

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Terjadinya Aliran Air

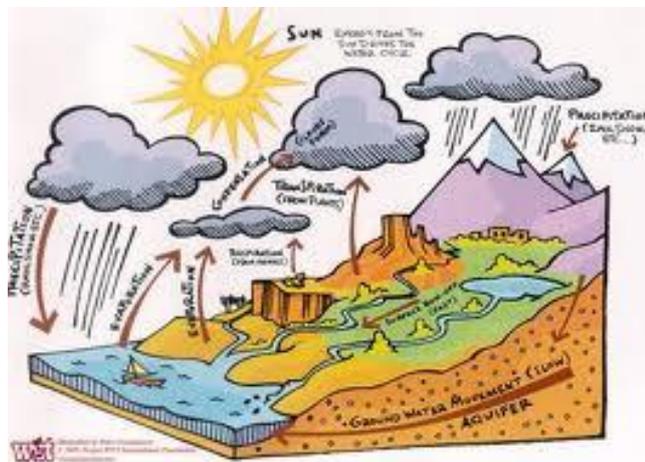
Pembangkit listrik tenaga piko hidro (PLTPH) adalah suatu teknologi listrik yang mengubah energi kinetik air menjadi energi listrik. Arus air adalah air yang bergerak sehingga memiliki kecepatan, tenaga, dan arah. Penyebab dari pergerakan ini adalah karena pergerakan air dari hulu ke hilir.

Air di muka bumi memiliki jumlah yang tetap dan senantiasa bergerak dalam suatu lingkaran peredaran yang disebut siklus hidrologi, siklus air atau daur hidrologi. Siklus ini terjadi akibat pengaruh sinar matahari. Matahari memanfaatkan energi panas keseluruhan permukaan bumi, kemudian terjadilah penguapan air dari sungai, danau, rawa, laut yang disebut evaporasi-transpirasi. dan dari tumbuhan disebut uap air terbentuk dan naik ke atas, di tempat yang lebih tinggi suhu udara semakin rendah sehingga uap air akan mengalami proses kondensasi. Di tempat yang sangat tinggi seperti di daerah beriklim dingin atau sedang pada musim dingin uap air dapat langsung membeku menjadi kristal-kristal es. Proses ini disebut proses sublimasi. Proses sublimasi uap air berubah menjadi salju. Proses kondensasi uap air berubah menjadi kumpulan titik-titik air yang jatuh di permukaan bumi sebagai hujan.

Air hujan yang jatuh di permukaan bumi sebagian meresap ke dalam lapisan tanah melalui pori-pori tanah menjadi air tanah yang disebut Infiltrasi. dan selanjutnya mengalir ke permukaan bumi melalui sungai yang disebut *Run-Off*, ada juga yang tertahan di dedaunan tumbuhan yang disebut Intersepsi dan ada yang langsung jatuh ke laut. Hal ini berlangsung terus menerus sepanjang waktu, sehingga pergerakan air terus berlangsung.

2.2 Siklus Air

Air di alam dapat berupa air tanah, air permukaan, dan awan. Air-air tersebut mengalami perubahan wujud melalui siklus hidrologi.



Gambar 2.1. Proses perjalanan air

Jadi Siklus Hidrologi merupakan perputaran air di permukaan bumi yang diawali dari penguapan benda-benda biotik dan benda abiotik sebagai akibat pemanasan sinar matahari.

Siklus air dibedakan menjadi 3, yaitu :

1. Siklus Pendek (Siklus Kecil)

Yaitu air laut menguap menjadi gas, berkondensasi menjadi awan dan hujan yang jatuh laut.

2. Siklus Sedang (Siklus Menengah)

Yaitu air laut menguap menjadi gas, mengkondensasi dan dibawa angin membentuk awan di atas daratan, jatuh sebagai hujan lalu meresap ke tanah, masuk ke sungai dan ke laut lagi.

3. Siklus Besar (Siklus Panjang)

Yaitu air laut menguap menjadi gas kemudian membentuk kristal-kristal es di atas laut, dibawa angin ke daratan (pegunungan) dan jatuh sebagai salju membentuk gletser, masuk ke sungai lalu kembali ke laut. Bentuk hasil curahan dari hasil kondensasi adalah hujan. Sedangkan bentuk curahan dari hasil sublimasi adalah salju yang masuk ke perairan darat dan perairan laut.

Contoh perairan darat diantaranya adalah :

- a. Air Sungai
- b. Air Danau
- c. Air Rawa
- d. Air tanah

2.2.1 Air Sungai

Sungai adalah air tawar yang mengalir dari sumbernya di daratan menuju dan bermuara di laut, danau atau sungai yang lebih besar, aliran sungai merupakan aliran yang bersumber dari limpasan yaitu : limpasan yang berasal dari hujan, gletser, limpasan dari anak-anak sungai dan limpasan dari air tanah.

Adapun manfaat sungai bagi manusia adalah sebagai berikut :

- a. Sumber air bagi pengairan wilayah pertanian atau irigasi dan usaha perikanan darat
- b. Sumber tenaga listrik untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)
- c. Tempat untuk mengembangbiakkan dan menangkap ikan guna memenuhi kebutuhan manusia akan protein hewani
- d. Tempat rekreasi, melihat keindahan air terjun
- e. Tempat berolahraga seperti berperahu pada arus deras, lomba dayung.
- f. Tempat untuk memenuhi kebutuhan air untuk kehidupan sehari-hari bagi penduduk yang tinggal di tepi sungai

2.2.2 Air Danau

Danau adalah sebuah cekungan di muka bumi dimana jumlah air yang masuk lebih besar dari air yang keluar. Danau

mendapatkan air dari curahan hujan, sungai, dan air tanah, ketiga sumber tersebut bersama-sama dapat mengisi dan memberikan suplai air pada danau. Adapun manfaat danau adalah untuk Irigasi, perikanan, PLTA, rekreasi, olahraga, pelayaran, dan penampungan air untuk mencegah banjir.

Penyebab terjadinya danau adalah sebagai berikut :

- a. Danau Tektonik adalah danau yang terjadi karena gerakan tektonik yang menimbulkan bentuk Slenk/graben (lembah patahan) atau patahan yang diapit oleh horst (puncak patahan) dan mendapat air dalam jumlah yang cukup (air hujan, sungai, mata air). Contoh : Danau Maninjau, Danau Tempe, Danau Poso dan Danau Tondano.
- b. Danau Vulkanik adalah danau bekas laetusan gunung api menyebabkan cekungan. Apabila dasar cekungan tertutup material vulkan, maka air hujan yang tertampung di puncak gunung menjadi Danau. Contoh Danau Maar, Danau Kaldera, Danau Kalimutu, Danau Batur.
- c. Danau Vulkan-Tektonik adalah danau yang terjadi karena gerakan tektonik dan letusan gunung api. Contoh : Danau Toba.
- d. Danau Gletser adalah danau yang daerah-daerah dahulunya dilalui gletser menjadi kerip dan diisi air. Danau-danau ini

hanya terdapat di Amerika Utara, perbatasan Kanada dan Amerika Serikat. Contohnya : Danau Superior, Danau Michigan.

- e. Danau Dolina adalah danau yang terdapat di daerah icorst dan umumnya berupa danau kecil yang bersifat temporer. Bila di dasar tebing dolina terdapat bahan geluh lempung yang merupakan bahan yang tak tembus air, maka air hujan yang jatuh tertampung di dolina tak dapat terus masuk ke tanah kapur, sehingga terjadilah danau dolina. Danau dolina dapat terjadi juga karena adanya air di dalam tanah kapur tinggi. Contohnya danau di sekitar gunung kidul.
- f. Danau terbandung adalah danau yang berasal dari aliran lava yang membendung lembah sungai sehingga alirannya tertahan dan akhirnya membentuk danau. Disini termasuk pula danau hasil bendungan manusia yang disebut Waduk, atau dum contohnya : Waduk Jatiluhur, Waduk Saguling dan lain-lain.

Danau yang terjadi dengan sendirinya adalah danau karena permukaan buminya ada yang rendah. Contohnya danau-danau di Kalimantan Barat dan Kalimantan Timur terdapat di tengah-tengah daerah yang berawa - rawa.

2.2.3 Air Rawa

Rawa adalah daerah di sekitar sungai atau muara sungai yang cukup besar yang merupakan tanah berlumpur dengan kadar air relatif tinggi. Rawa juga dikatakan sebagai genangan air di daratan pada cekungan yang relatif dangkal. Genangan rawa bisa juga terjadi karena terjebak pada suatu daerah cekungan dan lapisan batuan di bawah rawa merupakan batuan yang *impermiabile*.

Manfaat rawa diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. Rawa yang terdapat pergantian air tawar dapat untuk areal sawah
- b. Rawa yang airnya tidak terlalu asam dapat untuk daerah perikanan
- c. Sebagai sumber pembangkit listrik
- d. Sebagai objek pariwisata.

Jenis-jenis rawa dibedakan menjadi tiga yaitu:

- a. Sifat airnya
- b. Keadaannya
- c. Letaknya

Berdasarkan sifat air dibagi menjadi 3:

a. Rawa Air Tawar

Adalah raw yang airnya tawar karena letaknya di pinggiran sepanjang sungai.

b. Rawa Air Payau

Adalah rawa yang airnya percampuran antara tawar dan asin, biasanya letaknya di muara sungai menuju laut.

c. Rawa Air Asin

Adalah rawa yang airnya asin dan letaknya di daerah pasang surut laut.

Berdasarkan keadaan airnya dibagi menjadi 2 :

a. Rawa yang airnya terlalu tergenang

Adalah rawa yang selalu tergenang airnya, tidak dapat dimanfaatkan sebagai lahan pertanian, karena lahannya tertutup tanah gambut yang tebal. Di daerah rawa ini sulit terdapat bentuk kehidupan binatang karena airnya sangat asam dengan warna air kemerah-merahan.

b. Rawa yang airnya tidak selalu tergenang

Adalah rawa yang menampung air tawar dilimpahkan air sungai pada saat air laut pasang dan airnya relatif mengering pada saat air laut surut.

Berdasarkan letaknya dibagi menjadi 3 :

a. Rawa Pantai

Adalah rawa yang berada di muara sungai. Air pada jenis rawa ini selalu mengalami pergantian karena dipengaruhi oleh pasang surut air laut.

b. Rawa Pinggiran

Adalah rawa sepanjang aliran sungai, terjadi akibat sering meletupnya sungai tersebut.

c. Rawa Abadi

Adalah rawa yang airnya terjebak dalam sebuah cekungan dan tidak memiliki pelepasan ke laut. Air hujan yang tertampung dalam rawa hanya dapat menguap tanpa ada aliran yang berarti.

2.2.4 Air Tanah

Air tanah adalah air yang terdapat dalam pori-pori tanah atau pada celah-celah batuan. Air tanah terbentuk dari air hujan. Pada saat turun hujan, sebagian titik-titik air meresap ke dalam tanah (*infiltrasi*). Air hujan yang masuk itu yang menjadi adangan air tanah. Volume air yang meresap ke dalam tanah tergantung pada jenis lapisan batumannya. Berdasarkan kenyataan tersebut terdapat pula dua jenis batuan utama, yaitu lapisan kedap (*impermiabile*) dan lapisan tanah tidak kedap air (*permeable*).

Kadar pori lapisan kedap atau tak tembus air sangat kecil, sehingga kemampuan untuk meneruskan air juga kecil. Contoh lapisan kedap, yaitu geluh, napal, dan lempung. Sedangkan kadar pori lapisan tak kedap air atau tembus air cukup besar. Oleh karena itu, kemampuan untuk meneruskan air juga besar. Contoh lapisan tembus air, yaitu pasir, padas, krikil dan kapur.

2.3 Potensi Energi Air Di Indonesia

Sementara untuk di seluruh Indonesia, potensi energi skala besar dan kecil tidak kurang dari 75.670 MW, dan baru dimanfaatkan sebesar 4200 MW atau 5,6 persen. Saat ini jumlah Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) skala kecil dan besar yang sudah beroperasi 1.941,05 MW , tersebar di 10 lokasi. PLTA skala besar yang beroperasi dengan kapasitas terbesar terdiri dari tiga PLTA yakni Cirata (1000 MW), Saguling (700 MW) dan Jatiluhur (150 MW). Pemerintah provinsi Papua dan Sumatera Utara juga berencana untuk membangun PLTA dengan kapasitas masing-masing 2000 MW dan 763 MW, selain itu saat ini juga tengah berlangsung pembangunan PLTA di Genyem yang berkapasitas 19.2 MW.

2.4 Perkembangan Teknologi Turbin Air

Kata "*turbine*" ditemukan oleh seorang insinyur Perancis yang bernama Claude Bourdin pada awal abad 19, yang diambil dari terjemahan bahasa Latin dari kata "*whirling*" (putaran) atau "*vortex*" (pusaran air).

Turbin air ini biasanya digunakan untuk tenaga industri untuk jaringan listrik. Sekarang lebih umum dipakai untuk generator listrik. Turbin kini dimanfaatkan secara luas dan merupakan sumber energi yang dapat diperbaharukan. Dalam pembangkit listrik tenaga air (PLTA) turbin air merupakan peralatan utama selain generator.

Turbin adalah sebuah mesin berputar yang mengambil energi dari aliran fluida. Turbin sederhana memiliki satu bagian yang bergerak, "*assembly rotor-blade*". Fluida yang bergerak menjadikan baling-baling berputar dan menghasilkan energi untuk menggerakkan rotor. Contoh turbin awal adalah kincir angin dan roda air. Perkembangan kincir air menjadi turbin modern membutuhkan jangka waktu yang cukup lama. Perkembangan yang dilakukan dalam waktu revolusi industri menggunakan metode dan prinsip ilmiah. Mereka juga mengembangkan teknologi material dan metode produksi baru pada saat itu. Perbedaan dasar antara turbin air awal dengan kincir air adalah komponen putaran air yang memberikan energi pada poros yang berputar. Komponen tambahan ini memungkinkan turbin dapat memberikan daya yang lebih besar dengan komponen yang lebih kecil. Turbin dapat memanfaatkan air dengan putaran lebih cepat dan dapat memanfaatkan head yang lebih tinggi. (Untuk selanjutnya dikembangkan turbin impulse yang tidak membutuhkan putaran air).

2.5 Mekanisme Turbin Air

Turbin adalah sebuah mesin berputar yang mengambil energi dari aliran fluida. Turbin sederhana memiliki satu bagian yang bergerak, "*assembly rotor-blade*". Fluida yang bergerak menjadikan kincir berputar dan menghasilkan energi untuk menggerakkan rotor.

Turbin berfungsi untuk mengubah energi potensial menjadi energi mekanik. gaya jatuh air yang mendorong kincir menyebabkan turbin berputar. Turbin air kebanyakan seperti kincir angin, dengan menggantikan fungsi dorong angin untuk memutar baling-baling digantikan air untuk memutar turbin. Perputaran turbin ini di hubungkan ke generator sehingga menghasilkan listrik ke unit penyalur listrik. Listrik dialirkan melalui kabel transmisi dan didistribusikan ke rumah-rumah, kantor, sekolah, dan sebagainya.

Berikut bagian-bagian umum turbin:

1. Rotor yaitu bagian yang berputar pada sistem yang terdiri dari :
 - a. Sudu-sudu berfungsi untuk menerima beban dari arus air
 - b. Poros berfungsi untuk meneruskan aliran tenaga yang berupa gerak putar yang dihasilkan oleh sudu.
 - c. Bantalan berfungsi sebagai perapat-perapat komponen-komponen dengan tujuan agar tidak mengalami kebocoran pada sistem.

2. Stator yaitu bagian yang diam pada sistem yang terdiri dari :
 - As/batangan penahan poros turbin berfungsi untuk meneruskan aliran tenaga sehingga tekanan dan kecepatan bisa terhubung dengan gearbok.
 - Rumah turbin berfungsi sebagai rumah kedudukan komponen-komponen dari turbin.

2.6 Penggolongan dan Jenis-jenis Turbin Air

Berdasarkan model aliran air masuk runner, maka turbin air dapat dibagi menjadi tiga tipe yaitu:

1. Turbin Aliran Tangensial

Pada kelompok turbin ini posisi air masuk runner dengan arah tangensial atau tegak lurus dengan poros runner mengakibatkan runner berputar, contohnya *Turbin Pelton* dan *Turbin Cross-Flow*.

2. Turbin Aliran Aksial

Pada turbin ini air masuk runner dan keluar runner sejajar dengan poros runner, Turbin Kaplan atau Propeller adalah salah satu contoh dari tipe turbin ini.

3. Turbin Aliran Aksial - Radial

Pada turbin ini air masuk ke dalam runner secara radial dan keluar runner secara aksial sejajar dengan poros. Turbin Francis termasuk dari turbin ini.

Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin implus dan reaksi.

Tabel 2.1 Pengelompokan Turbin

Turbin Air	Hight Head	Medium Head	Low Head
Turbin Implus	Pelton Turgo	Crossflow Multi-jet Pelton Turgo	Crossflow
Turbin Reaksi		Francis	Propeller Kaplan

2.6.1 Turbin Implus

Turbin impuls adalah turbin air yang cara kerjanya merubah seluruh energi air (yang terdiri dari energi potensial+tekanan+kecepatan) yang tersedia menjadi energi kinetik untuk memutar turbin, sehingga menghasilkan energi kinetik. Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada nozle. Air keluar nozle yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (impulse). Akibatnya roda turbin akan berputar. Turbin impuls adalah turbin tekanan sama karena aliran air yang keluar dari nozle tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Semua energi

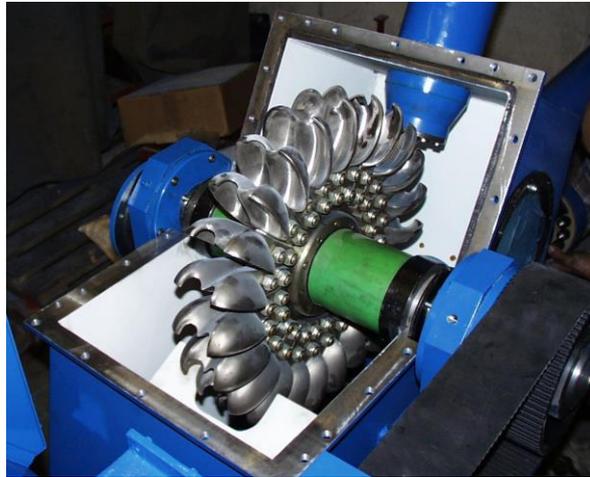
tinggi tempat dan tekanan ketika masuk ke sudu jalan turbin dirubah menjadi energi kecepatan.

Turbin impuls merubah aliran semburan air. Semburan turbin membentuk sudut yang membuat aliran turbin. Hasil perubahan momentum (impuls) disebabkan tekanan pada sudu turbin. Sejak turbin berputar, gaya berputar melalui kerja dan mengalihkan aliran air dengan mengurangi energi. Sebelum mengenai sudu turbin, tekanan air (energi potensial) dikonversi menjadi energi kinetik oleh sebuah nosel dan difokuskan pada turbin. Tidak ada tekanan yang dirubah pada sudu turbin, dan turbin tidak memerlukan rumah untuk operasinya.

Hukum kedua Newton menggambarkan transfer energi untuk turbin impuls. Turbin impuls paling sering digunakan pada aplikasi turbin tekanan sangat tinggi. Contoh turbin impuls adalah turbin Pelton, turbin Cross Flow, dan turbin Tugor.

Jenis – Jenis Turbin Impuls:

a. Turbin Pelton

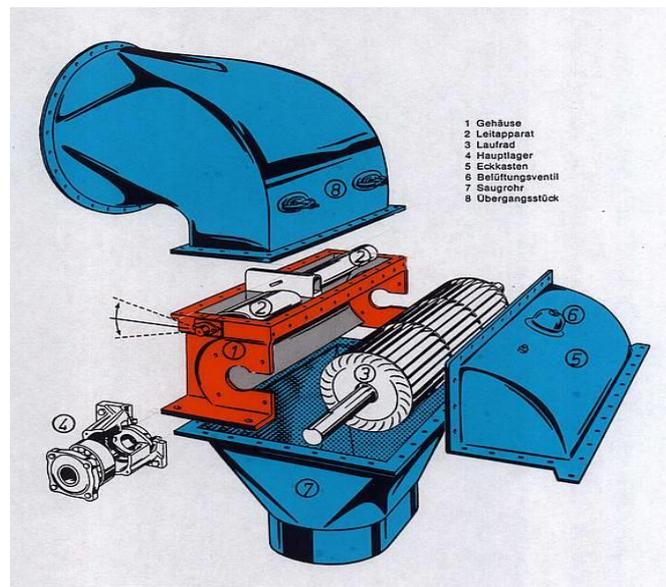


Gambar 2.2 Turbin Pelton

Turbin Pelton yang bekerja dengan prinsip impuls, semua energi tinggi dan tekanan ketika masuk ke sudu jalan turbin dirubah menjadi energi kecepatan. Pancaran air tersebut yang akan menjadi gaya tangensial F yang bekerja pada sudu roda jalan. Turbin pelton beroperasi pada tinggi jatuh yang besar . Tinggi air jatuh dihitung mulai dari permukaan atas sampai tengah tengah pancaran air. Bentuk sudu terbelah menjadi dua bagian yang simetris, dengan maksud adalah agar dapat membalikan pancaran air dengan baik dan membebaslan sudu dari gaya-gaya samping . Tidak semua sudu menerima pancaran air, hanya sebagian – jarum katup air tekanan tinggi bagaian saja scara bergantian bergantung posisi sudut tersebut. Jumlah noselnya bergantung kepada besarnya kapasitas air, tiap roda turbin dapat dilengkapi

dengan nosel 1 sampai 6. Adapun penampang konstruksi sudu jalan dari pelton beserta noselnya dapat dilihat pada gambar 21.2 Ukuran-ukuran utama turbin pelton adalah diameter lingkaran sudu yang kena pancaran air, disingkat diameter lingkaran pancar dan diameter pancaran air. Pengaturan nosel akan menentukan kecepatan dari turbin. Untuk turbin-turbin yang bekerja pada kecepatan tinggi jumlah nosel diperbanyak hubungan antara jumlah nosel dengan kecepatan spesifik.

b. Turbin Cross-Flow



Gambar 2.3 Turbin Cross Flow

Turbin Cross-Flow adalah salah satu turbin air dari jenis turbin aksi (*impulse turbine*). Prinsip kerja turbin ini mula-mula ditemukan oleh seorang insinyur Australia yang bernama A.G.M. Michell pada tahun 1903. Kemudian turbin ini dikembangkan dan

dipatenkan di Jerman Barat oleh Prof. Donat Banki sehingga turbin ini diberi nama Turbin Banki kadang disebut juga Turbin Michell-Ossberger (Haimerl, L.A., 1960).

Pemakaian jenis Turbin Cross-Flow lebih menguntungkan dibanding dengan penggunaan kincir air maupun jenis turbin mikro hidro lainnya. Penggunaan turbin ini untuk daya yang sama dapat menghemat biaya pembuatan penggerak mula sampai 50 % dari penggunaan kincir air dengan bahan yang sama. Penghematan ini dapat dicapai karena ukuran Turbin Cross-Flow lebih kecil dan lebih kompak dibanding kincir air. Diameter kincir air yakni roda jalan atau runnernya biasanya 2 meter ke atas, tetapi diameter Turbin Cross-Flow dapat dibuat hanya 20 cm saja sehingga bahan-bahan yang dibutuhkan jauh lebih sedikit, itulah sebabnya bisa lebih murah. Demikian juga daya guna atau efisiensi rata-rata turbin ini lebih tinggi dari pada daya guna kincir air. Hasil pengujian laboratorium yang dilakukan oleh pabrik turbin Ossberger Jerman Barat yang menyimpulkan bahwa daya guna kincir air dari jenis yang paling unggul sekalipun hanya mencapai 70 % sedang efisiensi turbin Cross-Flow mencapai 82 % (Haimerl, L.A., 1960).

Tingginya efisiensi Turbin Cross-Flow ini akibat pemanfaatan energi air pada turbin ini dilakukan dua kali, yang

pertama energi tumbukan air pada sudu-sudu pada saat air mulai masuk, dan yang kedua adalah daya dorong air pada sudu-sudu saat air akan meninggalkan runner. Adanya kerja air yang bertingkat ini ternyata memberikan keuntungan dalam hal efektifitasnya yang tinggi dan kesederhanaan pada sistim pengeluaran air dari runner.

c. Turbin Turgo



Gambar 2.4 Turbin Turgo

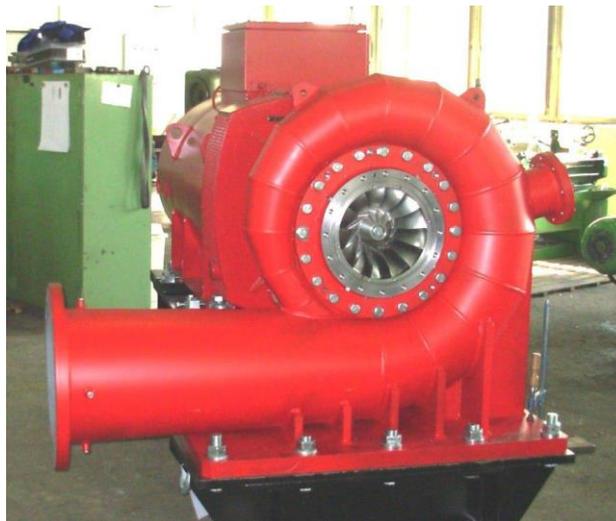
Turbin Turgo dapat beroperasi pada head 30 s/d 300 m. Seperti turbin pelton turbin turgo merupakan turbin impuls, tetapi sudunya berbeda. Pancaran air dari *nozzle* membentur sudu pada sudut 20° . Kecepatan putar turbin turgo lebih besar dari turbin Pelton. Akibatnya dimungkinkan transmisi langsung dari turbin ke generator sehingga menaikkan efisiensi total sekaligus menurunkan biaya perawatan.

2.6.2 Turbin Reaksi

Turbin Reaksi adalah turbin yang cara kerjanya merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi kinetik. Turbin jenis ini adalah turbin yang paling banyak digunakan. 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.

Jenis – Jenis Turbin Reaksi :

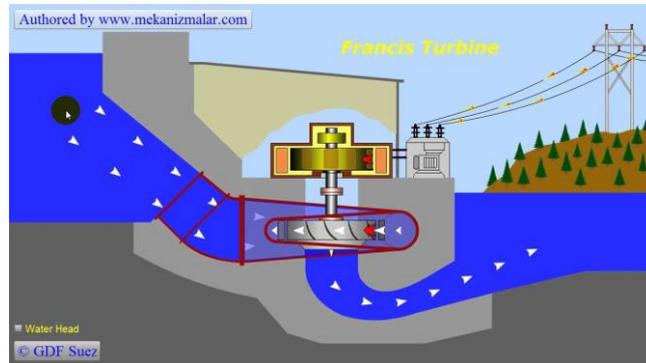
a. Turbin Francis



Gambar 2.5 Turbin Francis

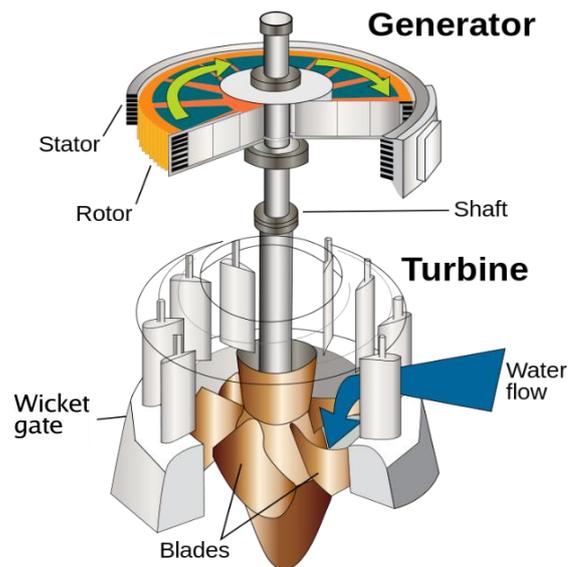
Turbin francis mempunyai poros tegak dengan ukuran yang besar, sedangkan dengan ukuran yang kecil dengan ukuran mendatar. Turbin francis memakai roda propeller atau runner yang dapat berputar secara bebas. Turbin francis adalah termasuk turbin jenis ini [gambar 21.9]. Konstruksi turbin terdiri dari dari sudu pengarah dan sudu jalan, dan kedua sudu tersebut, semuanya terendam di dalam aliran air. Air pertama masuk pada terusan berbentuk rumah keong. Perubahan energi seluruhnya terjadi pada sudu pengarah dan sudu gerak. Aliran air masuk ke sudu pengarah dengan kecepatan semakin naik dengan tekanan yang semakin turun sampai roda jalan, pada roda jalan kecepatan akan naik lagi dan tekanan turun sampai di bawah 1 atm. Untuk menghindari kavitasi, tekanan harus dinaikan sampai 1 atm dengan cara pemasangan pipa hisap.

Pengaturan daya yang dihasilkan yaitu dengan mengatur posisi pembukaan sudu pengarah, sehingga kapasitas air yang masuk ke roda turbin dapat diperbesar atau diperkecil. Turbin francis dapat dipasang dengan poros vertikal dan horizontal.



Gambar 2.6 Instalasi turbin Francis

b. Turbin Kaplan & Propeller



Gambar 2.7 Turbin Kaplan dan Propeller

Turbin Kaplan dan propeller merupakan turbin reaksi aliran aksial. Turbin ini tersusun dari propeller seperti pada perahu. Propeller tersebut biasanya mempunyai tiga hingga enam sudu. Tidak berbeda dengan turbin francis, turbin kaplan cara kerjanya menggunakan prinsip reaksi. Turbin ini mempunyai roda jalan

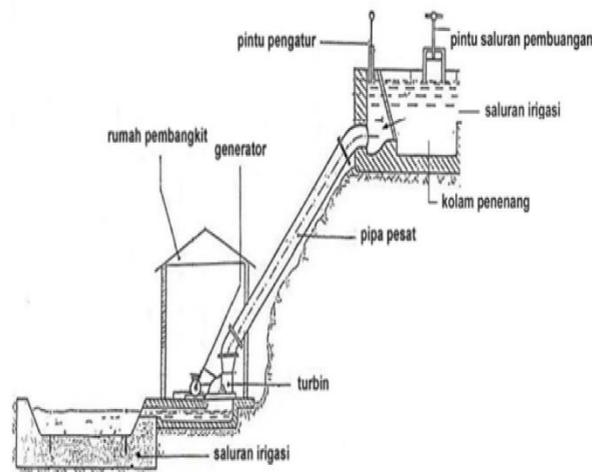
yang mirip dengan baling-baling pesawat terbang. Bila baling-baling pesawat terbang berfungsi untuk menghasilkan gaya dorong, roda jalan pada kaplan berfungsi untuk mendapatkan gaya F yaitu gaya putar yang dapat menghasilkan torsi pada poros turbin. Berbeda dengan roda jalan pada francis, sudu-sudu pada roda jalan kaplan dapat diputar posisinya untuk menyesuaikan kondisi beban turbin.

Turbin kaplan banyak dipakai pada instalasi pembangkit listrik tenaga air sungai, karena turbin ini mempunyai kelebihan dapat menyesuaikan head yang berubah-ubah sepanjang tahun. Turbin kaplan dapat beroperasi pada kecepatan tinggi sehingga ukuran roda turbin lebih kecil dan dapat dikopel langsung dengan generator. Pada kondisi pada beban tidak penuh turbin kaplan mempunyai efisiensi paling tinggi, hal ini dikarenakan sudu-sudu turbin kaplan dapat diatur menyesuaikan dengan beban yang ada. Turbin kaplan adalah turbin yang beroperasi pada head yang rendah dengan kapasitas aliran air yang tinggi atau bahkan beroperasi pada kapasitas yang sangat rendah. Hal ini karena sudu-sudu turbin kaplan dapat diatur secara manual atau otomatis untuk merespon perubahan kapasitas. Berkebalikan dengan turbin kaplan turbin pelton adalah turbin yang beroperasi dengan head tinggi dengan kapasitas yang rendah. Untuk turbin francis mempunyai karakteristik yang berbeda dengan lainnya yaitu turbin francis dapat

beroperasi pada head yang rendah atau beroperasi pada *head* yang tinggi.

2.7 Prinsip Pembangkit Listrik Tenaga Air Piko

Pembangkit listrik tenaga skala piko 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 hingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan generator menghasilkan listrik.



Gambar 2.8 Pembangkit listrik skala piko

Pada saluran irigasi ini terdapat penyaringan sampah untuk menyaring kotoran yang mengambang di atas air, kolam pengendap untuk mengendapkan kotoran, saluran pembuang untuk membuang kelebihan air mengalir melalui saluran akibat banjir melalui pintu saluran pembuangan.

Akhir dari saluran ini adalah sebuah kolam penenang (*forebay tank*) yang berfungsi untuk mengendapkan dan menyaring kembali air agar kotoran tidak masuk dan merusak turbin. Selain itu kolam penenang berfungsi juga untuk menenangkan aliran air yang akan masuk ke dalam pipa pesat. Pipa pesat (*penstock*) ini akan mengalirkan air ke rumah pembangkit (*power house*) yang terdapat turbin dan generator di dalamnya. Besarnya volume air yang masuk ke pipa pesat diatur melalui pintu pengatur.

Turbin pada proses pembangkit listrik ini berputar karena adanya pengaruh energi potensial air yang mengalir dari pipa pesat dan mengenai sudu-sudu turbin. Berputarnya turbin kemudian akan mengakibatkan generator berputar sehingga dapat menghasilkan listrik. Besarnya daya listrik sebelum masuk ke turbin secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$P_{in \text{ turbin}} = \rho \cdot Q \cdot h \cdot g \dots \dots \dots (\text{kW})$$

Sedangkan besar daya output turbin adalah :

$$P_{out \text{ turbin}} = \rho \cdot Q \cdot h \cdot g \cdot \eta_{\text{turbin}} \dots \dots \dots (\text{kW})$$

Dimana :

P = daya terbangkitkan (Watt)

ρ = massa jenis air = 1000 kg/m^3

g = gravitasi = $9,81 \text{ m}^2/\text{s}$

Q = debit (m^3/s)

η_{eff} = turbin efektif 0.8 %

2.8 Transmisi Mekanik PLTPH

Komponen utama lain yang perlu di rencanakan dan merupakan pralatan mekanik dari PLTPH adalah transmisi mekanik atau mekanik penghantar daya, yang berfungsi untuk menyalurkan daya poros turbin ke poros generator. Transmisi mekanik dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

- a. Transmisi secara langsung, sistem ini mentransmisikan daya dari poros turbin ke generator secara langsung, jadi kontruksinya lebih sederhana dan lebih mudah perawatannya.
- b. Transmisi tidak langsung, sistem ini tidak mentransmisikan daya dari poros turbin ke generator secara langsung, melainkan melalui *gearbox* terlebih dahulu atau bisa juga dengan *pully* dan *v-belt*. Keuntungannya yaitu tahan terhadap kejutan dan menyerap getaran

2.9 Pengukuran Debit Air

Pengukuran debit air dengan Metoda Apung ini menggunakan alat bantu suatu benda ringan (terapung) untuk mengetahui kecepatan air yang diukur dalam satu aliran terbuka. Biasanya dilakukan pada sumber air yang membentuk aliran yang seragam (*uniform*).

Pengukuran dilakukan oleh 3(tiga) orang yang masing- masing bertugas sebagai pelepas pengapung di titik awal, pengamat di titik akhir

lintasan dan pencatat waktu perjalanan alat pengapung dari awal sampai titik akhir.

Pengukuran dilakukan dengan cara menghanyutkan benda terapung dari suatu titik tertentu (start) kemudian dibiarkan mengalir mengikuti kecepatan aliran sampai batas titik tertentu (finish), sehingga diketahui waktu tempuh yang diperlukan benda terapung tersebut pada bentang jarak yang ditentukan tersebut. Alat-alat yang diperlukan dalam pengukuran debit air dengan Metoda Apung:

1. Bola pingpong atau bisa diganti dengan benda lain yang ringan (gabus, kayu kering, dll).
2. Stop watch atau alat ukur waktu yang lain (arloji/*hand phone*) yang dilengkapi dengan stop watch.
3. Alat ukur panjang (meteran atau tali plastic yang kemudian diukur panjangnya dengan meteran).

Langkah-langkah pelaksanaan pengukuran dengan metoda ini adalah:

1. Pilih bagian aliran yang tenang dan seragam, hindari aliran yang memiliki pusaran air.
2. Tentukan dulu panjang saluran/lintasan (P) sungainya dan batasi titik awal (start) dan akhirnya (finish). (catat dalam form pengukuran).

3. Bersihkan bagian aliran tersebut dan bentuklah menjadi aliran yang lurus dengan penampang aliran yang memiliki kedalaman yang relatif sama .
4. Bagilah panjang saluran/lintasan menjadi beberapa bagian (misal 5 bagian/titik), ukur lebar sungai (L) pada titik-titik tersebut; dan ukur juga kedalamannya (H) pada bagian tepi kanan, tepi kiri dan tengah aliran. Kemudian hitung masing-masing rata-ratanya. (catat dalam formulir pengukuran).
5. Hitung luas penampang (A) rata-rata seperti dalam formulir pengukuran.
6. Gunakan benda apung (bola pingpong, kayu kering, gabus, dll) yang dapat mengalir mengikuti aliran air dan tidak terpengaruh angin.
7. Lepaskan benda terapung pada titik awal lintasan (start) bersamaan dengan menekan stop watch (tanda start) dan tekan kembali stop watch (tanda stop) pada titik akhir lintasan (finish) dan hitung waktunya (T).
8. Ulangi pengukuran waktu tempuh 5 kali ulangan.
9. Catat waktu tempuh benda apung dan hitung waktu rata-ratanya.
10. Hitung kecepatannya (V) menggunakan variabel luas penampang rata-rata (A) dan waktu rata-rata (T) sesuai rumus.
11. Hitung Debit air (Q) yang mengalirnya sesuai rumus.

Untuk memanfaatkan sumber tenaga air, harus diperhatikan hal sebagai berikut :

- a. Debit air yang mengalir konstan
- b. Ketinggian terjun
- c. Besarnya daya yang terdapat pada arus air
- d. Bebas dari banjir
- e. Tipe turbin dan generator

Untuk menghitung luas penampang basah (A) menggunakan persamaan berikut:

$$A = L.H..... (m^2)$$

Dimana :

A = luas penampang basah (m^2)

L = lebar penampang

H = tinggi/kedalaman air

Untuk mendapatkan kecepatan aliran sungai dengan menggunakan persamaan berikut:

$$V = \frac{S}{T}(m/s)$$

Dimana:

V = kecepatan arus (m/s)

S = jarak tempuh (m)

T = waktu tempuh (s)

Untuk mendapatkan debit air dapat di hitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q = v.A.....(m^3/s)$$

Dimana :

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

$$V = \text{kecepatan air (m/s)}$$

$$A = \text{luas penampang}$$