

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Penelitian yang berhubungan dengan perencanaan kapasitas pembangkit menggunakan energy terbarukan ini sudah pernah dilakukan sebelumnya. Berikut ini beberapa paparan penelitian yang berkaitan dan dijadikan sumber referensi dalam menyusun tugas akhir ini:

Salah satu penelitian mengenai energy terbarukan yaitu penelitian yang dilakukan oleh Yani Prabowo, Swasti B, Nazori, dan Grace Gata. Dalam penelitiannya yang berjudul “Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Pada Saluran Irigasi Gunung Bunder Pamijahan Bogor”. Dalam paparan pada penelitiannya menjelaskan berdasarkan pada data yang telah diketahui dari berapa panjang pengukuran dari saluran air lalu beda dari ketinggian (*head*) 4.33 m lalu kecepatan rata – rata air 10 liter/detik yang mendapatkan daya yang hasilnya yaitu 254.604 watt.

Selain itu ada juga penelitian dari Richard Pietersz, Rudy Soenoko, Slamet Wahyudi yang berjudul “Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Optimalisasi Kinerja Turbin Kinetik Roda Tunggal” dalam paparan penelitian menjelaskan bahwa pada debit air 0.016 m/s jumlah sudu 11 kinerja (daya dan efisiensi) tertinggi berada pada putaran 100 rpm yakni sebesar 20,41 Watt.

Pada penelitian dari Herianto salah satu alumni Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Dalam penelitiannya yang berjudul “Analisis Perancangan Generator Mikrohidro Pada Saluran Irigasi di Desa Kebon Agung Kec. Imogiri Kab. Bantul Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta” dalam paparannya pada penelitian menjelaskan bahwa pada perancangan generator untuk mikrohidro dia menggunakan generator permanen dengan frekwensi 50 Hz dan $V = 220$ v maka daya output yang dihasilkan sebesar 439,15 watt.

Di negara Indonesia potensi energi terbarukan banyak yang dapat dikembangkan dan dimanfaatkan untuk dijadikan pembangkit, akan tetapi untuk

merealisasikan pembangkit listrik energi baru terbarukan ini tidak mudah. Untuk pemilihan jenis pembangkit yang cocok butuh pertimbangan-pertimbangan yang matang agar pembangkit itu ekonomis, misalnya aspek ekonomi yang umumnya meliputi 3 lingkup besar, yaitu: untuk biaya awal investasi, biaya untuk operasional, biaya untuk merawatan pembangkit listrik. Seberapa ekonomis nya suatu pembangkit listrik ini dilihat dari setiap kWh (kilo watt kali jam) berapa harga jualnya. Salah satu faktor yang mempengaruhi ekonomisnya pembangkit listrik ini yaitu, (harga listrik yang dijual rendah untuk setiap kWh) yaitu berapa biaya bahan bakar yang harus dikeluarkan untuk pembangkit.

Di daerah Magelang terdapat saluran irigasi yang sangat berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi sumber energi teknologi PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro). Sungai dapat kita manfaatkan aliran airnya untuk PLTMH aliran air yang mengalir dari hulu ke hilir (muara) Derasnya air mengalir pada sungai memiliki potensi energi yang cukup besar. Pada aliran air ini memiliki energi potensial yaitu saat air jatuh, dan energi *kinetic* saat air itu mengalir. Pembangkit listrik tenaga air (*Hydropower*) merupakan energi yang akan didapatkan dari aliran air pada sungai. Aliran air memiliki energi yang dapat kita manfaatkan dengan wujud yaitu energi listrik atau energi mekanis. Untuk memanfaatkan energi potensial air ini menggunakan kincir air atau turbin air dengan cara memanfaatkan aliran air pada sungai, terjunan air, atau aliran parit. Seberapa besarkah tenaga air itu dilihat dari berapa debit dari sungai dan seberapa tinggi *head* yang dipakai . *Head* yaitu jarak dari dasar bendungan yang di pakai sampai ke permukaan dasar sungai.

2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro adalah suatu pembangkit listrik yang bersekala kecil yang memanfaatkan fluida yang nantinya fluida ini akan menggerakkan turbin air. Pembangkit ini dapat dibuat pada, saluran irigasi, sungai atau air terjun dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan pada *head* yang ada dan jumlah debit air dari saluran yang dipakai. Mikrohidro merupakan terdiri dari istilah kata mikro yang artinya kecil dan hidro yang berarti air. Secara teknis, ada

tiga komponen utama pada mikrohidro yaitu air sebagai sumber energi, turbin dan generator. Pembangkit Mikro hidro yang mendapatkan energi dari air yang memiliki perbedaan ketinggian tertentu. Pada dasarnya, pembangkit mikrohidro memanfaatkan *energy* potensial yang ada pada saat air jatuh. Jika semakin tinggi terjunan air yang digunakan maka semakin besar *energy* potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik yang nantinya dapat kita manfaatkan. Selain dari faktor-faktor geografis, tinggi jatuhnya air bisa juga dengan membuat bendungan pada sungai atau saluran irigasi sehingga permukaan air menjadi tinggi. Beberapa keuntungan yang terdapat pada pembangkit listrik tenaga listrik mikrohidro adalah sebagai berikut :

1. Dibanding pembangkit listrik dengan jenis energi fosil, Pembangkit ini lebih murah hal ini dikarenakan menggunakan energi alam untuk penggerak awal.
2. Pembangkit jenis ini memiliki konstruksi sederhana dan pada pengoperasiannya juga mudah dengan sedikit pelatihan.
3. Dalam proses pemanfaatannya ramah lingkungan.
4. Dapat dipadukan dengan program lainnya seperti irigasi dan perikanan.
5. Dapat memberikan kesadaran kepada masyarakat akan pentingnya menjaga kelestarian alam agar tetap asri.

Penerapan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ini dimaksudkan agar bisa mengembangkan potensi dari tenaga air yang bisa didapatkan dari saluran irigasi yang menjadi potensi tenaga listrik. Dengan membuat Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ini potensi energi yang ada pada saluran irigasi bisa dimanfaatkan. Pada bagian-bagian pada parit sawah yang mempunyai potensi, dan menyalukan tenaga listrik yang dihasilkan kepada masyarakat pemakai untuk dimanfaatkan untuk pengembangan potensi social ekonomi desa seperti TPQ, pertanian, peternakan, keagamaan dan lain lain.

Cara kerja PLTMH secara sederhana adalah air dalam jumlah tertentu yang dijatuhkan dari ketinggian tertentu menggerakkan kincir yang ada pada turbin PLTMH, kemudian putaran turbin tersebut digunakan untuk menggerakkan generator (dinamo penghasil listrik). Listrik yang dihasilkan akan dialirkan melalui

kabel ke beban-beban. Cara kerja PLTMH hampir mirip dengan cara kerja *dynamo* lampu sepeda. Putaran roda memutar dinamo dan dinamo menghasilkan listrik untuk menyalakan lampu sepeda. PLTMH ini mengubah tenaga gerak yang berasal dari air menjadi listrik.

Untuk mengetahui debit airnya, yang harus kita lakukan ialah mengetahui luas penampang saluran (A) yang diperoleh dengan mengalihkan lebar sungai/saluran dengan kedalaman rata-rata air sehingga dapat dituliskan dalam persamaan.

$$A = W \times dn / n \quad (2.1)$$

Keterangan:

A = Luas Penampang basah (m²)

W = Lebar sungai / saluran (m)

dn = Jumlah tinggi/dalamnya air pada saluran pengukuran (m)

n = banyak pengukuran

Kemudian kita harus mencari kecepatan aliran sebenarnya (Vs) yang diperoleh dengan mengalihkan kecepatan hasil pengukuran (V) dengan koefisien (Cs) yang sebenarnya. Adapun konstanta tersebut dapat dikelompokkan dalam tiga kelompok:

1. Untuk dasar sungai yang berbatu-batu Cs = 60 %
2. Untuk dasar sungai yang berpasir Cs = 80 %
3. Untuk dasar sungai yang bercadas Cs = 90 %.

Untuk mendapatkan kecepatan aliran sebenarnya digunakan persamaan sebagai berikut:

$$V_s = V \text{ ukur} \times C_s \quad (2.2)$$

Keterangan :

V_s = Kecepatan aliran sebenarnya (m/detik)

V = Kecepatan aliran hasil pengukuran (m/detik)

C_s = Koefisien yang tergantung dari keadaan dasar sungai (%)

Setelah parameter di atas diketahui, dapat ditentukan debit sungai/saluran dengan menggunakan persamaan:

$$Q = A \times V_s \quad (2.3)$$

Keterangan:

Q = Debit air (m³/detik)

A = Luas penampang basah (m²)

V_s = Kecepatan Air sebenarnya (m/detik)

Adapun daya yang dihasilkan dapat dihitung berdasarkan rumus yang ada di bawah ini:

$$P_{in} \text{ Turbin} = g \times Q \times H \text{ (kW)} \quad (2.4)$$

$$P_{out} \text{ Turbin} = g \times Q \times H \times \eta_T \text{ (kW)} \quad (2.5)$$

$$P_{out} \text{ Gen} = P_{input} \text{ Turbin} \times \eta_G \quad (2.6)$$

Keterangan:

P = daya teoritis (KW)

G = gaya grafitasi (m/s²)

Q = debit air (m³/detik)

H = Tinggi Terjun Air (m)

η_T = efisiensi Turbin

η_G = efisiensi Generator

2.2. Komponen-Komponen Utama PLTMH

Ada tiga komponen utama yang harus ada pada mikrohidro yaitu air (sumber energi), turbin dan generator:

1. Air

Air adalah bagian utama pada komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ini. Selain itu, air ini sebagai sumber energi dan menjadi sumber penggerak awal pada mikrohidro. Kondisi pada air bisa juga kita manfaatkan untuk sumber daya (*resources*) untuk penghasil listrik agar mempunyai kapasitas aliran dan ketinggian yang tertentu dari instalasi. Semakin besar kapasitas aliran

maupun ketinggiannya dari instalasi maka akan semakin besar pula energi yang dapat di manfaatkan untuk menghasilkan sebuah energi listrik. Air dalam jumlah yang besar dapat menciptakan tinggi jatuh air oleh karena itu, turbin memerlukan pasokan air yang cukup dan juga stabil. Selain itu, bendungan dapat digunakan untuk penyimpanan energi.

2. Turbin

Turbin adalah perputaran sebuah mesin yang mengambil energi dari aliran fluida. Turbin yang sederhana memiliki satu bagian yang bergerak. Fluida yang bergerak menjadikan sebuah baling-baling bisa berputar dan juga bisa menghasilkan suatu energi yang berfungsi menggerakkan rotor. Contoh turbin awal adalah roda air dan kincir angin. Sebuah turbin yang bekerjanya terbalik maka disebut pompa turbo atau kompresor.

Turbin ini berfungsi untuk mengubah suatu energi potensial menjadi ke energi mekanik. Air akan memukul pada sudut-sudut dari turbin tersebut jadi turbin pun dapat berputar dan perputaran turbin ini pun dihubungkan ke generator.

Turbin air yaitu suatu mesin yang dapat berputar yang mengambil dari energi kinetik dari arus air. Turbin air ini digunakan secara luas untuk tenaga industri sebelum adanya jaringan listrik dan telah dikembangkan pada awal abad ke-19. Pada saat ini turbin ini digunakan untuk keperluan pembangkit tenaga listrik, Mereka pun telah mengambil sumber energi yang sudah bersih dan terbarui.

Turbin gas adalah suatu air dan uap yang biasanya memiliki "*casing*" di area sekitar baling-baling memfokuskan dan mengontrolkan fluid. Baling-baling dan "*Casing*" untuk beberapa keadaan pada aliran fluid memiliki sebuah geometri variabel yang bisa membuat operasi efisien. Energi diperoleh dalam bentuk tenaga "*shaft*" yang berputar.

Energi yang digunakan untuk menggerakkan turbin ini didapatkan dari dua cara yaitu:

- a. Dengan head: yaitu memanfaatkan beda ketinggian permukaan air (energi potensial sungai).
- b. Tanpa head: yaitu memanfaatkan aliran sungai (energi kinetik sungai).

Dimana head ini adalah sebuah jarak vertikal atau besarnya ketinggian jatuhnya air. Semakin besar head ini umumnya maka akan semakin baik karena air yang dibutuhkan akan semakin sedikit dan peralatan semakin kecil serta turbin bergerak dengan kecepatan tinggi.

3. Generator

Generator yaitu suatu alat yang digunakan untuk mengubah daya gerak menjadi daya listrik. Secara umumnya ada dua jenis generator yang biasanya digunakan pada PLTMH, yaitu generator induksi dan generator sinkron. Pada generator induksi tidak diperlukan lagi untuk sistem pengaturan tegangan dan kecepatannya. Generator ini dia tidak dapat bekerja sendiri karena memerlukan suatu sistem jaringan listrik sebagai untuk penggerak awalnya (Desmiwarman, "Modak, 2002").

Generator jenis ini lebih cocok digunakan untuk daerah yang telah dilalui jaringan listrik (*Grid System*). Generator sinkron bekerja pada kecepatan yang telah berubah-ubah. Supaya untuk dapat menjaga agar menjadi kecepatan generator tetap, tetapi sekarang dalam menggunakan nya harus dalam keadaan *speed governor* elektronik. Generator jenis ini dapat digunakan secara langsung dan tidak membutuhkan lagi jaringan listrik lain sebagai penggerak awalnya dan sangat lah cocok kalau digunakan didesa yang letaknya terpencil dengan sistem isolasi (Desmiwarman, "Modak, 2002").

Batasan umum generator untuk mini-mikrohidro power (Desmiwarman,"Modak, 2002") adalah

1. Output : 50 kVA s/d 6250 kVA
2. Voltage : 415, 3300, 6600, dan 11000
3. Volt Speed : 375 750 RPM

Hubungan antara suatu turbin dengan generator dapat menggunakan jenis sistem *gearbox* atau menggunakan sambungan sabuk (*belt*). Biasanya jenis sebuah sabuk yang digunakan pada PLTMH yang berskala besar yaitu jenis *flat belt* dan sedangkan *V-belt* adalah yang biasa digunakan pada yang berskala di bawah 20 kW. Yang perlu dan harus kita perhatikan saat perancangan pada PLTMH adalah untuk menyesuaikan antara debit air yang tersedia dan dengan besarnya generator yang digunakan sehingga generator yang kita pakai tidak terlalu besar maupun terlalu kecil dari debit air yang telah ada.

2.3. Bagian-Bagian Penting PLTMH

1. Bendungan (*Weir*) dan Bangunan Penyadap (*Intake*)

Bendungan merupakan bagian yang penting pada pembangunan atau pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro karena bendungan ini digunakan untuk menampung air yang membuat tekanan air semakin kuat. Bendungan yang digunakan pada pembangkit mikrohidro biasanya berupa bendungan beton. Untuk pemilihan jenis bendungan yang terbaik untuk suatu tempat tertentu merupakan suatu masalah kelayakan teknis dan biaya. Kelayakan dipengaruhi oleh keadaan geologis, cuaca, dan topografi. Perlengkapan lainnya adalah: penjebak/saringan sampah. Pada umumnya PLTMH, merupakan pembangkit *type run of river* sehingga bangunan intake dibangun berdekatan dengan bendungan dengan memilih dasar sungai yang stabil dan aman terhadap banjir.



Gambar 2.1 Bendungan

2. Saluran Pembawa (*Head Race*)

Saluran Pembawa (*Head Race*) ini digunakan untuk mengalirkan air yang ada dari intake menuju pipa pesat yang dipasang dengan tetap menjaga ketinggian muka air yang ada. Saluran ini biasanya mempunyai kemiringan relative kecil. Tipe saluran pembawa ini tergantung pada kondisi topografi geologi yang ada di daerah yang dilewati, berupa saluran terbuka, pipa atau bisa juga terowongan, baik yang bertekanan ataupun tidak yang bertekanan. Konstruksi saluran penghantar dapat berupa pasangan batu kali atau hanya berupa tanah yang digali. Pada saluran penghantar juga perlu dilengkapi dengan adanya suatu saluran pelimpah pada setiap jarak tertentu. Saluran pelimpah perlu ada untuk berjaga-jaga bila terjadi banjir maka air akan menuju ke saluran pelimpah.



Gambar 2.2 Head Race

3. Kolam Pengendap

Kolam pengendap ini biasanya dibuat dengan cara memperdalam dan memperlebar sebagian saluran penghantar dan menambahnya dengan saluran penguras. Fungsinya untuk mengendapkan pasir dan menyaring kotoran yang hanyut, sehingga air yang masuk ke turbin relatif bersih sehingga turbin juga menjadi lebih terawat dan tidak mudah rusak.



Gambar 2.3 Bak Pengendap

4. Bak Penenang (*Forebay*)

Bak penenang (*forebay*) diletakkan pada saluran pembawa bagian ujung dari saluran pembawa. Fungsi dari bak penenang secara umum yaitu:

- a. Untuk mengontrol adanya perbedaan debit di *penstock* dan juga pada sebuah saluran pembawa dikarenakan fluktuasi beban.
- b. Pemindahan sampah terakhir (tanah dan pasir, kayu yang mengapung, dll.)

Pada air yang mengalir struktur dari bak penenang terdiri dari bak pengendap (*setting basin*) saluran pelimpah (*spillway*), *trashrack*, dan bak penenang sendiri. Bangunan ini sering kali dikenal dengan istilah head tank sebagai *reservoir* air yang terletak pada sisi atas untuk aliran ke unit turbin yang terletak dibagian bawah. Beda jatuh air ini yang dikenal head. Kapasitas bak penenang didefinisikan sebagai kedalaman air dan panjang bak penenang. Untuk menentukan sebuah kapasitas dari bak penenang digunakan persamaan yaitu: (Adesalbg.wordpress.com. 27/07/2011.)



Gambar 2.4 Bak Penenang

$$V_{sc} = A_s \cdot d_{sc} = B \cdot L \cdot d_{sc} \quad (2.7)$$

Keterangan:

A_s = area bak penenang

B = lebar bak penenang

L = panjang bak penenang

d_{sc} = kedalaman air dari kedalaman aliran yang sama

Ketika menggunakan debit maksimum dari suatu saluran yang menuju kedalaman kritis pada ujung tanggul yang digunakan untuk menjebak pasir yang ada di bak penenang. Pipa pesat ini biasanya diletakkan sedekat mungkin di atas *Power House* tujuannya yaitu untuk menghemat panjang pipa pesat. Bak penenang juga dilengkapi dengan saringan agar sampah tidak masuk ke dalam pipa pesat dan juga saluran pelimpah ketika air berlebih.

5. Pipa Pesat (*Penstock*)

Pipa pesat (*penstock*) yaitu pipa pengatur yang digunakan sebagai menyalurkan air dari bendungan ke sudu-sudu turbin dengan diameter yang besar. Pipa pesat umumnya terbuat dari baja, bisa juga dengan beton bertulang dan kayu dan tempat pemasukan pipa pesat terdapat saringan halus, sedangkan untuk pengosongan pipa terdapat pintu air. Proses konversi energi dari energi potensial hidrolik menjadi energi kinetik yang akan dirubah menjadi energi

mekanik oleh unit turbin terjadi melalui pemanfaatan potensi air yang berkumpul di bak penenang (*head tank*). Air dari bak penenang mengalir melalui penstock (pipa pesat) menuju turbin yang terdapat di dalam rumah pembangkit.



Gambar 2.5 Pipa Penstock

6. Pondasi dan Dudukan Pipa Pesat

Untuk dudukan pada pipa pesat ini harus mampu menahan beban statis maupun dinamis pada pipa dan air yang akan mengalir pada pipa pesat. Untuk itu, harus dihindari belokan -belokan karena akan mengakibatkan gaya yang cukup besar. Apabila gaya ini tidak bisa ditahan oleh tanah, maka pipa pesat akan terdorong - bergeser dan rusak. Untuk itu, perencanaan dimensi dudukan pipa pesat ini harus dilakukan secara matang, tentunya berdasarkan kondisi tanah yang ada pada lokasi *mikrohidro*.

7. Rumah Pembangkit (*Power House*)

Pada *power house* ada banyak sekali peralatan-peralatan PLTMH didalamnya seperti peralatan mekanik berupa Turbin dan Generator kemudian ada juga peralatan elektrik seperti controller untuk mengatur PLTMH. Dalam desain *power house*, pondasi turbin - generator harus dipisahkan dari pondasi bangunan

power house. Hal yang perlu juga dipikirkan dalam pembuata rumah ini yaitu keleluasaan saat ada pembongkaran pada generator ataupun turbin. Persoalan ini masih ditambah lagi dengan perlunya saluran pembuang di dalam sampai keluar *power house*.



Gambar 2.6 Rumah Pembangkit

8. Turbin

Turbin ini merupakan komponen yang digunakan untuk mengubah energi potensial dari air menjadi energi mekanik. Untuk pembangkit listrik tenaga air ini menggunakan turbin air. Turbin air memiliki sudu-sudu yang digunakan untuk menerima energi dari fluida dari energi yang diperoleh ini akan membuat turbin berputar. Turbin yang dipakai pada PLTMH, memiliki kepadatan energi yang rendah, dikarenakan pada pembangkit listrik tenaga mikrihidro ini aliran air tidak terlalu deras. Berikut ini adalah macam-macam turbin yang biasa di pakai pada pembuatan pembangkit tenaga air:

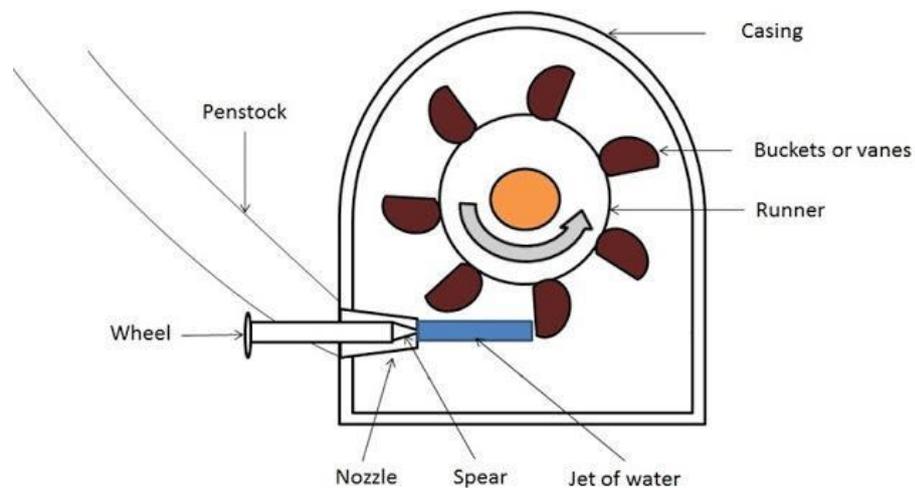
- a. Turbin Implus; Untuk penggunaan turbin air ini, bekerja dengan cara merubah energi air secara keseluruhan meliputi energi potensial, tekanan, dan kecepatan yang ada menjadi energi kinetik sehingga energi kinetik tersebut dapat memutar turbin air yang digunakan pada pembangkit.

- b. Turbin Reaksi; Untuk penggunaan turbin ini akan menghasilkan torsi dengan menggunakan fluida yang ada. Penggunaan turbin air ini juga diperlukan adanya sudu *casing* untuk bisa mengontrol arah fluida yang nantinya akan memutar turbin air.

Berikut ini adalah jenis – jenis Turbin air dan Kincir air:

a) Turbin Pelton

Turbin pelton adalah turbin yang cocok untuk tinggi terjun yang tinggi, yaitu kisaran diatas 300 meter. Teknik untuk mengkonversikan energi potensial air menjadi energi mekanik pada roda air turbin dilakukan melalui proses impuls sehingga turbin pelton disebut juga turbin impuls.



Gambar 2.7 Turbin Pelton

Turbin pelton terdiri dari dua bagian utama yaitu:

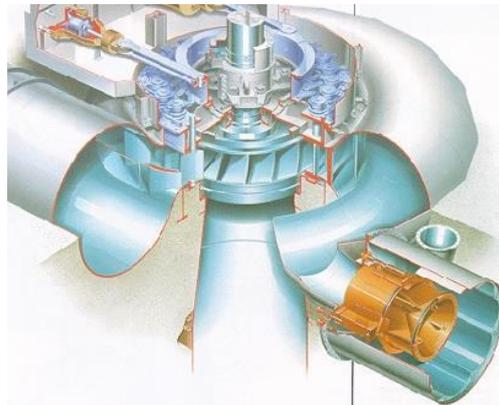
- a. Nozzel
- b. Roda jalan

Nozzel mempunyai beberapa fungsi yaitu:

- a. Mengarahkan pancaran air ke sudu turbin
- b. Mengubah tekanan menjadi energi kinetik
- c. Mengatur kapasitas air yang masuk turbin

b) Turbin Francis

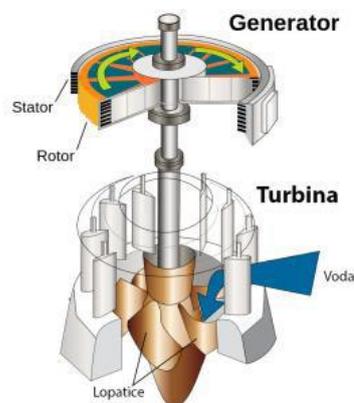
Turbin francis menggunakan tekanan berlebih dalam prosesnya. Saat roda jalan telah dimasuki air yang jatuh, maka energi tinggi jatuh ini sebagian akan bekerja didalam pada sudu pengarah turbin air yang akan diubah sebagai kecepatan air yang masuk. Dengan menggunakan pipa isap, energi tinggi jatuh bekerja di sudu jalan secara maksimal.



Gambar 2.8 Turbin Francis

c) Turbin Kaplan

Turbin kaplan ini adalah evolusi dari pada turbin francis. Suatu penemuan yang yang memungkinkan produksi listrik menjadi lebih efisien, di lokasi yang mempunyai head yang relatif rendah.

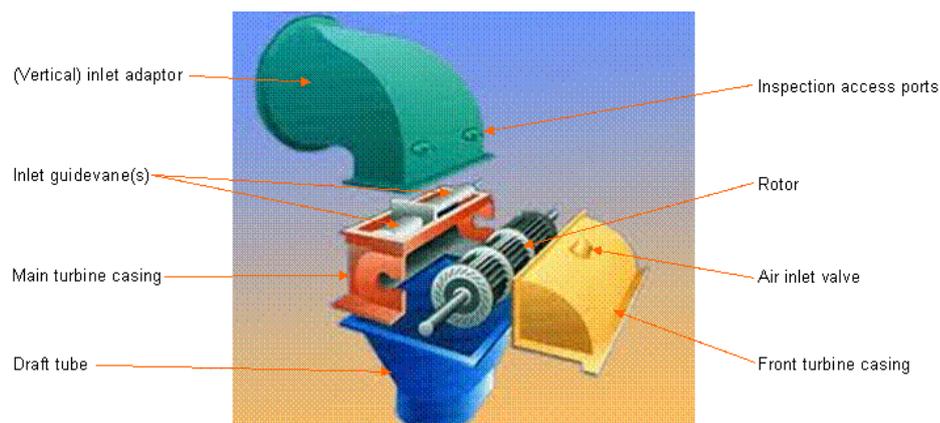


Gambar 2.9 Turbin Kaplan

Umumnya, turbin impuls digunakan untuk tempat dengan head tinggi, dan turbin reaksi digunakan untuk tempat dengan head rendah. Turbin Kaplan baik digunakan untuk semua jenis debit dan head, efisiensinya baik dalam segala kondisi aliran. Turbin kecil (umumnya dibawah 10 MW) mempunyai poros horisontal, dan kadang dipakai juga pada kapasitas turbin mencapai 100 MW. Turbin Francis dan Kaplan besar biasanya mempunyai poros / sudu vertikal karena ini menjadi penggunaan paling baik untuk head yang didapatkan, dan membuat instalasi generator lebih ekonomis.

d) Turbin Cross-Flow

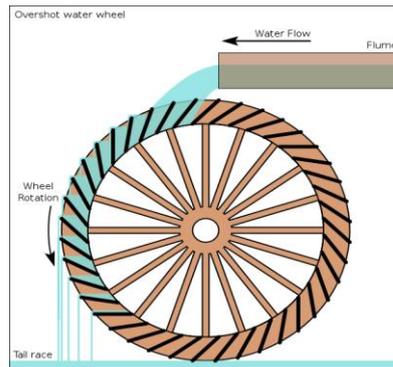
Turbin *Cross Flow* ditemukan oleh ilmuwan Australia yang bernama Anthony Michell, Ilmuwan Australia Donat Banki, Ilmuwan Jerman Fritz Ossberger. Tidak seperti turbin yang lain, yang putaran turbin dikarenakan aliran air secara radial ataupun axial, pada turbin jenis ini air akan mengalir dengan cara melintang atau memotong blade turbin, Turbin jenis ini dalam pendisainannya digunakan untuk mengakomodasi debit air yang lebih besar dan head yang lebih rendah dibanding dengan turbin pelton. Yang pada turbin pelton ini head nya kurang dari 200m



Gambar 2.10 Turbin Cross Flow

e) **Kincir air *overshot***

Kincir air *over-shot* ini bekerja saat air yang mengalir jatuh ke sudu-sudu bagian atas dan karena gaya berat air roda kincir pun akan berputar. Kincir air *over-shot* ini suatu kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir air yang lainnya.



Gambar 2.11 Kincir air overshot

Keuntungan dalam menggunakan sebuah kincir air *over-shot* ini adalah sebagai berikut:

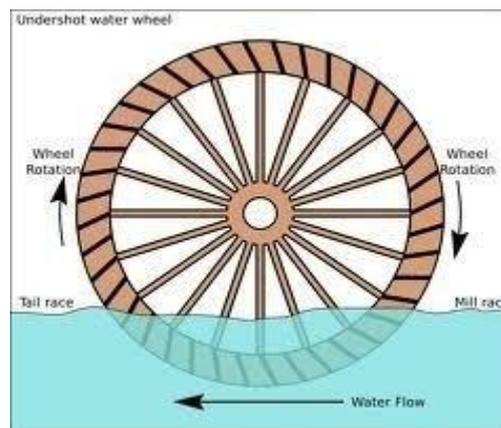
- a. Teknologinya sederhana mudah diterapkan di daerah yang terpencil
- b. Tidak terlalu membutuhkan aliran air yang deras
- c. Tingkat efisiensi yang tinggi
- d. Konstruksinya cukup sederhana
- e. Perawatannya mudah

Kekurangan dalam menggunakan sebuah kincir air *over-shot* ini adalah sebagai berikut:

- a. Dikarenakan aliran air berasal dari atas turbin maka biasanya bendungan air akan memerlukan investasi yang lebih banyak
- b. Pada mesin putaran tinggi turbin ini tidak dapat diterapkan
- c. Turbin ini membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatannya
- d. Daya yang akan dihasilkan relative lebih kecil

f) Kincir Air *Undershot*

Untuk kincir air *under-shot* ini bekerja bila air yang mengalir, menghantam ke dinding sudu yang telah terletak pada bagian bawah dari kincir air tersebut. Kincir air undershot tidak mempunyai tambahan keuntungan dari head. Tipe undershot akan cocok jika dipasang pada perairan yang dangkal didaerah yang rata. Tipe undershot disebut juga dengan "*Vitruvian*".



Gambar 2.12 Kincir air undershot

Adapun keuntungan ketika dalam menggunakan kincir air *under-shot* adalah sebagai berikut:

- a. Konstruksi dari kincir air ini lebih sederhana
- b. Lebih ekonomis
- c. Dan juga kincir air ini mudah untuk dipindahkan

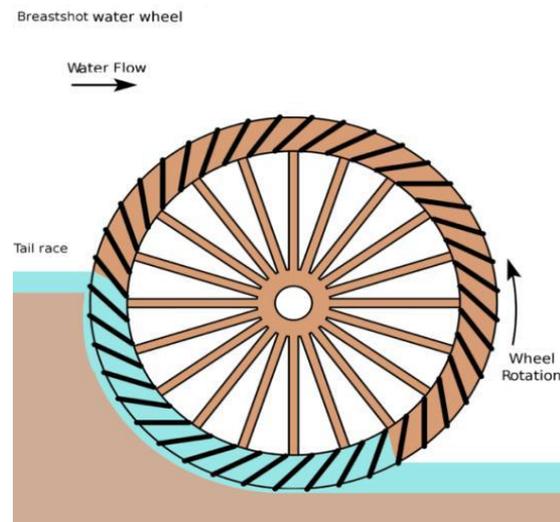
Adapun kerugian ketika dalam menggunakan kincir air *under-shot* adalah sebagai berikut:

- a. Efisiensi kincir air ini kecil
- b. Daya yang dihasilkan relative kecil

g) Kincir Air *Breastshot*

Tipe kincir air *breast-shot* ini merupakan perpaduan yaitu antara *over-shot* dan *under-shot*, dapat dilihat dari energi yang diterimanya. Jarak tinggi jatuhnya air tidak melebihi pada diameter kincir itu sendiri, arah aliran air yang

menggerakkan kincir air pada sekitar sumbu poros dari kincir air. Dari kincir air ini bisa merubah dalam hal kinerjanya.



Gambar 2.13 Kincir Air Breastshot

Adapun keuntungan dalam menggunakan kincir air jenis *breast-shot* ini adalah sebagai berikut:

- a. Pada tipe ini bisa diaplikasikan pada sumber aliran air yang datar
- b. Kincir air ini dibandingkan dengan tipe *undershot* jauh lebih efisien tipe *breastshot*
- c. Dibandingkan dengan tipe *overshot*, tinggi jatuhnya air lebih pendek

Adapun kerugian dalam menggunakan kincir air jenis ini adalah sebagai berikut:

- a. Sudu tipe *breastshot* ini tidak rata atau bisa dibilang lebih rumit dibandingkan dengan *undershot*
- b. Efisiensinya lebih kecil dari pada tipe *overshot*
- c. Pada kincir air tipe ini diperlukan dam pada arus aliran datar

9. Generator

Generator adalah suatu alat yang digunakan untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. PLTA *Mikro* mempunyai perbedaan tinggi mukaair yang kecil sehingga kecepatan turbin kecil. Untuk menggerakkan generator, kecepatan ini harus dinaikkan, sehingga memakai dalam satu poros untuk turbin dan generator tidak mungkin. Maka perlu dipasang transmisi mekanis dengan memakai ban karena perpindahan putaran berdasarkan gesekan, maka ban ini dipasang dalam keadaan pratarik. Untuk meninggikan gesekan, ban ini umumnya berbentuk trapesium yang dipasang pada alur roda dengan bentuk yang sama, seperti ban kipas radiator pada mobil. Roda gigi dapat digunakan bila jarak antara poros turbin dan poros generator kecil. Rantai digunakan bila jarak kedua poros terlalu besar untuk menggunakan roda gigi dan terlalu kecil untuk memakai ban.



Gambar 2.14 Generator

Tabel 2.1 Efisiensi Komponen PLTMH

| No | Efisiensi | Nilai (%) |
|----|----------------------------|-----------|
| 1 | Efisiensi pipa pesat | 95 |
| 2 | Efisiensi Turbin | 90 |
| 3 | Efisiensi generator | 80 |
| 4 | Efisiensi trafo | 85 |
| 5 | Efisiensi transmisi | 96 |
| 6 | Efisiensi konstruksi sipil | 90 |

(Sumber : Menik Windarti (Adam Harvey 1993))

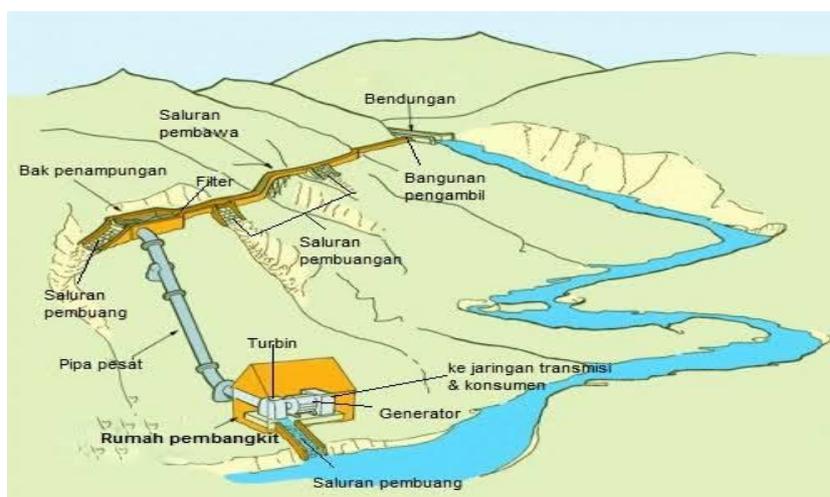
Penentuan debit turbin sangat mempengaruhi efektifitas dari suatu PLTMH. Misalnya dengan adanya kolam pengatur. Disini air sungai disimpan pada waktu bebannya minimum, dan digunakan pada waktu beban puncak untuk beberapa jam waktu siang hari. Dengan demikian debit alamiah dari sungai, baik harian maupun mingguan, diatur oleh kolam pengatur ini. Oleh karena itu debit sungai ditentukan sesuai dengan kondisi beban harian maupun mingguan yang akan dicapai untuk menyediakan tenaga. Karena itu perlu diketahui beban yang akan terjadi. Ada beberapa cara untuk mengetahui beban yang akan terjadi tersebut. Satu cara diantaranya adalah dengan memperkirakan dan menjumlah beban harian dalam satu tahun operasi. Cara lain adalah dengan memperkirakan dan menghitung lengkung beban yang lazim setiap bulan, baik dalam musim hujan, atau pun dalam musim kemarau.

Ada berbagai macam daya yang dihasilkan dalam pembangkitan yaitu:

- a. Daya maksimum, yaitu daya maksimum yang dapat dibangkitkan oleh pembangkit.
- b. Daya pasti, yaitu daya yang dibangkitkan selama 355 - 365 hari dalam setahun.

- c. Daya Puncak, yaitu hasil yang dibangkitkan selama jam-jam tertentu setiap hari yang meliputi 355 hari selama setahun.
- d. Daya puncak khusus, yaitu daya yang dihasilkan setiap hari, tanpa pembatasan jam operasi dalam musim hujan, dikurangi dengan daya pasti.
- e. Daya penyediaan, yaitu hasil yang dibangkitkan dalam musim kemarau, dengan mempergunakan simpanan air dalam waduk yang dikumpulkan selama musim hujan, dikurangi dengan daya pasti.
- f. Daya penyediaan puncak dan daya waduk.

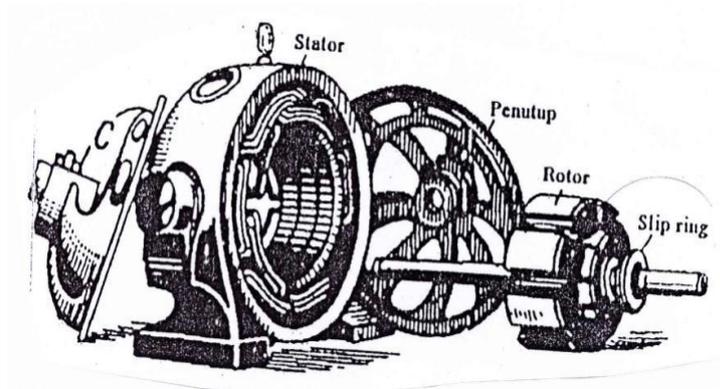
Daya dari generator pada umumnya disebut output dari pembangkit. Pada Pembangkit Tenaga Air dipompa, jika tinggi jatuh bersih dari pompa adalah H (m), debit pompa adalah Q (m^3/s), efisiensi dari motor-generator dan pompa masing masing adalah η_M dan η_P . Tenaga yang dihasilkan adalah tenaga listrik yang dibangkitkan. Untuk perencanaan, kemungkinan pembangkitan energi dalam setahun dihitung, dan ini kemudian dikalikan dengan factor ketersediaan antara 0,95-0,97 untuk mendapatkan tenaga pembangkitan tahunan. Dari harga itu dihitung biaya pembangunan dan biaya pembangkitan yang digunakan dalam perbandingan ekonomis dari berbagai rencana. Tenaga listrik yang mungkin dibangkitkan dihitung dari aliran air, tinggi terjun dan jumlah jam kerja, sesuai dengan aturan dan kebutuhan system tenaga listrik. Efisiensi PLTMH sebesar 89,53 %.



Gambar 2.15 Skema Pembangkit PLTMH

2.4. Klasifikasi Generator

Secara garis besar untuk komponen generator ini diklasifikasikan menjadi dua, yaitu generator arus searah dan generator arus bolak-balik. Dalam pembangkitan listriknya tenaga mikrohidro, biasanya menggunakan generator arus bolak-balik, yaitu generator sinkron (alternator). Generator sinkron ini merupakan mesin pembangkit tenaga listrik, yang dimana besarnya tegangan frekuensi yang telah dihasilkan berbanding langsung dengan kecepatan pada putaran rotornya.



Gambar 2.16 Bagian-bagian generator serempak

2.5. Kapasitas Generator

Mengenai kapasitas pada komponen generator ini di nilai dalam kilo volt ampere (kVA) dan biasanya juga dalam kilowatt (kW) pada faktor daya yang tertentu. Data lain yang terdapat pada plat nama (*name plate*) generator termasuk nilai tegangan, arus, frekuensi, jumlah fasa, arus penguatan, dan juga temperatur kerja. Pada sistem satu fasa, besarnya daya listrik yang akan disalurkan dapat dihitung dengan persamaannya:

$$V_p \cdot I_p \cos \varphi \text{ (Watt)} \quad (2.8)$$

$$S = V_p \cdot I_p \text{ (VA)} \quad (2.9)$$

Keterangan:

P : Daya

$\cos \varphi$: Faktor daya

V_p : Tegangan fasa

S : Daya semu
 I_p : Arus phasa

Dalam efisiensi pada generator, dapat ditentukan dengan suatu pengukuran yang langsung masukan dan keluaran atau dengan perhitungan setelah rugi-rugi ditentukan. Pada umumnya efisiensi generator berkisar 85% sampai 90%.

2.6. PLTMH Semawung

PLTMH Semawung, terletak di Kabupaten Kulon Progo tepatnya yaitu berada di Dukuh Semawung, di Desa Banjarharjo, Kecamatan Kalibawang. Pada pembangkit di Semawung ini tidak terdapat bendungan pada sungai, Pembangkit ini memanfaatkan sumber daya air dari saluran irigasi Kalibawang. Hulu dari saluran irigasi Kalibawang ini sama dengan selokan mataram yaitu pada bendungan Ancol. Debit dari Saluran Irigasi yang di pakai untuk PLTMH ini yaitu sebesar $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$, dengan tinggi head yang digunakan yaitu 12 m. Dengan menggunakan turbin air jenis Kaplan, daya output dari PLTMH Semawung rata-rata menghasilkan daya 500 kW, dengan kapasitas daya yang terpasang sebesar 600 kW.



Gambar 2.17 PLTMH Semawung