

## **BAB III**

### **METODE PEMBAHASAN**

#### **3.1. Metode Pembahasan**

Metode penelitian yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini antara lain, yaitu :

1. Metode Literatur

Metode literature yaitu, metode dengan mengumpulkan, mengidentifikasi, serta mengolah data tertulis yang diperoleh dan dapat digunakan sebagai input dalam proses analisa. Pengumpulan dilakukan dengan cara kompilasi data yang diperoleh dari referensi-referensi seperti karya ilmiah, hasil penelitian sebelumnya, maupun buku-buku referensi lainnya yang mendukung pembuatan tugas akhir ini.

2. Metode Observasi

Metode observasi yaitu, metode dengan mengumpulkan data - data yang diperlukan untuk pembahasan tugas akhir yang didapatkan dari lapang. Data - data tersebut berupa hasil pengamatan dari PLTA Pico Hydro saat bekerja dan data lapang di lingkungan pembangkit.

3. Metode Diskusi atau Bimbingan

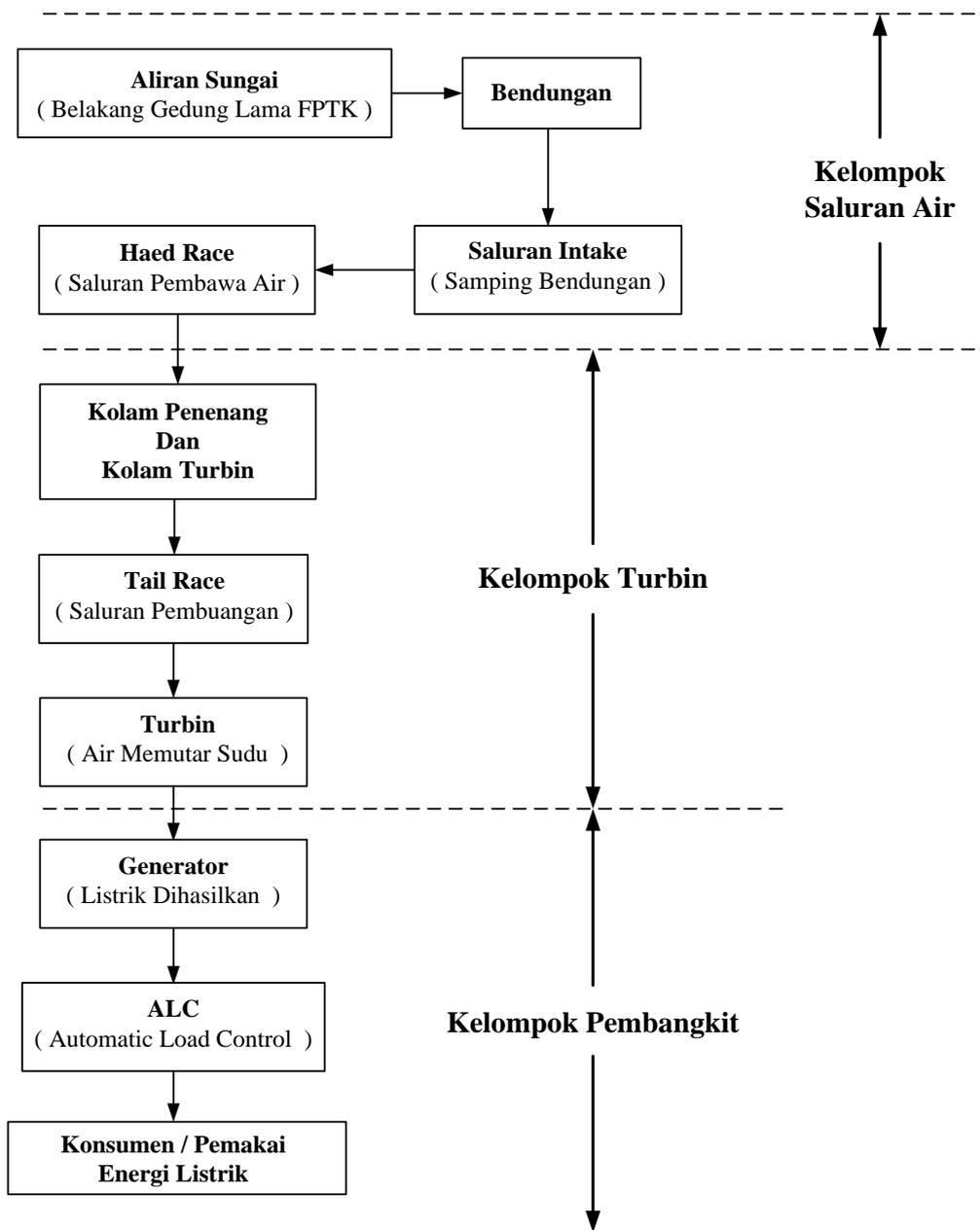
Metode diskusi atau bimbingan yaitu, melakukan konsultasi dan bimbingan dengan dosen atau pihak dari CV. Cihanjuang dan atau pihak - pihak yang berkaitan dengan penyusunan laporan tugas akhir.

#### **3.2. Objek Pembahasan**

Objek pembahasan dalam tugas akhir ini adalah Pengoperasian Turbin dan Generator yang berlokasi di lingkungan Kampus Universitas Pendidikan Indonesia, di samping Gedung Lama FPTK.

### 3.1. Blok Diagram

Dalam sistem PLTA Pico Hydro memiliki beberapa bagian untuk memutarakan turbin dan selanjutnya akan memutarakan generator untuk menghasilkan energi listrik. Untuk lebih jelas dapat dilihat diagram blok PLTA Pico Hydro sebagai berikut :



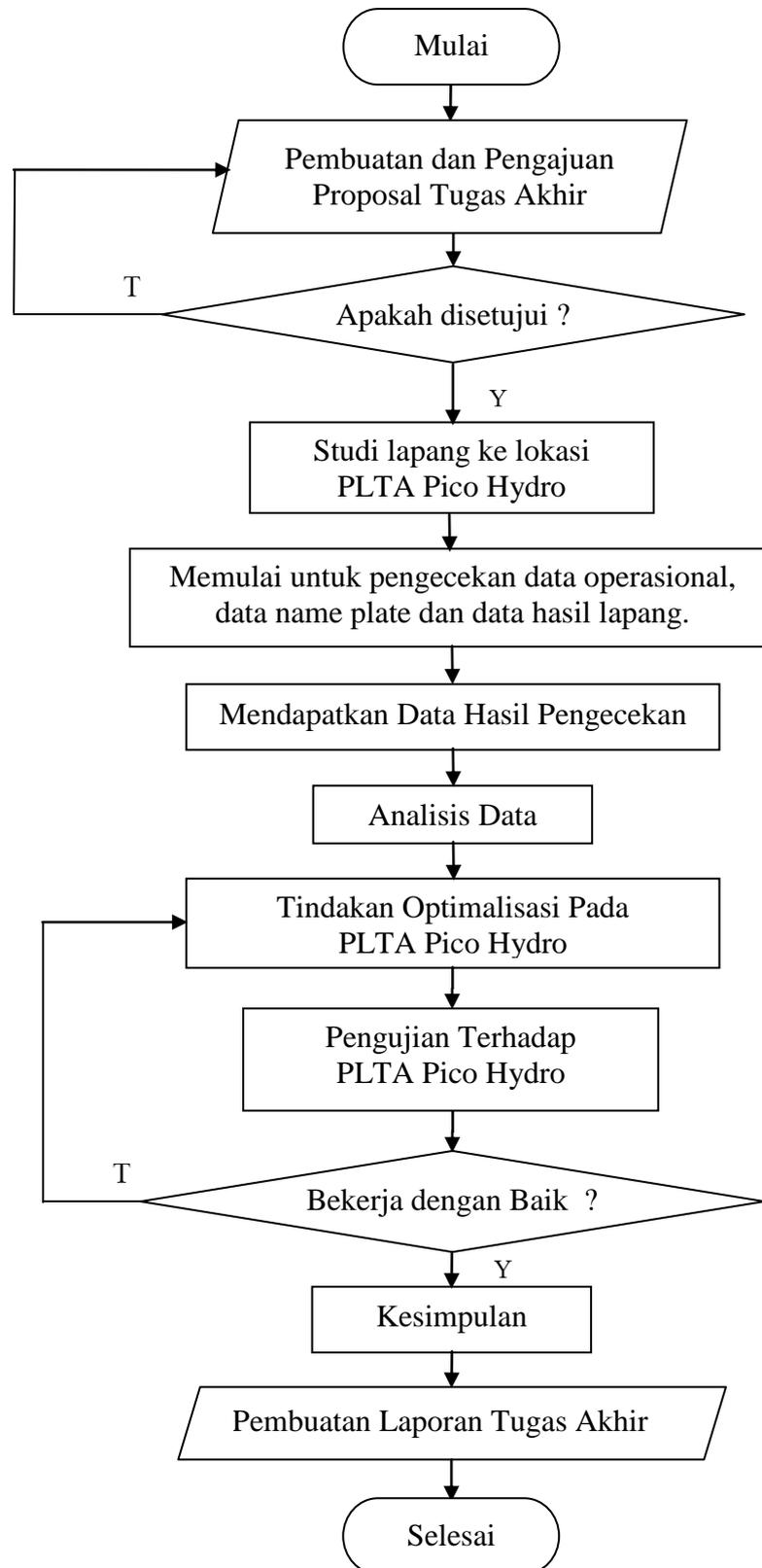
**Gambar 3.1** Diagram Blok PLTA Pico Hydro

### 3.2.1. Penjelasan Blok Diagram

Berikut adalah penjelasan dari diagram blok diatas :

1. Aliran sungai yang memiliki debit tertentu akan di manfaatkan sebagai penggerak turbin.
2. Aliran air tersebut dibendung terlebih dahulu agar aliran air bisa masuk kedalam pipa saluran *intake* yang berada di samping bendungan.
3. Kemudian aliran air yang telah masuk melalui pipa saluran *intake* dialirkan melalui *head race* (pipa pembawa air).
4. Setelah melalui *head race* (pipa pembawa air), kemudian aliran air tersebut di tampung terlebih dahulu kedalam kolam penenang dan kolam turbin.
5. Kemudian air tersebut nantinya akan masuk kedalam *penstock* (saluran pembuangan turbin)
6. Secara bersamaan air yang telah terbuang melalui *penstock* (saluran pembuangan) akan memutarakan sudu atau baling-baling turbin karena adanya sedotan dari air yang telah dibuang melalui sungai.
7. Setelah turbin berputar maka generator yang berada tepat di atas turbin tersebutpun akan ikut berputar dan akan menghasilkan energi listrik.
8. Kemudian generator yang telah menghasilkan energi listrik tersebut dihubungkan dengan *Automatic Load Control (ALC)* sebelum menuju konsumen, hal tersebut dilakukan agar beban dapat diatur secara seimbang.

### 3.2. Flowchart



### **Gambar 3.2** Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir

#### **3.4.1. Penjelasan Flowchart Pembahasan**

Diagram alur pembuatan tugas akhir ini penulis memulai dengan membuat proposal dan pengajuan judul untuk tugas akhir. Setelah proposal disetujui maka penulis akan melanjutkan untuk pengerjaan tugas akhir dan apabila proposal tugas akhir tidak disetujui maka penulis akan mengganti dan mengajukan kembali proposal untuk judul tugas akhir.

Apabila proposal judul akhir disetujui maka penulis akan melakukan studi lapang lokasi PLTA Pico Hydro yang bertempat di sekitar lingkungan FPTK UPI. Setelah melakukan tinjauan tentang lokasi PLTA Pico Hydro penulis kemudian mulai untuk pengecekan bagian - bagian dari PLTA Pico Hydro seperti membersihkan lokasi pembangkit dan memasang pipa hisap tambahan. Selanjutnya penulis mendapatkan hasil data yang diperoleh dari pembangkit tersebut yaitu berupa debit air sungai, head (tinggi jatuh air) dan data mengenai konstruksi bangunan pembangkit yang ada. Dan kemudian mengecek juga data operasional, data name plate turbin dan generator.

Setelah hal tersebut diatas dilaksanakan maka penulis akan mendapatkan data yang diperlukan kemudian akan menganalisisnya dari hasil data yang telah diperoleh. Setelah menganalisis, penulis kemudian melakukan tindakan optimalisasi pada PLTA Pico Hydro seperti melakukan tindakan perbaikan terhadap bagian - bagian dari PLTA Pico Hydro.

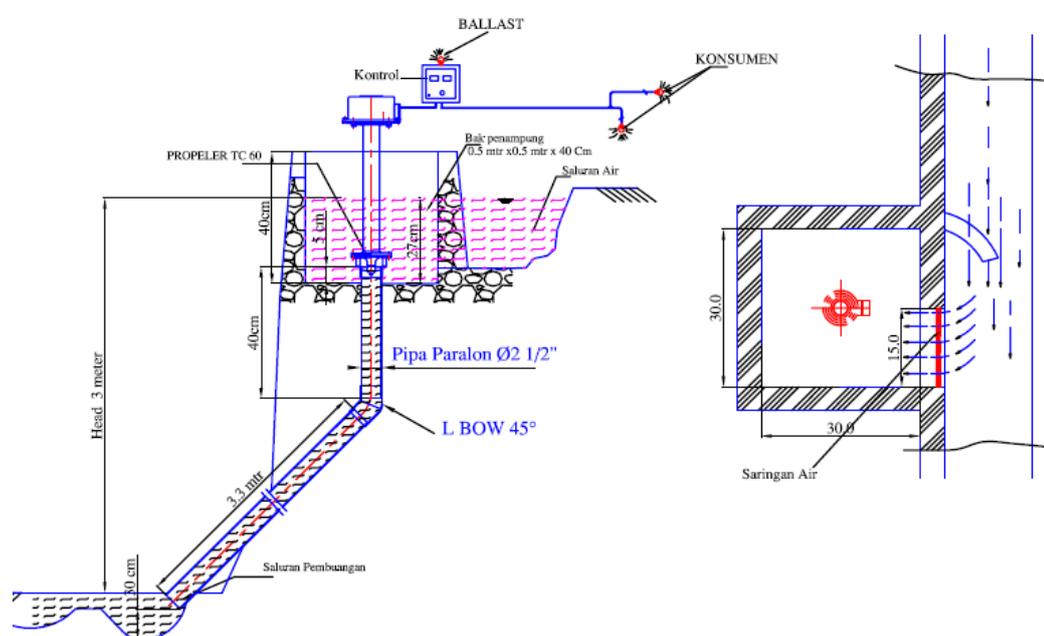
Selanjutnya penulis akan melakukan pengujian terhadap PLTA Pico Hydro yang telah diperbaiki. Apabila pengujian dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan diharapkan maka penulis akan melanjutkan pengerjaan tugas akhir dan apabila pengujian tidak berjalan dengan baik dan tidak sesuai yang diharapkan maka penulis harus melakukan kembali tindakan optimalisasi dan melakukan kembali pengujian terhadap pembangkit hingga mendapatkan hasil yang diharapkan.

Dan apabila pengujian berjalan dengan baik sesuai yang diharapkan maka penulis dapat menarik kesimpulan dari hasil optimalisasi dan pengujian. Kemudian penulis akan melanjutkan untuk pembuatan laporan tugas akhir sesuai dengan hasil data yang telah didapat di lapangan.

### 3.5. Instalasi PLTA Pico Hydro

Spesifikasi instalasi sipil sangatlah penting, hal ini menentukan efisiensi dan besarnya anggaran biaya yang diperlukan untuk pembangunan. Konstruksi bangunan seperti bendungan, kolam penenang dan bangunan rumah turbin tergantung dari letak geografis dan keadaan kondisi dari lokasi yang akan dijadikan PLTA Pico Hydro.

### 3.6. Kontruksi Bangunan Sipil PLTA Pico Hydro



**Gambar 3.3**

Kontruksi Bangunan Sipil PLTA Pico Hydro  
Yang Direkomendasikan Oleh Pabrik

(Sumber: CV. Cihanjuang Inti Teknik)

Spesifikasi konstruksi bangunan sipil menurut buku panduan dari pihak pabrik ini tidak harus mutlak untuk diikuti, namun tergantung dari letak keadaan geografis. Hal paling penting yang harus dipenuhi dalam kontruksi bangunan sipil adalah sebagai berikut :

1. Tercapainya head dari permukaan air dalam bak turbin hingga permukaan air pada sungai. Lebih rendah dari 3 meter menyebabkan daya listrik yang dihasilkan tidak optimal.

2. Ujung pipa terendam dalam air.
3. Tidak terjadi kebocoran udara masuk pada sepanjang pipa hisap, yang ditandai dengan gelembung - gelembung udara pada keluaran pipa hisap.
4. Air harus lancar keluar dari pipa sehingga tidak boleh ada penghalang baik didalam pipa maupun pada keluaran.
5. Penopang kolam harus kokoh, tidak ada kebocoran dan tahan terhadap getaran yang ditimbulkan.
6. Dudukan turbin pada kolam turbin harus tegak lurus tidak longgar dan harus pas dengan lubang pembuangan.
7. Wajib menggunakan saringan sampah untuk memudahkan perawatan, pengoperasian dan agar sampah tidak masuk kedalam kolam penenang atau kolam turbin. Saringan dapat dipasang pada intake atau pada samping bendungan.

### 3.6.1. Aliran Sungai

Aliran sungai yang digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga air adalah aliran sungai yang berada di lingkungan Kampus Universitas Pendidikan Indonesia tepatnya yaitu aliran sungai yang berada tepat di belakang Gedung Lama FPTK. Di pilihnya aliran sungai ini karena memiliki debit dan *head* sungai yang cukup tinggi untuk bisa membangkitkan energi listrik dan juga tempatnya yang strategis untuk pembangunan pembangkit listrik.

Data aliran sungai yang diperoleh dari hasil pengukuran lapang, yaitu :

1. Kecepatan Aliran Sungai : 0,92 m/detik
2. Lebar Sungai : 1,4 meter
3. Tinggi Sungai : 120 cm
4. Kedalaman Air Sungai : 30,4 cm
5. Debit Air : 0,23 m<sup>3</sup>/detik
6. Volume Air : 230 liter/detik
7. Head Desain : 2,8 meter



**Gambar 3.4**

Aliran Sungai Belakang Gedung Lama FPTK

### **3.6.2. Bendungan**

Bendungan berfungsi untuk membendung air dan menyalurkan air ke dalam kolam penenang melalui pipa pembawa. Dalam pembuatannya bendungan harus didesain sangat kokoh, sehingga apabila terjadi dorongan air yang sangat besar bendungan tidak mengalami kerusakan.

Data spesifikasi bendungan yang diperoleh dari hasil pengukuran lapang, yaitu :

1. Tinggi Bendungan : 100 cm
2. Lebar Bendungan : 60 cm
3. Penutup Bendungan
  - a) Bahan Penutup Bendungan : Plat Besi
  - b) Panjang Plat Besi : 100 cm
  - c) Lebar Plat Besi : 40 cm



**Gambar 3.5**  
Bendungan Pada Saluran Air Sungai

### 3.6.3. Intake

Saluran intake ini berfungsi untuk mengalirkan aliran air sungai yang telah di bending menuju ke saluran pembawa air (*head race*). Saluran intake dipasang disamping bendungan untuk memudahkan air mengalir, pada pipa saluran intake di pasang penyaring berupa kawat yang dibentuk menyerupai lingkaran pipa agar sampah dalam aliran sungai tidak ikut terbawa kedalam kolam.

Data spesifikasi saluran intake yang diperoleh dari hasil pengukuran dan pengamatan di lapang, yaitu :

- |                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| 1. Jenis Pipa             | : Pipa Paralon Maspion D |
| 2. Ukuran Intake          | : 6 inchi                |
| 3. Penutup Saluran Intake | : DOP 6 inchi            |
| 4. Bahan Penyaringan      | : Kawat                  |
| 5. Ukuran Saringan Kawat  | : 6 inchi                |



**Gambar 3.6**  
Saluran Intake Pada Samping Bendungan

#### 3.6.4. Saluran Pembawa Air (*Head Race*)

Saluran Pembawa Air (*Head Race*) berfungsi untuk menyalurkan air dari aliran sungai sampai menuju ke kolam penenang dan kolam turbin. Selain berfungsi menyalurkan air *haed race* juga digunakan untuk memindahkan aliran air agar terbagi menjadi dua, fungsinya yaitu supaya air yang terdapat pada sungai tetap ada dan tidak dialirkan semuanya kedalam kolam hal itu dibutuhkan agar pipa pembuangan pada sungai dapat terendam oleh air yang berada pada sungai.

Data spesifikasi saluran pembawa air (*head race*) yang diperoleh dari hasil pengukuran dan pengamatan di lapang, yaitu :

1. Jenis Pipa : Pipa Paralon Maspion D
2. Ukuran Pipa : 6 inchi
3. Panjang Saluran : 200 cm
4. Type Saluran Head Race : Berbentuk L



**Gambar 3.7**  
Saluran Pembawa Air (*Head Race*)

### 3.6.5. Kolam Penenang dan Kolam Turbin

Kolam penenang adalah suatu kolam yang digunakan untuk menampung air sementara sebelum air disalurkan ke kolam turbin. Kolam turbin dirancang berbeda dengan kolam penenang karena pada dasar kolam turbin ini dibuat lubang untuk menyalurkan buangan air sungai setelah memutarakan turbin.

Data spesifikasi kolam turbin dan kolam penenang yang diperoleh dari hasil pengukuran dan pengamatan di lapang, yaitu :

#### 1. Kolam Penenang

- a) Tinggi Kolam : 120 cm
- b) Kedalaman Kolam : 40 cm
- c) Panjang Kolam : 100 cm
- d) Lebar Kolam : 100 cm
- e) Daya Tampung Air : 0,4 m<sup>3</sup>

#### 2. Kolam Turbin

- a) Tinggi Kolam : 120 cm
- b) Kedalaman Kolam : 40 cm
- c) Panjang Kolam : 30 cm
- d) Lebar Kolam : 30 cm
- e) Daya Tampung Air : 0,036 m<sup>3</sup>



**Gambar 3.8**  
Kolam Turbin dan Kolam Penenang

### 3.6.6. Saluran Pembuangan (*Penstock*)

Saluran pembuangan (*penstock*) atau (*tail race*) berfungsi sebagai saluran air setelah memutarakan turbin, yang selanjutnya menyalurkan aliran air kembali ke aliran sungai. Apabila saluran pembuangan ini terhambat oleh sampah yang terdapat di dalam pipa saluran atau terdapat lubang di daerah saluran pembuangan pipa, maka putaran yang dihasilkan oleh turbin sangat berpengaruh dan hal tersebut juga akan sangat berpengaruh pada energi listrik yang dihasilkan oleh generator.

Data spesifikasi saluran pembuangan (*head race*) yang diperoleh dari hasil pengukuran dan pengamatan di lapang, yaitu :

- |                    |                          |
|--------------------|--------------------------|
| 1. Jenis Pipa      | : Pipa Paralon Maspion D |
| 2. Ukuran Pipa     | : 2,5 inchi              |
| 3. Panjang Saluran | : 280 cm                 |



**Gambar 3.9**  
Saluran Pembuangan

### 3.6.7. Turbin

Pemilihan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis - jenis turbin, khususnya untuk suatu desain yang sangat spesifik. Pada tahap awal, pemilihan jenis turbin dapat diperhitungkan dengan mempertimbangkan parameter - parameter khusus yang mempengaruhi sistem operasi turbin, yaitu dengan mempertimbangkan :

1. Faktor tinggi jatuhan air efektif (Head) dan debit yang akan dimanfaatkan untuk operasi turbin merupakan faktor utama yang mempengaruhi pemilihan jenis turbin, sebagai contoh adalah turbin pelton efektif untuk operasi pada head tinggi, sementara turbin propeller sangat efektif beroperasi pada head rendah.
2. Faktor daya (power) yang diinginkan berkaitan dengan head dan debit yang tersedia.
3. Kecepatan (putaran) turbin akan ditransmisikan ke generator. Sebagai contoh untuk sistem transmisi direct couple antara generator dengan turbin pada head rendah, sebuah turbin reaksi (propeller) dapat mencapai putaran yang diinginkan, sementara turbin pelton dan crossflow berputar sangat lambat (low speed) yang akan menyebabkan sistem tidak beroperasi.

Kecepatan spesifik setiap turbin memiliki kisaran (range) tertentu berdasarkan data eksperimen.

Dengan mengetahui kecepatan dan besaran spesifik turbin maka perencanaan pemilihan jenis turbin akan menjadi lebih mudah dan dapat diestimasi (diperkirakan). Pada perencanaan PLTA Pico Hydro ini, pemilihan turbin yang cocok untuk lokasi yang tersedia adalah **Turbin Propeller Tipe Open Flume TC 60** untuk head rendah 3 meter.

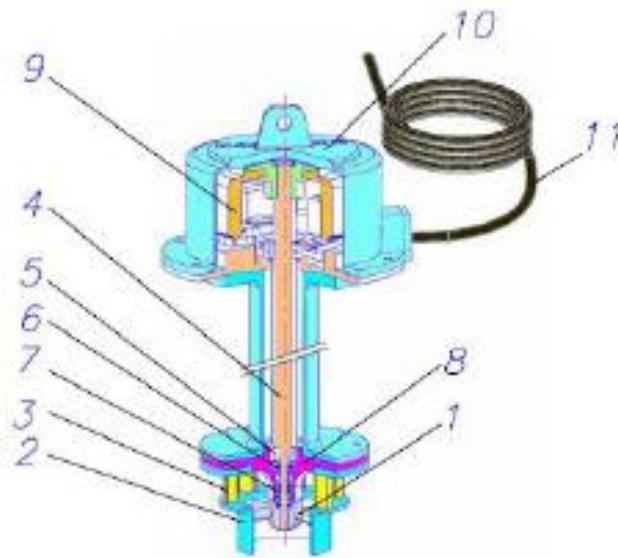
#### 3.6.7.1. Turbin Propeller Tipe Open Flume TC 60

Dalam proses perancangan sistem kelistrikan PLTA Pico Hydro yang berkapasitas 100 VA, penulis menggunakan turbin jenis propeller tipe open flume TC 60 karena berputar antara kisaran 2700 rpm dan memiliki baling - baling pada turbin berdiameter 6 cm, memiliki lima sudu yang sudut kemiringannya kurang lebih 35°.



**Gambar 3.10**  
Turbin Propeller Tipe Open Flume TC 60

Pemasangan turbin ini adalah dicelupkan ke dalam kolam penempatan turbin, yang terdapat lubang berdiameter 2,5 inchi pada dasar kolam. Penempatan turbin ini harus tepat dan tidak boleh miring ataupun ada kebocoran pada penempatannya, karena akan menyebabkan air lebih banyak yang terbuang sehingga turbin tidak akan berputar atau tidak berjalan. Turbin ini disambung langsung dengan generator sehingga memiliki efisiensi yang tinggi, selain itu keuntungan digunakannya sambungan langsung ini adalah untuk memudahkan proses pemeliharaan.



**Gambar 3.11**

Bagian - Bagian dari Turbin Propeller Tipe Open Flume TC 60

(Sumber: CV. Cihanjuang Inti Teknik)

Keterangan dari komponen - komponen yang terdapat pada turbin propeller tipe open flume TC 60 :

- |                                |                     |
|--------------------------------|---------------------|
| 1. Propeller Fix Blade.        | 7. Mekanikal Seal.  |
| 2. Housing Propeller.          | 8. Rumah Bearing.   |
| 3. Fix Guide Vane.             | 9. Generator.       |
| 4. Shaft.                      | 10. Tutup Generator |
| 5. Bearing Standart 6200-2HRS. | 11. Kabel Generator |
| 6. Seal.                       |                     |

Tabel 3.1 Spesifikasi Jenis Turbin yang Digunakan

Jenis Turbin	Propeller Open Flume TC-60
Putaran	$\pm 2700$ rpm
Desain Head	3 Meter
Desain Debit	5,5 Liter / Detik
Sudu (Baling - Baling)	5 Buah Sudu

(Sumber: CV. Cihanjuang Inti Teknik – Cimahi, Jawa Barat)

Tabel diatas menunjukkan spesifikasi jenis turbin yang akan digunakan untuk PLTA Pico Hydro. Dengan memiliki spesifikasi tersebut maka turbin jenis ini memiliki beberapa keunggulan, yaitu :

1. Kontruksi bangunan sipil dan instalasi listrik yang sederhana.
2. Kebutuhan air yang relatif sedikit.
3. Tanpa bahan bakar.
4. Tanpa perawatan yang khusus.
5. Dengan perangkat tambahan mampu meningkatkan tingkat keawetan, performansi dan kapasitas energi (ampere-jam) seperti sistem kontrol beban, aki (battery) dengan inverter atau dengan menggunakan teknologi lampu LED.

### 3.6.8. Generator

Untuk menghasilkan listrik pada pembangkit listrik pico hydro digunakan generator. Generator pada perancangan ini langsung dihubungkan dengan turbin. Sehingga kerja turbin dengan generator adalah sama berputarnya. Penyambungan langsung ini memiliki beberapa kelebihan yaitu untuk mengurangi terjadinya kerusakan pada sambungan apabila menggunakan sambungan seperti gear atau belt. Kelebihan lain yang dimiliki pada sambungan langsung ini adalah untuk memudahkan proses perawatannya.

Tabel 3.2 Spesifikasi Jenis Generator yang Digunakan

Jenis Generator	Permanent Magnet 4 Kutub
Tegangan	200 - 220 Volt
Tegangan Tanpa Beban	$\pm 300$ Volt
Frekuensi	90 Hz
Rating Power	100 Watt

(Sumber: CV. Cihanjuang Inti Teknik – Cimahi, Jawa Barat)

Tabel diatas menunjukkan spesifikasi jenis generator yang akan digunakan untuk instalasi PLTA Pico Hydro.



**Gambar 3.12**  
Generator Kapasitas 100 VA

### 3.6.9. Automatic Load Control (ALC)

*Automatic Load Control (ALC)* adalah suatu alat yang dapat mengatur beban secara otomatis. Alat ini di pasang secara seri dengan generator sebagai input dan outputnya adalah konsumen atau pemakai listrik. Prinsip kerja alat ini adalah mengatur beban listrik yang dihasilkan oleh generator agar beban dapat seimbang.



**Gambar 3.13**  
Automatic Load Control

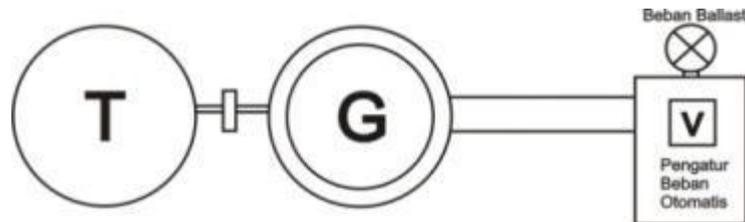
Data spesifikasi ALC yang diperoleh dari hasil pengamatan di lapang, yaitu :

1. Outup Tegangan :  $\pm 300$  Volt
2. Output Daya : 100 Watt

### 3.6.10. Pengujian PLTA Pico Hydro

#### 3.6.10.1. Pengujian Tanpa Beban

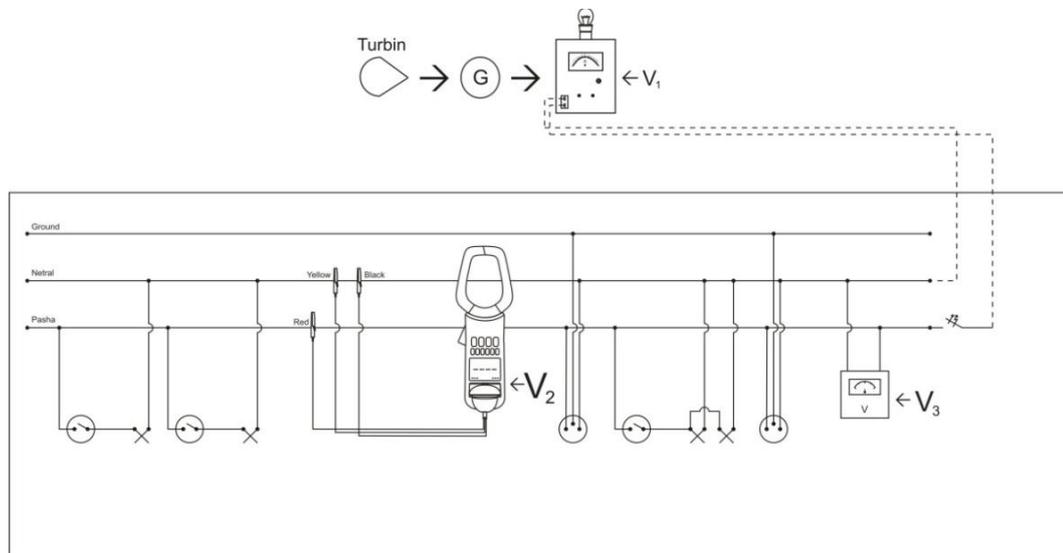
Pengukuran atau pengujian pertama terhadap PLTA Pico Hydro adalah pengujian tanpa beban seperti gambar dibawah ini. Pengujian ini hanya menghasilkan output tegangan dari generator.



**Gambar 3.14**  
Pengujian Tanpa Beban

#### 3.6.10.2. Pengujian Berbeban

Pengujian kedua adalah pengujian berbeban. Pada pengujian ini akan mendapatkan hasil output generator seperti tegangan, arus dan daya. Beban yang digunakan untuk pengujian PLTA Pico Hydro adalah menggunakan lampu pijar dengan beban lampu bervariasi.



**Gambar 3.15**  
Pengujian Berbeban

### 3.7. Petunjuk Pengoperasian PLTA Pico Hydro

Sistem PLTA Pico Hydro dengan turbin propeller ini di rancang sedemikian rupa sehingga pengguna mudah dalam instalasi maupun ketika mengoperasikannya. Langkah - langkah prosedur yang harus dilaksanakan, sesuai dengan petunjuk dari pihak pabrik, yaitu :

1. Rangkaian instalasi harus terpasang dengan benar.
2. Pasang kabel grounding yang telah disediakan.
3. Tutup pintu bendungan agar air sungai bisa masuk kedalam kolam penenang.
4. Pasang turbin TC-60 pada lubang dudukannya dalam kolam turbin ketika telah terjadi hisapan yang cukup kuat dari pipa. Pastikan tidak terjadi kebocoran sepanjang saluran pipa buang, karena daya yang dikeluarkan akan kecil. Kebocoran pipa juga dapat diketahui dari kondisi air keluar pipa yang berbuih dengan pertanda udara masuk ke dalam pipa atau turbin. Apabila turbin sudah terpasang sesuai dengan petunjuk tetapi putaran turbin pelan atau sama sekali tidak berputar, maka angkatlah turbin dari dalam kolam, biarkan air mengalir sampai memenuhi pipa, pastikan tidak ada udara yang terjebak di dalam pipa, pasang kembali turbin sesuai dengan petunjuk.
5. Turbin akan langsung berputar dan generator akan langsung menghasilkan listrik yang dapat diketahui dari nyala lampu ballast yang semakin terang, tegangan mencapai 200-220 volt.
6. Periksa ketinggian nyata antara muka air atas dengan muka air bawah. Jika tidak tercapai 3 meter daya listrik yang dihasilkan kurang dari spesifikasi yang ada.
7. Pastikan jaringan lampu konsumen telah terpasang dengan baik (tidak terjadi hubungan arus pendek).
8. Hubungan lampu konsumen dengan total daya kurang lebih 100 watt (sesuai dengan spesifikasi sistem) atau masih diperkenankan melebihi daya tersebut dengan catatan akan terjadi penurunan tegangan yang mengakibatkan intensitas cahaya lampu redup.

9. Coba hidup matikan lampu konsumen, apabila tegangan masih cukup stabil pada 200-220 volt dan lampu ballast berubah intensitasnya maka sistem kontrol telah bekerja dengan baik.
10. Apabila lampu ballast redup atau sama sekali tidak menyala dapat dimungkinkan terjadi beberapa hal sebagai berikut:
  - a) Terdapat sampah pada saluran pipa.
  - b) Sekring putus.
  - c) Kebocoran pada pipa.
  - d) Lampu ballast putus.
  - e) Terjadi hubungan pendek.
  - f) Terjadi kerusakan pada turbin.
  - g) Terjadi kerusakan pada control.
  - h) Dan dudukan turbin tidak pas.
11. Apabila kontrol rusak, dapat dioperasikan secara manual dengan menghubungkan secara langsung soket kabel turbin ke konsumen. Pada operasi manual tegangan tidak akan stabil ketika beban konsumen berubah-ubah (dihidupkan dinyalakan).