

# POWERPLANT

**Prayudi  
Sudirmanto  
Dimas Indra Wijaya**

**Analisis Kinerja Kondensor Sebelum dan Sesudah  
Overhaul di PT Indonesia Power UJP PLTU Lontar  
Banten Unit 3**

**Sahlan**

**Studi Literatur Analisis Dugaan Luluh Energi Pada Tube  
Baja A53 Grade B**

**Eko Sulistyono  
Firman Prasetyo**

**Identifikasi Material Tube High Pressure Economizer  
HRSG Unit 2-3 PLTU UP Semarang**

**Roswati Nurhasanah  
Prayudi**

**Pengaruh Penambahan Liquid Suction Heat  
Exchanger Terhadap Performa Mesin Pendingin  
Menggunakan R404A**

**Halim Rusjdi  
Andika Widya Pramono  
Wahyu Bawono Faathir**

**Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanis  
dan Struktur Mikro Pada Baja AISI 4340**

**Vendy Antono  
Caesar Febria A.R.Y**

**Perancangan PLTMH Kapasitas 30 KW, Desa GiriTirta  
Kec. Pejawaran Banjarnegara Jawa Tengah**

**Arief Suardi Nur Chairat  
Vendy Antono**

**Pengembangan Model Perencanaan Alokasi  
Pesanan Pada Fungsi Koordinasi Produksi Untuk  
Miminimasi Biaya Produksi dan Biaya Pengiriman**



SEKOLAH TINGGI TEKNIK-PLN

JURNAL POWERPLANT

Vol. 4

No. 2

Hal. 60-xxx

Mei 2016

ISSN No :2356-1513

## PERANCANGAN PLTMH KAPASITAS 30 kW, DESA GIRITIRTA, KEC. PEJAWARAN, BANJARNEGARA, JAWA TENGAH

Vendy Antono

TeknikMesin, Sekolah Tinggi Teknik– PLN, vendyantono@yahoo.com

Caesar Febria Awal Ramadhana Yusreza

TeknikMesin, Sekolah Tinggi Teknik– PLN, cfary1112@gmail.com

### ABSTRACT

Utilization of water as electrical energy is a form of exploitation of natural resources as a renewable energy that is free of smoke and fuel. Mrawu river, Giritirta located in the village, district Pejawaran, Banjarnegara, Central Java has the potential for the development of Micro Hydro Power Plant. In designing this Micro Hydro, rapid optimum diameter pipe ( penstock )  $D = 0.42 \text{ m}$ , 52 m length of pipe, and the pipe thickness  $t = 10 \text{ mm}$ , the author uses Crossflow turbine, with a design quantity  $Q = 0.35 \text{ m}^3 / \text{s}$ , and Head  $H = 14.5 \text{ m}$ . Obtained power generated by  $P = 30 \text{ kW}$ . With these data Main dimensions planned this crossflow turbine that is, the outside diameter  $D_1 = 0.25 \text{ m}$  runner, the inside diameter  $D_2 = 0.17 \text{ m}$ , width arm turbine  $b_0 = 0.4 \text{ m}$ , the number of blades  $Z = 22$  blade and shaft diameter  $D_p = 50 \text{ mm}$ .

**Keywords ;** Energy Water, Micro-Hydro, Design, Turbine Crossflow

### I. PENDAHULUAN

Pusat Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah salah satu alat konversi energi alternative (*Renewable Energy*) yang dapat dikembangkan dalam upaya menjangkau listrik pedesaan. Menurut Data di Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2016), potensi energi air di Indonesia berkisar 75.670 MW, dan baru dimanfaatkan sebesar 4200 MW atau 5,6 MW.

Salah satu potensi yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi berada di daerah Desa Giritirta, Kecamatan Pejawaran, Kabupaten Banjarnegara. Potensi tersebut berada di Sungai Mrawu yang merupakan anak Sungai Serayu. Dengan adanya PLTMH di daerah tersebut, diharapkan dapat meningkatkan taraf perekonomian masyarakat di sekitar lokasi.

### II. TINJAUAN PUSTAKA

Energi air merupakan salah satu energi yang sudah dimanfaatkan di Indonesia sebagai pembangkit listrik, baik skala besar sampai kecil. Menurut data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2016), Pembangkit Listrik Tenaga Air yang terbesar di Indonesia adalah di PLTA Cirata yakni 1.000MW. Disamping skala besar, saat ini banyak pedesaan yang sudah membangun PLTMH

skala kecil, dimanfaatkan warga sekitar untuk menerangi rumah yang belum teraliri listrik. Akan tetapi banyak juga warga yang sudah mendapatkan listrik, tetap memanfaatkan energi PLTMH untuk menghemat pengeluaran untuk membayar listrik dari PLN.

Energi air dihasilkan dari arus air yang mengalir, karena aliran tersebut mengandung energi potensial (tekanan) yang tinggi dan dapat diubah ke dalam energi kinetis. Sehingga arus air yang mengalir itu dapat dimanfaatkan untuk memutar turbin air, yang akan menggerakkan generator, sehingga didapatkan listrik yang dapat dimanfaatkan.



Gambar 2.1 Prinsipkerja PLTMH

Prinsip kerja dari pembangkitan tenaga air ini merupakan suatu bentuk perubahan tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan

turbin air dan generator. Daya yang dihasilkan dapat dihitung berdasarkan rumusan berikut (Arismunandar, 1975):

$$P = H \cdot Q \cdot g \text{ (kW)}$$

Dimana :

P = Tenaga yang dikeluarkan (kW)

g = Gravitasi bumi (9.81 m/s<sup>2</sup>)

H = Tinggi jatuh air efektif (m)

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

Daya yang dihasilkan dapat dihitung dengan perkalian efisiensi turbin dan generator dengan daya yang yang dikeluarkan secara teoritis.

### 2.1. Turbin Air

Turbin air adalah alat untuk mengubah energi air menjadi energi puntir, Energi puntir ini kemudian akan diubah menjadi energi listrik yang ditransmisikan pada generator. Energi potensial dari air dalam pipa secara terus menerus berubah menjadi energi kinetis, kemudian didalam turbin, energi kinetis ini diubah menjadi energi mekanis. Perubahan energi pada turbin ini dilakukan oleh *runner* (sudu jalan) yang dihubungkan oleh transmisi untuk memutar generator sehingga energi mekanis dapat dirubah menjadi energi listrik.

Turbin air dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa cara, namun yang paling utama adalah klasifikasi turbin air berdasarkan cara turbin air tersebut merubah energi air menjadi energi mekanis. Yakni ;

a. Turbin impuls

Turbin impuls merubah aliran semburan air. Sebelum mengenai sudu turbin, tekanan air (energi potensial) dikonversi menjadi energi kinetik oleh sebuah nosel dan difokuskan pada turbin. Tidak ada perbedaan tekanan pada saat air masuk dan pada saat air meninggalkan turbin. Contoh: Turbin Crossflow & Pelton

b. Turbin Reaksi

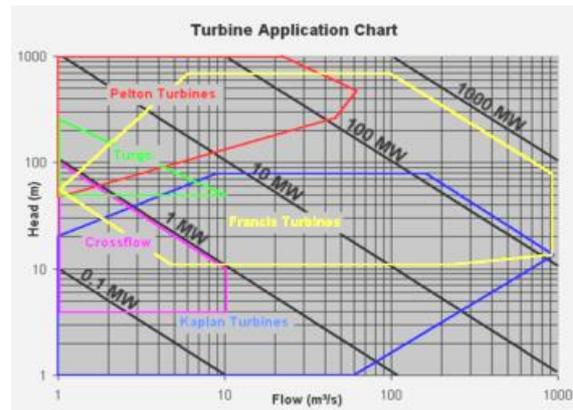
Turbin reaksi adalah turbin air yang cara kerjanya dengan merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi mekanis. Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Contoh: Turbin Kaplan & Francis

Dalam melakukan pembangunan PLTMH, turbin yang akan digunakan harus dipilih secara tepat. Hal ini karena daerah aplikasi berbagai jenis turbin air relative spesifik. Menurut Nugraha (2013), ada

beberapa kriteria dalam pemilihan turbin, yakni:

- Faktor tinggi jatuh air efektif (Head) dan debit yang akan dimanfaatkan untuk operasi turbin merupakan faktor utama yang mempengaruhi pemilihan jenis turbin.
- Faktor daya (power factor) yang diinginkan berkaitan dengan head dan debit yang tersedia.
- Kecepatan (putaran) turbin akan ditransmisikan ke generator.

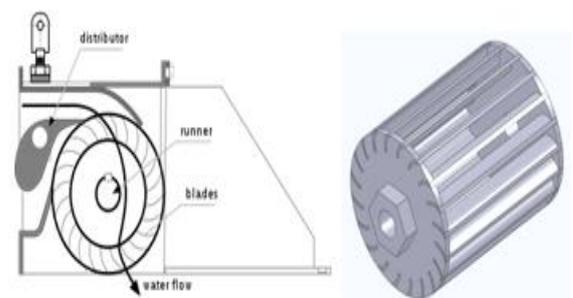
Berikut pemilihan jenis turbin berdasarkan Head dan Debit yang tersedia :



Gambar 2.2 Grafik Pemilihan Jenis Turbin

### 2.2 Turbin Crossflow

Turbin cross-flow merupakan jenis turbin yang dikembangkan oleh Anthony Michell (Australia), Donat Banki (Hongaria) dan Fritz Ossberger (Jerman). Michell memperoleh hak paten atas desainnya pada 1903. Turbin jenis ini pertama-tama diproduksi oleh perusahaan Weymouth. Turbin ini juga sering disebut sebagai turbin Ossberger, yang memperoleh hak paten pertama pada 1922. Perusahaan Ossberger tersebut sampai sekarang masih bertahan dan merupakan produsen turbin crossflow yang terkemuka di dunia.



Gambar 2.3 Turbin Crossflow

Turbin crossflow dapat dioperasikan pada debit 20 liter/s hingga 10 m<sup>3</sup>/s dan head antara 1 m s/d 200 m. Turbin crossflow menggunakan nozle persegi panjang yang lebarnya sesuai dengan lebar runner. Pancaran air masuk turbin dan mengenai sudu sehingga terjadi konversi energi kinetik menjadi energi mekanis. Air mengalir keluar membentur sudu dan memberikan energinya (lebih rendah dibanding saat masuk) kemudian meninggalkan turbin. Runner turbin dibuat dari beberapa sudu yang dipasang pada sepasang piringan paralel.

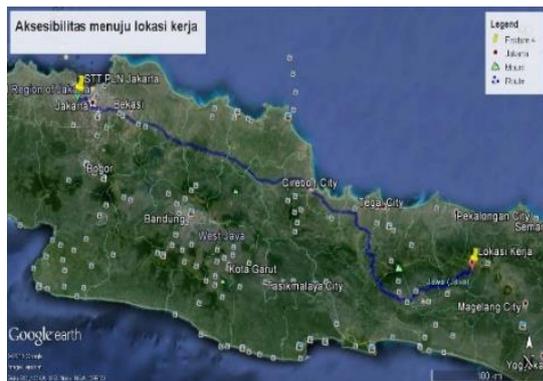


Gambar 4.1 Potensi Sungai

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Lokasi Penelitian

Daerah penelitian terletak di Desa Giritirta, Kec. Pejawaran, Kab. Banjarnegara, Propinsi Jawa Tengah. Lokasi ini berjarak ± 470 km sebelah Timur Laut dari Kampus STT-PLN Jakarta dengan jarak tempuh ± 10 jam melalui jalan darat. Secara geografis wilayah penelitian terletak pada koordinat antara 7°13'37.90" S, 109°47'36.74"



Gambar 3.1 Aksesibilitas menuju lokasi kerja

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Data Potensi

Sungai Mrawu merupakan anak sungai dari Sungai Serayu. Sungai ini memiliki debit yang cukup deras sehingga berpotensi untuk dibangun PLTMH. Daerah Desa Giri tirta ini memiliki ketinggian 1200-1400 mdpl.

#### 4.1.1 Pengukuran Debit Sungai

Pengukuran debit sungai Mrawu di Desa Giritirta dilakukan pada tanggal 10 November 2015, kondisi cuaca pada saat peralihan dari musim kemarau ke musim hujan, dengan menggunakan Metode Apung. Lebar sungai pada daerah pengukuran adalah 4 m, yang dibagi menjadi 8 segment dengan jarak antar segment 0.5 m. Didapatkan Debit sungai (Q) adalah 0.35 m<sup>3</sup>/s.

#### 4.1.2 Potensi Daya

Dari *survey* dan pengolahan data diatas maka data – data yang diperoleh dari hasil *survey*, yakni :

$$\begin{aligned} H_{brutto} &= 14,5 \text{ m} \\ Q &= 0.35 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Sehingga perkiraan daya yang dapat dibangkitkan dengan luas DAS 2,14 km<sup>2</sup> dari sungai potensi adalah :

$$\begin{aligned} P &= H_{brutto} \cdot Q \cdot g \cdot 0,65 \\ P &= 14,5 \text{ m} \times 0,35 \text{ m}^3/\text{s} \times 9,81 \text{ m/s} \times 0,7 = \\ &= 34,85 \text{ kW} \end{aligned}$$

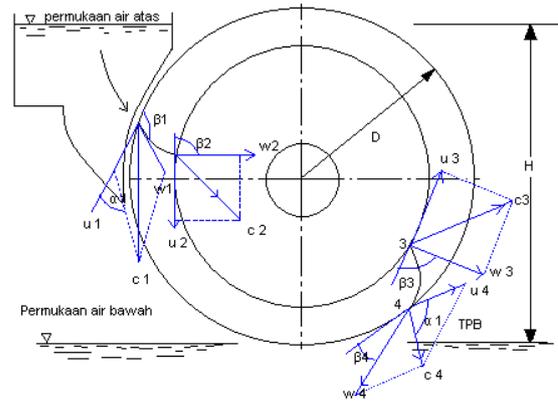
Untuk memudahkan perancangan, dibuat pada kapasitas 30 Kw

#### 4.2. Konstruksi Sipil

Berikut ini disajikan data-data hasil perhitungan Kontruksi Sipil pembangunan PLTMH Giritirta :

Tabel 4.1 Konstruksi Sipil

| No | Keterangan                                   | Dimensi          |
|----|--|------------------|
| 1  | <b>Bendungan</b><br>Lebar x Kedalaman        | 7,5 x 1,18 m     |
| 2  | <b>Intake</b><br>Lebar intake                | 1 m              |
| 3  | <b>Water way</b><br>Panj x Lebar x Tinggi    | 200 x 1 x 0.42 m |
| 4  | <b>Bak Penenang</b><br>Panj x Lebar x Tinggi | 6 x 3 x 1,7 m    |



Gambar 4.2. PoligonKecepatan

### 4.3. Perhitungan Head- Losses Pipa Pesat

Seperti yang diketahui *Losses-Head* ( $H_f$ ) sangat tergantung pada kecepatan air dalam pipa *penstock* ( $v$ ), sedangkan kecepatan air tergantung dari diameter optimum pipa *penstock* ( $D$ ). Sehingga perlu dilakukan tahapan perhitungan *Losses-Head*, diameter dan kecepatan alir air secara optimum.

Untuk menetapkan diameter optimum dilakukan dengan cara menghitung diameter dan *Losses-Head* untuk tiap-tiap kecepatan alir air ( $v$ ). Dengan menggunakan persamaan Gordon dan Penman sebagai berikut :

$$D = 0.72 \cdot Q^{0.5}$$

$$D = 0.72 \times 0.35^{0.5} = 0.42 \text{ m} = 16.5 \text{ inch}$$

Dengan menggunakan diagram moody, dapat diketahui nilai  $f$  pipa pesat, didapatkan data:

- Panjang pipa : 52 m
- Tebal pipa : 10 mm
- *Head-Losses* : 0.5 m
- Material : *Wrought Iron*

### Rancangan Hidrolis

Dalam perancangan turbin *crossflow* ini dibutuhkan data data yang diperoleh dari hasil *survey* dan hasil perhitungan. Dari data-data tersebut dapat ditentukan dimensi roda jalan (*runner*), Panjang aliran masuk ( $b_0$ ), dimensi sudu dan sudu pengarah. Gambar berikut merupakan gambaran diagram kecepatan dari *runner* yang membentuk tiga ( 3 ) titik kecepatan yakni untuk turbin *crossflow* diambil kelengkungan sudut  $\beta = 120^\circ$ .

Berikut adalah hasil perhitungan dari segitiga kecepatan turbin *crossflow*

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Segitiga Kecepatan

| TITIK | ITEM PERHITUNGAN      | NOTASI     | SATUAN  | HASIL PERHITUNGAN |
|-------|-----------------------|------------|---------|-------------------|
| 1     | Kec. Air Masuk runner | V1         | m/s     | 16.529            |
|       | Kec.Tangensial        | U1         | m/s     | 8.265             |
|       | Kec.Relatif           | W1         | rad/sec | 10.767            |
|       | Sudut aliran masuk    | $\alpha_1$ | °       | 34.35             |
| 2     | Kec.Tangensial        | U2         | m/s     | 5.783             |
|       | Kec.Relatif           | W2         | rad/sec | 21.97             |
|       | Kec.Mutlak            | C2         | m/s     | 22.72             |
|       | Sudut aliran keluar   | $\alpha_2$ | °       | 75.2              |
| 3     | Kec.Mutlak            | C3         | m/s     | 22.72             |
|       | Kec.Tangensial        | U3         | m/s     | 5.783             |
|       | Kec.Relatif           | W3         | rad/sec | 21.97             |
|       | Sudut aliran masuk    | $\alpha_3$ | °       | 75.2              |
| 4     | Kec.Mutlak            | C4         | m/s     | 13.83             |
|       | Kec.Tangensial        | U2         | m/s     | 8.265             |
|       | Kec.Relatif           | W4         | rad/sec | 10.76             |
|       | Sudut aliran keluar   | $\alpha_4$ | °       | 22                |

a. Menentukan Diameter Luar *Runner* Turbin

$$D_1 = \frac{60 \cdot u_1}{\pi \cdot n}$$

b. Menentukan Diameter Dalam *Runner* Turbin

$$D_2 = 0,7 \cdot D_1$$

c. Menentukan Panjang lengkan Turbin

$$b_0 = \frac{Q}{0,91 \cdot D_1 \cdot \sqrt{H_{nett}}}$$

d. Menentukan Jumlah sudu Turbin

$$Z = \frac{\pi \cdot D_1}{t}$$

Dimana

$$t = \frac{S_1}{\sin \beta_1} =$$

$$S_1 = k \cdot D_i \quad \text{dimana } K = 0,07$$

**Data – Data Turbin**

Dari hasil perhitungan potensi dan lokasi PLTMH, berikut data dasar rancangan turbin :  
 Tabel 4.3 Data dasar rancangan turbin

| NO | ITEM RANCANGAN TURBIN | SPEKIFIKASI                              | SATUAN            | BESARAN                                    |
|----|-----------------------|--|-------------------|--|
| 1  | Pemilihan Turbin      | Jenis Turbin                             |                   | CROSSFLOW                                  |
|    |                       | Sistem Pengatur                          |                   | Manual Regulator                           |
| 2  | Data Potensi Turbin   | Tinggi Jatuh Efektif (H <sub>net</sub> ) | m                 | 14,5                                       |
|    |                       | Debit Rancangan                          | m <sup>3</sup> /s | 0,35                                       |
|    |                       | Daya Turbin                              | kW                | 32   |
|    |                       |  | Hp                | 43   |
| 3  | Rotasi Turbin         | Putaran Turbin                           | rpm               | 630  |
|    |                       | Kecepatan Spesifik                       |                   | 133  |
| 4  | Dimensi Turbin        | Diameter Luar (D1)                       | m                 | 0,25                                       |
|    |                       | Diameter Dalam (D2)                      | m                 | 0,17                                       |
|    |                       | Lebar Runner (bo)                        | m                 | 0,4  |
|    |                       | Jumlah Sudu                              | buah              | 22   |
|    |                       | Ketebalan Air Masuk                      | cm                | 5  |
|    |                       | Jarak antar Sudu                         | cm                | 3,75                                       |
| 5  | Poros Turbin          | Diameter Poros                           | mm                | 50   |
|    |                       | Panjang Poros                            | cm                | 70   |
| 6  | Pipa Pesat (Penstock) | Panjang Pipa                             | m                 | 52   |
|    |                       | Diameter Pipa                            | m                 | 0,42                                       |
|    |                       |  | inch              | 16,5                                       |
|    |                       | Tebal Pipa                               | mm                | 10   |
| 7  | Pulley dan V-Belt     | Ratio Pulley Turbin dan Generator        |                   | 1:2.38                                     |
|    |                       | Diameter Pulley Turbin                   | cm                | 23.8                                       |
|    |                       | Diameter Pulley Gen                      | cm                | 10   |
|    |                       | Penampang V-Belt                         | Type C            |  |
|    |                       | Panjang V-Belt                           | mm                | 1993                                       |
|    |                       | Jumlah V-Belt                            | Buah              | 1  |
| 8  | Bearing               | Type                                     |                   | Deep Grove Ball                            |
|    |                       | Diameter                                 | mm                | 50/80                                      |
|    |                       | Putaran Maksimal                         | rpm               | 8500-10000                                 |
| 9  | Generator             | Type                                     |                   | Synchronous Generator Brushless type (STC) |
|    |                       | Speed                                    | rpm               | 1500                                       |
|    |                       | Pole Number                              |                   | 4  |

$$\begin{aligned}
 \text{O \& M Cost} &= 2 \% \times \text{construction cost} \\
 &= 2 \% \times \text{Rp. } 600.000.000,00 \\
 &= \text{Rp. } 12.000.000,00 / \text{tahun}
 \end{aligned}$$

Berikut daftar rincian perencanaan biaya investasi PLTMH Giritirta :

Tabel 4.4 Rekapitulasi biaya investasi PLTMH

| Biaya Modal                       | Persentase     | Biaya                 |
|-----------------------------------|----------------|-----------------------|
| <b>Planning and Design</b>        | <b>2.32%</b>   | <b>Rp 13,920,000</b>  |
| <b>Management and Finance</b>     | <b>2.32%</b>   | <b>Rp 13,920,000</b>  |
| <b>Civil Work</b>                 | <b>41.59%</b>  | <b>Rp 249,540,000</b> |
| 1. Acces Road                     | 2.70%          | Rp 16,200,000         |
| 2. Bendungan dan Intake           | 6.78%          | Rp 40,680,000         |
| 3. Kolam Pengendap Pasir          | 1.88%          | Rp 11,280,000         |
| 4. Saluran Pembawa                | 3.81%          | Rp 22,860,000         |
| 5. Bak Penenang                   | 2.40%          | Rp 14,400,000         |
| 6. Pipa Pesat                     | 20.69%         | Rp 124,140,000        |
| 7. Power House                    | 2.48%          | Rp 14,880,000         |
| 8. Tail Race                      | 0.85%          | Rp 5,100,000          |
| <b>Mekanik</b>                    | <b>25.65%</b>  | <b>Rp 153,900,000</b> |
| <b>Electrical</b>                 | <b>24.12%</b>  | <b>Rp 144,720,000</b> |
| <b>Biaya Tak Terduga</b>          | <b>4.00%</b>   | <b>Rp 24,000,000</b>  |
| <b>Total Anggaran PLTMH</b>       | <b>100.00%</b> | <b>Rp 600,000,000</b> |
| <b>PPn</b>                        | <b>10%</b>     | <b>Rp 60,000,000</b>  |
| <b>Total Anggaran Setelah PPN</b> |                | <b>Rp 660,000,000</b> |

**4.4. Kajian Ekonomi**

**Analisa Finansial Dan Ekonomi**

Pada perancangan PLTMH ini, ditetapkan bahwa umur investasi selama 15 tahun (terhitung setelah proses pelaksanaan fisik PLTMH selesai dikerjakan). Dengan diketahui bahwa  $P_{net}$  sebesar 29,62 kW atau 30 kW (dibulatkan) dan  $P_{annual}$  sebesar 207594 kWh/tahun. Biaya konstruksi ditetapkan 20 juta rupiah per kW, sementara itu biaya operasional dan perbaikan diambil 2 % dari biaya investasi. Nilai ini diambil dari *Global Sustainable Electricity Partnership*, sehingga Biaya konstruksi dihitung:

$$\begin{aligned}
 \text{Construction Cost} &= \text{Rp } 20.000.000/ \text{kW} \times 30 \text{ kW} \\
 &= \text{Rp } 600.000.000,00
 \end{aligned}$$

Adapun perhitungan perkiraan biaya pemeliharaan dan perbaikan (O&M) selama setahun adalah sebagai berikut:

**Analisis Harga Pokok Produksi (HPP) per kWh**

Seperti diketahui, pada Juli 2015 lalu, Kementerian ESDM menerbitkan Peraturan Menteri ESDM Nomor 19 Tahun 2015 tentang Pembelian Tenaga Listrik dari PLTMH (Permen ESDM 19/2015), ditetapkan feed in tariff untuk listrik dari mikrohidro sebesar US\$ 12 sen/kWh dikalikan dengan 'F'. F adalah Faktor insentif yang besarnya berbeda dari satu daerah ke daerah lain. Untuk di Sumatera, Jawa, dan Bali, F adalah 1,1. Sedangkan untuk Papua F mencapai 1,6. Artinya, harga listrik dari mikrohidro di Desa Giri tirta adalah US\$ 12 sen dikali 1,1 atau sekitar **Rp 1.716/kWh**.

**Analisa Kelayakan Investasi**

Analisis kelayakan investasi yang terdiri atas perhitungan NPV, IRR dan PP diberikan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.5 Analisa Perhitungan NPV, IRR dan PP

| PERIODE            | CASH               | CASH FLOW AFTER O&M | DF AT 8%    | PRESENT VALUE      |
|--------------------|--------------------|---------------------|-------------|--------------------|
| 0                  | -Rp 660,000,000.00 | -Rp 660,000,000.00  | 1           | -Rp 660,000,000.00 |
| 1                  | Rp125,370,000.00   | Rp113,370,000.00    | 0.925925926 | Rp 104,972,222.22  |
| 2                  | Rp128,375,000.00   | Rp116,375,000.00    | 0.85733882  | Rp 99,772,805.21   |
| 3                  | Rp129,710,000.00   | Rp117,710,000.00    | 0.793832241 | Rp 93,441,993.09   |
| 4                  | Rp133,057,000.00   | Rp121,057,000.00    | 0.735029853 | Rp 88,980,508.89   |
| 5                  | Rp136,710,000.00   | Rp124,710,000.00    | 0.680583197 | Rp 84,875,530.50   |
| 6                  | Rp135,646,000.00   | Rp123,646,000.00    | 0.630169627 | Rp 77,917,953.69   |
| 7                  | Rp129,050,000.00   | Rp117,050,000.00    | 0.583490395 | Rp 68,297,550.77   |
| 8                  | Rp131,658,000.00   | Rp119,658,000.00    | 0.540268885 | Rp 64,647,494.18   |
| 9                  | Rp138,005,000.00   | Rp126,005,000.00    | 0.500248967 | Rp 63,033,871.10   |
| 10                 | Rp129,557,000.00   | Rp117,557,000.00    | 0.463193488 | Rp 54,451,636.88   |
| 11                 | Rp125,547,000.00   | Rp113,547,000.00    | 0.428882859 | Rp 48,698,362.03   |
| 12                 | Rp127,570,000.00   | Rp115,570,000.00    | 0.397113759 | Rp 45,894,437.09   |
| 13                 | Rp125,678,000.00   | Rp113,678,000.00    | 0.367697925 | Rp 41,799,164.68   |
| 14                 | Rp118,056,000.00   | Rp106,056,000.00    | 0.340461041 | Rp 36,107,936.20   |
| 15                 | Rp117,057,800.00   | Rp105,057,800.00    | 0.315241705 | Rp 33,118,599.99   |
| NPV                |                    |                     | Rp          | 346,010,066.52     |
| IRR                |                    |                     |             | 15.9057%           |
| Payback Periode    |                    |                     |             | 5 years 7 months   |
| Capacity Installed |                    |                     |             | 30 kW              |
| Unit Energy Cost   |                    |                     |             | Rp. 1.716,00/kWh   |

Dari Tabel diatas dapat dianalisa, dengan asumsi suku bunga pinjaman yaitu sebesar  $i=8\%$  diperoleh NPV PLTMH Giri Tirta sebesar Rp. 346.010.066,00, karena nilainya positif maka secara ekonomi investasi layak dilaksanakan dan menguntungkan dari sisi ekonomis. Ditinjau dari nilai Internal Rate of Return (IRR) menunjukkan pada persentase 15,905% lebih besar dari nilai disckon factor, sehingga dari nilai IRR dapat dikatakan bahwa investasi layak dan menguntungkan.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berikut kesimpulan yang didapat dari perancangan PLTMH kapasitas 30 kW yaitu:

1. Pemilihan lokasi terletak di Desa Giritirta, Kec. Pejawaran, Kab. Banjarnegara, Jawa Tengah dengan memanfaatkan Sungai Mrawu, anak sungai dari Sungai Serayu
2. Dengan memanfaatkan air sungai, didapatkan debit (Q)= 0.35 m<sup>3</sup>/s , Head (H) = 14.5 m, menghasillkan daya (P) sebesar 30 kW. Dengan kecepatan spesifik (Ns) = 133, dan kecepatan putar turbin 630 rpm.
3. Adapun Dimensi dari turbin crossflow yaitu:
  - Diameter luar runner (D1) = 0.25 m
  - Diameter dalam runner (D2) = 0.17 m
  - Lebar runner (b0) = 0.4 m
  - Jumlah sudu (Z) = 22 sudu
  - Diameter poros = 50 mm
  - Panjang poros = 70 cm

4. Dari segi ekonomi, dengan Harga Pokok Produksi yang dijual ke PLN sebesar Rp. 1.716/kWh maka PLTMH layak dibangun, hal lain mengapa pembangunan PLTMH Giritirta layak dibangun dikarenakan parameter-parameter berikut ini :

- a. *Net Present Value (NPV)* :Rp. 346.010.066,52
- b. *Internal Rate of Return (IRR)* : 15,9057 %
- c. *Payback Periode* : 5 tahun 7 bulan

Berikut beberapa saran yang diharapkan dari hasil kajian ini adalah.:

- a. Kerena keterbatasan pengetahuan penulis, diharapkan koreksi dan masukan dari pembaca.
- b. Sesuai hasil perhitungan dan perancangan yang telah dibuat, dapat direalisasikan proyek pembangunan PLTMH Giritirta, sehingga dapat membantu warga daerah tersebut dalam segi kelistrikan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Arismunandar Artono, Teknik Tenaga Listrik, Jilid Pembangkitan Dengan Tenaga Air, Pradya Paramita, Jakarta, 1974
2. Bryan Patrick Ho Yan, Design of a Low Head Pico Hydro Turbine for Rural Electrification in Cameroon, The University of Guelph, Canada, 2012.
3. ESDM, 2016, <http://esdm.go.id/berita/323-energi-baru-dan-terbarukan/3746-enam-provinsi-miliki-potensi-tenaga-air-besar-untuk-pltmh.html>
4. Fritz Dietsel, Turbin, Pompa dan Kompresor, Erlangga, Jerman, 1980
5. Harvey Adam, Micro Hydro Design Manual, Great Britain, Intermediate Technology Publications, 1993
6. Layman, Layman's Handbook On How To Develop A Small Hydro Site, ESHA, 1998
7. Mavel CZ, Construction of Hydro Turbine. Jerman,
8. Meier, Ueli, Design of Cross Flow Turbine BYS/T3, Swiss Center for Appropriate Technology Varnbuelstrasse 14, Switzerland
9. Nechleba, Miroslav, Dr. Techn. M.E, Hydraulic Turbine, Artia Prague, Czechoslovakia, 1957
10. Refginanda A, kajian Potensi Tenaga Air PLTM Batang Patimah Pasaman, Sumatera Barat, STT-PLN, Skripsi, Jakarta, 2014

11. Rislina Sitompul, Manual Pelatihan Teknologi Energi Terbarukan Yang Tepat Untuk Aplikasi Di Masyarakat Pedesaan, PNPM Support Facility, Jakarta, 2011
12. Suhandi, Perancangan, Pembuatan dan Metode Uji Coba Turbin Crossflow kapasitas 20 kW untuk PLTMH Triharjo Atas, Lampung, Jakarta Barat, STT-PLN, Skripsi, 2013.