

PERENCANAAN TURBIN AIR MIKRO HIDRO JENIS PELTON UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DI DESA KALI KECAMATAN PINELENG DENGAN HEAD 12 METER

**Ceri Steward Poea , G. D. Soplanit , Jotje Rantung
Teknik Mesin, Universitas Sam Ratulangi Manado
2013**

ABSTRAK

Pemanfaatan air yang merupakan sumber daya alam sebagai energi terbarukan untuk pembangkit listrik adalah salah satu solusi alternatif untuk menggantikan kebutuhan akan bahan bakar minyak.

Sungai yang melalui desa Kali kecamatan Pineleng terdapat air terjun. Dari hasil pengamatan dan perhitungan kecepatan aliran sungai dengan menggunakan metode pelampung, dan luas penampang melintang sungai didapat debit total sungai $Q = 0,323 \text{ m}^3/\text{s}$. Dari pengukuran didapatkan juga tinggi jatuh air terjun $H = 12 \text{ m}$. Berdasarkan tinggi jatuh dan debit yang ada, direncanakan dimensi-dimensi utama dari suatu turbin air jenis Pelton Mikro Hidro sebagai penggerak generator pembangkit listrik.

Hasil perhitungan untuk *head efektif* $= 12 \text{ m}$, dengan debit air yang digunakan untuk menggerakkan *runner* $Q = 0,06 \text{ m}^3/\text{s}$, didapat daya yang dibangkitkan sebesar 4.0 kW. Dengan data tersebut direncanakan dimensi utama turbin mikro jenis Pelton yaitu diameter luar *runner* $D_o = 380,8 \text{ mm}$, diameter lingkaran tusuk $D = 202 \text{ mm}$, jumlah mangkuk $z = 19$ buah dengan 1 nosel, dan diameter poros $d_s = 45 \text{ mm}$.

Kata kunci : Desa Kali Pineleng, Turbin air Pelton.

ABSTRACT

The utilization of water as a natural resource of renewable energy for power plant is one of the alternative solutions to replace the need for fossil fuels.

there is a waterfall on the river which through Kali village in Pineleng district, From observations and the calculation speed of the flow by using buoys, and river cross-sectional area obtained the total river debit $Q = 0.323 \text{ m}^3 / \text{s}$. From the measurements is also obtained high fall the waterfall $H = 12 \text{ m}$. Based on the existing height and debit of the water fall the major dimensions of a water turbine Pelton Micro Hydro type as the driving power generator was planned.

The results of calculations for effective head $= 12 \text{ m}$, with a water debit that is used to drive the runners $Q = 0.06 \text{ m}^3/\text{s}$, gained power generated by 4.0 kW. By the data is planned the main dimensions of micro turbine Pelton outer runner diameter $D_o = 380.8 \text{ mm}$, the diameter of the circle pin $D = 202 \text{ mm}$, number of bowls $z = 19$ with 1 nozzle, and a shaft diameter $d_s = 45 \text{ mm}$.

Key Word: Kali Village Pineleng, Pelton Water Turbin

1. Pendahuluan

Energi listrik sudah merupakan kebutuhan pokok dalam berbagai segi kehidupan manusia.

Berdasarkan alasan tersebut berbagai kesibukan dilakukan untuk menjejaki pemanfaatan berbagai energi alternatif, salah satu diantaranya adalah sumber daya air alam yang dapat dimanfaatkan menjadi sumber tenaga untuk pembangkit energi listrik.

Pada Desa Kali kecamatan Pineleng terdapat sungai yang memiliki air terjun, yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

2. Landasan Teori

2.1 Pengertian Turbin

Turbin merupakan mesin penggerak dimana fluida digunakan langsung untuk memutar roda turbin. Turbin air adalah turbin dengan air sebagai fluida kerja.

Penggolongan Turbin Air

Turbin air dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa hal antara lain:

1. Berdasarkan prinsip kerja
 - a. Turbin Aksi (Impuls)
 - b. Turbin Reaksi
2. Berdasarkan Head dan Debit
3. Berdasarkan Arah Aliran
4. Berdasarkan Kecepatan Spesifik

2.2 Turbin Pelton

Turbin pelton termasuk dalam kelompok turbin impuls. Karakteristik umumnya adalah pemasukan sebagai aliran air kedalam *runner* pada tekanan atmosfer.

2.2.1 Turbin Pelton Mikro

Turbin pelton mikro berkapasitas jauh lebih kecil daripada turbin pelton. Mikro menunjukkan ukuran kapasitas pembangkit yaitu antara 5 kW sampai 50 kW.

2.2.2 Komponen utama Turbin Pelton terdiri atas:

1. Rumah Turbin.

Rumah turbin selain sebagai tempat turbin terpasang juga berfungsi menangkap dan membelokkan percikan aliran air keluar mangkuk sedemikian hingga baik *runner* maupun pancaran tidak terganggu.

2. *Runner*

Runner turbin pelton pada dasarnya terdiri atas cakra dan sejumlah mangkuk terpasang sekelilingnya

Kecepatan keliling *runner* dapat dihitung dengan persamaan: (*Eisenring, M, 1994*)

$$U_1 = k_u (2 \cdot g H_n)^{1/2} \quad (\text{m/s})$$

Dimana :

U_1 = kecepatan keliling optimal (m/s)

k_u = koefisien 0.45- 0.49

g = percepatan gravitasi (m/s²)

H_n = tinggi jatuh efektif (m)

Diameter luar *runner* dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$D_0 = D + 1.2 h \quad (\text{m})$$

$$D = \frac{60 \cdot u_1 \cdot i}{\pi \cdot n_G}$$

Dimana :

D_0 = Diameter luar *runner* (m)

D = Diameter lingkaran tusuk(DLT) (m)

h = Tinggi mangkuk (m)

i = Angka perbandingan putaran

n_G = Putaran mesin yang digerakan (rpm)

3. Nosel

Nosel terdiri atas bagian selubung serupa hidung yang dipasang pada pipa, dan jarum nosel yang biasa digerakkan didalam belokan pipa kerucut jarum dan selubung yang cepat aus.

Kecepatan mutlak dapat dihitung dengan persamaan(*Eisenring, M, 1994*) :

$$c_1 = k_c \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_n}$$

Dimana :

c_1 = kecepatan mutlak jet (m/s)

k_c = koefisien nosel (0,96-0,98)

g = percepatan gravitasi m/s^2
 H_n = Head efektif (m)

4. Mangkuk

Mangkuk turbin Pelton dipasang ke rotor dengan sambungan positif. Dilakukan dengan memberi bentuk *dovetail* pada tangkai mangkuk.

Jumlah mangkuk optimal dihitung dengan persamaan :

$$z = \frac{\pi \cdot D}{2 \cdot d} + 15$$

diameter jet optimal dapat dihitung dengan persamaan :

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot c_1}}$$

dimensi-dimensi dapat dihitung dengan persamaan-persamaan berikut :

Lebar mangkuk : $b = (2,5 \sim 3,2) d$

Tinggi mangkuk : $h = (2,1 \sim 2,7) d$

Lebar bukaan mangkuk : $a = 1,2 \cdot d$

Kedalaman mangkuk : $t = 0,9 \cdot d$

Kelonggaran cetakan mangkuk :

$k = (0,1 \sim 0,7) D$

Dimana:

D = diameter lingkaran tusuk (DLT) (m)

d = diameter jet optimal (m)

Q = debit air (m^3/s)

c_1 = kecepatan mutlak jet (m/s)

z = jumlah mangkuk optimal

5. Poros

Poros merupakan salah satu bagian terpenting dari setiap mesin.

Jika faktor koreksi adalah f_c maka daya rencana P_d (kW) sebagai patokan adalah :

$$P_d = f_c \cdot P$$

Tabel faktor-faktor koreksi daya yang akan ditransmisikan f_c

Daya yang akan ditransmisikan	f_c
Daya rata-rata yang diperlukan	1,2 – 2,0
Daya maksimum yang diperlukan	0,8 – 1,2
Daya normal	1,0 – 1,5

Jika momen puntir disebut momen rencana adalah F (kg.mm) maka, momen puntir rencana ditentukan dengan persamaan (Sularso dan Suga, 1997) :

$$P_d = \frac{\left(\frac{T}{1000}\right) \times \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{n_1}{60}\right)}{102}$$

Sehingga

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_1}$$

Maka untuk menghitung diameter poros dapat menggunakan persamaan (Sularso dan Suga, 1997) :

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_a} \sqrt{(K_m \cdot M)^2 + (K_t \cdot T)^2} \right]^{2/3}$$

θ defleksi puntiran dapat dilihat pada persamaan berikut

(Sularso dan Suga, 1997) :

$$\theta = 584 \frac{T \cdot l}{G \cdot d_s^4}$$

6. Bantalan

Bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman dan lama pemakaiannya.

Dalam perencanaan bantalan radial maka kita harus memperhatikan hal-hal berikut :

1. Kekuatan bantalan yang dinyatakan dengan persamaan

(Sularso dan Suga, 1997) :

$$W_b = w \cdot l_b$$

W_b = Beban bantalan (kg)

w = beban persatuan panjang (kg/mm)

l_b = Panjang bantalan (mm)

2. Pemilihan rasio l_b/d_s

Untuk bantalan, perbandingan antara panjang dan diameternya adalah sangat penting sehingga dalam perencanaan pemilihan harga l_b/d_s harus benar-benar tepat. Harga l_b/d_s terletak antara 0,5 – 2,0.

3. Tekanan Bantalan

Tekanan bantalan adalah beban radial dibagi luas proyeksi bantalan, yang besarnya sama dengan beban rata-rata yang diterima oleh permukaan bantalan dan dapat

dinyatakan dengan persamaan (Sularso dan Suga, 1997) :

$$P_b = \frac{W_b}{l_b d_s}$$

Dimana :

P_b = Tekanan bantalan (kg/mm²)

W_b = Beban bantalan (kg)

L_b = Panjang bantalan (mm)

D_s = Diameter poros (mm)

7. Generator Listrik

Generator listrik berfungsi untuk mengubah energi mekanik putaran poros menjadi energi listrik. PLTMH menggunakan generator arus bolak-balik.

8. Perhitungan Pipa Pesat.

Sehingga *head* efektif dapat dihitung dengan persamaan (Harvey et al, 2006):

$$H_n = h_{gross} + h_{friction loss}$$

Untuk $h_{friction loss}$:

$$h_{friction loss} = h_{wall loss} + h_{turb loss}$$

$$h_{turb loss} = \frac{v^2}{2g} (K_{entrance} + K_{bend1} + K_{bend2} + K_{valve})$$

$$v = \frac{4.Q}{\pi d^2}$$

dimana :

$h_{friction loss}$ = Total kehilangan *head* pada pipa pesat (m)

$h_{wall loss}$ = Kehilangan *head* karena gesekan dengan dinding pipa pesat

$h_{turb loss}$ =kehilangan *head* karena aliran turbulen dalam pipa pesat (m)

V = kecepatan air dalam pipa pesat (m/s)

Q = Debit air yang masuk dalam pipa pesat (m³/s)

d = Diameter dalam pipa pesat (m)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

Pada pemilihan pipa dapat ditentukan harga perkiraan kekasaran pipa k dibagikan dalam dengan menggunakan diagram Moody sesuai dengan rencana umur pipa. Dari situ maka harga k/d dapat diperoleh sehingga dengan menggunakan diagram Moody nilai f bisa didapat.

Dengan instalasi pipa yang direncanakan maka kerugian *head* akibat gesekan dalam pipa bisa dihitung dengan persamaan (Harvey et al, 2006):

$$h_{wall loss} = \frac{f .L_{pipe} .0,08 .Q^2}{d^5}$$

Dimana :

$$L_{pipe} = \sqrt{L_{hor}^2 + H_{gross}^2}$$

L_{hor} = Jarak horizontal dari *forebay* ke rumah turbin (m)

H_{gross} = *Head* kotor (m)

3. Metode Penelitian

3.1 Data Perencanaan

Dari hasil survei di desa Kali diperoleh data-data sebagai berikut :

1. Berdasarkan pengukuran yang dilakukan penulis, diperoleh hasil sebagai berikut:

- Data Kecepatan Aliran (V) = 1,29 m/s
- Luas Penampang Sungai (A) = 2,379 m²

2. Tinggi air terjun yang diambil H = 12 m

Jadi debit air total yang didapatkan dalam perencanaan turbin Pelton mikro ini pada $H_n = 12$ m sebesar, $Q = 0,323$ m³/s.

3.2 Perhitungan Head Loss Pada Pipa Pesat.

Dalam Perhitungan pipa pesat, debit yang dipakai untuk memutar Turbin ditentukan sebesar 0.06 m³/s. Dengan menggunakan persamaan diperoleh panjang pipa pesat

$$L_{pipe} = \sqrt{15^2 + 12,054^2} = 19,24 \text{ m}$$

Bahan pipa pesat dipilih dari baja ringan *galvanize*, dengan nilai kekasaran pipa (k) berdasarkan lampiran tabel A 5.1 sebesar 0,15 mm. untuk ukuran diameter

pipa dengan nominal diameter 250 mm dan ketebalan 1/2 in.

Sehingga harga $\frac{k}{d}$ untuk menentukan faktor gesekan pada diagram Moody:

$$\frac{k}{d} = \frac{0,15}{250} = 0,0006$$

$$1,2 \frac{Q}{d} = 1,2 \frac{0,06}{0,250} = 0,48 \text{ m}^2/\text{s}$$

Untuk faktor gesekan, f , diagram Moody sebesar 0,018.

Besarnya *head loss* pada pipa pesat berdasarkan persamaan : $h_{friction loss} = h_{wall loss} + h_{turb loss}$

Untuk $h_{wall loss}$

$$h_{wall loss} = \frac{0,018 \cdot 19,24 \cdot 0,08 \cdot 0,06^2}{0,250^5} = 0,28 \text{ m}$$

dimana kecepatan air dalam pipa pesat, v ,

$$v = \frac{4 \cdot 0,06}{3,14 \cdot 0,250^2} = 2,1 \text{ m/s}$$

Dengan nilai $K_{entrance}$, K_{bend1} , dan K_{bend2} , dan K_{valve} berdasarkan sebesar, $K_{entrance} = 0,5$ $K_{bend1} = 0,30$ $K_{bend2} = 0,30$ $K_{valve} = 0,1$ maka :

$$h_{turb loss} = \frac{2,1^2}{2,9,81} (0,5 + 0,30 + 0,30 + 0,1) = 0,26 \text{ m}$$

Jadi kehilangan *head* karena gesekan aliran dalam pipa:

$$h_{friction loss} = h_{wall loss} + h_{turb loss} = 0,28 + 0,26 = 0,54 \text{ m}$$

Maka *head* efektif diperoleh sebesar :

$$H_n = h_{gross} + h_{friction loss} = 12,054 \text{ m} - 0,54 \text{ m} = 12 \text{ m}$$

3.3 Pengolahan Data

Daya yang dihasilkan secara aktual oleh turbin:

$$P = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,06 \cdot 12 \cdot 0,6 = 4,23 \text{ kW}$$

Shingga kecepatan spesifik turbin Pelton dapat dihitung:

$$N_s = 710 \frac{4,0^{1/2}}{12^{5/4}}$$

$$= 63,5 \text{ rpm}$$

3.3.1 Perhitungan Dimensi-Dimensi Utama Turbin Pelton Mikro.

1. Kecepatan Mutlak Jet, c_1
 $c_1 = 0,98 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 12}$
 $= 15,03 \text{ m/s}$
2. Kecepatan keliling optimal, u_1
 $u_1 = 0,49 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 12}$
 $= 7,51 \text{ m/s}$
3. Diameter Lingkaran Tusuk, D
Karena generator dihubungkan langsung dengan turbin, maka $i = 1$

$$D = \frac{60 \cdot 7,51}{3,14 \cdot 710} = 0,202 \text{ m} = 202 \text{ mm}$$

4. Diameter Jet Optimal, d
Berdasarkan debit air yang masuk ke turbin sebesar $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$ maka turbin dirancang menggunakan 1 nosel untuk mendapatkan dimensi mangkuk yang sesuai.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,06}{3,14 \cdot 15,03}} = 0,071 \text{ m} = 71 \text{ mm}$$

5. Jumlah Mangkuk, z

$$z = \frac{3,14 \cdot 202}{2 \cdot 71} + 15 = 19,46 \approx 19 \text{ buah}$$

- Lebar mangkuk, b
 $b = 2,5 \cdot 71 = 177 \text{ mm}$
- Tinggi mangkuk, h
 $h = 2,1 \cdot 71 = 149 \text{ mm}$
- Lebar bukaan mangkuk, a
 $a = 1,2 \cdot 71 = 85,2 \text{ mm}$
- Kedalaman mangkuk, t
 $t = 0,9 \cdot 71 = 63,9 \text{ mm}$
- Kelonggaran cetakan mangkuk, k
 $k = 0,1 \cdot 202 = 20,2 \text{ mm}$

6. Diameter luar *runner*, D_0
 $D_0 = 202 + 1,2 \cdot 149$

$$= 380,8 \text{ mm}$$

3.3.2 Perhitungan Poros Turbin

Untuk perencanaan poros turbin menggunakan poros mendatar atau horizontal. Daya yang ditransmisikan adalah $P = 4,0 \text{ kW}$, sedangkan putaran poros sama dengan putaran generator dan turbin $n_1 = 731 \text{ rpm}$. Dengan urutan Perhitungan sebagai berikut :

1. Daya rencana dihitung :

$$P_d = 1,0 \cdot 4,0 \\ = 4,0 \text{ kW}$$

2. Momen puntir yang direncanakan adalah

$$T = 9,74 \times 10^5 \cdot \frac{4,0 \text{ kW}}{710} \\ = 5487 \text{ kg mm}$$

3. Perhitungan beban

$$F = W = m \times g$$

Bahan *runner* dipakai besi cor putih dengan $\rho = 7,7 \text{ gr/cm}^3$

Tebal sisi $b = 177 \text{ mm}$ dan jari-jari $r = 101 \text{ mm}$. Maka diperoleh volume dan massa benda

$$v = \pi \times r^2 \times b \\ = 3,14 \times (10,1)^2 \times 17,7 \\ = 5669,51 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho \times v \\ = 7,7 \text{ gr/cm}^3 \times 5669,51 \text{ cm}^3 \\ = 43,65 \text{ kg}$$

Berat benda yang berputar (*runner*)

$$W = 43,65 \times 9,81 \\ = 428,20 \text{ kg}$$

Perhitungan gaya tangensial (F_t)

$$F_t = \frac{5487 \text{ kg mm}}{101 \text{ mm}} \\ = 54,32 \text{ kg}$$

4. Momen lentur adalah :

$$M = 36189 \text{ kg mm}$$

5. Di pilih bahan poros adalah baja nikel krom (JIS G 4102) SNC21 dengan kekuatan tarik $\sigma_B = 80 \text{ kg/mm}^2$

$$Sf_1 = 6$$

$$Sf_2 = 3$$

6. Tegangan lentur yang di isinkan, τ_a

$$\tau_a = \frac{80}{6 \times 3} \\ = 4,44 \text{ kg/mm}^2$$

7. Diameter poros, d_s

$$d_s =$$

$$\left[\frac{5,1}{4,44} \sqrt{(2,0 \cdot 36189)^2 + (2,0 \cdot 5487)^2} \right] \\ = 41,9 \text{ mm}$$

8. Defleksi puntiran, θ

$$\theta = 584 \frac{5487 \cdot 300}{(8,3 \times 10^3 \cdot 45^4)} \\ = 0,02$$

$$\theta = 0,02 \leq 0,25 \text{ (baik)}$$

9. Perhitungan kritis untuk benda yang berputar adalah

$$N_c = 52700 \frac{45^2}{150 \cdot 150} \sqrt{\frac{300}{482,52}} \\ = 3458 \text{ rpm}$$

$$\frac{1}{N_c^2} = \frac{1}{3739^2}$$

$$= 7,15 \times 10^{-8}$$

$$N_c^2 = 7,15 \times 10^8$$

$$N_c^2 = \sqrt{7,15 \times 10^8}$$

$$= 26739 \text{ rpm}$$

Perbandingan antara poros dengan puntiran kritisnya diperoleh :

$$\frac{n_1}{N_c} = \frac{710}{26739}$$

$$= 0,02$$

$$= 0,02 \leq 0,6 - 0,7 \text{ (baik)}$$

3.3.3. Perhitungan Bantalan

Untuk perencanaan turbin Petlon, bantalan yang dipakai adalah bantalan radial, parameter yang digunakan dalam perencanaan ini adalah :

$$d_s = 45 \text{ mm}$$

$$N = 710 \text{ rpm}$$

$$W = 241,26 \text{ kg}$$

1. $W_o = 241,26 \text{ kg}$

2. $f_c = 1$

3. $W = 241,26 \text{ kg}$

4. Bahan bantalan : perunggu, $p_a = 0,7 - 0,2 \text{ (kg/mm}^2)$, $p_{va} = 4 \text{ (kgm/mm}^2\text{s)}$

5. $l \geq \frac{\pi}{1000 \times 60} \times \frac{428,20 \times 710}{4} = 3,9 \text{ mm}$
→ 35 mm
6. Diameter poros $d_s = 45 \text{ mm}$
7. $l/d_s = 35/42 = 0,83$
8. Harga 0,83 terletak dalam daerah 0,5 – 2,0 dapat diterima.
9. $p = \frac{428,20}{35 \times 42} = 0,29 \text{ kg/mm}^2$
 $v = \frac{3,14 \times 42 \times 710}{60 \times 1000} = 1,5 \text{ m/s}$
 $p v = 0,29 \times 1,5 = 0,43 \text{ kgm/mm}^2 \text{s}$
10. Harga tekanan $p = 0,29 \text{ kg/mm}^2$ dapat diterima, dimana $p_a = 0,7 - 2,0 \text{ kg/mm}^2$
Harga $p v = 0,43 \text{ kgm/mm}^2 \text{s}$ juga dapat diterima karena kurang dari $4 \text{ kgm/mm}^2 \text{s}$
11. $H = 0,04 \times 428,20 \frac{3,14 \times 45 \times 710}{1000 \times 60} = 16,1 \text{ kgm/s}$
 $P_H = \frac{16,1}{100} = 0,16 \text{ kW}$
12. $l = 35 \text{ mm}$, $d_s = 42 \text{ mm}$, $P_H = 0,16 \text{ kW}$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengolahan Data

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa turbin Pelton cocok untuk perancangan turbin Mikro Hidro penggerak generator listrik karena bekerja pada tinggi tekan yang rendah. Hal ini dapat dilihat pada data hasil perhitungan sebagai berikut :

- a. Turbin
 - Daya aktual yang dihasilkan Turbin, $P = 4,0 \text{ kW}$
 - Kecepatan aktual jet, $c_1 = 15,03 \text{ m/s}$
 - Diameter lingkaran tusuk, $D = 202 \text{ mm}$
 - Diameter jet, $d = 71 \text{ mm}$
 - Jumlah mangkuk, $z = 19 \text{ buah}$
 - Lebar mangkuk, $b = 177 \text{ mm}$
 - Tinggi mangkuk, $h = 149 \text{ mm}$
 - Lebar bukaan mangkuk, $a = 85,2 \text{ mm}$
 - Kedalaman mangkuk, $t = 82 \text{ mm}$
 - Diameter luar *runner*, $D_0 = 380,8 \text{ mm}$
- b. Poros

- Diameter poros, $d_s = 45 \text{ mm}$
- Defleksi puntiran, $\theta = 0,02$
- c. Bantalan
 - Panjang bantalan, $l = 35 \text{ mm}$
 - Daya yang diserap, $P_H = 0,16 \text{ kW}$
 - Kerja Gesekan, $H = 16,1 \text{ kgm/s}$

4.3. Pembahasan

Dalam perencanaan ini ditentukan debit air yang dipakai untuk memutar turbin sebesar $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$, dengan *head* efektif 12 m, diperoleh daya aktual yang dihasilkan turbin adalah 4,0 kW, dimana efisiensi total sebesar 60% berdasarkan kisaran penerapan turbin Pelton mikro.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Dapat dirancang sebuah turbin air Mikro Hidro jenis Pelton untuk digunakan sebagai penggerak pada pembangkit listrik di desa Kali kecamatan Pineleng.
2. Dengan *head* efektif 12 m dan debit air $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$ dapat dihasilkan daya 4,0 kW, dan diperoleh dimensi-dimensi utama turbin :
 - Diameter lingkaran tusuk = 202 mm
 - Diameter jet optimal = 71 mm dengan 1 nosel
 - Diameter luar *runner* = 380,8 mm
 - Jumlah mangkuk = 19 buah
 - Diameter poros = 45 mm

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, W. 1997. Penggerak Mula Turbin, Edisi Kedua. ITB Bandung.
- Dandekar M.M dan K.N Sharma, 1991. Pembangkit Listrik Tenaga Air, terjemahan Setyadi, Bambang dan Dwita Sutjiningsih. Jakarta. UI
- Eisenring , M. 1994. Turbin Pelton Mikro, terjemahan Sunarto, Edy. M. Jakarta

Arismunandar ,W dan S. Kuwahara. 1991. *TTL (Pembangkitan dengan Tenaga Air)* , jilid I. Jakarta : PT. Pradja Paramita.

Catur Wibowo, 2005. Langkah Pembangunan pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), Jakarta.

Webber , N. B. (1971). *Fluid Mechanics For Civil Engineers*. Chapman and Hall ltd.

Harvey A, et al, 2006. *Micro Hydro Desain Manual*, ITDG publishing Warwickshire UK.

Japan International Cooperation Agency (JICA) dan Institut Bisnis dan Ekonomi Kerakyatan (IBEKA). 2003. Manual Pembangunan PLTMH. Jakarta, Indonesia

Faisal P. R. 2008. *Perencanaan Turbin Air Mikro Hidro Jenis Pelton Untuk Pembangkit Listrik di Desa Pinaras Kecamatan Tomohon Selatan*. Skripsi Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi. Manado

Patty O. F, 1995. *Tenaga Air*. Jakarta Erlangga

Soewarno , 1991. *Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai*, Bandung. Nova.

Sularso dan Kiyokatsu Suga, 1991. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, Jakarta. PT. Pradnya Paramita.

Kumbara J. G. I, 2010. *Analisis Kerja Pompa Air Pendingin Primer di PLTP Lahendong Unit II*

<http://www.scribd.com/doc/16559861/24/Kecepatan-Putar-Turbin-dan-Kecepatan-Spesifik> di akses pada tanggal 12 oktober 2012

<http://www.alpensteel.com/article/50-104-energi-sungai-pltmh--micro-hydro-power/169--pelaksanaan-turbin-air.html> di akses pada tanggal 12 oktober 2012

Lampiran:

1. Lokasi



