

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Standar Perencanaan

Perencanaan ini dilakukan dengan mengacu pada standar perencanaan sebagai berikut:

1. *Guide on How to Develop a Small hydropower Plant* dari ESHA untuk perencanaan bendung dan kehilangan energi
2. *Guideline and Manual for Hydropower Development Vol 2: Small Scale Hydropower* dari JICA
3. Pedoman Studi Kelayakan PLTMH dari Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi
4. IMIDAP

2.2 Energi Baru Terbarukan

Indonesia memiliki Potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) yang cukup besar diantaranya, mini/micro hydro sebesar 450 MW, Biomass 50 GW, energi surya 4,80 kWh/m²/hari, energi angin 3-6 m/det dan energi nuklir 3 GW. Data potensi EBT terbaru disampaikan Direktur Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi dalam acara Focus Group Discussion tentang Supply-Demand Energi Baru Terbarukan yang belum lama ini diselenggarakan Pusdatin ESDM. Energi Baru Terbarukan (EBT) adalah sumber energi yang berasal dari alam seperti angin, air, arus laut, surya, biogas, dan geothermal. Pemanfaatan EBT yang tidak melibatkan pembakaran suatu zat merupakan sebuah konsep yang dikenal akan lebih ramah lingkungan dan tidak menambahkan permasalahan terkait pemanasan global. Namun perlu diketahui, bahwa dalam mengembangkan sumber EBT tersebut diperlukan beberapa pertimbangan yang ditinjau dari potensi sumber di setiap wilayah. (ESDM, 2016).

Energi terbarukan yang paling berpengaruh sepanjang sejarah adalah energi air, pembangunan sejak beberapa puluh abad sebelumnya tenaga air paling banyak berkontribusi dalam bidang pembangkitan. Catatan sejarah mengatakan bahwa penggunaan turbin air untuk penggunaan kebutuhan listrik sehari-hari telah ada sejak 300 SM di Yunani, Meskipun peralatan tersebut telah digunakan saat sebelum masa itu. (Amalia Yunia Rahmawati, 2020)

2.3 Definisi PLTMH

Klasifikasi Pembangkit listrik tenaga air berdasarkan penamaan dan peristilahannya menurut SNI-8396-2017 dibagi menjadi tiga, yakni pembangkit listrik tenaga air skala kecil (Daya listrik yang dihasilkan ($P \leq 10$ MW)), pembangkit listrik tenaga air skala menengah ($10 \text{ MW} < P < 50 \text{ MW}$), dan pembangkit listrik tenaga air skala besar ($P \geq 50 \text{ MW}$). Pembangkit listrik tenaga air skala kecil diklasifikasikan lagi menjadi pembangkit listrik tenaga piko hidro, pembangkit listrik tenaga mikro hidro, dan pembangkit listrik tenaga mini hidro.

Pembangkit listrik tenaga piko hidro adalah pembangkit yang memanfaatkan energi hidrolik air dengan daya listrik terbangkitkan hingga 5 kW. Pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) adalah pembangkit yang memanfaatkan energi hidrolik air dengan daya listrik terbangkitkan di atas 5 kW sampai 1 MW. Skema sistem pembangkit run off river dengan atau tanpa bendung namun tidak menggunakan tandon air atau waduk termasuk dalam PLTMH. Pembangkit listrik tenaga mini hidro (PLTM) adalah pembangkit yang memanfaatkan energi hidrolik air dengan daya listrik terbangkitkan di atas 1 MW sampai 10 MW.

Tabel 2. 1. Klasifikasi PLTA

Jenis PLTA	Daya yang dihasilkan
Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro	$P \leq 5 \text{ kW}$
Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)	$5 \text{ kW} < P \leq 1 \text{ MW}$
Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM)	$1 \text{ MW} < P \leq 10 \text{ MW}$
Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Menengah	$10 \text{ MW} < P < 50 \text{ MW}$
Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Besar	$P \geq 50 \text{ MW}$

(Sumber : *IMIDAP, Studi Kelayakan Mekanikal dan Elektrikal Buku 2C, 2009*)

Keuntungan penggunaan PLTMH sebagai pembangkit Listrik (Rompas, 2011) antara lain :

- Biaya operasional relatif murah karena berasal dari energi terbarukan sehingga penggunaan turbin sangat menguntungkan untuk penggunaan dalam waktu yang lama.

- Turbin-turbin pada PLTMH dapat dioperasikan atau dihentikan pengoperasiannya setiap saat.
- Dengan perawatan yang baik, turbin dapat beroperasi dalam waktu yang cukup lama.
- Sumber energi yang digunakan adalah energi air sehingga tidak mengakibatkan.

Adapun kekurangan dari penggunaan PLTMH antara lain:

- a. Masa persiapan suatu proyek PLTMH pada umumnya memakan waktu yang lama sehingga untuk pembuatan memerlukan biaya yang cukup besar.
- b. Sumber energi yang digunakan sangat dipengaruhi oleh iklim atau curah hujan.
- c. Pada umumnya dalam sebuah PLTMH terdapat beberapa komponen-komponen besar.

2.4 Prinsip Kerja

Energi Potensial air dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik dengan memanfaatkan tenaga potensial yang tersedia. Prinsip kerja dari mikrohidro adalah mengubah daya potensial air menjadi daya poros untuk dikonversi kedalam putaran generator, energi potensial air disalurkan kedalam rumah turbin untuk dikonversi menjadi energi putaran atau energi mekanik yang akan digunakan untuk memutar generator. Skema yang diperlukan untuk mikrohidro diantaranya ada beberapa hal yaitu debit air dan perbedaan tinggi jatuh (*head*) yang akan dimanfaatkan untuk energi potensial. Sistem ini adalah sebuah konversi dari energi potensial kedalam bentuk energi mekanik dan energi listrik.

Pada dasarnya sistem PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik dan listrik. Energi potensial air mengalir melalui kanal air (penstock) melalui kincir air atau bisa disebut turbin yang akan menabrak sudu sudu turbin yang menyebabkan turbin berputar. Saat digunakan untuk membangkitkan energi listrik perputaran turbin menghasilkan perputaran poros rotor untuk generator. Energi dapat digunakan langsung yang dibangkitkan oleh PLTA baik disimpan dalam baterai atau digunakan untuk instalasi

yang kualitasnya kurang baik. Daya yang dihasilkan oleh suatu pembangkit listrik tenaga air tergantung dari tinggi jatuh air (*head*) untuk menyesuaikan laju air dan debitnya. Ketinggian jatuh air menentukan besarnya energi potensial pada sistem pembangkitan. (Amalia Yunia Rahmawati, 2020)

2.5 Pengukuran Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran merupakan komponen aliran yang sangat penting. Hal ini dikarenakan pengukuran debit secara tidak langsung tidak bisa dilakukan sebelum mengukur kecepatan aliran. Kecepatan umumnya dinyatakan dalam satuan meter/detik. Pengukuran kecepatan aliran dapat dilakukan dengan berbagai cara salah satunya adalah menggunakan alat *Current meter*. Prinsip kerja *Current meter* adalah dengan menggunakan sensor yang dapat mendeteksi kecepatan arus air di dalam sungai atau pipa. Sensor ini biasanya terdiri dari sebuah kumparan yang dapat berputar ketika terkena arus air, atau sebuah *propeller* yang dapat berputar ketika terkena arus air.

2.6 Pengukuran Debit

Debit aliran adalah jumlah volume air yang mengalir dalam waktu tertentu melalui suatu penampang air, sungai, saluran, atau pipa. Debit air dinyatakan dalam satuan m^3/detik atau liter/detik. Aliran air dikatakan memiliki sifat ideal apabila air tidak dapat dimanfaatkan dan berpindah tanpa mengalami gesekan, hal ini berarti pada gerakan air tersebut memiliki kecepatan yang tetap pada masing-masing titik dalam pipa dan gerakannya beraturan akibat pengaruh gravitasi. Pada dasarnya untuk mengetahui debit pada suatu aliran kita harus mengetahui kecepatan alirannya dahulu dan luas penampang. Persamaan yang digunakan adalah :

$$Q = A \cdot v$$

Dengan :

$$Q = \text{Debit (m}^3/\text{s)}$$

$$A = \text{Luas penampang (m}^2\text{)}$$

$$v = \text{kecepatan aliran (m/s)}$$

2.7 Peta Topografi

Peta topografi adalah peta yang menggambarkan relief permukaan bumi. Relief adalah perbedaan tinggi rendahnya permukaan bumi. Dalam peta topografi, relief digambarkan menggunakan garis kontur elevasi (ketinggian). Dilansir dari U.S. Geological Survey, kontur elevasi adalah garis khayal yang menghubungkan titik-titik dengan elevasi (ketinggian) yang sama pada permukaan tanah di atas atau di bawah garis acuan. Sehingga, peta topografi dapat menunjukkan ketinggian tiap titik yang membentuk permukaan bumi.

Analisa terhadap peta topografi dapat membantu perencanaan dalam menentukan letak/posisi bangunan sipil yang cocok. Perletakan ini akan ditata sedemikian rupa sehingga akan diperoleh tinggi jatuh yang optimal (IMIDAP, Pedoman Studi Kelayakan Bangunan Sipil 2B, 2009)

2.8 Debit Andalan

Debit andalan adalah debit minimum dengan kemungkinan debit terpenuhi dalam prosentase tertentu sehingga dapat dipakai untuk kebutuhan pembangkitan. Debit andalan pada umumnya dianalisis sebagai debit rata-rata untuk periode 10 hari, setengah bulanan atau bulanan. Dalam kasus listrik pedesaan yang ditopang hanya oleh listrik dari bangkitan PLTMH, dianjurkan untuk menggunakan debit andalan 95% (JICA, 2011). Kurva durasi (duration curve) dilakukan dengan cara data debit pencatatan pos duga muka air untuk jangka waktu tertentu disusun dari

angka terbesar hingga terkecil dan tiap debit diberikan probabilitas yang dihitung dengan persamaan Weibull berikut ini.

$$p = \frac{i}{n} \times 100\%$$

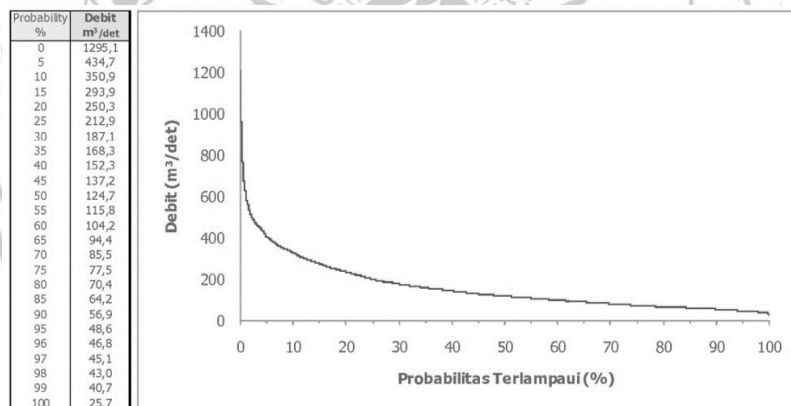
Dimana :

p = probabilitas terlampaui (%)

i = nomor urut debit

n = jumlah data debit

Debit perkiraan dan probabilitas digambarkan dalam kurva durasi (*duration curve*) yang menggambarkan probabilitas/persentase ketersediaan air pada sumbu ordinat dan besar debit andalan pada sumbu aksis (Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi, 2009). Contoh kurva durasi adalah seperti **Gambar 2.1** berikut



Gambar 2. 1. Kurva Durasi
(Sumber: Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi, 2009)

2.9 Tandon Air

Tandon air merupakan salah satu istilah yang digunakan untuk menyebutkan penyimpanan air tambahan di rumah atau bangunan. Tandon air umumnya berfungsi sebagai penampung air cadangan yang dapat digunakan dalam situasi darurat, terutama ketika pasokan air dari sumber utama terganggu. Tandon air juga

dapat menjadi solusi praktis bagi daerah-daerah yang sering mengalami masalah pasokan air yang tidak stabil.

Tandon air terbuat dari bahan yang tahan terhadap tekanan air, seperti plastik atau beton bertulang, dan tersedia dalam berbagai kapasitas yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Pemasangan tandon air di rumah atau bangunan juga dapat membantu mengurangi ketergantungan terhadap pasokan air dari pihak ketiga, terutama dalam situasi di mana pasokan air dari pemerintah atau perusahaan air tidak konsisten.

2.10 Ground Water Tank

Ground Water Tank (GWT)/Tangki Air Tanam merupakan wadah penampung air yang didesain khusus untuk sistem tanam/penempatan bawah tanah. Terbuat dari bahan fiber berkualitas dan diperkuat konstruksi bertulang pada bagian luar tangki sehingga mampu menahan tekanan didalam tanah. Artinya tangki air tanam ini dapat langsung ditimbun tanah tanpa perlu membuat dinding beton terlebih dahulu. Tapi perlu diperhatikan dalam pengaplikasiannya, sangat disarankan menggunakan pasir halus untuk menimbun dan pada bagian dasar tangki diberi dudukan/alas bata untuk menghindari dari batuan tajam.

Kehadiran tangka dalam beragam tipe ini sengaja hadir untuk memenuhi kebutuhan mengenai air. Ground water tank ini adalah salah satu jenis penampungan air yang pemasangannya dipendam di dalam tanah. Tangka air pendam ini semakin banyak dipilih dikarenakan menghemat penggunaan tempat

Tangki air tanam juga tersedia berbagai ukuran, mulai dari kapasitas 500 liter hingga kapasitas ratusan kubik dengan pilihan model Vertikal maupun Horizontal sesuai kebutuhan pelanggan. Beberapa keunggulan *Ground Water Tank* (GWT) adalah terbuat dari bahan fiberglass berkualitas kuat dan tahan lama, Praktis dalam pemasangan dan harga lebih murah dibandingkan bak beton/cor

Tandon air memiliki beberapa jenis tergantung pada bahan pembuatannya, yaitu tandon air berbahan plastik, fiberglass, dan stainless steel. Berikut ini penjelasan lebih lanjut mengenai tandon air, mulai dari fungsi, jenisnya, hingga cara memilih tandon air yang tepat digunakan di rumah.

Menggunakan material yang terbuat dari fiberglass menjadikan tangki ini bisa dibuat dalam beragam ukuran. Perbedaan ukuran juga membawa perbedaan kapasitas air. Jika ukurannya besar maka kemampuan untuk menampung air juga besar begitu pula sebaliknya. Tidak hanya digunakan untuk menampung air saja, tangki pendam juga digunakan untuk mengolah air. Beberapa spesifikasi ukuran terdapat pada **Gambar 2.2** berikut:

Type	Kapasitas	Dimensi (cm)		
		Diameter	Tinggi	Panjang
GT-05	500 Liter	90	115	-
GT-10	1000 Liter	100	135	-
GT-20	2000 Liter	145	155	-
GT-30	3000 Liter	160	175	-
GT-40	4000 Liter	185	175	-
GT-50	5000 Liter	185	-	215
GT-60	6000 Liter	210	-	200
GT-70	7000 Liter	210	-	230
GT-80	8000 Liter	210	-	260
GT-90	9000 Liter	210	-	293
GT-100	10.000 Liter	210	-	325

Gambar 2. 2. Spesifikasi *Ground Water Tank*

2.11 Pipa Pesat

Pipa pesat atau *penstock* berfungsi membawa air ke turbin. Kecepatan air pada pipa pesat biasanya 2-4 m/s. Manning mengembangkan persamaan untuk dapat mengetahui diameter pipa berdasarkan kehilangan energi rencananya (ESHA, 2004). Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam mendesain pipa pesat atau *penstock* adalah sebagai berikut :

- Bahan pipa pesat.
- Diameter dan tebal pipa pesat.
- Pipa harus terhindar dari korosi untuk faktor keamanan.
- Pipa yang terbuat dari bahan HDPE atau PVC harus dipendam didalam tanah dan terhindar dari sinar matahari secara langsung.
- Pipa harus dirancang dengan kehilangan energi maksimal 10% dari tinggi jatuh. Namun apabila desain pipa terlalu Panjang 5 kali desain tinggi jatuh, maka toleransi kehilangan energi boleh mencapai 15%
- Tekanan pada pipa harus didesain untuk menerima tekanan statis, tekanan tiba-tiba, dan tekanan akibat penutupan *guide vane*
- Pipa harus mampu menahan tekanan akibat *water hammer* dan harus dilengkapi dengan pipa napas diujung *penstock*. Diameter pipa napas berkisar antara 1-2%.
- Masalah pabrikasi dan konstruksi *penstock* bisa dilihat pada bagian pabrikasi dan konstruksi.

Ketebalan pipa baja bertekanan diperhitungkan berdasarkan Persamaan berikut:

$$D = \left(\frac{10,3 \cdot n^2 \cdot Q^2 \cdot L}{hf} \right)^{0,1875}$$

$$t = \frac{p \times D}{2 \times \sigma_a} + \varepsilon$$

Dimana:

n : Koefisien *Manning* (lihat **Tabel 2.2**)

L : Panjang pipa

hf : Kehilangan energi (m)

Q : Debit maksimum pembangkit (m³/s)

t : Ketebalan pipa (mm), $t \geq 6$ (mm) dan $t \geq (D + 80)/40$

ε : Margin korosi (mm) (biasanya 2 mm)

p : Tekanan air desain maksimum (N/mm²)

(*Head* air desain: h (m), $p = 0,1h$)

D : Diameter dalam pipa (m atau mm)

σ_a : Tegangan Tarik ijin (N/mm²)

H : Efisiensi sambungan aksial (las pabrik: 80-90 %, las ditempat: 75-90 %)

(Sumber : JICA, 2011)

Berikut koefisien *manning* dari beberapa material tersaji pada tabel 2.2 berikut :

Tabel 2. 2. Karakteristik Material

Material	Young's modulus of elasticity E (N/m ²)	Coefficient of linear expansion a (m/m °C)	Ultimate tensile strength (N/m ²)	n
Welded Steel	206	12	400	0,012
Polyethylene	0,55	140	5	0,009
Polyvinyl Chloride (PVC)	2,75	54	13	0,009
Asbestos Cement	n/a	8,1	n/a	0,011
Cast Iron	78,5	10	140	0,014
Ductile Iron	16,7	11	340	0,013

(Sumber: ESHA, 2004)

2.12 Kehilangan Energi

Kehilangan energi yang terjadi diperhitungkan berdasarkan kehilangan energi mayor dan minor

- a. Kehilangan energi mayor akibat gesekan

$$hf = \frac{6,87 \cdot L \cdot V^{1,85}}{D^{1,165} \cdot C^2}$$

Dimana:

C : Koefisien Hazen-Williams (lihat Tabel 2.8)

L : Panjang pipa (m)

D : Diameter pipa (m)

V : Kecepatan rata-rata aliran (m/s)

Tabel 2. 3. Koefisien Hazen-Williams

Pipe Type	C
Asbestos cement	140
Cast iron	
New	130
10 years	107-113
20 years	89-100
30 years	75-90
Concrete	
Cast on site - steel forms	140
Cast on site - wood forms	120
Centrifugal cast	135
Steel	
Brush tar and asphalt	150
New uncoated	150
Riveted	110
Wood-stave (new)	120
Plastic pipes	135-140

(Sumber: ESHA, 2004)

Tabel 2. 4. Koefisien Kekasaran Darcy-Weisbach

Pipe material	e (mm)
Polyethylene	0,003
Fiberglass with epoxy	0,003
Seamless commercial steel (new)	0,025
Seamless commercial steel (light rust)	0,25
Seamless commercial steel (galvanised)	0,15
Welded Steel	0,6
Cast iron (enamel coated)	0,12
Asbestos cement	0,025
Wood stave	0,6
Concrete (steel forms, with smooth joints)	0,18

(Sumber : ESHA, 2004)

b. Kehilangan energi minor akibat trash rack

Aliran air melewati saringan memberi tambahan kehilangan energi. Meskipun biasanya kecil, besarnya dapat dihitung berdasarkan rumus yang dikembangkan oleh Kirschmer,

$$h_t = K_t \cdot \left(\frac{t}{b}\right) \left(\frac{V^2}{2g}\right) \sin\beta$$

Dimana:

t : tebal bar (mm)

b : jarak antar bar (m)

β : sudut inklinasi dari horizontal

K_t : koefisien akibat trash rack.

Tabel 2.5 Nilai Kt (Koefisien akibat *trash rack*)

t/b	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2
β									
0°	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10°	1.06	1.07	1.08	1.09	1.1	1.11	1.12	1.14	1.5
20°	1.14	1.16	1.18	1.21	1.24	1.26	1.31	1.43	2.25
30°	1.25	1.28	1.31	1.35	1.44	1.5	1.64	1.9	3.6
40°	1.43	1.48	1.55	1.64	1.75	1.88	2.1	2.56	5.7
50°	1.75	1.85	1.96	2.1	2.3	2.6	3	3.8	
60°	2.25	2.41	2.62	2.9	3.26	3.74	4.4	6.05	

(Sumber: ESHA, 2004)

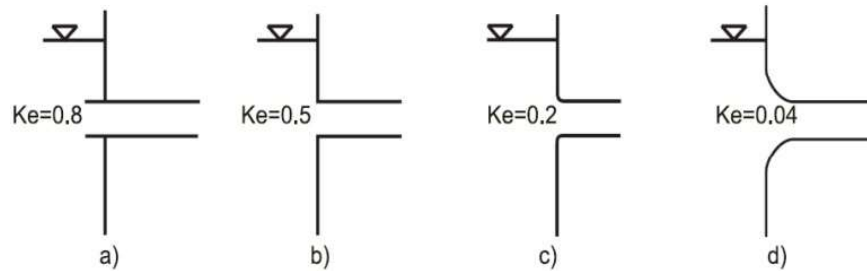
- c. Kehilangan energi minor akibat masuk pipa

$$h_e = K_e \frac{V_1^2}{2g}$$

Dimana:

Ke : Koefisien akibat masuk ke pipa

V1 : Kecepatan rata-rata aliran masuk pipa.

**Gambar 2.3.** Nilai Ke (koefisien akibat masuk pipa)

(Sumber: ESHA, 2004)

- d. Kehilangan energi minor akibat keluar pipa

$$h_e = \frac{V_2^2}{2g}$$

Dimana:

V_2 : Kecepatan rata-rata aliran di pipa

e. Kehilangan energi minor akibat belokan

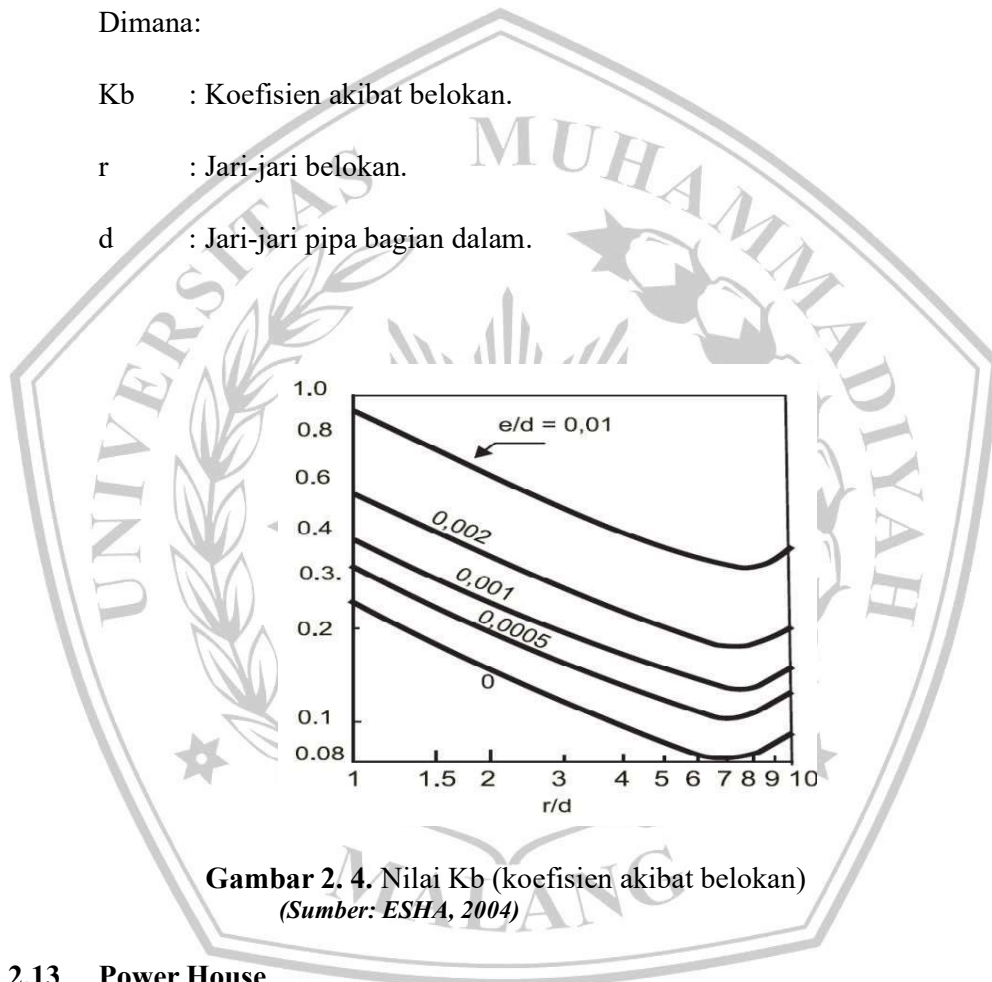
$$h_b = K_b \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

Dimana:

K_b : Koefisien akibat belokan.

r : Jari-jari belokan.

d : Jari-jari pipa bagian dalam.



Gambar 2. 4. Nilai K_b (koefisien akibat belokan)
(Sumber: ESHA, 2004)

2.13 Power House

Desain rumah pembangkit menggunakan tipe semi dibawah tanah. Dimensi power house direncanakan sesuai dengan besar turbin dan generator yang digunakan. Hal ini bertujuan untuk memberikan ruang yang cukup bagi operator dalam mengoperasikan turbin dan alat operasi lainnya. Sesuai dengan standar kelayakan PLTMH hal – hal yang perlu dipertimbangan adalah sebagai berikut :

- a. Dapat memberikan kenyamanan dan kemudahan bagi operator dalam melakukan pengoperasian, pengelolaan alat dan pencatatan data secara manual.
- b. Memiliki cukup cahaya atau ventilasi untuk penerangan.
- c. Apabila menggunakan tipe turbin implus, jarak bebas antara lantai rumah pembangkit dengan permukaan air buangan setidaknya antara 30 – 50 meter dan air di *afterbay* harus berada diatas muka air banjir pada saluran alami. Sedangkan untuk turbin reaction, perbedaan tinggi antara level air dan turbin dapat memberikan tenaga tambahan. Sehingga untuk turbin reaction diperbolehkan konstruksi lantai rumah berada dibawah muka air banjir, hanya saja perlu dilengkapi dengan pintu pada *tailrace* dan pompa.

2.14 Tailrace

Tailrace atau disebut saluran pembuang merupakan saluran yang menyalurkan buangan air dari turbin ke saluran pembuang utama. Desain saluran dapat direncanakan sesuai dengan desain saluran terbuka pada umumnya.

$$Q = A \cdot V$$

$$Q = b \cdot h \cdot k \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

(KP – Irigasi, 2013)

Dimana :

Q = Debit yang mengalir pada saluran (m^3/s)

A = Luas penampang (m^2)

V = Kecepatan rencana (m/s)

b = Lebar saluran (m)

h = Tinggi air yang melewati saluran (m)

k = koefisien stickler = $70 m^{1/3}/s$ untuk saluran pasangan beton

R = jari-jari hidrolis (m)

I = Kemiringan dasar saluran

2.15 Kincir Air

Kincir air adalah pesawat yang dirancang oleh manusia untuk mengubah tenaga air menjadi tenaga mekanik. Dalam proses pembangkitan sendiri dibutuhkan suatu sistem yang berfungsi untuk memindahkan daya dari putaran kincir ke generator. System yang dimaksud adalah system transmisi mekanik menggunakan sabuk V dan *pulley* dengan rasio tertentu agar antara kincir dan generator dapat bekerja pada putaran operasinya.

Kincir air dapat didefinisikan sebagai perlatan mekanis berbentuk roda dengan sudu pada sekeliling tepi-tepinya yang diletakkan pada poros horizontal. Pada kincir ar, air beroperasi pada tekanan atmosfer dan air mengalir melalui sudu-sudu tersebut. Ada banyak macam jenis kincir, namun hanya beberapa jenis saja yang paling sering digunakan.

Kincir air sampai saat sekarang masih banyak digunakan dan ditemui karena sifat-sifatnya yang murah, sederhana, serta mudah dan murah dalam pembuatan dan perawatannya. Walaupun mempunyai banyak kekurangan dibandingkan dengan turbin air, teknologinya yang sangat sederhana ini cocok digunakan didaerah pedesaan yang terpencil, asalkan daerah tersebut memiliki potensi sumber tenaga air yang cukup terjamin.

2.16 Struktur Kincir Air

Struktur kincir air biasanya terdiri dari beberapa komponen yang satu sama lainnya sangat berhubungan erat dan saling terkait serta tidak dapat dipisahkan. Komponen-komponen yang dimaksud adalah diantara lain sebagai berikut :

- a. Sumbu atau *as* terbuat dari besi *as tall*.
- b. Kogelager (lager) terbuat dari besi.

- c. Dudukan jari-jari terbuat dari besi pelat satu sama lainnya dihubungkan dengan pipa besi pada ujung kiri kanan dipasang (dilas) besi pelat berbentuk lingkaran pada besi pelat dibuat lubang untuk baut.
- d. Jari-jari terbuat dari besi beton, yang ujung bagian atas dan bagian bawah dibuat ulir (disenai) untuk pemasangan mur. Jumlah dan panjang jari-jari disesuaikan dengan kebutuhan.
- e. Pelingkar luar terbuat dari besi pelat, ukuran disesuaikan dengan kebutuhan, pada besi pelat tersebut dibuatkan lubang untuk jari-jari, dudukan tabung.
- f. Pelingkar dalam terbuat dari besi beton, ukurannya disesuaikan dengan kebutuhan, pada ujung kiri besi beton dipasang cincin dan pada ujung kanan dibuat kaitan(dibengkokkan berbentuk kail) untuk menyambungkan ujung yang satu dengan ujung yang lainnya.
- g. Sudu-sudu (kipas) terbuat dari besi pelat tipis, kelilingnya diberi tulang dari besi beton atau pelat strip, pada besi beton bagian bawah susu-sudu dipasang atau dilaskan baut, semua ukuran disesuaikan dengan kebutuhan.
- h. Dudukan sudu-sudu terbuat dari besi pelat, ukuran disesuaikan dengan kebutuhan, pada besi pelat dibuat lubang di bagian kiri kanan untuk jari-jari dan baut yang ada pada bagian sudu-sudu.
- i. Tabung terbuat dari pipa pvc, ukuran dan jumlahnya disesuaikan dengan kebutuhan satu dari ujung tabung diberi tutup agar dapat menimba air (air tidak tumpah).
- j. Dudukan tabung terbuat dari besi beton atau besi pelat; dudukan ada dua tipe, yaitu tipe A dudukan berkaki 2 dan tipe B berkaki 1.

2.17 Jenis-jenis Kincir Air

Secara umum terdapat tiga jenis kincir air berdasarkan sistem aliran airnya, yaitu sebagai berikut (Dietzel, 1990:15):

1. Kincir Air *Overshot*

Merupakan kincir air yang memanfaatkan air jatuh untuk berputar atau aliran air yang berasal dari bagian atas kincir. Kincir air *overshot* adalah tipe kincir yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian atas kincir dan karena gaya berat air kincir berputar. Kincir air *overshot* memerlukan beda tinggi dengan pancaran air.

Kincir air *overshot* adalah kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir lain. Pada kincir air jenis ini, air dimasukkan ke sudu gerak melalui bagian atas roda kincir. Kincir air jenis ini murni memanfaatkan gaya berat air untuk beroperasi. Air dari permukaan masuk ke sudu gerak melalui pintu air yang dapat diatur bukaannya. Besar kecilnya bukaan pintu air ini untuk mengatur putaran kincir yang bervariasi pada waktu yang berbeda. Gaya berat air mendorong sudu gerak mendekati bagian bawah dan membuat kincir berputar.

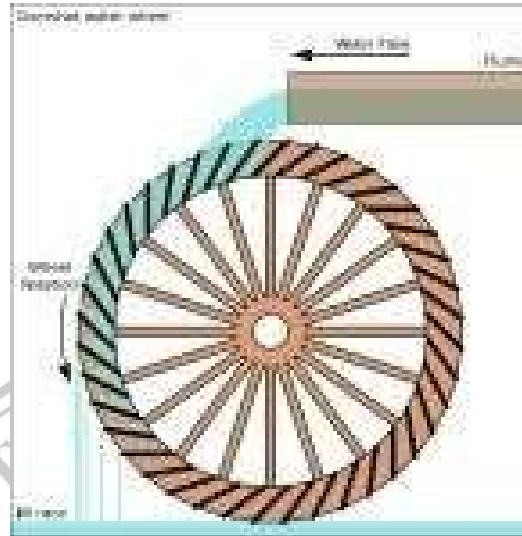
Kelebihan Kincir air *overshot* adalah sebagai berikut :

- a. Tingkat efisiensi yang tinggi dapat mencapai 85%.
- b. Tidak membutuhkan aliran yang deras.
- c. Konstruksi yang sederhana.
- d. Mudah dalam perawatannya.

Adapun untuk kekurangannya dari kincir air *overshot* ini adalah sebagai berikut :

- a. Tidak dapat diterapkan untuk mesin putaran tinggi.
- b. Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatannya.

- c. Daya yang dihasilkan relatif kecil.



Gambar 2. 5. Kincir Air *Overshot*

2. Kincir Air *Undershot*

Pada kincir *undershot*, posisi kincir air diletakkan agak ke atas dan sedikit menyentuh air. Pada kincir air *undershot* bekerja bila air yang mengalir, menghantam dinding sudu yang terletak pada bagian bawah dari kincir air. Kincir air tipe *undershot* tidak mempunyai tambahan keuntungan dari *head*. Tipe ini cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata.

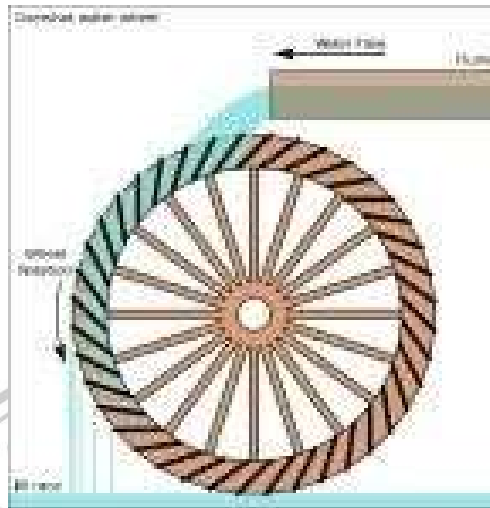
Kelebihan kincir air *undershot* adalah sebagai berikut :

- a. Konstruksi lebih sederhana.
- b. Lebih ekonomis
- c. Mudah untuk dipindahkan.

Adapun kekurangan dari kincir air *undershot* adalah sebagai berikut :

- a. Efisiensi kecil.

- b. Daya yang dihasilkan relatif kecil.



Gambar 2. 6. Kincir air *Undershot*

3. Kincir Air *Breastshot*

Kincir air tipe *breastshot*, air masuk ke sudu gerak diketinggian Tengah tengah roda kincir (*breast*). Roda kincir digerakkan oleh kombinasi gaya berat air dan dorongan air.

Air dialirkan dari permukaan atas (*headrace*) masuk ke sudu gerak dari roda kincir melalui sejumlah saluran, yang dibuka dan ditutup melalui mekanisme rack dan pinion, dan dirancang agar tidak timbul kejutan pada aliran. Bucket bergerak ke arah bawah karena gaya berat air, dan memutar roda kincir.

Kincir air *breastshot* merupakan perpaduan antara tipe *overshot* dan *undershot* dilihat dari energi yang diterimanya. Jarak tinggi jatuhnya tidak melebihi diameter kincir, arah aliran air yang menggerakkan kincir air di sekitar sumbu poros dari kincir air. Kincir air jenis ini memperbaiki kinerja dari kincir air tipe *undershot*

Beberapa hal khusus dari rancangan kincir air jenis *breastshot* adalah sebagian dari bawah roda kincir terendam atau berada di bawah permukaan air bawah (*tail race*) karena gerakan kearah yang sama dari roda kincir dan aliran permukaan air bawah, maka sewaktu air mengalir lebih lanjut, juga akan membantu memutar roda kincir. Karena itu dapat dikatakan roda kincir digerakkan oleh kombinasi gaya berat air dan sebagian karena dorongan air.



Gambar 2. 7. Kincir Air *Breastshot*

Kelebihan kincir air breastshot sebagai berikut :

- a. Tipe ini lebih efisien dari tipe *undershot*
- b. Apabila dibandingkan dengan kincir air tipe *overshot*, tinggi jatuhnya lebih pendek.
- c. Dapat diaplikasikan pada sumber air yang alirannya datar.

Sedangkan untuk kekurangannya sebagai berikut :

- a. Sudu-sudu dari tipe ini tidak rata seperti tipe *undershot* (lebih rumit)
- b. Diperlukan dam pada arus aliran datar.
- c. Efisiensi lebih kecil dari pada tipe *overshot*.

2.18 Bangunan Pengarah Aliran dan Peninggi Muka Air

Agar kincir air dapat berfungsi dan digunakan sebagai prasarana pengambil air dari sungai atau saluran, diperlukan bangunan peninggi muka air dan pengarah

aliran yang berfungsi untuk mengarahkan dan meninggikan muka air sungai, terutama pada musim kemarau. Ada 2 tipe bangunan yang dapat digunakan, yaitu

- a) Bendung cerucuk bambu/kayu;
- b) Bendung beronjong kawat.

Ukuran tinggi, lebar, panjang bendung, dan komponen lainnya disesuaikan dengan kondisi dan keperluan di lapangan, dengan cacatan harus memperhatikan dan berpedoman pada tata cara perencanaan hidrologi dan hidraulik untuk bangunan sungai.

2.19 Bangunan Pelindung Tebing

Untuk mengantisipasi terjadinya kerusakan pada tebing sungai, akibat dibangunnya kincir air, bendung peninggi muka air dan pengarah aliran, maka perlu dibuat dan dipasang turap penahan tanah pada tepi/pinggir sungai di sekitar bangunan kincir dan bendung tersebut. Konstruksi dan bahannya dapat dibuat dari cerucuk kayu/bambu atau beronjong kawat seperti pada Gambar 2.7 dan Gambar 2.8. Ukuran disesuaikan dengan kondisi tanah dan lokasi, dengan cacatan harus mengikuti pedoman teknis pembuatan bangunan pelindung/ pengaman tebing (turap) yang telah ada.

Saluran penempatan kincir air dapat dibuat dari pasangan batu yang berupa saluran sudetan pada lahan di luar palung sungai; yang konstruksinya seperti beronjong kawat, pasangan batu atau turap kayu/bambu; lebar, panjang, dan dalam saluran disesuaikan dengan kebutuhan (kondisi lapangan).



Gambar 2. 8. Contoh pelindung tebing dari turap kayu



Gambar 2. 9. Contoh pelindungtebing dari beronjong kawat

2.20 Cara Kerja dan Penentuan Lokasi Kincir Air

Kincir air yang dibangun di sungai atau saluran berputar karena digerakan oleh daya dorong tenaga air. Di saat kincir berputar dan tabung-tabung air yang terbenam di sungai akan terisi air, lalu diangkat. Saat kincir berputar ke bagian atas dan saat berada di puncak air ditumpahkan ke talang penampung.

Pemilihan lokasi untuk penempatan kincir air haruslah memperhatikan dan mempertimbangkan beberapa faktor berikut :

- a. Sumber air, saluran, dan sungai tidak pernah kering sepanjang tahun dan atau dengan debit, kecepatan aliran dan tinggi muka air sungai minimum harus ada yang diperlukan untuk memutar kincir (harus memenuhi persyaratan dan ketentuan).
- b. Bangunan kincir air harus aman terhadap perubahan kondisi hidraulik sungai seperti pola aliran, kecepatan aliran, arah aliran, dan banjir.
- c. Mudah dijangkau untuk pelaksanaan operasional dan pemeliharaan.
- d. Pemakaian/penggunaan lahan/tanah tidak mempunyai masalah atau kendala.
- e. Secara keseluruhan lokasi tersebut dapat menguntungkan masyarakat/petani, baik dari segi teknis maupun non teknis serta sosial dan ekonomi.

2.21 Perencanaan Kincir Air

Untuk melakukan perancangan kincir air perlu memperoleh dimensi kincir air seperti yang diketahui bahwa kincir air ini merupakan penggerak generator sebagai pembangkit Listrik. Dalam perancangan ini terdapat parameter-parameter desain yang dilihat dari tinggi jatuh dan debit air yang dapat ditentukan oleh data potensi air yang tersedia.

Untuk perencanaan diameter kincir air terdapat dua yaitu diameter luar (D_1) dan diameter dalam (D_2) yang keduanya ditentukan pertimbangan yang tersendiri. Diameter luar ditentukan berdasarkan ketinggian lokasi yang diperoleh sebagai tempat dibangunnya kincir tersebut. Selain itu perlu juga mempertimbangkan jarak antara sisi bagian atas kincir dengan ujung saluran air apabila ditambahkan saluran pengarah air menuju sudu, serta jarak antara sisi bawah kincir dengan saluran pembuang.

Sedangkan untuk diameter dalam perlu mempertimbangkan volume air yang dapat ditampung oleh tiap sudu yang akan dipasang berdasarkan debit air dan disesuaikan dengan lebar kincir pada perencanaan.

2.22 Sudu Kincir Air

Dalam perencanaan lebar dan Panjang lengkungan sudu adalah menggunakan pendekatan volume sepertiga tabung dengan alas lingkaran yang mana tinggi tabung sama dengan lebar sudu dan jari-jari tabung sama dengan jari-jari sudu. Dengan catatan bahwa tiap tiap sudu yang aktif harus mampu dalam menampung debit air yang dibebankan terhadapnya untuk memperoleh berat air. Sehingga untuk menghitung lebar sudu perlu debit yang dapat ditampung oleh tiap sudu, sesuai dengan persamaan (Sutikno, 1997:42) :

$$V = \frac{Q}{i}$$

Perhitungan lebar sudu dapat menggunakan rumus :

$$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot l$$

Untuk mendapatkan Panjang busur lingkaran sudu dengan persamaan :

$$L_n = \frac{1}{3} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r$$

Keterangan :

V : volume air yang mampu ditampung oleh sudu kincir (m³)

i : jumlah sudu yang terisi oleh air

r : jari-jari sudu (m)

Q : debit air (m³/s)

L_n : Panjang lengkung sudu (m)

2.23 Turbin PLTMH

Turbin merupakan alat yang dapat mengubah energi air menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Putaran poros inilah yang akan dirubah oleh generator menjadi energi listrik. Klasifikasi turbin berdasarkan tinggi jatuh dibedakan seperti pada tabel berikut :

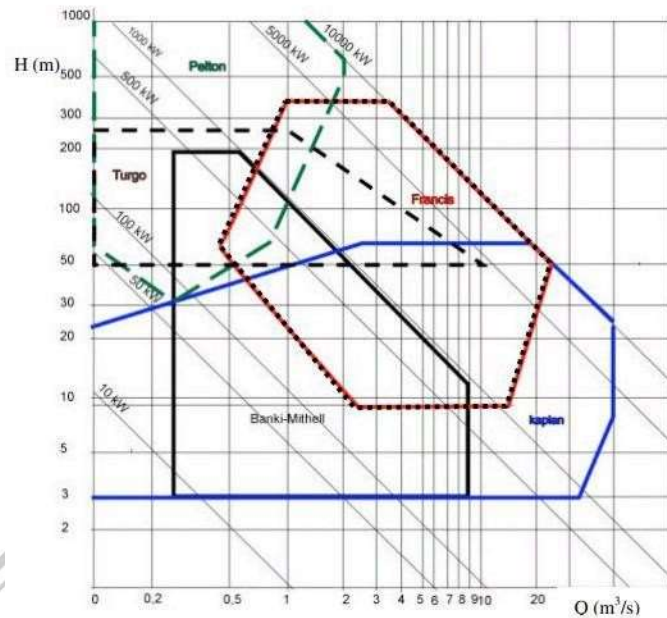
Tabel 2. 5. Klasifikasi Turbin

Turbin Runner	Head Pressure		
	High	Medium	Low
Impulse	- Pelton	- Crossflow (Banki)	Crossflow
	- Turgo	- Turgo	(Michel/Banki)
	- Multi – jet Pelton	- Multi-jet Pelton	
Reaction		-Francis	-Propelle
		- Pump as Turbine (PAT)	- Kaplan

(Sumber : IMIDAP, Studi Kelayakan Mekanikal dan Elektrikal Buku 2C, 2009)

Turbin *impulse* yang terdiri dari *Pelton*, *Turgo*, dan *Cross-flow* memiliki prinsip kerja bahwa tekanan yang diterima oleh *runner* adalah sama pada setiap sisi sudut gerakannya. Sedangkan pada turbin *reaction* yang terdiri dari *reverse pump*, *francis*, dan *Kaplan/propeller* berprinsip bahwa perputaran *runner* hanya mengikuti aliran air dan memanfaatkan energi kinetic air untuk memanfaatkan daya.

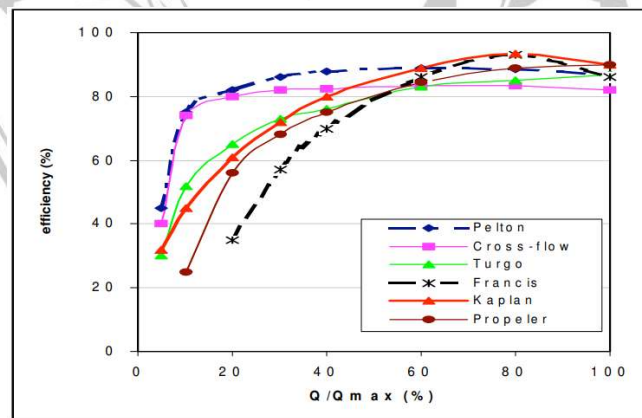
Pemilihan turbin untuk PLTMH juga dapat tergantung dengan karakteristik sistemnya, yakni *net head*, debit, dan daya listrik yang diinginkan. Turbin hidrolis mengubah energi potensial air menjadi putaran energi mekanis (Ramos, 2000). **Gambar 2.7** menjelaskan pemilihan turbin yang digunakan berdasarkan debit dan *head*.



Gambar 2. 10. Karakteristik Pemilihan Turbin

(Sumber: Ramos, 2000)

Dalam perencanaan turbin, kinerja turbin juga dipengaruhi oleh adanya efisiensi yang dimiliki oleh masing-masing jenis turbin. Efisiensi yang dimaksud disebabkan karena adanya perbedaan tenaga yang digunakan dengan daya yang dibawa oleh aliran air. Efisiensi masing-masing turbin dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 2. 11. Efisiensi Masing-Masing Turbin

(Sumber: Ramos, 2000)

2.24 Generator

Generator adalah alat yang digunakan pada sistem PLTMH untuk mengubah energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik (elektrik) yang besarnya dinyatakan dalam volt-ampere (VA). Secara umum, jenis generator yang sering dijumpai dan digunakan pada sistem PLTMH terdapat 2 macam yaitu sinkron dan asinkron atau generator induksi (IMAG). Penentuan penggunaan generator dapat didasarkan pada besarnya pemakaian daya yang dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 2. 6. Pemilihan Generator Berdasarkan Pemakaian Daya

Daya terpasang	< 10 kW	10 – 30 Kw	> 30 kW
Tipe Generator	Sinkron atau asinkron satu/tiga fasa	Sinkron atau asinkron 3 fasa	Sinkron 3 fasa
Fasa	1 atau 3	3	3

(Sumber : IMIDAP, Studi Kelayakan Mekanikal dan Elektrikal Buku 2C, 2009)

Sedangkan perbandingan generator sinkron dan asinkron menurut IMIDAP, 2009 dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 2. 7. Perbandingan Generator Sinkron dan Asinkron

Item	Generator Sinkron	Generator Asinkron
Ketersediaan	Biasanya diperlukan pesanan khusus dan untuk daya kecil sulit ditemukan dipasaran	Mudah didapat pada hampir semua kategori daya
Konstruksi	Cukup rumit, kadang harus dilengkapi slipring, diode dan rangkaian eksternal	Kompak dan simpel
Harga	Relatif lebih mahal	Relatif lebih murah
Perawatan	Perawatan dilakukan pada field winding dan sikat arang	Perawatan dilakukan pada stator, pendinginan, tetapi tidak dibutuhkan

		untuk rotor tipe squirrel cage
Sinkronisasi	Diperlukan alat sinkronisasi untuk paralel ke jaringan	Tidak dibutuhkan alat sinkronisasi
Independensi	Memungkinkan	Tidak memungkinkan
Penyesuaian power faktor	Operasi yang dikehendaki memungkinkan dapat disesuaikan dengan response load factor	Power factor tidak dapat disesuaikan
Arus eksitasi	Menggunakan eksitasi DC	Diambil dari jaringan atau menggunakan kapasitor
Motor Start	Tahan terhadap arus start up motor	Tidak tahan untuk arus starting yang besar
Overspeed	Tidak tahan terhadap overspeed (belitan bisa terbakar) dalam batas waktu tertentu	Tahan 100% untuk kecepatan nominalnya
Penyesuaian tegangan dan frekuensi	Memungkinkan	Tidak memungkinkan ditentukan tegangan dan frekuensi suplai (kapasitor atau jaringan)
Efisiensi	Efisiensi pada part maupun full load > 85%	Efisiensi rendah 70% <

(Sumber : IMIDAP, Studi Kelayakan Mekanikal dan Elektrikal Buku 2C, 2009)

2.25 Tinggi Jatuh Efektif

Tinggi jatuh atau disebut dengan head adalah beda ketinggian antara daerah aliran dengan instalasi (IMIDAP, Studi Kelayakan Mekanikal dan Elektrikal Buku 2C, 2009). Tinggi jatuh efektif yang digunakan dalam perencanaan mikrohidro bergantung pada jenis turbin yang akan digunakan. Menurut (Ramos, 2009) tinggi jatuh efektif dapat dihitung berdasarkan persamaan dibawah ini :

$$\text{Turbin implus: } H_{\text{eff}} = E_{\text{res}} - E_{\text{noz}} - H_f$$

$$\text{Turbin reaksi: } H_{\text{eff}} = E_{\text{res}} - E_{\text{river}} - H_f$$

Dimana :

H_{netto} : Tinggi jatuh efektif (m)

E_{res} : Elevasi muka air pada reservoir/penampung (m)

E_{as} : Elevasi pada sumbu as turbin (m)

E_{river} : Elevasi muka air diluar *power house* (m)

H_f : Total kehilangan energi (m)

2.26 Daya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Energi air mula-mula diubah menjadi energi mekanis kemudian baru diubah menjadi energi listrik. Dalam proses perubahan energi tersebut, terjadi sejumlah kehilangan energi akibat turbin dan generator. Daya listrik yang dihasilkan adalah berdasarkan persamaan berikut:

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{\text{eff}} \cdot \eta$$

Dimana:

P : Daya listrik (W)

ρ : Massa jenis air = 1000 kg/m³

g : Percepatan gravitasi (m/s²)

Q : Debit air (m^3/s)

η : Kombinasi efisiensi turbin dan generator

Energi Listrik ($P \times T$) dihasilkan oleh produksi daya (P) yang kontinu dalam rentang waktu tertentu (T) dengan satuan kilowatt hour (kWh).

Perlu diketahui juga daya mekanik dari kincir air, dengan menggunakan efisiensi kincir (η_k). Maka untuk mendapatkan daya mekanik kincir adalah dengan persamaan (Wibawa, 2001:74) :

$$P_k = \eta_k \cdot P_h$$

Dalam proses konversinya maka terdapat system transmisi mekanik dari kincir ke generator dengan efisiensi transmisi mekanik (η_{tm}), selain itu perlu mempertimbangkan efisiensi generator (η_g). maka akan diperoleh daya keluaran generator atau daya elektrik sesuai dengan persamaan (Wibawa, 2001:74) :

$$P_{out} = \eta_k \cdot \eta_{tm} \cdot \eta_g \cdot P_h$$

Atau

$$P_{out} = \eta_{total} \cdot P_h$$

Dalam hal ini η_{total} merupakan efisiensi total system mulai dari turbin sampai dengan generator

2.27 Kecepatan Spesifik Turbin

Kecepatan Spesifik (N_s), menunjukan bentuk dari turbin dan tidak berhubungan dengan ukurannya. Hal ini menyebabkan desain turbin baru diubah skalanya dari desain yang sudah ada dengan performa yang sudah diketahui. Kecepatan spesifik merupakan kriteria utama yang menunjukan pemilihan jenis turbin yang tepat berdasarkan karakteristik sumber air. Kecepatan spesifik dari sebuah turbin juga dapat diartikan sebagai kecepatan ideal yang menghasilkan satu satuan daya tiap satuan *head*. (Amalia Yunia Rahmawati, 2020)

Dikutip dari jurnal ilmiah Suwignyo dkk, tahun 2013, bahwa kecepatan spesifik (N_s) merupakan hal utama dalam pemilihan jenis turbin yang berdasarkan pada penyesuaian tinggi jatuh dan debit rencana. Turbin yang memiliki kecepatan spesifik yang sama walaupun debit dan tinggi jatuh berbeda, memiliki desain geometri yang serupa.

Namun, bentuk dan diameternya berbeda. Secara umum kecepatan spesifik dapat dicari dengan persamaan :

$$N_s = N \sqrt{\frac{P}{H^{1.5}}}$$

(Sumber : Dietzel, 1980)

Keterangan :

N_s : kecepatan spesifik

N : jumlah putaran turbin yang direncanakan (per menit)

P : daya pembangkit (kW)

H : tinggi jatuh efektif (m)

Tabel 2. 8. Interval kecepatan spesifik masing-masing turbin

No	Jenis Turbin	Kecepatan Spesifik
1	Pelton dan kincir air	$10 \leq N_s \leq 35$
2	Francis	$60 \leq N_s \leq 300$
3	<i>Cross Flow</i>	$40 \leq N_s \leq 200$
4	Kaplan dan Propeller	$250 \leq N_s \leq 1000$

(Sumber : Penche C, 1988, dikutip oleh Dwiyanto, Fery, 2016)

2.28 Perhitungan Nozzle Turbin

Nozzle ini berfungsi untuk mengarahkan pancaran air ke sudusudu turbin dan mengatur kapasitas air yang masuk ke turbin. Pada turbin pelton mungkin dikonstruksikan dengan *nozzle* lebih dari satu buah. Pada poros mendatar dilengkapi satu atau dua *nozzle*, sedangkan yang berporos tegak mempunyai sampai 6 buah. *nozzle* merupakan hal terpenting dalam proses kerjanya turbin pelton, karena nosel berfungsi sebagai peningkat daya pada turbin pelton yang mana *nozzle* ini memancarkan air dan menghasilkan daya hidrolik. (Amalia Yunia Rahmawati, 2020)

Ukuran diameter *nozzle* sendiri sangat berpengaruh dalam desain dan rancangan turbin pelton itu sendiri. Secara umum teori rumus menentukan diameter *nozzle* adalah :

$$D_n = \sqrt{\frac{Q}{4 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot C_1}}$$

Dimana :

D_n : diameter *nozzle* (mm)

Q : debit air

C_1 : kecepatan pancaran air absolut (m/s)

Menurut Edi Sunarto dan Markus Eisenring (1994) kecepatan air adalah besarnya perpindahan air persatuan detik. Pada turbin kecepatan air yang digunakan adalah saat *nozzle* menyembrotkan air untuk menumbuk sudu. Adapun persamaan yang dipakai sebagai berikut :

$$C_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \cdot k_c$$

Dimana :

k_c = Koefisien *nozzle* (0,96-0,98)

2.29 Perhitungan Runner Turbin

Runner merupakan baling-baling yang berupa lempengan dan dirakit menjadi satu kesatuan yang berfungsi sebagai pemutar poros pada turbin. Perhitungan *runner* turbin meliputi lebar, diameter dalam dan diameter luar. Konsep perumusan diameter runner dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$D_1 = \frac{40\sqrt{H_{eff}}}{N}$$

$$D_2 = \frac{D_1}{1,4}$$

Sedangkan untuk Panjang runner, L_r :

$$L_r = \frac{0,81 \times Q}{D_1 \times \sqrt{H_{eff}}}$$

Jarak antar sudu :

$$t = \frac{k \cdot D_1}{\sin \beta_1} \quad \beta_1 = \arctan(2 \tan \alpha_1)$$

Jika menurut Banki, dalam perencanaan turbin crossflow α_1 yang digunakan sebesar 16° , maka jumlah sudu dapat dihitung :

$$n = \frac{\pi \cdot D_1}{t}$$

maka, perhitungan berat turbin dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} P_1 &= \text{Volume turbin} \cdot \rho_{\text{iron}} \\ &= \left(\frac{1}{4} \cdot D_2^2 \cdot \pi + n (D_1 - D_2) \cdot 0,002 \right) \times L \cdot \rho_{\text{iron}} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk mengetahui keliling *runner* menurut Edi Sunarto dan Markus Eisenring (1994) kecepatan keliling *runner* adalah kecepatan roda turbin yang akan ditempuh persatuan detik dengan persamaan sebagai berikut :

$$U = \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \cdot k_u$$

Dimana :

N : jumlah putaran yang ditempuh (rpm)

D : diameter *runner* (m)

k : koefisien 0,075

Q : debit rencana (m^3/s)

H_{eff} : tinggi jatuh efektif (m)

L : lebar turbin (m)

ρ_{iron} : 7850 kg/m^3

U : kecepatan keliling *runner*

g : gaya gravitasi ($9,81 m/s^2$)

H : *head* (m)

K_u : koefisien runner (0,45 – 0,49)

2.30 Rencana Anggaran Biaya

RAB adalah dokumen yang berisi rincian hitungan dari perkiraan harga berbagai kebutuhan dalam suatu kegiatan atau proyek. Adapun rincian dalam RAB berbeda-beda dan dibuat berdasarkan keperluan kelompok, badan, lembaga, atau instansi. Sesuai dengan namanya, fokus pada RAB adalah nominal dari setiap sumber daya yang diperlukan. Namun, terdapat faktor-faktor lain yang perlu dicermati terutama pada bisnis besar.

Pada dasarnya, RAB adalah rencana anggaran berdasarkan estimasi harga dan bukan merupakan total dari actual cost atau harga sebenarnya. Penyusunan RAB dilakukan untuk memudahkan pengadaan sumber daya untuk mendukung pelaksanaan suatu kegiatan. Secara umum, RAB adalah rencana anggaran yang bisa digunakan untuk berbagai kebutuhan, seperti bisnis, organisasi, dan pelaksanaan acara. Dalam bisnis sendiri, penyusunan RAB adalah hal yang wajib dalam kegiatan operasional maupun penawaran kepada calon klien.

Memperkirakan berapa jumlah biaya yang dihabiskan dalam pelaksanaan proyek konstruksi sangatlah penting. Jika berbicara perkiraan biaya, maka tidak terlepas dengan analisa biaya. Analisa biaya dalam proyek konstruksi disebut dengan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP). AHSP setiap tahunnya atau per periode tertentu dapat berubah. AHSP tersebut digunakan untuk merencanakan dan mengendalikan sumber daya seperti bahan material, upah tenaga kerja, maupun waktu yang dibutuhkan untuk penyelesaian proyek konstruksi agar sesuai dengan kaidah tepat mutu dan tepat biaya.

Penerapan AHSP yang tepat dapat meningkatkan kualitas pekerjaan yang baik dengan peningkatan efisiensi penggunaan anggaran. AHSP akan menjadi dasar Pejabat Pembuat Komitmen (PPK) untuk menentukan Harga Perkiraan Sendiri (HPS). HPS nantinya akan menjadi acuan dalam proses tender konstruksi. Apabila HPS tidak tepat maka penyedia jasa dapat mengalami kesulitan dalam melakukan penawaran harga.

2.31 Analisis Kelayakan

Studi kelayakan perencanaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) sebagai Energi Baru Terbarukan (EBT) ini dimaksudkan untuk menganalisis kelayakannya dari sisi teknis dan ekonomi. Sedangkan tujuan yang ingin dicapai adalah agar dapat diketahui kelayakan dari rencana pembangunan PLTMH ini. Analisis kelayakan ini terdiri dari beberapa aspek yang akan dianalisis di antara lain

Kelayakan Teknis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro, dalam studi kelayakan pembangunan PLTMH ini ada beberapa parameter kelayakan secara teknis antara lain:

1. Ketersediaan air pada Sungai, saluran irigasi ataupun pada sumber air.
2. Perbedaan ketinggian untuk menghasilkan kecepatan yang memadai.
3. Kemampuan struktur untuk menahan beban yang muncul dan terjadi.
4. Ketersediaan peralatan mekanikal dan elektrikal yang ada di pasaran.

Kemudian untuk kelayakan ekonomi pembangkit Listrik tenaga mikrohidro dalam studi kelayakan Pembangunan PLTMH ini meliputi beberapa parameter dan juga untuk mengetahui Tingkat keuntungan dan mengetahui anggaran yang akan di rencanakan. Tujuan analisis ekonomi ini antara lain sebagai berikut :

1. Melakukan penilaian apakah investasi yang dilakukan akan memberikan manfaat ekonomi yang cukup;
2. Melakukan justifikasi terhadap biaya yang diperlukan untuk membangun suatu proyek dan kemungkinan pengembalian investasi dalam kaitannya dengan pembayaran kembali pinjaman ke pihak donor;
3. Melakukan identifikasi dampak proyek dalam mengurangi tingkat pengangguran di lokasi proyek;
4. Melakukan identifikasi dampak proyek terhadap penghematan devisa Negara;
5. Melakukan identifikasi dampak proyek terhadap pemerataan pendapatan masyarakat terutama yang berpenghasilan rendah.

Untuk melakukan analisis ekonomi diperlukan beberapa aspek parameter meliputi beberapa diantara lain :

1. Komponen biaya

Biaya investasi dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu biaya langsung dan tidak langsung. Pengertian biaya langsung adalah biaya yang secara langsung dapat diatribusikan dan diukur pada suatu objek biaya atau kegiatan tertentu, Sedangkan biaya tidak langsung adalah biaya yang tidak secara langsung dapat diatribusikan dan diukur pada suatu objek biaya atau kegiatan tertentu.

Jumlah biaya langsung dan tidak langsung merupakan biaya investasi proyek pembangkit Listrik tenaga mikrohidro. Selain biaya investasi dihitung juga biaya tahunan yang dikeluarkan selama pembangkit Listrik tenaga mikrohidro beroperasi. Biaya tahunan meliputi :

- Bunga pinjaman sesuai dengan suku bunga yang berlaku.
- Biaya operasional dan perawatan.

2. Komponen manfaat

Komponen manfaat yang diperhitungkan adalah benefit yang muncul dan dapat dinilai dengan uang. Manfaat diperhitungkan dari penjualan daya Listrik terbangkitkan oleh pembangkit Listrik tenaga mikrohidro (PLTMH).

3. Arus kas (*cast flow*)

Pada dasarnya, laporan arus kas adalah salah satu jenis laporan keuangan yang di dalamnya akan berisi informasi mengenai pemasukan serta pengeluaran kas dalam suatu perusahaan tertentu. Dalam hal ini, data tersebut berlaku untuk setiap periode yang berbeda.

Fungsi utama dari laporan keuangan ini adalah untuk memberikan informasi yang akurat kepada perusahaan, sehingga perusahaan dapat merevisi asal dari uang kas itu dan bagaimana cara yang lebih tepat untuk membelanjakan uang kas tersebut.

Jika penjelasan di atas terlalu rumit untuk dipahami, maka kami dapat menyampaikan bahwa laporan perputaran arus kas adalah jenis laporan keuangan bisnis yang digunakan untuk melacak pemasukan serta pengeluaran perusahaan dalam periode waktu tertentu.

