

# RANCANG BANGUN ALAT UJI KINERJA PLTMH SKALA LABORATORIUM

Abdul Salam, Jamal Jamal, Baso Nasrullah<sup>1)</sup>,  
Theopilus Limin, Andi Muh.Irsyam, Abd. Wahid<sup>2)</sup>

**Abstrak:** Perancangan alat uji kinerja PLTMH dengan skala laboratorium bertujuan untuk mendapatkan alat uji kinerja PLTMH skala laboratorium yang akan digunakan mahasiswa untuk praktikum energi alternatif. Metode perancangan dilakukan dengan melalui studi literatur dan verifikasi data, design rancang bangun turbin *cross flow*, persiapan alat dan bahan, pembuatan alat uji, pengolahan data, perhitungan daya output (mekanik), pembahasan, dan pembuatan kesimpulan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pada tekanan 0,15 kg/m<sup>2</sup> diperoleh daya input sebesar 48,83 watt, daya output maksimum sebesar 3,617 watt dan efisiensi mekanik maksimum sebesar 7,408 %. Pada tekanan 0,2 kg/m<sup>2</sup> diperoleh daya input sebesar 71,663 watt, daya output maksimum sebesar 4,913 watt dan efisiensi mekanik maksimum sebesar 6,855 %. Pada tekanan 0,25 kg/m<sup>2</sup> diperoleh daya input sebesar 98,168 watt, daya output maksimum sebesar 5,644 watt dan efisiensi mekanik maksimum sebesar 5,75 %.

**Kata kunci:** turbin *cross flow*, daya output, debit, variasi sudut, pipa penstock.

## I. PENDAHULUAN

Pengembangan PLTMH yang efisien dari sisi konstrelesi turbin dapat dilakukan dengan perancangan turbin *crossflow*. Salah satu yang mempengaruhi prinsip kerja turbin jenis ini adalah kecepatan aliran fluida (air) yang masuk pada turbin tergantung pada ketinggian pipa penstock sehingga menghasilkan daya yang diharapkan.

Dalam pengaplikasiannya pengoperasian mengenai PLTMH sangat dipengaruhi oleh setiap bagian sistem PLTMH. Tidak hanya itu, pengembangan mengenai PLTMH juga tergantung oleh sumber daya manusia yang baik.

Politeknik Negeri Ujung Pandang sebagai institusi pendidikan vokasi memiliki sarana penunjang untuk melakukan penelitian tentang energi baru dan terbarukan, khususnya yang berkaitan dengan PLTMH. Permasalahan yang ada pada saat ini adalah institusi ini memerlukan alat uji yang cukup memadai untuk melakukan suatu praktikum agar bermanfaat bagi mahasiswa dalam pengembangan PLTMH nantinya. Selama ini mahasiswa yang melakukan praktikum harus terjun langsung ke lapangan karena belum adanya alat uji sistem PLTMH.

Selama ini perancangan turbin *cross flow* yang dilakukan oleh setiap mahasiswa dalam penelitian tugas akhirnya hanya sebatas perancangan turbin saja, belum menyentuh secara keseluruhan sistem PLTMH yang tentunya sangat mempengaruhi kinerja turbin *cross flow* itu sendiri pada pengaplikasiannya.

Perancangan turbin *cross flow* yang dimaksud merupakan turbin dengan kapasitas yang besar sehingga sulit untuk dijadikan sebagai alat praktikum mahasiswa. Ini dikarenakan tujuan penelitian yang diinginkan difokuskan pada pengaplikasian di lapangan. Padahal sumber daya manusia seharusnya juga

---

<sup>1</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

<sup>2</sup> Alumni Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

dijadikan sebagai aspek yang penting dalam pengembangan PLTMH. Oleh karena itu, rancang bangun alat uji praktikum mahasiswa yang disesuaikan dengan kondisi di lapangan sangat diperlukan. Salah satu yang bisa di capai dengan adanya alat uji praktikum sistem PLTMH adalah mahasiswa dapat memahami tentang daya *output* (mekanik) turbin *cross flow* PLTMH dan untuk mengetahui perbandingan daya output (mekanik) turbin *cross flow*.

Pengembangan mengenai PLTMH telah banyak dilakukan di beberapa provinsi di Indonesia. Sedangkan pengerjaan PLTMH di daerah Sulawesi Selatan masih sangat terbatas. Padahal sumber daya air yang terdapat di beberapa kabupaten sangat potensial untuk pembangunan PLTMH.

Minimnya pembangunan PLTMH ini disebabkan oleh kurangnya pengetahuan masyarakat tentang pemberdayaan sumber daya air secara maksimal. Sehingga banyak potensi yang belum bisa dimaksimalkan khususnya di daerah Sulawesi Selatan. Ini berarti hal yang juga menjadi pertimbangan dalam pengembangan PLTMH adalah pengadaaan sumber daya manusia yang baik.

Menurut Puguh (2008), yang meneliti tentang pemanfaatan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) untuk daerah terpencil, diperoleh hasil bahwa masih banyak sumber daya alam yang ada di negara kita belum dimanfaatkan secara optimal untuk pelayanan kebutuhan listrik daerah terpencil yang belum dijangkau aliran listrik. Dengan penerapan PLTMH maka daerah tersebut akan mendapatkan aliran listrik dengan perawatan yang relatif mudah dan murah.

Air merupakan sumber energi yang relatif murah dan mudah untuk didapatkan. Pada air terdapat energi potensial dan kinetik. Tenaga air (*Hydropower*) adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis maupun energi listrik. Pemanfaatan dengan menggunakan energi air pada umumnya diaplikasikan pada kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya air terjun atau aliran air sungai.

## II. METODE RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN KINERJA

Pada rancang bangun PLTMH divokuskan pada rancang bangun turbin *cross flow* dengan skala uji laboratorium, dilaksanakan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Prosedur rancang bangun yang akan dilaksanakan secara garis besar diuraikan sebagai berikut:

1. Verifikasi data dan pemetaan rancangan sistem PLTMH melalui referensi pembuatan *turbin cross flow* yang dilakukan sebelumnya.
2. Merancang sistem PLTMH secara utuh dengan skala alat uji.
3. Merancang secara utuh *turbin cross flow* meliputi semua komponen-komponennya yang sesuai untuk aplikasi PLTMH dengan skala kecil.
4. Merancang sistem sirkulasi air untuk pengujian sistem PLTMH.
5. Menghitung dan menganalisis daya mekanik turbin *cross flow* untuk mendapatkan kinerja dari PLTMH.

Pengambilan data dilakukan untuk mendapatkan data-data yang akan di gunakan dalam analisis dan perhitungan daya mekanik dan kinerja turbin *cross flow*. Adapun prosedur pengumpulan data yang dilakukan yaitu:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan di gunakan dalam pengambilan data.
2. Periksa keadaan alat uji sebelum melakukan pengambilan data.

3. Stabilkan kondisi permukaan air di dalam bak debit air, kemudian atur level ketinggian air dengan mengatur aliran air yang masuk ke dalam pipa penstock menggunakan katub buang.
4. Ukur dan catat putaran poros turbin *cross flow*, baik sebelum maupun sesudah di berikan gaya pembebanan.
5. Pengambilan data dilakukan dengan variasi level tekanan (tinggi jatuh air) yang lain menggunakan prosedur yang sama.

Dari pengolahan data pada rancang bangun tersebut maka kami akan melakukannya dengan beberapa tahap seperti:

1. Pengeditan, berguna untuk mengecek apakah data yang didapatkan sudah cocok/sesuai dengan tujuan rancang bangun.
2. Klasifikasi data, berguna untuk mengelompokkan data baik yang berupa angka dan data yang berupa pendapat agar mempermudah pada saat rancang bangun.
3. Membuat tabulasi, berguna untuk mengatur data-data yang berupa angka dalam bentuk tabel sederhana agar mempermudah dalam proses pengolahan data dan perhitungan pada rancang bangun.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Analisa Data Pengujian

Dari salah satu data pengujian yang diperoleh dilakukan perhitungan analisa data sebagai berikut:

1. Menghitung Nilai C<sub>wr</sub>

$$\begin{aligned} C_{wr} &= 0,611 + 0075 \left( \frac{H_0}{P_w} \right) \\ &= 0,611 + 0,075 \left( \frac{0,09m}{0,03m} \right) \\ &= 0,836 \end{aligned}$$

Dengan C<sub>wr</sub> = koefisien open channel; H<sub>0</sub> = tinggi level air; dan P<sub>w</sub> = lebar bendungan. Serta dengan menggunakan persamaan yang sama, dapat di hitung koefisien open channel untuk setiap tinggi jatuh air yang lain.

2. Menghitung nilai Debit air

$$\begin{aligned} Q &= C_{wr} \times \frac{2}{3} \sqrt{2g} \times b \times H^{\frac{3}{2}} \\ &= 0,836 \times \frac{2}{3} \sqrt{2 \cdot 9,81} \times 0,05m \times 0,09m^{\frac{3}{2}} \\ &= 0,836 \times 2,95 \times 0,00135 \\ &= 0,0033 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Dengan Q = debit air; g = percepatan gravitasi bumi (9,81 m/s<sup>2</sup>); H = tinggi level air; dan b = lebar saluran air. Serta dengan menggunakan persamaan yang sama, dapat di hitung debit air untuk setiap tinggi jatuh air yang lain.

3. Menghitung nilai P<sub>in</sub>

$$\begin{aligned} P_{in} &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\ &= 995,7 \text{ Kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,0033 \text{ m}^3/\text{s} \times 1,5 \text{ m} \\ &= 48,830 \text{ watt} \end{aligned}$$

Dengan P<sub>in</sub> = daya masuk; ρ = densitas air (995.7 kg/m<sup>3</sup>); g = percepatan gravitasi bumi (9,81 m/s<sup>2</sup>); Q = debit air; dan H = tinggi

jatuh air. Serta dengan menggunakan persamaan yang sama, dapat di hitung daya masuk untuk setiap tinggi jatuh air yang lain.

4. Menghitung nilai Torsi

$$\begin{aligned} T &= F \times r \\ &= 1\text{N} \times 0,009\text{m} \\ &= 0,009 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Dengan T = torsi; F = gaya beban yang di berikan; dan r = jari-jari poros turbin. Serta dengan menggunakan persamaan yang sama, dapat di hitung nilai torsi untuk setiap gaya beban yang berbeda dan untuk setiap tinggi jatuh air yang lain.

5. Menghitung nilai P<sub>out</sub>

$$\begin{aligned} P_{out} &= \frac{2\pi nT}{60} \\ &= \frac{2 \times 3,14 \times 820 \times 0,009}{60} \\ &= \frac{46,346}{60} \\ &= 0,772 \text{ watt} \end{aligned}$$

Dengan P<sub>out</sub> = daya output; n = putaran turbin; dan T = torsi. Serta dengan menggunakan persamaan yang sama, dapat di hitung daya output untuk setiap tinggi jatuh air yang lain.

6. Menghitung nilai Efisiensi (Sudut 30 0 dengan H0=0,09m)

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{0,772}{48,830} \times 100\% \\ &= 1,582 \% \end{aligned}$$

Dengan η = efisiensi; P<sub>out</sub> = daya output; dan P<sub>in</sub> = daya masuk. Serta dengan menggunakan persamaan yang sama, dapat di hitung nilai efisiensi untuk setiap tinggi jatuh air yang lain.

**B. Tabel Hasil Analisa Data**

Tabel 1. Tabel Hasil Analisa Data Pengujian Variasi Tekanan Air

No.	P (kg/cm <sup>2</sup> )	H (m)	H <sub>0</sub> (m)	C <sub>wr</sub>	Q (m <sup>3</sup> /s)	P <sub>in</sub> (watt)
1	0,15	15	0,090	0,836	0,0033	48,830
2	0,20	20	0,095	0,849	0,0037	71,663
3	0,25	25	0,100	0,861	0,0040	98,168

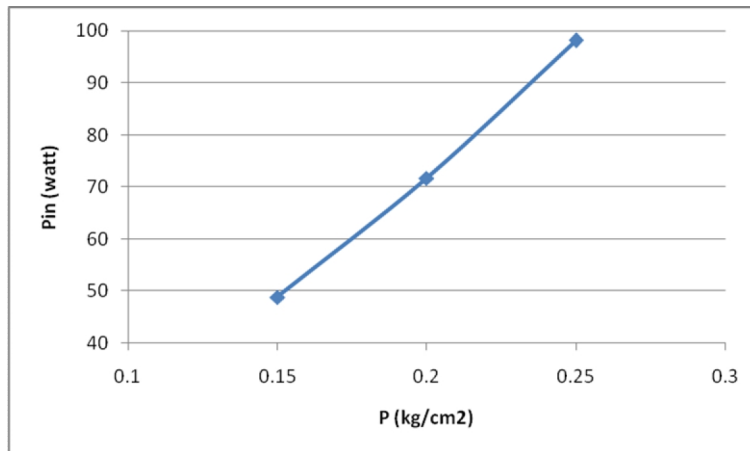
Tabel 2. Hasil Analisa Data Pengujian Variasi Beban Gaya

No.	P (kg/cm <sup>2</sup> )	F (N)	n (rpm)	T (Nm)	P <sub>out</sub> (watt)	η (%)
1	0,15	0	945	0,000	0,000	0,000
		1	820	0,009	0,772	1,582
		2	815	0,018	1,535	3,144
		3	760	0,027	2,148	4,398
		4	727	0,036	2,739	5,610
		5	664	0,045	3,127	6,405
		6	640	0,054	3,617	7,408
2	0,20	0	1033	0,000	0,000	0,000
		1	964	0,009	0,908	1,267
		2	917	0,018	1,728	2,411
		3	870	0,027	2,459	3,431
		4	862	0,036	3,248	4,532
		5	839	0,045	3,952	5,514

		6	760	0,054	4,296	5,994
		7	745	0,063	4,913	6,855
3	0,25	0	1116	0,000	0,000	0,000
		1	1055	0,009	0,994	1,012
		2	1026	0,018	1,933	1,969
		3	978	0,027	2,764	2,815
		4	957	0,036	3,606	3,673
		5	931	0,045	4,385	4,467
		6	892	0,054	5,042	5,136
		7	856	0,063	5,644	5,750

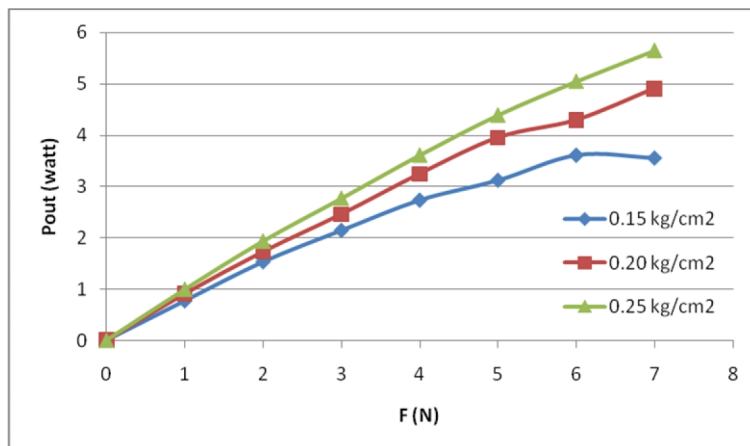
### C. Grafik Hasil Analisa Data

Dari analisa data pengujian maka dapat ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara:



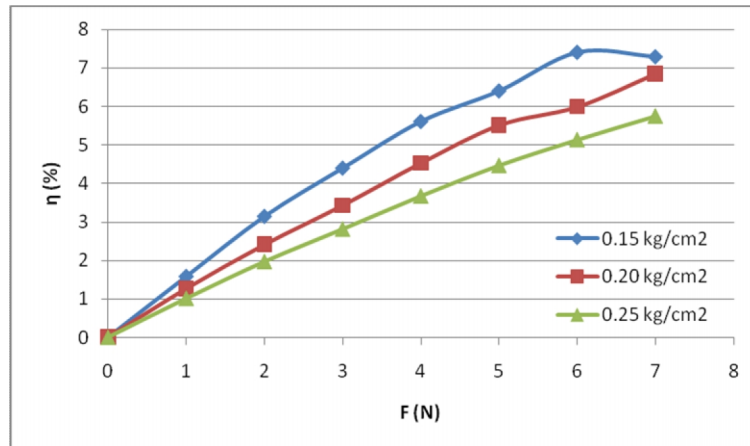
Gambar 1. Grafik hubungan tekanan pipa penstock terhadap daya input

Pada gambar 1, terlihat bahwa semakin besar tekanan air dalam pipa penstock maka daya input masuk PLTMH akan semakin besar dimana pada tekanan 0,15 kg/m<sup>2</sup> diperoleh daya input sebesar 48,83 watt dan pada tekanan 0,2 kg/m<sup>2</sup> diperoleh daya input sebesar 71,663 watt serta pada tekanan 0,25 kg/m<sup>2</sup> diperoleh daya input sebesar 98,168 watt.



Gambar 2. Grafik hubungan beban gaya terhadap daya output

Pada gambar 2, terlihat bahwa semakin besar beban gaya mekanik pada poros turbin maka daya output yang dihasilkan PLTMH cenderung akan semakin besar dimana semakin besar tekanan air dalam pipa penstock maka daya output yang dihasilkan PLTMH akan semakin besar, pada tekanan 0,15 kg/m<sup>2</sup> diperoleh daya output maksimum sebesar 3,617 watt dan pada tekanan 0,2 kg/m<sup>2</sup> diperoleh daya output maksimum sebesar 4,913 watt serta pada tekanan 0,25 kg/m<sup>2</sup> diperoleh daya output maksimum sebesar 5,644 watt.



Gambar 3. Grafik hubungan beban gaya terhadap efisiensi

Pada gambar 3, terlihat bahwa semakin besar beban gaya mekanik pada poros turbin maka efisiensi mekanik yang dihasilkan PLTMH cenderung akan semakin besar dimana semakin besar tekanan air dalam pipa penstock maka efisiensi mekanik yang dihasilkan PLTMH akan semakin kecil, pada tekanan 0,15 kg/m<sup>2</sup> diperoleh efisiensi mekanik maksimum sebesar 7,408 % dan pada tekanan 0,2 kg/m<sup>2</sup> diperoleh efisiensi mekanik maksimum sebesar 6,855 % serta pada tekanan 0,25 kg/m<sup>2</sup> diperoleh efisiensi mekanik maksimum sebesar 5,75 %.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pengolahan data yang dilakukan, maka beberapa kesimpulan diberikan sebagai berikut:

1. Pada tekanan 0,15 kg/m<sup>2</sup> diperoleh daya input sebesar 48,83 watt dan pada tekanan 0,2 kg/m<sup>2</sup> diperoleh daya input sebesar 71,663 watt serta pada tekanan 0,25 kg/m<sup>2</sup> diperoleh daya input sebesar 98,168 watt.
2. Pada tekanan 0,15 kg/m<sup>2</sup> diperoleh daya output maksimum sebesar 3,617 watt dan pada tekanan 0,2 kg/m<sup>2</sup> diperoleh daya output maksimum sebesar 4,913 watt serta pada tekanan 0,25 kg/m<sup>2</sup> diperoleh daya output maksimum sebesar 5,644 watt.
3. Pada tekanan 0,15 kg/m<sup>2</sup> diperoleh efisiensi mekanik maksimum sebesar 7,408 % dan pada tekanan 0,2 kg/m<sup>2</sup> diperoleh efisiensi mekanik maksimum sebesar 6,855 % serta pada tekanan 0,25 kg/m<sup>2</sup> diperoleh efisiensi mekanik maksimum sebesar 5,75 %.
4. Daya output dan efisiensi mekanik masih memungkinkan untuk ditingkatkan, yaitu dengan menambah beban mekanik pada poros turbin.

## B. Saran

Dari keseluruhan hasil yang di dapatkan, maka untuk kedepannya disarankan:

1. Untuk mendapatkan nilai torsi yang lebih akurat diharapkan untuk menggunakan torsi meter.
2. Untuk pengembangan alat uji kedepannya dapat dilakukan dengan melakukan variasi *runner*, analisa sampai menghasilkan daya listrik dan sebagainya.

## V. DAFTAR PUSTAKA

Dietzel, Fritz. 1980. *Turbin Pompa dan Kompresor*. Diterjemahkan oleh Dakso Sriyono. Jakarta: Gelora Aksara Pratama.

[http://www.engineeringtoolbox.com/water-density-specific-weight-d\\_595.html](http://www.engineeringtoolbox.com/water-density-specific-weight-d_595.html). Di *download* pada tanggal 18 September 2014.

Mackmore, C. A. dan Fred Merryfield. 1949. *the Banki Water Turbine*. Dalam *Bulletin Series*, No. 25. Corvallis: Oregon State College.

Maridjo. 1995. *Petunjuk Praktikum Mesin Konversi: untuk Mahasiswa Politeknik Jurusan Teknik Energi*. Bandung: Pusat Pengembangan Pendidikan Politeknik.

Mulid, Muhammad Syar dan Adi Suryatman. 2013. *Rancang Bangun Alat Uji Sistem PLTMH dengan Variasi Jumlah Pipa Penstock*. Laporan skripsi. Makassar: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Purwanto, Agung Ari dan Jumaedi. 2013. *Rancang Bangun Turbin Cross Flow Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dengan Variasi Debit dan Head*. Laporan skripsi. Makassar: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Raswari. 1986. *Teknologi dan Perencanaan Sistem Perpipa*. Jakarta: Universitas Indonesia.

Sularso. 1991. *Dasar Perancangan dan Pemilihan. Elemen Mesin*.

Yanziwar. 2007. *Perancangan Turbin Cross flow. Jurnal Teknik Mesin*.