

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 TINJAUAN UMUM

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro adalah bentuk Pembangkit Listrik Tenaga Air dalam skala kecil dimana daya yang dihasilkan < 1 Mega Watt, yang merupakan bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik dengan menggunakan turbin dan generator (Hadihardaja dan Sangkawati, 2001).

Ada 2 besaran dalam tenaga air (Hadihardaja dan Sangkawati, 2001), yaitu :

1. Energi = tenaga,
2. Power = daya yang disediakan untuk penggerak turbin.

$$\text{Energi} = E = V \cdot J \cdot H \text{ tm}$$

$$\text{Power} = P = Q \cdot J \cdot H \text{ tm/dt}$$

dimana :

$$V = \text{volume air} \quad (\text{m}^3)$$

$$J = \text{berat jenis air} \quad (\text{t/m}^3)$$

$$H = \text{tinggi terjun} \quad (\text{m})$$

$$Q = \text{debit air} \quad (\text{m}^3/\text{dt})$$

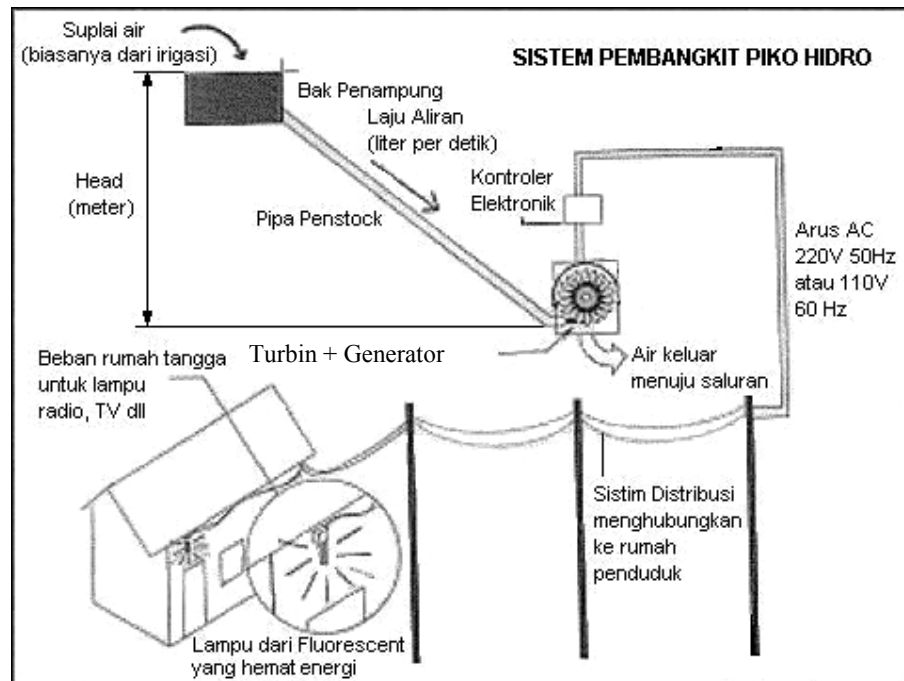
Secara praktis, karena air melewati pipa, maka terjadi hambatan / gesekan.

$$E_{\text{praktis}} = \eta \cdot V \cdot J \cdot H \text{ (tm)}$$

$$= \eta \cdot V \cdot J \cdot H / 367 \text{ (kwh)}$$

2.2 PERJALANAN AIR PADA PLTMH

Proses perjalanan air menjadi tenaga listrik dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.1 Skema Perjalanan Air pada PLTMH (Maher dan Smith, 2001)

2.3 BAGIAN – BAGIAN PLTMH

PLTMH terdiri dari beberapa bagian, yaitu :

a. Bangunan Pemasok Air

Bangunan yang berfungsi untuk memasok air pada PLTMH umumnya adalah bangunan terjun dan saluran irigasi. PLTMH yang direncanakan pada Tugas Akhir ini adalah menggunakan saluran irigasi.

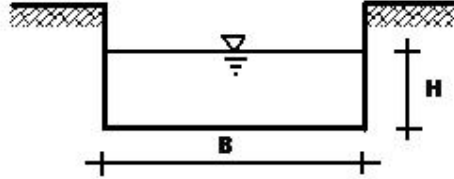
Macam – macam saluran irigasi berdasarkan karakteristik penampang :

1. Penampang Tunggal

Bentuk penampang ini cukup ideal mengingat banyak hal yang mendukung antara lain :

- Luas lahan yang tersedia untuk penampang melintang yang terbatas (dibatasi oleh lebar jalan).
- Debit yang dialirkan melalui saluran - saluran kota tidak begitu besar.

- a. Penampang Tunggal Bentuk Persegi Empat (*Rectangular channel*)
Berikut ini adalah gambar penampang tunggal segi empat :



Gambar 2.2 Penampang Tunggal Berbentuk Segi Empat
(Triatmodjo, 1993)

$$V = (1/n) * R^{2/3} * I^{1/2}$$

$$Q = V * A$$

$$P = B + 2H$$

$$A = B * H$$

$$R = A/P$$

dimana :

V = Kecepatan aliran (m/detik)

n = Koefisien kekasaran *manning*

R = Jari - jari hidrolis (m)

I = Kemiringan saluran

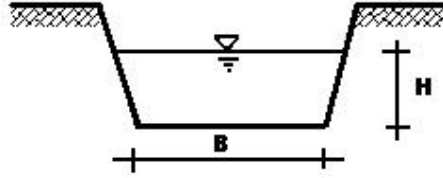
Q = debit aliran (m³/detik)

A = Luas penampang saluran atau sungai (m²)

P = Keliling basah saluran (m)

m = Nilai perbandingan horisontal terhadap satu satuan vertical

- b. Penampang Tunggal Berbentuk Trapesium (*Trapezoidal channel*)
Berikut ini adalah gambar penampang tunggal trapesium :



Gambar 2.3 Penampang Tunggal Berbentuk Trapesium
(Triatmodjo, 1993)

$$V = (1/n) * R^{2/3} * I^{1/2}$$

$$Q = V * A$$

$$P = B + 2H \sqrt{1 + m^2}$$

$$A = H(B + mH)$$

$$R = A/P$$

di mana :

V = Kecepatan aliran (m/detik)

n = Koefisien kekasaran *manning*

R = Jari - jari hidrolis (m)

I = Kemiringan saluran

Q = debit aliran (m³/detik)

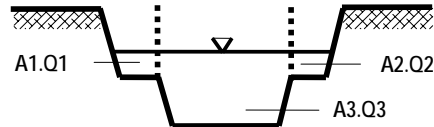
A = Luas penampang saluran atau sungai (m²)

P = Keliling basah saluran (m)

m = Nilai perbandingan horisontal terhadap satu satuan vertical

2. Penampang Ganda

Jenis penampang ini digunakan untuk mendapatkan kapasitas saluran yang lebih besar, sehingga debit yang dialirkan melalui saluran tersebut dapat lebih besar. Penampang ini juga digunakan jika lahan yang tersedia cukup luas. Gambar penampang ganda dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.4 Penampang Saluran Ganda (Triatmodjo, 1993)

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_1 = A_1 * (1/n) * (A_1/P_1)^{2/3} * I^{0.5}$$

$$Q_2 = A_2 * (1/n) * (A_2/P_2)^{2/3} * I^{0.5}$$

$$Q_3 = A_3 * (1/n) * (A_3/P_3)^{2/3} * I^{0.5}$$

b. Bak Penenang

Bak penenang berfungsi menampung aliran air dari saluran irigasi sebagai cadangan kekurangan debit air yang akan digunakan, untuk kemudian dialirkan melalui pipa pesat.

Bak penenang terbuat dari pasangan batu atau beton dengan ukuran tertentu dilengkapi dengan lobang – lobang penguras pasir dan saringan kotoran.

c. Pipa Pesat (*Penstock*)

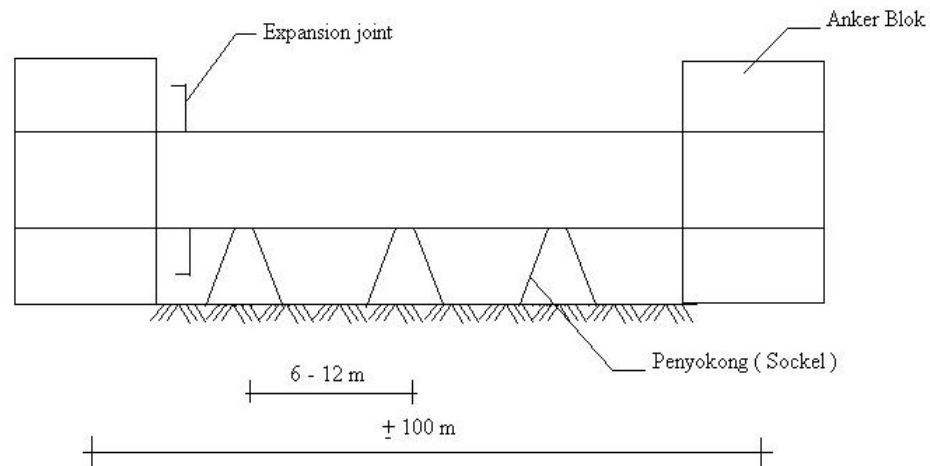
Syarat bahan pipa pesat :

- Harus dapat bertugas sebagai pengantar air atau rapat air atau tidak bocor.
- Harus dapat mengimbangi tekanan dalam pipa pesat, artinya harus kuat menahan tegangan tarik tangensial.

Macam – macam pipa pesat yang biasa digunakan pada PLTMH, berdasarkan bahannya :

1. Pipa baja

Pipa baja disambung dengan menggunakan las. Umumnya diletakkan di atas tanah atau di atas sockel, seperti terlihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.5 Pipa Baja di Atas Tanah di Antara 2 Anker Blok
(Hadihardaja dan Sangkawati, 2001)

2. Pipa plastik HDPE (*High Density Polyethylene*)

Bahan ini biasanya berwarna hitam, fleksibel dan tahan cuaca. Diameter pipa yang biasa digunakan adalah 50, 63, 70, 90, 100, dan 110 mm (Maher dan Smith, 2001).

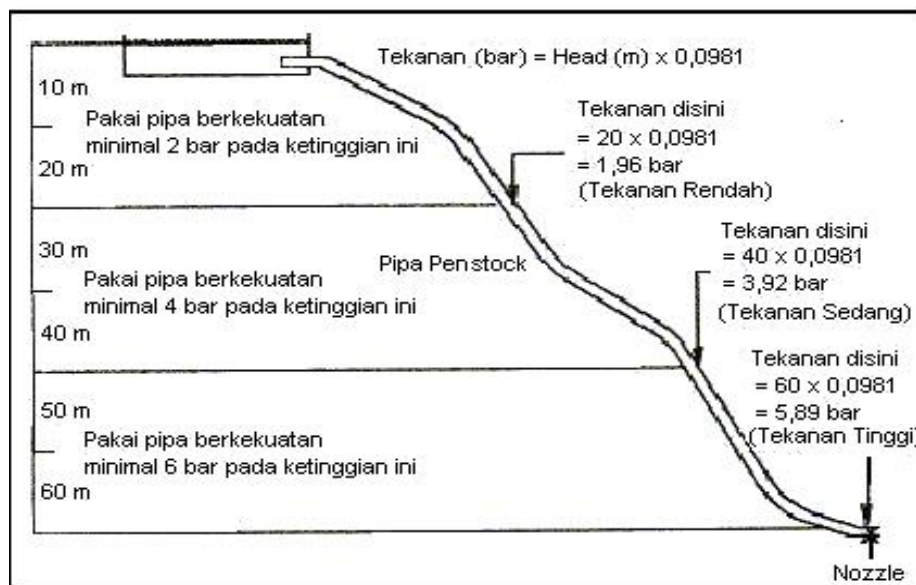
3. Pipa PVC (*Polyvinyl Chloride*)

Pipa berbahan PVC ini biasanya digunakan untuk aliran yang bertekanan rendah.

4. Bahan – bahan lain yang dapat digunakan sebagai pengganti pipa, misalnya bambu atau dapat berasal dari drum – drum minyak bekas yang disambung dengan las.

d. Curat (*Nozzle*)

Curat terletak di ujung pipa pesat yang berfungsi untuk memampatkan aliran air sehingga air yang keluar mempunyai tekanan yang tinggi dan mampu memutar turbin. Sebelum dihubungkan ke nozel, pipa pesat dihubungkan terlebih dahulu ke katup atau keran yang berfungsi untuk mengatur aliran air yang masuk ke dalam curat. Berikut ini adalah gambar pipa pesat dan tekanannya :



Gambar 2.6 Pipa Pesat dan Tekanannya (Maher dan Smith, 2001)

e. Turbin

Turbin merupakan bagian penting dari sistem mikro hidro yang menerima energi potensial dari air dan mengubahnya menjadi energi putaran (mekanik). Kemudian energi mekanik ini akan memutar sumbu turbin pada generator.

Terdapat beberapa jenis turbin menurut teknologinya, antara lain :

1. Turbin Tradisional, biasanya terbuat dari bambu atau kayu.
2. Turbin Modern, biasanya digunakan pada proyek – proyek PLTMH berdana besar. Turbin jenis ini yang paling banyak digunakan adalah turbin jenis *Kaplan, Francis, Cross Flow*, dan *Pelton*.
3. Turbin Modifikasi, dibuat dengan memodifikasi jenis turbin yang telah ada. Di Indonesia, Balitbang telah membuat beberapa turbin jenis ini.

Berikut ini adalah tabel jenis turbin yang biasa digunakan pada PLTMH :

Tinggi Terjun (m)	Debit (m ³ /detik)	Kapasitas (KW)	Jenis Turbin
0.5 – 10	-	-	<i>Simple wood and metal wheel</i>
0.5 – 12	0.05 – 8	-	<i>Scheider Hydro Engine</i>
2 – 50	3 – 20	-	<i>Axial Flow</i>
2 – 15	1.5 – 40	50 – 5000	<i>a. Straflo</i>
1.25 – 25	3 – 25	150 – 3500	<i>b. Turbular</i>
			<i>c. Bulb</i>
1 – 70	3 – 40	-	<i>Kaplan</i>
8 – 300	0.3 – 20	500 – 5000	<i>Francis</i>
45 – 300	1 – 8	-	<i>Turgo</i>
1 – 200	0.03 – 9	50 – 1000	<i>Cross Flow, Banki, Mitchel or Obserger</i>
45 – 1000	0.06 – 3	100 – 5000	<i>Pelton</i>

Tabel 2.1 Jenis Turbin untuk PLTMH (Kudip, 2002)

f. Generator

Generator berfungsi mengubah energi mekanik dari putaran turbin menjadi energi listrik.

Secara umum ada dua jenis generator yang digunakan pada PLTMH, yaitu generator sinkron dan generator induksi.

1. Generator Sinkron

Generator sinkron bekerja pada kecepatan yang berubah-ubah. Untuk dapat menjaga agar kecepatan generator tetap, digunakan *speed governor* elektronik. Generator jenis ini dapat digunakan secara langsung dan tidak membutuhkan jaringan listrik lain sebagai penggerak awal. Sangat cocok digunakan di desa terpencil dengan sistem isolasi (Modak, 2002).

2. Generator Induksi

Pada generator jenis induksi tidak diperlukan sistem pengaturan tegangan dan kecepatan. Namun demikian, jenis generator ini tidak dapat bekerja sendiri karena memerlukan suatu sistem jaringan listrik sebagai penggerak awal (Modak, 2002).

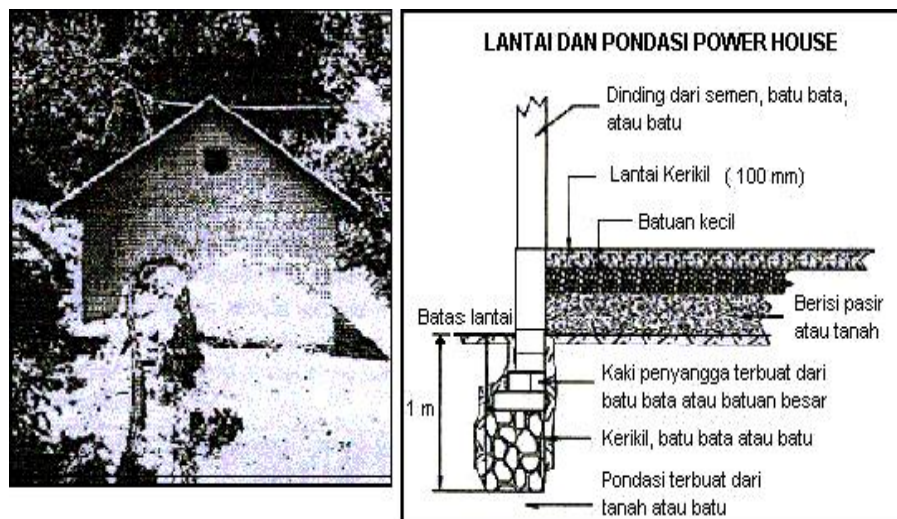
Batasan umum generator untuk PLTMH (Modak, 2002) adalah :

keluaran : 50 kVA sampai 6250 kVA
 voltase : 415, 3300, 6600, dan 11000 Volt
 kecepatan : 375 – 750 rpm

Pada beberapa jenis turbin yang dikembangkan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air Indonesia, generator telah menjadi satu dengan turbinnya.

g. Rumah Pembangkit

Desain rumah pembangkit yang baik akan melindungi turbin, generator dan peralatan lain dalam jangka waktu yang cukup lama. Desain bangunannya bermacam - macam tergantung dari keadaan dan ketersediaan material di daerah tersebut. Berikut ini adalah gambar rumah pembangkit dan pondasinya :



Gambar 2.7 Rumah Pembangkit dan Pondasinya (Maher dan Smith, 2001)