



**TUGAS AKHIR TF 145565**

**RANCANG BANGUN SISTEM MEKANIKAL  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA  
MIKROHIDRO SKALA LABORATORIUM**

**Mochammad Ibrahim Agam  
NRP 1051150000013**

**Dosen Pembimbing I  
Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc  
NIP. 19600901 198701 1 001**

**Dosen Pembimbing II  
Sefi Novendra Patrialova, S.si., M.T.  
NIP. 1991201712053**

**PROGRAM DIII TEKNOLOGI INSTRUMENTASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**





***FINAL PROJECT TF 145565***

***MECHANICAL SYSTEMS DESIGN OF  
MICROHYDRO POWER PLANT LABORATORY  
SCALE***

**Mochammad Ibrahim Agam  
NRP 10511500000013**

***ADVISOR LECTURER I***  
**Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc**  
**NIP. 19600901 198701 1 001**

***ADVISOR LECTURER II***  
**Sefi Novendra Patrialova, S.si., M.T.**  
**NIP. 1991201712053**

***DIPLOMA III DEGREE TECHNOLOGY INSTRUMENTATION  
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING  
FACULTY OF VOCATION  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018***



**LEMBAR PENGESAHAN I**  
**RANCANG BANGUN SISTEM MEKANIKAL**  
**PLTMH SKALA LABORATORIUM**

**TUGAS AKHIR**

**Oleh :**

**MOCHAMMAD IBRAHIM AGAM**  
**NRP.1051150000013**

**Surabaya, 23 Juli 2018**  
**Mengetahui dan Menyetujui**

Dosen Pembimbing 1

**Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc**  
**NIP. 19600901 198701 1 001**

Dosen Pembimbing 2

**Sefi Novendra Patrialova, S.si., M.T**  
**NIP. 1991201712053**

**Kepala Departemen Teknik**  
**Instrumentasi ITS**

**Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc**  
**NIP. 19620822 198803 1 001**



**LEMBAR PENGESAHAN II**

**“RANCANG BANGUN SISTEM MEKANIKAL  
PLTMH SKALA LABORATORIUM “**



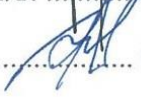
**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memperoleh salah satu syarat  
Untuk memperoleh gelar Ahli Madya  
Pada  
Program studi D3 Teknologi Instrumentasi  
Departemen Teknik Instrumentasi  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

**Oleh :**

**MOCHAMMAD IBRAHIM AGAM  
NRP.1051150000013**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr.Ir.Ali Musyafa', M.Sc. ....  (Pembimbing 1)
2. Sefi Novendra Patrialova, S.Si., M.T. ....  (Pembimbing 2)
3. Arief Abdurrahman S.T., M.T. ....  (Penguji 1)

Surabaya, 23 Juli 2018





# **RANCANG BANGUN SISTEM MEKANIKAL PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO SKALA LABORATORIUM**

**Nama Mahasiswa** : Mochammad Ibrahim Agam  
**NRP** : 1051150000013  
**Program Studi** : D3 Teknik Instrumentasi  
**Departemen** : Teknik Instrumentasi FV – ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr.Ir.Ali Musyafa', M.Sc.  
Sefi Novendra Patrialova, S.Si., M.T.

## **Abstrak**

Rancang bangun sistem mekanikal pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro skala laboratorium ini merupakan alat miniatur dari plant sesungguhnya yang ada dilapangan, yang diperuntukan sebagai alat bantu berpraktikum agar pengguna dapat mensimulasikan kegiatan pembangkitan listrik sesuai dengan kegiatan sebenarnya. PLTMH skala laboratorium ini mampu membangkitkan tegangan sebesar 50V dengan arus sebesar 0,6A sehingga daya pembangkitan sebesar 30 watt, sehingga plant ini diperkirakan mampu untuk menghidupkan 3 buah lampu dengan kapasitas 9 Watt Namun plant ini masih menggunakan listrik dari luar sistem untuk start up menghidupkan pompa air yang dipergunakan sebagai pengganti air jatuh bebas dari bendungan.

**Kata kunci** : Sistem Mekanikal, mikrokontroler, Level



***MECHANICAL SYSTEMS DESIGN OF  
MICROHYDRO POWER PLANT LABORATORY  
SCALE***

***Name*** : Mochammad Ibrahim Agam  
***NRP*** : 10511500000013  
***Study Program*** : ***DIII Intrumentation Technology***  
***Department*** : ***Instrumentation Engineering FV – ITS***  
***Advisor Lecturer*** : ***Dr.Ir.Ali Musyafa’, M.Sc.***  
***Sefi Novendra Patrialova, S.Si., M.T.***

***Abstract***

*Mechanical systems design of microhydro power plant laboratory scale is a real power plant on field miniature, it was aimed for practical assist device to simulate the activity of controlling the real plant. Microhydro power plant laboratory scale could generate 50V voltage and 0,6 current with 30 Watt generating power, so this plant could light approximately 3 lamp 9 watt capacity. But this plant is still using a power input from outside the systems to start up the water pump which is replacing the water free fall from dam.*

***Key word*** : *Mechanical Systems, Microhydro, Level*



## **KATA PENGANTAR**

Segala puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan kegiatan Tugas Akhir (TA). Kegiatan TA ini dimaksudkan untuk menerapkan ilmu yang diperoleh di perguruan tinggi terhadap penerapannya di bidang industri dalam bentuk alat yang dalam hal ini adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ( PLTMH ). Selama kegiatan berlangsung, penulis diwajibkan menulis laporan dan disusun berdasarkan hasil kegiatan yang telah dilakukan selama TA berlangsung. Selama masa TA penulis mendapatkan banyak sekali bantuan, saran, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Tuhan yang Maha Esa atas segala berkah dan rezeki yang telah dilimpahkan kepada kami, sehingga pelaksanaan Tugas Akhir serta penulisan Laporan Tugas Akhir dapat terselesaikan dengan baik dan lancar.
2. Kedua orang tua tercinta yang selalu memberi motivasi dan dukungan dalam segala hal.
3. Fadillah Assegaff dengan segala supportnya.
4. Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc. selaku Kepala Departemen Teknik Instrumentasi ITS surabaya dan dosen wali
5. Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc. selaku dosen pembimbing 1
6. Sefi Novendra Patrialova, S.Si, M.T. selaku dosen pembimbing 2



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN I.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN II.....	iv
<b>Abstrak</b> .....	v
<i>Abstract</i> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Tujuan</b> .....	2
<b>1.4 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1 Sistem Mikrohidro</b> .....	5
<b>2.2 Mekanisme Pompa</b> .....	6
<b>2.2.1 Peformansi Pompa</b> .....	7
<b>2.3 Perpipaan</b> .....	8
<b>2.3.1 Pipa Tanpa Sambungan ( <i>Seamless Pipe</i> )</b> ).....	11
<b>2.3.2 Pipa dengan Sambungan Las ( <i>Welded Steel Pipe</i> )</b> .....	12
<b>2.3.3 Material Pipa</b> .....	12

2.3.4	Standarisasi Pipa.....	14
2.3.5	Industrial Material .....	14
2.3.6	NPS ( <i>Nominal Pipe Size</i> ), Diameter, <i>Schedule</i> , dan ukuran tebal pipa .....	16
2.3.7	Penentuan Ukuran Pipa ( <i>Sizing Pipe</i> ).....	17
2.4	Konfigurasi Pemasangan Sensor Pada Perpipaan .....	17
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>		<b>21</b>
3.1	Peralatan dan Bahan .....	21
3.2	Metodologi.....	21
3.2.1	Diagram Alir Perancangan PLTMH.....	21
3.2.1.1	Perancangan.....	23
3.2.1.2	Penentuan Perangkat Keras.....	27
3.2.1.3	Integrasi <i>Hardware</i> dan <i>Software</i> .....	35
3.2.1.4	Penyimpanan Data ( <i>Data Logger</i> ).....	37
3.3	Diagram Alir Sistem PLTMH.....	37
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>39</b>
4.1	Hasil Perhitungan Perancangan .....	39
4.1.1	Miniatur Bangunan Bendungan .....	39
4.1.2	Pompa Air Pengganti Head Bendungan .....	52
4.1.3	Perpipaan sebagai pengganti pipa pesat .....	56
4.2	Pembahasan .....	63
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>65</b>
5.1	Kesimpulan .....	65
5.2	Saran.....	65



**DAFTAR PUSTAKA .....67**

**BIODATA PENULIS .....**



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Plant PLTMH .....	5
<b>Gambar 2. 2</b> Mekanisme Pompa .....	5
<b>Gambar 2. 3</b> Kurva Performansi .....	7
<b>Gambar 2. 4</b> Pipa Tanpa Sambungan .....	11
<b>Gambar 2. 5</b> pipa dengan sambungan .....	12
<b>Gambar 2. 6</b> Instalasi reduser dan ekspander .....	18
<b>Gambar 2. 7</b> instalasi alat ukur pada knee segaris dan tidak.....	19
<b>Gambar 2. 8</b> instalasi alat ukur dengan katup.....	20
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram alir perancangan PLTMH .....	22
<b>Gambar 3. 2</b> Block flow diagram PLTMH.....	23
<b>Gambar 3. 3</b> Process Flow Diagram PLTMH .....	24
<b>Gambar 3. 4</b> Piping & Instrumentation Diagram PLTMH .....	25
<b>Gambar 3. 5</b> Hook Up Drawing PLTMH .....	26
<b>Gambar 3. 6</b> Desain Tangki Air .....	27
<b>Gambar 3. 7</b> Pompa Air PLTMH .....	30
<b>Gambar 3. 8</b> Diagram Alir Mekanisme Kerja PLTMH .....	37
<b>Gambar 4. 1</b> Desain Tangki Air .....	39
<b>Gambar 4. 2</b> Grafik hubungan antara dimensi dan beban kaca .....	42
<b>Gambar 4. 3</b> Grafik data debit tangki PLTMH.....	44
<b>Gambar 4. 4</b> Tandon air untuk metode jatuh bebas .....	48
<b>Gambar 4. 5</b> Pompa Air pada PLTMH.....	52



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Material pipa dan aplikasinya .....	15
<b>Tabel 2. 5</b> Komponen Perpipaan .....	16
<b>Tabel 4. 1</b> Data penurunan debit tangki .....	44
<b>Tabel 4. 2</b> Energi potensial per satuan waktu.....	46
<b>Tabel 4. 3</b> Energi kinetik per satuan waktu .....	47
<b>Tabel 4. 4</b> Data penurunan debit tandon.....	49
<b>Tabel 4. 5</b> Energi potensial tandon persatuan waktu .....	51
<b>Tabel 4. 6</b> Energi kinetik tandon persatuan waktu .....	52
<b>Tabel 4. 7</b> Perencanaan Pompa pada PLTMH.....	54
<b>Tabel 4. 8</b> Perencanaan Perpipaan pada PLTMH.....	58
<b>Tabel 4. 9</b> daya dihasilkan dari turbin .....	61
<b>Tabel 4. 10</b> daya yang dihasilkan dari turbin dengan air dijatuhkan bebas .....	62



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pengerjaan tugas akhir merupakan peluang bagi mahasiswa untuk turut serta dalam mengembangkan departemen dengan memberikan kontribusi berupa alat bantu praktikum. Alat yang diusulkan adalah sebuah rancang bangun pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) yang dapat mendukung beberapa mata kuliah seperti sistem pengukuran ( listrik, dan aliran ), elektronika industri, program komputer, fisika terapan, teknik otomasi, dan sistem instrumentasi industri.

PLTMH adalah pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air sebagai media utama untuk penggerak turbin dan generator melalui proses perubahan energy mekanik berupa (kecepatan dan tekanan air), yang digunakan untuk menggerakkan turbin air dan generator listrik hingga menghasilkan energi listrik . (NOTOSUDJONO, 2002). dari rancang bangun PLTMH yang diusulkan, didapatkan beberapa permasalahan yang akan dibahas lebih lanjut oleh tiap-tiap anggota dalam kelompok sehingga rancang bangun PLTMH yang diusulkan mampu beroperasi dan menghasilkan keluaran yang sesuai dengan standar industri. Permasalahan yang akan diselesaikan adalah meliputi bagaimana desain dari tiap peralatan yang menunjang, kontroler dari aliran dan *level*, monitoring dari aliran dan *level*, analisa turbin dan generator, *control valve*, dan permasalahan keamanan yang mendukung rancang bangun dari PLTMH.

Berdasarkan hipotesa yang berhasil dirumuskan, dapat dimunculkan solusi dari permasalahan tersebut adalah pada

rancang bangun yang digunakan sebagai acuan untuk mempertahankan prinsip dari turbin pelton. Turbin Pelton merupakan turbin impuls, yaitu turbin yang digerakkan oleh energi potensial air yang jatuh dari ketinggian tertentu.

Semprotan (jet) air yang berkecepatan tinggi mengenai *runner* dan setelah menggerakkan runner air keluar pada kecepatan rendah, yang berarti sebagian energinya tidak diserap oleh runner. Tekanan air masuk dan keluar sudu adalah tekanan atmosfer. (Hadimi, Supandi, & Rohermanto, 2006)

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana desain dari sistem mekanik PLTMH skala laboratorium yang diusulkan ,
2. Bagaimana menentukan ukuran setiap peralatan yang digunakan pada PLTMH yang diusulkan ,

## **1.3 Tujuan**

Tujuan utama dari rancang bangun alat ini adalah untuk memenuhi mata kuliah tugas akhir sebagai syarat kelulusan dari program studi Teknik Instrumentasi, serta untuk memberikan solusi pada rumusan masalah yaitu :

1. Melakukan perancangan sistem mekanik pada PLTMH skala laboratorium.
2. Menentukan ukuran dari setiap peralatan yang digunakan pada PLTMH skala laboratorium



#### **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batas ruang lingkup dari penelitian tugas akhir ini yaitu hanya membahas mengenai perancangan sistem mekanikal pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro. tanpa perancangan turbin, dan *roughness* pada pipa, dengan penentuan ukuran pompa mengikuti perancangan turbin.

#### **1.5 Manfaat**

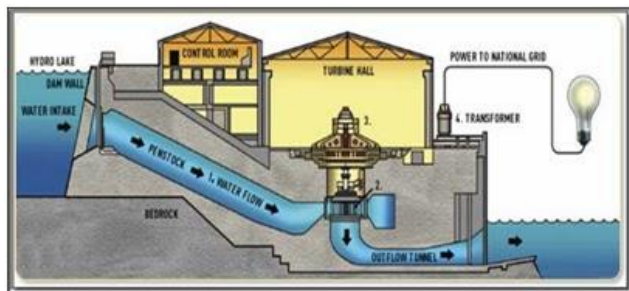
Adapun manfaat dari pengerjaan tugas akhir ini adalah agar berguna bagi departemen sebagai alat bantu berpraktikum.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sistem Mikrohidro

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLMTH), adalah pembangkit listrik dalam skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai penggerak untuk menggerakkan turbin, dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan dan jumlah debit air per detik yang dipicu dengan pompa dan akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan listrik. Secara teknis, mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sebagai sumber energi), turbin dan generator. Mikrohidro mendapatkan energi dari aliran air yang memiliki perbedaan ketinggian tertentu. Secara khusus mikrohidro mengacu pada sistem yang menghasilkan tenaga pada skala 5kW sampai 100kW. Pada dasarnya, mikrohidro memanfaatkan energi potensial jatuhnya air (*head*). Semakin tinggi jatuhnya air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik.

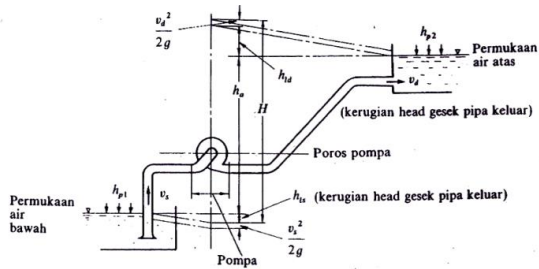


Gambar 2. 1 Plant PLTMH

Gambar diatas menunjukkan komponen sistem dan rincian umum yang ditemukan di fasilitas mikrohidro. Aliran air masuk dari hulu akan dialihkan dalam *water intake* dan akan mengalir ke saluran. Saluran tersebut mengangkut air ke tangki forebay sebelum menuju ke pipa *penstock*. Di dalam tangki, puing-puing akan disaring dan dicegah agar tidak mengenai turbin. Konversi daya akan dilakukan di dalam *power house*, dan turbin akan memindahkan Energi mekanik ke generator, kemudian generator menghasilkan energi listrik (Yulianus Rombe Pasalli\*, 2014)

## 2.2 Mekanisme Pompa

Pompa adalah mesin untuk menggerakkan fluida. Pompa menggerakkan fluida dari tempat bertekanan rendah ke tempat dengan tekanan yang lebih tinggi, untuk mengatasi perbedaan tekanan ini maka diperlukan tenaga (energi). Pompa untuk udara biasa disebut kompresor, kecuali untuk beberapa aplikasi bertekanan rendah, seperti di ventilasi, pemanas, dan pendingin ruangan maka sebutanya menjadi kipas atau penghembus (*blower*). (Ensiklopedia, 2014) penentuan ukuran pompa adalah pencocokan tingkat aliran dan tekanan dari pompa dengan laju aliran dan tekanan yang dibutuhkan pada proses. Massa laju aliran dari sistem terbentuk pada *process flow diagram* oleh kesetimbangan massa. Dengan memahami dan mengetahui tingkat kecocokan dari pompa sebagai peralatan dari suatu proses akan memudahkan desainer dan teknisi untuk membangun sebuah *plant* proses. (Moran, 2016)



**Gambar 2. 2** Mekanisme Pompa

Dalam memilih suatu pompa untuk maksud tertentu, terlebih dahulu harus diketahui aliran serta *head* yang diperlukan untuk mengalirkan zat cair yang akan dipompa. *Head* pompa adalah energi per satuan berat yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang direncanakan sesuai kondisi instalasi pompa atau tekanan untuk mengalirkan sejumlah zat cair, yang umumnya dinyatakan dalam satuan panjang. *Head* dapat bervariasi pada penampang yang berbeda, tetapi pada kenyataannya selalu ada rugi energi. (Sularso, 2000) *Head* total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air seperti yang direncanakan, dan dapat ditentukan dengan persamaan dibawah ini :

*Total head pump = suction head + discharge head*

$$H_{sis} = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{vd^2}{2g} \dots \dots \dots (2.1)$$

- Ket :  
*H<sub>sis</sub>* : *head* sistem pompa  
*h<sub>a</sub>* : *head* statis total  
 $\Delta h_p$  : perbedaan tekanan pada 2 permukaan (  $h_{p2} - h_{p1}$   $\rho h \Delta$  )  
*h<sub>l</sub>* : berbagai kerugian *head* di pipa,

katup, belokan, sambungan (  $h_l = h_{ld}$   
 $+ h_{ls}$  )  
 $v d^2 / 2g$  : *head* kecepatan keluar  
 $g$  : percepatan gravitasi

selain itu dalam penentuan ukuran pompa pada sistem harus dipertimbangkan juga tiap kerugian energi yang ada pada sistem, terdapat 2 macam kerugian pada sistem diantaranya adalah *head losses mayor* dan *head losses minor*, sebagai berikut :

*Head losses mayor* adalah kerugian yang disebabkan karena gesekan fluida dengan pipa, dan dapat dijelaskan dengan persamaan seperti dibawah ini.

$$h_f = f \frac{L v^2}{D^2 g} \dots \dots \dots ( 2.2 )$$

ket :

$h_f$  : *head losses mayor* (m)  
 $f$  : koefisien gesek  
 $L$  : panjang pipa (m)  
 $D$  : Diameter dalam pipa (m)  
 $V$  : kecepatan aliran dalam pipa (m/s)  
 $g$  : percepatan gravitasi (  $m/s^2$  )

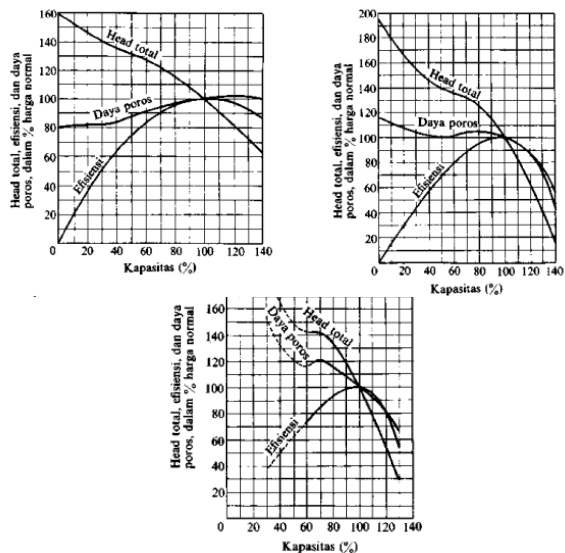
*head losses minor* adalah kerugian yang disebabkan karena adanya komponen lain pada pipa seperti belokan, reduser, dan katup. Dapat dijelaskan dengan persamaan dibawah ini.

$$h_f = k \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots ( 2.3 )$$

- ket :  
 h : *head losses* minor  
 k : koefisien resistansi *valve* dan *fitting*  
 v : kecepatan rata – rata aliran ( m/s )  
 g : percepatan gravitasi ( m/s<sup>2</sup> )

### 2.2.1 Peformansi Pompa

Bentuk pompa pada umumnya bergantung pada kecepatan spesifik ( $n_s$ ). Jadi dapat dimengerti bila karakteristiknya juga akan bergantung pada  $n_s$ . Karakteristik sebuah pompa dapat digambarkan dalam kurva – kurva karakteristik, yang menyatakan besarnya head total pompa, daya poros, dan efisiensi pompa, terhadap kapasitas. Kurva performansi tersebut, pada umumnya digambarkan pada putaran yang tetap.



Gambar 2. 3 Kurva Performansi

Gambar diatas memperlihatkan contoh kurva performansi untuk jenis pompa dengan harga  $n_s$ , yang jauh berbeda – beda. Di sini semua besaran kurva karakteristik dinyatakan dalam persen. Titik 100% untuk harga kapasitas, *head* total pompa, dan daya pompa, diambil pada keadaan efisiensi maksimum. Dari gambar terlihat bahwa kurva *head* – kapasitas menjadi semakin curam pada pompa dengan harga  $n_s$  yang semakin besar. Di sini *head* pada kapasitas nol (*shut off head*) semakin tinggi pada  $n_s$  yang semakin besar. Dalam hal pompa aliran aksial, kurva karakteristiknya memperlihatkan kondisi tak stabil pada *head* total di sekitar 140 sampai 160%.

Kurva daya terhadap kapasitas mempunyai harga minimum bila kapasitas aliran sama dengan nol pada pompa sentrifugal dengan  $n_s$  kecil. Sebaliknya, pada pompa aliran campur dan pompa aliran aksial dengan  $n_s$  besar, harga daya mencapai maksimum pada kapasitas aliran sama dengan nol.

Kurva efisiensi terhadap kapasitas dari pompa sentrifugal umumnya berbentuk mendekati busur lingkaran. Harga efisiensinya hanya sedikit menurun bila kapasitas berubah menjauhi harga optimumnya.

Dalam pemilihan pompa yang tepat bagi keperluan tertentu, karakteristik pompa seperti diuraikan diatas sangat penting untuk diperhatikan dan dipertimbangkan. (Ir. Sularso, 2000)

### **2.3 Perpipaan**

Perpipaan adalah suatu sistem yang digunakan untuk transportasi fluida antar peralatan (*equipment*) dari suatu tempat ke tempat yang lain sehingga proses produksi dapat berlangsung. Komponen sistem perpipaan secara umum terdiri dari : Pipa *Fitting* (*elbow, reducer, tee, flange*, dll),

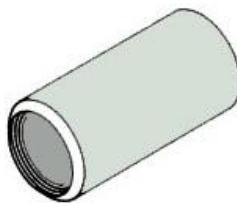


Instrumentasi (peralatan untuk mengukur dan mengendalikan parameter aliran fluida, seperti temperatur, tekanan, laju aliran massa, *level* ketinggian, dll), Peralatan atau *equipment* (penukar kalor, bejana tekan, pompa *compressor*, dll), Penyangga pipa (*pipe support* dan *pipe hanger*). Komponen khusus (*strainer*, *drain*, *vent*, dll).

Pipa adalah suatu komponen berbentuk silindris yang digunakan untuk memindahkan fluida bertekanan yang didesain sedemikian rupa sesuai dengan spesifikasi material tertentu. Pada bab ini akan membahas untuk pipa baja dan pipa besi, karena kedua jenis pipa ini yang paling banyak digunakan terutama pada industri-industri perminyakan. Secara umum pipa dapat diklasifikasikan menjadi dua golongan, yaitu pipa tanpa sambungan (*seamless*) dan pipa dengan sambungan las (*welded*). (Mohinder L Nayyar, 2000)

### 2.3.1 Pipa Tanpa Sambungan ( *Seamless Pipe* )

Pipa *seamless* terbuat dari bahan berbentuk silindris pejal, yang kemudian dibor pada bagian tengahnya, sedangkan bagian luarnya dilakukan pengerolan.

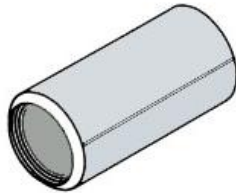


*seamless pipe*

**Gambar 2. 4** Pipa Tanpa Sambungan

### 2.3.2 Pipa dengan Sambungan Las ( *Welded Steel Pipe* )

Pipa *welded* terbuat dari bahan plat yang di roll dan kemudian dilakukan pengelasan pada kedua ujungnya. Proses pengelasan ini dapat dibedakan menjadi :*Electric Resistance Welding* (ERW) berdasarkan tahanan listrik (elektroda leleh), dan *Electric Fusion Welding* (EFW) dengan pemanas filter metal oleh gas. Meskipun pipa tanpa sambungan dan sambungan las keduanya dipakai dalam industri perpipaan, namun pipa tanpa sambungan umumnya dipakai pada tekanan yang tinggi. Jika pipa sambungan las dipakai pada tekanan tinggi, maka harus dilakukan perhitungan terhadap ketebalan dengan memperhitungkan efisiensi pengelasan (relatif terhadap pipa tanpa sambungan). Mengenai efisiensi sambungan las pada pipa sambungan las ini diatur dalam kode (misal pada ANSI B31.1 untuk kekuatan perpipaan).



*straight welded pipe*

**Gambar 2. 5** pipa dengan sambungan

### 2.3.3 Material Pipa

Material-material pipa secara umum adalah *carbon steel*, *carbon moly*, *galvanees*, *ferro nikel*, *stainless steel*, *PVC (paralon)*, *chrome moly*, *viber glass*, aluminum (aluminium), *wrought iron* (besi tanpa tempa), *copper* (tembaga), *red brass* (kuningan merah), *nickel copper monel* (timah tembaga), *nickel chrom iron inconel* (besi timah chrom). Dalam industri, material pipa yang paling umum digunakan adalah *carbon steel*.

*Carbon steel* (baja karbon) adalah material logam yang terbentuk dari unsur utama Fe dan unsur kedua yang berpengaruh pada sifat sifatnya adalah karbon, maksimum kandungan karbon pada baja karbon kurang lebih sebesar 17%. Sedangkan unsur lain yang berpengaruh menurut persentasenya. Kandungan minimum pada baja karbon adalah chrom (Cr), nikel (Ni), molybdenum (Mo) dimana unsur ini akan menambah kekuatan, kekakuan, dan ketahanan terhadap korosi. Secara umum sifat baja ditentukan oleh kandungan C (carbon) berdasarkan kandungan C (carbon) dan unsur-unsur lainnya, maka dikenal :

1. *Low carbon steel*

Baja karbon rendah adalah baja yang mengandung karbon kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah mudah di-machining dan dilas, keuletan dan ketangguhannya sangat tinggi tetapi keuletannya sangat rendah dan aus

2. *High carbon steel*

Baja karbon tinggi adalah baja yang mengandung kandungan karbon 0,6% 4. C1, 7% C dan memiliki tahan panas yang tinggi, kekerasan tinggi namun keuletannya rendah. Baja karbon tinggi mempunyai kuat tarik paling tinggi dan banyak digunakan untuk material tools.

3. *Alloy steel*

Baja paduan di definisikan sebagai suatu baja yang dicampur satu atau lebih unsur campuran seperti nikel, mangan, *molybdenum*, *chromium*, *vanadium*, dan *wolfram* yang berguna untuk memperoleh sifat-sifat baja yang dikehendaki seperti sifat kekuatan, kekerasan dan keuletannya.

4. *Low and intermediate allow steel*

Baja ini digunakan untuk pemakaian temperatur tinggi, dispesifikasikan oleh ANSI B31.1 dengan kandungan logam utamanya adalah chrom (Cr) dan *molybdenum* (Mo).

5. *Austenite stainless steel*

Baja *Austenite stainless steel* adalah baja yang mempunyai kandungan nikel (Ni) dan baja ini tahan terhadap korosi serta temperature tinggi.

### 2.3.4 Standarisasi Pipa

Ukuran, berat, diameter, *schedule*, ketebalan, dan toleransi telah distandarkan dari berbagai tipe dan material pipa. Beberapa organisasi dan lembaga telah mengembangkan standar tersebut, misalnya *American Society Of Mechanical Engineer* (ASME/ANSI), *American Petroleum Institute* (API), *American Society of Testing Materials* (ASTM), *Japanese Industrial Standard* (JIS) dan sebagainya. Menurut Santoso (2007) standard dimensi pipa, dimensi dan material pipa diatur menurut standard kode tertentu, antara lain :

1. ANSI B36.10 mengatur tentang *welded* dan *seamless wrought steel pipe*.
2. ANSI B36.19 mengatur tentang *stainless steel pipe*.
3. ANSI A21.50 dan A21.51 mengatur tentang *ductile iron pipe*.

### 2.3.5 Industrial Material

Semua material yang digunakan dalam industri (misal : pembangkit listrik *power piping*, ANSI B31.1) didefinisikan oleh ASTM (*American Society for Testing and Material*) dan ASME (*American Society of Mechanical Engineer*).

Ketentuan yang diatur oleh ASTM (*American Society for Testing and Material*) meliputi: komposisi kimia, sifat mekanik, finishing, dan test yang diperlukan terhadap material. Spesifikasi yang diatur oleh ASME adalah identik dengan ASTM, tetapi ASME lebih ketat karena untuk pemakaian yang kritis dan biasanya diperlukan ASME Stamp. Sebagai contoh untuk material A 106 (ASTM) akan menjadi SA 106 (ASME). Beberapa material pipa dan aplikasinya dapat dilihat pada tabel

**Tabel 2. 1** Material pipa dan aplikasinya

No	Spesifikasi	Produk	Range NPS	Aplikasi
1	ASTM A-53	<i>Seamless / Welded</i>	1/8" – 26"	<i>Ordinary use in gas, air, oil, water, steam</i>
2	ASTM A-106	<i>Seamless</i>	1/8" – 48"	<i>High-temperature service (steam, water, gas, etc.)</i>
3	ASTM A-369	<i>Forged &amp; Bored</i>	<i>Custom</i>	<i>High-temperature service</i>
4	ASTM A-335	<i>Seamless</i>	<i>Custom</i>	<i>High-temperature service</i>
5	ASTM A-333	<i>Seamless / Welded</i>	1/8" & larger	<i>Service requiring excellent fracture toughness at low temperature</i>
6	ASTM A-671	<i>EFW (Electric Fusion Welded)</i>	16" and larger	<i>Low-temperature service</i>
7	ASTM A-672	<i>EFW (Electric Fusion Welded)</i>	16" and larger	<i>Moderate-temperature service</i>
8	ASTM A-691	<i>EFW (Electric Fusion Welded)</i>	16" and larger	<i>High-temperature service</i>
9	ASTM A-312	<i>Seamless / Welded</i>	1/8" & larger	<i>Low to High-temperature and corrosive service</i>
10	API 5L	<i>Seamless / Welded</i>		<i>Line pipe, refinery, and transmission service</i>

Beberapa material pipa dan komponen-komponen pipa yang umum digunakan sesuai dengan standar kode ANSI B31.1, B31.3, dan B31.4 dapat dilihat pada Tabel **Tabel 2. 5** Komponen Perpipaan

No	Commodity	B31.1 (Power Piping)	B31.3 (Process Piping)	B31.4 (Liquid Fuel Transp. Piping)
1	Pipe	ASTM A 106	ASTM A 53 API 5L	ASTM A 53 API 5L API 5L X
2	Pipe (Low Temp)	ASTM A 333 Gr.6	ASTM A 333 Gr.6	ASTM A 333 Gr.6
3	Pipe (High Temp)	ASTM A 106	ASTM A 106	ASTM A 106
4	Bolting	ASTM A 193 B7	ASTM A 193 B7 ASTM A 320	ASTM A 193 B7 ASTM A 320
5	Nut	ASTM A 194 2H	ASTM A 194 2H	ASTM A 194 2H
6	Fittings	ASTM A 234 WPB	ASTM A 234 WPB	
7	Fittings (Low Temp)	ASTM A 420 WPL6	ASTM A 420 WPL6	ASTM A 420 WPL6
8	Fittings (High Temp)	ASTM A 234 WPB ASTM A 216 WCB	ASTM A 234 WPB ASTM A 216 WCB	ASTM A 234 WPB
9	Flanges	ASTM A 105 ASTM A 181 ASME B16.5	ASTM A 105 ASTM A 181 ASME B16.5	ASTM A 105 ASTM A 181 ASME B16.5
10	Flanges (Low Temp)	ASTM A 350 LF2 ASTM A 352 LCB	ASTM A 350 LF2 ASTM A 352 LCB	ASTM A 350 LF2
11	Flanges (High Temp)	ASTM A 105 ASTM A 181 ASTM A 216 WCB	ASTM A 105 ASTM A 181 ASTM A 216 WCB	ASTM A 105 ASTM A 216 WCB
12	Valves	ASTM A 105 ASME B16.34	ASTM A 105 API 600	API 6D API 600
13	Valves (Low Temp)	ASTM A 350 LF2 ASTM A 352 LCB	ASTM A 350 LF2 ASTM A 352 LCB	
14	Valves (High Temp)	ASTM A 216 WCB	ASTM A 216 WCB	

### 2.3.6 NPS ( Nominal Pipe Size ), Diameter, Schedule, dan ukuran tebal pipa

Pipa di identifikasikan dengan NPS (*Nominal pipe size*) dan nomor Sch (*Schedule*). NPS menunjukkan diameter nominal pipa dalam satuan inchi. NPS bukanlah diameter dalam (ID) maupun diameter luar (OD). NPS difungsikan untuk memudahkan dalam penentuan ukuran pipa dalam perdagangan atau pembelian pipa. Schedule pipa menunjukkan ukuran ketebalan dinding pipa. Untuk suatu NPS tertentu ukuran diameter luar (OD) adalah sama.

yang berbeda adalah diameter dalam (ID) yang tergantung dari nomor schedule-nya. Tebal dinding pipa didefinisikan atau ditunjukkan dengan :

1. Nomor schedule (Standard ANSI atau ASME)
2. API designation (Standard API)
3. Manufacturer's weight (Standard ASTM)

Ukuran tebal dinding pipa menurut beberapa standar adalah sebagai berikut :

1. Standard ANSI atau ASME  
No. Schedule : 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 160
2. Standard ASTM (Manufacturer's Weight)  
Schedule STD (standard), XS (extra strong), XXS (double extra strong)
3. Standard API  
Nilai schedule menurut API

### **2.3.7 Penentuan Ukuran Pipa ( *Sizing Pipe* )**

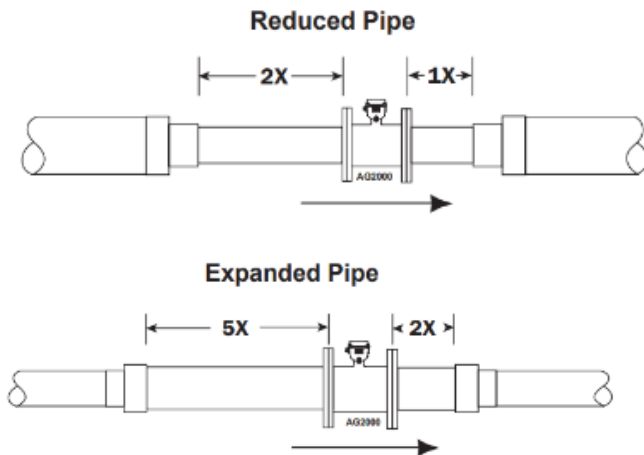
Penentuan ukuran pipa adalah proses pencocokan penggunaan dan penentuan ukuran pipa dilapangan dengan mempertimbangkan kebutuhan pada *plant*, karena pipa dan fitting harus berukuran agar tidak terjadi kesalahan dengan desain yang sudah dibuat. Dengan memilih dan menggunakan pipa yang sesuai dengan kebutuhan akan menghindarkan desainer dan teknisi dari masalah *oversizing* dan *undersizing* yang dimana masalah ini berkaitan dengan biaya. (British Standard Institution, 2008).

## **2.4 Konfigurasi Pemasangan Sensor Pada Perpipa**

Hampir semua *flow meter* harus dipasang sehingga ada adalah jalur pipa lurus yang signifikan sebelum dan sesudah lokasi pengukur aliran. Ini dimaksudkan untuk

mengizinkan pipa lurus dijalankan untuk "memuluskan" setiap turbulensi yang dihasilkan dengan adanya katup, thermowell, injektor kimia dan diffusers, dan perubahan arah pipa. Ini jenis turbulensi menghasilkan kesalahan dalam pembacaan kebanyakan meter arus. Berikut ini adalah panduan instalasi flow meter pada pipa yang sesuai dengan standar dari instalasi *flow meter Seametrics*. Pada *Technical Bulletin*.

1. Instalasi pada reduser dan ekspander

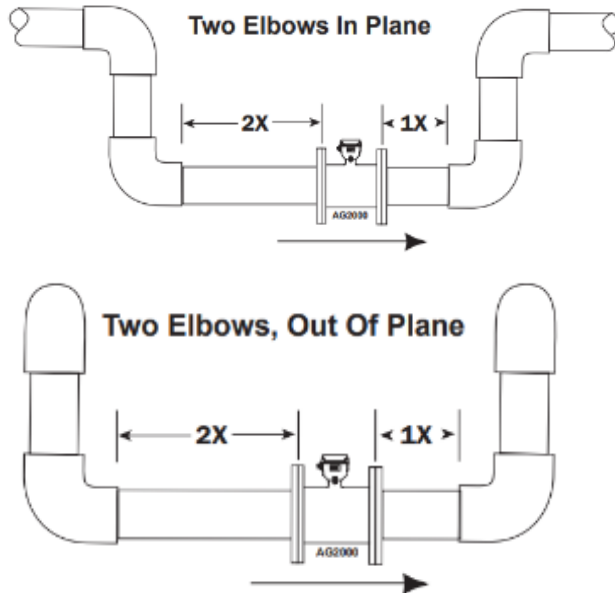


**Gambar 2. 6** Instalasi reduser dan ekspander

Gambar diatas menunjukkan panduan untuk instalasi alat ukur aliran pada perpipaan pada bagian pipa yang mengalami pengecilan atau pelebaran diameter. Untuk bagian ini telah tercantum pada gambar bahwa untuk mendapatkan aliran yang stabil setelah terjadi pengecilan atau pelebaran diameter di anjurkan untuk memasang alat ukur tepat 2x ( x = diameter ) dari ssambungan sebelum, dan 1x pada sambungan sesudah alat ukur jika terjadi pengecilan diameter, sedangkan dianjurkan untuk memasang alat ukur tepat 5x sebelum alat ukur dan



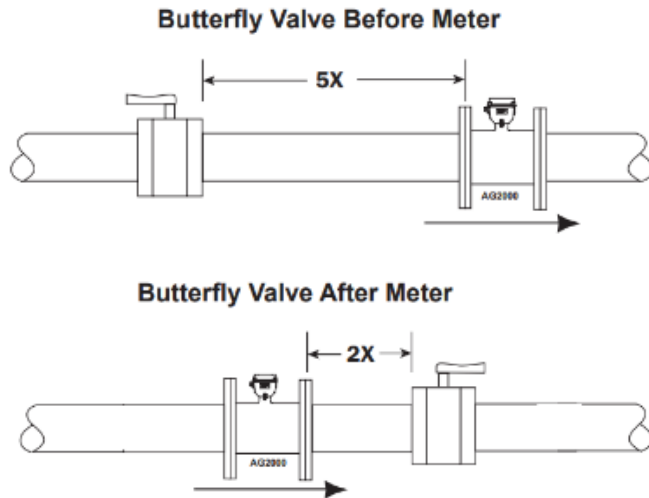
2x sesudah alat ukur jika terjadi pelebaran diameter. Instalasi pada knee yang segaris dan tidak segaris



**Gambar 2. 7** instalasi alat ukur pada knee segaris dan tidak

Gambar diatas mnunjukkan panduan untuk instalasi alat ukur aliran pada perpipaan yang pada bagian pipa yang terpasang *knee*, untuk alat ukur yang akan diletakkan diantara 2 sambungan *knee* maka harus mengikuti panduan tersebut untuk aliran yang lebih stabil dan hasil pembacaan dengan akurasi yang akurat. Jarak yang di anjurkan untuk alat ukur yang terletak diantara dua *knee* adalah 2x dari *knee* sebelum alat ukur, dan 1x dari *knee* sesudah alat ukur. Dengan demikian diharapkan dapat didapatkan hasil pembacaan yang akurat jika panduan telah ikuti dengan baik.

## 2. Instalasi alat ukur dengan katup



**Gambar 2. 8** instalasi alat ukur dengan katup

Gambar diatas adalah panduan untuk instalasi alat ukur dengan sebuah *check valve*, untuk mendapatkan aliran yang stabil dan hasil ukur dengan akurasi yang maksimal maka pemasangan alat ukur untuk setelah *check valve* adalah dengan jarak sebesar 5x, sedangkan untuk pemasangan sesudah *check valve* adalah dengan jarak 2x.

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Peralatan dan Bahan**

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan alat PLTMH ini adalah sebagai berikut :

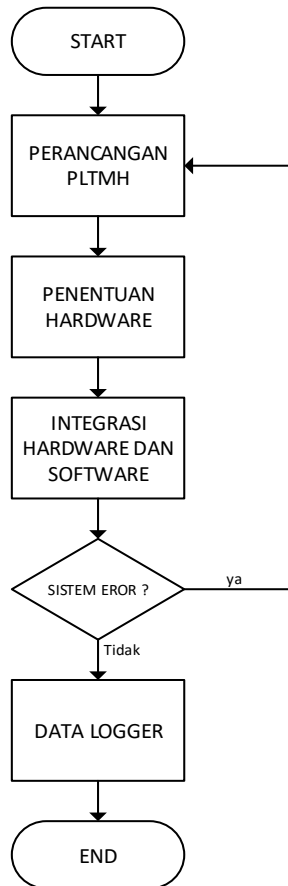
1. 2 unit tangki air
2. 2 unit pompa air
3. 1 unit turbin pelton
4. 1 unit generator
5. 15 meter pipa PVC
6. 8 *Shock* drat dalam
7. 8 *Shock* drat luar
8. 10 *Water Moor*
9. Lem Pipa
10. Isolasi Pipa

### **3.2 Metodologi**

Adapun metodologi pada perancangan PLTMH ini adalah sebagai berikut :

#### **3.2.1 Diagram Alir Perancangan PLTMH**

Diagram alir dibawah ini adalah diagram alir yang menunjukkan tahapan perancangan dari pembangkit listrik tenaga mikrohidro, yang tersusun secara sistematis dimulai dari perancangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro, penentuan *hardware* yang akan digunakan, integrasi *hardware* dengan *software* untuk kontrol, dan proses penyimpanan data pembacaan dari tiap variabel yang dikendalikan pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini.

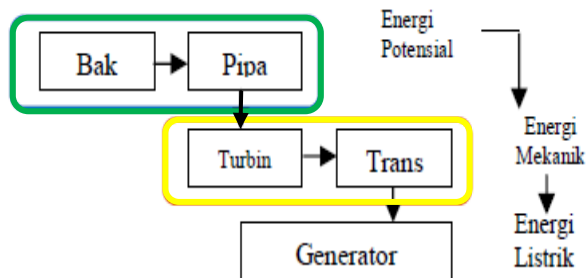


**Gambar 3. 1** Diagram alir perancangan PLTMH

### 3.2.1.1 Perancangan

Berikut ini adalah gambar perancangan dimulai dari BFD, PFD, P&ID dan desain 2D dari Plant PLTMH. Yang akan membantu menjelaskan Proses dan prinsip dari PLTMH yaitu :

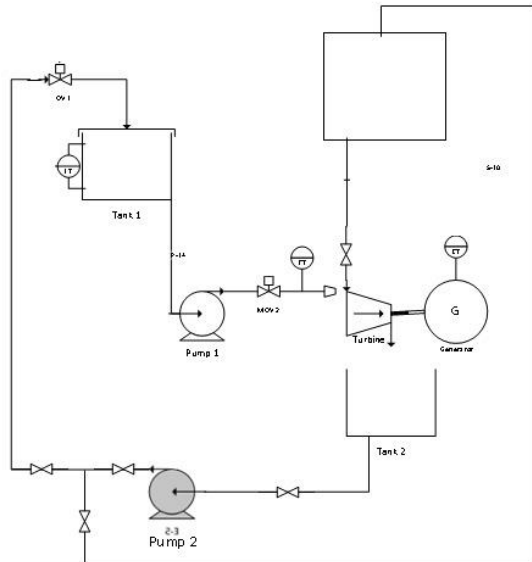
#### 1. *Block Flow Diagram ( BFD )*



**Gambar 3. 2** Block flow diagram PLTMH

Gambar diatas adalah BFD dari PLTMH skala laboratorium yang berfungsi untuk mengetahui tahapan dari mekanisme kerja alat PLTMH. Yang di mulai dari bak atau tangki penyimpanan air kemudian di alirkan melalui pipa dengan bantuan pompa dengan tujuan untuk memenuhi prinsip dari PLTMH di dunia nyata. Dan selanjutnya air dari pompa akan di hantamkan ke turbin yang sudah dikopel dengan generator untuk bisa menggerakkan turbin dan generator sehingga dapat menghasilkan listrik. Perubahan energi yang terjadi pada sistem ini adalah energi potensial yang di dapat dari jatuh bebas di rubah menjadi energi mekanik ketika menghantam turbin dan akan menjadi energi listrik saat turbin mampu menggerakkan generator.

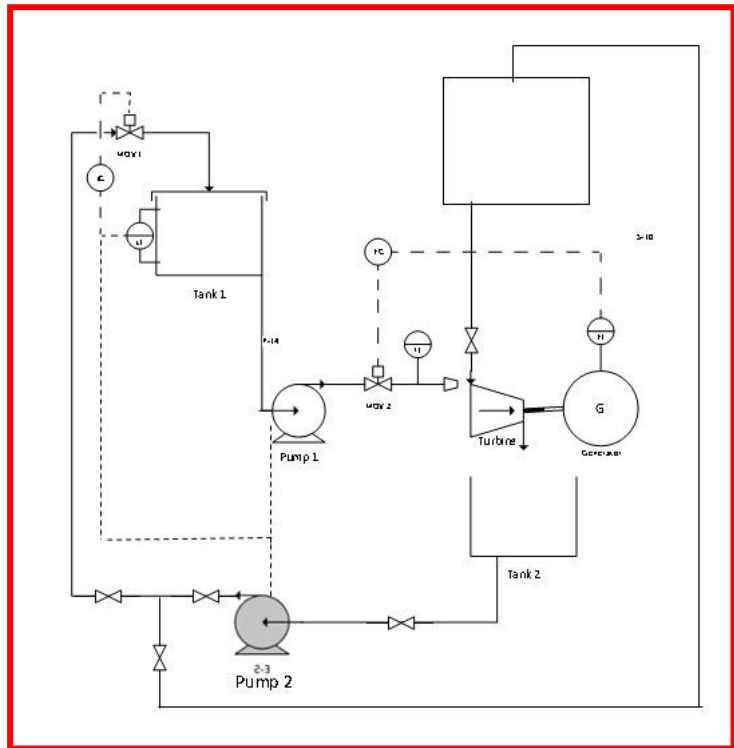
## 2. Process Flow Diagram ( PFD )



**Gambar 3. 3** Process Flow Diagram PLTMH

Gambar 3.3 adalah *process flow diagram* yang menjelaskan tentang tahapan proses pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan menunjukkan setiap peralatan yang digunakan. Diagram ini digunakan sebagai acuan lebih lanjut dalam skala desain untuk mempermudah proses implementasi dalam wujud sebenarnya, dalam tahapan ini lebih di tekankan pada penentuan jenis peralatan, jumlah peralatan yang dibutuhkan dan lokasi penempatan peralatan pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro.

### 1. Piping and Instrumentation Diagram ( P&ID )

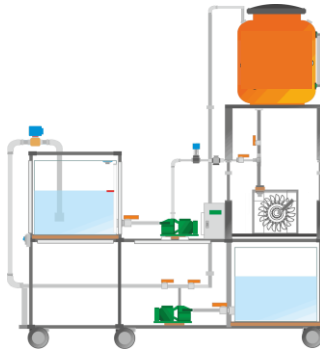


**Gambar 3. 4** Piping & Instrumentation Diagram PLTMH

Pada gambar 3.4 dijelaskan tentang p&id dari plant PLTMH dengan adanya kotak merah yang menunjukkan ranah kerja dari tugas akhir kali ini yakni desain sistem mekanikal, yang meliputi penentuan (*sizing*) ( pompa, perpipaan, katup, tangki air, dan peralatan pendukung lainnya ), Yang dimana diharapkan dengan adanya p&id ini dapat menjelaskan tentang identifikasi dari komponen – komponen yang dipergunakan dalam *plant* ini, juga bagaimana cara setiap instrument yang ada dalam plant

PLTMH ini terhubung satu sama lain, dan menunjukkan dimana lokasi dari masing – masing instrument dan, untuk memudahkan teknisi pada saat melakukan *maintenance*, *troubleshooting*, ataupun monitoring dari proses yang berjalan, serta menjelaskan fungsi dari proses yang ada dalam *plant* PLTMH ini. sehingga baik untuk desainer dan teknisi dengan adanya p&id ini dapat memudahkan pekerjaan masing - masing. Sementara gambar berikutnya adalah desain 2 dimensi dari plant PLTMH yang akan dibangun dengan memberikan gambar rancangan ini diharapkan dapat memberikan informasi dan gambaran bagaimana wujud dari plant ketika sudah dibangun yang kurang lebih akan sama dengan desain 2 dimensi dibawah ini.

### 3. Hook Up Drawing 2D



**Gambar 3. 5** Hook Up Drawing PLTMH

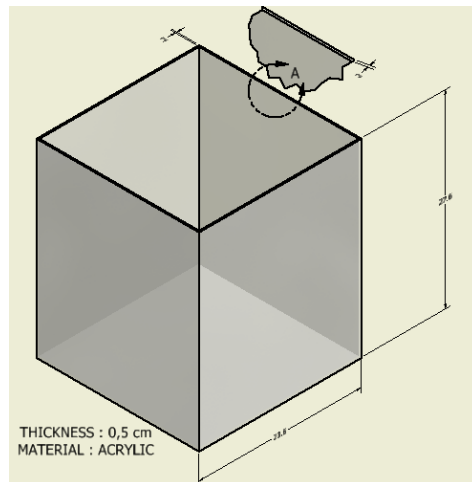
Pada gambar 2 dimensi diatas terdapat gambaran rencana lokasi penempatan masing – masing *equipment*. Dimana untuk pipa akan menggunakan pipa dengan diameter 1 inch atau 2,54 cm diikuti dengan komponen lainnya seperti MOV sebanyak 2 buah yang dimana MOV 1 akan digunakan untuk mengatur pengisian tangki air 1



sedangkan MOV 2 akan digunakan untuk mengatur variasi debit yang akan diintegrasikan dengan *nozle* untuk menggerakkan turbin pelton. Sementara itu penggunaan 2 pompa air dan 2 tangki air dengan kapasitas 250 liter yang direncanakan akan terbuat seperti aquarium. Dimana tangki air 1 akan menjadi tangki air untuk sumber dari penggerak turbin yang akan diintegrasikan dengan pompa air 1, sementara tangki air 2 akan menampung air jatuh dari turbin dan pompa air 2 akan berfungsi sebagai pengisi tangki air 1 untuk menjaga volume air pada tangki 2. Sedangkan tangki air 3 berfungsi sebagai pembanding, dimana air dari tangki air 3 akan dijatuhkan bebas tepat ke arah turbin pelton.

### 3.2.1.2 Penentuan Perangkat Keras

1. Tangki air sebagai miniatur bangunan bendungan.



**Gambar 3. 6** Desain Tangki Air

Bangunan bendungan adalah bangunan yang berfungsi untuk meningkatkan ketinggian permukaan air, sehingga

permukaan air dapat mengalir ke area yang lebih rendah dari elevasi permukaan air pada bendungan. Selain itu fungsi dari bendungan juga untuk menjamin pasokan air yang direncanakan untuk memasuki intake pada pipa pesat ( penstock ). Tangki air yang dipergunakan memiliki kapasitas 250 liter. Dengan dimensi  $P = 60 \text{ cm}$  ,  $L = 60 \text{ cm}$  ,  $T = 70 \text{ cm}$  maka tangki ini memiliki kapasitas 252 liter namun yang di pergunakan hanya 250 liter dan material yang digunakan pada tangki air adalah kaca, dipergunakan material kaca agar saat dipergunakan untuk berpraktikum mahasiswa dapat memonitoring level pada tangki air secara langsung.

Pemilihan material kaca dengan ketebalan 5 mm untuk tangki air dengan kapasitas 250 liter dinilai cukup kuat dan aman, hal ini dapat dibuktikan dengan melakukan perhitungan terhadap kekuatan material terhadap tekanan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Tegangan kaca :

- a. Tegangan arah longitudinal :

$$\sigma_L \text{ max} = \frac{0,716p}{t2}$$

- b. Tegangan arah radial :

$$\sigma_R \text{ max} = \frac{0,718p}{t2}$$

- c. Tegangan hancur kaca :

$$\sigma_f = -0.661 t + 30.61$$

Dimana :  $P = \text{beban (N)}$

$t = \text{ketebalan kaca (mm)}$

$\sigma_f = \text{Tegangan hancur kaca (N/mm}^2\text{)}$

dengan syarat : untuk  $t = 3 \text{ mm}$  ,  $P \leq 4000 \text{ N}$   
 $t = 5 \text{ mm}$  ,  $P \leq 10000 \text{ N}$   
 $t = 8 \text{ mm}$  ,  $P \leq 30000 \text{ N}$   
 $t = 10 \text{ mm}$  ,  $P \leq 40000 \text{ N}$

Kapasitas tangki air :

$$V = P \times L \times T \dots\dots\dots(3.1)$$

Data perencanaan sistem pembangkit mikrohidro disajikan dalam tabel dibawah ini. Dengan mengetahui nilai head dan diameter pipa pesat maka kapasitas aliran dapat diketahui.

**Tabel 3. 1** Perencanaan Sistem PLTMH

<b>Parameter</b>	<b>Nilai</b>
Volume tangki air	250 Liter
Panjang pipa dari tangki ke pompa	50 cm
Diameter pipa pesat	1 Dim

Luas penampang pipa :

$$A = \pi r^2 \dots\dots\dots(3.2)$$

Debit air dari tangki ke pompa :

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots(3.3)$$

## 2. Pompa air sebagai pengganti head bendungan



**Gambar 3. 7** Pompa Air PLTMH

Hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan pompa untuk PLTMH Skala Laboraturium adalah kebutuhan daya yang ingin dihasilkan dari PLTMH serta kapasitas dari tangki air masukan untuk pompa agar sistem sistem berjalan secara stabil. Dalam sistem ini posisi pompa adalah menggantikan posisi pipa pesat ( *Penstock* ) pada PLTMH yang sesungguhnya dikarenakan lokasi yang terbatas sehingga tidak memungkinkan untuk menggunakan prinsip PLTMH turbin pelton yang memanfaatkan aliran kecil dan head tinggi.

Data perencanaan pompa pada PLTMH disajikan dalam tabel dibawah ini. Dengan mengetahui spesifikasi dari pompa maka kapasitas aliran setelah pompa dapat diketahui.

**Tabel 3. 2** Perencanaan Pompa pada PLTMH

<b>Parameter</b>	<b>Nilai</b>
<i>Head</i> isap	5 m
<i>Head</i> dorong	21 m
Daya listrik	125 watt
Tegangan	220v / 50 Hz

Prinsip dari PLTMH adalah dengan memanfaatkan aliran kecil dan head yang tinggi dan menggunakan pipa pesat ( *Penstock* ) untuk mengalirkan air dari tangki penampungan menuju *nozzle* agar dapat menggerakkan turbin. Dikerenakan keterbatasan ruang dari laboratorium maka penggunaan *penstock* akan digantikan dengan pompa, selain itu penggunaan pompa juga bertujuan memenuhi prinsip dari PLTMH yang memanfaatkan *head* yang tinggi dengan menggunakan persamaan dari *head* total pompa, dengan persamaan dibawah ini :

$$\text{Total head pump} = \text{suction head} + \text{discharge head}$$

Diketahui data dari tabel spesifikasi pompa dengan merek JET – 108 BIT memiliki :

*Suction head* : 5 m

*Discharge head* : 21 m

Di gunakan pompa dengan *suction head* sebesar 5 m dan *discharge head* sebesar 21 m adalah untuk menjaga

kemampuan isap dan dorong dari pompa agar tetap kuat, dan mampu memutar turbin. *Head* total pompa dapat di tentukan dengan melihat langsung pada spesifikasi dari pompa, dan dalam tugas akhir ini digunakan pompa dengan daya 50 L/Min dengan *head* total pompa sebesar 26 m dikarenakan kebutuhan dari sistem untuk menghasilkan daya sebesar 10 – 30 watt.

Debit pompa :

$$Q_{\text{pompa}} = 50 \text{ L / Min} \dots\dots\dots(3.4)$$

Kecepatan air pompa :

$$V = \frac{Q}{A} \quad (3.5)$$

Perkiraan daya yang dihasilkan :

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \dots\dots\dots(3.6)$$

Kerugian aliran pada pipa setelah pompa :

Setelah pompa terdapat pipa sepanjang 1,5 m dengan diameter 1 dim yang langsung mengarah ke arah turbin untuk menggerakkan turbin. Pada pipa ini dirancang akan memiliki beberapa aksesoris dan secara langsung akan menimbulkan kerugian – kerugian pada aliran air, seperti :

*Reynold Number* :

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad \dots\dots\dots(3.7)$$

Koefisien gesek :

$$f = \frac{64}{Re} \dots\dots\dots(3.8)$$

*Head loss mayor :*

- Kerugian gesek pada dinding pipa lurus

$$H_f = f \frac{L \cdot V^2}{D \cdot 2 \cdot g} \dots \dots \dots (3.9)$$

*Head loss minor :*

- Kerugian pada *flow meter* :

$$H = K \frac{V^2}{2 \cdot g} \dots \dots \dots (3.10)$$

- Kerugian pada *nozzle* :

$$H = K \frac{V^2}{2 \cdot g} \dots \dots \dots (3.11)$$

- Kerugian pada belokan :

$$H = K \frac{V^2}{2 \cdot g} \dots \dots \dots (3.12)$$

Head loss total :

$$H_l \text{ total} = H_l \text{ mayor} - H_l \text{ minor} \dots \dots \dots (3.13)$$

yang akan menyebabkan menurunnya debit dan tekanan air yang mengalir pada pompa. Sehingga akan dapat diperkirakan daya yang dapat dihasilkan dengan menggunakan pompa 50 L / min dengan adanya kerugian – kerugian tersebut adalah sebesar :

Head nett :

$$H_{\text{eff}} = H_{\text{gross}} - H_l \text{ total} \dots \dots \dots (3.14)$$

Daya yang dihasilkan :

$$P = V \times I \dots \dots \dots (3.15)$$

Adapun jumlah energi yang dihasilkan dalam satuan

waktu tertentu dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$E = P \cdot t \dots\dots\dots (3.16)$$

### 3. Perpipaan sebagai miniatur pengganti pipa pesat (*penstock*)

Pipa pesat (*penstock*) adalah suatu pipa tekan yang berfungsi untuk mengalirkan air dari bak penenang (*forebay*) atau langsung menuju pada saluran pembawa (*headrace*) ke turbin, dan pipa pesat juga berfungsi menjaga besarnya debit agar tetap konstan.

Debit yang mengalir dalam pipa pesat adalah debit rencana yang telah ditentukan pada kebutuhan debit maksimal untuk menggerakkan turbin dan analisa data debit yakni sebesar 50 L/menit , sama dengan  $8,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$

Dalam perancangan pipa pesat ada beberapa hal yang harus diperhatikan, diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. Diameter pipa pesat (*penstock*)
- b. Tebal pipa pesat (*penstock*)
- c. Tegangan yang terjadi apabila akibat perubahan temperatur pipa pesat, tegangan *expansion joint*, tegangan *reduction joint*, tegangan pada sambungan pipa pesat,

Sementara pada bagian perpipaan direncanakan menggunakan pipa dengan ukuran diameter  $1 \text{ dim} = 0,0254 \text{ m} = 2,54 \text{ cm}$ , yang berbahan PVC (*Polyvinyl Chloride*). Pemilihan pipa dengan material tersebut dirasa cukup karena jenis fluida yang dialirkan dalam pipa berupa air saja dengan temperatur yang stabil. Sesuai dengan SNI



7511:2011 dan acuan normatif ISO TR 4191 *Unplasticized polyvinyl chloride ( PVC -U ) Pipes for water supply*. Juga untuk mendukung komponen lain yang menggunakan ukuran sama yakni 1 dim.

Data perencanaan pipa pada PLTMH disajikan dalam tabel dibawah in. Dengan mengetahui spesifikasi dan kebutuhan dari pipa, fitting, dan katup maka kebutuhan pipa dapat diketahui.

**Tabel 3. 3** Perencanaan Perpipaan pada PLTMH

No	Posisi pipa	Panjang ( cm )
1	Tangki 1 ke pompa 1	50 cm
2	Pompa 1 ke nozel	150 cm
3	Tangki 2 ke pompa 2	50 cm
4	Pompa 2 ke tangki 1	250 cm

### 3.2.1.3 Integrasi *Hardware* dan *Software*

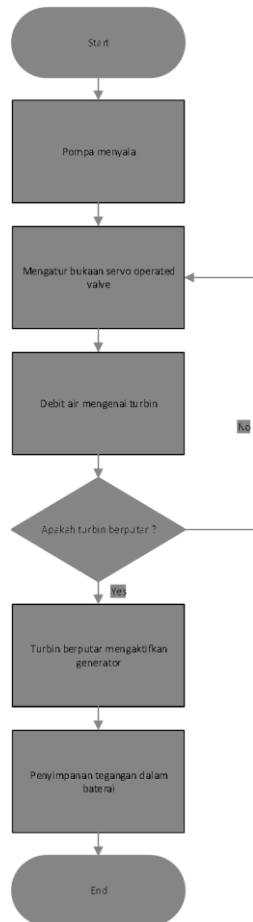
Dalam tahap integrasi perangkat keras dan perangkat lunak ini dilakukan penggabungan dan penyesuaian kerja perangkat lunak dengan perangkat keras yang sudah dipersiapkan untuk selanjutnya agar alat dapat berfungsi sesuai yang direncanakan. Pengintegrasian pada tangki 1 adalah untuk pembacaan level pada tangki secara otomatis serta melakukan penyimpanan data level air secara berkala, untuk pengintegrasian setelah pompa 1 terletak pada alat ukur aliran yang akan memvariasikan aliran air dengan bantuan *mov*, dan yang berikutnya terletak pada bagian turbin yang akan memonitoring kecepatan putar turbin untuk menjadi frekuensi dari generator serta di simpan datanya sebagai dokumentasi.

#### **3.2.1.4 Penyimpanan Data ( *Data Logger* )**

dalam tahap penyimpanan data ini dilakukan penyimpanan data hasil monitoring dari alat, yang selanjutnya akan dipergunakan sebagai sarana dokumentasi. Penyimpanan data hasil ukur ini terletak pada tiga variabel yakni *level*, *flow*, dan kecepatan putar. Untuk *level* terletak pada tangki pertama untuk menjaga kestabilan tangki, untuk *flow* terletak sebelum *nozzle* untuk memvariasikan kecepatan air, dan untuk kecepatan putar terletak pada turbin yang akan di pantau perubahannya

### 3.3 Diagram Alir Sistem PLTMH

Dibawah ini diagram alir dari sistem PLTMH Skala Laboraturium, sebagai berikut :



**Gambar 3. 8** Diagram Alir Mekanisme

Diagram alir diatas adalah diagram alir yang digunakan untuk menggambarkan mekanisme kerja keseluruhan dari alat pembangkit listrik tenaga mikrohidro, yang di jadikan sebagai acuan untuk mengetahui tahapan – tahapan dari kerja alat.

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1 Hasil Perhitungan Perancangan**

Adapun hasil perhitungan pada perancangan sistem mekanikal pembangkit listrik tenaga mikrohidro skala laboratorium adalah sebagai berikut :

#### **4.1.1 Miniatur Bangunan Bendungan**

Pada perancangan plant PLTMH Skala Laboratorium ini, menggunakan dua metode yang berbeda untuk mengetahui perbandingan dari kedua metode tersebut, diantaranya adalah :

1. Tangki air dengan pompa air



**Gambar 4. 1** Desain Tangki Air

Tangki air ini dipergunakan pada posisi tangki air 1 dan 2 yang bertujuan sebagai miniatur bendungan, sementara bendungan adalah bangunan yang berfungsi

untuk meningkatkan ketinggian permukaan air, sehingga permukaan air dapat mengalir ke area yang lebih rendah dari elevasi permukaan air pada bendungan. Selain itu fungsi dari bendungan juga untuk menjamin pasokan air yang direncanakan untuk memasuki *intake* pada pipa pesat ( *penstock* ) Tangki air yang dipergunakan memiliki kapasitas 250 liter. Dengan dimensi P = 60 cm , L = 60 cm , T = 70 cm maka tangki ini memiliki kapasitas 252 liter namun yang di pergunakan hanya 250 liter dan material yang digunakan pada tangki air adalah kaca, dipergunakan material kaca agar saat dipergunakan untuk berpraktikum mahasiswa dapat mengamati *level* pada tangki air secara langsung.

Pemilihan material kaca dengan ketebalan 5 mm untuk tangki air dengan kapasitas 250 liter dinilai cukup kuat dan aman, hal ini dapat dibuktikan dengan melakukan perhitungan terhadap kekuatan material terhadap tekanan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Tegangan kaca :

- a. Tegangan arah longitudinal :

$$\begin{aligned}\sigma_L \max &= \frac{0,716p}{t^2} \\ &= \frac{0,716 \times 2451,6}{(5)^2} \\ &= \frac{1775,34}{25} \\ &= 70,21 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

- b. Tegangan arah radial :

$$\begin{aligned}\sigma_R \max &= \frac{0,718p}{t^2} \\ &= \frac{0,718 \times 2451,6}{(5)^2}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,718 \times 2451,6}{(5)^2} \\
 &= \frac{1760,24}{25} \\
 &= 70,41 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

c. Tegangan hancur kaca :

$$\begin{aligned}
 \sigma_f &= -0.661 t + 30.61 \\
 &= -0.661 \times 5 + 30.61 \\
 &= -3,305 + 30.61 \\
 &= 27,305 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Dimana : P = beban (N)

t = ketebalan kaca (mm)

$\sigma_f$  = Tegangan hancur kaca (N/mm<sup>2</sup>)

dengan syarat : untuk t = 3 mm , P ≤ 4000 N

t = 5 mm , P ≤ 10000 N

t = 8 mm , P ≤ 30000 N

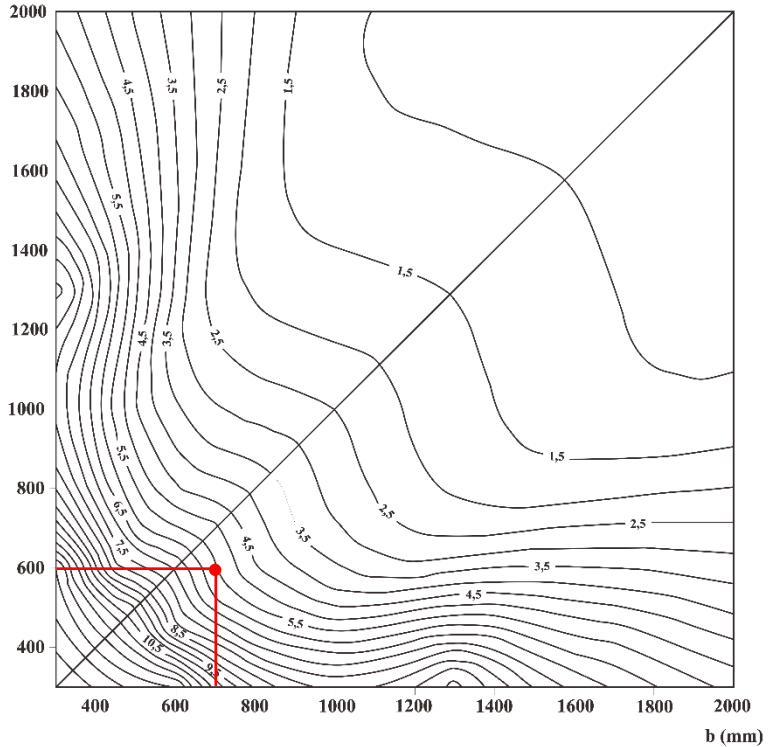
t = 10 mm, P ≤ 40000 N

dengan tebal kaca yang digunakan sebagai tangki air adalah 5 mm, dan diketahui beban pada tangki adalah 2451,6 N. Dan diketahui dari hasil perhitungan tegangan hancur kaca, bahwa kaca dengan tebal 5 mm mampu menahan tegangan sebesar 27,305 N/mm<sup>2</sup>. Dengan batas toleransi untuk beban pada kaca dengan tebal 5 mm adalah sebesar 10000 N, maka tangki yang dipergunakan dinilai mampu untuk beban sebesar 2451,6 N dan tegangan maksimal sebesar 27,305 N/mm<sup>2</sup>.

grafik hubungan antara dimensi dan beban kaca :

$t = 5 \text{ mm}$

$h \text{ (mm)}$



**Gambar 4. 2** Grafik hubungan antara dimensi dan beban kaca

Keterangan :  $b$  = lebar kaca (mm)

$h$  = tinggi kaca (mm)

$q$  = beban maksimum yang mampu dipikul oleh kaca untuk dimensi tertentu (kPa)



berdasarkan dimensi dari tangki air yang dimiliki, diketahui beban maksimum yang mampu dipikul oleh kaca pada dimensi dengan lebar 60 cm dan tinggi 70 cm adalah sekitar 5,5 kPa. Jadi, jika beban maksimum yang diterima oleh tangki kaca melebihi 5,5 kPa maka akan menyebabkan retak hingga pecahnya dinding kaca pada tangki air.

Kapasitas tangki air :

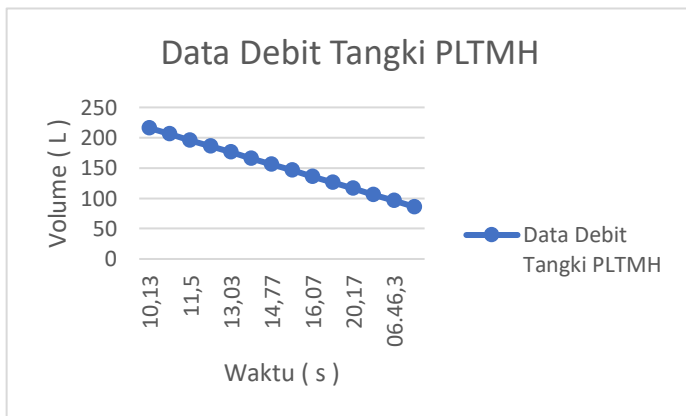
$$\begin{aligned}V &= P \times L \times T \\&= 60 \text{ cm} \times 60 \text{ cm} \times 70 \text{ cm} \\&= 252 \times 10^3 \text{ cm}^3 \\&= 252 \text{ dm}^3 \\&= 0,252 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan kapasitas tangki didapatkan hasil sebesar 252 dm<sup>3</sup> bertujuan untuk memberikan ruang lebih untuk menjaga tumpahnya air. Namun yang di pergunakan tetap pada *set point* 250 dm<sup>3</sup>.

Data perencanaan sistem pembangkit mikrohidro didapatkan dengan cara melakukan pengamatan penurunan debit dan tekanan air pada tangki dengan cara mengisi penuh tangki dan kemudian *valve* dibuka secara manual dengan keluaran air sebanyak 10 L dan dicatat waktu yang dibutuhkan tangki untuk mengeluarkan air 10 L dari kondisi penuh hingga habis. Data yang didapat disajikan pada tabel sebagai berikut :

**Tabel 4. 1** Data penurunan debit tangki

No	Tinggi air ( m )	Volume tangki ( m <sup>3</sup> )	waktu ( s )	debit air ( m <sup>3</sup> /s )	kecepatan air ( m/s )
1	0,60	0,22	10,13	0,021	0,43
2	0,57	0,21	10,96	0,019	0,38
3	0,54	0,20	11,50	0,017	0,34
4	0,51	0,19	12,44	0,015	0,30
5	0,48	0,18	13,03	0,014	0,27
6	0,46	0,17	13,99	0,012	0,24
7	0,43	0,16	14,77	0,011	0,21
8	0,40	0,15	15,17	0,010	0,19
9	0,37	0,14	16,07	0,008	0,17
10	0,34	0,13	18,43	0,007	0,14
11	0,32	0,12	20,17	0,006	0,12
12	0,29	0,11	42,68	0,002	0,05
13	0,26	0,10	48,13	0,002	0,04

**Gambar 4. 3** Grafik data debit tangki PLTMH

Dengan melakukan percobaan diatas, didapatkan data kapasitas tangki air dan energi konten yang ada pada tangki air adalah sebagai berikut :

- **Kapasitas Tangki Air :**

Luas penampang pipa :

$$\begin{aligned} A &= \pi r^2 \\ &= (3,14) (1,27 \times 10^{-2})^2 \\ &= (3,14) (1,6 \times 10^{-4}) \\ &= 5,06 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Debit air dari tangki ke pompa :

$$\begin{aligned} Q &= V \times t \\ &= (0,22 \text{ m}^3) (10,13 \text{ s}) \\ &= 2,1 \times 10^{-2} \text{ m} \end{aligned}$$

Kecepatan air dari tangki ke pompa :

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{2,1 \times 10^{-2}}{5,06 \times 10^{-4}} \\ &= 0,43 \text{ m/s} \end{aligned}$$

- **Energi Konten Pada Tangki Air :**

Energi potensial yang terdapat pada tangki air 1 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E_{p1} &= m \cdot g \cdot H \\ &= 216 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,6 \text{ m} \\ &= 216 \cdot 5,8 \text{ m} \\ &= 1270 \text{ J} \end{aligned}$$

Energi potensial yang terdapat pada tangki air 2 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 E_{p2} &= m \cdot g \cdot H \\
 &= 216 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,6 \text{ m} \\
 &= 216 \cdot 5,8 \text{ m} \\
 &= 1270 \text{ J}
 \end{aligned}$$

Perhitungan diatas adalah contoh dari bagaimana melakukan perhitungan energi potensial pada tiap tangki air, yang kemudian pada data akan di hitung energi potensial per satuan waktu.

**Tabel 4. 2** Energi potensial per satuan waktu

No	Tinggi air ( m )	Volume tangki ( m <sup>3</sup> )	waktu ( s )	debit air ( m <sup>3</sup> /s )	Massa air ( kg )	Energi potensial ( J )
1	0,60	0,22	10,13	0,021	216	1270
2	0,57	0,21	10,96	0,019	206	1151
3	0,54	0,20	11,50	0,017	196	1037
4	0,51	0,19	12,44	0,015	186	930
5	0,48	0,18	13,03	0,014	176	828
6	0,46	0,17	13,99	0,012	166	748
7	0,43	0,16	14,77	0,011	156	657
8	0,40	0,15	15,17	0,010	146	572
9	0,37	0,14	16,07	0,008	136	493
10	0,34	0,13	18,43	0,007	126	420
11	0,32	0,12	20,17	0,006	116	364
12	0,29	0,11	42,68	0,002	106	301
13	0,26	0,10	48,13	0,002	96	245

Sedangkan energi kinetik pada tangki air adalah sebagai berikut :

Energi kinetik yang dihasilkan dari tangki air 1 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 E_{k1} &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \\
 &= 0,5 \cdot 216 \text{ kg} \cdot ( 0,43 )^2 \\
 &= 108 \cdot ( 0,43 )^2 \\
 &= 108 \cdot 0,182 \\
 &= 19,64 \text{ J}
 \end{aligned}$$

Energi kinetik yang dihasilkan dari tangki air 2 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Ek_2 &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \\
 &= 0,5 \cdot 216 \text{ kg} \cdot (0,43)^2 \\
 &= 108 \cdot (0,43)^2 \\
 &= 108 \cdot 0,182 \\
 &= 19,64 \text{ J}
 \end{aligned}$$

Perhitungan diatas adalah contoh dari bagaimana melakukan perhitungan energi kinetik pada tiap tangki air, yang kemudian pada data akan di hitung energi kinetik per satuan waktu

**Tabel 4. 3** Energi kinetik per satuan waktu

No	Tinggi air ( m )	Volume tangki ( m <sup>3</sup> )	waktu ( s )	debit air ( m <sup>3</sup> /s )	kecepatan air ( m/s )	Massa air ( kg )	energi kinetik ( J )
1	0,60	0,22	10,13	0,021	0,43	216,00	19,64
2	0,57	0,21	10,96	0,019	0,38	206,00	14,55
3	0,54	0,20	11,50	0,017	0,34	196,00	11,39
4	0,51	0,19	12,44	0,015	0,30	186,00	8,32
5	0,48	0,18	13,03	0,014	0,27	176,00	6,42
6	0,46	0,17	13,99	0,012	0,24	166,00	4,67
7	0,43	0,16	14,77	0,011	0,21	156,00	3,48
8	0,40	0,15	15,17	0,010	0,19	146,00	2,70
9	0,37	0,14	16,07	0,008	0,17	136,00	1,95
10	0,34	0,13	18,43	0,007	0,14	126,00	1,18
11	0,32	0,12	20,17	0,006	0,12	116,00	0,77
12	0,29	0,11	42,68	0,002	0,05	106,00	0,13
13	0,26	0,10	48,13	0,002	0,04	96,00	0,08

Energi mekanik untuk menggerakkan turbin dari tangki adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 E_m &= E_p + E_k \\
 &= 1270 \text{ J} + 19,64 \text{ J} \\
 &= 1289,64 \text{ J}
 \end{aligned}$$

## 2. Tangki Tanpa Pompa Air



**Gambar 4. 4** Tandon air untuk metode jatuh bebas

Tangki air ini dipergunakan pada posisi tangki air 3 yang bertujuan sebagai miniatur bendungan, sementara bendungan adalah bangunan yang berfungsi untuk meningkatkan ketinggian permukaan air, sehingga permukaan air dapat mengalir ke area yang lebih rendah dari elevasi permukaan air pada bendungan. Tangki air yang dipergunakan pada posisi 3 ini memiliki kapasitas 250 liter. Dengan dimensi  $D = 60$  cm,  $T = 80$  cm. Namun yang dipergunakan hanya 60 cm pada total tinggi tangki air maka tangki ini memiliki kapasitas 170 liter yang di pergunakan, dan material yang digunakan pada tangki air adalah plastik fiber yang merupakan bahan asli dari pabrik. Untuk mahasiswa berpraktikum yang ingin mengamati *level* pada tangki air dapat melalui *sight glass*.

Data perencanaan sistem pembangkit mikrohidro didapatkan dengan cara melakukan pengamatan penurunan debit dan tekanan air pada tangki dengan cara mengisi penuh tangki dan kemudian *valve* dibuka secara manual dengan keluaran air sebanyak 10 L dan dicatat waktu yang dibutuhkan tangki untuk mengeluarkan air 10 L dari kondisi penuh hingga habis. Data yang didapat disajikan pada tabel sebagai berikut :

**Tabel 4. 4** Data penurunan debit tandon

No	Tinggi air ( m )	Volume tangki ( m <sup>3</sup> )	waktu ( s )	debit air ( m <sup>3</sup> /s )	kecepatan air ( m/s )
1	0,60	0,16956	25,93	0,007	0,13
2	0,55	0,15543	38,86	0,004	0,08
3	0,50	0,14130	43,92	0,003	0,06
4	0,45	0,12717	57,87	0,002	0,04
5	0,40	0,11304	62	0,002	0,04
6	0,35	0,09891	74	0,001	0,03
7	0,30	0,08478	83	0,001	0,02
8	0,25	0,07065	140	0,001	0,01
9	0,20	0,05652	173	0,000	0,01
10	0,15	0,04239	203	0,000	0,00
11	0,10	0,02826	245	0,000	0,00
12	0,05	0,01413	295	0,000	0,00
13	0,00	0,00000	345	0,000	0,00

Dengan melakukan percobaan diatas, didapatkan data kapasitas tangki air dan energi konten yang ada pada tangki air adalah sebagai berikut :

- **Kapasitas Tangki Air :**

Luas penampang pipa :

$$\begin{aligned}
 A &= \pi r^2 \\
 &= ( 3,14 ) ( 1,27 \times 10^{-2} )^2 \\
 &= ( 3,14 ) ( 1,6 \times 10^{-4} ) \\
 &= 5,06 \times 10^{-4} \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Debit air dari tangki ke turbin :

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{V}{t} \\
 &= \frac{0,169 \text{ m}^3}{25,93 \text{ s}} \\
 &= 7 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Kecepatan air dari tangki ke pompa :

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{7 \times 10^{-2}}{5,06 \times 10^{-4}} \\
 &= 0,13 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

- **Energi Konten Pada Tangki Air :**

Energi potensial yang terdapat pada tangki air 1 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 E_{p1} &= m \cdot g \cdot H \\
 &= 170 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,6 \text{ m} \\
 &= 170 \cdot 5,8 \text{ m} \\
 &= 993,72 \text{ J}
 \end{aligned}$$

Perhitungan diatas adalah contoh dari bagaimana melakukan perhitungan energi potensial pada tiap tangki air, yang kemudian pada data akan di hitung energi potensial per satuan waktu.



**Tabel 4. 5** Energi potensial tandon persatuan waktu

No	Tinggi air ( m )	Volume tangki ( m3 )	waktu ( s )	debit air ( m3/s )	Massa air ( kg )	Energi potensial ( J )
1	0,60	0,16956	25,93	0,007	170	999,6
2	0,55	0,15543	38,86	0,004	155	835,45
3	0,50	0,14130	43,92	0,003	141	690,9
4	0,45	0,12717	57,87	0,002	127	560,07
5	0,40	0,11304	62	0,002	113	442,96
6	0,35	0,09891	74	0,001	98	336,14
7	0,30	0,08478	83	0,001	84	246,96
8	0,25	0,07065	140	0,001	70	171,5
9	0,20	0,05652	173	0,000	56	109,76
10	0,15	0,04239	203	0,000	42	61,74
11	0,10	0,02826	245	0,000	28	27,44
12	0,05	0,01413	295	0,000	14	6,86
13	0,00	0,00000	345	0,000	0	0

Sedangkan energi kinetik pada tangki air adalah sebagai berikut :

Energi kinetik yang dihasilkan dari tangki air 1 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Ek1 &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \\
 &= 0,5 \cdot 170 \text{ kg} \cdot ( 0,43 )^2 \\
 &= 85 \cdot ( 0,13 )^2 \\
 &= 85 \cdot 0,017 \\
 &= 1,44 \text{ J}
 \end{aligned}$$

Perhitungan diatas adalah contoh dari bagaimana melakukan perhitungan energi kinetik pada tiap tangki air, yang kemudian pada data akan di hitung energi kinetik per satuan waktu

**Tabel 4. 6** Energi kinetik tandon persatuan waktu

No	Tinggi air ( m )	Volume tangki ( m3 )	waktu ( s )	debit air ( m3/s)	kecepatan air ( m/s)	Massa air ( kg )	Energi Kinetik ( J )
1	0,60	0,16956	25,93	0,007	0,13	170	1,45
2	0,55	0,15543	38,86	0,004	0,08	155	0,50
3	0,50	0,14130	43,92	0,003	0,06	141	0,29
4	0,45	0,12717	57,87	0,002	0,04	127	0,12
5	0,40	0,11304	62	0,002	0,04	113	0,08
6	0,35	0,09891	74	0,001	0,03	98	0,04
7	0,30	0,08478	83	0,001	0,02	84	0,02
8	0,25	0,07065	140	0,001	0,01	70	0,00
9	0,20	0,05652	173	0,000	0,01	56	0,00
10	0,15	0,04239	203	0,000	0,00	42	0,00
11	0,10	0,02826	245	0,000	0,00	28	0,00
12	0,05	0,01413	295	0,000	0,00	14	0,00
13	0,00	0,00000	345	0,000	0,00	0	0,00

Energi mekanik untuk menggerakkan turbin dari tangki adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 E_m &= E_p + E_k \\
 &= 993,72 \text{ J} + 1,44 \text{ J} \\
 &= 995,16 \text{ J} \\
 &= 995,16 \text{ watt s}
 \end{aligned}$$

#### 4.1.2 Pompa Air Pengganti Head Bendungan



**Gambar 4. 5** Pompa Air pada PLTMH

Hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan pompa untuk PLTMH Skala Laboratorium adalah kebutuhan daya yang ingin dihasilkan dari PLTMH serta kapasitas dari tangki air masukan untuk pompa agar sistem berjalan secara stabil. Dalam sistem ini posisi pompa adalah menggantikan posisi *head* bendungan pada PLTMH yang sesungguhnya dikarenakan lokasi yang terbatas sehingga tidak memungkinkan untuk menggunakan prinsip PLTMH turbin pelton yang memanfaatkan aliran kecil dan head tinggi.

Prinsip dari PLTMH adalah dengan memanfaatkan aliran kecil dan head yang tinggi dan menggunakan pipa pesat ( *Penstock* ) untuk mengalirkan air dari tangki penampungan menuju *nozzle* agar dapat menggerakkan turbin. Dikarenakan keterbatasan ruang dari laboratorium maka penggunaan *head* bendungan akan digantikan dengan pompa, dengan menggunakan persamaan dari *head* total pompa, Seperti berikut :

$$\text{Total head pump} = \text{suction head} + \text{discharge head}$$

Diketahui data dari tabel spesifikasi pompa dengan merek sanyo type JET – 108 BIT memiliki :

*Suction head* : 5 m

*Discharge head* : 21 m

Di gunakan pompa dengan *suction head* sebesar 5 m dan *discharge head* sebesar 21 m adalah untuk menjaga kemampuan isap dan dorong dari pompa agar tetap kuat, dan mampu memutar turbin sehingga menghasilkan daya seperti yang diinginkan yakni sebesar 10 – 30 watt.

$$\text{Total head pump} = \text{suction head} + \text{discharge head}$$

$$= 5 \text{ m} + 21 \text{ m}$$

$$= 26 \text{ m}$$

Data spesifikasi pompa pada PLTMH disajikan dalam tabel dibawah ini. Dengan mengetahui spesifikasi dari pompa maka kapasitas aliran setelah pompa dapat diketahui.

**Tabel 4. 7** Perencanaan Pompa pada PLTMH

<b>Parameter</b>	<b>Nilai</b>
Head isap	5 m
Head dorong	21 m
Daya listrik	125 watt
Tegangan	220v / 50 Hz

*Head* total pompa dapat di tentukan dengan melihat langsung pada spesifikasi dari pompa, dan dalam tugas akhir ini digunakan pompa dengan daya 50 L/Min dengan *head* total pompa sebesar 26 m dikarenakan kebutuhan dari sistem untuk menghasilkan daya sebesar 10 - 30 watt

- **Kapasitas Pompa Air :**

Debit pompa :

$$Q_{\text{pompa}} = 50 \text{ L / Min}$$

$$= 50 \text{ dm}^3 / 60 \text{ s}$$

$$= 50 \text{ m}^3 \times 10^{-3} / 60 \text{ s}$$

$$= 8,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Kecepatan air pompa :

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

$$= \frac{8,3 \times 10^{-4}}{5,06 \times 10^{-4}}$$

$$= 1,64 \text{ m/s}$$

Perkiraan daya yang dihasilkan dari pompa :

$$\begin{aligned} P &= \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \\ &= (1000) (8,3 \times 10^{-4}) (9,8) (26) \\ &= 21,14 \text{ Watt} \end{aligned}$$

- **Energi konten pada pompa :**

Energi potensial pada pompa adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E_p &= m \cdot g \cdot H \\ &= 216 \text{ kg} \cdot 9,8 \cdot 0 \\ &= 0 \text{ J} \end{aligned}$$

Energi kinetik pada pompa adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E_k &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \\ &= 0,5 \cdot 216 \text{ kg} \cdot (1,64)^2 \text{ m/s} \\ &= 108 \cdot 2,68 \\ &= 290,47 \text{ J} \end{aligned}$$

Energi mekanik untuk menggerakkan turbin dari pompa adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E_m &= E_p + E_k \\ &= 0 \text{ J} + 290,47 \text{ J} \\ &= 290,47 \text{ J} \end{aligned}$$

Prinsip dari konservasi energi adalah energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dihilangkan, maka dari itu jika satu bentuk energi berkurang, maka bentuk energi lain akan meningkat, dengan ini maka didapatkan variasi kesetimbangan energi pada plant PLTMH adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
\Delta E_K + \Delta E_P &= 0 \\
(E_{K1} - E_{K2}) + (E_{P1} - E_{P2}) &= 0 \\
(mg(h_1 - h_2) + \frac{1}{2} m((v_1)^2 - (v_2)^2)) &= 0 \\
(216 \cdot 9,8(0,60 - 26) + \frac{1}{2} 216((0,43)^2 - (0,04)^2) &= 0 \\
(2116,8(0,34) + 108(19,64 - 0,08)) &= 0 \\
(719,7 + 2112,4) &= 0 \\
(v_2)^2 - (v_1)^2 = 2g(h_1 - h_2) & \\
(0,04)^2 - (0,43)^2 = 2 \cdot 9,8(0,60 - 0,26) & \\
19,56 = 19,6(0,34) & \\
19,56 = 6,66 & \\
3,26 = 1,11 &
\end{aligned}$$

Perhitungan diatas menunjukkan konservasi energi pada PLTMH, mendeskripsikan bagaimana kecepatan berubah sesuai dengan ketinggian jika pada ketinggian yang tinggi maka air akan memiliki kecepatan luncur yang tinggi, sedangkan jika memiliki ketinggian yang rendah maka air akan memiliki kecepatan yang rendah atau bahkan tidak memiliki kecepatan atau tenang. Berdasarkan data debit yang dimiliki, melalui persamaan kesetimbangan energi diketahui jika perbandingan energi potensial dengan energi kinetik adalah sebesar 1 : 3

### 4.1.3 Perpipaian sebagai pengganti pipa pesat

Pipa pesat (*penstock*) adalah suatu pipa tekan yang berfungsi untuk mengalirkan air dari bak penenang (*forebay*) atau langsung menuju pada saluran pembawa (*headrace*) ke turbin, dan pipa pesat juga berfungsi menjaga besarnya debit agar tetap konstan.

Debit yang mengalir dalam pipa pesat adalah debit rencana yang telah ditentukan pada kebutuhan debit maksimal untuk menggerakkan turbin dan analisa data

debit yakni sebesar 50 L/menit atau sama dengan  $8,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

Dalam perancangan pipa pesat ada beberapa hal yang harus diperhatikan, diantaranya adalah sebagai berikut :

- d. Diameter pipa pesat ( *penstock* )
- e. Tebal pipa pesat ( *penstock* )
- f. Tegangan yang terjadi apabila akibat perubahan temperatur pipa pesat, tegangan *expansion joint*, tegangan *reduction joint*, tegangan pada sambungan pipa pesat,

Sementara pada bagian perpipaan direncanakan menggunakan pipa dengan ukuran diameter 1 dim = 0,0254 m = 2,54 cm, yang berbahan PVC ( *Polyvinyl Chloride* ). Pemilihan pipa dengan material tersebut dirasa cukup karena jenis fluida yang dialirkan dalam pipa berupa air saja dengan temperatur yang stabil. Sesuai dengan SNI 7511:2011 dan acuan normatif ISO TR 4191 *Unplasticized polyvinyl chloride ( PVC -U ) Pipes for water supply*. Juga untuk mendukung komponen lain yang menggunakan ukuran sama yakni 1 dim.

Data perencanaan pipa pada PLTMH disajikan dalam tabel dibawah ini. Dengan mengetahui spesifikasi dan kebutuhan dari pipa, fitting, dan katup maka kebutuhan pipa dapat diketahui

**Tabel 4. 8** Perencanaan Perpipaan pada PLTMH

No	Posisi pipa	Panjang ( cm )
1	Tangki 1 ke pompa 1	50 cm
2	Pompa 1 ke nozel	150 cm
3	Tangki 2 ke pompa 2	50 cm
4	Pompa 2 ke tangki 1	250 cm

Kerugian aliran pada pipa setelah pompa :

Setelah pompa terdapat pipa sepanjang 1,5 m dengan diameter 1 dim yang langsung mengarah ke arah turbin untuk menggerakkan turbin. Pada pipa ini dirancang akan memiliki beberapa aksesoris dan secara langsung akan menimbulkan kerugian – kerugian pada aliran air, seperti :

*Reynold Number :*

$$\begin{aligned}
 Re &= \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \\
 &= \frac{1000 \cdot 0,0016 \cdot 0,0254}{0,008} \\
 &= 5,203
 \end{aligned}$$

Koefisien gesek :

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{64}{Re} \\
 &= \frac{64}{5,203} \\
 &= 12,29
 \end{aligned}$$



*Head losses* mayor :

- Kerugian gesek pada dinding pipa lurus

$$\begin{aligned}
 H_f &= f \frac{L \cdot V^2}{D \cdot 2 \cdot g} \\
 &= 12,29 \frac{1,5 \times 0,00163^2}{0,0254 \times 2 \times 9,8} \\
 &= 12,29 \frac{1,5 \times 2,68 \times 10^6}{0,497} \\
 &= 12,29 \frac{4,02 \times 10^{-6}}{0,497} \\
 &= 12,29 \times 8,09 \times 10^{-6} \\
 &= 1,21 \times 10^{-5} \text{ m}
 \end{aligned}$$

*Head losses* minor :

- Kerugian pada *flow meter* :

$$\begin{aligned}
 H &= k \frac{V^2}{2 \cdot g} \\
 &= 0,15 \frac{0,00163^2}{2 \cdot 9,8} \\
 &= 0,15 \frac{2,68 \times 10^6}{19,6} \\
 &= 0,15 \cdot 4,02 \times 10^{-7} \\
 &= 2,05 \times 10^{-8} \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Kerugian pada *nozzle* :

$$\begin{aligned}
 H &= K \frac{V^2}{2 \cdot g} \\
 &= 0,07 \frac{0,00163^2}{2 \cdot 9,8} \\
 &= 0,07 \frac{2,68 \times 10^6}{19,6}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,07 \cdot 4,02 \times 10^{-7} \\
 &= 9,59 \times 10^{-9} \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kerugian pada belokan :

$$\begin{aligned}
 H &= K \frac{V^2}{2 \cdot g} \\
 &= 0,2 \frac{0,00163^2}{2 \cdot 9,8} \\
 &= 0,2 \frac{2,68 \times 10^6}{19,6} \\
 &= 0,2 \cdot 4,02 \times 10^{-7} \\
 &= 2,74 \times 10^{-8} \text{ m}
 \end{aligned}$$

*Head losses* total :

$$\begin{aligned}
 \text{Hl total} &= \text{Hl mayor} - \text{Hl minor} \\
 &= (1,21 \times 10^{-5}) - (2,05 \times 10^{-8} + 9,59 \times 10^{-9} + 2,74 \\
 &\quad \times 10^{-8}) \\
 &= (1,21 \times 10^{-5}) - (5,75 \times 10^{-8}) \\
 &= 1,20 \times 10^{-5} \text{ m}
 \end{aligned}$$

yang akan menyebabkan menurunnya debit dan tekanan air yang mengalir pada pompa. Sehingga akan dapat diperkirakan daya yang dapat dihasilkan dengan menggunakan pompa 50 L / min dengan adanya kerugian – kerugian tersebut adalah sebesar :

*Head* nett :

$$\begin{aligned}
 \text{Heff} &= \text{Hgross} - \text{Hl total} \\
 &= 33 - 1,20 \times 10^{-5} \\
 &= 32,99 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Daya yang dihasilkan turbin, didapat berdasarkan data percobaan pada plant, dengan spesifikasi generator mampu menghasilkan maksimal 100V tegangan:

Daya dihasilkan turbin tanpa beban, dengan pendorong pompa air :

**Tabel 4. 9** daya dihasilkan dari turbin

No	Tegangan ( Volt )	Arus ( Ampere )	Daya ( Watt )
1	49,48	0,55	27,21
2	50,13	0,58	29,08
3	50,31	0,59	29,68
4	51,60	0,59	30,44
5	50,03	0,58	29,02
	50,31	0,58	29,08

$$\begin{aligned}
 P \text{ rata - rata} &= V \text{ rata - rata} \times i \text{ rata - rata} \\
 &= 50,31 \times 0,58 \\
 &= 29,08 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Adapun jumlah energi yang dihasilkan dengan pompa dalam satuan waktu tertentu dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 E &= P \times t(s) \\
 &= 29,08 \times 1 \\
 &= 29,08 \text{ Watt s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_m &= E_p + E_k \\
 &= 1270 \text{ J} + 19,64 \text{ J} \\
 &= 1289,64 \text{ J} \\
 &= 1289,64 \text{ watt s}
 \end{aligned}$$

Dengan efisiensi dari daya yang dibangkitkan generator dengan bantuan pompa adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{\text{Energi Listrik}}{\text{Energi Mekanik}} \\
 &= \frac{29,08}{1289,64} \\
 &= 0,022 \times 100\% \\
 &= 2,2\%
 \end{aligned}$$

Daya dihasilkan turbin tanpa beban, dengan air dijatuhkan bebas dari ketinggian 1 meter dengan tinggi air 60 cm :

**Tabel 4. 10** daya yang dihasilkan dari turbin dengan air dijatuhkan bebas

No	Tegangan ( Volt )	Arus ( Ampere )	Daya ( Watt )
1	5,83	0,12	0,70
2	3,50	0,12	0,42
3	2,31	0,10	0,23
4	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00
	2,33	0,07	0,16

$$\begin{aligned}
 P \text{ rata - rata} &= V \text{ rata - rata} \times i \text{ rata - rata} \\
 &= 2,33 \times 0,07 \\
 &= 0,16 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Adapun jumlah energi yang dihasilkan dengan pompa dalam satuan waktu tertentu dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 E &= P \times t(\text{s}) \\
 &= 0,16 \times 1 \\
 &= 0,16 \text{ Watt s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_m &= E_p + E_k \\
 &= 993,72 \text{ J} + 1,44 \text{ J} \\
 &= 995,16 \text{ J} \\
 &= 995,16 \text{ watt s}
 \end{aligned}$$

Dengan efisiensi dari daya yang dibangkitkan generator dengan tanpa bantuan pompa adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{\text{Energi Listrik}}{\text{Energi Mekanik}} \\
 &= \frac{0,16}{995,16} \\
 &= 1,6 \times 10^{-4} \times 100\% \\
 &= 1,6 \times 10^{-2}\%
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan rancangan diatas diperkirakan alat bantu berpraktikum PLTMH ini dapat menghasilkan daya sebesar 29 Watt dan energi sebesar 29 Watt s dan diperkirakan mampu untuk menyalakan 1 buah lampu.dengan ukuran 9 Watt. Setelah dilakukan pengujian tegangan yang dihasilkan sebesar 50 v, dengan arus 0,59 A sehingga daya yang dibangkitkan sebesar 29,08 watt dan energi sebesar 29,08 watt s

## 4.2 Pembahasan

Jika dibandingkan data daya dari turbin dengan bantuan pompa, dan turbin dengan air yang dijatuhkan bebas terlihat perbedaan sangat jauh, ini disebabkan dari energi mekanis dari pompa lebih besar dibanding air dengan jatuh bebas, serta spesifikasi generator yang besar membuat air dengan jatuh bebas tidak mampu memutar turbin sehingga dibutuhkan ketinggian dan kapasitas penampungan yang lebih dari metode air jatuh bebas agar

mampu memutar turbin dan menghasilkan daya yang diinginkan. Berdasarkan hasil perhitungan pada rancang bangun sistem mekanikal pembangkit listrik tenaga mikrohidro, alat ini akan bekerja sesuai dengan prinsip dari pembangkit yang sesungguhnya dimana akan memanfaatkan energi potensial dari tinggi jatuh air untuk menggerakkan turbin mampu menghasilkan daya listrik sebesar 10 – 30 watt dan diperkirakan mampu untuk menyalakan 3 buah lampu dengan kapasitas 9 watt. Namun pada kenyataan ketika plant dijalankan daya yang dihasilkan tidak stabil pada 30 watt dikarenakan tidak adanya rangkaian regulator sehingga diperlukan regulator agar tegangan yang disimpan dan diberikan dapat stabil. Untuk efisiensi dari PLTMH skala laboratorium ini jika menggunakan pompa adalah sebesar 2,2% ini disebabkan oleh berkurangnya kecepatan pada pipa setelah pompa karena desainnya yang naik dan tidak miring, sedangkan untuk air yang dijatuhkan bebas adalah sebesar  $1,6 \times 10^{-2}\%$  karena kecepatan air dari tandon rendah.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Setelah melakukan perancangan dan pengujian terhadap alat pembangkit listrik tenaga mikrohidro ( PLTMH ) sebagai alat bantu berpraktikum, maka didapatkan kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Aliran air dibangkitkan dengan pompa berkapasitas 50 L/menit, dan variasi jatuhnya air bebas ( tanpa menggunakan pompa ). Daya yang dihasilkan dengan pompa adalah rata – rata sebesar 29,08 Watt s, sedangkan dengan menggunakan variasi air jatuh bebas adalah sebesar rata – rata 0,16 Watt s.
2. Nilai efisiensi dari *plant* PLTMH dengan menggunakan pompa adalah sebesar 2,2% sedangkan dengan variasi jatuhnya air bebas adalah sebesar  $1,6 \times 10^{-2}\%$

#### **5.2 Saran**

Adapun saran yang perlu diperhatikan untuk kelanjutan pengembangan alat ini adalah sebagai berikut :

1. Dalam perancangan sistem mekanikal PLTMH skala laboratorium diperlukan ketelitian dan ketelatenan yang tinggi, agar pengerjaan alat berpraktikum dapat berjalan maksimal dan mendapatkan hasil yang sesuai dengan perencanaan awal, mengingat alat ini adalah alat berpraktikum yang diupayakan mendekati kondisi dengan *plant* yang sesungguhnya.
2. Dalam penggunaan alat diharapkan berhati – hati karena saat proses berlangsung dalam tekanan

tinggi, dan ada beberapa peralatan yang dipergunakan dalam plant sangat rentan.



## **DAFTAR PUSTAKA**

- British Standard Institution, B. (2008, agustus 24). Pipe Sizing : Hot and Cold Water Supply. hal. 174-193.
- Ensiklopedia, W. (2014, Oktober 27). Pompa. hal. 1.
- 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 Vol 9 No.1*, 16-24.
- Ir. Sularso, M. d. (2000). Dalam *Pompa dan Kompresor ( Pemilihan, Pemakaian, dan Pemeliharaan )* (hal. 9). jakarta : PT Pradnya Paramita.
- Mohinder L Nayyar, P. (2000). Dalam *Piping Handbook Seventh Edition* (hal. 1-179). Washington D.C: McGraw-Hill.
- Moran, S. (2016, Desember). Pump Sizing : Bridging the Gap Between Theory and Prattice. hal. 38-39.
- NOTOSUDJONO, D. (2002). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).
- Sularso, H. T. (2000). Pompa & Kompresor . *Pemilihan, Pemakaian, dan Pemeliharaan*, hal. 26-42.
- Yulianus Rombe Pasalli\*, A. B. (2014). Design Planning of Micro-hydro Power Plant in Hink River. *ScienceDirect, Procedia Environmental Sciences*, 55-63.

*Halaman Ini Sengaja Dikosongkan*

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di kota Surabaya pada tanggal 10 Agustus 1996 dari ayah yang bernama Ir. Mochammad Taufiq Ridho dan Ibu yang bernama Ir. Lilik Mas'amah, MM. Penulis merupakan anak ke tiga dari tiga bersaudara. Saat ini penulis tinggal di Perumahan Puri Indah Blok CC 6 RT 30 / RW 9, Suko, Sidoarjo. Pada tahun 2009 penulis menyelesaikan pendidikannya di SD Muhammadiyah 1 Sidoarjo kemudian pada tahun 2012 telah menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama di SMPN 2 Sidoarjo, pada tahun 2015 berhasil menyelesaikan pendidikan tingkat menengah atas di SMA Muhammadiyah 2 Sidoarjo, dan melanjutkan studi di Departemen Teknik Instrumentasi FV – ITS. Pada bulan Juli 2018 Penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “ **Rancang Bangun Sistem Mekanikal PLTMH Skala Laboratorium** “ Bagi pembaca yang memiliki kritik saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini maka dapat menghubungi penulis melalui email : [mochibrahimagam@gmail.com](mailto:mochibrahimagam@gmail.com).

