

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berskala kecil (< 100 kW) yang memanfaatkan tenaga (aliran) air sebagai sumber penghasil energi. PLTMH termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut *clean energy* karena ramah lingkungan. Tenaga air berasal dari aliran sungai kecil atau danau yang dibendung dan kemudian dari ketinggian tertentu dan memiliki debit yang sesuai akan menggerakkan turbin yang dihubungkan dengan generator listrik. Semakin tinggi jatuhan air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Klasifikasi umum pembangkit listrik tenaga air dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air

Tipe	Kapasitas (kW)
Mikro Hidro	< 100
Mini Hidro	101-2.000
Small Hidro	2.001-25.000
Large Hidro	>25.000

(Sumber: Teacher Manual Diploma Hydro Power)

Pembangkit tenaga air merupakan suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator. Bentuk pembangkit tenaga mikro hidro bervariasi, tetapi prinsip kerjanya adalah sama yaitu perubahan tenaga potensial menjadi tenaga listrik. Perubahan energi tersebut tidak terjadi secara langsung, tetapi berturut-turut melalui perubahan sebagai berikut (Very Dwiyanto, 2016).

- Tenaga potensial menjadi tenaga kinetik.
- Tenaga kinetik menjadi tenaga mekanik.
- Tenaga mekanik menjadi tenaga listrik.

Tenaga potensial adalah tenaga air karena berada pada ketinggian. Energi kinetik adalah tenaga air karena mempunyai kecepatan. Tenaga mekanik adalah tenaga kecepatan air yang terus memutar kincir atau turbin. Tenaga listrik adalah

hasil dari generator yang berputar akibat berputarnya kincir atau turbin. Keuntungan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) ialah:

- 1) PLTMH ini cukup murah karena menggunakan energi alam.
- 2) Memiliki konstruksi yang sederhana dan dapat dioperasikan di daerah terpencil.
- 3) Tidak menimbulkan pencemaran pada lingkungan.
- 4) Dapat dipadukan dengan program lainnya seperti irigasi dan perikanan.
- 5) Dapat mendorong masyarakat agar dapat menjaga kelestarian hutan sehingga ketersediaan air terjamin.

Peningkatan kebutuhan suplai daya ke daerah-daerah pedesaan di sejumlah negara, sebagian untuk mendukung industri-industri dan sebagian untuk menyediakan penerangan di malam hari. Kemampuan pemerintah yang terhalang oleh biaya yang tinggi untuk perluasan jaringan listrik, membuat Mikrohidro memberikan sebuah alternatif ekonomi ke dalam jaringan. Hal ini dikarenakan Skema Mikrohidro yang mandiri dapat menghemat dari jaringan transmisi, karena skema perluasan jaringan tersebut biasanya memerlukan biaya peralatan dan pegawai yang mahal (Stevi Nathanael Wenes, 2015).

Potensi sumber daya air yang melimpah di Indonesia karena banyak terdapatnya hutan hujan tropis, membuat kita harus bisa mengembangkan potensi ini, karena air adalah sebagai sumber energi yang dapat terbarukan dan alami. Bila hal ini dapat terus dieksplorasi, konversi air menjadi energi listrik sangat menguntungkan bagi negeri ini. Di Indonesia telah terdapat banyak sekali PLTMH dan waduk untuk menampung air, tinggal bagaimana kita dapat mengembangkan PLTMH menjadi lebih baik lagi dan lebih efisien (Stevi Nathanael Wenes, 2015).

2.2 Prinsip Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

PLTMH pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan generator menghasilkan listrik.

Sebuah skema mikrohidro memerlukan dua hal yaitu, debit air dan ketinggian jatuh (*head*) untuk menghasilkan tenaga yang dapat dimanfaatkan. Hal ini adalah sebuah sistem konversi energi dari bentuk ketinggian dan aliran (energi potensial) kedalam bentuk energi mekanik dan energi listrik (Donald, 1994). Potensi daya mikrohidro dapat dihitung menggunakan persamaan 1.

$$P = \rho g Q H \eta \quad (1)$$

(Sumber : *Teacher Manual Diploma Hydro Power*)

Dimana:

P = Daya yang dibangkitkan PLTMH (Watt)

ρ = massa jenis air (kg/m³)

g = gravitasi (9,81 m/s²)

Q = Debit aliran Air (m³/s)

H = beda ketinggian (m)

η = efisiensi sistem PLTMH, efisiensi sistem PLTMH umumnya 0,85

2.3 Debit Aliran

Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m³/dt). Dalam laporan-laporan teknis, debit biasanya ditunjukkan dalam bentuk hidrograf aliran (Chay Asdak, 2007: 190).

Pengukuran debit aliran dapat dilakukan dengan mengukur waktu tempuh pelampung untuk panjang atau jarak tertentu yang ditentukan. Dari besaran jarak dan waktu dapat dihitung kecepatan air. Karena pelampung hanya mengukur kecepatan pada permukaan air diperlukan modifikasi (mengisi pelampung dengan air agar massa jenisnya hampir sama dengan air sehingga melayang) agar kecepataannya bisa mewakili seluruh luas penampang (Menik Windarti, 2014).

PLTMH skala kecil sangat tergantung dengan ketersediaan air dan kondisi alam sekitar pembangkit, untuk itu perkiraan debit air dan maksimum sangat penting dalam suatu perencanaan. Untuk menghitung jumlah debit air dapat digunakan persamaan 2.

$$Q = A. v \quad (2)$$

(Sumber : Warren L. Mc Cabe hal. 63)

Dimana :

Q = Debit aliran air (m^3/s)

A = Luas penampang aliran (m^2)

v = Kecepatan aliran (m/s)

2.4 Turbin Air

Turbin air adalah turbin yang menggunakan air sebagai fluida kerja. Air mengalir dari tempat yang lebih tinggi menuju tempat yang lebih rendah. Dalam proses aliran didalam pipa, energi potensial berangsur-angsur berubah menjadi energi kinetik. Didalam turbin, energi kinetik air diubah menjadi energi mekanis dimana air akan memutar roda turbin yang ditransmisikan pada generator untuk menghasilkan energi listrik. Untuk menghitung energi listrik yang dihasilkan dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Poernama Sari, dan Fasha 2012):

$$P_{listrik} = V \cdot I \quad (3)$$

Dimana:

$P_{Listrik}$ = Energi Listrik (W)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

2.4.1 Klasifikasi Turbin Air Berdasarkan Perubahan Momentum Fluida Kerja

Dilihat dari segi perubahan momentum fluida kerjanya, turbin air dibedakan dalam dua golongan utama yaitu (Supratmanto, 2016):

1. Turbin Impuls

Turbin Impuls merupakan turbin air yang memiliki tekanan sama pada setiap sudu geraknya (*runner*). Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada nozel. Air keluar nozel yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (impuls). Akibatnya roda turbin akan berputar. Turbin impuls adalah turbin tekanan sama karena aliran air yang keluar dari nosel tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Semua energi, tinggi tempat dan tekanan ketika masuk ke sudu jalan turbin dirubah

menjadi energi kecepatan. Contoh turbin impuls adalah turbin pelton, turbin turgo dan turbin *crossflow*.

2. Turbin Reaksi

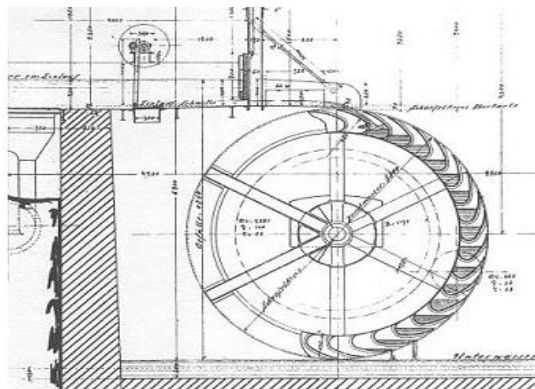
Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya pada sudu sehingga *runner* (bagian turbin yang berputar) dapat berputar. Turbin yang bekerja berdasarkan prinsip ini dikelompokkan sebagai turbin reaksi. *Runner* turbin reaksi sepenuhnya tercelup dalam air dan berada dalam rumah turbin. Turbin reaksi bekerja dengan cara penggerak turbin air secara langsung mengubah energi kinetik juga energi tekanan secara bersamaan menjadi energi mekanik, contohnya adalah turbin francis dan turbin kaplan.

2.4.2 Klasifikasi Turbin Air Berdasarkan Sistem Aliran Air Pendorong

Turbin air digerakkan karena adanya dorongan aliran air yang tinggi sehingga dapat memutar sudu-sudu turbin. Berikut klasifikasi turbin air berdasarkan aliran arah tembak fluida yaitu *Overshot*, *Undershot* dan *Breastshot* (Juneidy Morong, 2016).

a. Overshot

Tipe *overshot* adalah tipe turbin air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian atas turbin. Berikut gambar yang menunjukkan mengenai turbin air tipe *overshot*.



Gambar 1. Turbin Air Tipe *Overshot*

Tipe ini cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata. Tipe ini disebut juga dengan “*vitruvian*”. Disini aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar turbin.

Keuntungan dari penggunaan tipe *overshot* ialah:

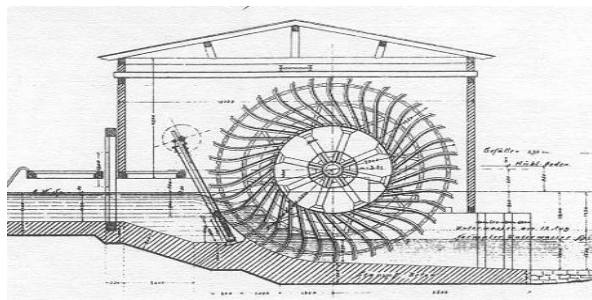
- a. Tingkat efisiensi yang tinggi dapat mencapai 85 %.
- b. Tidak membutuhkan aliran yang deras.
- c. Konstruksi yang sederhana.
- d. Mudah dalam perawatan.
- e. Teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terpencil.

Sedangkan kerugian dari tipe *overshot* yaitu:

- a. Karena aliran air berasal dari atas maka biasanya reservoir air atau bendungan sir memerlukan investasi lebih banyak.
- b. Tidak dapat digunakan untuk mesin putaran tinggi.
- c. Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.

b. Undershot

Tipe *undershot* adalah turbin air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian bawah turbin. Untuk melihat gambar turbin air pada arah aliran *undershot* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Turbin Air Tipe *Undershot*

Keuntungan dari penggunaan tipe *undershot* ialah:

- a. Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.
- b. Konstruksi lebih sederhana

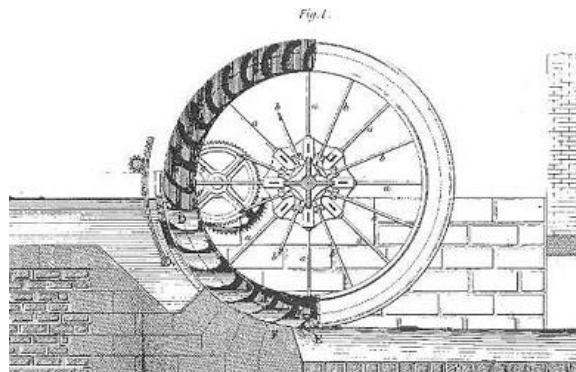
- c. Lebih ekonomis
- d. Mudah untuk dipindahkan

Sedangkan kerugian dari tipe *undershot* yaitu:

- a. Efisiensi kecil (25%-70%)
- b. Daya yang dihasilkan relatif kecil

c. Breastshot

Tipe *breastshot* adalah tipe turbin air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian tengah turbin. Gambar dari turbin air tipe *breastshot* ditampilkan pada gambar sebagai berikut.



Gambar 3. Turbin Air Tipe *Breastshot*

Adapun keuntungan dari tipe *Breastshot* yaitu:

- a. Tipe ini lebih efisiensi dari tipe *undershot*.
- b. Dibandingkan tipe *overshot* tinggi jatuhnya lebih pendek.
- c. Dapat diaplikasikan pada sumber air aliran rata.

Sedangkan kerugian dari tipe *Breastshot* yaitu:

- a. Sudu-sudu dari tipe ini tidak rata seperti tipe *undershot* (lebih rumit).
- b. Diperlukan pada arus aliran rata.
- c. Efisiensi lebih kecil daripada tipe *overshot* (20% - 75%).

2.4.3 Klasifikasi Turbin Air Berdasarkan Head Yang Digunakan

Berikut jenis-jenis turbin yang digunakan sesuai dengan head air jatuh yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Jenis-jenis Turbin dengan Head Air Jatuh

Jenis Turbin	Head (m)
Kaplan	$2 < H < 20$
Francis	$10 < H < 350$
Pelton	$50 < H < 1000$
Crossflow	$6 < H < 100$
Turgo	$50 < H < 250$

Sumber: Veri Dwiyanto, 2016

a. Turbin Pelton

Turbin Pelton merupakan pengembangan dari turbin impuls yang ditemukan oleh S.N. Knight (1872) dan N.J. Colena (1873) dengan pasang mangkok-mangkok pada roda turbin. Setelah itu turbin impuls dikembangkan oleh orang Amerika Lester G. Pelton (1880) yang melakukan perbaikan dengan penerapan mangkok ganda simetris, punggung membelah membagi jet menjadi dua paruh yang sama yang dibalikan menyamping. Pada turbin pelton putaran terjadi akibat pembelokan pada mangkok ganda runner. Oleh sebab itu, turbin Pelton disebut juga sebagai turbin pancaran bebas. Turbin Pelton merupakan suatu jenis turbin yang mengandalkan suatu reaksi impuls dari suatu daya yang dihasilkan dari daya hidrolisis. Semakin tinggi head yang dimiliki maka semakin baik untuk turbin jenis ini. Walaupun N_s (kecepatan spesifik) relatif kecil tapi memungkinkan untuk kecepatan yang tinggi dengan ketentuan jumlah nozel yang banyak dalam meningkatkan daya yang lebih tinggi. Sehingga jika putaran dari generator yang dikopel ke turbin semakin tinggi, maka generator yang digunakan akan semakin murah. Penampilan dari turbin Pelton ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Turbin Pelton
Sumber : Dwi Irawan, 2014

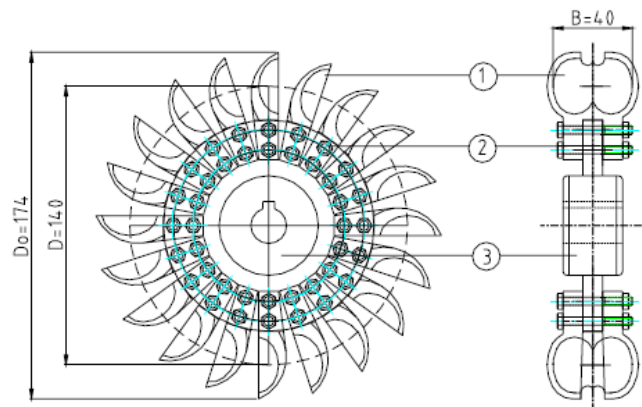
Turbin Pelton terdiri dari satu set sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih alat yang disebut nozel. Turbin Pelton adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien. Turbin Pelton adalah turbin yang cocok digunakan untuk *head* tinggi. Bentuk sudu turbin terdiri dari dua bagian yang simetris. Sudu dibentuk sedemikian sehingga pancaran air akan mengenai tengahnya sudu dan pancaran air tersebut akan berbelok ke kedua arah sehingga bisa membalikkan pancaran air dengan baik dan membebaskan sudu dari gaya-gaya samping. Untuk turbin dengan daya yang besar, sistem penyemprotan airnya dibagi lewat beberapa nozel. Dengan demikian diameter pancaran air bisa diperkecil dan sudu lebih kecil. Semburan air dari nozel akan menumbuk sudu ditengah-tengahnya dan sesuai dengan perimbangan tempatnya, air pancar tersebut akan belok ke dua arah supaya ada kemungkinan membalikannya air bisa diarahkan tegak lurus, untuk itu penampang sudu sebelah luar harus ditinjau. Supaya mendapatkan efisiensi yang baik turbin Pelton harus mempunyai hubungan antara kecepatan tangensial dan kecepatan pancaran air. Kecepatan pancaran dan kecepatan tangensial turbin Pelton mempunyai arah yang sama untuk aliran masuk. Dengan adanya *head* yang telah ditentukan mengakibatkan adanya pancaran air yang menggerakkan roda turbin Pelton dengan kecepatan tangensial. Karena tinggi jatuh sudah pasti tidak dapat dirubah lagi, maka dalam penyelesaian turbin selanjutnya ada dua alternatif pilihan yaitu kecepatan putar roda dan jumlah nozel.

Bentuk sudu turbin terdiri dari dua bagian yang simetris. Sudu dibentuk sedemikian rupa sehingga pancaran air akan mengenai bagian tengah sudu dan pancara air tersebut akan berbelok ke kedua arah sehingga bisa membalikkan pancaran air dengan baik dan membebaskan sudu dari gaya samping. Untuk turbin dengan daya besar, sistem penyemprotan airnya lewat beberapa nozel. Dengan demikian diameter pancaran air bisa diperkecil dan ember sudu lebih kecil. Turbin Pelton untuk pembangkit skala besar membutuhkan head ± 150 meter tetapi untuk skala mikro head 20 meter sudah mencukupi.

Turbin Pelton memiliki komponen utama yaitu sudu turbin, nozel dan rumah turbin. Berikut penjelasan mengenai komponen tersebut (Cokorda Prapti dkk, 2015).

a. Sudu turbin

Sudu turbin ini berbentuk mangkok yang dipasang disekeliling roda jalan (*runner*). Setiap pemotongan pancaran air oleh mangkok pada umumnya terjadi secara mendadak dimana sebagian aliran akan membentur dan sebagian lain terbelokkan ke bagian samping sudu. Untuk menambah panjangnya usia suatu *runner*, digunakan bahan mangkok yang memiliki mutu yang baik misalnya baja tahan karat.



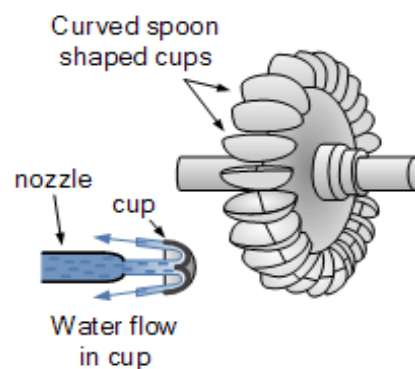
Gambar 5. Sudu Turbin Pelton, (1) Sudu Turbin (2) Baut (3) Piringan

Sumber: Bono, 2008:2

b. Nozel

Nozel adalah alat atau perangkat yang dirancang untuk mengontrol arah atau karakteristik dari aliran fluida (terutama untuk meningkatkan kecepatan) saat keluar (atau memasuki) sebuah ruang tertutup atau pipa.

Sebuah nozel sering berbentuk pipa atau tabung dari berbagai variasi luas penampang, dan dapat digunakan untuk mengarahkan atau memodifikasi aliran fluida (cairan atau gas). Nozel sering digunakan untuk mengontrol laju aliran, kecepatan, arah, massa, bentuk, dan / atau tekanan dari aliran yang muncul. Kecepatan nozel dari fluida meningkat sesuai energi tekanannya. Prinsip utama penggunaan nozel untuk fluida air atau tak mampat menggunakan prinsip hukum kontinuitas yaitu kekekalan massa atau menggunakan prinsip Bernouli dengan pengaruh ketinggian. Adapun klasifikasi jenis-jenis nozel air sebagai berikut. (Maria dkk, 2014):



Gambar 6. Nozel Turbin Pelton
 Sumber: Danillo Cappechi, 2013:13

Klasifikasi jenis-jenis nozel air sebagai berikut:

1. Nozel Jet

Nozel jet memiliki diameter yang lebih besar dan tekanan yang lebih rendah pada bagian input dari pada bagian output yang memiliki diameter lebih kecil dan tekanan yang lebih besar akibat pengecilan diameter.

2. Nozzel Magnetik

Nozzel magnetik juga telah diusulkan untuk beberapa jenis penggerak, di mana aliran plasma diarahkan oleh medan magnet, bukan dinding yang terbuat dari materi padat.

3. Nozzel Spray

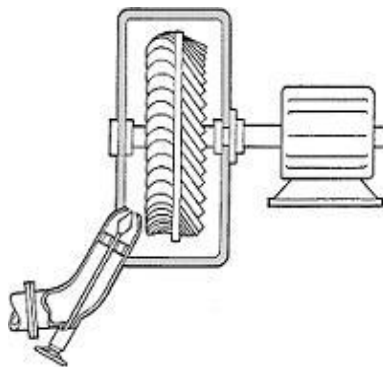
Nozzel spray memiliki prinsip kerja yang hampir sama dengan nozzel jet namun memiliki diameter yang lebih kecil dan terjadi perluasan aliran output fluida atau memecah aliran fluida (aerosol).

c. Rumah Turbin

Rumah turbin ini berfungsi sebagai tempat dudukan roda jalan dan penahan air yang keluar dari sudu-sudu turbin. Agar *runner* tidak terendam air, posisi rumah turbin harus cukup tinggi diatas permukaan air. Konstruksinya pun harus cukup kuat untuk perlindungan dari kemungkinan mangkok atau *runner* rusak dan terlempar saat turbin beroperasi.

b. Turbin Turgo

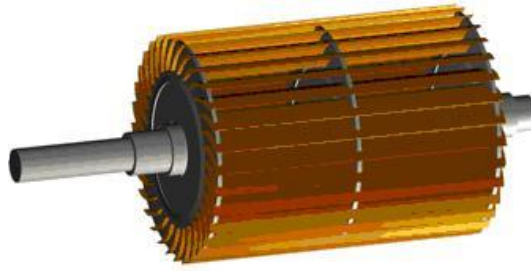
Turbin Turgo dapat beroperasi pada head 30 s/d 300 m. Seperti halnya dengan turbin pelton, turbin turgo juga merupakan turbin impuls, tetapi sudunya berbeda yakni memiliki konstruksi sudu yang disusun secara sinusoidal.



Gambar 7. Turbin Turgo
Sumber : Dixson, 2010

c. Turbin Crossflow

Salah satu jenis turbin impuls ini juga dikenal dengan nama Turbin Michell-Banki yang merupakan penemunya. Selain itu juga disebut Turbin Osberger yang merupakan perusahaan yang memproduksi turbin crossflow. Turbin crossflow dapat dioperasikan pada debit 20 L/sekon hingga 10000 L/sekon dan head antara 1 s/d 200 m.



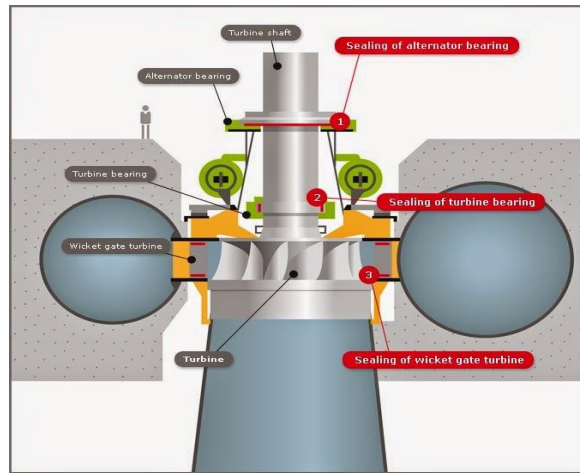
Gambar 8. Turbin Crossflow

Sumber : Dixson, 2010

d. Turbin Francis

Turbin Francis paling banyak digunakan di Indonesia. Turbin ini digunakan pada PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) dengan tinggi terjun sedang, yaitu antara 20-400 meter. Turbin Francis digunakan untuk memanfaatkan energi potensial pada ketinggian menengah (dari beberapa puluh meter sampai 100 m). Selain itu turbin Francis dapat menghasilkan kecepatan putaran poros tinggi yang biasanya digunakan untuk menggerakkan generator. Teknik mengkonversikan energi potensial air menjadi energi mekanik pada roda air turbin dilakukan melalui proses reaksi sehingga turbin Francis juga disebut sebagai turbin reaksi. Bagian-bagian utama turbin Francis ialah:

1. Rumah spiral (scroll-case) yang menerima air dari pipa pesat dan mengarahkan aliran air ke turbin. Fungsi rumah spiral adalah membagi rata air yang diterima dari pipa pesat sekeliling turbin.
2. Runner (sudu gerak) dan Sudu pengarah (*nozzle*) yang meneruskan air dari turbin ke saluran pembuangan. (Dixson, 2010)

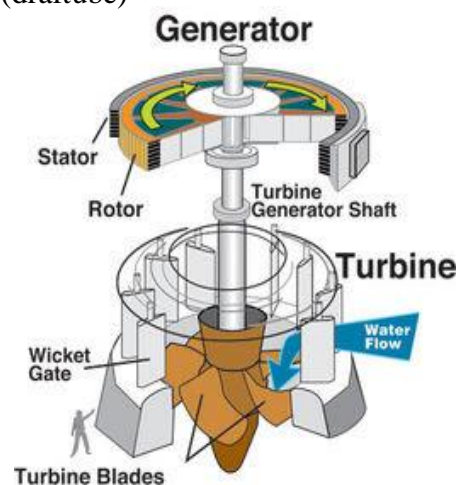


Gambar 9. Turbin Francis
 Sumber : Dixson, 2010

e. Turbin Kaplan/Propeller

Disebut turbin Propeller apabila mangkok-mangkok turbinnya tetap, sedangkan turbin Kaplan memiliki mangkok-mangkok turbin yang dapat diatur. Turbin Kaplan/Propeller baik digunakan pada PLTA dengan tinggi terjun yang rendah, yaitu dibawah 20 meter. Teknik mengkonversikan energi potensial air menjadi energi mekanik pada roda air turbin dilakukan melalui pemanfaatan kecepatan air. Bagian-bagian utama sama dengan turbin Kaplan/Propeller yaitu :

1. Rumah spiral (scroll-case)
2. Runner
3. Pipa pelepas air (drafttube)



Gambar 10. Turbin Kaplan/Propeller
 Sumber : Dixson, 2010

Pemilihan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis turbin untuk desain yang sangat spesifik. Tahap awal, pemilihan jenis turbin dapat diperhitungkan dengan memperhitungkan parameter-parameter khusus yang mempengaruhi sistem operasi turbin yaitu :

1. Faktor tinggi jatuhan efektif air (*tinggi jatuh net*) atau aliran air (kecepatan) dan debit air yang akan mempengaruhi pemilihan jenis turbin. Sebagai salah satu contoh turbin pelton, yang beroperasi pelton yang beroperasi pada *tinggi jatuh* yang tinggi, sedangkan pada turbin propeller sangat efektif beroperasi pada *tinggi jatuh* yang rendah (percepatan aliran air) dengan jumlah debit air yang besar.
2. Faktor daya yang diinginkan berkaitan dengan debit dan *tinggi jatuh* yang tersedia.
3. Faktor kecepatan putar turbin yang akan ditransmisikan ke generator. Sebagai contoh, untuk system transmisi *direct couple* antara generator dan turbin pada *tinggi jatuh* rendah, sebuah turbin reaksi (propeller) dapat mencapai putaran yang diinginkan, sementara turbin pelton dan crossflow berputar sangat lambat (low speed) yang akan menyebabkan system tidak beroperasi.

Ketiga faktor diatas sering digunakan untuk menentukan (kecepatan spesifik turbin). Pemilihan jenis turbin dapat dilakukan dengan melihat grafik karakteristik hubungan antara *tinggi jauh net* (m) dan debit aliran (m^3/s) agar didapatkan jenis turbin yang cocok sesuai dengan kondisi pengoperasiannya.

2.5 Pompa

Pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan fluida dari dataran rendah ke dataran tinggi atau untuk mengalirkan fluida dari daerah bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi. Hal ini dicapai dengan membuat suatu tekanan yang rendah pada sisi masuk atau *suction* dan tekanan yang tinggi pada sisi keluar atau *discharge* dari pompa. Pada prinsipnya pompa mengubah energi mekanik motor menjadi energi aliran fluida.

Energi yang diterima oleh fluida akan digunakan untuk menaikkan tekanan dan mengatasi tahanan – tahanan yang terdapat pada saluran yang dilalui.

2.6.1 Klasifikasi Pompa

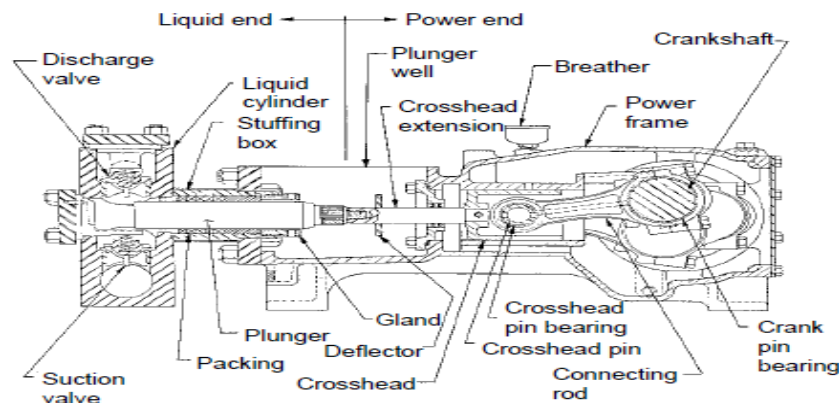
Menurut prinsip kerjanya, pompa diklasifikasikan menjadi dua macam, yaitu:

a. *Positive Displacement Pump*

Positive Displacement Pump merupakan pompa yang menghasilkan kapasitas yang *intermittent*, karena fluida ditekan di dalam elemen-elemen pompa dengan volume tertentu. Ketika fluida masuk, langsung dipindahkan ke sisi buang sehingga tidak ada kebocoran (aliran balik) dari sisi buang ke sisi masuk. Kapasitas dari pompa ini kurang lebih berbanding lurus dengan jumlah putaran atau banyaknya gerak bolak-balik pada tiap satuan waktu dari poros atau engkol yang menggerakkan. Pompa jenis ini menghasilkan *head* yang tinggi dengan kapasitas rendah.

b. *Reciprocating Pump* (Pompa Torak)

Pada pompa ini, tekanan dihasilkan oleh gerak bolak-balik translasi dari elemen-elemennya, dengan perantaran *crankshaft*, *camshaft*, dan lain-lainnya. Pompa jenis ini dilengkapi dengan katup masuk dan katup buang yang mengatur aliran fluida keluar atau masuk ruang kerja. Katup-katup ini bekerja secara otomatis dan derajat pembukaannya tergantung pada fluida yang dihasilkan. Tekanan yang dihasilkan sangat tinggi, yaitu lebih dari 10 atm. Kecepatan putar rendah yaitu 250 sampai 500 rpm. Oleh karena itu, dimensinya besar dan sangat berat. Pompa ini banyak dipakai pada pabrik minyak dan industri kimia untuk memompa cairan kental, dan untuk pompa air ketel pada PLTU. Skema pompa torak ditunjukkan pada gambar berikut



Gambar 11. Skema Pompa Torak

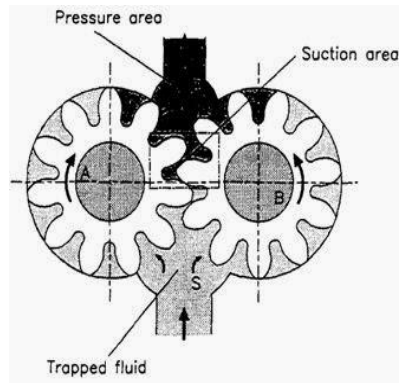
Sumber: Sularso, 2006

c. *Rotary Pump*

Tekanan yang dihasilkan dari pompa ini adalah akibat gerak putar dari elemen-elemennya atau gerak gabungan berputar. Prinsip kerjanya adalah fluida yang masuk ditekan oleh elemen-elemen yang memindahkannya ke sisi buang kemudian menekannya ke pipa tekan. Karena tidak memiliki katup-katup, maka pompa ini dapat bekerja terbalik, sebagai pompa maupun sebagai motor. Pompa ini bekerja pada putaran yang tinggi sampai dengan 5000 rpm atau lebih. Karena keuntungan tersebut, pompa ini banyak dipakai untuk pompa pelumas dan pada *hydraulic power transmission*. Macam-macam jenis *Rotary Pump* ini adalah:

a. *Gear Pump* (Pompa Roda Gigi)

Prinsip kerja dari pompa ini adalah berputarnya dua buah roda gigi berpasangan yang terletak dalam rumah pompa akan menghisap dan menekan fluida yang dipompakan. Fluida yang mengisi ruang antar gigi ditekan ke sisi buang. Akibat diisinya ruang antar sisi tersebut maka pompa ini dapat beroperasi. Aplikasi dari pompa ini adalah pada sistem pelumasan, karena pompa ini menghasilkan *head* yang tinggi dan debit yang rendah. Contoh pompa roda gigi terdapat pada gambar dibawah ini.

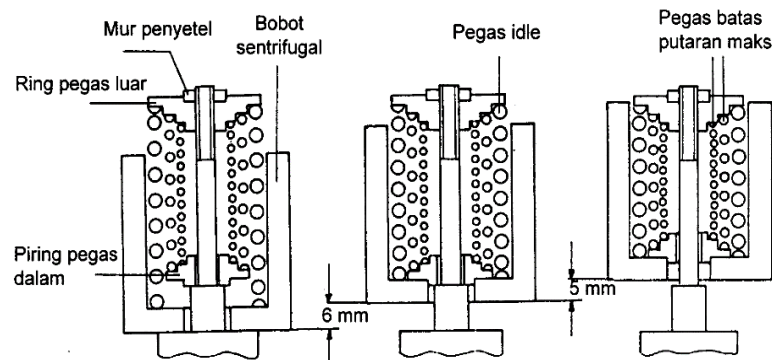


Gambar 12. Pompa Roda Gigi

Sumber: Sularso, 2006

b. Pompa Piston

Prinsip kerja dari pompa ini adalah berputarnya selubung putar menyebabkan piston bergerak sesuai dengan posisi ujung piston di atas piring dakian. Fluida terhisap ke dalam silinder dan ditekan ke saluran buang akibat gerakan naik turun piston. Fungsi dari pompa ini adalah untuk pemenuhan kebutuhan *head* tinggi dan kapasitas rendah. Skema pompa piston ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 13. Skema Pompa Piston

Sumber: Sularso, 2006

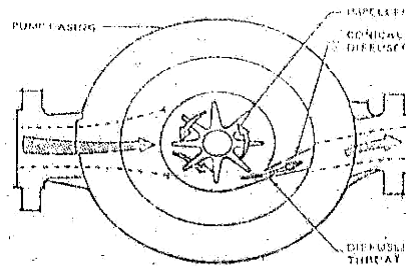
d. *Dynamic Pump*

Dynamic Pump merupakan pompa yang ruang kerjanya tidak berubah selama pompa bekerja. Untuk merubah kenaikan tekanan, tidak harus mengubah volume aliran fluida. Dalam pompa ini terjadi perubahan energi, dari energi mekanik menjadi energi kinetik, kemudian menjadi energi potensial. Pompa ini memiliki elemen utama sebuah rotor dengan suatu impeler yang berputar

dengan kecepatan tinggi. Yang termasuk di dalam jenis pompa ini adalah pompa aksial dan pompa sentrifugal, antara lain:

1. Pompa Aksial

Prinsip kerja dari pompa ini adalah berputarnya impeler akan menghisap fluida yang dipompakan dan menekannya ke sisi tekan dalam arah aksial. Pompa ini cocok untuk aplikasi yang membutuhkan *head* rendah dan kapasitas tinggi, seperti pada sistem pengairan. Contoh pompa aksial terdapat pada gambar dibawah ini.



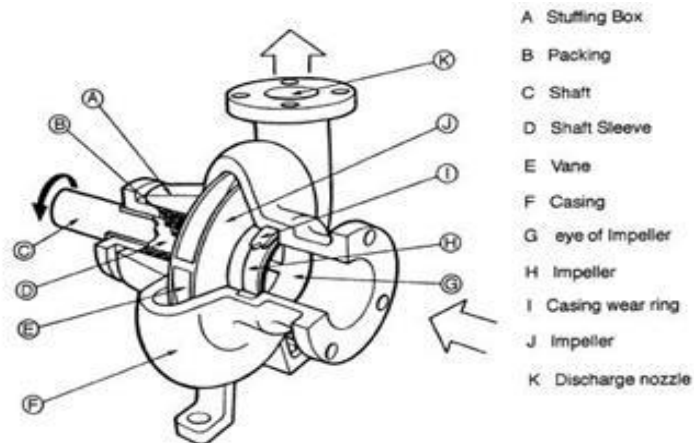
Gambar 14. Pompa Aksial

Sumber: Sularso, 2006

2. Pompa Sentrifugal

Elemen pokok dari pompa ini adalah sebuah rotor dengan sudu-sudu yang berputar pada kecepatan tinggi. Fluida yang masuk dipercepat oleh impeler yang menaikkan tekanan maupun kecepatannya, dan melempar fluida keluar melalui *volute* atau rumah siput. Pompa ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan *head* medium sampai tinggi dengan kapasitas aliran medium. Dalam aplikasinya, pompa sentrifugal banyak digunakan untuk proses pengisian air pada ketel dan pompa rumah tangga. Secara garis besar, pompa bekerja dengan cara mengubah energi mekanik dari poros yang menggerakkan sudu-sudu pompa, kemudian menjadi energi kinetik dan tekanan pada fluida. Demikian pula pada pompa sentrifugal, agar bisa bekerja pompa membutuhkan daya dari mesin penggerak pompa. Berputarnya impeler menyebabkan tekanan vakum pada sisi isap pompa, akibatnya fluida yang mengalir terhisap masuk ke dalam impeler. Di dalam impeler, fluida mendapatkan percepatan sedemikian rupa dan

terkena gaya sentrifugal, sehingga fluida mengalir keluar dari impeler dengan kecepatan tertentu. Kecepatan keluar fluida ini selanjutnya akan berkurang dan berubah menjadi energi tekanan di dalam rumah pompa. Besarnya tekanan yang timbul tergantung pada besarnya kecepatan fluida. Bagian-bagian dari pompa sentrifugal dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 15. Pompa Sentrifugal

Sumber: Sularso, 2006

a. Impeler

Impeler merupakan bagian yang berputar dari pompa dan memberikan daya pada air, sehingga air akan mendapatkan energi spesifik berupa kecepatan dan tekanan. Di dalam rumah siput, kecepatan air secara berangsur-angsur diubah menjadi tekanan statis.

b. Rumah Pompa

Rumah pompa memiliki beberapa fungsi antara lain:

1. Berfungsi sebagai pengarah fluida yang dilemparkan impeler. Akibat gaya sentrifugal yang menuju pompa tekan, sebagian energi kinetik fluida diubah menjadi tekanan.
2. Menutup impeler pada penghisapan dan pengiriman pada ujung dan sehingga berbentuk tangki tekanan.
3. Memberikan media pendukung dan bantalan poros untuk batang torak dan impeler.

c. Poros Pompa

Poros Pompa sebagai penerus putaran penggerak kepada impeler dan pompa. Poros pompa dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Poros pompa datar atau horizontal
2. Poros pompa tegak atau vertikal

d. Cincin Penahan Keausan atau Cincin Perapat (*Waring Ring*)

Cincin Penahan Keausan atau Cincin Perapat (*Waring Ring*) berfungsi untuk mencegah keausan rumah pompa dan impeler pada sambungan yang bergerak (*running joint*), maka dipasang cincin penahan keausan (*waring ring*) yang disebut juga cincin rumah pompa atau cincin perapat.

e. Bantalan Poros

Bantalan yang banyak dipakai pada pompa sentrifugal adalah bantalan anti gesek, selongsong, rol bola, dan bantalan *kingsbury*. Bantalan anti gesek dapat berupa baris tunggal atau ganda. Bantalan rol banyak dipakai untuk poros pompa berukuran besar.

f. Selongsong Poros

Selongsong Poros berfungsi untuk mencegah kebocoran udara ke dalam pompa bila beroperasi dengan tinggi isap (*suction lift*) dan untuk mendistribusikan cairan perapat secara merata di sekeliling ruang cincin (*anular space*) antara lubang peti dan permukaan selongsong poros. Selongsong poros disebut juga sangkar perapat atau cincin *lantern*. Selongsong poros ini menerima cairan yang bertekanan dari pompa atau sumber tersendiri lainnya.

g. Peti Gasket

Peti Gasket berfungsi untuk mencegah udara bocor ke dalam rumah pompa bila tekanan di dalamnya berada di bawah tekanan atmosfer.

h. Perapat Poros (Perapat Mekanis)

Perapat Poros (Perapat Mekanis) digunakan untuk mencegah kebocoran di sekeliling poros. Perapat poros ini juga dipakai apabila peti gasket tidak dapat mencegah kebocoran secara maksimal. Permukaan perapat tegak lurus terhadap poros pompa dan biasanya terdiri dari dua bagian yang dihaluskan dan dilumasi. Perapat poros dibedakan menjadi dua, yaitu jenis dalam dan jenis luar. Jenis luar dipakai apabila cairan yang dipompa berpasir dan tidak diinginkan adanya kebocoran pada peti gasket sedangkan jenis dalam digunakan untuk cairan yang mudah menguap.

2.6 Generator

Generator merupakan alat untuk merubah energi mekanik menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan melalui adanya medan magnet yang diputar melalui rotor dan akan menimbulkan medan magnet yang timbul disisi stator. Kemudian medan magnet yang terjadi di stator dengan pola-pola tertentu akan menimbulkan arus listrik yang mengalir dikumparan stator yang dialirkan melalui saluran transmisi sebagai arus listrik. Semakin besar putaran generator maka semakin besar energi listrik yang didapat dan semakin besar energi kinetis yang diperlukan untuk memutarinya. Beban yang terpasang merupakan beban listrik yang digunakan sebagai media penerangan (Jasa dkk, 2010).

Generator merupakan salah satu mesin listrik, untuk mengubah energi gerak atau mekanik menjadi energi listrik. Generator terdiri atas dua bagian utama yaitu kumparan jangkar dan kumparan medan yang ditempatkan pada stator dan rotor. Stator merupakan bagian yang diam sedangkan rotor merupakan bagian yang bergerak. (Nurhadi, dkk 2013).