

PEMILIHAN TYPE TURBIN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO

Danny Samuel Pelupessy^{*)}

Abstrak

Indonesia mempunyai potensi sumber daya alam yang besar yang dapat dimanfaatkan, khususnya sumber daya air yang sangat berlimpah. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), biasa disebut mikrohidro, adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai penggerakannya, misalnya saluran irigasi, sungai atau air terjun alam, dengan cara memanfaatkan tinggi terjunnya (head, dalam meter) dan jumlah debit airnya (m^3/detik). Umumnya PLTMH yang dibangun jenis run off river dimana head diperoleh tidak dengan membangun bendungan besar, melainkan dengan mengalihkan aliran air sungai ke satu sisi dari sungai dan menjatuhkannya lagi ke sungai pada suatu tempat dimana beda tinggi yang diperlukan sudah diperoleh. Dengan menggunakan pipa, air dialirkan ke power house (rumah pembangkit) yang biasanya dibangun di pinggir sungai. Melalui nosel air akan menyemprot keluar memutar roda turbin (runner), kemudian air tersebut dikembalikan ke sungai asalnya. Energi mekanik dalam bentuk putaran poros turbin akan diubah menjadi energi listrik oleh sebuah generator.

Keywords : Mikrohidro, head, turbin.

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dapat diartikan sebagai upaya merubah potensi tenaga air menjadi tenaga listrik dengan menggunakan turbin. Proses ini dimaksudkan untuk memanfaatkan tenaga air terjun/arung jeram dari elevasi yang lebih tinggi ke elevasi yang lebih rendah, popular kita sebut potensial head. Oleh gaya gravitasi tenaga yang dihasilkan akan berbanding lurus dengan potensial head – artinya makin tinggi potensial head, makin tinggi pula tenaga listrik yang bisa dihasilkan. Begitu juga debit air yang tersedia, sebesar mungkin dapat diambil, karena debit yang besar juga akan menghasilkan tenaga yang besar. Pemakai air lainnya serta pertimbangan kehidupan flora dan fauna setempat harus pula menjadi perhatian.

Sebagai ilustrasi kita ambil contoh di bawah ini untuk mempermudah pengertian. Berapakah energi listrik (E) yang dihasilkan oleh sebuah Turbin Air, apabila debit air (Q) = $2 \text{ m}^3/\text{det}$, dan potensial head (h) = 50 m serta efficiency turbin $\eta = 85\%$, sedangkan gravitasi bumi dianggap $9,80 \text{ m}/\text{det}^2$.

Jawab: $E = 2 \text{ m}^3/\text{det} \times 50 \text{ m} \times 9,80 \text{ m}/\text{det}^2 \times 0,85 = 833 \text{ kW}$. Dari berbagai hasil pengalaman - IBEKA menentukan besaran perkalian gravitasi dengan efficiency turbin serta berbagai faktor lainnya: dianggap 6 saja sehingga $E = 2 \text{ m}^3/\text{det} \times 50 \text{ m} \times$

$6 = 600 \text{ kW}$. Dalam upaya perubahan tenaga air menjadi tenaga listrik, berbagai pekerjaan struktur sipil harus dibangun yaitu: weir, water intake, saluran air, tanki sedimentasi, forebay, penstock lines, power house dan pelepasan air sisa. Power House yang dimaksud disini adalah bangunan yang melindungi Turbine, Generator, Panel, Transformer dan peralatan pendukung lainnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Energi Baru dan Terbarukan

Masalah yang dihadapi dalam penyediaan energi adalah masih banyaknya penggunaan bahan bakar minyak (BBM), sementara kemampuan produksi dan suplai minyak semakin menurun.

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam penggunaan dan pemilihan sumber energi baru adalah sebagai berikut:

- Ketersediaan sumber energi dan usaha pelestarian.
- Kemampuan manusia untuk menguasai dan mengelola energi.
- Ketersediaan dana untuk menguasai sumber energi.
- Masalah lingkungan.

2.2. Kebutuhan Energi Untuk Pengembangan Pedesaan

Di sebagian negara berkembang, juga Indonesia, aktivitas pembangunan terkonsentrasi di kota atau wilayah dengan

^{*)} Danny S Pelupessy ; Dosen Program Studi Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Unpatti

berbagai fasilitas yang mendukungnya. Sementara di daerah pedesaan, pembangunan berjalan lambat karena kurangnya

infrastruktur, sarana dan prasarana.

Dalam usaha meningkatkan mutu kehidupan dan pertumbuhan ekonomi masyarakat pedesaan, energi memiliki peranan yang besar. Ketersediaan listrik di pedesaan sebagai salah satu bentuk energi yang siap pakai akan mendorong :

- Peningkatan produktivitas dan kegiatan ekonomi baru.
- Peningkatan sarana pendidikan dan kesehatan.
- Peningkatan lapangan kerja baru.

Desa-desa di Indonesia rata-rata membutuhkan listrik relatif kecil (10 – 150 KW) serta lokasinya tersebar. Untuk pelistrikan pedesaan di Indonesia, Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) telah dikembangkan mengingat potensi tenaga air di Indonesia yang melimpah dan besar.

Pembangunan PLTMH, yang lebih dikenal dengan Mikrohidro, beranjak dari konsep:

- Memanfaatkan energi air yang melimpah agar dapat dilakukan penghematan sumber energi lain seperti minyak bumi dan kayu bakar.
- Penggunaan listrik yang dihasilkan diarahkan untuk pemakaian yang bersifat produktif agar dapat mendorong aktivitas ekonomi pedesaan.
- Penggunaan dan pengelolaan PLTMH oleh masyarakat pedesaan merupakan media bagi usaha pengembangan masyarakat.

2.1.1. Aspek Teknologi

Dari segi teknologi PLTMH memiliki keuntungan dan kemudahan dibandingkan pembangkit listrik lainnya. Hal tersebut karena:

- Konstruksinya relatif sederhana.
- Teknologi mikrohidro telah matang dan terjamin sebagai teknologi yang dapat dikontrol dan dikelola secara mandiri oleh masyarakat pedesaan.
- Mudah dalam perawatan dan penyediaan suku cadang, karena hampir semua komponen yang dibutuhkan telah dapat diproduksi di dalam negeri.
- Dapat dioperasikan dan dirawat oleh masyarakat di desa.
- Biaya operasi dan perawatan rendah.

2.1.2. Aspek Lingkungan

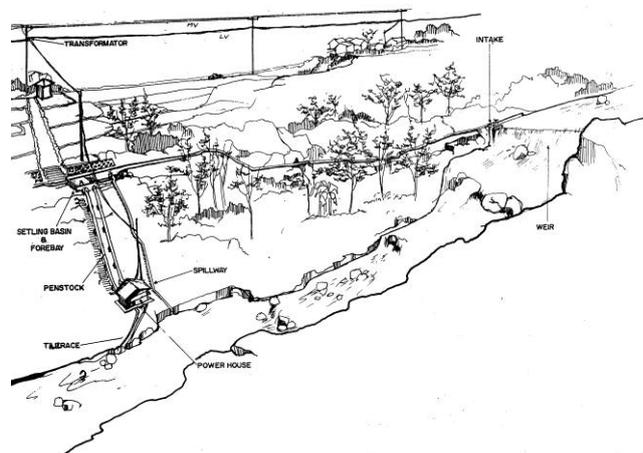
PLTMH ramah terhadap lingkungan, karena tidak menghasilkan gas buang atau limbah lainnya, dan tidak merusak ekosistem sungai. Dengan demikian, kelebihan PLTMH dari segi lingkungan adalah:

- Mengurangi pemakaian bahan bakar fosil untuk penerangan dan kegiatan rumah tangga seperti memasak, contoh : minyak tanah, solar, kayu bakar.
- Terpeliharanya daerah tangkapan air, untuk menjamin suplai air bagi kelangsungan PLTMH.
 - Ramah terhadap lingkungan.

2.1.3. Komponen-komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Komponen-komponen sebuah PLTMH meliputi:

- Dam/Bendungan Pengalih dan Intake
- Bak Pengendap
- Saluran Pembawa
- Bak Penenang
- Pipa Pesat/Penstock
- Rumah Pembangkit
- Turbin dan Generator



Gbr 1. Bagan sebuah PLTMH

Turbin (Turbin Air)

Turbin air berperan untuk mengubah energi air (energi potensial, tekanan dan energi kinetic) menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Putaran poros turbin ini akan diubah oleh generator menjadi tenaga listrik.

Tipe dan Output Turbin Air

1. Berdasarkan prinsip kerjanya, turbin air dibagi menjadi dua kelompok:

1) Turbin impuls

Jenis turbin ini, runner berputar karena adanya pukulan dari pancaran air yang memiliki kecepatan, dimana tekanan telah dikumpulkan dari tekanan ketinggian pada saat pemancaran dari nozzle. Untuk jenis ini, tekanan pada setiap sisi sudu gerakanya/runnernya –“bagian turbin yang berputar”- sama.

Termasuk dalam turbin jenis ini adalah:

- Turbin Crossflow
- Turbin Pelton
- Turbin Turgo

2) Turbin reaksi

Jenis turbin ini, runner berputar karena adanya tekanan dari aliran air.

Termasuk dalam turbin jenis reaksi adalah:

- Turbin Francis
- Turbin Propeller

Yang termasuk jenis turbin propeller :

- Turbin Kaplan
- Diagonal Mixed Flow
- Turbin Tubular
- Turbin Straight Flow (Tipe Package)

Berdasarkan pada penyusunan batang, turbin diklasifikasikan ke dalam dua tipe yaitu:

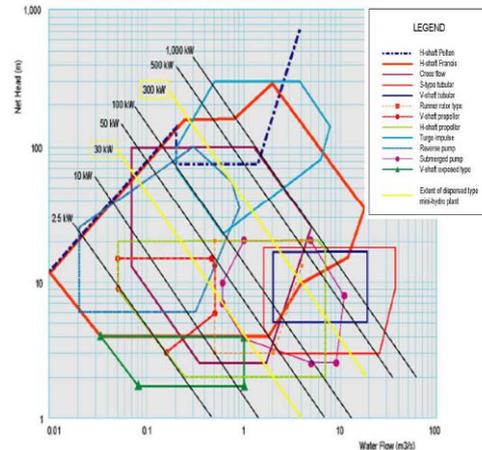
- Batang Horizontal (H-shaft)
- Batang Vertikal (V-shaft)

Mengacu pada output yang dibutuhkan, head efektif dan aliran air (debit air) yang ada, jenis-jenis turbin berikut mungkin dapat digunakan untuk pembangkit listrik tenaga air skala mikro atau kecil untuk pelistrikan pedesaan.

- (1) Turbin Horizontal Pelton
- (2) Turbin Horizontal Francis
- (3) Turbin Crossflow
- (4) Turbin Tubular:
 - Turbin tubular S-type
 - Turbin tubular vertical
 - Turbin Runner rotor integrated
 - Turbin propeller vertical
 - Turbin propeller horizontal
- (5) Turbin Turgo impulse
- (6) Turbin Reverse pump:
 - Tipe propeller vertical
 - Tipe propeller horizontal
 - Tipe Submerged pump

Sedangkan berdasarkan daerah operasinya, turbin air dapat diklasifikasikan menjadi:

- Turbin air untuk High-head
- Turbin air untuk Medium-head
- Turbin air untuk Low-head



Gbr.2 Turbine Running Chart

3). Penentuan Turbin

a. Penentuan Daya Turbin.

$$P_{max} = 9.8 \times H_e \times Q_{max} \times \eta_t$$

dimana :

- P_{max} = output maksimum (kW)
- H_e = head efektif (m)
- Q_{max} = debit maksimum
- η_t = efisiensi maksimum turbin

b. Ukuran Turbin

- Lebar pintu masuk

$$b_o = \frac{1}{0.67 \cdot D} \frac{Q_d}{H_e^{0.5}}$$

dimana :

- D = runner diameter (m)
- H_e = head efektif (m)
- Q_d = debit air (m³/det)

- Putaran Spesifik

$$N_s = \frac{39}{D}$$

dimana :

- D = runner diameter (m)

- Putaran Rotor

$$N = N_s \cdot H_e^{0.5}$$

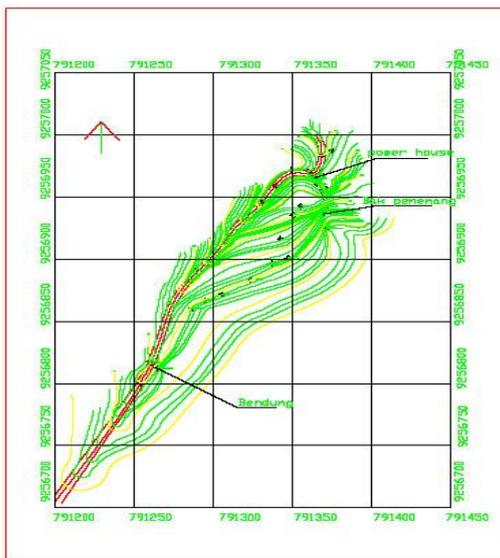
III. PENGUMPULAN DATA

Data Lokasi

Nama Sungai : Cimuja
 Desa/ kampung : Cicadas/ Panaruban
 Kecamatan : Sagalaherang
 Kabupaten : Subang – Jabar

Hal pertama yang harus dilakukan ketika meninjau lokasi adalah mengukur debit air sungai, hal ini dilakukan dengan mencari lokasi dimana aliran air sungai cukup tenang mendekati aliran laminar. Setelah itu untuk mengetahui potensial head, survey topography harus dilakukan. Dengan menggunakan Teodolit, survey dilakukan terlebih dahulu di beberapa lokasi sepanjang sungai, utamanya dimana diperkirakan Power House akan cocok untuk dibangun. Pekiraan tempat terbaik untuk Bendungan dan Water Intake pun disurvey dengan teliti, begitu juga calon saluran air hingga lokasi bak penampungan dan bak penenang. Semua koordinat dan elevasi setiap titik survey dicatat dengan jelas dan akurat. Makin banyak titik survey, makin baik bagi akurasi penggambaran peta Topography. Hasil pengumpulan data potensi lokasi didapatlah data-data sebagai berikut :

- a. Debit rencana maksimum = 0.323 m³/s
- b. Head bersih = 23,80 m
- c. Panjang saluran pembawa = 100 m
- d. Panjang Pipa pesat = 40 m



Gbr.3. Peta Topography Lokasi PLTMH

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

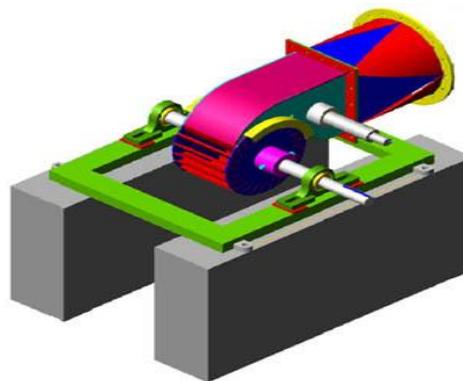
Hasil perhitungan untuk daya turbin dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel. 1 Perhitungan Daya Turbin

No	Deskripsi	Simbol	Nilai	Unit
1.	Head kotor	H_g	24	m
2.	Total rugi	h_t	0.2	m
3.	Head bersih	H_n	23.8	m
4.	Gravitasi	g	9.81	m/det ²
5.	Debit	Q	0.323	m ³ /det
6.	Daya poros	P_w	52.79	kW
7.	Turbin Efisiensi Turbin	η_t	0.7	

Menurut Turbine Running Chart dengan debit air sebesar 0.323 m³/det dan head bersih 23.80 m, diperoleh Turbin jenis Cross Flow menjadi pilihan, karena beberapa faktor antara lain:

- Bisa diproduksi dalam negeri.
- Effisiensinya pada kisaran 70%
- Mudah dioperasikan.
- Cukup simple dan rendah biaya pemeliharaan.
- Sparepart mudah didapat dipasar lokal.



Gbr.4. Turbin Crossflow

Tabel. 2 Ukuran Turbin (Crossflow)

No	Deskripsi	Simbol	Nilai	Unit
1.	Diameter Turbin	D	24	m
2.	Lebar pintu masuk	b_0	0.2	m
3.	Putaran Rotor	N	951	rpm
4.	Putaran Generator Perbandingan putaran	i	1.5	kW

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

- Potensi air sungai Cimuja dapat menghasilkan tenaga listrik 52 kW, dan turbin yang cocok digunakan adalah type Crossflow.
- Ditinjau dari berbagai sudut pandang, proyek PLTMH ini termasuk ramah lingkungan. Pemanfaatan air sungai tidak akan mengganggu habitat flora dan fauna sepanjang sungai, karena air hanya dipinjam dan diambil energinya saja, sedangkan airnya dikembalikan ke aliran sungai.
- Proyek pembangunan PLTMH ini akan membawa manfaat yang besar bagi kelangsungan hidup masyarakat desa serta flora dan fauna disekitarnya.

Beberapa manfaat yang dapat diutarakan adalah:

- Proyek PLTMH ini membantu Pemerintah mengadakan energy listrik bagi rakyat, sehingga subsidi BBM dapat dikurangi.
- Membuka lapangan kerja bagi masyarakat sekitar baik selama konstruksi maupun selama operasi dalam jangka panjang.

5.2. Saran

- Pemerintah harus memperbanyak PLTMH, karena banyak potensi tenaga air di banyak tempat bisa dimanfaatkan.
- Proyek PLTMH harus sedapat mungkin menggunakan turbin produk dalam negeri, sehingga kemampuan industry manufaktur di Indonesia lebih dapat berkembang.

DAFTAR PUSTAKA

1. IBEKA; “**Manual Pembangunan PLTMH**”. Jakarta 2009
2. European Small Hydropower Association; “**Guide On How to Develop a Small Hydro Power Plant**”; Brussels 2004.
3. A.Harvey, “**Micro Hydro design manual, A guide to small scale water power schemes**, Intermediate technology Publications, London, 1993
4. J. Raabe, **Hydro Power, The Design, Use and Function of Hydromechanical, Hydraulic and Electrical Equipment**, VDI Verlag, 1985
5. Frits Dietzel, Dakso Sriyono.,”**Turbin, Pompa dan Kompresor**”, Erlangga Jakarta 1992.