

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sumber Potensi

Yang terdapat pada Air merupakan suatu sumber energi yang murah dan relatif gampang didapatkan, dikarenakan pada air tersimpan suatu energy potensial (pada air jatuh) dan energi kinetic (pada air mengalir ). Tenaga air ( Hydropower) adalah energi yang didapatkan dari aliran air yang mengalir.

Untuk pemanfaatan suatu energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu aliran air terjun atau aliran air yang ada di sungai atau saluran pada parit, Sejak awal abad 18 kincir air banyak dimanfaatkan untuk menggerakkan gilingan produksi pada gandum, juga yang ada pada mesin tekstil dan penggergajian untuk pemotongan pada kayu.

Besar dan kecil nya suatu arus tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya head dan debit pada air tersebut. Dalam hubungan dengan reservoir air maka head adalah beda ketinggiannya antara muka air keluar dari kincir air atau turbin air dengan muka air pada reservoir (bendungan). Maka total energy

$$E = mgh \dots\dots\dots(1.1)$$

Keterangan :

$m$  adalah massa air

$h$  adalah head (m)

$g$  adalah percepatan gravitasi  $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

Suatu daya merupakan energi tiap satuan waktu  $\left(\frac{E}{t}\right)$ , sehingga

persamaannya (1.1) dapat dinyatakan sebagai:

$$\frac{E}{t} = \frac{m}{t} gh$$

Dengan mensubstitusikan  $P$  terhadap  $\left(\frac{E}{t}\right)$  dan mensubstitusikan  $\rho Q$

terhadap  $\left(\frac{m}{t}\right)$  maka:

$$P = \rho Qgh \dots\dots\dots(1.2)$$

dengan

$P$  adalah daya (watt) yaitu

$Q$  adalah kapasitas aliran  $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

$\rho$  adalah densitas air  $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

Selain memanfaatkan air yang jatuh pada hydropower dapat diperoleh dari aliran air yang datar. Dalam hal ini energi yang telah tersedia merupakan suatu energi kinetic

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \dots\dots\dots (1.3)$$

Dengan

v adalah kecepatan aliran air  $\left(\frac{m}{s}\right)$

Daya air yang tersedia dinyatakan sebagai berikut :

$$P = \frac{1}{2}\rho Qv^2 \dots\dots\dots (1.4)$$

atau dengan menggunakan persamaan kontinuitas  $Q = Av$  maka

$$P = \frac{1}{2}\rho Av^3 \dots\dots\dots (1.5)$$

dengan

A adalah luas penampang aliran air  $(m^2)$

## 2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

### 2.2.1 Sejarah Perkembangan Pada Mikrohidro

Dalam terjadinya pada perkembangan mikrohidro ini bermula dari awal

... ..

tidak mendapatkan pasokan listrik dikarenakan daerah tersebut tidak bisa dijangkau untuk menyalurkan jaringan listrik dari pembangkit listrik yang telah ada dipusat. Daerah tersebut sangat memiliki potensi untuk didirikannya suatu pembangkit listrik tenaga air dengan daya yang dihasilkan dalam skala mikro, kurang dari 100 KW, sehingga penggunaan yang terdapat pada pembangkit dengan prinsip mikrohidro sesuai untuk daerah tersebut. Pembangkit listrik ini menggunakan tenaga air seperti sistem irigasi, sungai yang telah dibendung atau yang terdapat pada air terjun.

Sejarah yang telah terdapat di nepal, yang ada pada sejarah mikrohidro berawal dari sebuah pabrik air tradisional (ghatta) yang digunakan untuk menggiling tepung yang telah dimodifikasikan dengan menggunakan turbin sehingga dapat menghasilkan listrik. Ghatta ini mempunyai tujuan yang utama untuk menghasilkan listrik yang telah mendukung kegiatan pengolahan hasil dari pertanian dan memiliki fungsi sekunder yaitu sebagai suatu pembangkit dengan prinsip mikrohidro tersebut.

Telah memiliki 6000 aliran sungai di daerah Topografi Nepal dan memiliki bukit-bukit yang tinggi, potensi air yang akan menghasilkan daya hingga 42 MW. Di Indonesia pun terdapat pendirian PLTMH (Pembangkit Listrik Mikro Hidro) yang sangat berpotensi, karena wilayah Indonesia merupakan negara yang memiliki banyak aliran sungai dan potensi perairan yang besar. Salah satunya pendirian PLTMH di desa Tenganan, Bali, mampu menghasilkan 12.500 Watt yang digunakan untuk menggerakkan mesin untuk suatu penggilingan beras sehingga mampu

menghasilkan 500 ton beras setiap hari menghasilkan tenaga nya

PLTMH ini memanfaatkan aliran sungai Bahu yang melintasi desa dengan debit air sekitar 350 liter/detik. Saat ini, banyak negara yang memakai prinsip mikrohidro untuk menghasilkan listrik diantaranya adalah Cina. Di negara Cina sekarang sedang mengembangkan suatu industri tenaga air yang mampu menghasilkan daya nya hingga 19 GW dan listrik keluaran tahunannya pun hingga 64 TWh sehingga mampu menyalurkan tenaga aliran listriknya ke 300 juta jiwa di Indonesia.

### **2.2.2 Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Microhidro (PLTMH)**

Mikrohidro adalah suatu istilah biasa digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (resources) dalam penghasil listrik adalah yang memiliki kapasitas aliran, ketinggian tertentu dan instalasi. Semakin besar kapasitas aliran air maupun ketinggiannya dari instalasi maka akan semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik tersebut dalam kehidupan sehari-hari.

Sebuah istilah hanyalah terdapat arti dari Mikrohidro, Mikro artinya *kecil* sedangkan hidro artinya *air*. Dalam segi dari prakteknya, istilah ini tidak merupakan sesuatu yang baku namun bisa dibayangkan bahwa Mikrohidro pasti menggunakan air sebagai sumber energinya. Untuk membedakan antara istilah Mikrohidro dengan Minihidro adalah output daya yang telah dihasilkannya. Mikrohidro telah menghasilkan daya lebih rendah dari 100 W sedangkan untuk minihidro daya

keluarannya berkisar antara 100 sampai 5000 W. Secara teknis, Mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sumber energi), turbin dan generator.

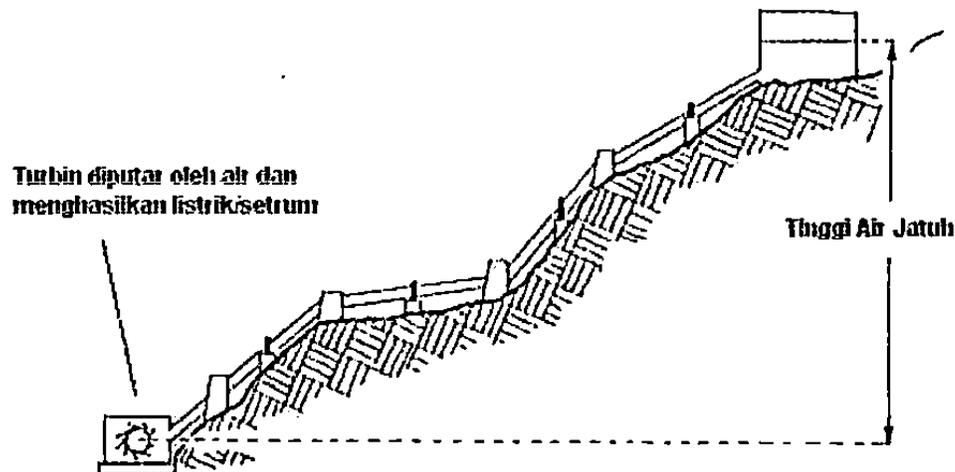
Berdasarkan kenyataannya mikrohidro bahwa adanya aliran air yang mengalir dari suatu daerah ke daerah lain dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai. Istilah kapasitas memicu kepada banyaknya volume aliran air persatuan waktu (flow capacity) sedangkan bedanya untuk ketinggian daerah aliran sampai ke instalasi dikenal dengan istilah head. Mikrohidro juga telah dikenal sebagai white resources dengan terjemahan bebas bisa dikatakan dengan "energi putih". Dikatakan demikian karena instalasi suatu pembangkit listrik seperti ini telah menggunakan sumber daya yang telah disediakan oleh alam dan ramah lingkungan.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik yang berskala kecil (lebih kurang dari 200 kW), yang memanfaatkan suatu tenaga air sebagai sumber penghasil energi. PLTMH juga termasuk salah satu sumber energi terbarukan dan layak disebut "*clean energy*" dikarena sangat ramah dengan lingkungan disekitarnya. Dari segi teknologinya, PLTMH telah dipilih karena konstruksinya mudah dioperasikan, lebih sederhana, mudah dalam perawatan dan penyediaan suku cadang. untuk biaya investasinya cukup bersaing dengan pembangkit listrik lainnya, sedangkan Secara ekonomi, biaya operasi dan perawatannya relatif murah dan Secara globalnya, PLTMH mudah diterima dimasyarakat luas, PLTMH biasanya dibuat dalam skala desa terpencil yang belum

berupa dari aliran air pada sistem irigasi, sungai yang dibendung atau air terjun yang telah ada maupun yang buatan.

### 2.2.3 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ( PLTMH )

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro pada umumnya memanfaatkan bedanya ketinggian dan jumlah suatu debit air perdetiknya yang terdapat pada aliran air saluran sungai, irigasi atau yang terdapat pada aliran air terjun. Aliran air tersebut ini akan memutar poros turbin sehingga akan menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya akan menggerakkan generator dan menghasilkan sebuah listrik.



Gambar 2.1 Tinggi jatuh (head) pada PLTMH

Untuk pembangunan PLTMH ini perlu diawalinya dengan pembangunan sebuah bendungan yang akan mengatur aliran air yang akan dimanfaatkan sebagai

... PLTMH. Bendungan ini dapat berupa bendungan beton atau

bendungan beton. Bendungan ini sangat perlu dilengkapi dengan pintu air dan saringan sampah supaya untuk pencegahan masuknya kotoran atau endapan lumpur.

Sebaiknya bendungan harus dibangun pada dasar sungai yang stabil dan aman terhadap datangnya banjir. Didekat bendungan dibangun dengan bangunan pengambilan (*intake*). Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan saluran penghantar yang nantinya akan berfungsi untuk mengalirkan air dari *intake*. Saluran ini dilengkapi dengan saluran pelimpah pada setiap jarak tertentu untuk mengeluarkan air yang berlebih. Saluran ini dapat berupa saluran terbuka atau tertutup. Di ujung saluran pelimpah dibangun kolam pengendap. Kolam ini berfungsi untuk mengendapkan pasir dan menyaring kotoran sehingga air yang masuk keturbin relatif bersih. Saluran ini dibuat dengan memperdalam dan memperlebar saluran penghantar dan menambahnya dengan saluran penguras. Kolam penenang (*forebay*) juga dibangun supaya untuk menenangkan aliran air yang akan masuk ke turbin dan akan mengarahkannya masuk kedalam pipa pesat (*penstok*).

Saluran ini dibuat dengan konstruksi beton dan berjarak sedekat mungkin ke rumah turbin supaya untuk menghemat pipa pesat tersebut. Pipa pesat tersebut berfungsi untuk mengalirkan air sebelum masuk kedalam turbin. energi potensial air yang ada pada kolam penenang diubah supaya menjadi energi kinetik yang nantinya akan memutar roda turbin dalam pipa tersebut, Biasanya terbuat dari pipa baja yang dirol lalu dilas, Untuk sambungan antar pipa digunakan *flens*. Pipa ini harus

... .. untuk menahan beban pada statis dan

dinamisnya. Pada pondasi dan kedudukan ini harus diusahakan selurus mungkin, karena semua itu perlu dirancang sesuai dengan keadaan kondisi tanahnya.

Sebuah turbin, generator dan sistem control nya masing-masing harus diletakkan dalam sebuah rumah yang terpisahkan. Pondasi turbin generator juga harus dipisahkan dari pondasi rumahnya, bertujuan supaya untuk menghindari permasalahan yang ada dalam akibat getaran. Rumah turbin harus dirancang sedemikian rupa agar supaya memudahkan dalam perawatan dan pemeriksaannya. Setelah keluar dari pipa pesat, maka air akan memasuki sebuah turbin pada bagian inlet. Didalamnya terdapat "*guided vane*" supaya bisa mengatur pembukaan dan penutupan pada turbin serta mengatur jumlah air yang akan masuk kedalam "*runner/blade*" (komponen utama pada turbin). *Runner* terbuat dari baja dengan kekuatan tarik tinggi yang dilas pada dua buah piringan sejajar. Maka pada Aliran air akan memutar "*runner*" dan akan menghasilkan sebuah energi kinetik yang akan memutar pada poros turbin tersebut. Energi yang timbul dikarenakan akibat putaran pada poros kemudian ditransmisikan ke generator. Seluruh sistem ini harus "*balance*". Turbin perlu dilengkapi "*casing*" yang berfungsi mengarahkan air ke runner.

Pada bagian bawah casing terdapat pengunci turbin. Bantalan (*bearing*) terdapat pada sebelah kiri dan kanan poros dan berfungsi untuk menyangga poros supaya bisa berputar dengan lancar. Daya yang terdapat pada poros dari turbin ini harus dilakukan transmisi kegenerator agar bisa diubah menjadi sebuah energi listrik.

3.1.1. *Generator* dapat dipisahkan pada mikrohidro tersebut adalah generator

sinkron dan generator induksi. Sistem transmisi daya ini dapat berupa sistem transmisi langsung (daya poros ini bisa langsung kita hubungkan dengan poros generator dengan bantuan kopling), ataupun dengan sistem transmisi daya yang tidak langsung, yaitu dengan cara menggunakan sebuah sabuk atau belt untuk memindahkan daya antara dua poros yang sejajar.

Keuntungan dari sistem transmisi yang langsung ini adalah lebih kompak, mudah dalam perawatannya, dan efisiensinya pun lebih tinggi. Tetapi sumbu porosnya pun harus benar-benar yang lurus dan putaran poros generatornya pun harus sama dengan kecepatan dalam putaran poros turbinnya. Dalam masalah ketidaklurusan sumbu dapat diatasi dengan bantuan kopling fleksibel.

Dalam kita mengetahui cara mengoreksi rasio kecepatan putarannya adalah dengan cara menggunakan sebuah *Gearbox*, Sistem transmisi tidak langsung memungkinkan adanya variasi dalam penggunaan generator secara lebih luas, karena kecepatan putar pada poros generator ini tidak perlu sama dengan kecepatan putar pada poros turbin. Jenis sebuah sabuk yang biasa digunakan untuk PLTMH ini berskala besar adalah jenis *flat belt*, sedangkan untuk *V-belt* biasanya digunakan untuk skala dibawah 20 kW. Komponen yang pendukung pada sistem ini adalah *pulley*, bantalan dan kopling. Listrik yang telah dihasilkan oleh generator ini dapat langsung untuk ditransmisikan lewat sebuah kabel yang telah terdapat pada tiang-



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

## 2. Turbin

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

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

Turbin air adalah sebuah mesin yang berputar telah mengambilkan 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 mereka digunakan untuk keperluan pembangkit tenaga listrik, Mereka pun

Turbin gas yaitu sebuah air dan uap yang biasanya memiliki "casing" disekitar baling-baling yang memfokuskan dan mengontrolkan fluid. Baling-baling dan "Casing" untuk beberapa keadaan pada aliran fluid mungkin memiliki sebuah geometri variabel yang dapat membuat operasi efisien. Energi diperoleh dalam bentuk tenaga "shaft" yang berputar.

Energi yang digunakan untuk menggerakkan turbin didapatkan dari dua cara:

1. Dengan head: memanfaatkan beda ketinggian permukaan air (energi potensial sungai).
2. Tanpa head: memanfaatkan aliran sungai (energi kinetik sungai).

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

### **3. Generator**

*Generator* adalah sebuah alat yang dapat 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 jenis induksi ini tidak diperlukan lagi untuk sistem pengaturan tegangan dan kecepatannya. Untuk jenis sebuah generator ini dia tidak dapat bekerja sendiri dikarenakan memerlukan suatu sistem jaringan listrik sebagai untuk penergerak

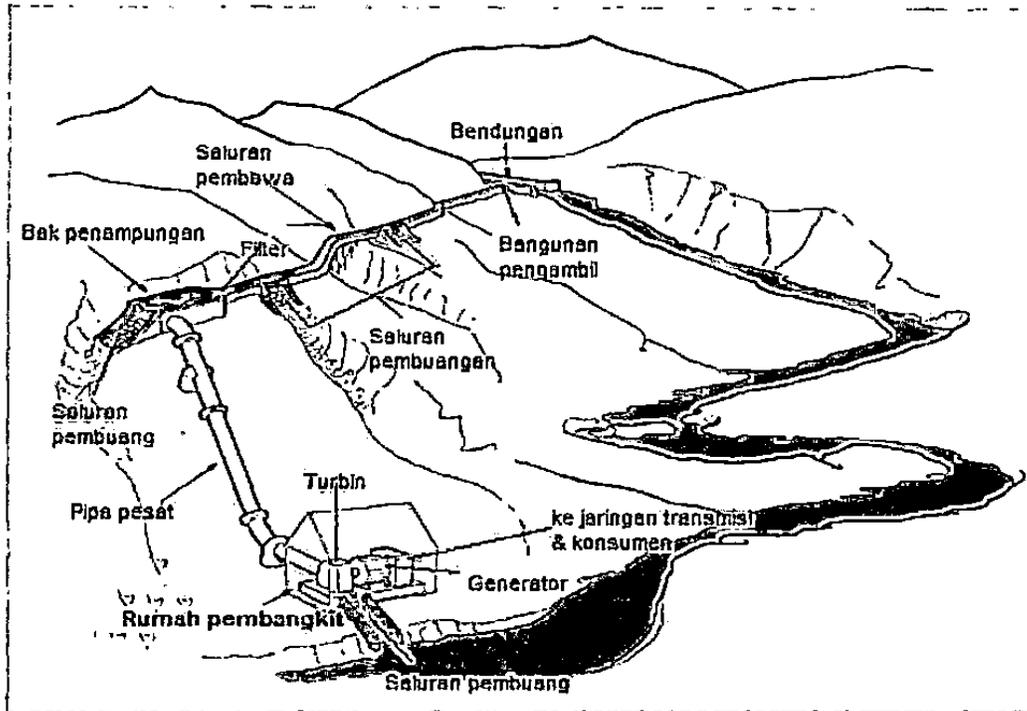
awalnya (Modak, 2002). Generator jenis ini lebih cocok digunakan untuk daerah yang telah dilalui jaringan listrik (Grid System). Generator sinkron bekerja pada kecepatan yang telah berubah-ubah. Supaya untuk dapat menjaga agar menjadi kecepatan generator tetap, tetapi sekarang dalam menggunakan nya harus 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 (Modak, 2002).

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

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

Hubungannya antara sebuah turbin dengan generator dapat menggunakan jenis sistem gearbox atau sambungan sabuk (belt). Biasanya jenis sebuah sabuk yang digunakan untuk PLTMH yang berskala besar adalah jenis flat belt dan sedangkan V-belt adalah yang biasa digunakan untuk berskala di bawah 20 kW. Yang perlu dan harus kita diperhatikan dalam sebuah perancangan pada PLTMH adalah untuk menyesuaikan antara debit air yang tersedia dan dengan besarnya generator yang digunakan sehingga generator yang dipakai tidak lah terlalu besar ataupun terlalu

### 2.2.4.2 Komponen Penunjang Air



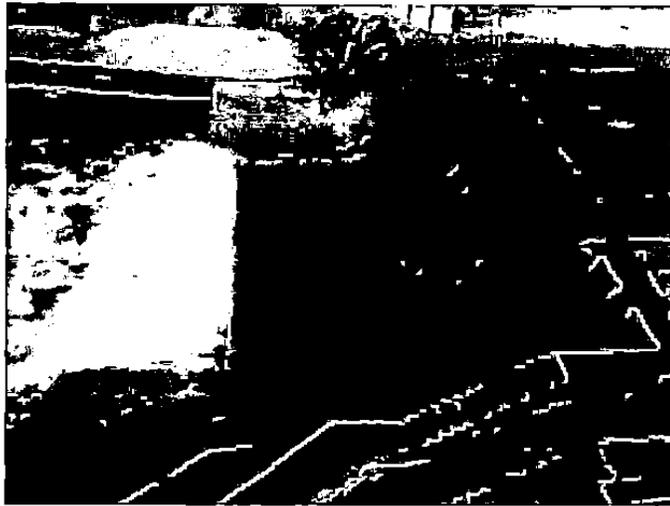
Gambar 2.3. Komponen skema pada Pembangkit Listrik Mikrohidro.

Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) antara lain:

a. *Bendungan Pengalihan (Diversion Weir)*

Aliran sungai terletak melintang yang berfungsi sebagai meninggikan permukaan air sungai agar pada aliran air yang sudah masuk melalui *intake* ke dalam

PLTMH milik desa dan sungai dengan kebutuhan dalam



Gambar 2.4. DAM

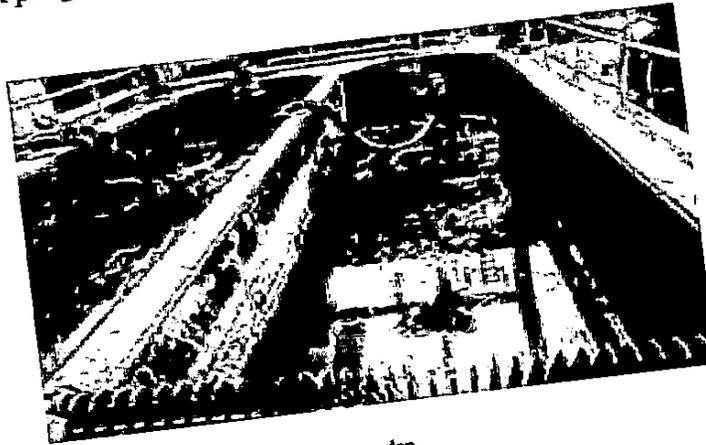
b. *Intake (Saluran Pemasukan)*

Merupakan pintu masuk yang menuju pada saluran pembawa ialah lubang intake. Lubang *Intake* berada dibibir sungai atau disamping bendung ke arah hulu sungai. Pintu *Intake* mengatur pada aliran air yang masuk dari sebuah sungai ke system pembawa air. Pintu *Intake* juga memungkinkan untuk menutup sama sekali aliran masuk selama periode perawatan dan selama banjir. Pada pintu *Intake* biasanya terdapat perangkap sampah.

c. *Bak Pengendap (Sand Trap)*

Merupakan sebuah saluran yang terletak sesudah pintu *Intake*. Bagian dasar dari bak pengendap secara membujur dan dirancangkan lebih miring agar kecepatan aliran airnya menurun. Penurunan ini akan mengendapkan pasir, kerikil dan sedimen sehingga tidak ikut lagi masuk ke saluran pembawanya, dan yang terpenting tidak masuk ke dalam turbin. Di bagian pada akhir bak pengendap maka terdapat pintu

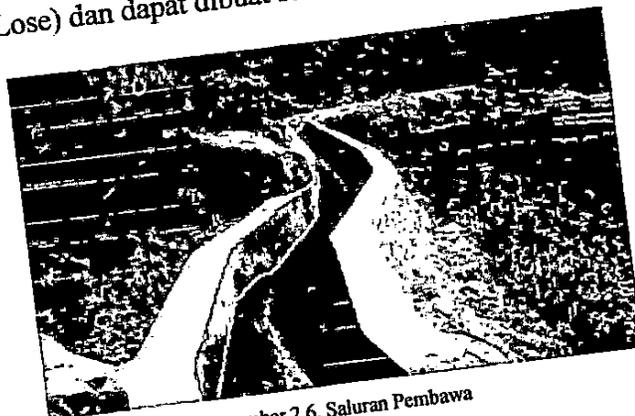
pengurasnya untuk membersihkan sand trap dari endapan pasir, kerikil dan sedimen.  
Pada PLTMH kecil bak pengendap juga berfungsi sebagai bak penenang.



Gambar 2.5 Bak Pengendap

d. *Saluran Pembawa (Head Race Channel)*

Saluran pembawa yaitu saluran yang membawakan aliran air mulai dari saluran pemasukan (Intake) hingga sampai ke sebuah bak penenang nya. Bagian dasar saluran dibuat lebih miring (landai) supaya air tidak ada yang terjebak didalam saluran tersebut. Kemiringan telah dibuat sedemikian rupa agar supaya hilangnya ketinggian (Head Lose) dan dapat dibuat seminimal mungkin.



gambar 2.6. Saluran Pembawa

e. *Saluran Pelimpah (Spillway)*

Saluran ini berfungsi untuk bisa mencegah aliran air berlebih yang sudah tidak terkontrol lagi dengan cara mengembalikan kelebihan air tersebut kedalam saluran ke sungai melalui saluran pelimpah. Terjadinya kelebihan air ketika debit air yang berada didalam saluran melebihi batas atau ketika pada saringan didalam bak penenang tersebut tersumbat dengan sampah. Kemungkinan yang ada pada spillway terletak pada bak pengendap, saluran pembawa dan bak penenang. Dengan adanya sistem pelimpah air ini dapat mencegah erosi dan tanah longsor pada sistem saluran air yang diakibatkan air tersebut bisa meluber kemana-mana.

f. *Bak Penenang (Forebay)*

Dari saluran pembawa ke pipa pesat maka membentuk suatu transisi, ada beberapa hal dalam kasus ketika baknya diperbesar yang akan bertujuan sebagai bak penampung pada beban puncak dan pada bak akhir untuk mencegah terjadinya pengisapan pada udara (air suction) oleh penstock. Bak penenang ini pun merupakan bak pengendap dan penyesing terakhir sebelum terjadinya air masuk ke dalam pipa



Gambar 2.7. Bak Penenang

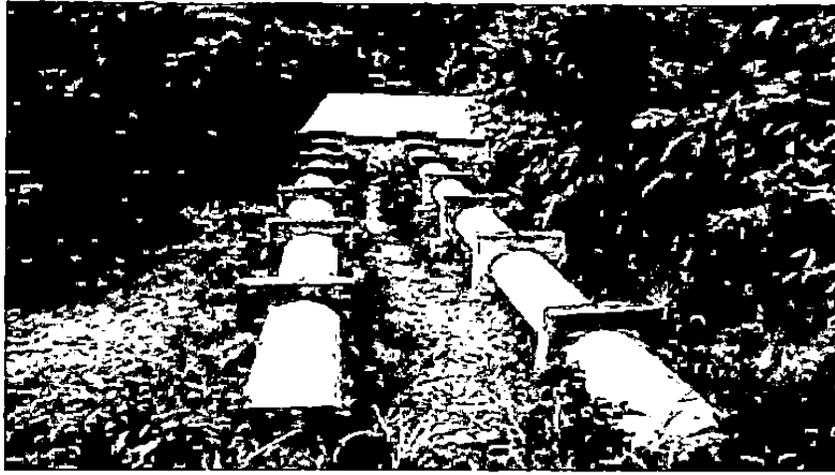
*g. Saringan*

Untuk menyaring kotoran-kotoran yang ada dalam air supaya nantinya agar tidak masuk ke dalam pipa pesat. Saringan terletak pada bagian depan intake, setelah bak pengendap, dan ujung depan pipa pesat di dalam bak penenang. Pada saringan pun harus kita diperiksa dan dibersihkan secara teratur.

*h. Pipa Pesat (Penstock)*

Yang dimaksudkan dengan pipa pesat ialah yang nantinya akan menghubungkan bak penenang dengan turbin disebuah rumah pembangkit yang membawa air tersebut jatuh ke turbin. Biasanya pipa pesat terbuat dari pipa baja yang dirolkan dan dilaskan untuk menyambungkannya. Namun demikian ada juga pipa pesat yang terbuat dari beton atau plastik (PE, PVC, HDPE). Pipa pesat telah didukung oleh sliding blocks dan angkor serta (sambungan) untuk mengatasi dalam

... pipa pesat mengalami akibat terjadinya pengaruh pada temperatur



Gambar 2.8. Pipa Pesat

*i. Rumah Pembangkit (Power House)*

Adalah sebuah bangunan rumah untuk semua tempat peralatan mekanik dan elektrik PLTMH yang dipasang secara aman baik dari pengaruh cuaca buruk maupun akses masuknya orang-orang yang tidak ada berkepentingan dalam hal tersebut. Peralatan mekanik seperti turbin dan alternator ini berada didalam rumah pembangkit, demikian pula peralatan elektrik, seperti controller.



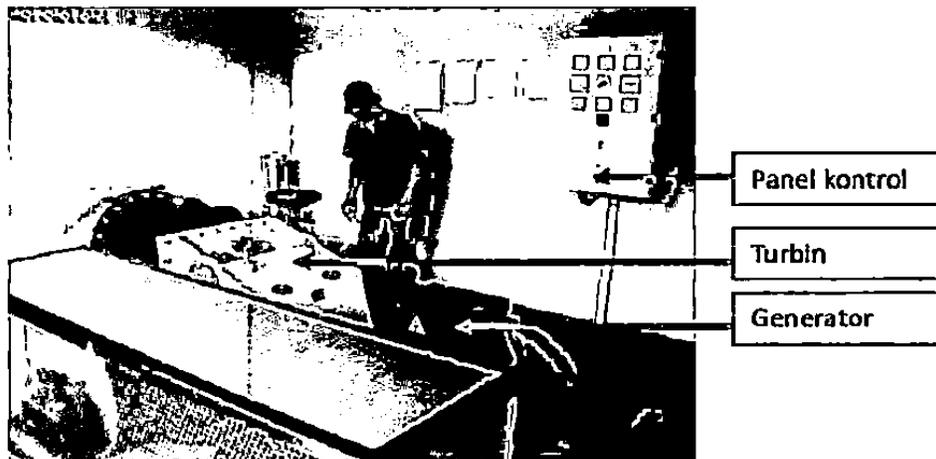
j. *Saluran Pembuang (Trailrace channel)*

Saluran tersebut terpasang dibagian dasar rumah pembangkit yang nantinya akan berfungsi mengalirkan aliran air kembali ke sungai setelah melalui turbin.



Gambar 2.10. Saluran pembuang

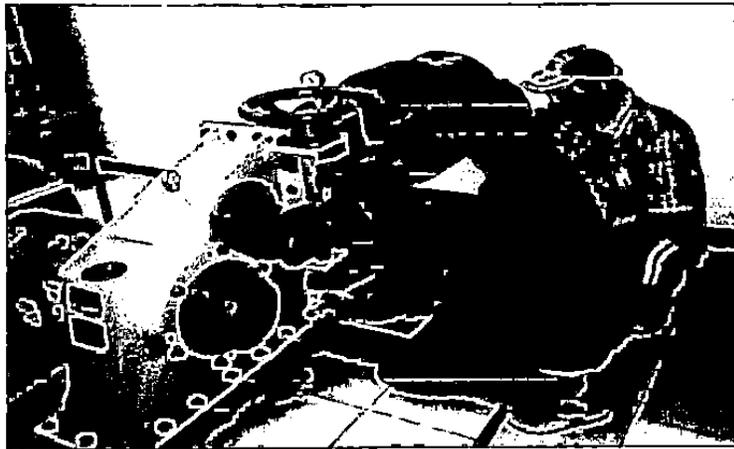
### 2.2.4.3 Komponen Mekanikal & Elektrikal



Peralatan elektro-mekanikal adalah semua peralatan yang dipergunakan untuk merubah energi potensial air menjadi energi listrik. Peralatan utamanya adalah terdiri dari :

### 1. Turbin

Peralatan mekanik yang mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik (putaran). Air yang memiliki tekanan dan kecepatan tertentu mendorong sudu-sudu turbin dan akan memutar turbin sehingga dapat berputar dengan daya yang sebanding dengan daya dari potensi air.

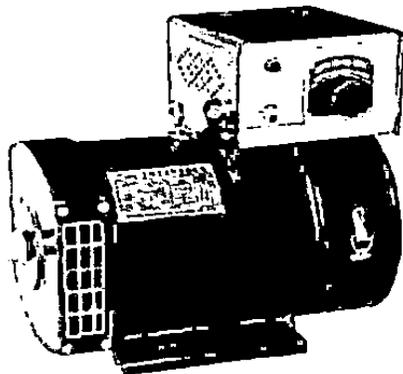


Gambar 2.12. Contoh turbin Crossflow

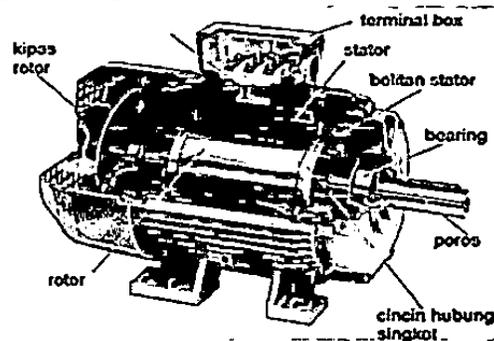
Ada beberapa jenis turbin yang digunakan dalam pemanfaatan PLTMH yang disesuaikan dengan besarnya debit air dan tinggi jatuh. Turbin yang paling banyak

- Turbin Pelton: cocok untuk tinggi jatuh yang tingginya lebih dari 80 meter.
- Turbin propeller (open flume): cocok untuk tinggi jatuh yang rendah 2-10 meter dengan debit air yang besar.
- Turbin crossflow: bagus atau pas untuk aplikasi yang tinggi jatuh medium 10-100 meter, daya 1kW-250kW.

## 2. Generator



STC  
General Generator



Gambar 3. Motor Induksi tiga fasa

Gambar 2.13. Contoh Generator Sinkron.

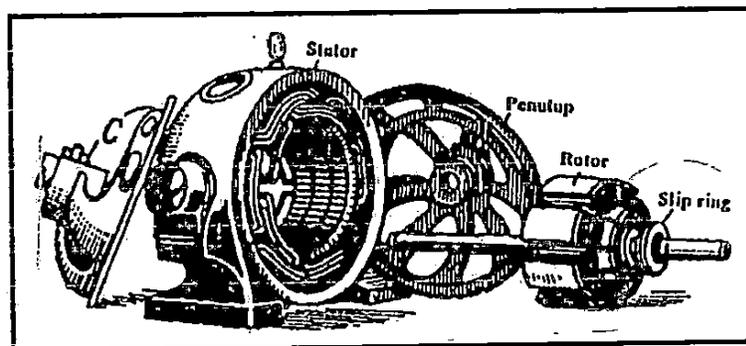
Gambar 2.14. Generator Induksi/Motor sebagai Generator

Sebuah generator merupakan komponen yang berfungsi untuk mengubah energi mekanis dari turbin menjadi energi listrik. Komponen utama dari sebuah generator adalah rotor dan stator. Rotor adalah bagian dari yang berputar, yang terdapat dikopel dengan poros turbin sebagai tenaga pemutarnya. Dengan memberikan penguatan atau magnetisasi kepada rotor tersebut, tegangan akan dihasilkan ke bagian generator yang tidak bergerak yang disebut stator

Sebuah komponen generator berfungsi merubah energy mekanik berupa putaran menjadi energi listrik. Generator yang digunakan biasanya jenis arus bolak balik (AC) dengan frekuensi 50 hz pada putaran 1500 rpm. Energi listrik yang dihasilkan dapat berupa 1 fasa (2 kabel) atau 3 fasa (4 kabel) dengan tegangan 220/380 Volt. Generator yang telah diputar oleh turbin melalui kopel langsung atau melalui puley dan sabuk (belt). Ada dua jenis generator yang banyak digunakan untuk PLTMH yaitu generator sinkron dan motor induksi sebagai generator (generator induksi).

## 2.1 Klasifikasi Generator

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

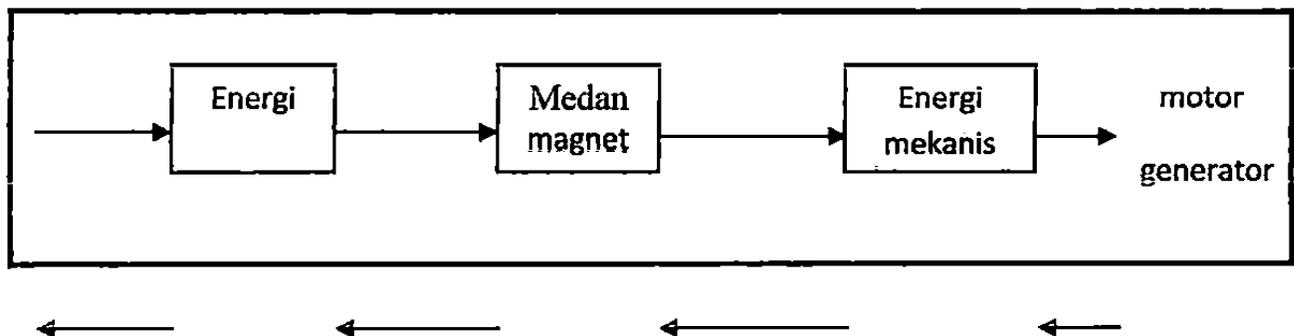


Gambar 2.15 Bagian-Bagian Generator Serempak

## 2.2 Konversi Energi Elektromekanik

Sebuah konversi energi yang baik dari energi listrik menjadi energi mekanik (motor) maupun sebaliknya dari energi mekanik menjadi energi listrik (generator) yang berlangsung melalui medium medan magnet.

Demikian dengan komponen medan magnet disini selain berfungsi sebagai tempat penyimpanan energi juga sekaligus sebagai medium untuk mengkopel suatu proses perubahan energi. Energi yang akan diubah dari satu ke lain sistem, sementara akan tersimpan pada medium medan magnet untuk kemudian dilepaskan menjadi energi sistem lainnya.



Gambar 2.16 Bagan Proses Konversi Energi

## 2.3 Kapasitas Generator

Kapasitas pada komponen generator ini di nilai dalam kilovolt ampere (kVA) dan biasanya dalam kilowatt (kW) pada faktor daya yang tertentu. Data lain pada plat nama (*name plate*) generator termasuk nilai tegangan, arus, frekuensi, jumlah fasa, arus penguatan, dan temperatur kerja. Pada sistem satu fasa, besarnya daya listrik

$$P = V_p I_p \cos \varphi \text{ (Watt)}$$

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

Keterangan :

P : Daya (Watt)

$V_p$  : Tegangan phasa (V)

$I_p$  : Arus phasa (A)

$\cos \varphi$  : Faktor daya

S : Daya Semu (VA)

## 2.4 Efisiensi Generator

Dalam efisiensi generator dapat ditentukan dengan pengukuran yang langsung masukan dan keluaran atau dengan perhitungan setelah rugi-rugi ditentukan.

Pada umumnya efisiensi generator berkisar 85% - 90%.

## 3. Panel Listrik dan Alat Kontrol

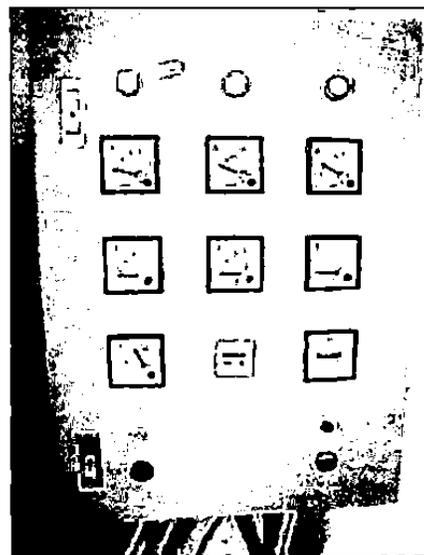
Panel listrik merupakan tempat dimana sambungan kabel (terminal) dan peralatan pengaman listrik (MCB) serta meter listrik ditempatkan. Berikut fungsi panel listrik dan alat kontrol:

- Sebagai alat untuk pengaman generator dan peralatan dalam listrik dari hubung singkat, arus beban yang
- lebih, tegangan lebih/kurang (over/under voltage), frekuensi lebih/kurang

- Memonitor parameter dan besaran listrik seperti tegangan generator, arus beban, frekuensi, indikator lampu, jam operasional dan lain lain.
- Sebagai alat pengendali/kontrol generator supaya tegangan dan frekuensi generator stabil pada saat terjadi perubahan beban di konsumen. Ada dua jenis kontrol yaitu ELC (electronic load controller) untuk generator sinkron dan IGC (induction generator controller) untuk generator induksi/motor. Pada prinsipnya kedua jenis kontrol ini adalah sama, hanya berbeda parameter yang di kontrol, dimana frekuensi pada ELC dan tegangan pada IGC. Cara paling mudah untuk membedakannya adalah adanya kapasitor pada IGC dan sedangkan pada ELC tidak ada.



Gambar 2.17.



Gambar 2.18.

#### 4. **Beban Ballast (Ballast Load)**

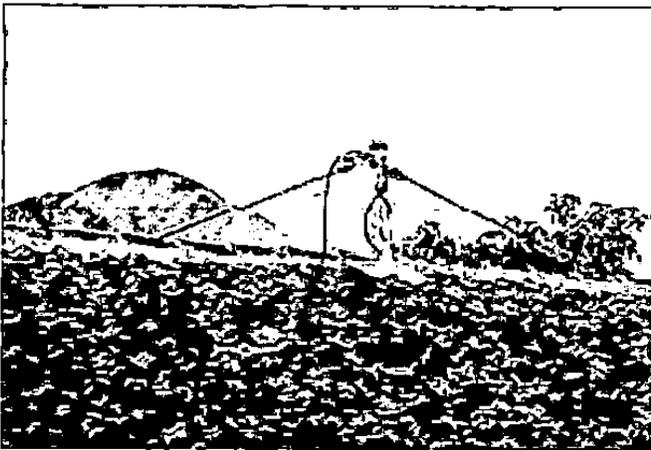
Yang terdapat pada beban *Ballast* hanya lah digunakan pada PLTMH dengan pemakaian suatu control beban (ELC/IGC) sedangkan pada PLTMH tanpa kontrol tidak menggunakan beban *Ballast*. Yang terdapat pada PLTMH tanpa menggunakan kontrol, tegangan dan frekuensi akan menjadi naik dan turun sesuai dengan perubahan pada beban konsumen, hal ini akan mengakibatkan lampu dan peralatan elektronik akan mudah menjadi cepat rusak. Beban *Ballast* digunakan untuk membuang energi listrik yang dibangkitkan oleh generator tetapi tidak terpakai oleh konsumen. Sehingga daya yang dihasilkan generator dengan daya yang dipakai akan seimbang, hal ini dimaksudkan untuk menjaga tegangan dan frekuensi generator supaya tetap stabil.



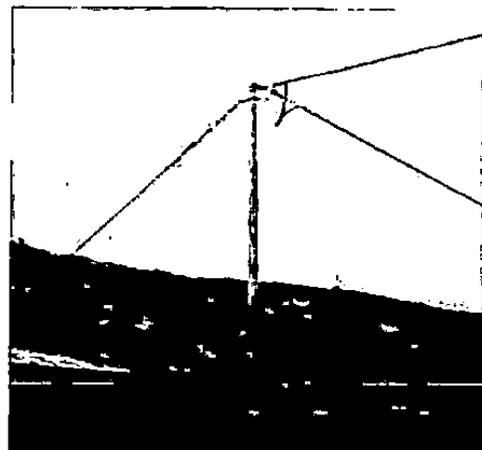
Gambar 2.10. Beban ballast lampu dalam pemrosesan udara

## 5. Jaringan Kabel Listrik

Biasanya kabel yang menyalurkan listrik dari rumah pembangkit ke pelanggan.



2.20 Contoh jaringan listrik pada sambungan rumah.



2.21 Contoh jaringan kabel listrik pada tiang jaringan.

### 2.2.5 Kelebihan dan Kekurangan pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Dalam sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan. kelebihan dan kekurangan yang terdapat pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ini sebagai berikut:

- Kelebihan yang terdapat pada PLTMH
  - Membangun PLTMH berarti kita telah melestarikan sumber air yang bisa dimanfaatkan disekitar kita.
  - Indonesia kaya dengan hutan sehingga kaya juga dengan airnya

- Pembangkit Listrik Tenaga Surya hanya bisa beroperasi siang hari sedangkan PLTMH bisa beroperasi sehari penuh karena air tidak tergantung siang dan malam hari.
- Alat-alat yang ada pada PLTMH sudah bisa diproduksi di dalam negeri dan peralatan penggantinya pun bisa kita dapat di kota-kota besar disekitar kita.
- Pengoperasian PLTMH tidak memerlukan biaya yang mahal (dibandingkan dengan pengoperasian generator diesel).
- PLTMH lebih awet, jika dipelihara dengan baik, dibanding pembangkit yang lain seperti PLTS, PLTU dll.
- Penggunaan energi baik energi listrik maupun energi gerak dari PLTMH untuk kegiatan produktif bisa dilakukan. Seperti charge aki dengan energy listrik atau penggilingan menggunakan energy gerak yang tersedia langsung dari turbin.
- PLTMH teknologinya tidak begitu sulit sehingga mudah dioperasikan sebagai *base load* maupun *peak load* (dapat dengan cepat on/off), karena turbin air pada PLTMH dapat diberhentikan setiap saat.
- Pada produk sampingan seperti air keluaran bisa kita manfaatkan untuk keperluan irigasi.
- Bisa mengurangi tingkat konsumsinya pada energi fosil dan langkah seperti

- Energi yang terbaru.

- Bersih Lingkungan.

➤ Kekurangan yang ada pada PLTMH

- Karena sering juga *dianggap belum kompetitif* dibandingkan dengan energi fosilnya, karena:

- a) Terkadang kemampuan SDM yang ada masih sangat rendah dalam mengelola PLTMH baik secara administrasi maupun teknisnya.

- b) Sebenarnya PLTMH dapat beroperasi karena sumber yang membangkitkan berasal dari debit air dan ketinggian jatuh air (head), sehingga PLTMH hanya lah dapat dibangun di daerah tertentu seperti di pegunungan dan di sumber mata air.

- c) Terkadang dalam biaya pembuatan bangunan pada sipilnya jauh lebih mahal dibandingkan dengan harga peralatan listriknya seperti turbin dan generator, sehingga biaya investasi pembangunan yang tinggi bisa menimbulkan masalah finansial pada penyediaan modal awal.

- Kurang nya atau belum tersedianya data potensi sumber daya yang lengkap, karena masih terbatasnya masalah dalam kajian/studi yang dilakukan.

- Akses masyarakat terhadap energi masih rendah (DESDM, 2005).

- Kurang nya Peran Pemerintah:

- a) Belum muncul atau terlihat adanya pada *sense of urgency*

- b) Kurangnya koordinasi antara lembaga pemerintah yang ada

- Ketika terjadi pada musim kemarau kemampuan PLTMH akan menurun dikarenakan jumlah air Berkurang.
- Semakin jauh jarak Pelanggan ke pembangkit, maka kualitas listrik juga lebih buruk.
- Jika pelanggan melebihi kemampuan PLTMH, maka kualitas listrik akan menurun.

### **2.3 Pemanfaatan Energi Mikrohidro dengan menggunakan Kincir Air**

Dalam pembuatan pada kincir air pemanfaatannya paling banyak ditiru ketika pekerja dalam memanfaatkan tinggi air jatuh dan kapasitas air. Faktor yang harus diperhatikan pada kincir air selain memperoleh energi potensial dari berat air yang ada pada tiap sudu yang aktif, juga terdapat energi kinetik yang berasal hantaman air terhadap sudunya.

Dalam posisi ketika air yang sedang mengalir ke dalam dan ke luar kincir maka tidak mempunyai tekanan yang lebih, tetapi hanya terdapat tekanan atmosfer saja. Kecepatan dalam mengalirnya air sebuah kincir harus lah kecil, karena apabila kecepatannya lebih besar maka ketika air melalui sudut tersebut, air akan melimpah ke luar atau energi yang ada akan hilang percuma tidak bisa dimanfaatkan. Pada kondisi yang tertentu dimana kemungkinan-kemungkinan lain tidak ada, maka kincir air tetap

.....

Yang bisa digunakan kincir ketika dalam Tinggi jatuhnya air antara 0,1 m sampai dengan 12 m dan kapasitas airnya adalah 0,05 m<sup>3</sup>/s sampai dengan 5m<sup>3</sup>/s. Pemakaian pada kincir air adalah di daerah yang aliran airnya tidak tentu, berubah-ubah dan tinggi air jatuhnya kecil. Bila perubahan kecepatan putaran kincir air tidak diperhitungkan dan kecepatan putarannya kecil yaitu 2 putaran/menit sampai dengan 12 putaran/menit, maka daya pada poros transmisi masih bisa digunakan. Kincir air memiliki rendemen antara 20% sampai dengan 80%. Kincir air dengan kecepatan putaran pelan maka bahannya dapat dibuat dari kayu, tetapi apabila kecepatan putar tinggikan air jatuh yang besar maka kincir air dibuat dari besi (Dietzel, 1990:15).

### **2.3.1 Jenis-Jenis pada Kincir Air**

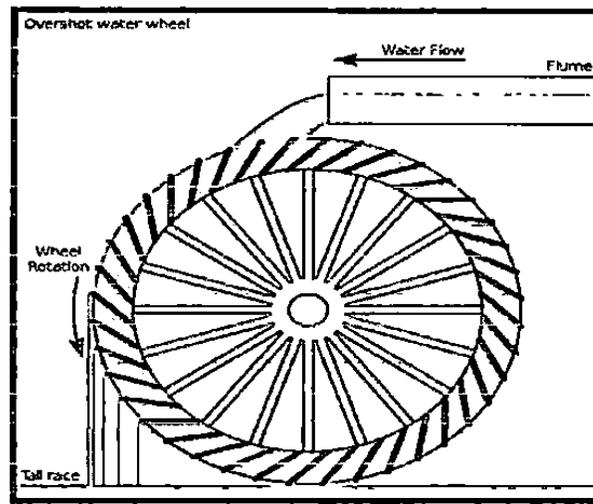
Secara globalnya terdapat tiga jenis kincir air yang berdasarkan pada sistem aliran airnya yaitu:

- Kincir Air Overshot.
- Kincir Air Breastshot.
- Kincir Air Undershot.

#### **2.3.1.1 Kincir Air Over-Shot**

Kincir air over shot bekerja ketika air yang mengalir jatuh ke dalam sudu.

bagian atas dan karena gaya berat air roda kincir yang berputar. Yang dimaksud dengan kincir air over-shot adalah kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir air yang lainnya.



Gambar 2.22 Kincir Air Over-Shot

Sumber: Soto, 1994; 197

Adapun keuntungan dalam menggunakan sebuah kincir air *over-shot* adalah:

- a. Teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir.
- b. Tidak terlalu membutuhkan aliran yang deras.
- c. Tingkat dalam efisiensinya yang tinggi.
- d. Konstruksi yang sederhana.
- e. Mudah ketika dalam perawatannya.

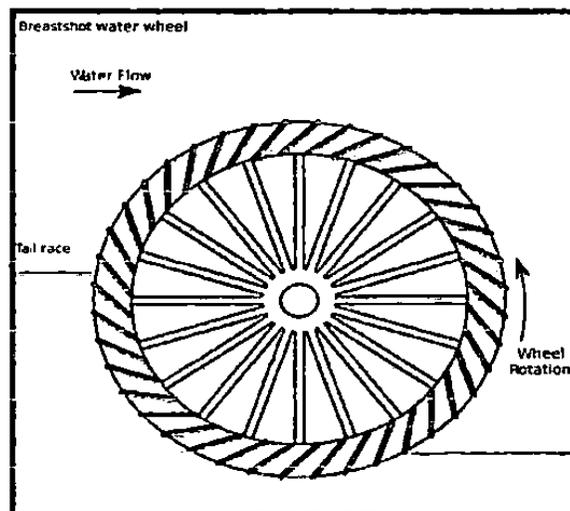
Sedangkan kerugian yang dialaminya sebagai berikut:

- a. dikarena aliran air yang berasal dari atas, maka biasanya reservoir air atau bendungan air tersebut, harus memerlukan investasi yang lebih banyak.
- b. Memerlukan ruang yang lebih luas untuk penempatan.
- c. Tidak bisa diterapkan untuk mesin putaran tinggi

d. Daya yang telah dihasilkan terlalu relatif kecil.

### 2.3.1.2 Kincir Air *Breast-Shot*

Kincir air *breast-shot* merupakan perpaduan antara *over-shot* dan *under-shot*, dilihat dari energi yang diterimanya. Jarak tinggi jatuhnya tidak melebihi pada diameter kincir tersebut, arah aliran pada air yang menggerakkan kincir air disekitar sumbu poros dari kincir air. dari kincir air tipe *under-shot* ini bisa merubah dalam kinerjanya.



Gambar 2.24 Kincir Air *Breast-Shot*

Sumber: Soto, 1994: 197

Dalam menggunakan kincir air *breast-shot* ini keuntungan adalah sebagai berikut:

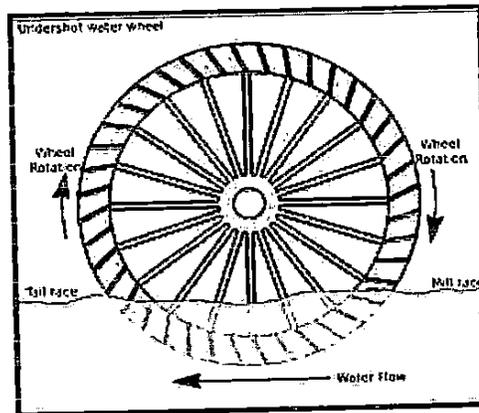
- a. Dibandingkan dengan tipe *over-shot* tinggi jatuhnya lebih pendek.
- b. Tipe ini lebih efisien dibandingkan dari tipe *under-shot*.
- c. Dan dapat diaplikasikan pada sumber air aliran yang datar.

2.1.1.1. Keunggulan dalam menggunakan kinerjanya adalah sebagai berikut :

- a. Sudu-sudu dari tipe ini tidak rata seperti tipe *under-shot* (lebih rumit).
- b. Efisiensinya lebih kecil daripada yang terdapat ditipe *over-shot*.
- c. Diperlukan sebuah dam pada arus aliran yang datar.

### 2.3.1.3 Kincir Air *Under-Shot*

Kincir air *under-shot* bekerja apabila air yang mengalir, menghantam pada dinding sudu yang telah terletak pada bagian bawah dari kincir air tersebut. Kincir air tipe undershot ini tidak mempunyai tambahan keuntungan dari head. Tipe ini cocok jika dipasang pada perairan yang dangkal didaerah yang rata. Tipe ini disebut juga dengan "Vitruvian". Disini arah sudut yang memutar kincir berlawanan dengan aliran air.



Gambar 2.23 Kincir Air *Under-Shot*

Sumber :Soto, 1994: 197

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

- a. Konstruksi lebih sederhana.
- b. Lebih ekonomis.
- c. Memudahkan untuk kita dalam pemipindahkan.

Sedangkan kerugiannya adalah sebagai berikut:

- a. Efisiensinya relative kecil.
- b. Dan daya yang telah dihasilkan relatif kecil.

**Tabel 2.1 Spesifikasi Teknis Tiga Jenis Kincir Air**

Spesifikasi	<i>Over-shot</i>	<i>Breast-shot</i>	<i>Under-shot</i>
Ketinggian jatuh air (m)	3 - 12	2 - 5	0.4 - 3.0
Debit air (m <sup>3</sup> /s)	0.1 - 1.0	0.3 - 3.0	0.2 - 5.0
Diameter kincir D (m)	2.0 - 10	5.5-8.5 (D = H+3.5)	2-9 D = (3h s/d 5h)
Kecepatan Peripheral U(m/detik)	1.5 - 2.0	1.4 - 2.0	1.0 - 2.0
RPM	3 - 25	3 - 7	2 - 12
Efisiensi Maksimum (%)	25 - 80	20 - 75	

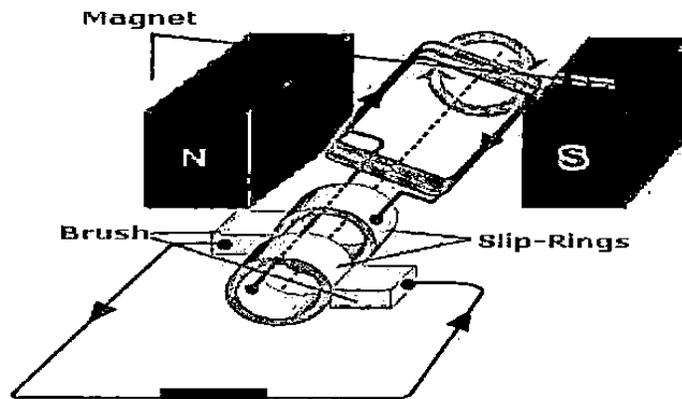
## **2.4 Gaya Gerak Listrik Induksi**

### **2.4.1 Hukum Faraday**

Seorang ilmuwan yang berkebangsaan Inggris yang bernama Michael Faraday (1791-1867), membuat hipotesis (dugaan) bahwa medan magnet tersebut seharusnya dapat menimbulkan arus listrik. supaya untuk membuktikan kebenarannya pada hipotesis Faraday. Dalam hasil percobaan, telah diketahui bahwa gerakan magnet di dalam kumparan mengakibatkan pada jarum galvanometer terjadi penyimpangan. Jika kutub utara magnet digerakkan mendekati kumparan, maka jarum galvanometer menyimpang ke kanan. Jika kutub utara magnet digerakkan menjauhi kumparan, maka yang terjadi pada jarum galvanometer akan menyimpang ke kiri. Jika magnet diam dalam kumparan, maka pada jarum galvanometer tidak menyimpang. Penyimpangan jarum galvanometer tersebut menunjukkan bahwa pada kedua ujung kumparan terdapat arus listrik. Peristiwa timbulnya arus listrik seperti itulah yang disebut induksi elektromagnetik. Yang dimaksud gaya gerak listrik (GGL) induksi adalah beda potensial yang timbul pada ujung kumparan.

Dapat dijelaskan terjadinya GGL induksi seperti berikut: Jika kutub utara magnet didekatkan ke kumparan maka Jumlah garis gaya yang masuk pada kumparan makin banyak. Yang menyebabkan terjadinya penyimpangan pada jarum galvanometer karena Perubahan jumlah garis gaya. Hal yang sama juga akan terjadi jika magnet digerakkan keluar dari kumparan. Akan tetapi arah simpangan jarum

galvanometer berlawanan dengan penyimpangan semula. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penyebab timbulnya GGL induksi adalah perubahan garis gaya magnet yang dilingkupi oleh kumparan.



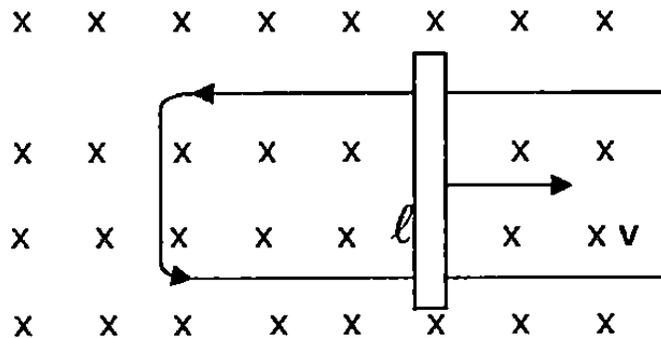
Gambar 2.25 Generator AC

Menurut Faraday, besar GGL induksi pada kedua ujung kumparan sebanding dengan laju perubahan fluks magnetik yang dilingkupi kumparan. Artinya, makin cepat terjadinya perubahan fluks magnetik, makin besar GGL induksi yang timbul. Adapun yang dimaksud fluks magnetik adalah banyaknya garis gaya magnet yang menembus suatu bidang.

Generator atau pembangkit listrik yang sederhana dapat ditemukan pada sepeda. Pada sepeda, biasanya dinamo digunakan untuk menyalakan lampu. Caranya ialah bagian atas dinamo (bagian yang dapat berputar) dihubungkan ke roda sepeda. Pada proses itulah terjadi perubahan energi gerak menjadi energi listrik. Generator (dinamo) merupakan alat yang prinsip kerjanya berdasarkan induksi elektromagnetik. Alat ini pertama kali ditemukan oleh Michael Faraday. Berkebalikan dengan motor listrik, generator adalah mesin yang mengubah energi kinetik menjadi energi listrik

## 2.4.2 Gaya Gerak Listrik (GGL)

Jika suatu konduktor berbentuk dalam medan magnet  $B$  diletakkan konduktor lain yang dapat bergerak dengan kecepatan  $v$  lihat Gambar 2.13 dan menempuh jarak  $x = v.t$  dalam waktu  $t$  dan luas bertambah  $A = l.x = l.v.t$  dalam waktu  $t$  maka timbul GGL induksi sebesar  $\mathcal{E} = B.l.v$

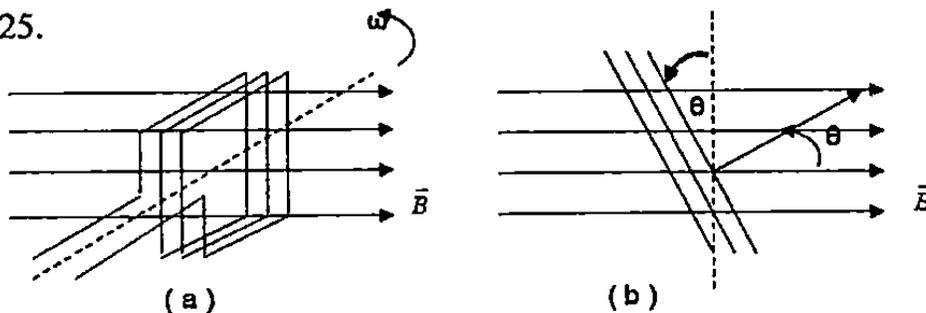


Gambar 2.26 GGL induksi pada konduktor bergerak

## 2.4.3 Generator Bolak balik dan Searah

Generator bolak-balik terdiri dari kumparan yang berputar relatif terhadap medan magnet luar. Akibat putaran tersebut, fluks magnet yang melalui kumparan berubah terhadap waktu sehingga dihasilkan GGL induksi kumparan tersebut lihat Gambar 2.25.

Gambar 2.25.



Jika kumparan dengan kecepatan anguler konstan  $\omega$  maka sudutnya adalah

$$\Theta = \omega \cdot t$$

Dan fluks yang berubah terhadap waktu adalah

$$\Phi = B \cdot A \cos \omega t.$$

Bila kumparan adalah N buah lilitan, maka GGL imbas yang dihasilkan yaitu:

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi}{dt} = N \cdot B \cdot A \cdot \omega \cdot \sin \omega t = \varepsilon_{maks} \sin \omega t$$

$$\mathcal{E} = N \cdot B \cdot A \cdot \omega \sin \omega t$$

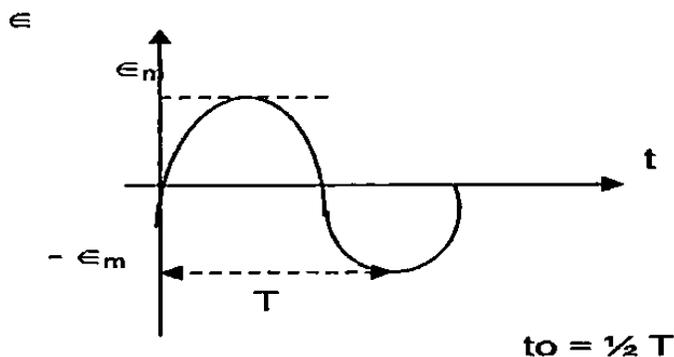
Jika harga maksimum (amplitudo)  $\mathcal{E}$  yaitu  $NBA \omega$  dinyatakan dengan  $\mathcal{E}_m$  maka persamaan dinyatakan :

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_m \sin \omega t$$

GGL induksi yang dihasilkan generator bolak-balik berubah setiap selang waktu  $t_0$  yang memenuhi hubungan sebagai  $\omega t = \pi$  atau

$$t_0 = \frac{\pi}{\omega} = \frac{1}{2} T$$

T adalah periode, yaitu waktu yang diperlukan untuk melakukan sekali gerak putar penuh lihat Gambar 2.26

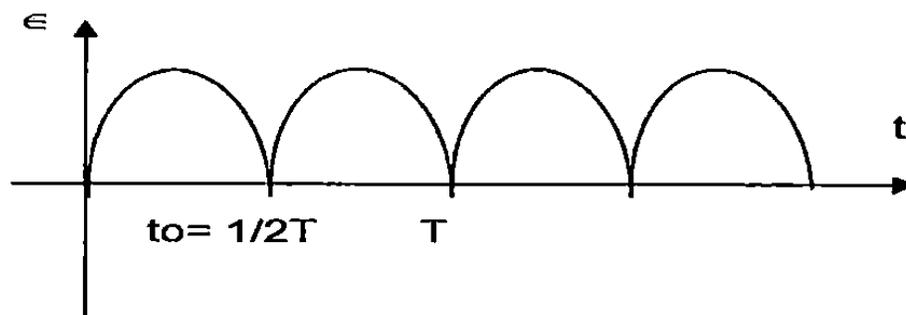


Perbedaan generator searah dengan bolak-balik adalah pada bentuk cincin terminalnya. Pada generator searah terminal dari kumparannya berupa separuh cincin yang disebut komutator. Generator searah tidak pernah berubah tanda, meskipun besarnya berubah dengan hubungan sebagai berikut :

$$\epsilon = N.B.A.\omega |\sin \omega t|$$

$$\text{Atau } \epsilon = \epsilon_m |\sin \omega t|$$

Grafik GGL induksi pada generator searah



Gambar 2.29 Grafik GGL induksi pada generator searah

## 2.5 Kabel Instalasi

Kabel yang digunakan dalam elektro teknik banyak sekali ragamnya. Karena bahan-bahan isolasi plastik masih terus berkembang, selalu ada saja tambahan jenis-jenis kabel baru.

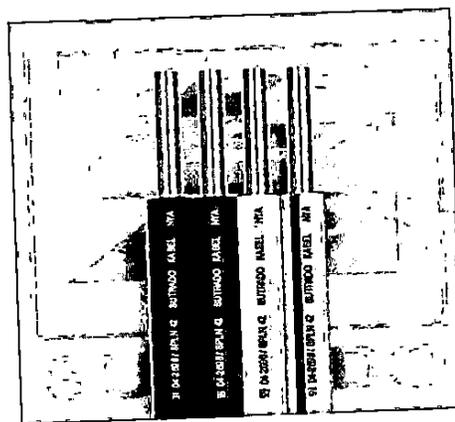
Jenis kabel dinyatakan dengan singkatan-singkatan, terdiri dari sejumlah huruf dan kadang-kadang juga angka. Karena banyaknya jenis yang ada sering tidak mudah untuk mengenali konstruksi suatu kabel hanya dari nama singkatannya saja

tanpa keterangan tambahan, sekalipun nama singkatan itu disusun menurut suatu sistem tertentu.

Berikut adalah beberapa contoh kabel yang digunakan dalam instalasi arus kuat :

### 1. Kabel NYA

Berinti tunggal, berlapis bahan isolasi PVC, untuk instalasi luar/kabel udara. Kode warna isolasi ada warna merah, kuning, biru dan hitam. Kabel tipe ini umum dipergunakan di perumahan karena harganya yang relatif murah. Lapisan isolasinya hanya 1 lapis sehingga mudah cacat, tidak tahan air (NYA adalah tipe kabel udara) dan mudah digigit tikus.

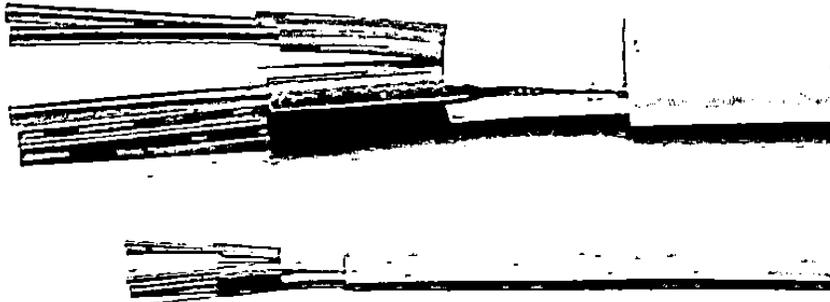


Gambar 2.30 Kabel NYA

Agar aman memakai kabel tipe ini, kabel harus dipasang dalam pipa/conduit jenis PVC atau saluran tertutup. Sehingga tidak mudah menjadi sasaran gigitan tikus, dan apabila ada isolasi yang terkelupas tidak tersentuh langsung oleh orang.

## 2. Kabel NYM

Memiliki lapisan isolasi PVC (**biasanya warna putih atau abu-abu**), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYM memiliki lapisan isolasi dua lapis, sehingga tingkat keamanannya lebih baik dari kabel NYA (harganya lebih mahal dari NYA). Kabel ini dapat dipergunakan dilingkungan yang kering dan basah, namun tidak boleh ditanam.



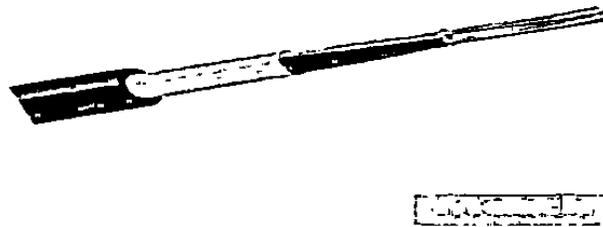
Gambar 2.31 Kabel NYM

## 3. Kabel NYY

Memiliki lapisan isolasi PVC (**biasanya warna hitam**), ada yang berinti 2, 3 atau 4. Kabel NYY dieprgunakan untuk instalasi tertanam (kabel tanah), dan

Memiliki lapisan isolasi yang lebih kuat dari kabel NYM (biasanya lebih mahal dari

NYM). Kabel NYY memiliki isolasi yang terbuat dari bahan yang tidak disukai tikus.



Gambar 2.32 Kabel NYY

## **2.6 Pandangan Terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)**

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) dilihat dari berbagai segi antara lain:

1. Pandangan PLTMH dari segi teknologi, dipilih karena konstruksinya sederhana, mudah dioperasikan, mudah dalam perawatan dan penyediaan suku cadang.
2. Pandangan PLTMH dari segi ekonomi, biaya operasi dan perawatannya relatif murah sedangkan biaya investasinya cukup bersaing dengan pembangkit listrik lainnya.
3. Pandangan PLTMH dari segi sosial, mudah diterima masyarakat luas.

PLTMH biasanya dibuat dalam skala desa di daerah-daerah yang belum mendapatkan listrik dari PLN. Tenaga air yang digunakan dapat berupa aliran air

PLTMH memang tidak memerlukan bahan bakar apapun. Masukan energi primer berupa aliran massa air tidak dikurangi, tetapi hanya dimanfaatkan energinya dalam jarak ketinggian tertentu atau diambil energi potensialnya saja.

Pengembangan pembangkit listrik dengan energi nonfosil akan memberikan kontribusi pada penghematan BBM nasional. Banyak sekali yang bisa dihemat, dengan mengembangkan PLTMH ini di desa dan peluang penghematan triliunan rupiah ketika output energi PLTMH dikonversi dalam penghematan BBM dan CER (certified emission reduction).

Agar praktik pembangkitan energi yang selaras dengan pemberdayaan masyarakat, sebaiknya juga menekankan perlunya model keenergian baru dalam pengembangan PLTMH yang tidak terpusat dan memanfaatkan potensi desa.

Pembangunan apapun tanpa dukungan masyarakat tidak akan bertahan lama atau malah mubazir. Dari praktik yang ada, pengembangan PLTMH tidak sekadar membangun pembangkit listrik, tetapi berpeluang menjadi salah satu upaya membangun kemandirian desa. Pengembangan PLTMH yang berbasis masyarakat ditujukan untuk menciptakan pusat pertumbuhan di desa.

## 2.7 Perhitungan Mikrohidro

### ➤ Perhitungan untuk Menentukan Debit Air

Debit air dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Dimana:

$Q$  = debit air ( $m^3/s$ )

$A$  = luas penampang (m)

$V$  = kecepatan ( $m^2/s$ )

- *Perhitungan untuk Menentukan Daya Hidrolik Tenaga Air / Daya Potensial Air.*

Daya hidrolik tenaga air / daya potensial air dihitung dengan menggunakan

rumus sebagai berikut:

$$P_{air} = \rho \times g \times Q \times H$$

Dimana:

$P_{air}$  = daya hidrolik (watt).

$\rho$  = kerapatan masa air ( $1000 \text{ kg}/m^3$ ).

$g$  = konstanta gravitasi ( $9,81 \text{ m}/\text{det}^2$ ).

$Q$  = debit air ( $m^3/s$ ).

$H$  = tinggi jatuh efektif (m).

- *Perhitungan untuk Menentukan Daya Listrik.*

Daya Listrik dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai

$g$  = konstanta gravitasi ( $9,81\text{m/det}^2$ ).

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

$H$  = head net (m).

Bagaimanapun, tidak ada sistem yang sempurna sehingga selalu terjadi kehilangan energi sewaktu energi potensial air diubah menjadi energi listrik.

Besarnya energi yang hilang ini dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya yaitu:

- Efisiensi turbin.
- Efisiensi generator.
- Efisiensi trafo.
- Efisiensi jaringan.
- Efisiensi sistem kontrol.
- Efisiensi-efisiensi lainnya.

Sehingga persamaan di atas menjadi:

$$P_{\text{netto}} = g \times Q \times H \times \text{Et}$$

Dimana:

$P_{\text{netto}}$  = daya listrik yang dapat dimanfaatkan (kW).

$g$  = konstanta gravitasi ( $9,81\text{m/det}^2$ ).

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

$H$  = head net (m).

$E_t$  = Efisiensi total sistem.

Beberapa referensi dapat diketahui bahwa untuk sistem pembangkit kecil, sebagai acuan kasar dapat digunakan harga  $E_t = 50\%$  (<http://www.itdg.com>).

➤ *Perhitungan untuk Menentukan Daya Output Turbin.*

Daya output turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P_T = E_T \times P_{air}$$

Dimana:

$P_T$  = daya turbin (kW).

$E_T$  = Efisiensi Turbin.

$P_{air}$  = daya hidraulik (kW).

➤ *perhitungan untuk Menentukan Kecepatan spesifikasi Turbin.*

Kecepatan spesifikasi turbin dihitung dengan menggunakan rumus sebagai

berikut:

$$N_s = 3.65 * n * \frac{\sqrt{Q}}{H^{\frac{5}{4}}}$$

Dimana:

$N_s$  = specific speed.

$n$  = putaran turbin (rpm).

$Q$  = debit aliran air (m<sup>3</sup>/s).

$H$  = besar head (m).

Atau bisa menggunakan rumus sebagai berikut:

$$N_s = \frac{n\sqrt{P}}{H^{\frac{5}{4}}}$$

Dimana:

$N_s$  = kecepatan putar turbin.

n = putaran turbin.

H = tinggi terjun.

P = daya turbin.

➤ *Perhitungan untuk Menentukan Daya Teoritis Turbin.*

Daya teoritis turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai

berikut:

$$Ne = \frac{c \cdot Q \cdot H}{75} E.t$$

Dimana:

Ne = daya teoritis turbin (Hp), 1 HP = 734 watt.

c = massa jenis air (1000 kg/m<sup>3</sup>).

Q = debit aliran air (m<sup>3</sup>/s).

H = besar head (m).

E.t = efisiensi turbin.

➤ *Perhitungan untuk Menentukan Kecepatan Air Masuk Turbin.*

Kecepatan air yang masuk Turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus

sebagai berikut:

$$V = C_v \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

Dimana:

$V$  = kecepatan air masuk turbin (m/s).

$C_v$  = koefisien kecepatan air, antara 0.96-0.985.

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

$H$  = head aliran (m).

➤ *Perhitungan untuk Menentukan Kecepatan Runner dan Diameter Runner.*

Kecepatan Tangensial Runner dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$U = \phi \times V \times \cos \alpha$$

Dimana:

$\phi$  = speed factor, antara 0.44-0.46, diambil 0.45.

$V$  = kecepatan air masuk turbin (m/s).

$\alpha$  = Sudut masuk yang dibentuk oleh kecepatan absolut dan tangensial, diambil  $16^\circ$ .

Sedangkan diameter runner dihitung dengan menggunakan rumus sebagai

Dimana:

D = diameter runner (m).

U = kecepatan tangensial runner (m/s).

n = putaran turbin (rpm).

Sedangkan diameter dalam runner dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$d = \frac{2}{3} * D$$

Dimana:

d = diameter dalam runner (cm).

D = diameter runner (m).

➤ *Perhitungan untuk Debit Satuan*

Debit satuan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

➤ *Perhitungan untuk Rasio Kecepatan*

Rasio Kecepatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\varphi = \frac{N D}{84,6\sqrt{H}}$$

Dimana:

N = putaranturbin (rpm = rotasi permenit).

D = diameterkarakteristik turbin (m), umumnya digunakan diameter nominal.

H = tinggiterjun netto/effektif (m).

➤ *Perhitungan untuk Kecepatan Satuan*

Kecepatan satuan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Nu = \frac{N D}{\sqrt{H}}$$

Dimana:

N = putaranturbin (rpm = rotasi permenit).

D = diameterkarakteristik turbin (m), umumnya digunakan diameter nominal.

H = tinggiterjun netto/effektif (m).

➤ *Perhitungan untuk Menentukan Panjang Sudu Turbin.*

Dimana sudu turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai

$$b = 0,006 \frac{n \times Q}{k \times H}$$

Dimana:

n = putaran turbin (rpm).

Q = debit air (m<sup>3</sup>/s).

H = ketinggian (m).

k = koefisien tebal semburan air terhadap diameter runner, ditentukan (0,075-1,50).

➤ *Perhitungan untuk Menentukan Dimensi Penampang Nozel dan Tinggi Penampang Nozel.*

Dimensi penampang nozel dapat dihitung dengan menggunakan rumus

$v$  = kecepatan (m/s).

Sedangkan lebar nozel adalah sama dengan lebar sudu turbin sehingga dapat dicari tinggi penampang nozel yaitu:

$$t = \frac{A \cdot 10000}{b}$$

Dimana:

$t$  = tinggi penampang nozel (cm).

$A$  = luas penampang turbin ( $m^2$ ).

$b$  = lebar sudu turbin (cm).

➤ *Perhitungan untuk Menentukan Faktor Daya Generator.*

Faktor Daya Generator dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$N_g = N_e \cdot \eta_g$$

Dimana:

$N_g$  = faktor daya generator (watt).

$N_e$  = daya teoritis turbin (Hp).

— — — — — semua nilai faktor daya sebuah generator berkisar antara 0,75 - 0,9

➤ *Perhitungan untuk Menentukan Kecepatan Sinkron Generator.*

*Kecepatan sinkron untuk generator arus bolak-balik dinyatakan dengan*