

# **RANCANG BANGUN MODEL SISTEM PLTMH TYPE CROSS FLOW**



Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
guna memperoleh Gelar Diploma Tiga (D-3)  
pada Politeknik Negeri Ujung Pandang

**NOVREDO M. TANDEK**  
(342 08 043)

**SANTO KARURUK**  
(342 08 057)

**PROGRAM STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR  
2011**

## HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan Judul **Rancang Bangun Model Sistem PLTMH Tipe Cross Flow** oleh Novredo M. Tandek (342 08 043) dan Santo Karuruk (342 08 057) telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar diploma tiga (D-3) pada Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Oktober 2011

Mengesahkan,

Pembimbing I,



Ir. Abdi Wibowo, M.T.  
NIP. 19650117 199103 1 002

Pembimbing II



Sri Suwasti, S.ST., M.T.  
NIP. 19741123 200112 2 001

Mengetahui,

a.n Direktur,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Muh. Tekad, ST., MT.  
NIP. 19650824 199003 1 003

## LEMBAR PENERIMAAN PANITIA UJIAN

Pada hari ini, Kamis, tanggal 13 Oktober 2011, Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir, telah menerima dengan baik hasil Tugas Akhir oleh mahasiswa:

**Novredo M. Tandek** 342 08 043

**Santo Karuruk** 342 08 057

Dengan judul "*Rancang Bangun Model Sistem PLTMH Tipe Cross Flow*".  
Diajukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Mesin Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 13 Oktober 2011

Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir :

- |   |               |         |
|---|---------------|---------|
| 1. Ir. La Ode Musa, M.T.                  | Ketua         | (.....) |
| 2. Apollo, S.T., M.Eng.                   | Sekretaris    | (.....) |
| 3. Ir. Tasrif A.S.                        | Anggota       | (.....) |
| 4. Irfan Syamsuddin, S.T.,M.Com.ISM,Ph.D. | Anggota       | (.....) |
| 5. Ir. Abdi Wibowo, M.T.                  | Pembimbing I  | (.....) |
| 6. Sri Suwasti, S.ST., M.T.               | Pembimbing II | (.....) |

## **ABSTRAK**

**Novredo M. Tandek (342 08 043), Santo Karuruk (342 08 057)**  
**Jurusan Tehnik Mesin Program Studi Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri**  
**Ujung Pandang**

Tugas akhir ini bertujuan untuk menambah dan memperoleh peralatan simulasi Model Sistem PLTMH untuk menambah wawasan mahasiswa Teknik Konversi Energi mengenai operasional suatu sistem PLTMH melalui job praktikum Energi Alternatif dan memperoleh dimensi dan pembuatan Desain Model Sistem PLTMH untuk simulasi pengujian sistem PLTMH bagi keperluan sarana praktikum pada Laboratorium Energi Alternatif Program Studi Teknik Konversi Energi.

Metode yang digunakan dalam pengambilan data adalah dengan memfariasikan bukaan katup pipa penstock untuk memperoleh data debit ( $Q$ ), head ( $H$ ), daya generator ( $P_g$ ), daya hidrolis ( $P_h$ ), daya mekanis ( $P_m$ ) dan efisiensi total ( $\eta_{tot}$ ).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan antara efisiensi dan bukaan katup berbanding lurus, begitupun hubungan antara efisiensi terhadap putaran, sedangkan hubungan antara head terhadap bukaan katup justru berbanding terbalik, dimana semakin besar bukaan katup maka head air yang terukur pada bak penenang juga akan semakin berkurang. Selain itu jika dibandingkan antara beban 3 watt dan 5 watt ada beberapa parameter-parameter yang memiliki selisih nilai yang cukup signifikan, yaitu putaran dan arus.

## *Prakata*

Puji dan syukur patut kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena hanya atas berkat dan perkenan-Nyalah sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul *Rancang Bangun Model PLTMH Type Cross Flow*.

Tugas akhir ini Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh Gelar Diploma Tiga (D-3) pada Politeknik Negeri Ujung Pandang Kami berharap kiranya karya kami ini dapat berguna bagi para pembaca agar dapat lebih mengetahui secara mendalam mengenai prinsip PLTMH, terutama dalam proses pelaksanaan praktikum di laboratorium.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini, banyak pihak yang telah mambantu kami. Untuk itu kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua kami dan saudara(i) yang terus mendukung kami dalam studi khususnya penyelesaian Tugas Akhir ini
2. Bapak Dr. Pirman, M.Si selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang
3. Bapak Muh. Tekad, ST, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang
4. Bapak Jamal, ST, MT . selaku Ketua Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang
5. Bapak Ir. Abdi Wibowo, MT. selaku Pembimbing I yang telah membimbing kami untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini

6. Ibu Sri Suwasti S.ST., MT. selaku Pembimbing II yang telah membimbing kami untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Bapak dan ibu dosen Jurusan Teknik Mesin yang telah mendidik kami selama belajar di Politeknik Negeri Ujung Pandang
8. Segenap teknisi di Jurusan Teknik Mesin yang telah membantu kami dalam hal peminjaman alat serta bapak Mujahidin ST., yang juga banyak membantu kami dalam penyelesaian alat
9. Saudara (i) kami di PKKPN-UP yang terus memberikan dukungan kepada kami.
10. Teman-teman seperjuangan III<sub>B</sub> Energi atas kebersamaan dan dukungan kalian semua.

Kami selaku penyusun menyadari bahwa dalam pembuatan proposal ini masih terdapat beberapa kekurangan, olehnya kami mempersilahkan kepada para pembaca untuk dapat memberikan kritik dan saran agar dalam kesempatan lain dapat kami perbaiki.

Makassar, Oktober 2011

Penulis

# Daftar Isi

HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PENERIMAAN PANITIA UJIAN .....	iii
RINGKASAN .....	iv
PRAKATA .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR NOTASI .....	xi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang .....	1
B. Perumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pengertian PLTMH .....	5
B. Komponen-Koponen Sistem PLTMH .....	9
C. Prinsip Kerja Sistem PLTMH .....	11
D. Parameter-Parameter yang Dihitung pada Model PLTMH .....	12

BAB III METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian ..... 19

B. Alat dan Bahan yang Digunakan ..... 19

C. Langkah Kerja ..... 21

D. Metode Penelitian ..... 26

E. Prosedur Pengambilan Data ..... 27

BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Data ..... 30

B. Pembahasan ..... 36

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.

A. Kesimpulan ..... 43

B. Saran ..... 44

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN





## DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Klasifikasi pusat listrik tenaga air	6
2. Hasil pengukuran untuk beban 3 watt	27
3. Hasil pengukuran untuk beban 5 watt	28
4. Hasil perhitungan analisa data untuk beban 3 watt	34
5. Hasil perhitungan analisa data untuk beban 5 watt	35



## DAFTAR GAMBAR

Nomor	halaman
1. Sistem PLTMH dengan turbin jenis Cross Flow	7
2. Grafik Debit air dan Head Netto kisaran operasi turbin air	9
3. Komponen bangunan sipil sistem PLTMH Manometer terbuka	11
4. Komponen peralatan elektro-mekanik sistem PLTMH	11
5. Saluran pembawa	21
6. Saluran pelimpah	22
7. Bendungan	23
8. Bak penenang	24
9. Flowchart proses pembuatan rancang bangun model PLTMH type cross flow.	29
10. Grafik hubungan antara efisiensi terhadap debit	32
11. Grafik hubungan antara efisiensi terhadap bukaan katup	33
12. Grafik hubungan antara efisiensi terhadap putaran	34
13. Grafik hubungan antara head terhadap bukaan katup	35

## DAFTAR NOTASI

Simbol	Nama	Satuan
m	massa	kg
H	Head total	m
h	Tinggi permukaan air (saluran pembawa)	m
He	Tinggi efektif	m
Hf	Kerugian energy akibat gesekan	m
Hg	Tinggi terukur	m
g	Percepatan grafitasi	m/s <sup>2</sup>
t	Waktu	s
Ep	Energi potensial	J
$\rho$	Massa jenis air	kg/m <sup>3</sup>
V	Volume	m <sup>3</sup>
Q	Debit	m <sup>3</sup> /s
A	Luas penampang	m <sup>2</sup>
v	Kecepatan	m/s
L	Lebar saluran	m
s	Panjang saluran terukur	m
D	Diameter roda turbin	m
R	Jari-jari turbin	m
n	Putaran	Rpm

U	Kecepatan keliling	m/s
S	Jarak antar sudu	m
$n_s$	Jumlah sudu	buah
$P_m$	Daya mekanis	watt
$T_m$	Momen torsi	Nm
F	Gaya	N
$P_{el}$	Daya elektrik	watt
$P_h$	Daya hidrolis	watt
V	Tegangan	volt
I	Arus	
	ampere	



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Energi merupakan kebutuhan esensial bagi hidup dan kehidupan manusia, dan salah satu kebutuhan energi dalam menunjang aktifitas manusia saat ini adalah energi listrik. Energi listrik memiliki peranan penting saat ini, karena memberikan pengaruh yang besar untuk mempermudah dan memperlancar produktifitas manusia sehari-hari. Di sisi lain, kebutuhan akan energi listrik ini tidak dapat terpenuhi akibat keterbatasan energi listrik atau terisolasinya suatu daerah dari suplai energi listrik. Salah satu solusi dalam memenuhi kebutuhan energi listrik di daerah terpencil adalah pemanfaatan energi alternatif yakni pembangunan Pusat Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).

Dewasa ini, pembangunan PLTMH menjadi pilihan dan merupakan salah satu pembangkit listrik yang populer yang dibangun oleh pemerintah dalam menangani persoalan krisis energi. Di Propinsi Sulawesi Selatan, beberapa unit PLTMH yang berskala menengah (20 – 50 kW) telah dibangun oleh Pemerintah Daerah Tingkat II seperti di Kabupaten Luwu, Sinjai, Bone dan beberapa kabupaten lainnya di Sulawesi Selatan. Salah satu unit PLTMH yang telah dibangun bersama oleh masyarakat/Pemda Kabupaten Bone dan Politeknik

Negeri Ujung Pandang adalah PLTMH yang berlokasi di Desa Pallawa, Kabupaten Bone yang pembiayaannya melalui dana Penelitian Strategis Nasional DIPA Politeknik Negeri Ujung Pandang Tahun 2010.

Politeknik Negeri Ujung Pandang sebagai institusi pendidikan yang memiliki Program Studi Teknik Konversi Energi yang sampai saat ini belum memiliki alat praktikum berupa model sistem PLTMH yang dapat digunakan sebagai media praktikum mahasiswa khususnya kegiatan praktikum PLTMH di Laboratorium Energi Alternatif. Sebagai salah satu job praktikum mahasiswa, selama ini mahasiswa melaksanakan praktikum job PLTMH dengan metode kunjungan lapangan yang berlokasi di Desa Pallawa, Kabupaten Bone yang berjarak kurang lebih 130 km dari Kota Makassar dan membutuhkan waktu perjalanan sekitar 5 jam. (Anshar, M, dkk. 2010).

Hal ini tentunya memberikan ketidaksesuaian sasaran dan tujuan kegiatan praktikum karena mahasiswa mengalami kesulitan dalam melaksanakan pengambilan data praktikum, selain itu mahasiswa menanggung beban biaya/finansial yang relatif besar karena kegiatan praktikum dilakukan dalam bentuk kunjungan lapangan di Desa Pallawa, Kabupaten Bone.

Oleh karena itu, kebijakan institusi untuk mengadakan peralatan praktikum berupa unit Model Pengujian PLMHH sangat mendesak guna mendukung kemudahan mahasiswa untuk melaksanakan job praktikum Sistem PLTMH pada praktikum Energi Alternatif. Permasalahan ini penting mendapatkan solusi dan

perlu mendapat perhatian pimpinan sehingga tujuan pembelajaran mahasiswa dapat tercapai yakni memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai prinsip kerja sistem PLTMH.

Untuk menjawab permasalahan tersebut di atas, pengadaan pembelian peralatan Model Sistem PLTMH di Laboratorium Energi Alternatif, Teknik Konversi Energi perlu dilakukan, namun saat ini hal tersebut di atas sulit terwujud karena ketersediaan pendanaan intitusi melalui dana DIPA tidak tersedia. Oleh karena itu, salah satu cara untuk mewujudkan pengadaan peralatan Model Sistem PTMH di Laboratorium Energi Alternatif, Teknik Konversi Energi yakni dilakukan dengan cara pembuatan model Sistem PLTMH melalui kegiatan penelitian yang didanai oleh UPPM Politeknik Negeri Ujung Pandang Tahun Anggaran 2011.

Dengan adanya peralatan Model Sistem PLTMH ini dapat disimulasikan prinsip kerja sistem PLTMH yang bermanfaat untuk menambah wawasan pengetahuan mahasiswa mengenai sistem PLTMH, sekaligus menjadi kelengkapan sarana praktikum Laboratorium Energi Alternatif Teknik Konversi Energi khususnya untuk job praktikum Sistem PLTMH.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka disusun permasalahan sebagai berikut :

- a. Bagaimana mendesain daya input turbin PLTMH dengan menentukan besaran debit ( $Q$ ) dan besaran head ( $H$ ) aliran fluida pada saluran pembawa (*head race*) melalui pengaturan pembukaan katup penstock.
- b. Bagaimana mendesain dimensi turbin model mikrohidro tipe cross flow (diameter runner dan jumlah sudu turbin).
- c. Bagaimana memperoleh daya output mekanik turbin dan elektrik generator turbin dengan variabel putaran turbin melalui pengaturan pembukaan katup penstock.
- d. Bagaimana karakteristik efisiensi sistem model PLTMH.

### C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Memperoleh desain daya input turbin PLTMH dengan menentukan besaran debit ( $Q$ ) dan besaran head ( $H$ ) aliran fluida pada saluran pembawa (*head race*) melalui pengaturan pembukaan katup penstock
- b. Memperoleh desain dimensi turbin model mikrohidro tipe cross flow (diameter runner dan jumlah sudu turbin).
- c. Memperoleh daya output mekanik turbin dan elektrik generator turbin dengan variabel putaran turbin melalui pengaturan pembukaan katup penstock.
- d. Memperoleh karakteristik efisiensi sistem model PLTMH.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Pengertian PLTMH**

Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat, saat ini PLN melaksanakan proyek percepatan pembangunan pembangkit listrik berbahan bakar batubara 10.000 MW tahap I yang segera akan disusul dengan proyek 10.000 MW tahap II. Namun selain membangun pembangkit-pembangkit listrik berkapasitas besar tersebut, pada daerah-daerah terpencil dan jauh dari lokasi jaringan transmisi, diperlukan pasokan dari pembangkit-pembangkit listrik berkapasitas kecil, terutama yang memanfaatkan potensi energi setempat yang bersifat terbarukan (*renewable*).

Salah satu sumber energi terbarukan yang berpotensi untuk dikembangkan adalah pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Keunggulan PLTMH terletak pada biaya pembangkitan energi listrik yang kompetitif dan teknologi yang sederhana sehingga dapat dikelola dan dioperasikan oleh masyarakat setempat.

Tugas akhir ini membahas tentang keunggulan turbin *cross flow* (aliran silang) dibanding dengan jenis lainnya, karena dapat dibuat dan dioperasikan dengan teknologi yang sederhana, dan cocok dikembangkan sebagai penggerak mula PLTMH. Oleh karena itu, tugas akhir ini bertujuan untuk mendesain dan

membuat model Sistem PLTMH untuk digunakan sebagai simulasi praktikum pengujian sistem PLTMH di Laboratorium Energi Alternatif bagi mahasiswa Program Studi Teknik Konversi Energi.

➤ **Klasifikasi Pusat Listrik Tenaga Air**

Secara umum Pusat Listrik Tenaga Air dapat dikategorikan sesuai besar daya yang dihasilkannya, dimana salah satu klasifikasi Pusat Listrik Tenaga Air adalah sebagaimana tabel berikut :

**Tabel 2.1. Klasifikasi pusat listrik tenaga air**

NO	Jenis	Daya / Kapasitas
1	PLTA	>5MW (5000 kW)
2	PLTM	100 kW < PLTM < 5000kW
3	PLTMH	<100 kW

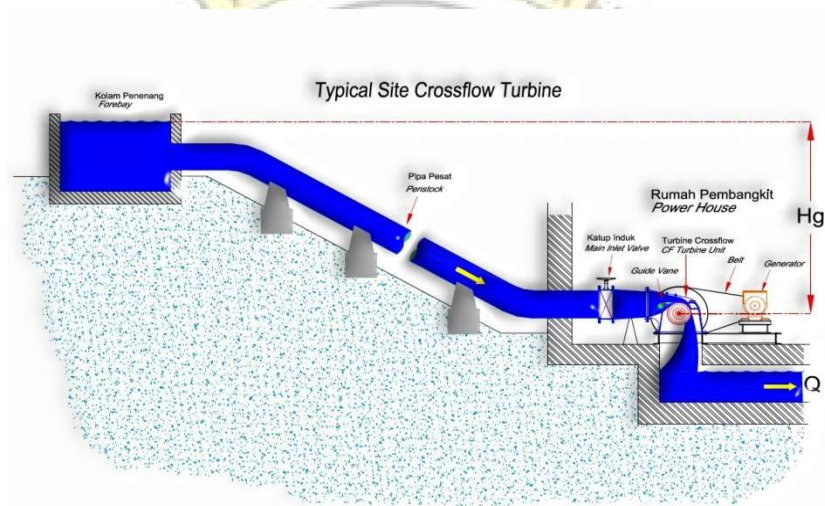
(Sumber : Severn Wye Energy Agency, [www.swea.co.uk](http://www.swea.co.uk))

Pada dasarnya suatu pembangkit listrik tenaga air berfungsi untuk mengubah potensi tenaga air yang berupa aliran air (sungai) yang mempunyai debit dan tinggi jatuh (*head*) untuk menghasilkan energi listrik. Secara umum dapatlah ditentukan bahwa yang dimaksud sebagai PLTMH adalah jika Pusat Listrik Tenaga Air tersebut mempunyai kapasitas daya di bawah 100 kW.

Pembangunan suatu sistem PLTMH mencakup pembangunan sarana bangunan sipil dan peralatan elektro-mekanik. Bangunan sipil meliputi bangunan bendungan dan saluran masuk, bendungan pengalih, bak pengendap, saluran

pembawa, bak penenang, pipa pesat, penyaring, rumah pembangkit, pondasi turbin, dan saluran pembuangan. Sedangkan Komponen peralatan elektromekalik meliputi : saluran turbin air, transmisi mekanik, base frame, generator, kontrol dan alat ukur, *ballast load*, dan sistem distribusi.

Gambar 3 berikut ini menunjukkan skema dan susunan peralatan typical sebuah sistem PLTMH dan prinsip kerja dari sistem PLTMH (*Micro Hydro Power Plant*) yang menggunakan jenis turbin *cross-flow* (aliran silang).



(Sumber : [www.microhydropower.net](http://www.microhydropower.net)).

**Gambar 2.1. Sistem PLTMH dengan turbin jenis Cross Flow**

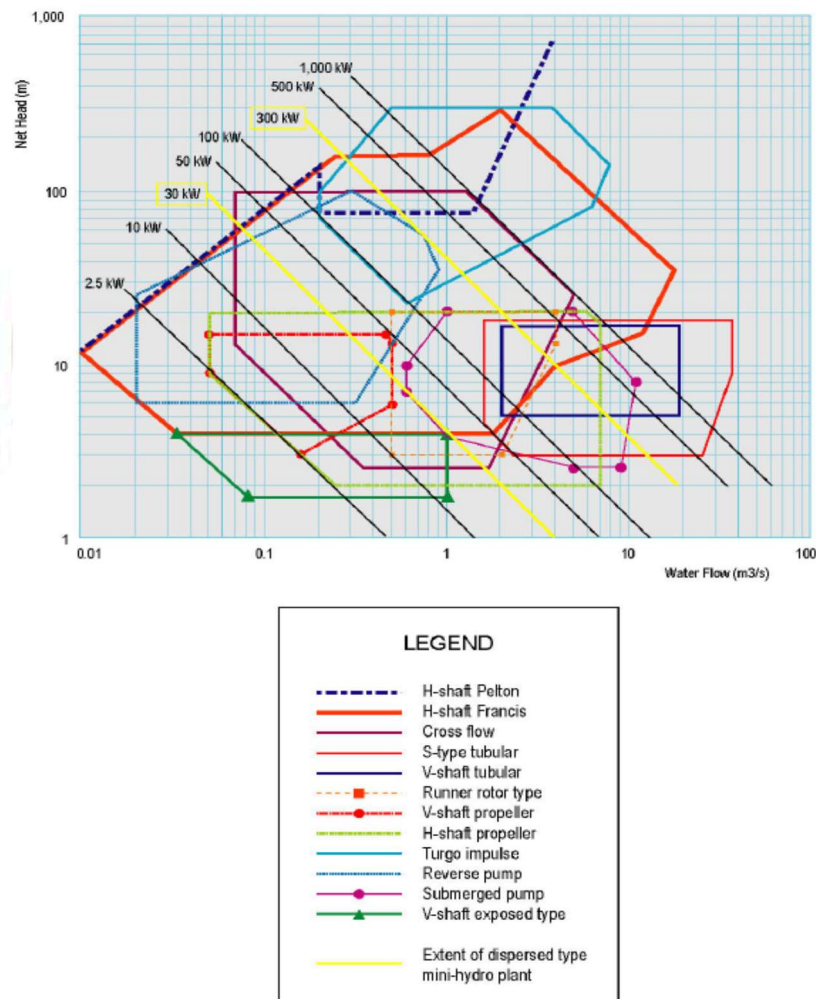
Sistem PLTMH yang menggunakan jenis turbin cross-flow memiliki keunggulan-keunggulan dibandingkan dengan turbin jenis lainnya, antara lain :

1. Kisaran operasi yang luas

Turbin *cross-flow* ini banyak dipakai pada PLTA skala kecil dengan kisaran head yang sama (overlapping) dengan turbin jenis Kaplan, Francis dan Pelton. Kisaran operasinya meliputi debit antara 20 liter sampai 10 m<sup>3</sup> per

detik, serta head antara 1 sampai 200 meter. Turbin cross-flow ini selalu mempunyai sumbu runner yang horizontal.

Kisaran operasi turbin *cross-flow* dan turbin jenis lainnya dapat dilihat dari gambar grafik Debit air Vs Head netto Kisaran Operasi Turbin Air berikut ini :



(Sumber : British Hydro Association)

**Gambar 2.2. Grafik Debit air dan Head Netto kisaran operasi turbin air**

Dari gambar grafik tersebut di atas, jelaslah bahwa turbin *cross-flow* dapat beroperasi pada berbagai debit, dibandingkan dengan jenis-jenis turbin lainnya seperti Pelton dan Turgo yang hanya beroperasi pada Head yang tinggi, atau propeller dan Kaplan pada Head yang Rendah. Demikian juga halnya dibandingkan dengan turbin Francis, daerah operasi turbin *cross-flow* lebih luas. Dengan adanya kisaran operasi yang luas tersebut maka turbin *cross-flow* memungkinkan untuk dipakai pada berbagai PLTMH yang debit dan headnya berbeda.

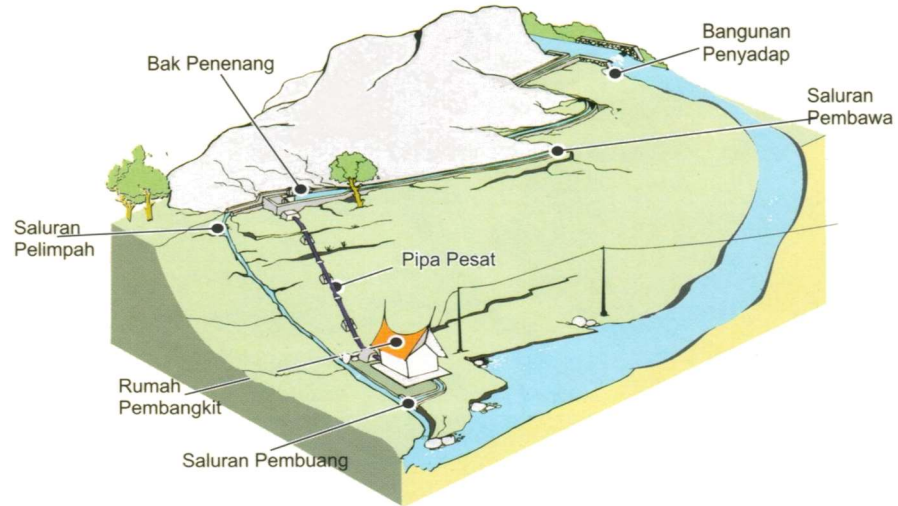
## 2. Mudah dan murah proses fabrikasi dan pemeliharaan.

Turbin *cross-flow* merupakan turbin air jenis impuls yang berbeda dengan turbin reaksi (Francis, Propeller dan Kaplan) tidak memerlukan *casing* yang mampu menahan tekanan tinggi, juga tidak memerlukan *clearance* yang sangat teliti. Dengan sifat-sifat tersebut turbin ini lebih gampang difabrikasi dan dipelihara, misalnya untuk memperbaiki (*diassembling*) bagian yang berputar (*runner*) tidak memerlukan teknisi dan peralatan yang khusus.

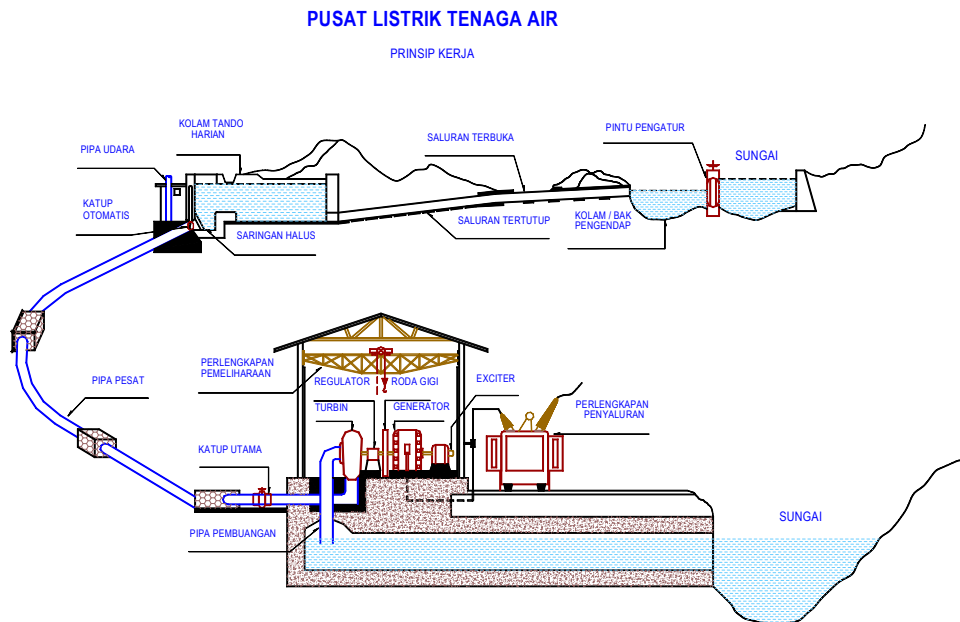
## B. Komponen-Komponen Sistem PLTMH

Komponen penting yang menunjang sistem PLTMH secara umum terdiri atas turbin, generator, bendungan, saluran pelimpah, saluran pembawa, saluran pembuangan, penstock dan bak penenang.

Gambar 2.3 dan 2.4 berikut ini adalah gambar dari suatu sistem PLTMH dengan komponen bangunan sipil dan komponen peralatan elektro-mekanik.



**Gambar 2.3. Komponen bangunan sipil sistem PLTMH**



**Gambar 2.4. Komponen peralatan elektro-mekanik sistem PLTMH**

Selain beberapa komponene dari suatu sistem PLTMH tadi, juga terdapat pompa yang digunakan untuk menyuplai air agar dapat mengalir hingga masuk ke dalam bendungan. Dalam hal ini salah satu fungsi keberadaan pompa adalah untuk menunjang besarnya debit air yang disuplai. Jumlah pompa yang digunakan pada sistem PLTMH sebanyak dua buah hal ini dikarenakan untuk memperbesar debit air yang disuplai, dan pompa yang digunkana adalah pompa rumah tangga dengan daya 200 watt dan tegangan 220/230 volt.

### C. Prinsip Kerja Sistem PLTMH

Air yang mengalir di sungai dibelokkan alirannya oleh Weir (bendung), sehingga aliran air tersebut mengalir lewat bangunan sadap (*intake*). Pada intake terdapat bak pengendap (*settling basin*) yang berfungsi untuk menghendapkan butir-butir pasir dan lumpur dari air. Dari bak penenang air dialirkan melewati saluran pembawa (*head race*) menuju bak penenang (*forebay*).

Bak penenang berfungsi untuk menenangkan atau menurunkan kecepatan air sebelum masuk ke *penstock*. Bak penenang ini juga biasanya berfungsi sebagai bak pengendap, yaitu mengendapkan sisa-sisa partikel-partikel pasir dan lumpur yang masih terbawa lewat saluran penghantar. Dari *forebay* air mengalir lewat saluran pipa tertutup yang disebut pipa pesat (*penstock*).

Pada ujungnya di sebelah bawah pipa pesat disambung dengan turbin yang berfungsi untuk mengubah energi potensial yang ada pada air menjadi enegi mekanik. Poros turbin dihubungkan dengan generator, baik dikopel secara



langsung sehingga putaran turbin dan generator sama, maupun dengan memakai sistem transmisi mekanik lain jika putaran keduanya berbeda. Putaran generator tersebut selanjutnya menghasilkan energi listrik.

#### D. Parameter-Parameter yang Dihitung pada Model PLTMH

##### 1. Parameter Penghitungan Desain Turbin PLTMH

Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya *head* (H) dan debit air (Q). Dalam hubungan dengan reservoir air maka head adalah beda ketinggian antara muka air dan reservoir dengan muka air keluar dari kincir air/turbin air. Total energi yang tersedia dari suatu reservoir adalah merupakan energi potensi air yaitu :

$$E_p = m \cdot g \cdot H \text{ (Joule)} \quad (2.1)$$

dimana :

m = massa air (kg)

H = head total (m)

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

t = waktu (s)

Daya merupakan energi tiap satuan waktu, sehingga persamaan (2.1) dapat dinyatakan dengan :

$$\begin{aligned} P &= \frac{E_p}{t} \text{ (Watt)} \\ &= \frac{m \cdot g \cdot H}{t} \text{ (Watt)} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Kerapatan (densitas) air  $\rho$  didefenisikan sebagai massa air per volume:



$$\rho = \frac{m}{V} \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (2.3)$$

Dan debit air yang mengalir adalah volume air per satuan waktu:

$$Q = \frac{V}{t} \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (2.4)$$

Pada perencanaan model Mikrohidro, hal penting yang harus diperhitungkan terlebih dahulu untuk mendesain turbin *cross flow* pada suatu PLTMH adalah kapasitas (Q) dan tinggi air (H). Kedua hal ini adalah faktor yang menentukan daya yang dapat dibangkitkan oleh suatu PLTMH. Data awal yang diperlukan mengenai debit dan tinggi jatuh air akan diuraikan sebagai berikut :

#### 1) Pengukuran debit air (Q)

Debit adalah jumlah air yang mengalir melalui suatu penampang sungai atau saluran tertentu per satuan waktu yang dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q = A.v \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (2.5)$$

Untuk pengukuran debit tidak dilakukan secara langsung dengan menggunakan alat ukur. Pengukuran dilakukan dengan mengambil beberapa parameter sebagai berikut:

- Kedalaman atau tinggi muka air pada saluran pembawa (h)
- Luas penampang basah aliran (A)

Luas penampang basah aliran dihitung dengan persamaan :

$$A = Lh \text{ (m}^2\text{)} \quad (2.6)$$

- Kecepatan aliran (v) pada saluran

Kecepatan aliran pada saluran utama dapat dihitung dengan persamaan:

$$v = \frac{s}{t} \text{ (m/s)} \quad (2.7)$$

dimana:

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

v = Kecepatan aliran air (m/s)

s = Jarak pengamatan aliran air pada saluran pembawa (ditentukan sepanjang 1,12 m) (m)

A = Luas penampang saluran basah (m<sup>2</sup>)

L = Lebar basah saluran pembawa (berdasarkan hasil pembuatan sebesar 0,15 m) (m)

h = tinggi permukaan air/kedalaman air pada saluran basah (m)

t = waktu (sekon)

## 2) Pengukuran tinggi air (H)

Tinggi air adalah selisih antara tinggi permukaan air pada bak penenang dengan permukaan air yang keluar dari pipa penstock melalui bibir nosel yang dihubungkan pada turbin. metode pengukurannya digunakan dengan cara mengukur langsung dengan menggunakan alat ukur meteran.

Menurut Fritz (1990), Efisiensi sistem turbin air dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Efisiensi} = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\%$$

Setelah mendapatkan data debit (Q) dan tinggi permukaan (H) air maka langkah selanjutnya adalah menghitung diameter dan jumlah sudu turbin, untuk mendesain model turbin *cross flow* pada PLTMH dengan rumus sebagai berikut :

a. Diameter turbin

Persamaan-persamaan yang digunakan untuk mendesain sebuah roda turbin *cross flow* adalah sebagai berikut :

$$D = \frac{60 \cdot U}{\pi \cdot n} \quad (\text{m}) \quad (2.8)$$

dimana :

$$U = 0,5 \sqrt{2 \cdot g \cdot H_e} \quad (2.9)$$

U = kecepatan keliling

H<sub>e</sub> = Head efektif (didapatkan 2,89 m dengan asumsi H<sub>f</sub>=0) (m)

n = Putara ( diasumsikan sebesar 718 Rpm tanpa pembeban) (Rpm)

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

- Jari-jari bagian dalam (R1)

$$R1 = \frac{D1}{2} \quad (\text{m}) \quad (2.10)$$

- Jari-jari bagian luar (R2)

$$R2 = 0,66 \cdot R1 \quad (\text{m}) \quad (2.11)$$

- Jarak antara sudu pada lingkaran dalam (S1)

$$S1 = \frac{1}{10} D \quad (\text{m}) \quad (2.12)$$

- Jarak antar sudu pada lingkaran luar (S2)

$$S_2 = \frac{S_1}{\sin 41} \quad (\text{m}) \quad (2.13)$$

b. Jumlah sudu

Menurut Musa, La Ode (2008) perhitungan jumlah sudu dapat dilakukan dengan persamaan (2.10)

$$\text{Jumlah sudu} = \frac{D}{2d} + 15 \quad (2.14)$$

dan perbandingan  $\frac{D}{d} = 10$

dimana:

D = diameter roda

d = diameter sudu

Selain itu ada juga cara perhitungan untuk menentukan jumlah sudu turbin menurut Alprayup, dkk (2005), yaitu:

$$n_s = \frac{\pi D}{S_2} \quad (2.15)$$

## 2. Parameter Penghitungan pada PLTMH

Parameter-parameter yang dapat dihitung pada PLTMH setelah dilakukan pengukuran dan pengambilan data adalah sebagai berikut :

### 1) Daya hidrolik

Dengan mensubstitusikan persamaan 2.3 dan 2.4 terhadap  $\frac{m}{t}$  pada persamaan 2.2

maka diperoleh persamaan:

$$P = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \quad (\text{Watt}) \quad (2.16)$$

dimana:

$P$  = daya *gross* (Watt)

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

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

$\rho$  = kerapatan (densitas) air ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

## 2) Daya mekanis turbin

Daya mekanis turbin adalah sama dengan daya air ditambah kerugian daya di dalam turbin, daya ini dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$P_m = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot T}{60} \quad (\text{watt}) \quad (2.17)$$

Untuk mencari momen torsi digunakan persamaan :

$$T \text{ (momen)} = F \cdot r \quad (\text{Nm}) \quad (2.18)$$

dimana :

$n$  = putaran (Rpm)

$F$  = Gaya ( $\text{kg m}^2/\text{s}$ )

$r$  = Jari-jari poros turbin

$T$  (momen) = torsi (N)

## 3) Daya output generator :

Daya output generator di definisikan sebagai bentuk perkalian antara tegangan dan arus generator, atau :

$$P_{\text{output gen.}} = V_{\text{gen.}} \cdot I_{\text{gen.}} \quad (\text{watt}) \quad (2.19)$$

dimana :  $V$  = Tegangan generator, (volt)

$I$  = Arus generator, (ampere)

#### 4) Efisiensi Total (%)

Efisiensi total merupakan hasil perkalian Efisiensi 1 dengan Efisiensi 2, atau :

$$\text{Eff1} = \frac{\text{Daya mekanis}}{\text{Daya elektrik}} \times 100\% \quad (2.20)$$

$$\text{Eff2} = \frac{\text{Daya mekanis}}{\text{Daya elektrik}} \times 100\% \quad (2.21)$$

sehingga,

$$\text{Efisiensi total} = \text{Eff1} \times \text{Eff2} \quad (2.22)$$



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

Perancangan, pembuatan, pengujian dan pengambilan data model sistem pembangkit listrik tenaga mikro hidro dilaksanakan bulan Mei hingga Oktober 2011 di Laboratorium Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

#### **B. Alat dan Bahan yang Digunakan**

*Alat :*

1. Mesin bubut
2. Mesin bor
3. Mesin las
4. Elektroda las
5. Kacamata pelindung
6. Pemotong fiber
7. Gergaji besi
8. Amplas
9. Kikir
10. Tang

11. Obeng
12. Penggaris
13. Busur derajat
14. Spidol
15. Pulpen
16. Pensil
17. Mistar siku
18. Meteran
19. Pisau cutter
20. Kuas
21. Stopwatch
22. Tacho meter
23. Newton meter
24. Multy meter

*Bahan :*

1. Bak penampung
2. Pipa PVC
3. Katup
4. Elbow
5. Fiber glass
6. Pompa air





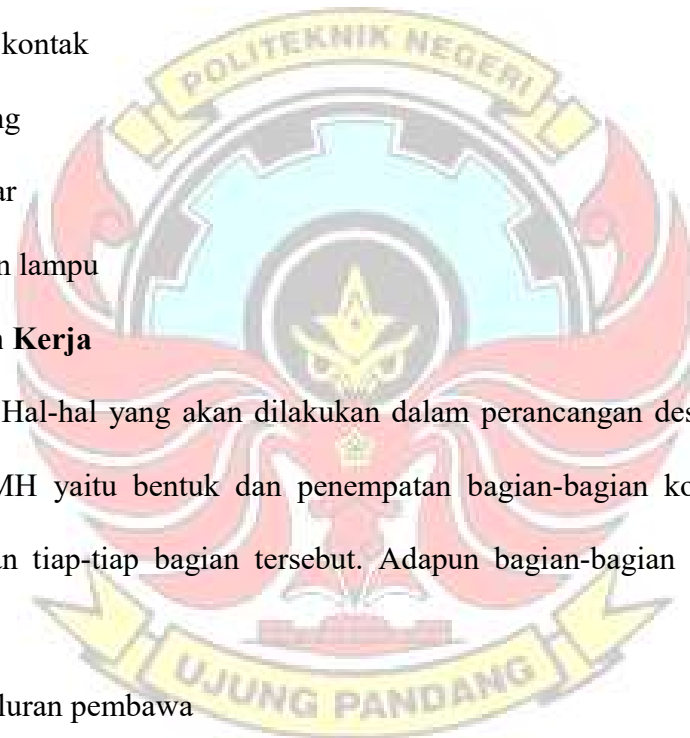
7. Besi siku
8. Baut dan mur
9. Lem pipa
10. Besi poros
11. Generator listrik
12. Kabel
13. Stop kontak
14. Fitting
15. Saklar
16. Balon lampu

### **C. Langkah Kerja**

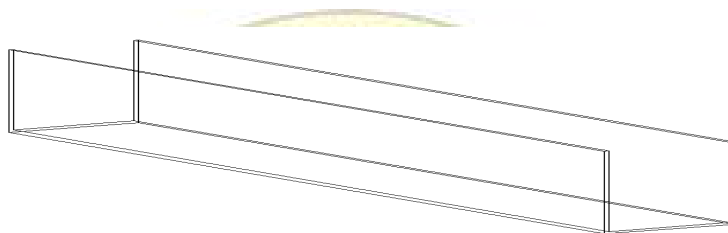
Hal-hal yang akan dilakukan dalam perancangan design model sistem PLTMH yaitu bentuk dan penempatan bagian-bagian komponen dengan ukuran tiap-tiap bagian tersebut. Adapun bagian-bagian yang akan dibuat yaitu:

#### **a. Saluran pembawa**

Bahan dasar yang digunakan dalam pembuatan saluran pelimpah ini adalah fiber dengan tebal 0,5 mm, panjang 112 cm, lebar 15 cm dan tinggi 20 cm, berikut ini adalah langkah-langkah dari pembuatan saluran pembawa:



1. Fiber glass yang telah disediakan dipotong menggunakan cutter pemotong khusus untuk memotong fiber, dengan ukuran yang telah ditentukan.
2. Setelah dipotong, fiber glass tadi dilem dengan menggunakan lem Korea dan berbentuk persegi empat menjadi saluran terbuka.



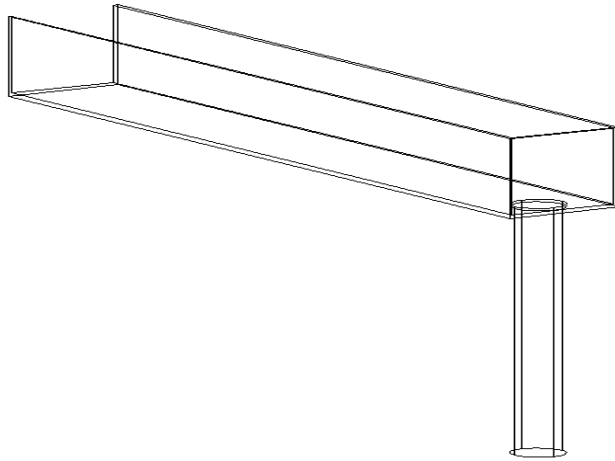
**Gambar 3.1 Saluran pembawa**

b. Saluran pelimpah

Sama halnya dengan saluran pembawa, bahan dasar dari saluran pelimpah juga adalah fiber glass dengan tebal 0,5 mm, panjang 112 cm, lebar 15 cm dan tinggi 13 cm, berikut ini adalah langkah-dari pembuatan saluran pembawa:

1. Fiber glas yang telah disediakan dipotong dengan menggunakan cutter pemotong khusus untuk memotong fiber glass, dengan ukuran yang telah ditentukan.
2. Setelah dipotong, salah satu potongan dari fiber glass yang akan digunakan sebagai sisi alas diberi lubang pada bagian hilirnya untuk disambungkan nantinya dengan pipa sebgai saluran pelimpah.

3. Setelah itu seluruh bagian-bagian yang telah dipotong tadi dilem dengan menggunakan lem Korea dan berbentuk persegi empat menjadi saluran terbuka. Dimana pada bagian hilirnya ditutup dengan potongan fiber glass agar air dapat tertampung.



**Gambar 3.2 Saluran pelimpah**

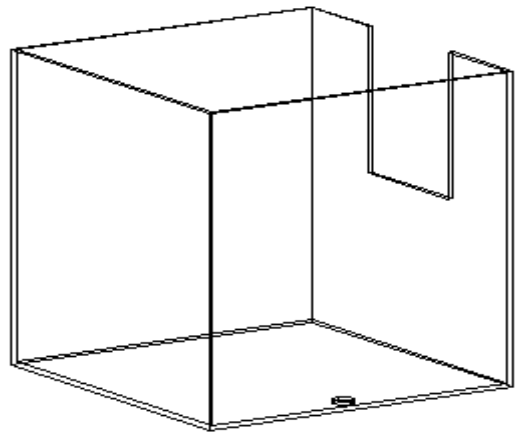
c. Bendungan

Bahan dasar dari bendungan ini adalah fiber glass dengan tebal 5mm, tebal 0,5 mm, panjang 40 cm, lebar 40 cm dan tinggi 51 cm, tebal 0,5 cm, berikut ini cara pembuatan bendungan:

1. Fiber glas yang telah disediakan dipotong dengan menggunakan cutter pemotong khusus untuk memotong fiber glass, dengan ukuran yang telah ditentukan.
2. Setelah dipotong, salah satu potongan dari fiber glass kembali dipotong bagian tengahnya sesuai dengan ukuran saluran pembawa yang nantinya akan saling dihubungkan. Selain itu juga salah satu

potongan fiber yang nantinya akan dijadikan alas diberi lubang untuk dijadikan sebagai lubang blow down.

3. Setelah itu seluruh bagian yang telah dipotong tadi dilem dengan menggunakan lem Korea dan berbentuk kotak dengan bagian atasnya terbuka.



**Gambar 3.3 Bendungan**

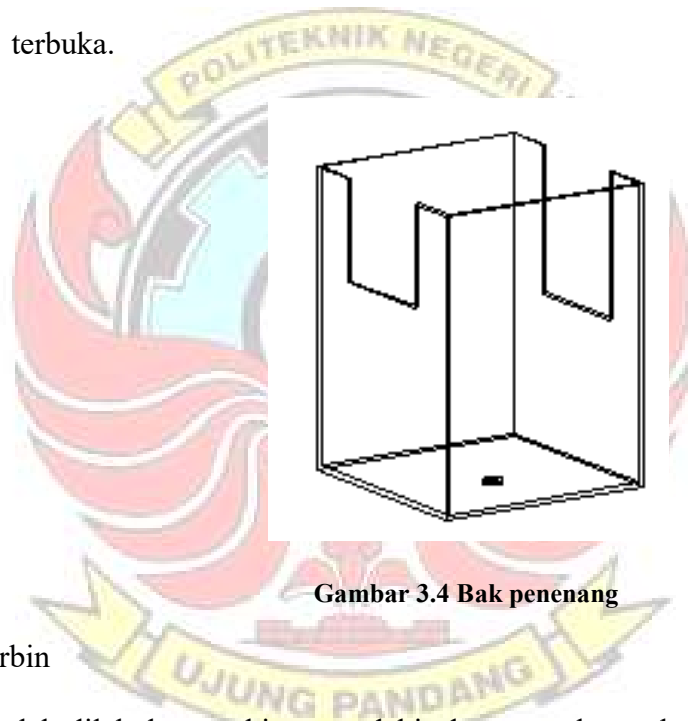
d. Bak penenang

Bahan dasar dari bak penenang ini adalah fiber glass dengan tebal 0,5 cm, panjang 30 cm, lebar 30 cm dan tinggi 40 cm, tebal berikut ini cara pembuatan bak penenang:

1. Fiber glas yang telah disediakan dipotong dengan menggunakan cutter pemotong khusus untuk memotong fiber glass, dengan ukuran yang telah ditentukan.
2. Setelah dipotong, salah satu potongan dari fiber glass dipotong bagian tengahnya sesuai dengan ukuran saluran pembawa, kemudian salah

satunya juga dipotong bagian tengahnya sesuai dengan ukuran saluran pelimpah. Setelah itu salah satu bagian yang akan dijadikan alasnya diberi lubang pada bagian tengahnya untuk disambungkan dengan pipa penstock.

3. Setelah itu seluruh bagian yang telah dipotong tadi dilem dengan menggunakan lem Korea dan berbentuk kotak dengan bagian atasnya terbuka.



**Gambar 3.4 Bak penenang**

e. Turbin

Setelah dilakukan perhitungan debit dan pengukuran head, maka langkah selanjutnya adalah mendesain model turbin dengan menggunakan beberapa persamaan (2.8 dan 2.14) di atas, maka selanjutnya dibuatlah turbin yang terdiri dari beberapa komponen-komponen yang saling menunjang seperti :

1. Roda turbin

### ■ Poros turbin

Poros turbin terbuat dari bahan dasar aluminium pejal dengan diameter dalam 1,5 cm dan diameter luarnya 1 cm, poros ini berfungsi sebagai bahan pendukung elemen mesin yang berputar, yang dipasang menembus sepasang piringan paralel yang berfungsi sebagai dudukan sudu-sudu turbin.

### ■ Sudu turbin

Sudu turbin terbuat dari pipa PVC berdiameter 1,5 inchi yang dipotong melintang sesuai dengan panjang turbin yang ditentukan, jumlah sudu turbin ini sebanyak 20 buah dan panjang 15 cm. Kemudian sudu dilem atau dilengketkan pada dua buah piringan sebagai dudukannya yang terbuat dari fiber glas setebal 0,5 cm.

### ■ Piringan

Piringan berjumlah dua buah dan terbuat dari fiber glass dengan tebal 5mm. Kemudian dipotong melingkar dengan diameter 10 cm, dan pada sisinya diberi cela sebanyak 20 buah sebagai tempat meletaknya sudu-sudu.

## 2. Rumah turbin

Rumah turbin terbuat dari fiberr glass yang dirancang sesuai dengan ukuran roda turbin.

#### D. Metode Pengujian

Setelah seluruh bagian-bagian telah terangkai, maka sebelum dilakukan pengujian maka alat-alat ukur yang akan digunakan dikalibrasi terlebih dahulu. Dan berikut ini adalah langkah-langkah pengujian yang dilakukan untuk melakukan pengambilan data.

1. Menyambungkan pompa dengan sumber listrik.
2. Membuka katup suplai air masuk.
3. Menutup sebagian besar katup penstock.
4. Setelah bak penenang terisi penuh, maka katup penstock dibuka secara bertahap, dengan beberapa variabel putaran sesuai dengan yang telah ditentukan.
5. Mengambil data-data yang diperlukan tiap kali dilakukan variabel pembukaan katup.

Hal-hal yang akan diuji dalam perancangan model sistem PLTMH meliputi beberapa unsur, yaitu:

1. Memvariasikan debit dan *head* aliran fluida yang masuk pada turbin dengan cara mengatur pembukaan katup penstock.
2. Menentukan nilai daya input hidrolis air ( $P_h$ ) dengan beberapa variabel debit dan *head*.
3. Menentukan nilai daya output mekanik ( $P_m$ ) dan daya output elektrik generator ( $P_{el}$ ) dengan beberapa variabel putaran turbin.

4. Menentukan nilai efisiensi PLTMH

#### **E. Prosedur Pengambilan Data**

a. Debit air pada saluran pembawa

1. Metode pengukuran dilakukan dengan menggunakan pelampung
2. Pengukuran dilakukan dengan jarak yang telah ditentukan
3. Jarak pengukuran pelampung harus lebih panjang dari lebar penampang
4. Penempatan garis melintang antara bagian hulu dan hilir harus sama tegak
5. Mengukur lebar saluran dan ketinggian permukaan air.
6. Melepaskan pelampung dari garis melintang ke bagian hulu
7. Kemudian menghitung waktu yang dibutuhkan oleh pelampung mulai pada saat start pada garis melintang hingga tiba di hilir, pengukuran waktu menggunakan alat ukur stop watch.
8. Agar data yang diambil lebih akurat, maka pengujian dilakukan secara berulang-ulang.

b. Pengukuran tinggi jatuh air (head)

Pengukuran dilakukan dengan cara menghitung tinggi air dari permukaan bak penenang hingga ke bawah poros nosel dengan menggunakan alat ukur meter.



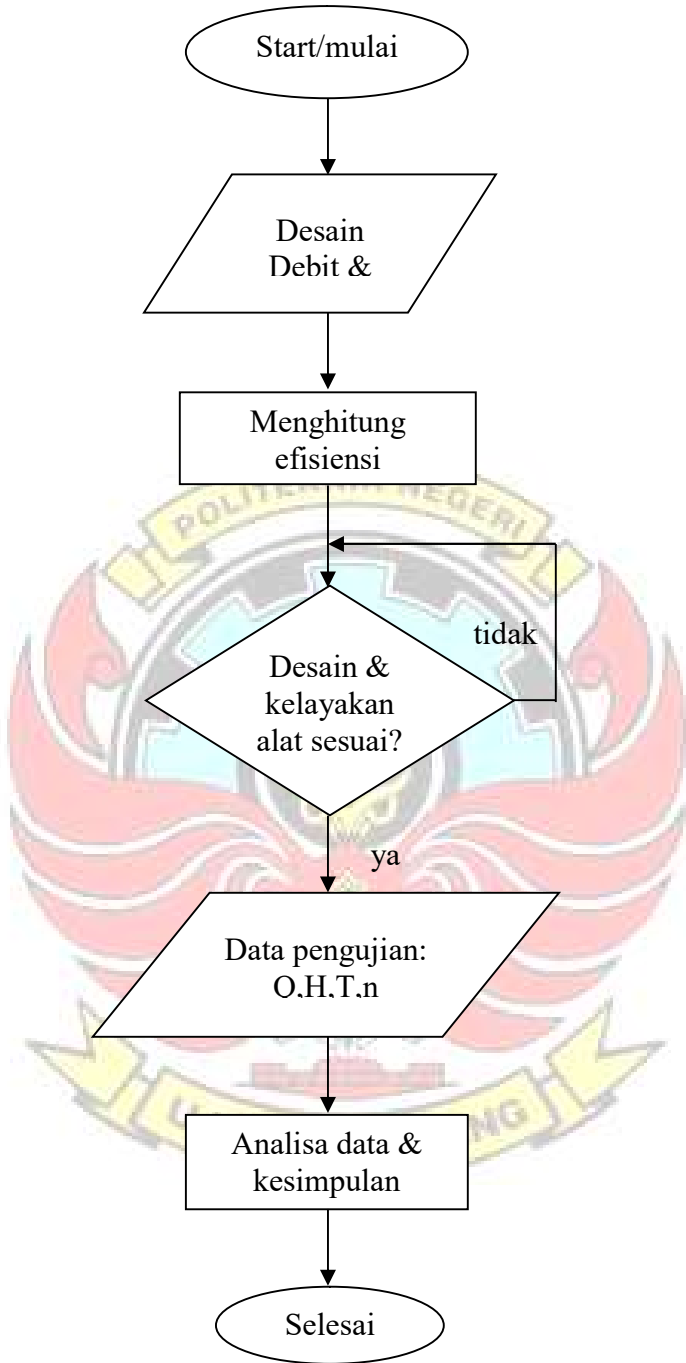
c. Pengukuran putaran turbin

Pengukuran putaran turbin dilakukan dengan menggunakan alat ukur tachometer.

d. Pengukuran daya output generator

Pengukuran daya output generator dilakukan dengan menggunakan alat ukur multy meter.





**Gambar 3.5** Flowchart proses pembuatan rancang bangun model PLTMH type cross flow.

## BAB IV

### DATA DAN PEMBAHASAN

#### A. Analisa Data

Berdasarkan data yang telah diperoleh dilapangan, maka yang dapat dianalisa adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil pengukuran untuk beban 3 watt

No	Posisi bukaan katup	Beban	t	N	V	I	H1	H2	F	T
		watt	detik	Rpm	volt	ampere	meter	meter	newton	Newton meter
		Bohlam	waktu	Put	teg	arus	penstock	total	Gaya	Momen Torsi
1	1	3	27	195	6.0	0.13	2.89	0.125	8	0.040
2	2		25	244	5.0	0.16	2.87	0.123	10	0.050
3	3		23	303	6.0	0.18	2.85	0.120	12	0.060
4	4		19	348	6.5	0.19	2.83	0.100	16	0.080
5	5		15	367	6.6	0.19	2.70	0.080	18	0.090

Catatan :

Konstanta, s (jarak pengamatan aliran air pada saluran pembawa) = 1,12 m

L (Lebar basah saluran pembawa) = 0,15 m

g (percepatan grafitasi diasumsikan) = 10 m<sup>2</sup>/s

Tabel 4.2 Hasil pengukuran untuk beban 5 watt

No	Bukaan katup	Beban	t	N	V	I	H1	H2	F	T
		watt	detik	Rpm	volt	ampere	meter	meter	newton	Newton meter
		Bohlam	waktu	Put	teg	arus	penstock	total	Gaya	Momen Torsi
1	1	5	29	54	1.0	0.10	2.87	0.130	5	0.025
2	2		28	105	2.5	0.12	2.86	0.125	10	0.050
3	3		25	177	4.3	0.21	2.84	0.115	19	0.095
4	4		21	233	5.3	0.23	2.82	0.100	20	0.100
5	5		16	286	6.0	0.25	2.75	0.080	25	0.125

Catatan :

Konstanta, s (jarak pengamatan aliran air pada saluran pembawa) = 1,12 m

L (Lebar basah saluran pembawa) = 0,15 m

g (percepatan grafitasi diasumsikan) = 10 m<sup>2</sup>/s

### 1. Pengukuran debit (Q)

$$L = 0,15 \text{ m}$$

$$h = 0,125 \text{ m}$$

$$s = 1,12 \text{ m}$$

$$t = 27 \text{ s}$$

$$Q = A.v$$

dimana A = luas penampang (m<sup>2</sup>)

v = kecepatan (m/s)

$$\begin{aligned} A &= L \cdot h \\ &= 0,15 \times 0,125 \\ &= 0,018 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= \frac{s}{t} \\ &= \frac{1,12}{2,7} \\ &= 0,040 \text{ m/s} \end{aligned}$$

sehingga didapatkan:

$$\begin{aligned} Q &= A \cdot v \\ &= 0,018 \times 0,040 \\ &= 0,00078 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

## 2. Ukuran utama turbin cross flow

$$H_e = 2,89 \text{ m (di asumsikan } H_f = 0)$$

$$n = 718 \text{ rpm}$$

Kecepatan keliling (U)

$$\begin{aligned} U &= 0,5 \sqrt{2 \cdot g \cdot H_e} \text{ (m)} \\ &= 0,5 \sqrt{2 \times 9,81 \times 2,89} \\ &= 3,76 \text{ m} \end{aligned}$$

Diameter roda turbin

$$D_1 = \frac{60 \cdot U}{\pi \cdot N} \text{ (m)}$$

$$= \frac{60,3,76}{3,14,718}$$

$$= 0,1 \text{ m}$$

■ Jari-jari roda turbin (R1)

$$R1 = \frac{D1}{2} \text{ (m)}$$

$$= \frac{0,10}{2}$$

$$= 0,05 \text{ m}$$

■ Jarak antara sudu pada lingkaran dalam (S1)

$$S1 = \frac{1}{10} \times D1 \text{ (m)}$$

$$= \frac{1}{10} \times 0,1$$

$$= 0,01 \text{ m}$$

■ Jarak antara sudu pada lingkaran dalam (S2)

$$S2 = \frac{S1}{\sin 41} \text{ (m)}$$

$$= \frac{0,01}{0,66}$$

$$= 0,015 \text{ m}$$



■ Jumlah sudu (Ns)

$$R1 = \frac{\pi \cdot D1}{S2} \quad (\text{m})$$

$$= \frac{3,14 \times 0,1}{0,015}$$

$$= 20,93 \text{ buah (dipilih 20 buah)}$$

### 3. Daya hidrolik

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$H = 2,89 \text{ m}$$

$$Q = 0,00078 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{sehingga } P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \quad (\text{watt})$$

$$= 1000 \times 0,00078 \times 9,81 \times 2,89$$

$$= 22,05 \text{ watt}$$

### 4. Daya elektrik

$$V = 6 \text{ V}$$

$$I = 0,125 \text{ A}$$

$$\text{sehingga } P_{\text{out}} = V \cdot I$$

$$= 6 \times 0,125$$

$$= 0,75 \text{ watt}$$

## 5. Daya mekanis

$$n = 195 \text{ Rpm}$$

$$T = 0,040 \text{ Nm}$$

$$\begin{aligned} \text{sehingga } P_h &= \frac{2\pi}{60} \cdot n \cdot T \text{ (watt)} \\ &= \frac{2\pi}{60} \times 195 \times 0,040 \\ &= 0,817 \text{ watt} \end{aligned}$$

## 6. Efisiensi total

$$\begin{aligned} \text{Eff 1} &= \frac{P_m}{P_h} \times 100\% \\ &= \frac{0,817}{22,05} \times 100\% \\ &= 3,70 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Eff 2} &= \frac{P_{el}}{P_m} \times 100\% \\ &= \frac{0,75}{0,817} \times 100\% \\ &= 91,84 \% \end{aligned}$$

$$\eta_{\text{Tot}} = \text{Eff1} \times \text{Eff2}$$

$$= 3,70 \% \times 91,84\%$$

$$= 3,40\%$$



## B. PEMBAHASAN

### 1. Hasil analisa data

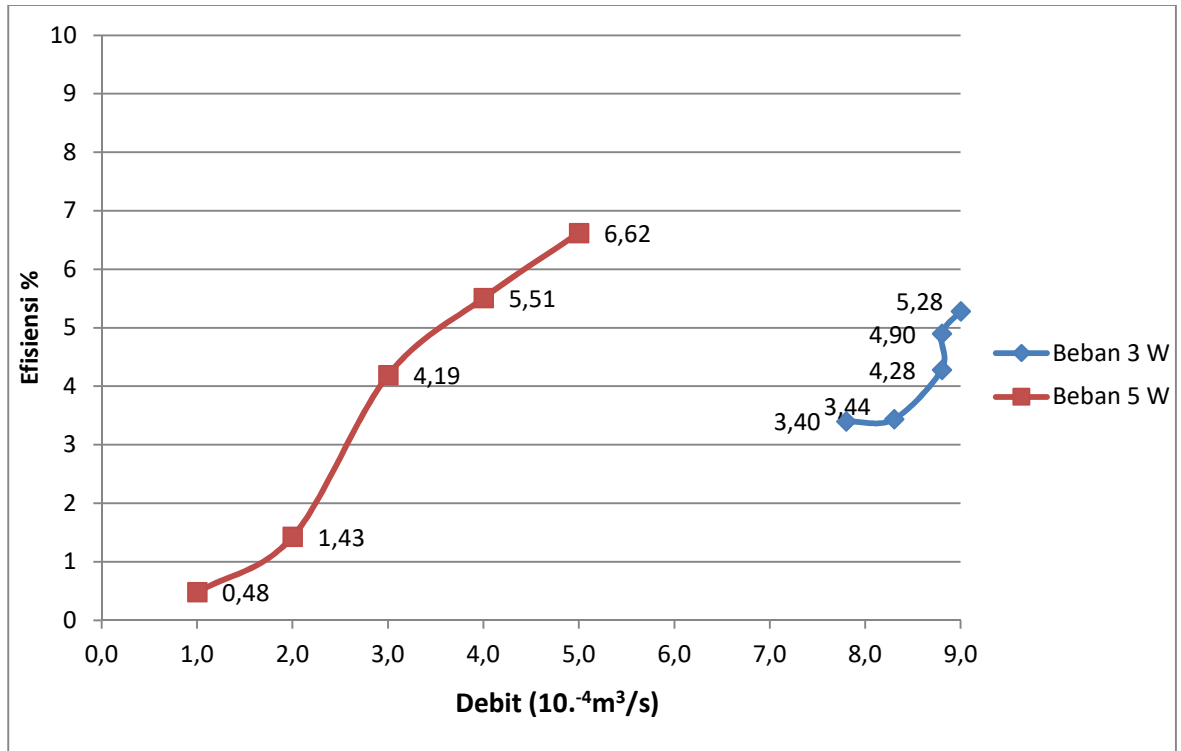
Tabel 4.3 Hasil perhitungan analisa data untuk beban 3 watt

No	Bukaan katup	beban Watt	Data Pengamatan								Data Perhitungan								
			t s	n Rpm	V V	l A	H1 M	H2 m	F N	T Nm	A m <sup>2</sup>	v m/s	Q m <sup>3</sup> /s	Ph watt	Pm watt	Pel watt	Eff		
			waktu	put	Teg	arus	Penstock	total	Gay	Mo	Luasan	kec	debit	daya hidrolik	Daya mekanik	Daya Elektrik	Eff. Mek-hid	Eff. Elekt-mek.	Eff Overall
1	1	3	27	195	6	0.13	2.890	0.125	8	0.04	0.0188	0.041	0.00078	22.051	0.817	0.75	3.71	91.83	3.40
2	2		25	244	5	0.16	2.870	0.123	10	0.05	0.0185	0.045	0.00083	23.272	1.213	0.80	5.21	65.92	3.44
3	3		23	303	6	0.18	2.850	0.120	12	0.06	0.0180	0.049	0.00088	24.506	1.903	1.05	7.77	55.16	4.28
4	4		19	348	6.5	0.19	2.830	0.100	16	0.08	0.0150	0.059	0.00088	24.548	2.915	1.20	11.87	41.25	4.90
5	5		15	367	6.6	0.19	2.700	0.080	18	0.09	0.0120	0.075	0.00090	23.732	3.458	1.25	14.57	36.26	5.28

Tabel 4.4 Hasil perhitungan analisa data untuk beban 5 watt

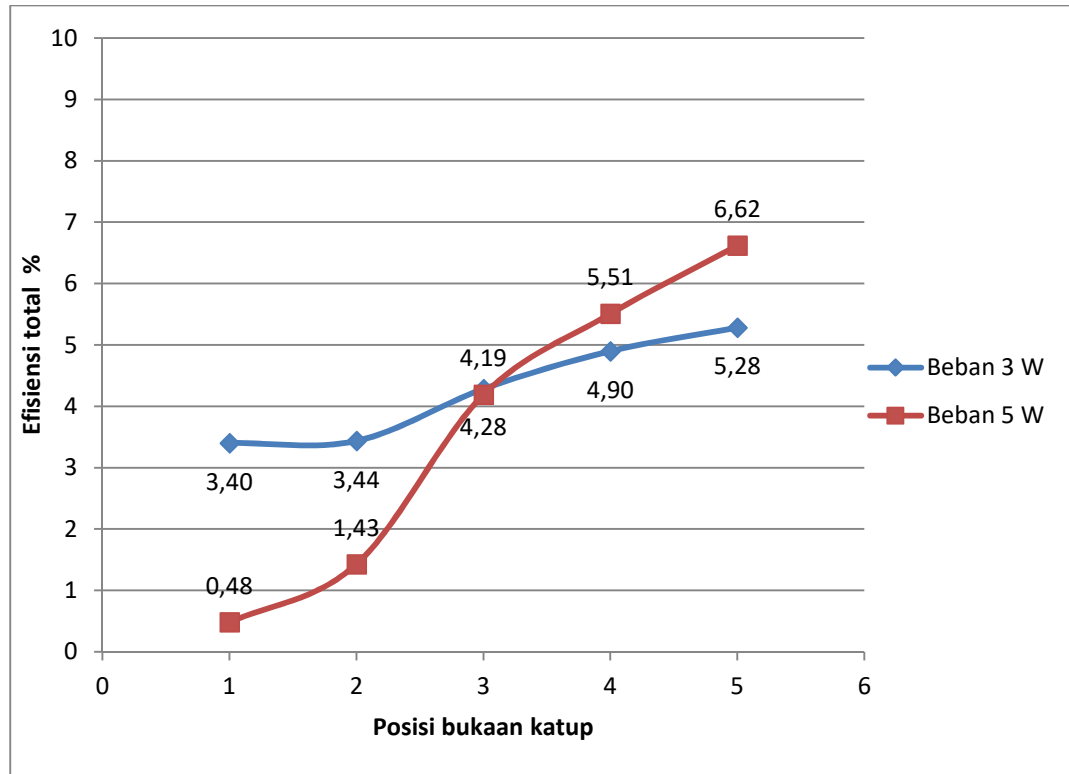
Data Pengamatan											Data Perhitungan								
No	Bukaan katup	beban	t	n	V	I	H1	H2	F	T	A	v	Q	Ph	Pm	Pel	Eff		
			s	Rpm	V	A	M	m	N	Nm	m <sup>2</sup>	m/s	m <sup>3</sup> /s	watt	watt	watt	%	%	%
		Watt	waktu	put	Teg	arus	Penstock	total	Gay	Mo	Luasan	kec	debit	daya hidrolik	Daya mekanik	Daya Elektrik	Eff. Mek-hid	Eff. Elekt-mek.	Eff Overall
1	1	5	29	54	1	0.10	2.870	0.128	5	0.03	0.0192	0.039	0.00074	20.877	0.141	0.10	0.68	70.74	0.48
2	2		28	105	2.5	0.12	2.860	0.125	10	0.05	0.0188	0.040	0.00075	21.042	0.550	0.30	2.61	54.57	1.43
3	3		25	177	4.3	0.21	2.845	0.115	19	0.10	0.0173	0.045	0.00077	21.568	1.761	0.90	8.16	51.29	4.19
4	4		21	233	5.3	0.23	2.820	0.100	20	0.10	0.0150	0.053	0.00080	22.131	2.440	1.22	11.03	49.96	5.51
5	5		16	286	6	0.25	2.750	0.080	25	0.13	0.0120	0.070	0.00084	22.661	3.743	1.50	16.52	40.07	6.62

## 2. Hasil analisa data berdasarkan grafik



**Gambar 4.1 Grafik hubungan antara debit terhadap efisiensi dengan**

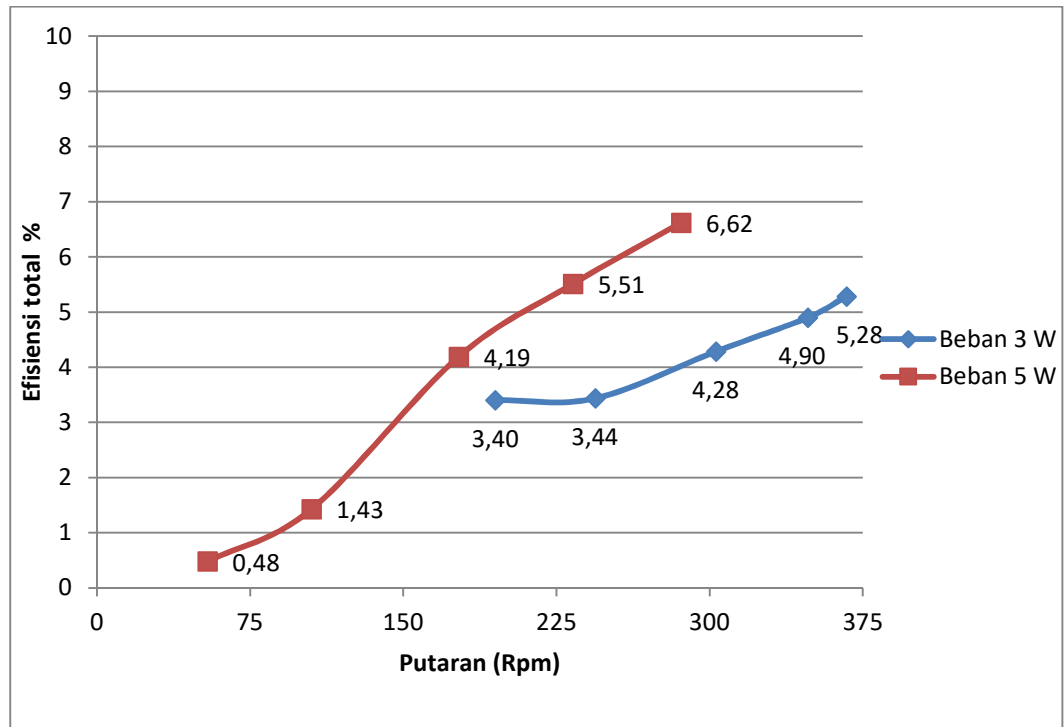
Berdasarkan grafik 4.1 terlihat untuk beban 3 watt hubungan antara efisiensi terhadap debit berbanding lurus, dimana nilai efisiensi terbesarnya 5,28 % dan nilai efisiensi terkecilnya 3,40 % dengan nilai efisiensi rata-rata sebesar 4,26 %. Untuk beban 5 watt hubungan antara efisiensi terhadap debit juga berbanding lurus, , dimana nilai efisiensi terbesarnya 6,62 % dan nilai efisiensi terkecilnya 0,48 %, dengan nilai efisiensi rata-rata sebesar 3,65 %. Atau dengan kata lain berdasarkan grafik 4.1 maka semakin besar debit fluida maka nilai efisiensi yang dihasilkan akan semakin besar.



**Gambar 4.2 Grafik hubungan antara posisi bukaan katup terhadap efisiensi**

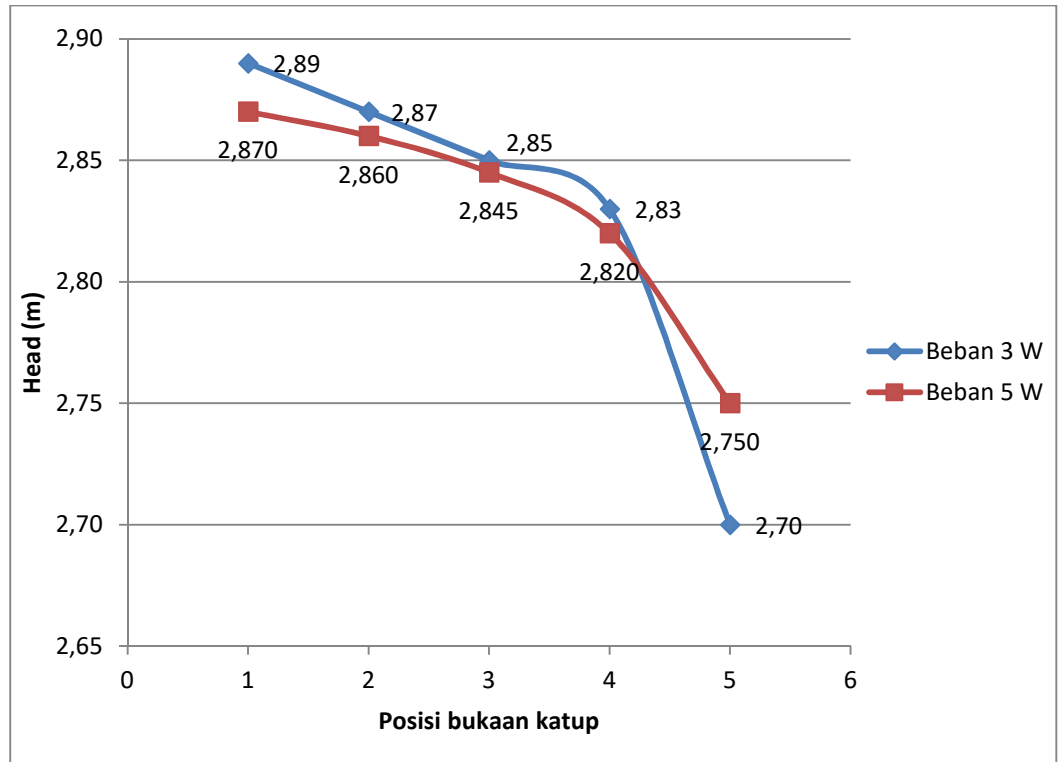
Berdasarkan grafik 4.2 terlihat untuk beban 3 watt hubungan antara efisiensi terhadap posisi bukaan katup berbanding lurus, dimana nilai efisiensi terbesarnya 5,28 % pada bukaan katup ke-5 dan nilai efisiensi terkecilnya 3,40 % pada bukaan katup ke-1, dengan nilai efisiensi rata-rata sebesar 4,26 %. Untuk beban 5 watt hubungan antara efisiensi terhadap bukaan katup juga berbanding lurus, , dimana nilai efisiensi terbesarnya 6,62 % pada posisi bukaan katup ke-5 dan nilai efisiensi terkecilnya 0,48 % pada bukaan bukaan katup ke-1, dengan nilai efisiensi rata-rata sebesar 3,63 %. Atau dengan kata lain berdasarkan grafik

4.2 semakin besar posisi bukaan katup maka nilai efisiensi yang dihasilkan akan semakin besar.



**Gambar 4.3 Grafik hubungan antara putaran terhadap efisiensi**

Berdasarkan grafik 4.3 terlihat untuk beban 3 watt hubungan antara efisiensi terhadap variable putaran berbanding lurus, dimana nilai efisiensi terbesarnya 5,28 % dengan putaran 367 Rpm dan nilai efisiensi terkecilnya 3,40 % dengan putaran 195 Rpm sedangkan efisiensi rata-rata sebesar 4,26 % dan putarannya 291,4 Rpm. Untuk beban 5 watt hubungan antara efisiensi terhadap bukaan katup juga berbanding lurus, dimana nilai efisiensi terbesarnya 6,62 % dengan putaran 286 Rpm dan nilai efisiensi terkecilnya 0,48 % dengan putaran 54 Rpm sedangkan efisiensi rata-rata sebesar 3,63 % dan putarannya 171 Rpm.



**Gambar 4.4 Grafik hubungan antara bukaan katup terhadap head**

Berdasarkan grafik 4.4 terlihat untuk beban 3 watt hubungan antara head terhadap posisi bukaan katup berbanding terbalik, dimana nilai head tertingginya 2,89 m pada bukaan katup ke-1 dan nilai head terendahnya 2,75 m pada bukaan katup ke-5, dengan nilai head rata-rata sebesar 2,82 m. Untuk beban 5 watt hubungan antara head terhadap posisi bukaan katup juga berbanding terbalik, dimana nilai head tertingginya 2,87 m pada posisi bukaan katup ke-1 dan nilai head terendahnya 2,70 m pada bukaan bukaan katup ke-5, dengan nilai ketinggian head rata-rata sebesar 2,83 m. Atau dengan kata lain berdasarkan grafik 4.4 semakin kecil posisi bukaan katup maka nilai head yang terukur akan semakin tinggi.

Selain itu berdasarkan grafik hubungan efisiensi di atas terlihat bahwa nilai efisiensi total yang dihasilkan cenderung kecil, hal ini disebabkan karena nilai dari pembacaan torsi yang relatif kecil. Kendalanya berada pada ketidaktersediannya torsi meter pada lab konversi energi dan pengukuran dilakukan dengan menggunakan timbangan manual. Faktor lain yang menyebabkan nilai efisiensi terlalu kecil adalah sedikitnya jumlah debit air yang ada pada saluran pembawa dan bak penenang, yang disebabkan oleh sedikitnya suplai air yang dihasilkan oleh kedua pompa.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

1. Dari hasil pengujian dan analisis data maka dapat disimpulkan bahwa untuk beban 3 watt dengan pengaturan lima kali posisi bukaan katup didapatkan debit terkecil  $0,00078 \text{ m}^3/\text{s}$  dan debit terbesar  $0,00090 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan debit rata-rata sebesar  $0,00085 \text{ m}^3/\text{s}$ . Untuk beban 5 watt juga dengan pengaturan lima kali posisi bukaan katup didapatkan debit terkecil  $0,00075 \text{ m}^3/\text{s}$  dan debit terbesar  $0,00084 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan debit rata-rata  $0,00078 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dari hasil pengujian dan pengukuran maka dapat disimpulkan untuk beban 3 watt head terendahnya 2,75 dan head tertingginya 2,89 m dengan head rata-rata 2,82 m. Untuk beban 5 watt juga dengan pengaturan lima kali posisi bukaan katup didapatkan head terendah 2,7 m dan head tertinggi 2,87 m, dengan head rata-rata 2,83 m. Dengan kata lain semakin besar bukaan katup penstock maka akan semakin rendah pula headnya, sedangkan setiap kali dilakukan pembukaan katup maka debit yang mengalir pada saluran pembawa juga akan berubah-ubah dan cenderung semakin besar.
2. Dari hasil pembuatan dan pengujian model PLTMH type cross flow maka didapatkan desain dimensi turbin model mikrohidro tipe cross flow dengan diameter runner 10 cm dan jumlah sudu turbin 20 buah.



3. Dari hasil pengujian dan analisa data didapatkan nilai terendah daya output mekanik turbin untuk beban 3 watt sebesar 0,817 watt dan nilai tertinggi sebesar 3,458 watt, dengan daya mekanik rata-rata sebesar 2,06 watt. Untuk nilai terendah pada beban 5 watt sebesar 0,141 watt dan nilai tertingginya sebesar 3,74 watt, dengan daya mekanik rata-rata 1,73 watt. Untuk daya elektrik generator dengan beban 3 watt nilai terendahnya sebesar 0,75 watt dan nilai tertinggi sebesar 1,25 watt dengan daya rata-rata 1,01 watt, sedangkan untuk nilai terendah pada beban 5 watt sebesar 0,10 watt dan nilai tertingginya sebesar 1,50 watt dengan daya elektrik rata-rata 1,005 watt.
4. Dari hasil analisa data didapatkan nilai efisiensi terendah untuk beban 3 watt sebesar 3,40 % dan nilai efisiensi tertinggi sebesar 5,28 % dengan efisiensi rata-rata 4,26 %. Untuk beban 5 watt nilai efisiensi terendah sebesar 0,42 % dan nilai efisiensi tertinggi sebesar 6,62 % dengan efisiensi rata-rata 3,63% .

## **B. Saran**

Untuk pengambilan data selanjutnya disarankan agar ukuran dari bak penenang dan bendungan diperbesar, begitupun juga dengan pipa penstock agar data yang diambil bisa lebih banyak (lebih dari lima data) dan juga daya elektrik yang dihasilkan oleh generatator dapat lebih besar, mengingat putaran yang dihasilkan oleh turbin relative lebih besar.

## DAFTAR PUSTAKA

Alprayup, dkk., (2005), *Desain Miniatur Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Skala Laboratorium, Tugas Akhir, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar*

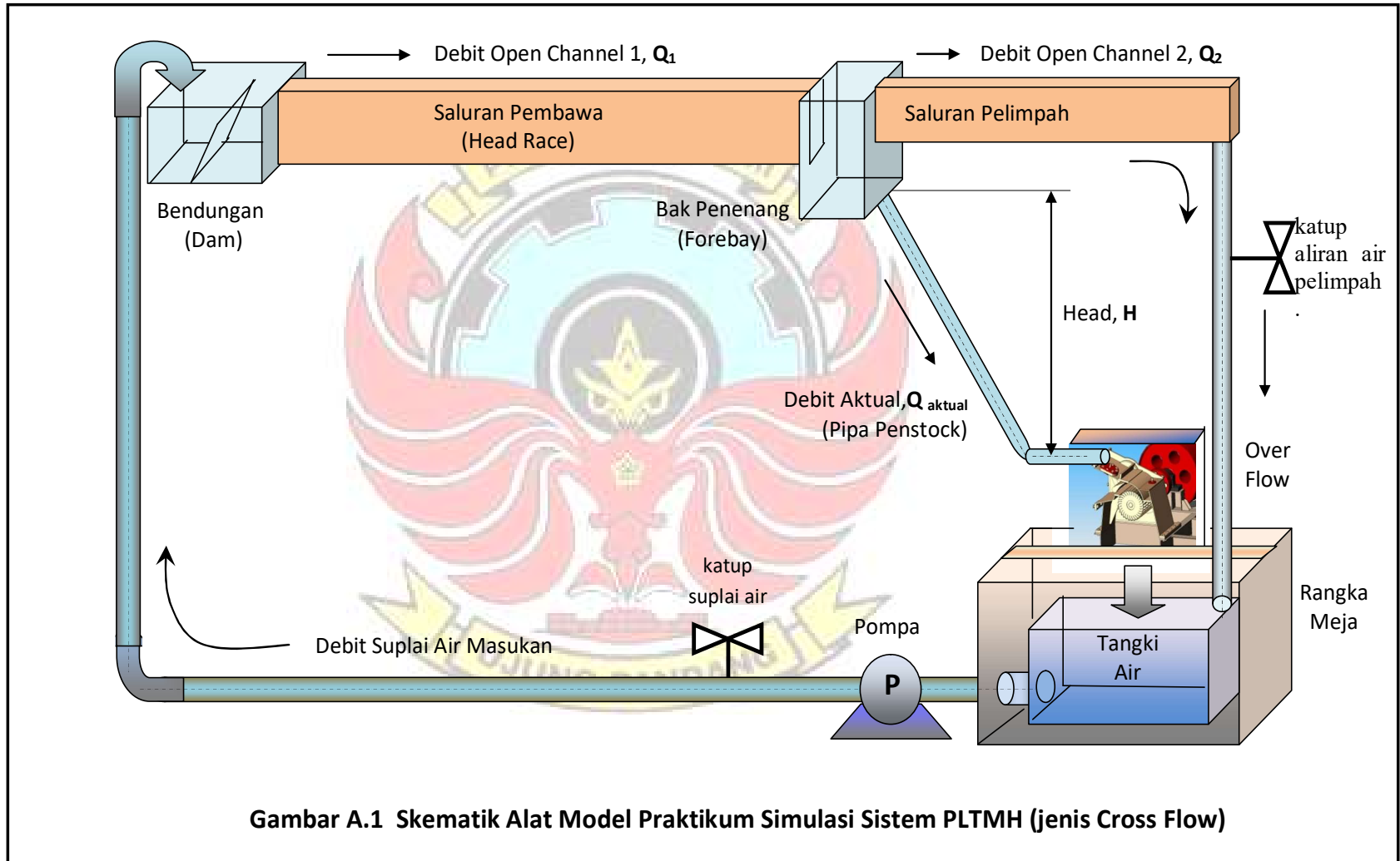
Bejan, Adrian, (1993), *Heat Transfer*, John Wiley & Sons, New York.

Charter, William W.S. and Pryor, T.L. (1981), *Solar Energy, an Introduction to the Principles and Applications*, Beatrice Publishing, Australia.

Musa, La Ode, (2008), *Mesin Fluida*, Buku Ajar, Makassar : Politeknik Negeri Ujung Pandang



LAMPIRAN 1

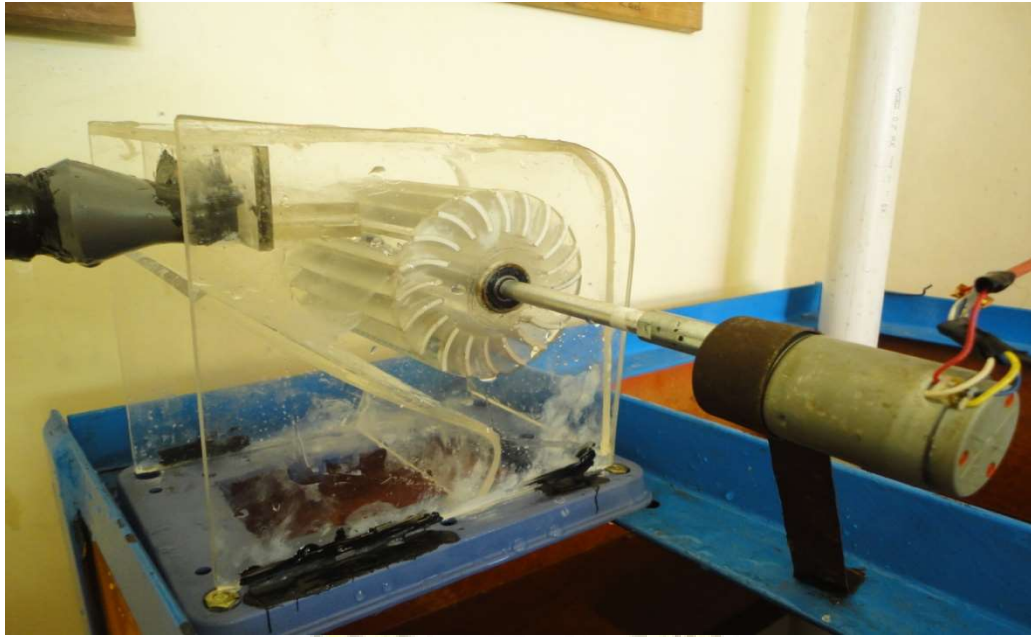


Gambar A.1 Skematik Alat Model Praktikum Simulasi Sistem PLTMH (jenis Cross Flow)

**LAMPIRAN 2**



Gambar 1. Model system PLTMH tipe cross flow



Gambar 2. Turbin dan generator



Gambar3. Pengukuran kecepatan aliran



Gambar 4. Pemasangan saluran pembawa.



LAMPIRAN 3

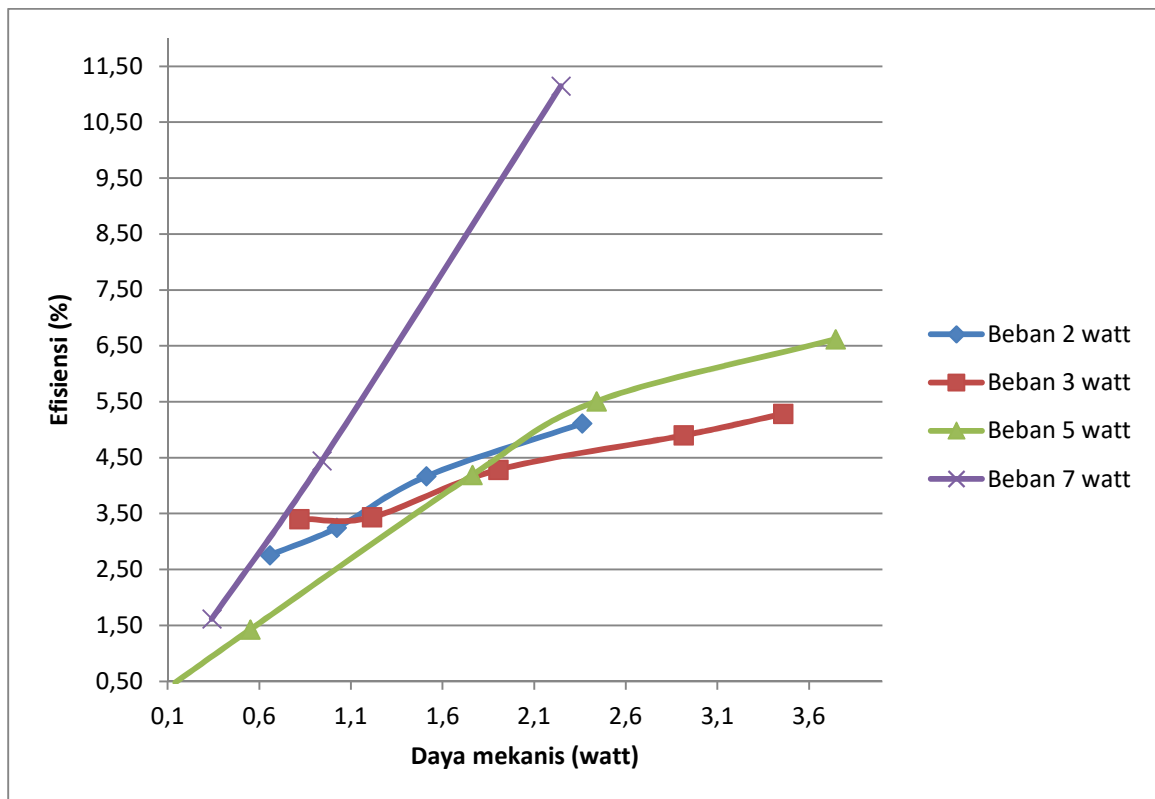
Table hasil analisa dengan beban bervariasi

	Bukaan katu p	Data Pengamatan									Data Perhitungan								
		beban	t	n	V	I	H1	H2	F	T	A	v	Q	Ph	Pm	Pel	Eff		
			s	Rp m	V	A	m	m	N	Nm	m <sup>2</sup>	m/s	m <sup>3</sup> /s	watt	watt	watt	%	%	%
Wat t	wak tu	put	teg	arus	penst ock	total	Gay a	Mome n Torsi	Luasan	kec	debit	daya hidrolik	Daya meka nik	Daya Elekt rik	Eff. Mek- hid	Eff. Elek- mek.	Eff Overall		
1	1	2	28	209	5	0.12	2.890	0.128	6	0.03	0.0192	0.040	0.00077	21.773	0.656	0.60	3.01	91.49	2.76
2	2		25	264	5.5	0.14	2.880	0.125	7.5	0.037	0.0188	0.045	0.00084	23.732	1.022	0.77	4.31	75.36	3.24
3	3		22	321	6.3	0.17	2.860	0.120	9	0.045	0.0180	0.051	0.00092	25.710	1.511	1.07	5.88	70.88	4.17
4	4		20	376	6.6	0.2	2.850	0.110	12	0.06	0.0165	0.056	0.00092	25.834	2.360	1.32	9.13	55.94	5.11
5	1	3	27	195	6	0.13	2.890	0.125	8	0.04	0.0188	0.041	0.00078	22.051	0.817	0.75	3.71	91.83	3.40
6	2		25	244	5	0.16	2.870	0.123	10	0.05	0.0185	0.045	0.00083	23.272	1.213	0.80	5.21	65.92	3.44
7	3		23	303	6	0.18	2.850	0.120	12	0.06	0.0180	0.049	0.00088	24.506	1.903	1.05	7.77	55.16	4.28
8	4		19	348	6.5	0.19	2.830	0.100	16	0.08	0.0150	0.059	0.00088	24.548	2.915	1.20	11.87	41.25	4.90
9	5		15	367	6.6	0.19	2.700	0.080	18	0.09	0.0120	0.075	0.00090	23.732	3.458	1.25	14.57	36.26	5.28
10	1	5	29	54	1	0.10	2.870	0.128	5	0.03	0.0192	0.039	0.00074	20.877	0.141	0.10	0.68	70.74	0.48
11	2		28	105	2.5	0.12	2.860	0.125	10	0.05	0.0188	0.040	0.00075	21.042	0.550	0.30	2.61	54.57	1.43
12	3		25	177	4.3	0.21	2.845	0.115	19	0.10	0.0173	0.045	0.00077	21.568	1.761	0.90	8.16	51.29	4.19
13	4		21	233	5.3	0.23	2.820	0.100	20	0.10	0.0150	0.053	0.00080	22.131	2.440	1.22	11.03	49.96	5.51
14	5		16	286	6	0.25	2.750	0.080	25	0.13	0.0120	0.070	0.00084	22.661	3.743	1.50	16.52	40.07	6.62
15	1		7	27	50	2.4	0.14	2.840	0.120	13	0.07	0.0180	0.041	0.00075	20.802	0.340	0.34	1.63	98.84
16	2	24		100	3.9	0.23	2.800	0.105	18,5	0.09	0.0158	0.047	0.00074	20.189	0.941	0.90	4.66	95.28	4.44
17	3	18		148	6.5	0.3	2.730	0.070	29	0.15	0.0105	0.062	0.00065	17.497	2.245	1.95	12.83	86.87	11.14





Catatan : Pada percobaan dengan menggunakan beban 2 watt hanya sampai bukaan katup keempat karena pada bukaan kelima bola lampu telah padam (putus). Untuk percobaan dengan menggunakan beban 3 watt dan 5 watt bukaan katup dapat mencapai lima bukaan karena debit yang mengalir masih cukup besar. Pada percobaan dengan menggunakan beban 7 watt hanya sampai bukaan katup ketiga karena pada bukaan keempat volume air pada bak penenang mulai habis.



**Gambar 1. Grafik hubungan antara efisiensi terhadap daya mekanis dengan beban bervariasi.**

