

STUDI POTENSI TENAGA AIR SEBAGAI ENERGI PRIMER PEMBANGKIT MIKRO HIDRO DI KABUPATEN PEKALONGAN

Gunawan dan Didik Eko Budi Santoso
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Sultan Agung Semarang
e-mail : gunawan@unissula.ac.id

Abstrak

Propinsi Jawa Tengah tingkat elektrifikasi pada tahun 2010 baru mencapai 58,4 % kepala keluarga yang terjangkau oleh pemerintah. Kabupaten Pekalongan khususnya dengan kondisi geografisnya yang berbukit di daerah utara, masih banyak terdapat daerah di pedalaman dukuh yg belum terjangkau oleh jaringan listrik. Potensi grafitasi air sungai di kabupaten ini yang cukup besar perlu dioptimalkan sebagai sebagai sumber energi primer untuk PLTMH. Terdapat tiga lokasi sumber air yang cukup potensial dimanfaatkan yaitu di daerah aliran Sungai Sengkarang di Desa Sidomulyo Kecamatan Lebak Barang, Sungai Genteng di desa Domiyang Kecamatan Paninggaran dan Sungai Wello di Desa Kayupuring Kecamatan Petungkriyono. Untuk pemanfaatan ini perlu dibuat peta potensi dengan membuat plot diagram fluktuasi aliran air sungai tersebut dengan pengukuran dan perhitungan terhadap data debit aliran air sungai sepanjang tahun. Penentuan Flow Diagram Curve (FDC) dilakukan melalui penentuan berdasarkan metode korelasi. Hal utama yang dilakukan dalam penentuan FDC ini adalah pencatatan debit air, Q ($\text{flow}, \text{m}^3/\text{sec}$) pada lokasi intake yang direncanakan. Berdasarkan perhitungan dengan data debit dan head, ketiga aliran sungai dapat diterapkan penggunaan turbin crossflow dan generator dengan spesifikasi putaran 1500 rpm, 50 Hz, 3 fasa dengan keluaran tegangan 220V/380V. Dengan asumsi efisiensi ideal 0,85, energi air yang berada di Desa Sidomulyo yang berada pada daerah aliran Sungai Sengkarang, desa Domiyang yang berada pada daerah aliran sungai Genteng dan Desa Kayupuring yang berada pada daerah aliran sungai Wello masing-masing memiliki potensi daya terbangkit dengan variasi maksimal headnya, masing-masing kurang lebih 45 kW, 50 kW, dan 50 kW.

Kata kunci: Potensi tenaga air, PLTMH

1. PENDAHULUAN

Pengukuran kondisi hidrologi bertujuan untuk mendapatkan gambaran tentang potensi daya, kuantitas dan kualitas air. Penentuan kelayakan hidrologi diperoleh dengan melakukan kegiatan pengukuran tinggi jatuh air, pengukuran debit air, dan pengukuran fluktuasi aliran air sepanjang tahun atau biasa disebut FDC (Flow Duration Curve). Untuk mengetahui potensi daya listrik di suatu lokasi diperlukan data mengenai; debit minimum, perencanaan debit yang dapat dipergunakan PLTMH, debit air pada saat banjir, tinggi terjun (beda tinggi/head) yang tersedia. Dalam pengukuran debit air sering dihadapkan pada keterbatasan data dan ketersediaan waktu sehingga pengukuran kair sepanjang tahun tidak memungkinkan. Sebagai jalan keluar, pengukuran debit dapat dilakukan pada musim kemarau. Selanjutnya untuk menjamin ketersediaan air sepanjang tahun, perhitungan pontensi daya suatu lokasi dilakukan pada 80%-90% debit air terukur. Potensi daya suatu lokasi dapat dihitung dengan secara sederhana dengan mempergunakan rumus dibawah ini:

Potensi daya listrik terbangkit

$$P_{ei} = 9,8 \cdot Q \cdot h_n \quad (1)$$

h_n = head (tinggi terjun) bersih (m)

P_{ei} = daya listrik yang keluar dari generator (kw)

Q = debit aliran air (m^3/det)

Pengukuran Debit Air

Pengukuran debit air dengan current meter atau yang disebut pengukuran dengan metoda kecepatan dan penampang aliran, diukur mengenai kecepatan dan luas penampang aliran

$$Q = A \cdot v \quad (2)$$

dimana

$$A = \text{luas penampang aliran air (m}^2\text{)} \quad V = \text{kecepatan aliran air (m/detik)}$$

Kecepatan aliran air menggunakan current meter, datanya terbaca pada display ketika bagian kincir dari current meter dimasukkan ke dalam air. Apabila dicari dengan metode pelampung, kecepatan aliran air diperoleh dengan penghitungan data waktu (t) serta jarak (d) tempuh pelampung. Kecepatan aliran air dihitung dengan rumus:

$$V = c \cdot (d/t) \quad (3)$$

dimana:

$$\begin{aligned} v &= \text{kecepatan aliran air (m/d)} & t &= \text{waktu tempuh pelampung (detik)} \\ d &= \text{jarak tempuh pelampung (m)} & c &= \text{faktor koreksi, 0.75 atau 0.95 masing-masing untuk pelampung pada permukaan air atau cukup dalam dibawah permukaan air.} \end{aligned}$$

Data luas penampang aliran air diperoleh dengan melakukan pengukuran kedalaman sungai pada beberapa titik dengan interval jarak sama sepanjang arah melintang sungai dengan jumlah titik ganjil. Penghitungan luas penampang (A) aliran air dengan persamaan sebagai berikut:

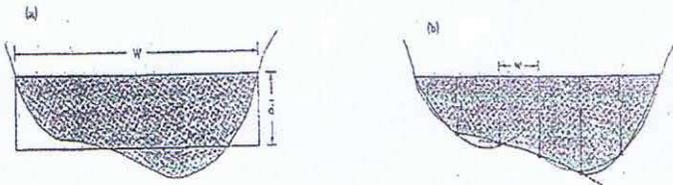
$$A = (4 d_1 + 2 d_2 + 4 d_3 + \dots + 4 d_n) (w/3) \quad (4)$$

dimana:

$$\begin{aligned} d_1 \dots d_n &= \text{kedalaman sungai atau saluran} & w &= \text{lebar interval antar titik pengukuran kedalaman sungai atau saluran (m)} \end{aligned}$$

Alternatif menentukan luas penampang aliran air adalah dengan cara mengukur lebar sungai atau saluran (W) dan kedalaman rata-rata sungai atau saluran ($d_{\text{rata-rata}}$), sehingga diperoleh luas penampang dengan rumus:

$$A = w \cdot d_{\text{rata-rata}} \quad (5)$$



Gambar 1. Penampang Sungai

Keterangan gambar 4.1 :

- (a) Lebar Sungai dan Kedalaman Sungai
- (b) Lebar Rata-Rata Sungai dan Kedalaman Rata-Rata Sungai

Penghitungan debit air dengan metode Weir (bendungan) memerlukan suatu konstruksi bendungan sementara yang dipasang melintang sungai atau saluran air. Bentuk-bentuk weir dapat digolongkan menjadi tiga : rectangular, trianguler, siku-siku Cipoletti. Pada weir berbentuk rectangular rumus yang digunakan untuk menghitung debit air :

$$Q = 1,8 \cdot (L - 0,2h) \cdot h^3/29 \quad (7)$$

Untuk weir berbentuk segitiga siku-siku rumus yang digunakan untuk menghitung debit air

$$Q = 1,4 \cdot h^5/2 \quad (8)$$

Untuk weir tipe Cipoletti rumus yang digunakan untuk menghitung debit air :

$$Q = 1,9.L.h^{3/2} \quad (9)$$

Dimana:

Q = debit air yang melalui weir ($m^3/detik$) h = tinggi air yang melimpah pada weir, lihat

L = panjang tempat pelimpahan air pada weir, lihat sketsa diatas (m)

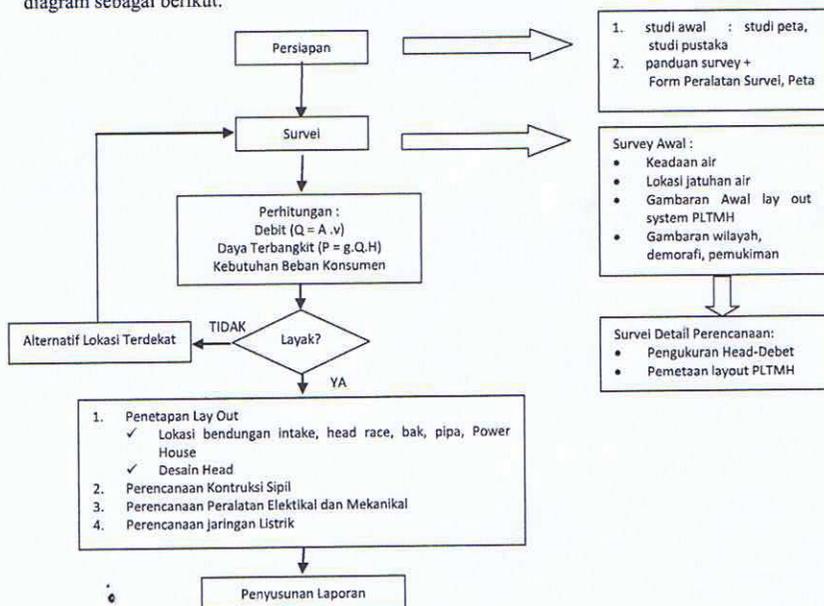
weir, lihat sketsa diatas (m)

Untuk membuat plot diagram fluktuasi aliran air maka diperlukan data debit aliran air sungai sepanjang tahun. Penentuan FDC dapat dilakukan melalui dua cara yaitu penentuan berdasarkan area tadah hujan (*prediction by area-rainfall method*) dan penentuan berdasarkan metode korelasi (*correlation method*). Hal utama yang dilakukan dalam penentuan FDC baik melalui metode tadah hujan maupun metode korelasi adalah pencatatan debit air, Q (*flow, m³/sec*) pada lokasi intake yang direncanakan. Hasil plot FDC akan menentukan kesimpulan perencanaan debit air (Q) yang akan diambil sebagai patokan dalam perhitungan, dimana Q diambil dibawah FDC.

Pada umumnya instalasi PLTMH atau mikrohidro merupakan pembangkit listrik tenaga air jenis aliran sungai langsung, jarang yang merupakan jenis waduk. Konstruksi bangunan untuk mengambil air langsung dari sungai dapat berupa bendungan (intake dam) yang melintang sepanjang lebar sungai atau membagi aliran sungai tanpa dilengkapi bangunan bendungan. Lokasi intake harus dipilih secara cermat untuk menghindarkan masalah dikemudian hari. Penentuan lokasi intake harus mempertimbangkan faktor-faktor berikut antara lain kondisi dasar sungai, bentuk aliran sungai, kondisi alam disekitar sungai, penggunaan air dan kemudahan pencapaian lokasi

2. METODOLOGI PERENCANAAN PLTMH

Mekanisme studi pengukuran potensi mikro hidro pada kasus ini didasarkan pada alur diagram sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Alir Studi Potensi Mikro Hidro

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran debit sungai dengan menggunakan metode pelampung sedangkan untuk pengukuran head dengan cara mencari titik tertinggi dari kemiringan sungai tersebut. Data hasil pengukuran debit dan head yang disajikan dalam Tabel 1.

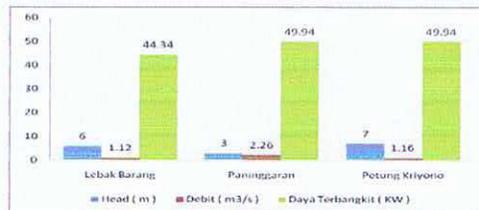
Tabel. 1 Hasil Pengukuran karakter ketiga arus sungai

	S1	S2	S3
Luas Penampang	A1 : 1,33 A2 : 1,49 A3 : 1,29	A1 : 2,08 A2 : 2,48 A3 : 2,49	A1 : 1,39 A2 : 1,5 A3 : 1,07
A rata-rata	1,37 m ²	2,35 m ²	1,32 m ²
Waktu tempuh pelampung	T1 : 12,7 T2 : 9,63 T3 : 13,55	T1 : 11,91 T2 : 8,88 T3 : 10,17	T1 : 6,98 T2 : 4,45 T3 : 6,19
T rata-rata	11,81	10,32	5,87
Kecepatan air	0,85 m/s	0,96 m/s	0,85 m/s
Debit sungai	1,16 m ³ /s	2,26 m ³ /s	1,12 m ³ /s

Perencanaan mesin turbin pada ketiga karakter aliran sungai ini menggunakan Turbin *Cross Flow* (Turbin Banki-Michel) yaitu aliran air mengenai bagian luar satu sisi sudu dan masuk serta mengenai sisi sudu seberangnya lagi sehingga energi lebih efektif karena air mengenai sudu dua kali. Berdasarkan perhitungan dalam perencanaan PLTMH dengan potensi sungai Wello ini digunakan generator 100 kW. Spesifikasi generator adalah putaran 1500 rpm, 50 Hz, 3 fasa dengan keluaran tegangan 220V/380V dengan efisiensi 0,85 dan cos 0,83. Perbandingan rasio puli untuk mendapatkan putaran yang diperlukan sebesar : 5,7

Tabel. 2 Hasil perhitungan debit dan Perencanaan Generator

Rincian	Kec. Lebak Barang	Kec. Paninggaran	Kec. Petungkriyono
Estimasi daya listrik terbangkit	44,34	49,94	49,94
Tinggi terjun (m)	6	3	7
Debit (m ³ /dt)	1,16	2,26	1,12
Diameter penstok (cm)	59	72	56
Diamtr. Luar turbin D _i (Inchi)	11,70	39	15,60
Lebar turbin L (inchi)	165,97	137,15	148,50
Radius lengkung sudu (inci)	1,91	3,36	2,54
Jumlah sudu	18	18	18
Kecepatan putar turbin (rpm)	327,13	69,39	264,7
Efisiensi turbin η_{Tb}	0,80	0,80	0,80
Efisiensi generator η_{Gnr}	0,85	0,85	0,85
Efisiensi transmisi mekanik η_M	0,95	0,95	0,95



Gambar.3 Grafik Perbandingan Potensi

Dari grafik dibawah disajikan potensi mikrohidro yang dihasilkan setiap daerah aliran sungai. Untuk Kec. Lebak Barang daya yang dihasilkan 44,34 KW dengan head 6 m dan debit 1,12 m³/s, Kec. Paninggaran daya yang dihasilkan 49,94 KW dengan head 3 m dan debit 2,26m³/s sedangkan untuk Kec. Petung Kriyono daya yang dihasilkan 49,94 KW dengan head 7 m dan debit 1,16 m³/s. Daerah yang mempunyai daya paling besar adalah Kec Paninggaran dan Petung Kriyono, nilai daya yang dihasilkan sama namun debit dan head keduanya berbeda, ini disebabkan setiap daerah mempunyai kelebihan masing-masing, untuk Kec. Paninggaran memiliki debit yang lebih besar dari pada Kec. Petung Kriyono, sedangkan Kec Petung Kriyono memiliki head yang lebih besar dari Kec. Paninggaran. Dari ketiga daerah Kec Lebak Barang mempunyai daya yang paling kecil dibandingkan Kec. Paninggaran dan Petung Kriyono, ini karena Kec Lebak Barang mempunyai debit yang lebih kecil dari daerah yang lain walaupun mempunyai head dua kali lebih besar dari kec. Paninggaran namun daya yang dihasilkan tetap lebih kecil dari Kec Paninggaran karena debit Kec Paninggaran lebih dari dua kali debit Kec Lebak Barang. Dari perbandingan potensi daerah tersebut terlihat nilai yang sangat berpengaruh adalah nilai head dan debit. Semakin besar head dan debit semakin besar pula daya yang dihasilkan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan data dan pembahasan diatas dapat diambil kesimpulan antara lain:

1. Berdasarkan debit dan head perencanaan PLTMH diwilayah yang disurvei spesifikasi peralatan yang tepat adalah menggunakan turbin crossflow dan generator adalah putaran 1500 rpm, 50 Hz, 3 fasa dengan keluaran tegangan 220V/380V dengan efisiensi 0,85 .
2. Potensi energi air yang berada di Dukuh Parakandowo Desa Sidomulyo Kecamatan Lebak Barang yang berada pada daerah aliran sungai Sengkarang, dukuh pejarakan desa Domiyang Kecamatan Paninggaran yang berada pada daerah aliran sungai Genteng dan Dukuh Tinalum Desa Kayupuring Kecamatan Petungkriyono yang berada pada daerah aliran sungai Wello mempunyai potensi yang besar untuk dibangun PLTMH yaitu dengan daya terbangkit masing-masing 44,34 kW, 49,94 kW, dan 49,94 kW.

DAFTAR PUSTAKA

- Archie W. Culp Jr., 1989, *Prinsip-Prinsip Konversi Energi*, Erlangga, Jakarta.
- Anya P. Damastuti, 1997, *Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*, Wacana, No. 8 / Mei – Juni.
- C A Mockmore, 1949, *The Banki Water Turbin*, bulletin Series No 25, Oregon State College.
- Craghunala Kusuma, 2010, *Pengembangan Energi Terbarukan Studi Kasus* , Jogja
- Fritz Dietzel, 1988, *Turbin Pompa dan Kompresor*, Erlangga, Jakarta.
- Maksum, Ali Khasbullah dkk, 2010, *Studi Kelayakan Teknis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Di Kabupaten Pekalongan Jawa Tengah*, Unissula.
- Patty O. F., 1997, *Tenaga Air*, Erlangga, Jakarta.
- Sudargana, *Studi Kelayakan dan Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Dukuh Pekuluran Kec. Doro Kab. Pekalongan*, Rotasi, Volume 7 Nomor 2 April, 2005.
- Suwignyo, astraksi Studi KelayakanRehabilitasi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Songon Di Kabupaten Jember – Jawa Timur, <http://www.mhidro.com/jurnal.html> (16/02/2010)
- Warsito S, 2005, *Studi Awal Perencanaan sistem Mekanikal dan Kelistrikan Pembangkit Listrik Tenaga Mini-Hidro*, Seminar Nasional Teknik Ketenagalistrikan, UNDIP,
- Anonim, 2007, *Laporan Antara Penyusunan Perencanaan Desa Mandiri Energi Di Desa Kayupuring Kecamatan Petung Kriyono Kabupaten Pekalongan*, Bappeda ,
- Anonim, 2008, *Buku Utama Pedoman Studi Kelayakan Sipil*, IMIDAP.,
- Anonim, 2008, *Buku Utama Pedoman Studi Kelayakan Mekanikal Elektrikal*, IMIDAP.