

**LAPORAN KERJA PRAKTEK**  
**PENGOPERASIAN TURBIN PEMBANGKIT LISTRIK**  
**TENAGA MINIHIDRO (PLTMH) HUTARAJA**  
**DI KECAMATAN DOLOK SANGGUL**  
**KABUPATEN HUMBANG HASUNDUTAN**  
**PROVINSI SUMATERA UTARA**

**Disusun Oleh :**

**BENGET APRIKO SIMAMORA**  
**178120024**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MEDAN AREA**  
**(TAHUN 2020)**

**LAPORAN KERJA PRAKTEK**  
**PENGOPERASIAN TURBIN PEMBANGKIT LISTRIK**  
**TENAGA MINIHIDRO (PLTMH) HUTARAJA**  
**DI KECAMATAN DOLOK SANGGUL**  
**KABUPATEN HUMBANG HASUNDUTAN**  
**PROVINSI SUMATERA UTARA**

**Disusun Oleh :**

**BENGET APRIKO SIMAMORA**  
**178120024**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MEDAN AREA**  
**(TAHUN 2020)**

**LEMBAR PENGESAHAN  
LAPORAN AKHIR PELAKSANAAN KERJA PRAKTEK**

**(PENGOPERASIAN TURBIN**

**PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINIHIDRO**

**(PLTMH) HUTARAJA DI KECAMATAN DOLOK SANGGUL**

**KABUPATEN HUMBANG HASUNDUTAN PROVINSI SUMATERA UTARA)**

**Disusun Oleh :**

**Nama : BENGET A SIMAMORA**

**NPM : 17812024**

**Program Studi : TEKNIK ELEKTRO**

**Dosen Pembimbing Kerja Praktek**



**(Moranain Mungkin ST.M.Si)**

**NIDN.01-0207-8605**



**Pembimbing Lapangan**



**(Rahmad G.ST)**

**Ketua Program Studi Teknik Elektro**



**(Syarifah Muthia Putri, ST.M.T)**

**NIDN.01-0408-9002**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang senantiasa melimpahkan kasih dan rahmat-nya kepada penulis sehingga penulis dapat melaksanakan Kerja Praktek (KP) dan menyelesaikan laporan.

Laporan kerja praktek ini merupakan syarat wajib yang dipenuhi untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Adapun judul laporan yang diambil adalah: **“Pengoperasian Turbin PLTMH Hutaraja, Kecamatan Dolok Sanggul, Kab.Humbang Hasundutan”**.

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan kerja praktek ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak. Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada beberapa pihak yang berperan penting terhadap laporan ini yaitu:

1. Orang tua yang telah memberi dukungan moril/spiritual kepada penulis.
2. Ibu Dr. Grace Yuswita Harahap, ST, MT, Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Ibu Syarifah Muthia Putri, ST, MT, Ketua jurusan Teknik Elektro Universitas Medan Area.
4. Bapak Moranain Mungkin ST.M.Si, Dosen pembimbing kerja praktek jurusan Teknik Elektro Universitas Medan Area.
5. PT.Humbahas Bumi Energi yang telah bersedia memberikan data-data yang dibutuhkan penulis dalam penyelesaian kerja praktek ini.

Penulis menyadari bahwa laporan kerja praktek ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, segala saran dan kritik yang bersifat membangun dari pembaca diharapkan untuk penyempurnaan laporan kerja praktek ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga laporan kerja praktek ini bermanfaat bagi para pembaca.

Dolok Sanggul, 24 September 2020

**BENGET APRIKO SIMAMORA**

## ABSTRAK

Pembangkit Listrik Mini Hidro (PLTMH) adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak, dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (head) dan juga debit air. Air tersebut selanjutnya menggerakkan turbin yang terhubung dengan Generator, Generator inilah yang akan menghasilkan listrik. Pembangkit menggunakan dua unit Turbin berjenis turbin francis horizontal direct coupling. System pengoperasian PLTMH Huta raja menggunakan metode pengoperasian melalui remote auto dimana operator dapat mengoperasikan pembangkit dari tempat di luar peralatan yang dioperasikan, melalui komputer HMI di meja operator. Dalam pelaksanaan studi ini dilakukan pengumpulan data primer, Data primer mencakup inventarisasi komponen – komponen utama PLTM, mulai dari *intake*, saluran pembawa, hingga rumah pembangkit (*powerhouse*).

Kata kunci: PLTM, *remote auto*, *heat.inteke*, *power house*.

# DAFTAR ISI

|   |                              |
|---|------------------------------|
| KATA PENGANTAR.....   | i                            |
| ABSTRAK.....  | iii                          |
| DAFTAR ISI.....   | iii                          |
| DAFTAR GAMBAR.....  | vi                           |
| DAFTAR TABEL.....   | v                            |
| BAB I.....  | 1                            |
| PENDAHULUAN.....  | 1                            |
| 1.1. Latar Belakang.....  | 1                            |
| 1.2. Ruang Lingkup.....   | 2                            |
| 1.3. Metodologi.....  | 3                            |
| 1.4. Tujuan.....  | 2                            |
| BAB II.....   | 4                            |
| STUDI KASUS.....  | Error! Bookmark not defined. |
| 2. 1 Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro ( PLTM ).....                         | 4                            |
| 2.1.1 Komponen – komponen PLTM.....   | 5                            |
| 2.1.2 Kelebihan Dan Kekurangan Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM)..... | 6                            |
| 2.2. Bagian Utama PLTM Hutaraja.....  | 7                            |
| 2.2.1 Dam/Bendung pengalih intake (Diversion Weir dan Intake).....              | 8                            |
| 2.2.2 Bangunan Pengambilan / Intake.....  | 9                            |
| 2.2.3. Bak Pengendap (Sediment Trap).....                                       | 10                           |
| 2.2.4. Saluran Penghantar (water way).....                                      | 10                           |
| 2.2.5. Bak Penenang (Head pond).....  | 11                           |
| 2.2.6. Pipa Pesat (Penstock).....   | 11                           |
| 2.2.7. Rumah Pembangkit (Power House).....                                      | 12                           |
| 2.3 PERALATAN KHUSUS PLTM Humbahas.....   | 13                           |
| 2.3.1 TOPU.....   | 13                           |
| 2.3.2. Main Inlate Valve (MIV).....   | 13                           |
| 2.3.3. Lubricating Oil System ( LOS ).....                                      | 14                           |
| 2.3.4. Flywheel (Roda Gila).....  | 15                           |
| 2.3.5.kopling /Gear kopling.....  | 16                           |
| 2.3.5. Sistem eksitasi (Exiter).....  | 17                           |
| 2.4. Generator.....   | 18                           |
| 2.5 Transformator Tenaga.....   | 20                           |
| BAB III.....  | 21                           |
| PENGUMPULAN DATA.....   | 22                           |

|                                  |  |                                     |
|----------------------------------|--|-------------------------------------|
| 3.1                              | <b>TURBIN (turbine)</b> .....                                | 22                                  |
| 3.1.1                            | <b>Spesifikasi Teknis Turbin</b> .....                       | 23                                  |
| 3.2                              | <b>komponen Utama Turbin Francis di PLTM Huta Raja</b> ..... | 24                                  |
| 3.3                              | <b>Prinsip Kerja Turbin Francis</b> .....                    | 28                                  |
| <b>BAB IV</b> .....              |  | 29                                  |
| <b>PENGOPERASIAN PLTMH</b> ..... |  | 29                                  |
| 4.1                              | <b>Prinsip Dasar Pengoperasian PLTMH</b> .....               | 29                                  |
| 4.2                              | <b>Pengoperasian PLTMH</b> .....                             | 32                                  |
| 4.2.1                            | <b>persiapan pengoperasian.</b> .....                        | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 4.2.2.                           | <b>Langkah Stop Mesin</b> .....                              | 33                                  |
| 4.2.3.                           | <b>Tindakan Bila Terjadi Trip/ Black out</b> .....           | 34                                  |
| <b>BAB V</b> .....               |  | 36                                  |
| <b>PENUTUP</b> .....             |  | 36                                  |
| A.                               | <b>KESIMPULAN</b> .....                                      | 36                                  |
| B.                               | <b>SARAN</b> .....   | 36                                  |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....      |  | 38                                  |
| <b>LAMPIRAN :</b> .....          |  | 39                                  |
|                                  | <b>Surat Keterangan Kerja Praktek :</b> .....                | 39                                  |
|                                  | <b>Lembar Kegiatan :</b> .....                               | 40                                  |
|                                  | <b>lembar penilaian :</b> .....                              | 40                                  |

## DAFTAR GAMBAR

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| Gambar 2. 1 : Layout PLTM. bendungan ( weir ) dan bangunan Sadap..... | 6                                    |
| Gambar 2. 2 : Bendungan .....   | 9                                    |
| Gambar 2. 3 : Intake.....   | 9                                    |
| Gambar 2. 4 : Sediment Trap.....                                      | 10                                   |
| Gambar 2. 5 : Saluran pembawa.....                                    | 11                                   |
| Gambar 2. 6 : Head Pond.....  | 11                                   |
| Gambar 2. 7 : pipa penstock .....                                     | 12                                   |
| Gambar 2. 8 : Power House .....                                       | 12                                   |
| Gambar 2. 9 : Topu.....   | 13                                   |
| Gambar 2. 10 : MIV.....   | 14                                   |
| Gambar 2. 11 : Oil Cooler sump tank dan Oil cooler lubricating.....   | 15                                   |
| Gambar 2. 12 : Roda gila.....   | 16                                   |
| Gambar 2. 13 : Gear copling.....                                      | 17                                   |
| Gambar 2. 14 : Excite .....   | 18                                   |
| Gambar 2. 15 : Generator.....   | 20                                   |
| Gambar 2. 16 : transformator unit 2.....                              | 20                                   |
| Gambar 2. 17 : Transformator Unit 1 .....                             | 20                                   |
| Gambar 2. 18 : Nameplate trasformator PS.....                         | 21                                   |
| Gambar 2. 19 : Transformator PS (Pemakaian Sendiri) .....             | <b>2Error! Bookmark not defined.</b> |
| <br>  |                                      |
| Gambar 3. 1 : Sudu/Runner .....                                       | 24                                   |
| Gambar 3. 2 : Spiral casing dan stay vanering.....                    | 25                                   |
| Gambar 3. 3 : Top Cover .....   | 25                                   |
| Gambar 3. 4 : guide vane(sudu pengarah) pada turbin francis .....     | 26                                   |
| <br>  |                                      |
| Gambar 4. 1 : skema PLTM.....   | 29                                   |
| Gambar 4. 2 : Ilustrasi operasi local auto .....                      | 31                                   |



|   |    |
|---|----|
| Gambar 4. 3 : Ilustrasi operasi secara remote auto .....        | 31 |
| Gambar 4. 4 : Panel untuk melakukan operasi dan monitoring..... | 32 |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Daftar Tabel 3. 1 Range kecepatan spesifik berbagai jenis turbin.....   | 22 |
| Daftar Tabel 3. 2 Rumusan kecepatan spesifik berbagai jenis turbin..... | 23 |
| Daftar Tabel 3. 3 Rumusan kecepatan spesifik berbagai jenis turbin..... | 23 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Energi listrik merupakan energi yang mempunyai peranan penting bagi masyarakat. Salah satu manfaatnya adalah untuk penerangan. Keadaan kelistrikan di Indonesia sekarang ini sangat memprihatinkan apalagi sumber migas yang terdapat di bumi sangat terbatas, dan pada suatu saat akan habis. Oleh karena itu berbagai penelitian dilakukan untuk menemukan sumber energi di luar migas, sebagai sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan.

Keberadaan wilayah Indonesia yang memiliki sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan merupakan tantangan bagi kita untuk melakukan penelitian agar memperoleh sumber energi alternatif yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat khususnya energi listrik. Salah satu sumber energi alternatif yang dapat dikembangkan adalah Turbin air.

Turbin air adalah alat yang merubah energi aliran menjadi energi mekanik poros. Pemilihan jenis turbin yang sesuai untuk suatu pembangkit tenaga mikro hidro tergantung pada karakteristik aliran yaitu tinggi jatuh dan debit aliran yang tersedia serta kecepatan turbin. Mikrohidro merupakan pembangkit listrik yang mudah diterapkan pada masyarakat karena pembuatannya mudah, peralatan yang digunakan sederhana dan tempat yang digunakan relatif lebih kecil. Hal ini merupakan salah satu keunggulan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro, yaitu tidak menimbulkan kerusakan lingkungan. Mengingat masih besarnya potensi tenaga air yang belum dimanfaatkan, maka saat ini rekayasa mikrohidro masih sangat dibutuhkan khususnya dalam pemanfaatan potensi pembangkit tenaga listrik.

Turbin Air dapat beroperasi sesuai dengan perancangan sebelumnya dan bila mempunyai Daerah Aliran Sungai (DAS) yang potensial sebagai sumber air untuk memenuhi kebutuhan dalam pengoperasian Turbin air tersebut. Dalam hal ini perhitungan debit air yang akan dialirkan melalui pintu air untuk menggerakkan turbin

sebagai penggerak sumber listrik merupakan suatu keharusan untuk dimiliki sehingga kontrol air dapat dilakukan dengan baik.

Turbin adalah sebuah mesin berputar yang mengambil energi dari aliran Fluida. Fluida yang bergerak menjadikan baling-baling berputar dan menghasilkan energi untuk menggerakkan rotor.

Secara garis besar Turbin berfungsi untuk mengubah energi potensial menjadi energi mekanik. Turbin air kebanyakan seperti kincir angin, dengan menggantikan fungsi dorong angin untuk memutar baling-baling digantikan air untuk memutar turbin, kemudian Perputaran turbin ini di hubungkan ke generator untuk menghasilkan energi listrik yang direncanakan PLTM Huta Raja menghasilkan daya sebesar 3x3.3 MW.

Sudu jalan pada turbin Kaplan berfungsi sebagai penggerak poros turbin yang dihubungkan dengan generator. Sudu jalan pada turbin Kaplan berbentuk baling-baling yang memiliki belokan sangat sedikit yang digunakan untuk mendapatkan gaya putar yang menghasilkan torsi pada poros turbin.

Di dalam PLTMH juga terdapat komponen – komponen utama agar dapat mengkasilkan energi listrik, Oleh karena itu, perlu dipahami fungsi dan bentuk dari komponen tersebut. Kemudian di dalam pengoperasian juga perlu memahami pemeliharaan dan pengoperasian yang baik dan benar dengan cara pemeriksaan secara berkala dan mengganti peralatan ataupun komponen di PLTMH yang sudah rusak.

## **1.2 Ruang Lingkup**

Batasan Masalah (Ruang Lingkup) dalam kerja praktek (KP) antara lain adalah sebagai berikut :

1. Mengkaji potensi ketersediaan Sumber Daya Air yang digunakan secara terus-menerus sebagai elemen utama pembangunan PLTM.
2. Mengkaji kinerja dan kondisi bangunan-bangunan lokasi PLTM.
3. Mengkaji komponen – komponen utama PLTM Huta Raja

### **1.3. Metodologi**

Metodologi yang dilakukan penulis dalam penyusunan laporan ini adalah sebagai berikut:

1. Data-data studi kepustakaan yang penulis dapatkan dari literatur dan sumber tertulis lainnya baik dari dalam perusahaan, buku perpustakaan, laporan atau judul penulisan yang pernah dibuat maupun dari media internet yang terkait dengan topik penulisan laporan kerja praktek ini.
2. Mengamati dan mempelajari secara langsung prosedur pengoperasian Turbin pembangkit listrik mini hidro (PLTM) di PT. Humbahas Bumi Energi.
3. Pengamatan dan wawancara langsung dengan petugas dan pegawai PT. Humbahas Bumi Energi

### **1.4. TUJUAN :**

1. Untuk mengetahui prinsip kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro dan berapa Spesifikasi Daya yang dihasilkan Turbin PLTMH Huta Raja.
2. Untuk mengetahui apa saja yang mengenai Turbin air.
3. Untuk mengetahui penggolongan jenis – jenis Turbin air.
4. Untuk mengetahui bagaimana sistem pengoperasian PLTMH Huta raja.

## **BAB II STUDI KASUS**

### **2. 1 Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro ( PLTM )**

Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) adalah pembangkit listrik berskala kecil dengan out put antara 1MW – 10 MW yang memanfaatkan aliran air sebagai sumber tenaga. Semakin tinggi debit (Q) dan jatuh air (head) maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. di samping faktor geografis yang memungkinkan, tinggi jatuh air (head) dapat pula diperoleh dengan membendung aliran air sehingga permukaan air menjadi tinggi.

PLTM termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut dengan humt milling energi karena ramah lingkungan. Dari segi teknologi, PLTM memiliki konstruksi yang masih sederhana dan mudah dioperasikan serta mudah dalam perawatan dan penyediaan suku cadang. Dari segi ekonomi, biaya operasi dan perawatannya relatif murah sedangkan investasinya cukup bersaing dengan pembangkit listrik lainnya. Secara sosial, PLTM lebih mudah diterima masyarakat luas dibandingkan dengan pembangkit listrik lainnya seperti PLTN.

Prinsip kerja PLTM adalah memanfaatkan beda tinggi dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran atau sungai. Air yang mengalir melalui intake dan diteruskan oleh saluran pembawa hingga penstock akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Turbin air akan memutar generator dan menghasilkan listrik. Daya yang dibangkitkan generator yang diputar oleh turbin air adalah:

$$P = \eta \cdot g \cdot H \cdot Q$$

Dimana: P = daya ( kW)  
g = percepatan gravitasi  
 $\eta$  = efisiensi Q = debit air ( m<sup>3</sup>/s )  
H = Head (Tinggi Jatuh)

### 2.1.1 Komponen – komponen PLTM

PLTM mempunyai komponen-komponen penting yang mendukung kemampuan kerjanya, dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut:

1. Bendungan ( Dam )

Bendungan berfungsi untuk menaikkan / mengontrol tinggi air sungai sehingga air dapat dialihkan kedalam intake.

2. Sayap Bendung (Dam wing )

Sayap bendung terbuat dari pasangan batu kali, gunanya untuk mencegah erosi tepi sungai dan banjir yang dapat menghancurkan pekerjaan sipil.

3. Penahan Gerusan

Penahan gerusan terbuat dari pasangan batu/beronjong gunanya untuk mencegah erosi dasar sungai di hilir bendung

4. Pintu Gerusan dan Saluran Penguras ( *flushing gate and flushing canal* )

Pintu penguras dipasang diantara bendung dan intake yang dibutuhkan untuk mencegah terjadinya endapan didaerah intake. Air yang digunakan untuk menguras dialirkan melalui saluran penguras yang kemudian dialirkan kembali ke sungai pada sisi setelah bendung.

5. Bangunan Pengalih ( *intake* )

Bangunan pengalih berfungsi untuk mengalihkan air melalui sebuah pembuka di bagian sisi sungai ke dalam sebuah bak pengendap. Pada saat banjir digunakan untuk mengurangi volume air yang masuk ke saluran

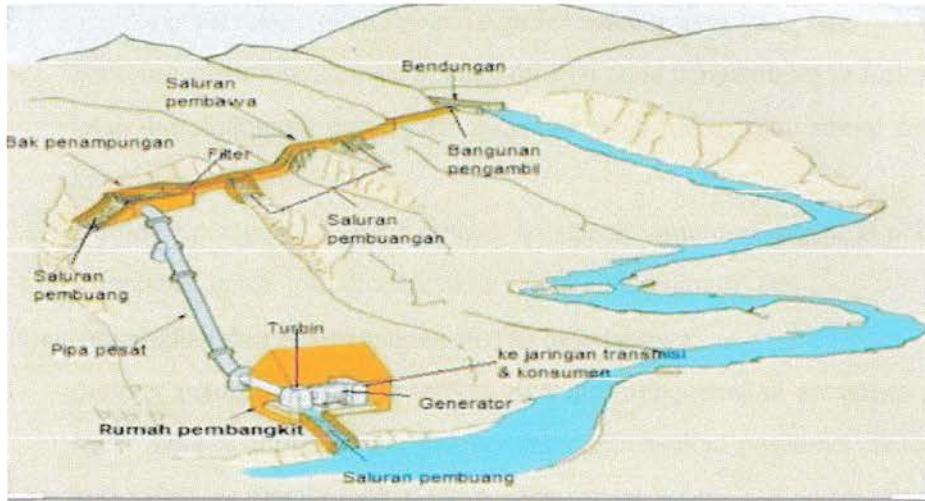
6. Saluran Pengalih ( *intake channel* )

Saluran pengalih berfungsi untuk mengalirkan air dari intake ke saluran pembawa. Saluran intake terbuat dari pasangan batu kali dan diengkapi dengan pelimpah samping dan pintu intake

7. Pintu intake

Pintu intake berguna untuk menutup dan membuka saluran intake, menutup saluran biasanya dilakukan pada saat pemeliharaan atau terjadinya renovasi pada saluran.

Saluran pembuang mengalirkan air dari turbin kembali ke sungai. Saluran pembuang perlu didesain cukup luas agar air buangan turbin dapat mengalir dengan aman. Dinding pengaman pada sungai dan posisi ketinggian lantai rumah turbin dibuat cukup tinggi, yaitu di atas tinggi muka air maksimum pada saat banjir. Perlu diperhatikan erosi dan endapan dalam saluran pembuang karena erosi dapat berbahaya untuk stabilitas bangunan.



Gambar 2. 1 : Layout PLTM. bendungan ( weir ) dan bangunan Sadap

### 2.1.2 Kelebihan Dan Kekurangan Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM )

Adapun kelebihan PLTM adalah sebagai berikut:

1. Ramah Lingkungan; Pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air merupakan pembangkit listrik yang paling ramah lingkungan juga tidak mencemari dan merusak alam, karena menggunakan air sebagai sumber tenaganya. Jika dibandingkan dengan PLTU, saat ini sedang menghadapi masalah pembuangan limbahnya yang berupa batu bara.
2. PLTM juga tidak mengganggu aliran sungai secara signifikan karena air yang dimanfaatkan tidak akan berubah menjadi sesuatu yang lain dan tentu masih dapat dipergunakan.
3. Hemat bahan bakar karena PLTM menggunakan sumber tenaga yang abadi yaitu tenaga air dan tidak seperti bahan bakar untuk PLTU atau PLTN yang menggunakan bahan bakar fosil, batu bara atau nuklir.



4. Biaya pengoperasian dan pemeliharaan PLTM sangat rendah dibandingkan dengan pembangkit lainnya seperti PLTU dan PLTN. Pada PLTU, disamping pengeluaran biaya untuk batubara, perlu di pertimbangkan pula biaya transportasi bahan bakar tersebut.
5. Pembangkit listrik dengan tenaga air cukup sederhana untuk di mengerti dan cukup mudah untuk dioperasikan. Ketangguhan sistemnya dapat lebih diandalkan dibandingkan dengan sumber-sumber daya yang lain.
6. Perkembangan mutakhir yang telah dicapai pada pengembangan turbin air, telah dimungkinkan untuk memanfaatkan jenis turbin yang sesuai dengan keadaan setempat.
7. Peralatan pembangkit listrik dengan tenaga air umumnya memiliki peluang yang besar untuk bisa dioperasikan selama lebih dari 50 thn.

Adapun kelemahan dari pembangunan PLTM di antaranya:

1. Sumber pembangkit listrik tenaga air yang menggunakan air terjun tidak selalu berada di lokasi yang dikehendaki, kebanyakan posisinya jauh dari kota sehingga membutuhkan biaya yang sangat besar.
2. Jika konsumen pengguna listrik dalam jumlah besar terlalu jauh dari pusat pembangkit akan membutuhkan sarana jaringan tower transmisi tegangan tinggi yang panjang, juga memerlukan sarana trafo peningkat tegangan yang banyak.
3. Bila kita mengalami musim kemarau panjang, akibatnya cadangan air akan sangat berkurang dan berdampak pada penurunan kuantitas produksi daya listrik yang kita ingin produksi.
4. Daya yang bisa diproduksi tergantung pada ketersediaan air sepanjang hari.

## **2.2. Bagian Utama PLTM Hutaraja**

Debit merupakan salah satu parameter penting dalam perencanaan pembangkit listrik dengan menggunakan tenaga air. Kapasitas debit air akan menentukan besarnya energi yang dapat dihasilkan. Debit juga akan menentukan ukuran dan jenis turbin yang akan digunakan. Pengukuran debit aliran sungai biasanya dilakukan dengan menggunakan alat Current Meter, pengukuran dilakukan di sepanjang penampang melintang sungai. Current meter adalah

sebuah batang dengan profil literatur baling-baling yang dapat bergerak bebas berputar dan dihubungkan dengan layar monitor menggunakan kabel untuk membaca kecepatan aliran air. Setelah kecepatan arus air diketahui selanjutnya dilakukan pengukuran luas penampang melintang sungai. Dari dua parameter tersebut, debit air dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$Q = V \cdot A$$

Dimana:

Q = debit aliran (m<sup>3</sup>/s)

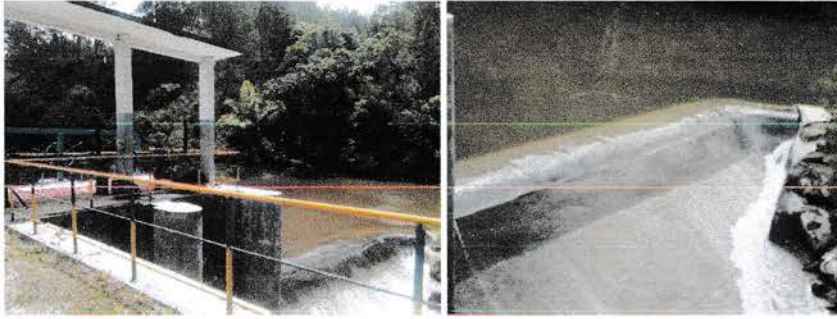
V = kecepatan aliran (m/s)

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

### 2.2.1 Dam/Bendung pengalih intake (Diversion Weir dan Intake)

Bendung berfungsi untuk menaikkan/mengontrol tinggi air dalam sungai secara signifikan sehingga memiliki jumlah air yang cukup untuk dialihkan ke dalam intake kemudian ke dalam sebuah bak pengendap (*Settling Basin*). Sebuah bendung dilengkapi dengan pintu air untuk membuang kotoran/lumpur yang mengendap. Perlengkapan lainnya adalah saringan sampah. PLTM umumnya merupakan pembangkit tipe *run off river* sehingga bangunan bendung dan intake dibangun berdekatan. Dengan pertimbangan dasar stabilitas sungai dan aman terhadap banjir, dapat dipilih lokasi untuk bendung (*Weir*) dan intake.

Tujuan dari intake adalah untuk memisahkan air dari sungai untuk dialirkan ke dalam saluran, penstock atau bak penampungan. Tantangan utama dari bangunan intake adalah ketersediaan debit air yang penuh dari kondisi debit rendah sampai banjir. Juga sering kali adanya lumpur, pasir dan kerikil atau puing-puing dedaunan pohon sekitar sungai yang terbawa aliran sungai.



Gambar 2. 2 : Bendungan

### 2.2.2 Bangunan Pengambilan / Intake

Konstruksi bangunan pengambilan / intake dari beton konstruksi bertulang dilengkapi dengan dua buah pintu baja tipe sorong dengan dimensi 2,00 m ( lebar ) x 2,00 m (tinggi) dan dua buah trashrack dengan dimensi 2,00 m (lebar) x 4,95 m (tinggi). Elevasi ambang intake adalah EL.1172,0 m ditetapkan 2,00 m diatas dasar sungai, sedangkan elevasi dasar sungai EL.1170.00m.

Saluran pengarah yang terletak dihilir pintu intake berupa saluran terbuka menuju bangunan penangkap sedimen, dimana konstruksi terbuat dari konstruksi beton bertulang dengan lebar dasar 2,00 m, tinggi air 3,50 m, kemiringan dasar saluran (s) 0,00085 serta kecepatan aliran (v) 1,51 m/dt. Berdasarkan peninjauan dilapangan, bangunan intake masih beroperasi sangat baik yang dapat diperlihatkan pada gambar 2.2 berikut.

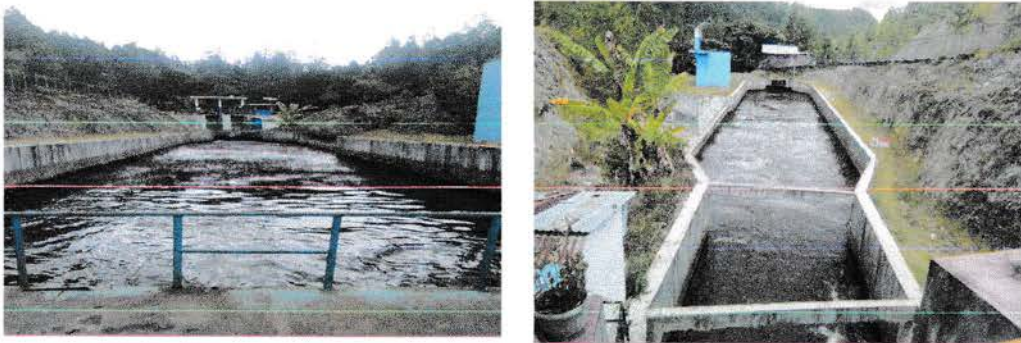


Gambar 2. 3 : Intake

### 2.2.3. Bak Pengendap (Sediment Trap)

Fungsi bangunan ini adalah untuk :

1. Mengatur aliran air dari saluran penyalur sehingga harus mencegah terjadinya kolam pusaran dan aliran turbulen serta mengurangi kecepatan aliran masuk ke bak pengendap sehingga perlu bagian melebar.
2. Sebagai bak pengendap adalah untuk mengendapkan sedimen dimana untuk detail desainnya perlu dihitung dengan formulasi hubungan panjang bak, kedalaman bak, antara kecepatan pengendap, dan kecepatan aliran.
3. Sebagai penimbunan sedimen, sehingga harus didesain mudah dalam pembuangan sedimen.
4. Sebagai sediment yang mengalirkan aliran masuk ke bagian bawah dimana mengalir dari intek.



Gambar 2. 4 : Sediment Trap

### 2.2.4. Saluran Penghantar (water way)

Saluran pembawa mengikuti kontur dari sisi bukit untuk menjaga elevasi dari air yang disalurkan. Ada berbagai macam saluran pembawa, antara lain terowongan, saluran terbuka dan saluran tertutup. Konstruksi saluran pembawa dapat berupa pasangan batu kali atau hanya berupa tanah yang digali. Pada saluran yang panjang perlu dilengkapi dengan saluran pelimpah pada jarak tertentu. Ini untuk menjaga jika terjadi banjir maka kelebihan air akan terbuang melalui saluran tersebut. Karena secara umum jumlah air yang terangkut kecil, saluran pembawa

untuk sebuah pembangkit listrik tenaga air secara mendasar mengadopsi struktur terbuka,



Gambar 2. 5 : Saluran pembawa

#### 2.2.5. Bak Penenang (Head pond)

Fungsi dari bak penenang adalah sebagai penyaring terakhir seperti settling basin untuk menyaring benda-benda yang masih tersisa dalam aliran air, dan merupakan tempat permulaan pipa pesat (*penstock*) yang mengendalikan aliran menjadi minimum sebagai antisipasi aliran yang cepat pada turbin tanpa menurunkan elevasi muka air yang berlebihan dan menyebabkan arus lebih stabil pada saluran.



Gambar 2. 6 : Head Pond

#### 2.2.6. Pipa Pesat (Penstock)

Penstock dihubungkan pada sebuah elevasi yang lebih rendah ke sebuah turbin air. Kondisi topografi dan pemilihan skema PLTM mempengaruhi tipe pipa pesat (*penstock*). Umumnya sebagai saluran ini harus didesain/dirancang secara

benar sesuai kemiringan (head) sistem PLTM. Pipa penstock merupakan salah satu komponen yang mahal dalam pekerjaan PLTM, oleh karena itu desainnya perlu dipertimbangkan terhadap keseimbangan antara kehilangan energi dan biaya yang diperlukan. Parameter yang penting dalam desain pipa penstock terdiri dari material yang digunakan, diameter dan ketebalan pipa serta jenis sambungan yang digunakan.



Gambar 2. 7 : pipa penstock

### 2.2.7. Rumah Pembangkit (Power House)

Untuk mendesain rumah pembangkit, perlu dipertimbangkan:

1. Lantai rumah pembangkit dimana peralatan PLTM ditempatkan, perlu memperhatikan kenyamanan selama operasi, mengelola, dan melakukan perawatan dimana terjadi pekerjaan pembongkaran dan pemasangan peralatan.
2. Memiliki cukup cahaya masuk untuk penerangan di siang hari dan adanya ventilasi udara.
3. Kenyamanan jika operator berada didalamnya seperti untuk melakukan pengendalian ataupun pencatatan secara manual pada jenis dan tipe turbin yang digunakan, dan sirkulasi air yang dikeluarkan setelah menggerakkan turbin.



Gambar 2. 8 : Power House

## 2.3 Peralatan Khusus PLTM Humbahas

### 2.3.1 TOPU

Merupakan suatu alat atau mesin yg berfungsi untuk menggerakkan aktuator hidrolis pada saat membuka dan menutup dengan konter weight. Katub harus dapat menutup secara otomatis ketika dalam kondisi dibawah normal dan kondisi berhenti darurat. sehingga air yg masuk pada turbin bisa di atur oleh MIV.



Gambar 2. 9 : Topu

### 2.3.2. Main Inlate Valve (MIV)

Main Inlate Valve (MIV) sering juga disebut katup induk. MIV ialah katup yang dipasang antara ujung bawah penstock dan sisi masuk turbin yang berfungsi untuk menutup aliran air masuk ke turbin disaat turbin tidak beroperasi dan pada PLTA tertentu katup ini juga berfungsi sebagai pengaman dalam menghentikan turbin bila tekanan minyak hilang.

MIV dilengkapi dengan katup bypass yang fungsinya untuk menyamakan tekanan air pada kedua sisi katup sebelum katup utama dioperasikan.

Biasanya jenis katup yang digunakan adalah :

1. Katup kupu-kupu (Buterfly valve)
2. Katup sorong (Slince gate)
3. Katup putar (rotary valve)



Gambar 2. 10 : MIV

### 2.3.3. Lubricating Oil System ( LOS )

Lubricating oil system merupakan suatu sistem yang menyediakan minyak pelumasan untuk 5 (lima) bantalan pada generator dan turbin. Pelumasan disini bertujuan untuk menjaga bantalan terhadap gesekan mekanik dengan poros, sehingga operasi turbin dan generator menjadi lancar. Bagian utama dari lubricating oil system antara lain :

a. Sump tank lubricating

Digunakan sebagai penampung minyak pelumas yang akan disalurkan ke gravity tank dan sebagai penampung kembali minyak yang telah digunakan untuk melumasi kelima bantalan.

b. Motor pompa minyak

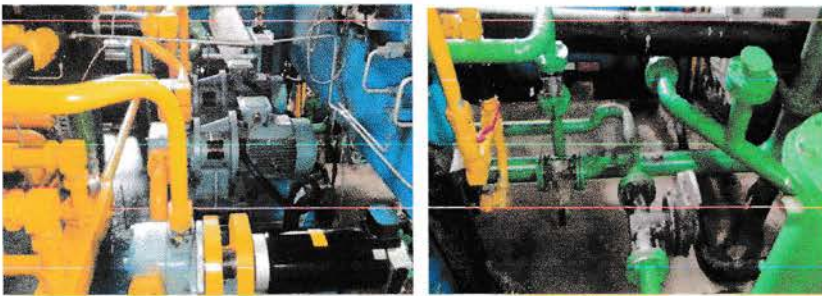
Digunakan untuk mensupply atau memompa minyak yang terdapat padasump tank lubricating menuju gravity tank. Terdapat 2 buah motor yang digunakan secara bergantian, dimana apabila salah satu motor mengalami gangguan, sistem pelumasan masih dapat bekerja dengan bantuan motor yang lain.

c. Strainer

Digunakan untuk menyaring kotoran yang terkandung dalam minyak pelumasan.



- d. Oil cooler  
Digunakan untuk mendinginkan temperatur dari minyak pelumasan setelah digunakan untuk melumasi kelima bantalan turbin dan generator.
- e. Gravity tank  
Digunakan untuk manampung minyak pelumas dari sump tank lubricating dan siap untuk disirkulasikan pada kelima bantalan turbin dan generator.
- f. Oil flow relay  
Digunakan untuk mendeteksi adanya aliran minyak pelumas menuju bantalan turbin dan generator.



Gambar 2. 11 : Oil Cooler sump tank dan Oil cooler lubricating.

#### 2.3.4. Flywheel (Roda Gila)

Flywheel Adalah perangkat mekanik berputar yang digunakan untuk menyimpan energi rotasi. Flywheel memiliki momen inersia yang signifikan, dan dengan demikian menahan perubahan kecepatan rotasi.

Jumlah energi yang tersimpan dalam flywheel adalah sebanding dengan kuadrat kecepatan rotasi. Energi ditransfer ke flywheel dengan menggunakan torsi, sehingga meningkatkan kecepatan rotasi, dan karenanya energi dapat tersimpan. Sebaliknya, flywheel melepaskan energi yang tersimpan dengan melakukan torsi ke beban mekanik, sehingga mengurangi kecepatan rotasi.

Penggunaan umum dari roda gila meliputi:

1. Menyediakan energi yang terus menerus ketika sumber energi terputus. Misalnya, flywheel yang digunakan dalam mesin piston (piston engine / reciprocating engine), karena sumber energi berupa torsi dari mesin, berselang (tidak konstan).

2. Memberikan energi pada tingkat di luar kemampuan sumber energi yang terus menerus. Hal ini dicapai dengan mengumpulkan energi dalam flywheel dari waktu ke waktu dan kemudian melepaskan energi dengan cepat, dengan tingkat yang melebihi kemampuan sumber energi.
3. Mengontrol orientasi dari sebuah sistem mekanik. Dalam aplikasi tersebut, momentum sudut dari flywheel sengaja ditransfer ke beban ketika energi ditransfer ke atau dari flywheel.
4. Flywheel biasanya terbuat dari baja dan berputar pada bantalan (bearings) konvensional, dan ini umumnya terbatas pada tingkat revolusi kurang dari 1000 RPM. Beberapa flywheel modern terbuat dari bahan serat karbon dan menggunakan bantalan magnet, memungkinkan flywheel untuk berputar pada kecepatan sampai 60.000 RPM.



Gambar 2. 12 : Roda gila

### 2.3.5. kopleng /Gear kopleng

adalah mesin yang digunakan untuk menghubungkan dua poros pada kedua ujungnya dengan tujuan untuk mentransmisikan daya mekanis. Kopleng biasanya tidak mengizinkan pemisahan antara dua poros ketika beroperasi, tetapi saat ini ada kopleng yang memiliki torsi yang dibatasi sehingga dapat slip atau terputus ketika batas torsi dilewati.

Tujuan utama dari kopleng adalah menyatukan dua bagian yang dapat berputar. Dengan pemilihan, pemasangan, dan perawatan yang teliti, performa kopleng bisa maksimal, kehilangan daya bisa minimum, dan biaya perawatan bisa diperkecil.



Gambar 2. 13 :Gear copling

### 2.3.6. Sistem eksitasi (Exiter)

Untuk membangkitkan medan magnet pada rotor, maka diperlukan arus searah (DC) yang umumnya disebut penguat. Perangkat yang berfungsi untuk mensuplai arus penguat ini disebut eksiter ( Exciter ) / sistem eksitasi.

Prinsip kerja sistem eksitasi

Saat generator diputar, Pilot Exciter yang memiliki permanent magnet pada rotor (field) coilnya akan membangkitkan tegangan AC. Power ini kemudian akan menjadi sumber power untuk AVR (Automatic Voltage Regulator). Oleh AVR tegangan AC tersebut disearahkan menjadi tegangan DC dan diatur besar arusnya untuk kemudian disalurkan ke AC Exciter field (stator) coil. Arus yang mengalir di field coil membangkitkan AC 3-phase di armature coil AC Exciter. Tegangan AC itu kemudian disearahkan oleh dioda silikon yang terdapat di rangkaian rotating rectifier menjadi tegangan DC. Arus yang dihasilkan oleh rotating rectifier kemudian akan disalurkan ke field coil dari generator.

Output AC Exciter yang berupa tegangan AC kemudian disearahkan oleh Rotating Rectifier yang kemudian diumpankan ke field coil dari generator. Konstruksi ini tidak membutuhkan injeksi arus melalui komponen sliding yang menggunakan komutator, carbon-brush dan slip ring.



Gambar 2. 14 : Excite

## 2.4. Generator

Generator adalah suatu peralatan yang berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Jenis generator yang digunakan pada perencanaan PLTM ini adalah:

1. Generator sinkron, sistem eksitasi tanpa sikat (*brushless excitator*) dengan penggunaan dua tumpuan bantalan (*two bearing*).
2. *Induction Motor* sebagai Generator (IMAG) sumbu vertikal, pada perencanaan turbin propeller open flume.

Spesifikasi generator adalah putaran 1500 rpm, 50 Hz, 3 phasa dengan keluaran tegangan 220 V/380 V. Efisiensi generator secara umum adalah:

1. Aplikasi < 10 KVA efisiensi 0,7 - 0,8
2. Aplikasi 10 - 20 KVA efisiensi 0,8-0,85
3. Aplikasi 20 – 50 KVA efisiensi 0,85
4. Aplikasi 50-100 KVA efisiensi 0,85-0,9
5. Aplikasi > 100 KVA efisiensi 0,9 - 0,95

Sistem kontrol yang digunakan pada perencanaan PLTM menggunakan pengaturan beban sehingga jumlah *output* daya generator selalu sama dengan beban. Apabila terjadi penurunan beban di konsumen, maka beban tersebut akan dialihkan ke sistem pemanas udara (*air heater*) yang dikenal sebagai *ballast load/dummy load*. Sistem pengaturan beban yang digunakan pada perencanaan ini

adalah, ini biasanya digunakan pada saat pengujian dan pada saat masuk ke konsumen.

1. *Electronic Load Controller* (ELC) untuk penggunaan generator sinkron
2. *Induction Generator Controller* (IGC) untuk penggunaan IMA

Sistem kontrol tersebut telah dapat dipabrikasi secara lokal, dan terbukti handal pada penggunaan di banyak PLTM. Sistem kontrol ini terintegrasi pada panel kontrol (switch gear). Fasilitas operasi panel kontrol mikromum terdiri dari:

1. Kontrol *start/stop*, baik otomatis, semi otomatis, maupun manual
2. Stop/berhenti secara otomatis
3. Trip stop (berhenti pada keadaan gangguan: over-under voltage, overunder frekuensi.
4. Emergency shut down, bisa terjadi gangguan listrik (misal arus lebih)

#### 1. DE Generator

Pengukuran vibrasi pada motor di atas menggunakan vibrasi tipe kabel magnet. Keuntungan penggunaan alat vibrasi tersebut dapat menjangkau tempat yang sulit dan nilainya lebih stabil karena tidak berdasarkan pada cara memegang. Namun karena memakai kabel maka penggunaan harus lebih hati-hati karena sensor pada ujung kabel yang rawan pada saat bongkar pasang dan kabel yang rawan terlipat mengakibatkan pengukuran jadi kurang optimal.

#### 2. NDE Generator

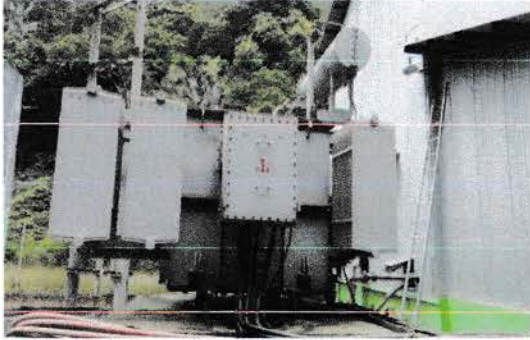
Selain Vibrasi motor perlu di lakukan pengukuran suhu pada bearing, speed measurement atau RPM cek dan juga noise atau kebisingan motor. Standar yang digunakan untuk pengetesan bisa di ambil pada dokumen FAT (Factory Acceptance Test), standar pabrikan (manual book) ataupun standar internasional.



Gambar 2. 15 : Generator

### **2.5. Transformator Tenaga**

Transformator adalah peralatan listrik untuk memindahkan daya listrik dan mengubah level tegangan dan arus listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain melalui suatu gandengan magnet berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Pada PLTM Aek Silang terdapat 3 transformator tenaga yaitu transformator utama yaitu Unit 1 dan Unit 2 (main transformer) dan transformator PS atau pemakaian sendiri (station service transformer). Transformator utama berfungsi untuk menaikkan tegangan dari masing-masing generator menjadi tegangan sistem distribusi 22 kV menuju GI Sosor Tambok. Sedangkan transformator PS atau pemakaian sendiri berfungsi untuk menyuplai pemakai daya pada power house dan pemakaian sendiri untuk peralatan bantu, sistem penarangan dll.



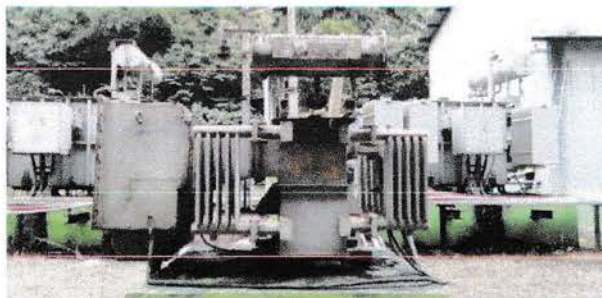
Gambar 2. 17 : Transformator Unit 1



Gambar 2. 16 : transformator unit 2



Gambar 2. 18 : Nameplate transformator PS



Gambar 2. 19 : Transformator PS (Pemakaian Sendiri)

## BAB III PENGUMPULAN DATA

### 3.1 TURBIN (turbine)

Turbin dan generator berfungsi untuk mengubah energi air (potensial, tekanan dan kinetik) menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Air mengalir melalui turbin, memberi tenaga pada penggerak (runner) dari turbin dan membuatnya berputar. Corong dari penggerak berhubungan langsung dengan generator, asalkan tenaga mekanik yang penting tersalur pada generator. Jadi, turbin-turbin menempati posisi kunci dalam bidang teknik hidroelektrik dan membentuk suatu bagian besar dan seluruh jumlah biaya proyek.

Kecepatan spesifik setiap turbin memiliki kisaran (range) tertentu berdasarkan data eksperimen. Kisaran kecepatan spesifik beberapa turbin air dapat dilihat 3.1 berikut:

| Jenis Turbin     | Range Kecepatan Spesifik (rpm) |
|------------------|--------------------------------|
| Turbin pelton    | $12 \leq N_s \leq 25$          |
| Turbin Francis   | $60 \leq N_s \leq 300$         |
| Turbin Crossflow | $40 \leq N_s \leq 200$         |
| Turbin Propeller | $250 \leq N_s \leq 1000$       |

Daftar Tabel 3. 1 Range kecepatan spesifik berbagai jenis turbin

Dengan mengetahui kecepatan spesifik turbin maka perencanaan dan pemilihan jenis turbin akan menjadi lebih mudah. Beberapa formula yang dikembangkan dari data eksperimental berbagai jenis turbin dapat digunakan untuk melakukan estimasi , perhitungan kecepatan spesifik turbin, jenis turbin tersebut dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut:

| Jenis Turbin          | Kecepatan spesifik (rpm) | Referensi                   |
|-----------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Turbin pelton (1 jet) | $N_s = 85.49/H^{0.243}$  | (Siervo & Lugaresi, 1978)   |
| Turbin Francis        | $N_s = 3763/H^{0.854}$   | (Schweiger & Gregory, 1989) |
| Turbin Kaplan         | $N_s = 2283/H^{0.486}$   | (Schweiger & Gregory, 1989) |



|                  |                          |                         |
|------------------|--------------------------|-------------------------|
| Turbin Crossflow | $N_s = 513.25/H^{0.505}$ | (Kporde & Wamick, 1983) |
| Turbin Propeller | $N_s = 2702/H^{0.5}$     | (USBR, 1976)            |

Daftar Tabel 3. 2 : Rumusan kecepatan spesifik berbagai jenis turbin

Dengan mengetahui besaran kecepatan spesifik maka dimensi dasar turbin dapat diestimasi (diperkirakan). Pemilihan jenis turbin didasarkan pada ketersediaan teknologi secara lokal dan biaya pembuatan/pabrikasi yang lebih murah dibandingkan tipe lainnya. turbin yang dipakai di PLTM Humbahas adalah jenis turbin Francis Horizontal.

Jenis Turbin disesuaikan berdasarkan tinggi jatuh (head) pada lokasi dapat dilihat pada tabel 3.3 berikut:

| Jenis Turbin         | Variasi Head ( m ) |
|----------------------|--------------------|
| Kaplan dan Propeller | $2 < H < 20$       |
| Francis              | $10 < H < 350$     |
| Pelton               | $50 < H < 1000$    |
| Crossflow            | $6 < H < 100$      |
| Turgo                | $50 < H < 250$     |

Daftar Tabel 3. 3 : Rumusan kecepatan spesifik berbagai jenis turbin

### 3.1.1 Spesifikasi Teknis Turbin

- Tipe Turbin : Turbin Francis Poros Horizontal Direct Coupling
- Kapasitas per unit : 3 MW
- Kapasitas Total : 6 MW
- Jumlah Turbin : 2 Unit
- Putaran Turbin : 750 rpm
- Efisiensi Turbin : 90 %
- Putaran Spesifik ( $n_s$ ) : 209,34
- Runawayspeed : 750 rpm
- Diameter runner : 84,6 cm
- Putaran generator : 750 rpm, 50 Hz, 10 pole

- Efisiensi generator : 95%
- Level tailrace(Hs) : + 2,64 m

### **3.2 komponen Utama Turbin Francis di PLTM Huta Raja**

#### **1. Sudu/Runner**

Runner terbuat dari baja stainless steel dengan komposisi 13/4 chromium-nikel yang dituang menjadi satu bagian konstruksi. Sejumlah blade dari runner mempunyai permukaan halus dan perlakuan pelapisan permukaan (polished) sehingga mampu menahan gesekan, retakan, konsentrasi retakan dll. Dan sebelum dilakukan pengiriman runner sudah dilakukan dinamikbalancing.



Gambar 3. 1 : Sudu/Runner

#### **2. Spiral casing dan stay vanering**

Spiral casing harus dibuat dari bahan pelat baja yang dilas/pelat baja ringan. dan dipertimbangkan dalam hal kemudahan pengiriman, transportasi maupun instalasi. Spiral casing harus dirancang untuk mampu menahan tekanan air maksimum dan mampu menahan water hammer. Spiral casing harus dilengkapi dengan dudukan (supporting pad), dan semua perlengkapan pendukung untuk instalasi. Spiral casing dilengkapi dengan alat ukur piezometer (pengukur tekanan) yang terletak dibagian inlet dan outlet dari spiral casing. Dimana piezometer tersebut terbungkus dengan socket head tipe stainlessstell plug. Inspeksi bagian pengelasan dari spiral casing menggunakan

- Efisiensi generator : 95%
- Level tailrace(Hs) : + 2,64 m

### 3.2 komponen Utama Turbin Francis di PLTM Huta Raja

#### 1. Sudu/Runner

Runner terbuat dari baja stainless steel dengan komposisi 13/4 chromium-nikel yang dituang menjadi satu bagian konstruksi. Sejumlah blade dari runner mempunyai permukaan halus dan perlakuan pelapisan permukaan (polished) sehingga mampu menahan gesekan, retakan, konsentrasi retakan dll. Dan sebelum dilakukan pengiriman runner sudah dilakukan dinamikbalancing.



Gambar 3. 1 : Sudu/Runner

#### 2. Spiral casing dan stay vanering

Spiral casing harus dibuat dari bahan pelat baja yang dilas/pelat baja ringan. dan dipertimbangkan dalam hal kemudahan pengiriman, transportasi maupun instalasi. Spiral casing harus dirancang untuk mampu menahan tekanan air maksimum dan mampu menahan water hammer. Spiral casing harus dilengkapi dengan dudukan (supporting pad), dan semua perlengkapan pendukung untuk instalasi. Spiral casing dilengkapi dengan alat ukur piezometer (pengukur tekanan) yang terletak dibagian inlet dan outlet dari spiral casing. Dimana piezometer tersebut terbungkus dengan socket head tipe stainlessstell plug. Inspeksi bagian pengelasan dari spiral casing menggunakan

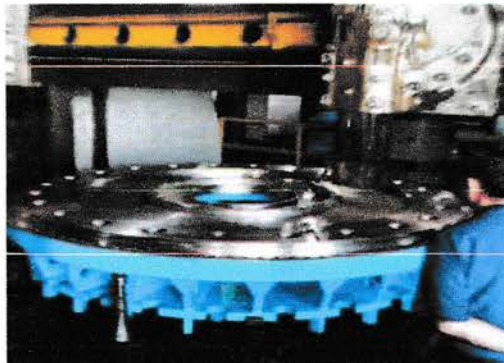
metode radiographic/ultrasonic. Ataupun jika spiral casing sudah diassembling dari pabrikan harus ada jaminan mutu dari proses pengelasan dari spiral casing tersebut. Tersedia katub ventilasi udara harus tersedia untuk membuang udara dari spiral casing ketika pengisian air dan katubnya harus tipe bola, dan mampu menahan tekanan desain dari spiral casing. Stay vane ring harus dari bahan lowalloycaststeel (baja cor paduan rendah) atau dari pelat baja yang dilas. Stay vane ring merupakan bagian dari spiral casing dan waktu pemasangan harus sesuai.



Gambar 3. 2 : Spiral casing dan stay vanering

### 3. Top Cover/Side Cover

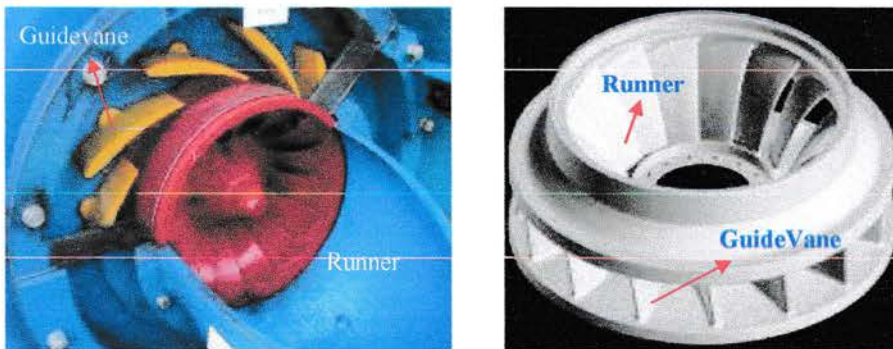
Top/side cover terbuat dari baja tuang atau konstruksi pelat yang dilas. Mempunyai kecocokan dengan ring labirin baja stainless atau serupa dengan susunan ring yang ada pada cover.



Gambar 3. 3 : Top Cover

#### 4. Sudut Pengatur (Guidevane) dan operasi mekanis

Seluruh Guide vane terbuat dari bahan baja stainless steel dengan komposisi 13/4 chromium-nikel (13% Cr-4% Ni) yang didesain untuk mengatur aliran secara efisien air yang mengalir dan mengurangi kebocoran pada saat ditutup. Guide vane dilengkapi ring pengatur yang berhubungan dengan peralatan pengaman (peralatan penggesek/pin penggantung/breakinglink) yang berfungsi untuk mencegah benda asing masuk di ujung antar guidevane dan mampu menahan operasi daya normal tanpa distorsi. Desain guidevane harus mampu mengatasi adanya kegagalan peralatan pengaman, gerakan guide vane harus stabil dan tidak mempengaruhi mekanisme peralatan tambahan lainnya. Guidevane tidak diijinkan terjadi ketidakseimbangan hidrolis untuk itu harus terdapat peralatan pendeteksi peralatan keseimbangan (suitable means) yang berfungsi mengetahui persentase pembukaan guidevane.



Gambar 3. 4 : guide vane(sudu pengarah) pada turbin francis

#### 5. Bantalan (bearing)

Bantalan turbin yang direkomendasikan dapat berupa:

- a) Berupa bantalan luncur (*journalbearing/padtype/sleevetype/babbitt lined*), dimana menggunakan minyak pelumas/gemuk (*grease*) dengan sistem pelumasan sendiri (*selflubrication*) atau tipe sistem pelumasan paksa (*forcedlubrication*).
- b) Bantalan gelinding (*antifrictionball/rollerbearings*) tipe thrustbearing yaitu bantalan yang mampu untuk menahan beban axial dan radial. Dimana dengan menggunakan pelumas oli atau gemuk umas (*grease*).

- c) Bantalan luncur berpendingin air (*Water lubricated pad type*). Untuk jenis ini poros terbuat dari stainlesssteel.
- d) Bearing mempunyai life time selama 100.000 jam untuk operasi kontinyu dan memiliki desain dan performansi yang dapat dipertanggungjawabkan.
- e) Jika yang dipilih adalah bantalan luncur berpendingin air, maka bantalan didesain mampu beroperasi pada kondisi putaran liar maksimum dengan sistem pelumasan air bekerja selama 15 menit dan juga mampu beroperasi pada kondisi kecepatan normal tanpa suplai pendingin air selama 15 menit.
- f) Jika bantalan menggunakan bantalan gelinding, harus dilengkapi alat ukur level pelumas, termometer maupun pengukur tekanan dan alarm/sinyal bila temperatur bantalan berlebih.
- g) Untuk dimensi dan standar bantalan hendaknya dikomunikasikan dengan pabrikan turbin atau pabrikan generator jika turbin dan generator bukan dari satu pabrikan.

## 6. DraftTube

Drafttube dillengkapi dengan bagian penyusun yang terdiri dari:

- (i) Bagian corong/kerucut (cone)
- (ii) Bagian tekukan (elbowsection)
- (iii) ConicalLiner
- (iv) Material jangkar (anchoringmaterial)

Bagian tekukan(elbowsection)drafttube dari bahan baja tuang yang dibuat secara fabrikasi. Sedangkan drafttube cone dan cinicalliner dipabrikasi dengan bahan baja plat konstruksi dimana rancangan draft tube harus sedemikian rupa dapat menghasilkan efisiensi terbaik, stabil dan bebas getaran (free-pulsation) untuk semua kondisi operasi turbin. Drafttube sudah dalam bentuk rakitan dari pabrikan, sehingga tidak perlu proses pengelasan di tempat. Permukaan dalam drafttubedidesain rata dan halus sehingga tidak ada perubahan yang mendadak untuk arah dari aliran air.

## **7. DE turbin**

Merupakan alat untuk mengukur temperatur pada bering turbin, di mana alat ini terdapat di bantalan bering turbin yg secara otomatis dapat menghitung panas dinginnya temperatur berapa pada saat beroperasi.

## **8. NDE turbin**

Selain Vibrasi motor perlu di lakukan pengukuran suhu pada bearing, speed measurement atau RPM cek dan juga noise atau kebisingan motor. Standar yang digunakan untuk pengetesan bisa di ambil pada dokumen FAT (Factory Acceptance Test), standar pabrikan (manual book) ataupun standar internasional.

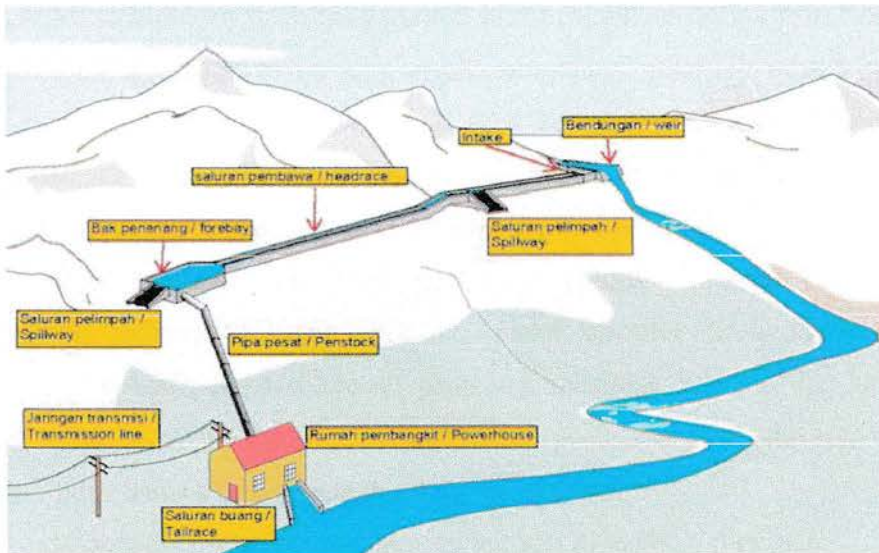
### **3.3 Prinsip Kerja Turbin Francis**

Turbin Francis bekerja dengan memakai proses tekanan lebih. Pada saat air masuk ke roda jalan, sebagian dari energi tinggi jatuh telah bekerja di dalam sudu pengarah diubah sebagai kecepatan arus masuk. Sisa energi tinggi jatuh dimanfaatkan/bekerja didalam sudu jalan, dengan adanya pipa isap memungkinkan energi tinggi jatuh bekerja di sudu jalan dengan semaksimal mungkin. Pada sisi sebelah keluar roda jalan terdapat tekanan kerendahan atau kurang dari 1 atmosfer dan kecepatan aliran air yang tinggi. Di dalam pipa isap kecepatan air akan berkurang dan tekanannya akan kembali naik, sehingga air bisa dialirkan keluar lewat saluran air bawah dengan tekanan seperti keadaan sekitarnya. Pipa isap pada turbin ini memiliki tugas yang mirip dengan sudu hantar yang terdapat pada pompa sentrifugal, turbin Francis terdiri dari sudu pengarah dan sudu jalan, dan kedua sudu tersebut semuanya terendam di dalam aliran air. Air dialirkan kedalam sebuah cincin yang berbentuk spiral. Turbin yang dikelilingi dengan sudu pengarah semuanya terbenam di dalam air. Air yang masuk kedalam turbin bisa dialirkan melalui pengisian air dari atas atau melalui suatu rumah yang berbentuk spiral. Roda jalan semuanya selalu bekerja. Daya yang dihasilkan turbin bisa diatur dengan cara mengubah posisi pembukaan sudu pengarah, dengan demikian kapasitas air yang masuk kedalam roda turbin bisa diperbesar atau diperkecil. Turbin Francis dilaksanakan dengan posisi vertikal atau horisontal.

## BAB IV PENGOPERASIAN PLTMH

### 4.1 Prinsip Dasar Pengoperasian PLTMH

Pembangkit listrik tenaga air mempunyai kelebihan bila dibandingkan dengan pembangkit listrik yang lain, karena tidak memerlukan bahan bakar dalam pengoperasiannya, seperti pembangkit yang menggunakan minyak. Akan tetapi pengoperasian dan perawatannya tidak ada perbedaan untuk jangka panjang. Pembangkit tenaga mikrohidro ini dapat dioperasikan dalam jangka waktu panjang. Kita dapat menggunakannya secara efektif karena selain ramah lingkungan juga berkelanjutan (*renewable*).



Gambar 4. 1 : skema PLTM

Kita dapat mengoperasikan pembangkit tenaga mikrohidro ini dengan menggunakan petunjuk pengoperasian dan perawatannya. Pada umumnya operator dari mikrohidro harus mengerti beberapa hal dibawah ini:

1. Operator harus secara efektif menyesuaikan pengoperasian dan perawatan dari pembangkit ini dengan rencana kerja, peraturan dan pengaturan yang sudah ada.
2. Operator harus menguasai komponen –komponen dari pembangkit dan



penampakkannya atau operator harus menguasai fungsi dan koreksi serta perawatannya. Lebih jauh lagi operator harus mengerti apa yang harus dilakukan jika terjadi beberapa kerusakan agar bisa pulih kembali.

3. Operator harus selalu memeriksa kondisi dari semua fasilitas dan peralatan pembangkit. Dan ketika terdapat permasalahan dan kerusakan, mereka harus bisa menghubungi orang yang bertanggung jawab terhadap hal ini dan mencoba untuk memperbaikinya
4. Operator harus menjaga pembangkit dari kerusakan. Oleh karena itu operator harus memperbaiki dan menyempurnakan fasilitas jika diperlukan.

Pengoperasian dan perawatan setiap pembangkit harus dipersiapkan sejak awal oleh setiap operator sebelum memulai pengoperasiannya. Pengoperasian pembangkit mikrohidro tidak hanya untuk membangkitkan tenaga listrik dengan cara memutar generator tetapi juga untuk mengontrol peralatan pembangkitan, menyuplai listrik dengan kualitas yang stabil kepada konsumen, dan menjaga semua peralatan agar tetap dalam kondisi yang bagus. Karena semua fasilitas dan peralatan terpasang tergantung pada kondisi lokasi dan anggaran yang tersedia, maka terdapat berbagai cara pengoperasian mikrohidro. Jika suatu pembangkit mempunyai stabilisator beban otomatis, maka operator tidak harus selalu mengontrol semua peralatan kecuali pada saat memulai, berhenti dan keadaan darurat. Jika pada pembangkit dibuat sistem pemberhentian otomatis, maka operator tidak harus selalu berada di sekitar pembangkit.

Mode pengoperasian pembangkit sering kali dibedakan menjadi:

1. **Local Manual**

Merupakan mode pengoperasian yang menuntut operator untuk melakukan kontrol peralatan secara manual tanpa bantuan sistem kontrol otomatis. Operator harus melakukan sendiri setiap urutan pengoperasian baik pada panel kontrol maupun langsung menjalankan alat menggunakan tangan.

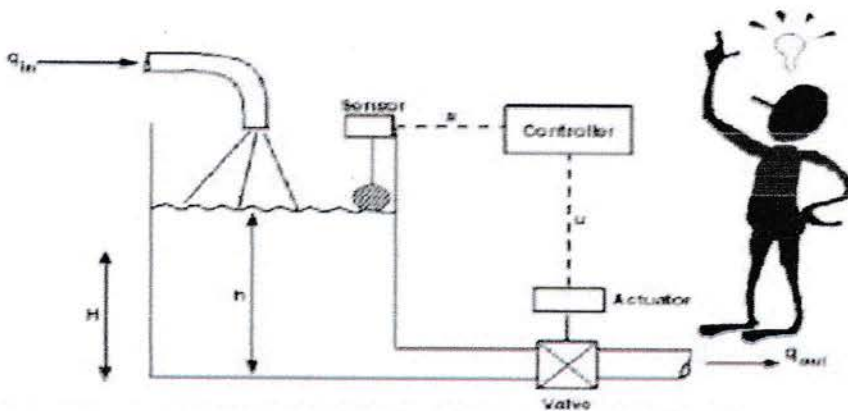
2. **Local Auto**

Merupakan mode pengoperasian dimana operator dapat mengoperasikan pembangkit melalui panel-panel kontrol yang terletak dekat dengan peralatan yang

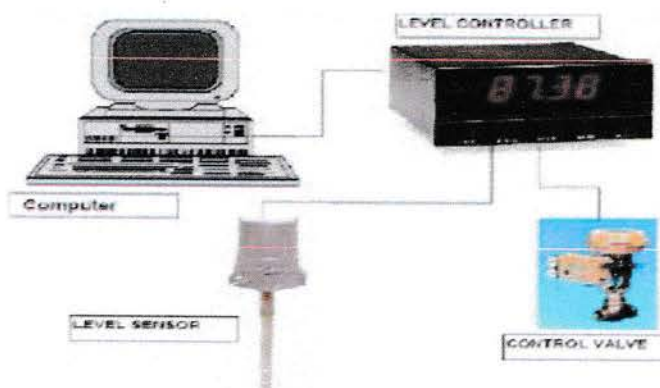
dioperasikan. Pengoperasian ini dilakukan dengan menekan tombol-tombol pada panel atau melalui touchscreen display yang terdapat pada panel.

### 3. Remote Auto

Merupakan mode pengoperasian dimana operator dapat mengoperasikan pembangkit dari tempat di luar dari peralatan yang dioperasikan, melalui komputer HMI di meja operator. Operator hanya perlu melihat interface pada monitor display dan menggunakan mouse atau keyboard PC untuk mengoperasikan peralatan secara otomatis. Mode pengoperasian ini memerlukan media komunikasi data yang andal agar sistem kontrol dapat berjalan tanpa gangguan. Misalnya untuk melakukan Start, operator cukup melakukan klik pada tombol Start di monitor display.



Gambar 4. 2 : Ilustrasi operasi local auto



Gambar 4. 3 : Ilustrasi operasi secara remote auto

## 4.2 Persiapan Pengoperasian

Sebelum memulai pengoperasian pembangkit, operator harus memeriksa beberapa hal dan harus memastikan fasilitas dalam kondisi yang bagus untuk beroperasi. Terutama jika pembangkit beroperasi dalam jangka waktu yang panjang, maka operator harus memeriksa dengan teliti.

### a).sistem distribusi 20 KV

1. kondisi kubikel
2. kondisi Trafo Generator dan Trafo pemakaian sendiri

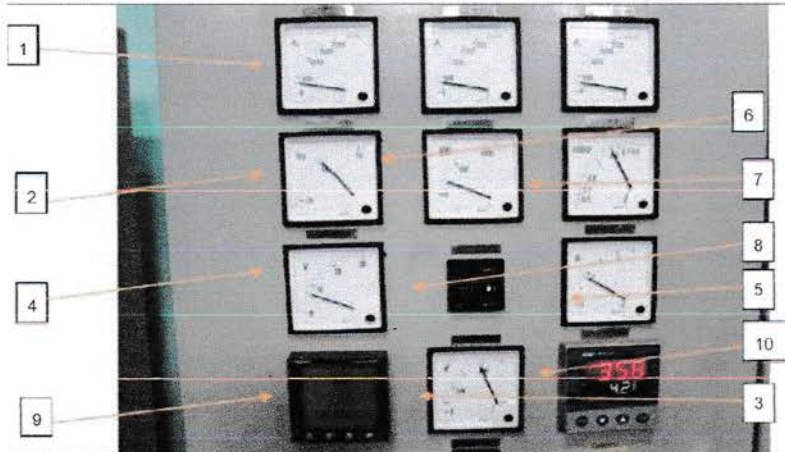
### b) fasilitas saluran air

1. kerusakan struktur sipil.
2. sedimantas tanah di depan intake.
3. sampah – sampah yang menempel pada saringan.
4. sedimentasi tanah pada bak pengendap dan bak penenang.



Gambar 4. 4 : Panel untuk melakukan operasi dan monitoring

Selain itu sebelum melakukan pengoperasian, operator harus mengetahui fungsi-fungsi peralatan pada panel kontrol dan monitoring.



Keterangan gambar:

1. Ampere meter: untuk pengukuran arus pada fasa R, S, dan T
2. Frequency meter: untuk mengukur frekuensi pada generator
3. Voltmeter: untuk mengukur tegangan pada generator
4. Voltmeter: untuk mengukur tegangan pada eksitasi
5. Ampere meter: untuk mengukur arus pada eksitasi
6. kW meter: untuk mengukur daya aktif yang dibangkitkan
7. cos phi meter: untuk mengukur cos phi atau faktor daya
8. hours meter: untuk menghitung jam operasi pembangkit
9. guide vane position: untuk menampilkan posisi pembukaan guide vane dalam persen
10. digital meter: menampilkan besaran-besaran di atas secara digital

#### 4.2.2. Langkah Stop Mesin

1. Turunkan beban melalui GV secara perlahan hingga tinggal + 60 kW, perhatikan Voltage dan Cos Phi agar disesuaikan, kemudian OFF CB (apabila cos Q sudah tidak bisa diatur, langsung tekan offCB).
2. Excitation Generator diOFF-kan
3. Turunkan putaran Turbin melalui Selector Switch GV sampai tertutup rapat.
4. Putar Sakelar MIV lower sampai tertutup rapat.
5. OFF” kan Pompa Pelumasan setelah turbin benar – benar berhenti.

### 4.2.3. Tindakan Bila Terjadi Trip / Black out

1. Guide Vane dan MIV akan menutup secara otomatis.
2. Solenoid valve membuka aliran dari tank gravitasi menuju bearing dan gear box secara otomatis.
3. Pressure relief valve membuka untuk membuang tekanan lebih akibat trip secara otomatis.
4. Matikan eksitasi generator , Cek dan catat gangguan di log sheet, lihat pada panel generator indikasi apa saja yang terjadi ( untuk menghilangkan suara horn, tekan mute)(Sebelum mereset gangguan, tunggu beberapa saat sampai Main Inlet Valve, Guidvane tertutup rapat)  
:
5. Gangguan dari jaringan / jaringan padam (black out) , jangan mereset gangguan sebelum mesin berhenti berputar, matikan MCB 24 VDC B, reset, dan pola operasi off, kembalikan posisi lock out relay posisi reset. (apabila terjadi gangguan trip jaringan sudah ditekan reset, padahal mesin masih berputar untuk mengaktifkan solenoid valve dari gravitasi yaitu buat gangguan buatan agar seolah – olah terjadi Trip kembali )
6. Trip unit tapi tidak berefek ke jaringan padam, tekan reset setelah MIV dan guidvane tertutup rapat. (karena motor pompa oli masih mendapat tegangan, jadi tidak perlu menggunakan oli dari tangki gravitasi, otomatis solenoid valve akan tertutup setelah ditekan reset).
7. Pada kondisi trip , pada kubikel 20 kV incoming tidak terjadi open (warna merah) maka amankan dengan cara meng OFF kan manual ACB 400V.
8. Trip dari CB 20 kV, setelah kondisi normal untuk mereset gangguannya dengan menekan clear kemudian reset pada SEPAM di kubikel 20kV. Pada kondisi trip jaringan (black out), kondisi belum di reset, oli yang masuk ke bearing dan gear box tidak ada, maka cara mengamankan bearing dan gear box dengan membuka manual kran yang berada di bawah tank gravitasi satu poros dengan solenoid valve oli.
9. Apabila tegangan SUTM 20 kV telah masuk, segera penuh kembali

minyak pelumas dalam gravity tank.

10. Segera operasikan mesin turbin mengikuti langkah B (start dan operasi mesin).
11. Gunakan komunikasi radio untuk pengaturan beban dengan PLN

## **BAB V PENUTUP**

### **A. KESIMPULAN**

1. PLTM Humbahas merupakan jenis PLTM aliran sungai langsung (run-of-river) dengan kapasitas maksimal pembangkitan hanya 6 MW. Daya listrik yang dibangkitkan disalurkan ke penyulang menuju GI.
2. PLTMH Huta Raja menggunakan dua unit Turbin berjenis turbin francis horizontal direct coupling
3. System pengoperasian PLTMH Huta raja menggunakan metode pengoperasian melalui remote auto, dimana operator dapat mengoperasikan pembangkit dari luar tempat peralatan yang dioperasikan, melalui komputer HMI di meja operator.
4. Kelemahan dari sistem eksitasi statik yaitu pada (slip ring) yang digunakan untuk mensupply arus medan generator yang mana harus dilakukan perawatan berkala untuk mengurangi tegangan drop yang menyebabkan kehilangan daya secara signifikan.

### **B. SARAN**

1. Dalam melaksanakan pekerjaan diharapkan perlu memperhatikan masalah *safety* atau alat pelindung diri, ketika bekerja juga harus dalam konsentrasi yang baik agar tidak terjadi kecelakaan kerja, mengingat peralatan yang ada disekitar tempat pemasangan atau tempat perawatan PLTMH sangat berbahaya dan sebagian besar berada pada kondisi lingkungan yang panas dan bertegangan tinggi.
2. Untuk mencegah supaya sudu pada turbin francis tidak patah maka proses pemeliharaan sangat diperlukan terutama pada bagian penyaringan supaya kerikil tidak masuk ke turbin dengan melakukan pengecekan secara berkala.

3. Turbin didesain untuk bekerja dalam jangka waktu puluhan tahun akan tetapi sangat sedikit pemeliharaan pada elemen utamanya, oleh karna itu ada baiknya pemeriksaan total dilakukan dalam jangka waktu beberapa bulan. diantaranya Pemeliharaan pada sudu pengarah, bantalan, kotak paking, poros, cincin seal dan part lain yang bersentuhan dengan air termasuk pembersihan, dan perbaikan part yang rusak.



## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim,2014. Daftar pembangkit listrik di Indonesia,  
[http://id.wikipedia.org/wiki/Daftar\\_pembangkit\\_listrik\\_di\\_Indonesia](http://id.wikipedia.org/wiki/Daftar_pembangkit_listrik_di_Indonesia) diakses: 28  
September 2020.
- Anonim, 2014. Kaplan turbine,  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Kaplan\\_turbine](http://en.wikipedia.org/wiki/Kaplan_turbine), diakses: 01 Oktober 2020.
- GoogleSearch."StaticExcitationSystem".  
<http://www.tappi.org/Downloads/unsorted/UNTITLED-pcei98191pdf.aspx>  
Diakses tanggal 20 September 2020.
- Iwan,2015. Konsep dasar dan ruang lingkup proteksi sistem distribusi,  
<http://iwan78.files.wordpress.com/2011/04/sistem-proteksi.pdf>, diakses: 23  
Agustus 2020.
- Juliana, Weking, dan Jasa. 2018. Pengaruh Sudut Kemiringan Head Turbin Ulir dan Daya Putar turbin Ulir dan Daya Output Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hydro. *Jurnal Ilmiah Teknologi Elektro*. 14(2): 22-28.
- Darlis, Rusdina, dan Apriyansyah. 2016. Rancang Bangun Sistem Pembangkit Mikro Hidro ( PLTMH) Pada Pipa Saluran Pembuangan Air Hujan Vertikal. *Jurnal Prosiding Teknik*. 16(1): 4-12.
- Rizal, Poniton. 2017." *Tinjauan Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) Aek Silang di Kecamatan Dolok Sanggul Kabupaten Humbang Hasundutan Propinsi Sumatera Utara*". Skripsi. Fakultas Teknik,Departemen Teknik Sipil, USU, Medan.

LAMPIRAN :

Surat Keterangan Kerja Praktek :



**SURAT KETERANGAN PRAKTEK KERJA LAPANGAN**  
Nomor : 017/SDM/HBE-MD/X/2020

Dengan ini, PT. Hambahas Bumi Energi menerangkan, bahwa :

Nama : Benget Apriko Simamora  
NPM : 178120024  
NIK : 1216060804990002  
Pekerjaan : Mahasiswa, Fakultas Teknik Prodi Teknik Elektro Universitas Medan Area Medan  
Alamat : Doloksait, Desa Bonaniönan, Kecamatan Doloksanggul Kab. Humbang Hasundutan Provinsi Sumatera Utara.

Adalah benar pernah telah melaksanakan kegiatan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) Hutaraja di Doloksanggul, terhitung mulai tanggal 24 Agustus 2020 sd 24 September 2020.

Selama nama yang tersebut diatas mengikuti kegiatan Praktek Kerja Lapangan di PLTM Hutaraja dan Site Office PT. Hambahas Bumi Energi di Doloksanggul berkelakuan baik dan memenuhi Tata Tertib perusahaan.

Demikian Surat Keterangan Praktek Kerja Lapangan (PKL) ini dibuat untuk dapat dipergunakan sesuai dengan keperluannya.

Dibuat : Medan  
Pada Tanggal : 27 Oktober 2020

PT. Hambahas Bumi Energi



Jl. H. Abd. Rahman Syihab No. 1-A, Medan 20111  
Telp. :(061) 414 – 4760 (Hunting) Fax. :(62) (061) 451 – 7307