Sudu (*Bucket*) (Z)

Dalam *prototype* ini digunakan jenis turbin pelton dengan diameter *runner* 22 cm. dimana lebar sudu (*Bucket*) turbin 5 cm, panjang 4,47 cm , tinggi 1,6 cm serta memiliki ketebalan 0.26 cm. Jumlah sudu dari *prototype* ini adalah berjumlah 18 buah sudu. Bahan yang digunakan untuk membuat sudu adalah PLA yang dicetak dengan cara 3D *printing* sedangkan untuk bahan dari *disk* digunakan bahan akrilik dengan ketebalan 1 cm Adapun gambaran desain dari turbin pelton yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2 dan 3.

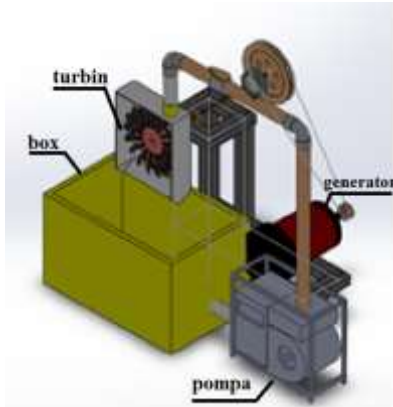


Gambar 2 Desain Sudu (*Bucket*) Turbin Pelton



Gambar 3 Desain *Runner* Turbin Pelton

Adapun gambaran desain *prototype* PLTMH dengan turbin pelton yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Desain PLTMH

Secara sistematis langkah – langkah penelitian dapat dilihat seperti pada Gambar 5.



Gambar 5 Diagram Alur Penelitian

Proses perancangan *prototype* PLTMH dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Membuat rancangan turbin pelton.
2. Membuat rancangan seluruh perangkat penunjang *prototype* PLTMH.

Proses mempersiapkan peralatan dan bahan untuk perancangan *prototype* PLTMH dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Menentukan jenis pompa dan generator yang digunakan dalam penelitian ini.

2. Menentukan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini.

Proses merakit rancangan *prototype* PLTMH dengan Turbin Pelton dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Merakit turbin *pelton* , serta merakit generator dan pompa dengan rangka yang telah dibuat sebelumnya.
2. Merakit instalasi perpipaan pada *prototype* untuk mengalirkan air ke turbin .
3. Memasang generator dan instalasinya untuk mencatat keluaran tegangan dan arus dari generator.

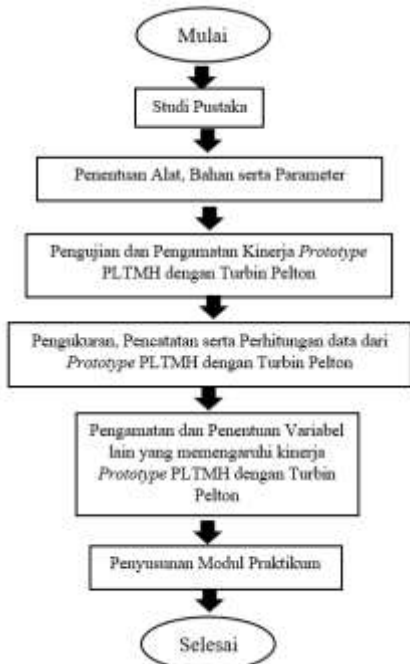
Proses menguji kinerja *prototype* PLTMH dengan turbin pelton dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Menguji keberhasilan alat yang dirancang dengan cara mengamati apakah turbin dapat berputar dan generator dapat menghasilkan daya .
2. Menguji debit dan keluaran air pada *prototype* PLTMH yang telah dirancang.
3. Menguji putaran dari turbin yang telah dirancang.
4. Menguji keluaran tegangan dan arus dari generator.

Pada proses pencatatan data , penyusunan laporan, pembuatan modul praktikum dan simpulan *prototype* PLTMH dapat di jabarkan sebagai berikut :

1. Mencatat data putaran turbin dan genertor.serta keluaran tegangan dan arus dari generator.
2. Menyusun modul praktikum .
3. Menyusun simpulan dari penelitian.

Untuk merancang modul praktikum dari *prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro dengan turbin pelton perlu diketahui beberapa komponen, cara kerja serta parameter-parameter yang berpengaruh terhadap karakteristik dari alat tersebut. Adapun rancangan penyusunan modul praktikum dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 Diagram Teknis Penyusunan Modul

Proses Penentuan Alat , Bahan serta Parameter dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Menentukan alat dan bahan yang diperlukan dalam praktikum
2. Menentukan parameter basis dari alat *prototype* PLTMH dengan turbin pelton.

Proses Pengujian dan Pengamatan Kinerja *Prototype* PLTMH dengan Turbin Pelton dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Menguji perangkat-perangkat dari alat tersebut baik itu tekanan pompa, kinerja generator serta kondisi beban (lampu pijar).
2. Mengamati cara kerja dan kinerja dari *Prototype* PLTMH dengan Turbin Pelton.

Proses Pengukuran, Pencatatan serta Analisi data dari *Prototype* PLTMH dengan Turbin Pelton dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Pengukuran daya mekanis dan elektrik dari *prototype* PLTMH.
2. Pencatatan data yang didapatkan dari proses pengukuran.
3. Menghitung efisiensi dari *prototype* PLTMH dengan turbin pelton .

Proses Pengamatan dan Penentuan Variabel lain yang memengaruhi kinerja *Prototype* PLTMH dengan Turbin Pelton dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Mengamati dan mempelajari variabel yang dapat mempengaruhi putaran dari turbin.
2. Menentukan variabel apa saja yang akan di variasikan pada *prototype* PLTMH dengan turbin pelton guna menyusun modul praktikum.

Tahapan terakhir merupakan penyusunan modul praktikum yang dapat digunakan sebagai pedoman praktikum PLTMH dengan turbin pelton di Laboratorium Konversi Energi Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Realisasi *Prototype* PLTMH dengan Turbin Pelton

Adapun Realisasi dari Turbin serta *Prototype* PLTMH dengan Turbin Pelton adalah seperti pada gambar 7 dan 8 .



Gambar 7 Realisasi *Runner* Turbin



Gambar 8 Realisasi *Prototype* PLTMH

4.2 Pengujian Parameter *Prototype* PLTMH dengan Turbin Pelton

Pada penelitian ini dilakukan beberapa pengujian terkait dengan kinerja PLTMH yang meliputi pengukuran : Debit Air, Putaran Turbin, Putaran Generator, Tegangan Generator, Arus Generator, Daya Generator, Torsi, Efisiensi. Dari beberapa parameter yang diuji tersebut didapatkan data pengukurang yang disajikan pada tabel 1.

Tabel 4.1. Data Hasil Pengukuran Parameter

No.	Parameter	Nilai
1.	Tekanan Air	21 psi

2.	Sudut Nozzel	75°
3.	Jumlah Sudu	18 buah
4.	Debit Air	0.0045 m ³ /s
5.	Putaran Turbin	673 rpm (sebelum di kopel generator) 357 rpm (sesudah dikopel generator)
6.	Putaran Generator	1438 rpm (sebelum dikopel beban) 1122 rpm (sesudah dikopel beban)
7.	Tegangan	30 V (Tanpa Beban) 10,9 V (Berbeban)
8.	Arus	0,9 A
9.	Daya	9,809 W
10.	Torsi	0,26 Nm
11.	Effisiensi	1,48 %

Selain itu dilakukan pula pengujian terhadap pengaruh pembebanan untuk mengetahui karakteristik daya mekanis dan elektris terhadap pembebanan. Adapun hasil dari pengujian yang dilakuakn disajikan dalam tabel 2 dan 3.

Tabel 2 Hasil Pengujian Karakteristik Daya Mekanis Prototype terhadap Pembebanan

Beban	Putaran Turbin (rpm)	Putaran Generator (rpm)
Tanpa Beban	357,4	1438
9 W	296,6	1267
18 W (Paralel)	268	1156,2
27 W (Paralel)	260,4	1122,2
30 W (Paralel)	249,2	1101,4
18 W (Seri)	273	1161
27 W (Seri)	262	1124
30 W (Seri)	250	1098

Tabel 3 Hasil Pengujian Karakteristik Daya Elektris Prototype terhadap Pembebanan

Beban	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Tanpa Beban	30	-	-
9 W	15,28	0,688	10,51
18 W (Paralel)	12,46	0,834	10,39
27 W (Paralel)	10,9	0,9	9,81
30 W (Paralel)	10,9	0,91	9,92
18 W (Seri)	23,8	0,45	10,71
27 W (Seri)	29,4	0,17	4,59
30 W (Seri)	29,5	0,16	5,14

Dari tabel 2 dan 3 diatas dapat dijabarkan dalam grafik yang disajikan dalam gambar 9,10,11,12, dan 13 .



Gambar 9 Grafik Hubungan antara Beban dan Putaran Turbin



Gambar 10 Grafik Hubungan antara Beban dan Putaran Generator



Gambar 11 Grafik Hubungan antara Beban dan Tegangan Generator



Gambar 12 Grafik Hubungan antara Beban dan Arus Generator



Gambar 13 Grafik Hubungan antara Beban dan Daya Generator

Dari grafik pada gambar 9,10,11,12 dan 13 didapatkan bahwa pembebanan dapat mempengaruhi kinerja PLTMH dengan terjadinya perubahan daya mekanis dan listrik yang dihasilkan PLTMH. Dimana pada daya mekanis mengalami penurunan dengan bertambahnya beban baik dihubungkan seri maupun paralel sedangkan pada daya listrik pada saat terjadi pertambahan beban yang dihubungkan paralel tegangan akan menurun sedangkan arus akan meningkat. Sebaliknya, ketika dihubungkan secara seri bertambahnya beban akan membuat tegangan meningkat sedangkan arus menjadi drop.

4.3 Modul Praktikum

Untuk dapat mengoperasikan *prototype* PLTMH dengan turbin pelton sebagai sebuah modul praktikum perlu disusun modul petunjuk praktikum.

Dalam modul petunjuk praktikum ini berisikan beberapa informasi terkait percobaan yang akan diujikan. Pengujian didasari oleh percobaan oleh penulis serta dari data serta pengujian oleh peneliti lain. Adapun percobaan pada praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro dengan Turbin Pelton adalah sebagai berikut.

4.3.1 Percobaan Karakteristik *Prototype* PLTMH dengan Turbin Pelton

Mengetahui karakteristik *Prototype* PLTMH sangat perlu diketahui agar peserta mampu mengetahui dan mempelajari secara langsung PLTMH melalui *prototype* yang digunakan dalam praktikum.

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik yang meliputi kecepatan (putaran turbin dan generator), debit yang dihasilkan *prototype* serta

pengaruh pembebanan terhadap karakteristik listrik generator (Tegangan, Arus serta Daya Output).

Pada pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai debit yang dihasilkan oleh *prototype* PLTMH dengan turbin Pelton sebesar 4,5 L/s, daya sebesar 9,809 W atau sebanding dengan 10 W dan torsi sebesar 0,26 Nm sehingga *prototype* ini memiliki nilai efisiensi 1,48 %.

4.3.2 Tujuan Praktikum

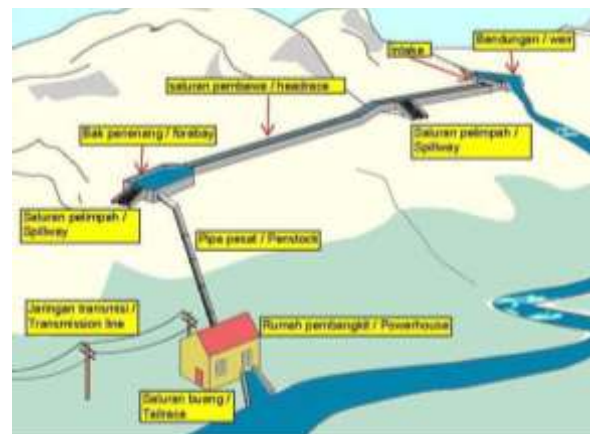
1. Untuk mengetahui, memahami serta mampu menganalisis karakteristik dari *prototype* PLTMH dengan turbin pelton.
2. Untuk mengetahui kecepatan dari turbin pelton serta generator
3. Dapat menghitung debit air.
4. Dapat mengetahui pengaruh pembebanan pada generator terhadap kinerja alat.

4.3.3 Alat dan Bahan:

- | | |
|---------------------------|--------|
| 1. <i>Prototype</i> PLTMH | 1 set |
| 2. Papan Percobaan | 1 buah |
| 3. Manometer | 1 buah |
| 4. Multimeter Digital | 1 buah |
| 5. Tachometer | 1 buah |
| 6. Lampu DC | 4 buah |
| 7. Obeng | 1 set |
| 8. Stopwatch | 1 buah |
| 9. Penggaris | 1 buah |

4.3.4 Teori Dasar

1. PLTMH
 Pada PLTMH merupakan sistem yang memanfaatkan 3 komponen yaitu air, generator dan turbin untuk menghasilkan listrik[3]. Skema prinsip kerja PLTMH dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14 Prinsip Kerja PLTMH [4]

2 Turbin Pelton

Turbin Pelton merupakan salah satu jenis turbin impuls, yaitu turbin yang digerakkan oleh energi kinetik air.

Turbin Pelton memiliki kecepatan spesifik yang relatif rendah dan dengan menggunakan tinggi *head* yang sangat besar serta kapasitas air yang kecil dibandingkan dengan turbin jenis yang lain.[8]

2.1 Bagian Utama Turbin Pelton

Pada dasarnya turbin pelton terdiri dari tiga bagian utama, yaitu: *runner*, *nozzel*, rumah turbin. Turbin ini juga dilengkapi oleh transmisi, bantalan, dan bagian kelistrikan [9].

4.3.5 LANGKAH PERCOBAAN

4.3.5.1 MENGUKUR DEBIT POMPA

1. Siapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
2. Ukurlah volume dari rak dengan mengukur dimensi bak menggunakan penggaris.
3. Lepaskan selang yang menempel pada *nozzel* dan arahkan langsung ke *box* (bak).
4. Hidupkan pompa dan atur tekanan pompa pada 21 psi dengan melihat pada manometer.
5. Hitunglah waktu yang dibutuhkan untuk mengisi penuh *box* (bak) tersebut.
6. Ulangi lagi langkah 3 dan 4 sebanyak 5 kali.
7. Catat hasil pengukuran pada tabel 4.
8. Hitunglah debit dari pompa .

Tabel 4 Pengukuran Rata-Rata Waktu yang Dibutuhkan untuk Mengisi Penuh *Box* (Bak)

No.	Percobaan	Waktu (s)	Rata-rata
1	Percobaan Ke - 1		
2	Percobaan Ke - 2		
3	Percobaan Ke - 3		
4	Percobaan Ke - 4		
5	Percobaan Ke - 5		

4.3.5.2 MENGUKUR KECEPATAN PUTARAN TURBIN DAN GENERATOR

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Siapkan alat ukur yang diperlukan.
3. Pisahkan generator dengan turbin pelton dengan cara melepas *belt* yang

menghubungkan pulley generator dan turbin menggunakan obeng.

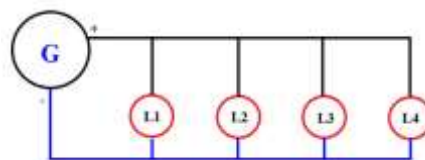
4. Hidupkan pompa pada prototype PLTMH dan amati ukuran tekanannya pada Manometer (Atur Tekanan hingga 21 psi).
5. Ukur besar putaran turbin dan catat pada tabel 5.
6. Setelah selesai mencatat matikan pompa.
7. Pasang kembali belt menggunakan obeng lalu ulangi langkah 5 dan 6.
8. Ukur besar putaran generator lalu catat pada tabel 5 .
9. Hubungkan Generator dengan beban pada papan percobaan.
10. Ukur besar putaran generator yang sudah dikopel beban lalu catat pada tabel 5 .
11. Berikan analisa penyebabnya berdasarkan grafik dan data di atas serta berikan kesimpulan anda.

Tabel 5 Pengukuran Putaran Turbin dan Generator

No.	Jenis Putaran	Kecepatan (rpm)
1	Putaran Turbin (sebelum dikopel generator)	
2	Putaran Turbin (sesudah dikopel generator)	
3	Putaran Generator (sebelum dikopel beban)	
4	Putaran Generator (sesudah dikopel beban)	

4.3.5.3 MENGETAHUI PENGARUH VARIASI PEMBEBANAN TERHADAP DAYA YANG DIHASILKAN

1. Pembebanan dengan Lampu Terhubung Paralel



Gambar 15 Rangkaian Paralel pada Papan Percobaan

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Siapkan alat ukur yang diperlukan.
3. Rangkai papan percobaan sesuai dengan rangkaian seperti pada gambar 15.

4. Pasang beban pada masing-masing fitting L1, L2, L3, L4, sesuai dengan tabel 6.
5. Tutup keran pada pipa *nozzel*.
6. Hidupkan pompa pada prototype PLTMH dan amati ukuran tekanannya pada Manometer (Atur Tekanan hingga 21 psi).
7. Buka keran pada *nozzel*.
8. Amati besar putaran turbin dan genertor, arus dan tegangan *output* generator pada saat tanpa beban dan catat pada tabel 6 dan 7.
9. Hubungkan Beban L1.
10. Amati besar putaran turbin dan genertor, arus dan tegangan *output* generator pada saat tanpa beban dan catat pada tabel 6 dan 7.
11. Ulangi Langkah 10 untuk beban sesuai dengan parameter pada tabel 1.3. dan catat kembali hasil pengamatan pada tabel 6 dan 7.
12. Berikan analisa penyebabnya berdasarkan grafik dan data di atas serta berikan kesimpulan anda!

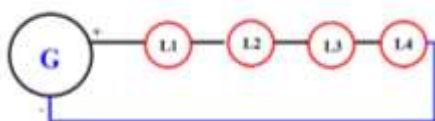
Tabel 6 Pengukuran Pengaruh Pembebanan secara Paralel terhadap Kinerja Daya Elektris PLTMH

No.	Beban Paralel (watt)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	Tanpa Beban			
2	Beban 1			
3	Beban 2			
4	Beban 3			
5	Beban 4			

Tabel 7 Pengukuran Pengaruh Pembebanan secara Paralel terhadap Kinerja Daya Mekanis PLTMH

No.	Beban Paralel (watt)	Putaran Turbin (rpm)	Putaran Generator (rpm)
1	Tanpa Beban		
2	Beban 1		
3	Beban 2		
4	Beban 3		
5	Beban 4		

2. Pembebanan dengan Lampu Terhubung Seri



Gambar 16 Rangkaian Seri pada Rangkaian Percobaan

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Siapkan alat ukur yang diperlukan.
3. Rangkai papan percobaan sesuai dengan rangkaian seperti pada gambar 16.
4. Pasang beban pada masing-masing fitting L1, L2, L3, L4, sesuai dengan tabel 8 dan 9
5. Tutup keran pada pipa *nozzel*.
6. Hidupkan pompa pada prototype PLTMH dan amati ukuran tekanannya pada Manometer (Atur Tekanan hingga 21 psi).
7. Buka keran pipa *nozzel*.
8. Amati besar putaran turbin dan genertor , arus dan tegangan *output* generator pada saat tanpa beban dan catat pada tabel 8 dan 9.
9. Hubungkan Beban L1.
10. Amati besar putaran turbin dan genertor , arus dan tegangan *output* generator pada saat tanpa beban dan catat pada tabel 8 dan 9.
11. Ulangi Langkah 10 untuk beban sesuai dengan parameter pada tabel 8 dan 9. dan catat kembali hasil pengamatan pada tabel tersebut.

Tabel 8 Pengukuran Pengaruh Pembebanan secara Seri terhadap Kinerja Daya Elektris PLTMH

No.	Beban Seri (watt)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	Tanpa Beban			
2	Beban 1			
3	Beban 2			
4	Beban 3			
5	Beban 4			

Tabel 9 Pengukuran Pengaruh Pembebanan secara Seri terhadap Kinerja Daya Mekanis PLTMH

No.	Beban Seri (watt)	Putaran Turbin (rpm)	Putaran Generator (rpm)
1	Tanpa Beban		
2	Beban 1		
3	Beban 2		
4	Beban 3		
5	Beban 4		

4.3.6 Sasaran Praktikum Percobaan Karakteristik *Prototype* PLTMH dengan Turbin Pelton

Karakteristik *Prototype* PLTMH sangat perlu diketahui agar peserta mampu mengetahui dan mempelajari secara langsung PLTMH melalui *prototype* yang digunakan dalam praktikum.

Pada pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai debit yang dihasilkan sebesar 4,5 L/s, daya sebesar 9,809 W atau sebanding dengan 10 W dan torsi sebesar 0,26 Nm sehingga *prototype* ini memiliki nilai efisiensi 1,48 %

Pada Percobaan 1 tentang Karakteristik *Prototype* PLTMH dengan Turbin Pelton ini terdiri dari 3 Percobaan yaitu : Pengukuran Debit Pomba, Pengukuran Kecepatan Putaran Turbin dan Generator serta Pengujian Pengaruh Variasi Pembebanan Pada Daya yang Dihasilkan. Ketiga percobaan tersebut memiliki tujuan atau sasaran sebagai berikut :

1. Pengukuran Debit Pomba bertujuan untuk mengetahui debit air yang dihasilkan yang selanjutnya digunakan untuk menghitung Daya Hidrolis yang dihasilkan oleh *prototype* PLTMH dengan turbin pelton.
2. Pengukuran Kecepatan Putaran Turbin dan Generator bertujuan untuk mengetahui bagaimana karakteristik Daya Mekanik *prototype* PLTMH ini sebelum dan sesudah dibebani serta untuk mengetahui nilai torsi yang dihasilkan.
3. Pengujian Pengaruh Variasi Pembebanan terhadap Daya yang dihasilkan oleh *Prototype* PLTMH bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh pembebanan terhadap Daya Listrik yang dihasilkan serta menghitung pengaruh pembebanan terhadap nilai efisiensi yang dihasilkan.

5. KESIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah:

Telah dibangun *prototype* PLTMH dengan turbin pelton yang memiliki jumlah sudu sebanyak 18 buah dimana sudu memiliki lebar 5 cm, panjang 4,47 cm, tinggi 1,6 cm dan tebal 0,28 cm dengan diameter total *runner* sebesar 22 cm. *Prototype* ini memiliki 1 buah *nozzel* yang sudut pancaran *nozzel*nya bernilai 75° yang memancarkan air yang memiliki tekanan yang bernilai 21 psi. *Prototype* ini mampu menghasilkan debit air sebesar 4,5 L/s, daya sebesar 9,809 W atau sebanding dengan 10 W dan torsi

sebesar 0,26 Nm sehingga *prototype* ini memiliki nilai efisiensi 1,48 %. Dilakukan pula pengujian pengaruh pembebanan yang didapat bahwa pembebanan tidak mempengaruhi daya yang dihasilkan hanya saja mengubah karakteristik arus dan tegangan generator.

Telah disusun modul petunjuk praktikum yang bertujuan untuk mengetahui Karakteristik *Prototype* PLTMH dengan Turbin Pelton yang terdiri dari 3 pengujian yaitu : Pengukuran Debit Air, Pengukuran Putaran Turbin dan Generator dan Pengujian pengaruh pembebanan terhadap daya *output* yang dihasilkan *prototype* PLTMH.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anam, A. , Soenoko, R. , Widhiyanuriyawan, D. 2013. Pengaruh Variasi Sudut Input Sudu Mangkok Terhadap Kinerja Turbin Kinetik. *Jurnal Rekayasa Mesin* 4 (3) :199-2013
- [2] Irawan,H. , Syamsuri , Rahmad, Q. 2018. Analisis Performansi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Jenis Turbin Pelton Dengan Variasi Bukaannya Katup Dan Beban Lampu Menggunakan Inverter. *Jurnal Hasil Penelitian LPPM Untag Surabaya* 03 (1) : 27-31
- [3] Susatyo, A. Arief-Subekti, R. 2009 Implementasi Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Kapasitas 30 kW di Desa Cibunar Kabupaten Tasikmalaya Jawa Barat. *Prosiding Seminar Nasional Daur Bahan Bakar 2009*. Serpong.
- [4] Napitupulu Janter. 2012. Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) Dalam Pengelolaan Energi Hijau. *Jurnal DA, Jurusan Teknik Elektro Universitas Darma Agung Medan*. :JDA: 21-25
- [5] Sularso dan Haruo Tahara. Pompa & Kompresor. Cetakan Ketujuh. PT. Paradya Paramita. Jakarta. 1983.
- [6] Mafuruddin. 2016. Studi Eksperimental Sudut Nosel dan Sudu Terhadap Kinerja Turbin Cross-Flow Sebagai PLTMH di Desa Bumi Nabung Timur. Bandar Lampung : Universitas Lampung.
- [7] Hadimi, Supandi, Rohermanto, A. 2006. Rancang Bangun Model Turbin Pelton Mini sebagai Media Simulasi/Praktikum Mata Kuliah Konversi Energi dan Mekanika Fluida.

- Jurnal Ilmiah Semesta Teknik* 9(1) : 16 – 24
- [8] Irawan, D. 2014. *Prototype Turbin Pelton Sebagai Energi Alternatif Mikrohidro di Lampung. TURBO Jurnal Program Studi Teknik Mesin 3 (1) : 1-6*
- [9] Putra , A.D.G. 2009 *Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro menggunakan Turbin Pelton. (Skripsi)*. Yogyakarta : Universitas Sanata Dharma..