

Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) pada PDAM Way Sekampung Kabupaten Pringsewu

Agus Sugiri

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung

Jalan Prof. Soemantri Brodjonegoro No. 1 Gedung H Fakultas Teknik, Bandar Lampung 35145

Telp: (0721) 3555519, Fax: (0721) 734947

Email: agussugiri@yahoo.co.id

Abstract

Electrical energy has become a part of our lives. Even, for some people has become the primary requirement that can't be eliminated. This can affect the sources of energy used in the process of power generation. Therefore, the presence sources of renewable energy is needed to increase the energy supply for the community. In this case, authors tried to do some research to harness the flow of water in the PDAM Way Sekampung pipe as micro hydro power plant (MHP) The advantage of making the MHP's pipeline PDAM isn't need for the manufacture of civilian buildings by making MHP is only by utilizing the existing water flow in a pipeline, so the production cost can be reduced. Moreover, can give an idea on the PDAM and the public that the pipeline PDAM that had been used only as a water distribution, can be used as power plant. The purpose of this study was to determine the discharge and head PDAM pipelines and then dimensional turbine design based on the potential obtained. The survey was conducted to obtain primary data and secondary data. The primary data is data acquired directly, while secondary data is the data obtained from documents stored on PDAM Way Sekampung. From the research, discharge obtained an average of 46.287 L/s in normal conditions, and have the water level (head) of 5,998 m from the location of the turbine. The potential of the PDAM Way Sekampung, can generate power of 2,057 Kw. Results dimensional turbine design based on primary data or the direct retrieval, turbine shaft diameter 20 mm, 239 mm runner diameter, blade length 212 mm, a thickness of blade 1 mm and blade number 20.

Keywords: Energy, Potential, Micro hydro, cross-flow turbine

PENDAHULUAN

Dalam melakukan segala aktivitas, kita tidak akan pernah lepas dari energi listrik. Dimanapun kita tinggal, listrik sudah menjadi kebutuhan primer yang sangat dibutuhkan bagi setiap kalangan. Baik di daerah perkotaan, maupun daerah terpencil, kebutuhan akan listrik terus bertambah. Hal ini dapat berpengaruh terhadap sumber energi yang biasa digunakan untuk pembangkit listrik. Seperti pada pembangkit listrik tenaga uap, energi yang dihasilkan bersumber pada batu bara yang semakin lama jumlahnya akan semakin berkurang. Oleh karena itu, hadirnya sumber-sumber energi yang dapat terbarukan, sangat dibutuhkan untuk menambah pasokan energi bagi masyarakat.[3]

Dengan terus dikembangkannya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), dapat memberikan variasi tambahan energi listrik alternatif bagi masyarakat kita. Selain itu, PLTMH juga dapat digunakan sebagai pengadaan energi listrik di pedesaan, yang biasanya sulit dijangkau oleh PLN. Dengan demikian, masyarakat yang tinggal di daerah terpencil bisa menikmati listrik tanpa harus menunggu jalur PLN yang entah kapan dapat mereka rasakan. Upaya mengembangkan mikrohidro adalah upaya konstruktif untuk

mengajak masyarakat peduli dengan lingkungan hidup secara nyata.[4]

Pemanfaatan air sebagai pemutar turbin, maka secara tidak langsung kita harus menjaga debit air agar tetap lestari. Sehingga menjaga kelestarian hutan adalah kewajiban bagi masyarakat agar penerangan energi listrik dari mikrohidro senantiasa tetap terjaga.[4]

Dalam hal ini PDAM Way Sekampung sebagai suatu perusahaan pelayanan air bersih kepada masyarakat mempunyai peran yang sangat penting dalam kelangsungan hidup masyarakat luas. Seperti yang telah diketahui pada pendistribusian air bersih sebelum disalurkan ke konsumen, air tersebut ditampung dalam sebuah bak reservoir yang tersedia di lokasi yang dekat dengan sumber air. Sebagai tindak lanjut dari keberadaan bak reservoir milik PDAM Way Sekampung, dalam penelitian ini penulis berusaha memanfaatkan aliran dari bak tersebut untuk pembangunan PLTMH. Adapun salah satu keuntungan dari pembuatan PLTMH pada saluran PDAM ini yaitu tidak perlunya pembuatan bangunan sipil karena pembuatan PLTMH ini hanya tinggal memanfaatkan air yang ada dalam bak, sehingga biaya produksinya dapat ditekan.[5] Lokasi yang dipilih dalam penelitian ini adalah saluran bak reservoir milik PDAM Way Sekampung yang terletak di Desa Bumiarum, Kecamatan

Pringsewu, Kabupaten Pringsewu. Dalam tahap penelitian PLTMH ini nantinya tentu saja diharapkan sama sekali tidak mengganggu aktifitas pendistribusian air bersih kepada pelanggan.

Berdasarkan ulasan di atas, maka dalam penelitian ini akan dilakukan studi potensi PLTMH pada saluran PDAM yang bertujuan untuk membantu memberikan gambaran pada PDAM dan masyarakat bahwa dalam saluran PDAM yang selama ini hanya digunakan sebagai pendistribusian air bersih, dapat digunakan sebagai pembangkit listrik yang dapat digunakan khususnya PDAM sendiri untuk meringankan biaya produksi dalam hal energi listrik.

METODE PENELITIAN

Peralatan dan Persiapan

Penelitian ini dilakukan pada saluran pipa PDAM Way Sekampung, Desa Bumiarum, Kecamatan Pringsewu, Kabupaten Pringsewu. Dan penelitian ini dilakukan dari bulan Maret 2013 hingga Mei 2013.

Adapun peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. Manometer

Alat ini digunakan untuk mengetahui atau mengukur besarnya tekanan air dalam saluran pipa, dengan diketahui tekanan air maka tinggi jatuh, debit aliran dapat dihitung.



Gambar 1. Manometer

b. Altimeter

Altimeter adalah alat yang dapat digunakan untuk menentukan tinggi lokasi/letak rencana PLTMH. Cara kerja ini berdasarkan tekanan udara/waktu dan cuaca



Gambar 2. Altimeter

c. Sekat V-Notch (Thompson)

Alat tersebut digunakan untuk menentukan debit aliran yang ada pada jaringan transmisi PDAM.



Gambar 3. Sekat V-Notch

d. Mistar

Digunakan untuk mengukur ketinggian air pada alat V-Notch

e. Meteran

Digunakan untuk mengukur dimensi bak WTP dan panjang pipa yang ada di PDAM

Pengumpulan Data

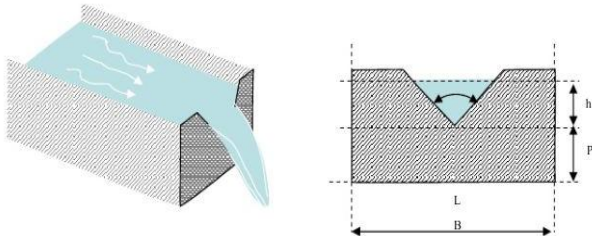
Pengumpulan data untuk mendapatkan data tentang debit dan *head* di saluran pipa PDAM. Data berupa data primer yang diambil langsung di lokasi saluran pipa PDAM dan data sekunder yang merupakan data dari PDAM Way Sekampung selama kurun waktu satu tahun terakhir.

a. Data Primer

Data primer calon lokasi pembangunan PLTMH yang meliputi beda ketinggian (*head*) dan debit aliran air. Data primer diambil secara langsung pada saat melakukan survei menggunakan alat ukur yang sudah disediakan di atas. Data diambil menggunakan alat altimeter untuk menentukan ketinggian lokasi, serta sekat V-Notch untuk mendapatkan debit aliran yang ada pada saluran PDAM.

1) Mengukur debit

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat *V-Notch*. Pengukuran dilakukan pada pintu keluar air pada bak *Water Treatment Plant* (WTP) pipa PDAM Way Sekampung.



Gambar 4. Sekat Thompson

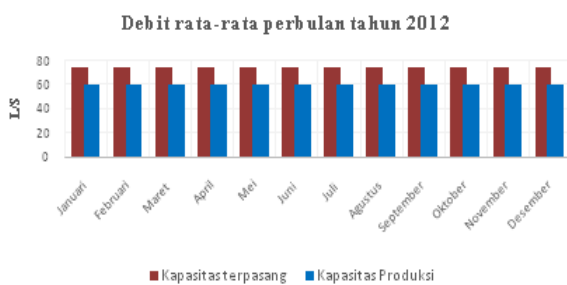
2) Menentukan Head

Dalam menentukan *head* total, terlebih dahulu mencari ketinggian menggunakan alat altimeter. Dengan demikian, ketinggian jatuh air kotor (*head gross*) dapat diketahui. Setelah diperoleh ketinggian jatuh air kotor, maka cara berikutnya adalah menentukan *headloss* yang ada di sepanjang sistem saluran pipa PDAM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Sekunder

Data Sekunder merupakan data yang diperoleh dari dokumen yang tersimpan pada kantor PDAM Way Sekampung bagian teknik, perencanaan, dan bagian produksi.



Gambar 5. Grafik debit rata-rata perbulan PDAM Way Sekampung tahun 2012

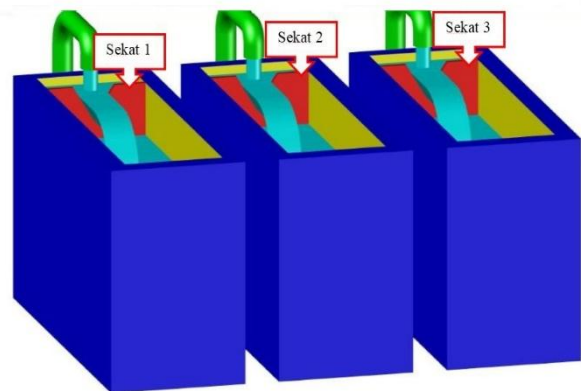
Data sekunder yang diperoleh merupakan data acuan yang dibutuhkan untuk mendapatkan data primer. Adapun data sekunder yang diperoleh adalah data debit aliran. Debit aliran merupakan hal yang cukup penting untuk melakukan studi potensi PLTMH. Hal ini dikarenakan debit dapat mempengaruhi dari desain turbin tersebut.

Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh dari pengukuran langsung pada bak WTP. Proses pengambilan data menggunakan alat yang sudah terpasang di bak WTP, serta alat lain yang dibutuhkan untuk menentukan potensi PLTMH.

1) Data debit

Debit yang akan diukur merupakan debit yang masuk ke dalam bak WTP. Di dalam bak tersebut terdapat 3 sekat *V-notch* yang selanjutnya akan dijumlahkan sehingga diperoleh debit total.



Gambar 6. Posisi sekat pada bak WTP

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan mistar, untuk mengukur ketinggian air dalam sekat. Selanjutnya dihitung menggunakan persamaan

$$Q = 4,39 \left(\frac{H}{10} \right)^{2,5}$$

Tabel 1. Data debit pada survei pertama

Pengambilan	Sekot 1		Sekot 2		Sekot 3	
	H (cm)	Debit (l/s)	H (cm)	Debit (l/s)	H (cm)	Debit (l/s)
1	19	21.845	14	10.181	14.4	10.924
2	18.8	21.274	13.8	9.821	14	10.181
3	19.5	23.310	14.2	10.548	13.8	9.821
4	19.4	23.013	14	10.181	14.2	10.548
5	19.3	22.717	13.7	9.644	14.1	10.364
6	19.2	22.424	14.3	10.735	14.4	10.924
7	19.3	22.717	14.5	11.114	13.7	9.644
8	19	21.845	14.1	10.364	13.6	9.469
9	18.5	20.436	14.3	10.735	14.3	10.735
10	18.7	20.993	14.4	10.924	14.4	10.924
Rata-rata		22.057		10.425		10.353
Total						42.836

Tabel 2. Data debit pada survei kedua

Pengambilan	Sekot 1		Sekot 2		Sekot 3	
	H(cm)	Debit (l/s)	H (cm)	Debit (l/s)	H (cm)	Debit (l/s)
1	19.6	23.610	14.5	11.114	15.3	12.711
2	19.9	24.524	14.4	10.924	15.5	13.131
3	19.8	24.217	14.7	11.502	14.9	11.897
4	20	24.834	14.8	11.698	15	12.097
5	19.5	23.310	14.6	11.307	15.5	13.131
6	19.4	23.013	15	12.097	16	14.216
7	20	24.834	14.2	10.548	15.9	13.994
8	19.1	22.133	14.1	10.364	16	14.216
9	19.8	24.217	14.7	11.502	15.8	13.775
10	19.9	24.524	15	12.097	16	14.216
Rata-rata		23.922		11.315		13.338
Total						48.576

Tabel 3. Data debit pada survei ketiga

Pengambilan	Sekot 1		Sekot 2		Sekot 3	
	H (cm)	Debit (l/s)	H (cm)	Debit (l/s)	H (cm)	Debit (l/s)
1	19	21.845	14.5	11.114	14.9	11.897
2	20	24.834	14.6	11.307	14.9	11.897
3	20.1	25.145	14.7	11.502	15	12.097
4	19.9	24.524	14.4	10.924	15.1	12.300
5	19.5	23.310	14.5	11.114	14.9	11.897
6	19.6	23.610	14.6	11.307	15.1	12.300
7	19.7	23.913	14.3	10.735	15.2	12.505
8	19.8	24.217	14.4	10.924	15	12.097
9	20	24.834	14.7	11.502	14.9	11.897

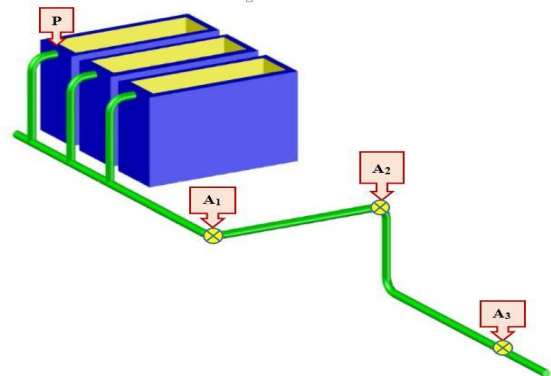
Setelah melakukan beberapa survei, maka diperoleh debit total dengan rata-rata sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Debit total} &= \frac{\text{Total 1} + \text{Total 2} + \text{Total 3}}{3} \\
 &= \frac{42,836 + 48,576 + 47,449}{3} \\
 &= 46,287 \text{ L/s}
 \end{aligned}$$

2) Data Head

Proses pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat pengukur ketinggian diatas permukaan laut. Yaitu dengan menggunakan altimeter.

Selanjutnya dipilih 3 titik lokasi, dengan kriteria masih memiliki lokasi yang kosong untuk dimanfaatkan sebagai PLTMH.



Gambar 7. Sketsa penempatan turbin pada sistem pipa PDAM Way Sekampung

a) Head kotor

Head kotor merupakan hasil dari pengurangan ketinggian pusat dengan titik lokasi PLTMH.

Adapun head kotor yang didapat dari hasil pengukuran diatas adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Head kotor

Lokasi	Ketinggian (m)	Head Kotor (m)
Pusat (P)	154,45	
Titik Pertama (A ₁)	150,25	4,20
Titik Kedua (A ₂)	150,20	4,25
Titik Ketiga (A ₃)	147,70	6,75

b) Head bersih

Head bersih atau head efektif merupakan hasil dari pengurangan head kotor terhadap head kerugian yang ada sepanjang aliran pipa sampai lokasi penempatan.

Tabel 5. Head bersih masing-masing titik

Lokasi	Head Kotor (m)	Head kerugian (m)	Head Bersih (m)
Titik Pertama	4,20	0,556	3,644
Titik Kedua	4,25	0,622	3,628

Titik Ketiga	6,75	0,752	5,998
--------------	------	-------	-------

Dari tabel 4. diperoleh *head* bersih pada masing-masing titik penempatan turbin. Titik ketiga memiliki *head* bersih paling besar dibandingkan dengan titik pertama ataupun kedua. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pemilihan lokasi penempatan turbin adalah pada lokasi titik yang ketiga, yaitu dengan *head* bersih 5,998 m.

Daya yang Dibangkitkan Turbin

Setelah diperoleh data debit aliran (Q) = 0,046 m³/s dan tinggi jatuh (H) = 5,998m maka dapat diperoleh daya air:

$$\begin{aligned}
 P_a &= Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \\
 &= 0,046 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 5,998 \text{ m} \\
 &= 2706,658 \text{ watt} = 2,707 \text{ Kw}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya daya turbin dengan efisiensi direncanakan 76 % adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_T &= \eta_T \times P_A \\
 &= 0,76 \times 2706,658 \text{ watt} \\
 &= 2057,06 \text{ watt} = 2,057 \text{ Kw}
 \end{aligned}$$

Kecepatan Spesifik Turbin

Dalam menentukan kecepatan spesifik turbin terlebih dahulu mencari putaran turbin.[1]

$$n_{11} = \frac{n_{11}}{D} \sqrt{H_{net}}$$

Dimana :

n₁₁ = 40 (untuk turbin *crossflow* kecepatan tinggi T 13)

n₁₁ = 38 (untuk turbin *crossflow* kecepatan rendah T14)

D = diameter pipa (0.25 m)

$$\begin{aligned}
 \text{Maka } n &= \frac{40}{0,25} \sqrt{5,998} \\
 &= 391,85 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

Kecepatan spesifik turbin dengan daya turbin efektif 2,759 HP adalah :

$$n_s = n \cdot N_e^{1/2} / H_{efs}^{5/4}$$

Dimana :

n_s = kecepatan spesifik turbin

n = Kecepatan putar turbin (rpm)

H_{efs} = tinggi jatuh efektif (m)

N_e = daya turbin efektif (HP)

$$\begin{aligned}
 \text{Maka } n_s &= 391,85 \text{ rpm} \cdot 2,759^{1/2} / 5,998^{5/4} \\
 &= 69,341
 \end{aligned}$$

Pemilihan Jenis Turbin

Dalam pemilihan jenis turbin ada beberapa acuan atau dasar sebelum menentukan jenis turbin yang akan digunakan.[1]

Tabel 6. Nilai yang diperlukan untuk menentukan turbin

No	Keterangan (symbol)	Nilai
1	Putaran spesifik (N _s)	69,341
2	Head efektif (H _{efektif})	5,998 m
3	Daya turbin	2,057Kw
4	Debit aliran	0.046 m ³ /s

Tabel 7. Pembangkit listrik berdasarkan daya

Jenis Pembangkit Listrik	Daya output
<i>Large-Hydro</i>	> 100MW
<i>Medium-Hydro</i>	15MW – 100MW
<i>Small-Hydro</i>	1MW – 15MW
<i>Mini-Hydro</i>	> 100kW
<i>Micro-Hydro</i>	5kW – 100kW
<i>Pico-Hydro</i>	< 5kW

Dapat dilihat dari tabel 6, daya yang dihasilkan ialah sebesar 2,057 Kw, untuk menentukan jenis pembangkit listrik berdasarkan daya, dapat dilihat dari tabel 7., maka hasil menunjukkan pembangkit listrik jenis *Pico-Hydro*. [2]

Tabel 8. Aplikasi penggunaan turbin berdasarkan tinggi head

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

Dari tabel 6, adapun head bersih yang diperoleh adalah sebesar 5,998 m. Maka dalam menentukan jenis turbin berdasarkan tabel 8 adalah jenis turbin *crossflow*.

Tabel 9. Kecepatan Spesifik Turbin

No	Jenis Turbin	Kecepatan Spesifik
1.	Pelton dan kincir air	10 - 35
2.	Francis	60 - 300
3.	<i>Cross-Flow</i>	70 - 80
4.	Kaplan dan propeller	300 - 1000

Langkah selanjutnya dalam menentukan jenis turbin adalah dengan menggunakan kecepatan spesifik dari turbin tersebut. Dari tabel 6, adapun

kecepatan spesifik yang diperoleh adalah sebesar 69,341. Maka dalam menentukan jenis turbin berdasarkan tabel 9 adalah jenis turbin *crossflow*.

Rancangan Dimensi Turbin

Berikut adalah parameter-parameter yang digunakan dalam proses perancangan turbin [6]

No.	Data desain turbin	Simbol	Sat	Dim
1.	Beda tinggi (<i>head</i>)	H	m	5,998
2.	Debit aliran	Q	m ³ /s	0,046
3.	Kecepatan air masuk turbin	C_1	m/s	10,63 0
4.	Kecepatan keliling	U_1	m/s	4,905
5.	Diameter runner pada sisi masuk	D_1	m	0,239
6.	Diameter runner bagian dalam	D_2	m	0,157
7.	Panjang sudu	B	mm	212
8.	Panjang busur	b	mm	29,5
9.	Sudut kelengkungan sudu	δ	°	73,48
10.	Jari jari kelengkungan jarak bagi <i>pitch</i>	rp	mm	100
11.	Jumlah sudu	Z		20
12.	Diameter pipa pesat	Dp	in	8
13.	Pipa pancar (<i>nozzle</i>)	Va	m/s	1,35
14.	Kecepatan aliran dipipa pesat bag. bawah	Vb	m/s	10,63 1
15.	Luas penampang pipa pancar bag. luar	A	Cm ²	43,27
16.	Lebar pancaran	t_{zet}	mm	48
17.	Diameter poros	D	mm	20
18.	Lebar pasak	l	mm	4
19.	Panjang pasak	p	mm	15
20.	Daya keluaran turbin	P	Kw	2,057

KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian dan analisis data, maka diperoleh beberapa simpulan sebagai berikut :

1. PDAM Way Sekampung memiliki debit rata-rata sebesar 46,287 L/s dalam kondisi normal, serta memiliki ketinggian air jatuh (*head*) sebesar 5,998 m dari lokasi penempatan turbin.
2. Setelah melakukan beberapa perhitungan, maka pemilihan jenis turbin yang cocok pada saluran pipa PDAM Way Sekampung berdasarkan *head* bersih 5,998 m dan kecepatan spesifik turbin 69,341 adalah jenis turbin *crossflow*.
3. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, maka potensi yang dimiliki oleh PDAM Way Sekampung dapat menghasilkan daya turbin sebesar 2,057kW.
4. Hasil perancangan dimensi turbin berdasarkan data primer atau pengambilan langsung yaitu, diameter poros turbin 20 mm, diameter runner 239 mm, panjang sudu 212 mm, ketebalan sudu 2 mm dan jumlah sudu 20.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Haimerl, L.A. 1960. *The Cross Flow Turbine*. Jerman Barat
- [2] Ismono H.A., 1999. *Perencanaan Turbin Air Tipe Cross Flow Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Institut Teknologi Nasional Malang*. Skripsi.
- [3] Peavy, Howard S et.al. 1985. *Environmental Engineering*. McGraw-Hill. Singapura.
- [4] Soetarno.1975. *Sistem Listrik Mikrohidro untuk melestarikan Desa*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- [5] Sujoko, Dwi. 2008. *Studi Kelayakan Pemanfaatan Saluran Bak Pelepas Tekan PDAM Untuk PLTMH dan Rancang Bangun Turbin Cross Flow*. UGM, Yogyakarta
- [6] Sularso, Kiyokatsu S.,1987. *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*. Penerbit Pradnya Paramita. Jakarta.