

BAB 2

LANDASAN TEORI

Pusat listrik memiliki berbagai macam sumber tenaga, diantaranya adalah:

1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS),
2. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD),
3. Pembangkit Listrik Tenaga Angin,
4. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).

Keempat pembangkit listrik tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Akan tetapi, pembangkit listrik yang cukup ekonomis dan memiliki potensi yang cukup besar adalah pembangkit listrik dengan menggunakan tenaga air.

Pembangkit Listrik Tenaga Air masih dapat dijabarkan lagi menurut sumber air yang digunakan menjadi sumber tenaga. Adapun sumber air yang digunakan adalah:

1. Tenaga ombak
2. Tenaga pasang surut
3. Tenaga sungai atau waduk

Dari ketiga sumber tersebut, pembangkit listrik yang lebih sering digunakan adalah pembangkit listrik dengan sungai atau waduk sebagai sumber tenaganya. Pembangkit listrik ini yang lazim disebut sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).

Pembangkit Listrik Tenaga Air dapat dibedakan sesuai kapasitas listrik yang dapat dihasilkan. Pada umumnya pembagian jenis PLTA dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. PLTA Mikro, kapasitas listrik yang dihasilkan < 100 kW,
2. PLTA Mini, kapasitas listrik yang dihasilkan 100-999 kW,
3. PLTA Kecil, kapasitas listrik yang dihasilkan 1000-10.000 kW,
4. PLTA Besar, kapasitas listrik yang dihasilkan > 10.000 kW.

Suatu PLTA memiliki bagian-bagian yang perlu direncanakan pada setiap pembuatannya. Bagian-bagian tersebut adalah:

- a. bendungan dan tempat pemasukan,
- b. saluran dan pipa pesat,
- c. gedung sentral beserta alat elektro-mekanik,
- d. saluran pembuangan.

Dari keempat bagian tersebut dapat diperoleh suatu prinsip yang penting di dalam suatu perencanaan teknis suatu PLTA adalah:

Q = debit, merupakan dasar/konstituante tenaga air,

H = tinggi terjun.

Kedua faktor tersebut juga akan mempengaruhi jenis turbin yang dapat digunakan. Adapun jenis-jenis turbin pada prinsipnya dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu turbin impuls dan turbin reaksi.

1. Turbin impuls

Turbin impuls memiliki prinsip kerja menggunakan tumbukan air sebagai sumber tenaga. Turbin impuls digerakkan oleh impuls tumbukan antara air

yang keluar dari pipa pesat dengan mangkok turbin. Jadi, dapat dikatakan bahwa seluruh tenaga potensial diubah dalam bentuk tenaga kinetik agar kecepatan *nozzle* besar. Turbin yang menggunakan prinsip turbin impuls ini salah satunya ialah turbin *Pelton*.

2. Turbin reaksi

Turbin reaksi bekerja dengan menggunakan perbedaan tekanan. Turbin ini lebih menggunakan tenaga potensial dibandingkan tenaga kinetik. Tenaga kinetik yang didapatpun ditransformasikan menjadi tenaga potensial dengan suatu pipa isap (*draft tube*). Turbin yang menggunakan prinsip turbin reaksi ini adalah turbin Francis, turbin Propeller dan turbin Kaplan.

Seiring dengan perjalanan waktu, banyak tipe-tipe turbin baru yang ditemukan. Akan tetapi pada prinsipnya tidak jauh berbeda dengan turbin impuls dan turbin reaksi. Dalam menentukan jenis turbin dapat pula menggunakan standarisasi seperti pada Gambar 2.1.

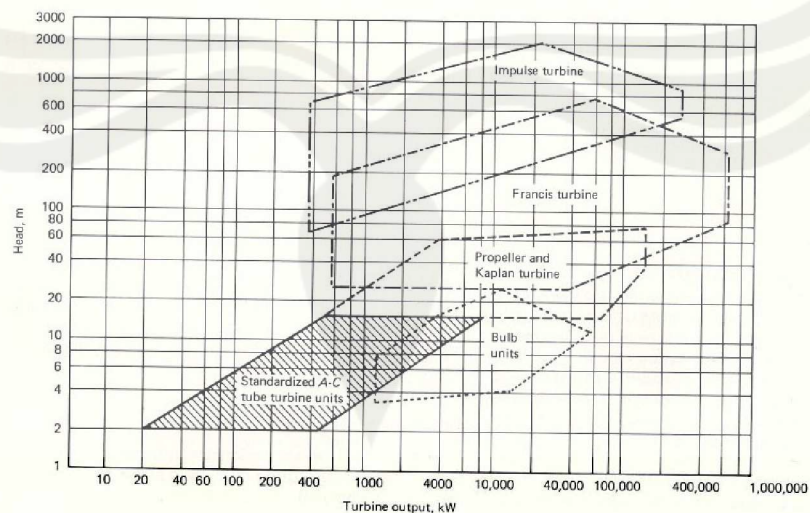


Figure 5-5 Ranges of application of the various types of hydraulic turbine units. Tube turbines and bulb units are specialized forms of propeller turbine in which the shaft is horizontal to reduce inlet and exit losses for low head sites. (Courtesy Allis-Chalmers.)

Gambar 2.1 Jenis turbin

Perhitungan daya terbangkit pada suatu PLTA dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$P = 9,8 \times \eta \times Q \times \gamma \times H$$

Keterangan:

P	= daya terbangkit	(kW)
η	= efisiensi	
Q	= debit aliran	(m ³ /detik)
γ	= berat jenis air	(ton/m ³)
H	= tinggi terjun	(m)

Sedangkan Q (debit aliran) sendiri dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Kontinuitas, sebagai berikut:

$$Q = A \cdot V$$

Keterangan

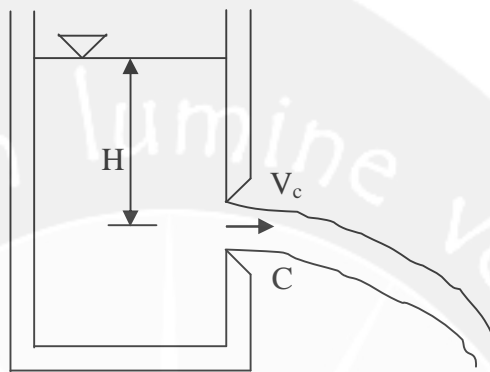
A	= luas penampang aliran	(m ²)
V	= kecepatan aliran	(m/detik)

Dalam perencanaan suatu pembangkit listrik, debit merupakan salah satu faktor yang penting. Oleh karena itu, perencanaan pengambilan debit harus diperhatikan dengan benar. Pengambilan debit atau penyadap (*intake*) dapat direncanakan dengan dua cara, yaitu melalui lubang dan peluap.

1. Aliran melalui lubang
 - a. Lubang kecil

Gambar 2.2 menunjukkan zat cair yang mengalir melalui lubang kecil dari suatu tangki. Pusat lubang terletak pada jarak H dari muka air.

Tekanan pada vena kontrakta adalah atmosfer. Dengan menggunakan persamaan Bernoulli pada permukaan zat cair di kolam dan di vena kontrakta, kecepatan zat cair pada titik tersebut dapat dihitung.



Gambar 2.2 Lubang kecil

$$V_c = \sqrt{2gH}$$

Rumus tersebut menunjukkan kecepatan aliran teoritis pada zat cair ideal. Pada zat cair riil, terjadi kehilangan tenaga yang disebabkan oleh kekentalan. Untuk itu perlu dimasukkan koefisien kecepatan C_v , sehingga:

$$V_c = C_v \sqrt{2gH}$$

Debit aliran adalah $Q = a_c V_c$, a_c adalah luasampang aliran di vena kontrakta. Luas penampang pada titik C adalah lebih kecil dari luas lubang. Dengan memperhitungkan koefisien kontraksi:

$$C_c = \frac{a_c}{a}$$

atau

$$a_c = C_c a$$

maka debit aliran menjadi

$$Q = a_c V_c = C_c a C_v \sqrt{2gH}$$

atau

$$Q = C_d a \sqrt{2gH}$$

Keterangan: C_d adalah koefisien debit, yang nilai reratanya 0,62.

b. Lubang terendam

Apabila permukaan zat cair di sebelah hilir lubang keluar adalah di atas sisi lubang, maka lubang disebut terendam. Gambar 2.3 menunjukkan lubang terendam di mana elevasi permukaan zat cair di sebelah hulu dan hilir terhadap sumbu lubang adalah H_1 dan H_2 . Dengan menggunakan persamaan *Bernoulli* antara titik 1 dan 2 pada sumbu lubang, maka:

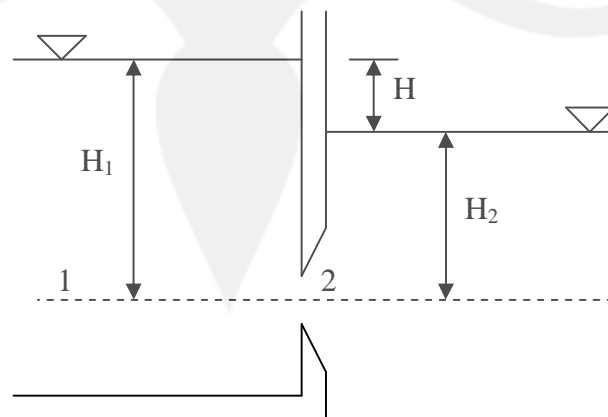
$$V_2 = \sqrt{2g(H_1 - H_2)}$$

sehingga debit nyata aliran melalui lubang adalah:

$$Q = C_d a \sqrt{2g(H_1 - H_2)}$$

atau

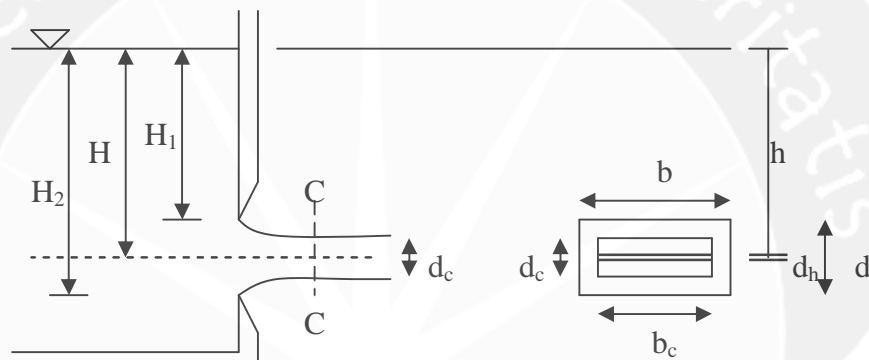
$$Q = C_d a \sqrt{2gH}$$



Gambar 2.3 Lubang terendam

c. Lubang besar

Dipandang lubang besar berbentuk segi empat dengan lebar b dan tinggi d (Gambar 2.4) yang melewati debit aliran secara bebas ke udara luar (tekanan atmosfer). Elevasi permukaan zat cair di dalam kolam adalah konstan sebesar H dari sumbu lubang. Distribusi kecepatan pada vena kontrakta CC adalah sebanding dengan akar dari kedalaman pada setiap titik.



Gambar 2.4 Lubang besar

2. Aliran melalui peluap

Peluap didefinisikan sebagai bukaan pada salah satu sisi kolam atau tangki sehingga zat cair (biasanya air) di dalam kolam tersebut melimpas di atas peluap. Peluap biasanya digunakan untuk mengukur debit aliran sehingga pada saluran irigasi sering dibuat untuk mengetahui besarnya debit yang mengalir.

Berdasarkan bentuk puncaknya peluap bisa berupa ambang tipis atau ambang lebar. Sedangkan menurut bentuknya, peluap dapat dibedakan menjadi peluap segi empat dan trapesium. Masing-masing tipe peluap mempunyai bentuk persamaan aliran yang berbeda.

Pengambilan debit air pada umumnya akan menggunakan suatu saluran sebagai saluran pembawa. Dalam perencanaan saluran pembawa diperhitungkan pula endapan yang biasanya ikut terbawa dari sumber pengambilan. Endapan akan sangat mempengaruhi sistem pembangkit listrik. Keberadaan endapan pada turbin impuls akan dapat menambah kecepatan *nozzle*. Akan tetapi, pada turbin reaksi keberadaan endapan akan mempengaruhi efisiensi turbin. Oleh karena itu, dalam perencanaan pembangkit listrik yang menggunakan turbin reaksi diperlukan suatu bak penenang (*forebay tank*) untuk mengendapkan endapan yang ikut terbawa. Perencanaan ukuran dasar bak penenang ditetapkan sebagai berikut:

Bila lebar bak = B (meter); tinggi air dalam bak = h (meter); kecepatan air dalam bak = V (meter/detik); maka debit

$$Q = B \cdot h \cdot V \cdot m^3 / \text{det}$$

Bila kecepatan turun dari butir tertentu adalah ω , maka waktu untuk endapan tiba di dasar bak adalah

$$t = \frac{h}{\omega}$$

Dengan demikian panjang bak harus diambil;

$$L = V \cdot t = V \cdot \frac{h}{\omega}$$

Keterangan:

Q = debit

V = kecepatan dalam bak; kecepatan ini tidak boleh melebihi kecepatan kritis, yaitu besarnya kecepatan yang akan menyeret butir yang telah mengendap di dasar bak; maksimal 0,4 hingga 0,6 m/det.

ω = kecepatan turun endapan, yang dapat ditetapkan (Gambar 2.5)

h = tinggi air dalam bak yang umumnya diambil sebesar 1,5 hingga 4,0 m.

Besar kecepatan kritis menurut Camp adalah

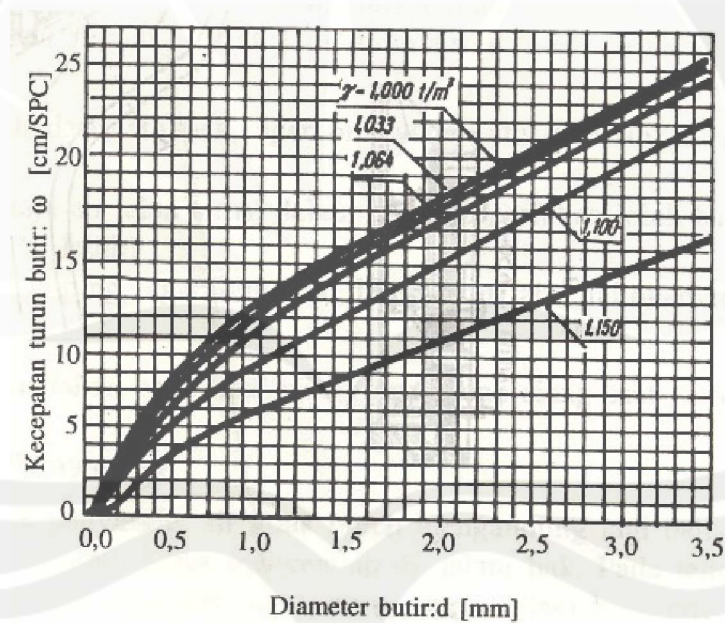
$$V = a\sqrt{d} \text{ cm/det}$$

dengan d = diameter butir (mm)

$$a = 36 \text{ bila } d > 1 \text{ mm}$$

$$a = 44 \text{ bila } 1 \text{ mm} > d > 0,1 \text{ mm}$$

$$a = 51 \text{ bila } d < 0,1 \text{ mm}$$



Gambar 2.5 Grafik kecepatan turun butir

Dengan ketersediaan debit yang efektif melalui sistem saluran air terencana, maka akan dihasilkan daya bangkitan melalui suatu sistem pembangkit tenaga air sebagai berikut:

1. Turbin
2. Generator

3. *Trafo up*
4. *Transmission line*
5. *Trafo down*

Dengan adanya suatu sistem tersebut, maka suatu pembangkit listrik yang merupakan integrasi dari berbagai disiplin ilmu, khususnya teknik sipil, teknik mesin, dan teknik elektronika akan dapat berguna bagi peningkatan kesejahteraan manusia.

