

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 1. TINJAUAN PUSTAKA

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah salah satu pembangkit yang menggunakan sumber energi terbarukan berupa aliran sungai yang dibendung menjadi sebuah bendung atau bendungan dan waduk. PLTMH sendiri memanfaatkan energi dari debit dan tinggi terjun aliran sungai yang sudah dibendung yang nanti energi tersebut akan diubah menjadi energi mekanik dengan menggunakan turbin air. Setelah itu energi mekanik pada turbin akan digunakan untuk menggerakkan generator yang menghasilkan daya listrik.

Sebelum itu telah banyak yang melakukan penelitian mengenai potensi aliran sungai yang dibendung untuk dijadikan sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Yogi Suryo Setyo Putro yang berjudul “Studi perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Sungai Atei Desa Tumbang Atei Kecamatan Sanamang Mantikai Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah”. Dimana hasil penelitian tersebut didapatkan hasil berupa debit air sebesar 1,393 m<sup>3</sup>/dt, tinggi jatuh efektif sebesar 7,03 meter, jenis turbin yang digunakan yaitu turbin crossflow dan nilai daya listrik yang dihasilkan sebesar 79,03 kW dengan total energi per-tahunnya sebesar 577.054,99 kWh .

Selain itu juga ada penelitian dari Redi Guntara UMY (2016) yang berjudul “Analisa potensi Waduk Malahayu sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro”. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan hasil berupa debit air

waduk dari tahun 2010 sampai 2014 sebesar 4,23 m<sup>3</sup>/d, tinggi efektif sebesar 20,75 m, jenis turbin yang digunakan yaitu jenis turbin francis, turbin crossflow, turbin kaplan dan daya listrik yang dihasilkan yaitu sebesar kurang lebih 688 kW dimana memiliki keuntungan pertahunnya sebesar US\$ 338,032 dengan nilai *payback period* (kembali modal) yaitu 4,12 tahun.

Hasil dari kedua penelitian tersebut terhadap potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) disuatu daerah menjadi dasar penulis melakukan penelitian mengenai potensi PLTMH pada Bendung Katulampa yang terletak di Kelurahan Katulampa Kecamatan Bogor Timur Kota Bogor Provinsi Jawa Barat.

## **2. DASAR TEORI**

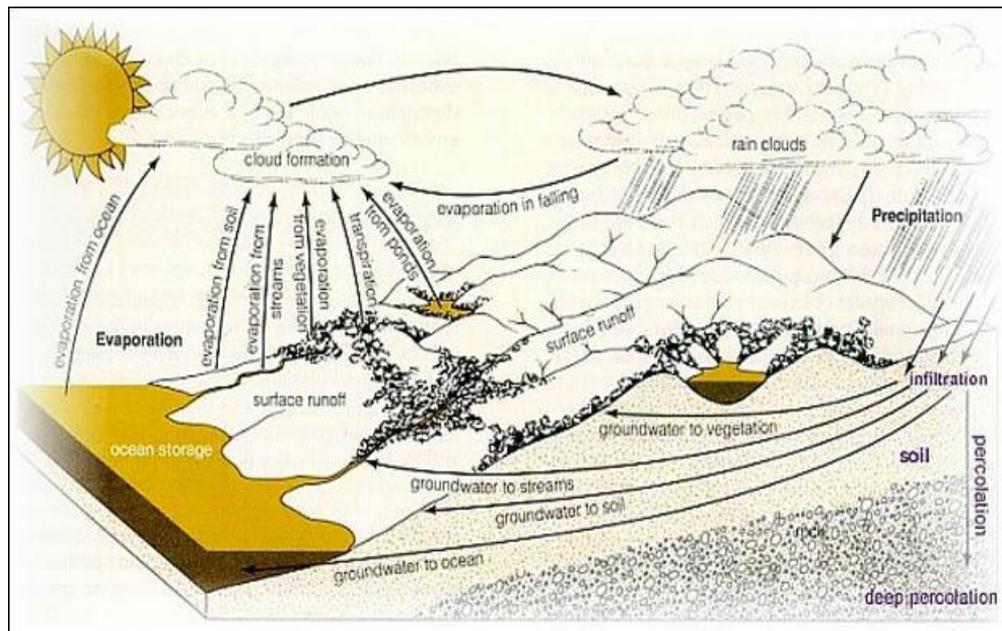
### **2.1 Kajian Hidrologi**

Hidrologi adalah ilmu yang berfokus tentang air yang ada di dalam bumi baik mengenai perputaran, penyebaran, pergerakan, eksploitasi, pengembangan, manajemen, dan segala hal yang berkaitan dengan air. Banyak pendapat para ahli mengenai ilmu hidrologi ini, akan tetapi inti dari semua pendapat yang dikemukakan oleh para ahli tersebut memiliki inti yang sama. Hidrologi juga termasuk dalam salah satu cabang ilmu geografi fisik yang mulai dikembangkan oleh para filsuf yang berasal dari berbagai bangsa antara lain Yunani, Romawi, Cina, dan Mesir. Novangga (dalam Soewarno, 1991.)

#### **2.1.1 Siklus Hidrologi**

Siklus hidrologi adalah salah satu dari 6 siklus biogeokimia yang berlangsung di bumi. Siklus hidrologi adalah suatu siklus atau sirkulasi

air dari bumi ke atmosfer dan kembali lagi ke bumi yang berlangsung secara terus menerus.([ebiologi.com/2016/03/siklus-hidrologi-pengertian-proses](http://ebiologi.com/2016/03/siklus-hidrologi-pengertian-proses))



(Sumber : [ebiologi.com/2016/03/siklus-hidrologi-pengertian-proses](http://ebiologi.com/2016/03/siklus-hidrologi-pengertian-proses))

*Gambar 2.1 Siklus hidrologi*

Siklus hidrologi ini memegang peranan penting bagi kelangsungan hidup organisme di bumi, karena melalui siklus ini ketersediaan akan air bisa terjaga dan keseimbangan akan ekosistem di bumi bisa dicapai.

Adapun pada praktiknya, dalam siklus hidrologi ini air melalui beberapa tahapan, tahapan proses terjadinya siklus hidrologi tersebut antara lain (Redi Guntara,2016):

1. Evaporasi / Transpirasi

Air yang ada di laut, di daratan, di sungai, di tanaman, dsb. akan menguap ke angkasa (atmosfer) dan kemudian akan menjadi awan.

Pada keadaan jenuh uap air (awan) itu akan menjadi bintik-bintik air yang selanjutnya akan turun (*precipitation*) dalam bentuk hujan, salju, es.

2. Infiltrasi / Perkolasi ke dalam tanah

Air bergerak ke dalam tanah melalui celah-celah dan pori-pori tanah dan batuan menuju muka air tanah. Air dapat bergerak akibat aksi kapiler atau air dapat bergerak secara vertikal atau horizontal dibawah permukaan tanah hingga air tersebut memasuki kembali sistem air permukaan.

3. Air Permukaan

Air bergerak di atas permukaan tanah dekat dengan aliran utama dan danau; makin landai lahan dan makin sedikit pori-pori tanah, maka aliran permukaan semakin besar. Aliran permukaan tanah dapat bisa dilihat pada daerah urban. Sungai-sungai bergabung satu sama lain dan membentuk sungai utama yang membawa seluruh air permukaan di sekitar daerah aliran sungai menuju laut.

Air permukaan, baik yang mengalir maupun yang tergenang (danau, waduk, rawa) dan sebagian air bawah permukaan akan terkumpul dan mengalir membentuk sungai dan berakhir ke laut. Proses perjalanan air di daratan itu terjadi dalam komponen-komponen siklus hidrologi yang membentuk sistem Daerah Aliran Sungai (DAS).

Jumlah air di bumi sendiri secara keseluruhan relatif tetap, yang berubah adalah wujud dan tempatnya, tempat terbesar terjadi di laut.

([ipin102.blogspot.co.id/2014/10/siklus-hidrologi](http://ipin102.blogspot.co.id/2014/10/siklus-hidrologi)). Hal tersebut juga didukung dengan pendapat Fetter C.W. “Applied Hidrology”.(2001) yaitu seorang ilmuwan hidrologi yang meneliti sumber daya air di bumi yang menyimpulkan bahwa jumlah sumber daya air adalah tetap, namun distribusi dan fasa yang dimiliki berbeda.

### **2.1.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)**

Daerah Aliran Sungai (DAS) menurut Manan (1979) adalah kawasan yang dibatasi oleh pemisah topografis yang menampung, menyimpan, dan mengalirkan air hujan yang jatuh di atas-nya ke sungai yang akan bermuara ke danau atau laut. Sedangkan dikutip dari [id.Wikipedia.org](http://id.Wikipedia.org) mengenai DAS, ialah suatu kawasan yang dibatasi oleh titik-titik tinggi di mana air yang berasal dari air hujan yang jatuh, terkumpul dalam kawasan tersebut. Guna dari DAS adalah menerima, menyimpan, dan mengalirkan air hujan yang jatuh di atas-nya melalui sungai. Dari kedua pendapat tersebut dapat disimpulkan bahwa Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu tempat atau kawasan yang berguna sebagai penampung, penyimpanan, dan pengalir air yang berasal dari hujan yang akan bermuara ke suatu tempat seperti danau atau laut.

DAS juga dapat dipandang sebagai suatu unit kesatuan wilayah tempat air hujan menjadi aliran permukaan dan mengumpul ke sungai menjadi aliran sungai. Garis batas antara DAS ialah punggung permukaan bumi yang dapat memisahkan dan membagi air hujan menjadi aliran permukaan ke masing-masing Daerah Aliran Sungai

(DAS). Setiap DAS besar merupakan gabungan dari DAS sedang (sub DAS) dan DAS sedang sendiri adalah gabungan dari sub DAS yang berukuran lebih kecil. Novangga (dalam Soewarno 2013:13).

### **2.1.3 Tinggi Muka Air**

Tinggi muka air (*stage height, gauge height*) sungai adalah elevasi permukaan air (*water level*) pada suatu penampang melintang sungai terhadap suatu titik tetap yang nilai elevasi telah diketahui. Menurut Yandi,dkk.(1996) “Tinggi permukaan air sungai (*river stage*) adalah elevasi muka air pada suatu stasiun di atas datum nol. Kadang-kadang datum diambil sama dengan elevasi air laut rata-rata, tetapi lebih sering diambil sedikit di bawah titik nol aliran sungai.”. Tinggi muka air biasa dinyatakan dalam satuan meter (m) atau centimeter (cm). Fluktuasi permukaan air sungai menunjukkan ada suatu perubahan kecepatan aliran dan debit. Pengukuran tinggi muka air merupakan langkah awal dalam pengumpulan data aliran sungai sebagai data dasar hidrologi.

Cara yang paling sederhana untuk mengukur tinggi muka air sungai adalah dengan menggunakan metode alat ukur biasa (*Manual gages*) dimana menggunakan alat ukur mistar-ukur (*Staff gage*), mistar ini dipasang sedemikian rupa sehingga sebagian dari mistar tersebut selalu berada di dalam air. Alat ukur ini bisa terdiri dari suatu mistar panjang yang dipasang pada suatu tiang jembatan, tiang pancang, darmaga, atau bangunan lain yang diperpanjang hingga mencapai muka air terendah dari aliran.

Selain menggunakan metode alat ukur biasa, banyak cara yang bisa dilakukan untuk mengukur tinggi muka air antara lain menggunakan alat ukur otomatis (*Recording Gages*), alat ukur permukaan air puncak, berbagai alat ukur permukaan lain seperti manometer air atau air raksa. (Yandi,dkk.1996:90-94)

#### **2.1.4 Debit Aliran**

Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per-satuan waktu. Sistem satuan SI besaran debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per-detik ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Dalam laporan-laporan teknis debit biasa ditunjukkan dalam bentuk hidrograf aliran. Novangga (dalam Chay Asdak,2007:190). Bagi seorang hidrologis, yang mengalir pada suatu penampang basah persatuan waktu ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) atau sering disebut dengan debit. Novangga (dalam Soewarno,1991:7).

Pengukuran suatu debit aliran seperti debit aliran sungai harus diukur dengan teliti dan dalam jangka waktu yang panjang. Untuk melakukan pengukuran tersebut ada beberapa cara antara lain:

- Kecepatan rata-rata dari aliran sungai pada suatu bagian dari penampang diukur, kemudian dikalikan dengan luas penampang pada bagian itu. Hasil perkalian luas penampang dengan kecepatan tersebut adalah debit sungai.

- Debit aliran seperti sungai diperoleh dari pengamatan tinggi permukaan air, dengan mempergunakan lengkung debit tinggi air di gardu pengukur.

Pada umum-nya cara kedua dipergunakan di gardu-gardu pengamatan. Cara lain adalah yang disebut metode sekat (*weir*) yang hanya dipakai pada, sungai sungai yang kecil. Pengukuran cara pertama dan kedua dilakukan ditempat dimana aliran sungai seragam dan tidak menyebabkan kerusakan pada stasiun pengamat tersebut.

### **2.1.5 Bendung atau Bendungan**

Bendung atau bendungan dalam ilmu hidrologi berfungsi untuk menaikkan tinggi permukaan air dan bertujuan untuk menambah jumlah debit air. Bendung atau bendungan memiliki ciri khas berupa bangunan yang terbuat dari pasangan batu kali, beronjong atau beton yang teletak melintang pada sebuah sungai. Bangunan ini dapat digunakan pula untuk kepentingan lain selain irigasi seperti untuk keperluan air minum, pembangkit listrik atau untuk pengendalian banjir. Menurut macam-nya bendungan sendiri dibagi menjadi dua, yaitu (Novangga (dalam Vicky Richard M, dkk.2013:533):

- Bendungan Tetap, adalah sebuah bangunan yang sebagian besar konstruksi terdiri dari pintu air yang dapat digerakkan untuk mengatur ketinggian muka air sungai itu sendiri.
- Bendungan sementara atau sering disebut bendung, adalah bangunan yang dipergunakan untuk menaikkan muka air di sungai sampai

pada ketinggian tertentu agar air dapat dialirkan ke saluran irigasi dan petak tersier.

## **2.2 Pusat Pembangkit Listrik Bertenaga Air**

Tenaga air atau dalam bahasa Inggris: '*hydropower*' adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Air sendiri merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah didapat. Pada air terdapat energi potensial yang didapat ketika air jatuh dan energi kinetik yang didapat ketika air mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis maupun energi listrik.

Pemanfaatan energi yang dimiliki air salah satu-nya adalah pemanfaatan dalam menghasilkan energi listrik dimana hal tersebut sangat besar, tercatat sekitar 19% didunia produksi energi listrik yang menggunakan air. Seperti negara-negara di Afrika dan Amerika bagian selatan, dimana sebanyak 90% kebutuhan listrik dipasok oleh pembangkit bertenaga air lalu di negara Amerika Serikat 9% dari total pembangkit yang ada adalah pembangkit bertenaga air. (Masters, Gilbert M. 2004:194)

Untuk memenuhi pasokan kebutuhan listrik yang biasa-nya berasal dari pembangkit listrik tenaga air maka dibuat pembangkit listrik tenaga air berskala besar. Nilai daya yang dihasilkan oleh pembangkit sendiri bisa lebih dari 30MW, akan tetapi pembangkit berukuran yang lebih kecil pun ada yaitu sebesar 30MW-100 kW yang biasa disebut pembangkit skala menengah dan

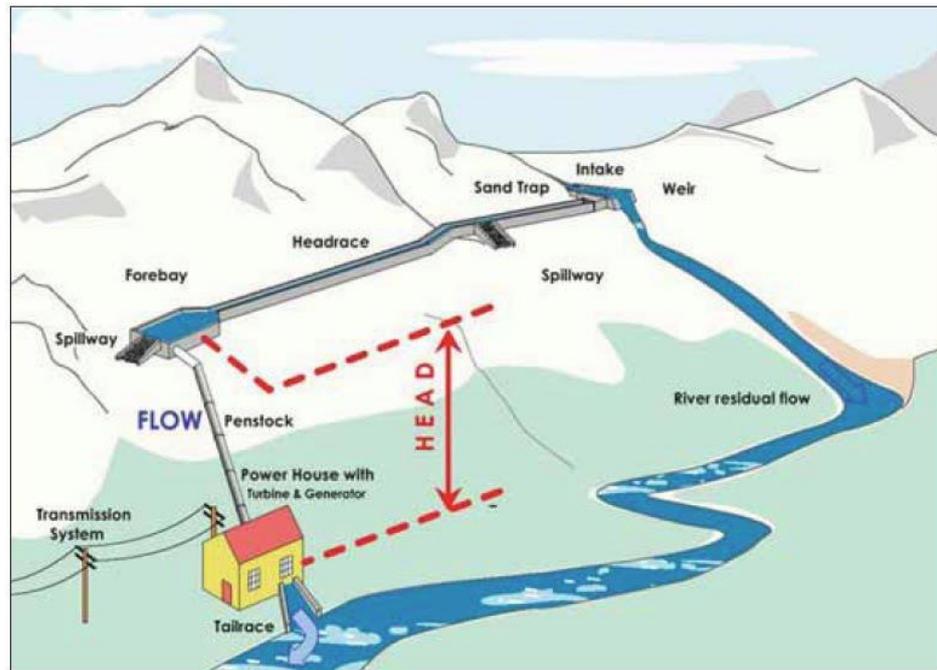
yang di bawah 100kW biasa disebut pembangkit skala kecil atau mikrohidro power plan.(Masters, Gilbert M. 2004:194)

### **2.2.1 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Bertenaga Air**

Prinsip kerja dari pembangkit bertenaga air sendiri secara sederhana adalah memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per-detik yang ada untuk memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik yang akan digunakan untuk menggerakkan generator dan menghasilkan energi listrik. Setelah mengetahui prinsip kerja pembangkit tenaga air secara sederhana, berikut cara kerja pembangkit bertenaga air yang lebih terperinci:

1. Air dari sungai/waduk masuk kedalam saluran penghantar yang berfungsi mengalirkan air dari intake dan mengatur aliran air yang masuk, dimana dilengkapi dengan saluran pelimpah untuk mengeluarkan air yang berlebih yang ujung-nya terdapat kolam pengendap untuk mengendapkan pasir dan menyaring kotoran.
2. Lalu air tersebut diteruskan ke dalam headrace yang berfungsi untuk memperlambat aliran dari air tersebut lalu diteruskan ke dalam kolam penenang (*forebay*) yang berfungsi menenangkan air sebelum dilanjutkan oleh pipa penstock menuju ke tempat turbin berada.
3. Dari energi yang dihasilkan oleh potensial air tersebut, mampu menggerakkan turbin dan menghasilkan suatu energi gerak yang dikonversikan juga menjadi energi listrik oleh bantuan generator.

4. Energi listrik dari generator tersebut kemudian diatur lalu ditransfer dengan alat yang dinamakan main transformer supaya sesuai dengan kapasitas dari transmission line untuk didistribusikan ke tempat beban berada atau konsumen.



(Sumber : Presentasi Tamu SMK Mahasiswa PLTA Wonogiri)

*Gambar 2.2 Siklus kerja pembangkit listrik bertenaga air*

Daya (*power*) yang dihasilkan oleh pembangkit dapat dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$P = H \times Q \times g \dots \dots \dots (2.1) \text{ (Dandekar, 1991)}$$

Dengan :  $P$  = tenaga yang dikeluarkan secara teoritis (kW)

$H$  = tinggi jatuh air efektif (m)

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

$g$  = konstanta gravitasi =  $9,8 \text{ m/s}^2$

Daya yang keluar dari generator dapat juga diperoleh dari perkalian efisiensi turbin generator dengan daya yang keluar secara teoritis. Sebagaimana dapat dipahami dari rumus tersebut, daya yang dihasilkan adalah hasil kali antara tinggi jatuh, debit air, dan konstanta gravitasi. Oleh karena itu berhasil-nya suatu pembangkitan tenaga air tergantung dari usaha untuk mendapatkan tinggi jatuh dan debit yang besar secara efektif dan ekonomis.

Akan tetapi 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, yaitu:

- Efisiensi pipa pesat/*penstock*
- Efisiensi turbin
- Efisiensi generator
- Efisiensi trafo
- Efisiensi transmisi
- Efisiensi konstruksi sipil

Sehingga persamaan di atas menjadi:

$$P_{\text{netto}} = Q \times H \times g \times E_t \text{ (kW)} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan  $P_{\text{netto}}$  adalah Daya listrik yang dapat dimanfaatkan, dimana  $E_t$  = nilai efisiensi sistem. Dari buku karangan Adam Harvey yang berjudul *Hydro Design Manual: A Guide to small – scale*

*Waterpower Schemes* didapatkan nilai acuan kasar untuk nilai-nilai efisiensi diatas sebagai berikut:

*Tabel 2.1 Nilai-nilai efisiensi pada sistem mikrohidro*

No	Efisiensi	Nilai (%)
1	Efisiensi pipa pesat / <i>penstock</i>	95
2	Efisiensi turbin	90
3	Efisiensi generator	80
4	Efisiensi trafo	85
5	Efisiensi transmisi	96
6	Efisiensi konstruksi sipil	90

(Sumber : Menik Windarti (Adam Harvey 1993))

### **2.2.2 Jenis-jenis Pusat Pembangkit Listrik Bertenaga Air**

Pembangkit listrik bertenaga air sendiri digolongkan menjadi beberapa jenis yang tergantung dari beberapa faktor penentu seperti keadaan alam tempat pembangkit tersebut bekerja sampai besaran keluaran daya yang dihasilkan oleh pembangkit tersebut. Berikut jenis-jenis pusat pembangkit bertenaga air:

#### **A. Penggolongan berdasarkan tinggi terjun**

- 1 PLTA jenis terusan air (*water way*) adalah pusat listrik yang mempunyai tempat pengambilan air (*intake*) dari hulu sungai, dan mengalirkan air ke hilir. Tenaga ini dibangkitkan dengan memanfaatkan tinggi terjun dengan kemiringan sungai tersebut.

- 2 PLTA jenis bendungan (*dam*) adalah jenis pusat listrik dengan bendungan yang melintang pada sungai guna menaikkan permukaan air dibagian hulu bendungan dan membangkitkan tenaga listrik dengan memanfaatkan tinggi terjun yang diperoleh antara sebelah hulu dan hilir sungai.
- 3 PLTA jenis bendungan dan terusan air merupakan jenis gabungan dari kedua jenis pembangkit listrik diatas. Jenis ini membangkitkan tenaga listrik dengan menggunakan tinggi terjun yang didapatkan dari bendungan dan terusan.

B. Penggolongan menurut aliran air

- 1 PLTA jenis aliran sungai langsung adalah jenis pembangkitan listrik dengan memanfaatkan aliran sungai langsung secara alamiah.
- 2 PLTA jenis dengan kolam pengatur, yaitu pembangkit dengan pengatur aliran air sungai setiap hari dengan menggunakan kolam pengatur yang dibangun melintang pada sungai.
- 3 PLTA jenis waduk mempunyai sebuah bendungan besar yang dibangun melintang sungai. Air dikumpulkan dalam musim hujan dan dikeluarkan pada musim kemarau.
- 4 PLTA jenis pompa adalah jenis pembangkitan tenaga listrik yang memanfaatkan kelebihan tenaga pada musim hujan. Pusat listrik jenis ini memanfaatkan tenaga listrik pada beban puncak pada malam hari.

C. Penggolongan berdasarkan nilai daya yang dihasilkan

1 PLTA berdasarkan kapasitas pembangkit:

- PLTA mikro yaitu dengan daya <100 kW
- PLTA kapasitas rendah; daya 100-1000 kW
- PLTA kapasitas menengah; daya 1000 kW-10.000 kW
- PLTA kapasitas Tinggi; daya >10.000 kW

2 Menurut M.M Dandekar dan K.N Sharma:

- PLTA Mikro yaitu dengan daya <5 kW
- PLTA kapasitas rendah; daya 5-100 kW
- PLTA kapasitas menengah; daya 101-1000 kW
- PLTA kapaitas tinggi; daya>1000 kW

3 Menurut SCAT (*Swiss Centre of Appropriate Technology*):

- PLTA mikro yaitu dengan daya <100 kW
- PLTA kapasitas rendah; daya 101- 500kW
- PLTA kapaistas menengah; daya 501-1000kW
- PLTA kapasitas tinggi; daya> 1000kW

### 2.3 Tinggi Jatuh Efektif

Tinggi jatuh efektif didapatkan dengan mengurangi tinggi jatuh total (yaitu tinggi dari permukaan air pada pengambilan sampai permukaan air saluran bawah) dengan kehilangan tinggi pada saluran air. Tinggi jatuh penuh (*full head*) adalah tingggi air yang bekerja efektif pada turbin yang sedang berjalan.

Untuk jenis saluran air, bila diketahui permukaan air pada bangunan pengambilan dan pada saluran bawah serta debit air, maka tinggi jatuh efektif kemudian dapat ditentukan dengan dasar pertimbangan ekonomis. Misalnya bila kehilangan tinggi jatuh air dapat dikurangi dengan memperbesar penampang pada saluran air atau memperkecil kemiringannya, maka tinggi jatuh dapat dimanfaatkan dengan efektif.

Dalam hal ini biaya akan bertambah besar, sedang dalam hal sebaliknya, biaya lebih kecil, tetapi kehilangan tenaga menjadi lebih besar. Oleh karena itu, kemiringan saluran air, luas penampang melintangnya dan luas penampang pipa pesat harus dibandingkan dengan biaya konstruksinya. Dengan demikian tinggi jatuh efektif ditentukan berdasarkan atas biaya konstruksi yang paling ekonomis.

Lalu ada beberapa hal yang perlu diperhatikan ketika naik turunnya air sangatlah besar, yaitu sebagai berikut:

- Tinggi jatuh normal  
Ini adalah tinggi jatuh efektif yang dipakai sebagai dasar untuk menentukan tenaga yang dihasilkan atau efisiensi maksimal pada tinggi jatuh ini. Tinggi jatuh normal dipilih dengan cara coba-coba, sehingga tenaga yang dihasilkan setahun mencapai maksimum atas dasar lengkung operasi dari bendung atau bendungan.
- Perubahan Tinggi jatuh  
Kapasitas efektif, naik turunnya permukaan air bendung atau bendungan ditentukan berdasarkan atas daya puncak yang dihasilkan dan lamanya

hal ini berlangsung, hal ini disesuaikan dengan hubungan antara penyediaan dan kebutuhan tenaga, rencana penyediaan tenaga pada musim kemarau, pemanfaatan air banjir, dan lain-lain. Jika variasi dari tinggi jatuh menjadi terlalu besar, maka karakteristik turbin akan menjadi tidak menguntungkan. Oleh karena itu harus diperhatikan hal-hal tersebut terdahulu dalam menentukan naik-turunnya permukaan air pada bendung atau bendungan.

#### 2.4 Pipa Pesat

Pipa pesat (*penstcok*) adalah salah satu bagian pada pembangkit listrik bertenaga air yang berfungsi untuk mengalirkan air dari bendung atau bendungan atau juga bisa dari bak penenang (*forebay tank*) menuju tempat pembangkit untuk digunakan sebagai energi pemutar turbin. Penggunaan pipa pesat harus memperhatikan beberapa aspek yaitu sebagai berikut:

- Material, dimana yang sering digunakan adalah material baja, besi ataupun paralon (PVC) yang mampu menahan tekanan tinggi dari air.
- Diameter dari pipa pesat, dimana nilai tersebut ditentukan dari debit aliran air yang akan mengalir kedalam pipa pesat agar tingkat rugi-rugi yang disebabkan oleh pipa pesat terhadap energi pada debit air bisa ditekan seminimal mungkin. Untuk mencari nilai dari diameter pipa pesat tersebut bisa menggunakan persamaan berikut ini:

$$D = 0,72x\sqrt{Qn} \dots\dots\dots (2.3) \text{ Redi Guntara(Asteriyadi,2007)}$$

Dimana:

$D$  = diameter pipa pesat (m)

$Q_n$  = debit aliran ( $m^3/s$ )

Untuk mencari nilai debit aliran yang mengalir kedalam pipa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$Q = F(A.H) = C A \sqrt{2g H} \dots \dots \dots (2.4) . \text{Redi Guntara (C.C. Warnick, 1984)}$$

Dimana:

$Q$  = desain debit yang mengalir ke turbin ( $m^3/s$ )

$A$  = luas penampang pipa ( $m^2$ )

$C$  = koefisien aliran antara head dan luas penampang pipa

$g$  = konstanta gravitasi =  $9,8 \text{ m/s}^2$

$H$  = head (m)

Dari beberapa persamaan di atas bisa diambil sebuah gambaran berupa hubungan antara debit dan ukuran diameter pipa yang dibutuhkan, dimana menurut (Hunggul, 2015:18) adalah sebagai berikut:

- Debit <10 liter/detik = Ø 3"
- Debit 10-15 liter/detik = Ø 4"
- Debit 15-20 liter/detik = Ø 5"
- Debit 20-30 liter/detik = Ø 6"
- Debit 30-60 liter/detik = Ø 8"
- Debit 60-100 liter/detik = Ø 10"
- Debit 100-150 liter/detik = Ø 12"
- Debit 150-250 liter/detik = Ø 14"

Lalu apabila ingin mengalirkan air sejumlah 300 liter/detik, menurut Hunggul, bisa menggunakan dua buah pipa pesat berdiameterkan 12" secara berpasangan. (Hunggul, 2015:18)

## 2.5 Turbin Air

Turbin air adalah salah satu komponen yang sangat penting pada sistem pembangkit listrik bertenaga air. Turbin air berfungsi mengubah energi fluida (energi potensial dan energi kinetis air) pada aliran air menjadi energi mekanis untuk memutar rotor (kincir), oleh karena itu turbin air termasuk kedalam kelompok mesin-mesin fluida.

### 2.5.1 Prinsip Kerja Turbin Air

Turbin air pada sistem pembangkit bertenagakan air bekerja dengan ketergantungan akan nilai debit aliran air yang ada, dimana semakin besar nilai debit aliran air maka semakin besar pula putaran pada turbin air dan semakin besar pula daya listrik yang nanti-nya akan dihasilkan, begitu pula sebalik-nya.

Debit aliran air yang digunakan sendiri berasal dari pipa pesat guna memutar rotor (kincir) pada turbin yang selanjutnya dengan menggunakan *belt*, puli (*pulley*) pada rotor tersebut dihubungkan dengan puli pada generator yang akan mengubah putaran yang dihasilkan menjadi energi listrik. (Hunggul,2015:19)

Adapun daya hidrolis yang dihasilkan oleh turbin air sangat tergantung oleh nilai debit air dan beda ketinggian lokasi. Dari situ bisa dibuat persamaan sebagai berikut:

$$P = H \times Q \times g \times \eta_t \dots\dots\dots(2.5) \text{ (Redi Guntara,2016)}$$

Dimana:

P= Besar nilai daya yang dihasilkan oleh turbin air (kW)

$H$ = Tinggi jatuh efektif maksimum (m)

$Q$ = Debit maksimum turbin ( $m^3/s$ )

$g$ = Percepatan gravitasi =  $9,8 m/s^2$ ,

$\eta_t$ = Nilai efisiensi dari jenis turbin

### 2.5.2 Jenis-jenis Turbin Air

Turbin air memiliki berbagai jenis yang dikelompokkan berdasarkan cara kerja turbin air tersebut merubah energi fluida (energi potensial dan energi kinetis air) pada air menjadi energi mekanis, dimana sebagai berikut:

#### 1 Turbin Impuls

Turbin Impuls adalah salah satu pengelompokan jenis turbin yang memiliki cara kerja merubah seluruh energi pada air menjadi energi kinetis untuk memutar turbin, sehingga menghasilkan energi mekanis. Pada kelompok turbin ini rotor (*runner*) akan bekerja dengan pengaruh aliran air dengan memanfaatkan perbedaan tinggi pada aliran air yang akan dirubah menjadi kecepatan. Pada kelompok turbin impuls ini tidak ada perubahan tekanan sepanjang rotor (*runner*) saat air masuk dan keluar dari turbin. Berikut contoh dari kelompok turbin impuls :

##### a. Turbin Pelton

Turbin Pelton pertama kali diperkenalkan oleh Lester Allen Pelton. Cara kerja dari turbin ini, yaitu bagian mulut-mulut pancaran (*nozzles*) akan mengeluarkan air, kemudian air

tersebut akan memukul ember-ember (*buckets*) yang terdapat pada sekeliling roda putar (*runner*), sehingga *runner* dapat berputar.



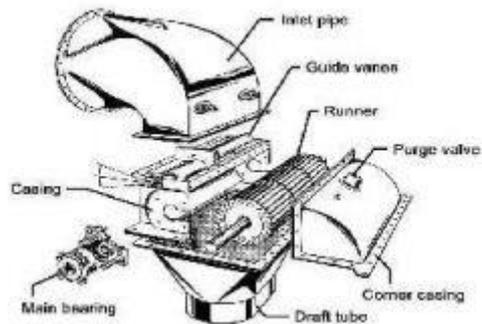
(Sumber : Caesar Febria “Analisa Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hydro Cikoneng Bogor”)

*Gambar 2.3 Turbin Pelton*

Turbin Pelton sendiri biasa dipakai untuk tinggi terjun (*head*) yang tinggi, menjadikan turbin tersebut sangat cocok dan efisiensi untuk digunakan.

b. Turbin Crossflow

Turbin ini ditemukan oleh Michell-Banki. Prinsip kerja dari turbin ini, yaitu aliran air mengalir masuk pada inlet adapter yang ada kemudian akan diatur banyak aliran yang masuk oleh *guide vane* (distributor). Aliran air sendiri masuk dari atas sudu jalan (*blades*) dan mendorong sudu jalan bergerak sehingga air turun dan kembali mendorong sudu bagian bawah dan turbin akan berputar.



(Sumber : Caesar Febria “Analisa Potensi Pembangkit Listrik  
Tenaga Hydro Cikoneng Bogor”)

*Gambar 2.4 Turbin Crossflow*

Turbin ini biasa dipakai untuk tinggi terjun (*head*) yang tinggi, lebih tinggi dari turbin kaplan dimana batas tinggi terjun sampai pada batas tinggi terjun mengah dari turbin Francis.

## 2 Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah jenis pengelompokan turbin selain pengelompokan turbin impuls yang memiliki cara kerja dengan merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi mekanis. Pada turbin kelompok ini, perubahan energi potensial menjadi energi kinetis berlangsung pada guide dan pada rotor atau roda putar (*runner*), hal tersebut menyebabkan penurunan tekanan (*pressure drop*) ketika air melewati *runner*. Berikut contoh dari kelompok turbin reaksi:

### a. Turbin Kaplan

Turbin Kaplan (*Propeler*) ditemukan oleh Viktor Kaplan adalah salah satu jenis turbin yang termasuk dalam kelompok turbin

reaksi memiliki aliran aksial. Turbin ini tersusun seperti *propeller* pada perahu. *Propeller* tersebut biasa mempunyai tiga hingga enam sudu.



(Sumber : <https://de.wikipedia.org/wiki/Kaplan-Turbine?oldformat=true>)

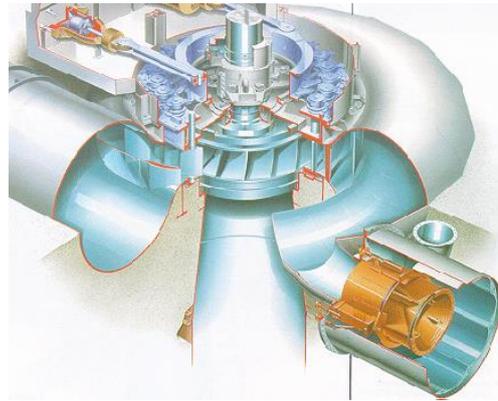
*Gambar 2.5 Turbin Kaplan*

Turbin Kaplan biasa digunakan untuk tinggi terjun yang rendah. Kontruksi sudu bilah rotor dari turbin Kaplan sendiri dibagi menjadi dua, yaitu kontruksi sudu bilah rotor tetap dan kontruksi sudu bilah rotor yang dapat digerakkan secara otomatis dengan bantuan sistem hidrolik. Kegunaan dari kontruksi tersebut adalah agar turbin dapat bekerja dengan daya guna (*efficiency*) yang tinggi ketika beroperasi.

b. Turbin Francis

Turbin Francis yang ditemukan oleh James B. Francis, termasuk jenis kelompok turbin reaksi selain turbin Kaplan. Turbin ini biasa dipasang diantara sumber air dengan tekanan tinggi di

bagian masuk dan air bertekanan rendah di bagian keluaran. Turbin Francis sendiri mempunyai sudu pengarah air masuk secara tangensial. Sudu pengarah ini dapat berupa sudu pengarah yang tetap maupun yang dapat diatur sama dengan sudu bilah rotor pada turbin Kaplan.



(Sumber : <http://www.satuenergi.com/2015/04/jenis-jenis-turbin-air-pltapltmh.html>)

*Gambar 2.6 Turbin Francis*

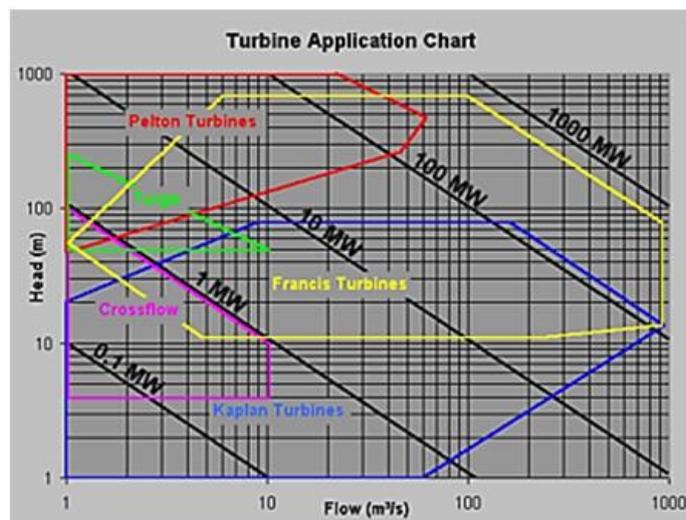
Turbin Francis sendiri dipakai pada daerah atau lokasi dengan tinggi terjun menengah (*medium head*). Rumah siput (*scroll case*) pada turbin Francis dibuat dari plat baja, baja cor atau baja besi cor, disesuaikan dengan tinggi terjun dan kapasitasnya dan bertugas menahan bagian terbesar dari beban tekanan hidrolis yang diterima oleh turbin. Tekanan selebihnya ditahan oleh sudu kukuh (*stay vane*) atau cincin kukuh (*stay ring*). Sudu-sudu antar (*guide vane*) diatur disekeliling luar rotor (*runner*) dan mengatur daya-keluar (*output*) turbin dengan

mengubah-ubah bukaannya sesuai dengan perubahan beban, melalui suatu mekanisme pengatur.

### 2.5.3 Pemilihan Turbin Air

Memilih suatu turbin air untuk suatu pembangkit tenaga air mengharuskan diadakan suatu peninjauan terhadap beberapa indikator yang berupa nilai di tempat atau lokasi yang ingin dijadikan tempat pembangkit tersebut. Nilai yang dimaksud adalah nilai dari tinggi terjun (*head*) serta nilai dari debit aliran air tempat atau lokasi tersebut. Hal ini sangat-lah penting dikarenakan setiap jenis turbin memiliki karakteristik kecepatan dan kekuatan yang akan berputar pada kombinasi beda tinggi atau tinggi terjun (*head*) dan debit aliran air yang meningkatkan efisiensi dari kerja turbin itu sendiri.

Dalam pemilihan turbin air dapat dilakukan dengan menggunakan grafik antara debit aliran air dan tinggi terjun (*head*) sebagai berikut.



(Sumber : Redi Guntara(Madhan Wisnu M, 2011))

Gambar 2.7 Grafik pemilihan jenis turbin

Selain menggunakan grafik di atas pemilihan turbin bisa juga menggunakan tabel berikut ini.

*Tabel 2.2 Tabel pemilihan jenis turbin (Sumber : Hunggul,2015:19)*

Jenis Turbin	High head (>30m)	Medium head	Low head (<10 m)
Turbin Impuls	Pelton Turgo	Crossflow Multi Jet Pelton Turgo	Crossflow
Turbin Reaksi		Francis	Propeller Kaplan

Setelah menentukan pemilihan dari jenis turbin air yang akan digunakan, maka harus juga memperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

- a. Pemilihan jenis pelton atau francis untuk daerah tinggi terjun yang besar, bila tinggi muka air banjir besar mencapai saluran bawah (*tailrace*), jenis pelton tidak menguntungkan karena tidak dapat memanfaatkan tinggi terjun yang terdapat dibawah elevasi turbin. Turbin francis mempunyai kecepatan jenis yang tinggi dan dapat mencapai kecepatan yang cukup besar. Karenannya harga generator pada umumnya menjadi rendah. Untuk waktu kerja yang lama dengan beban sebagian, turbin pelton dengan mulut pancaran ganda (*multi-nozzle*) menguntungkan dilihat dari sudut daya-guna. Apabila saluran pipanya panjang dan kemiringannya rendah, turbin peltonlah yang menguntungkan karena biaya pipa pesatnya rendah,

ini disebabkan karena kenaikan tekanannya rendah pada penutupan (*shutdown*) dengan mendadak. Bila air sungai berkwalitas rendah, maka turbin peltonlah yang menguntungkan karena pemeriksaan dan perawatan rotornya rendah

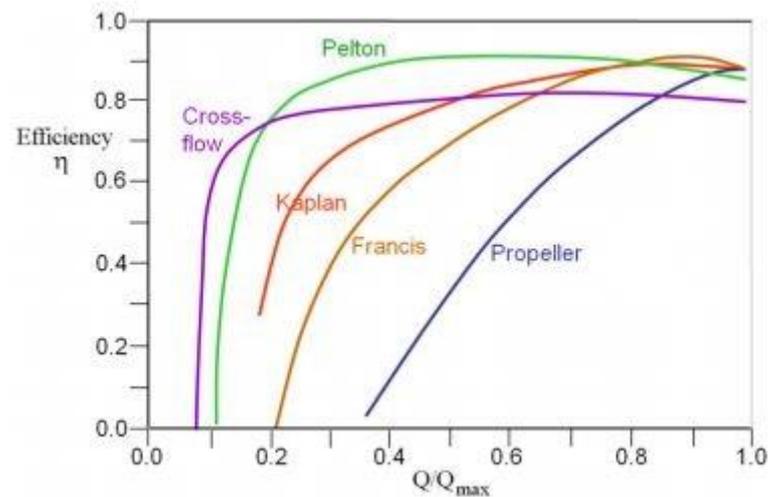
- b. Pemilihan jenis kaplan atau jenis francis untuk daerah tinggi terjun yang rendah. Bila tinggi terjun dan beban sering sekali berubah, maka turbin kaplan yang baik. Untuk turbin kaplan, cepat jenisnya tinggi dan harga generatornya menjadi rendah. Namun, tinggi isapnya (*draft head*) perlu diturunkan, hingga pipa lepasnya menjadi lebih besar dan biaya pekerjaan sipil bertambah. Turbin francis menguntungkan dilihat dari segi perawatannya karena konstruksinya sederhana. Harga mesinnya rendah dibandingkan dengan turbin kaplan.

#### **2.5.4 Nilai Efisiensi Turbin Air**

Masing-masing jenis turbin memiliki kurva efisiensi yang berbeda tergantung dari jumlah debit aliran yang ada. Sebuah turbin biasanya didesain untuk beroperasi di dekat titik efisiensi terbaiknya (*best operating point*) yaitu terletak pada laju aliran air (debit) yang memiliki nilai efisiensi sebesar 80 %.

Jika turbin beroperasi pada debit aliran yang lebih rendah atau lebih tinggi dari titik efisiensi terbaiknya maka nilai efisiensi turbin tersebut akan turun. Hal tersebut bisa berdampak kepada jumlah nilai daya yang dihasilkan suatu pembangkit tenaga air.

Dalam mencari nilai efisiensi turbin air dapat dilakukan dengan menggunakan grafik nilai efisiensi turbin berikut.



(Sumber : Marco Sinagra, 2013)

*Gambar 2.8 Grafik nilai efisiensi turbin*

Dimana:

$Q$  = Debit air yang digunakan ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$Q_{\text{max}}$  = Debit air maksimum di daerah tersebut ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

Kurva efisiensi turbin tersebut menunjukkan hubungan antara nilai efisiensi yang dimiliki oleh sebuah turbin dengan dengan nilai debit aliran yang digunakan berbanding dengan nilai debit aliran maksimum.

## 2.6 Sistem Jaringan Distribusi

Sistem jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem pendistribusian energi listrik yang berguna untuk menyalurkan energi listrik dari sebuah gardu induk atau pembangkit kepada konsumen pengguna energi listrik.

Dalam menyalurkan energi listrik perlu juga diketahui beberapa faktor yang harus diperhatikan seperti beban yang ada pada suatu lokasi yang nanti akan disalurkan energi listrik, perkembangan beban dimasa yang akan datang, keandalan serta nilai ekonomi dari jaringan distribusi tersebut.

### **2.6.1 Tegangan Pengenal**

Tegangan pengenal adalah sebuah nilai tegangan yang ada pada suatu sistem jaringan distribusi yang berguna sebagai pengenal atau pemberi tahu termasuk jenis jaringan distribusi apakah suatu jaringan yang ada pada suatu lokasi tersebut.

Jenis jaringan distribusi sendiri dibedakan menjadi dua macam menurut tegangan pengenal, yaitu ([elektro-unimal.blogspot.co.id/klasifikasi jaringan distribusi](http://elektro-unimal.blogspot.co.id/klasifikasi-jaringan-distribusi)):

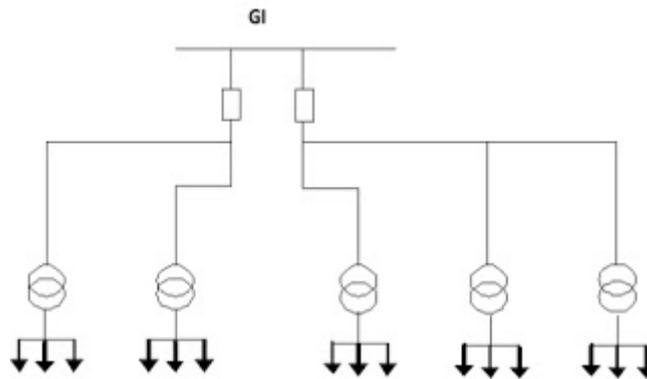
- 1 Sistem jaringan distribusi primer atau Jaringan Tegangan Menengah (JTM), yaitu berupa Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) atau Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM). Jaringan ini menghubungkan sisi sekunder trafo daya di Gardu Induk menuju ke Gardu Distribusi, besar tegangan yang disalurkan adalah 6 kV, 12 kV atau 20 kV.
- 2 Sistem jaringan distribusi sekunder atau Jaringan Tegangan Rendah (JTR), salurannya bisa berupa SKTM atau SUTM yang menghubungkan Gardu Distribusi/sisi sekunder trafo distribusi ke konsumen. Tegangan sistem yang digunakan adalah 220 Volt dan 380 Volt.

### **2.6.2 Konfigurasi Jaringan Distribusi Primer**

Konfigurasi sistem jaringan distribusi primer pada suatu sistem jaringan distribusi memiliki pengaruh yang penting dimana sistem jaringan distribusi primer dapat menentukan mutu dari pelayanan yang akan diperoleh terlebih mengenai kontinuitas atau keberlanjutan pelayanan pendistribusian. Adapun jenis dari konfigurasi sistem jaringan distribusi primer tersebut antara lain ([elektro-unimal.blogspot.co.id/klasifikasi-jaringan-distribusi](http://elektro-unimal.blogspot.co.id/klasifikasi-jaringan-distribusi)):

#### **1 Jaringan Distribusi Pola Radial**

Pola radial adalah jaringan yang disetiap saluran primer hanya mampu menyalurkan daya dalam satu arah aliran daya. Jaringan ini biasa dipakai untuk melayani daerah dengan tingkat kerapatan beban yang rendah. Keuntungan terletak pada kesederhanaan dari segi teknis dan biaya investasi yang rendah. Adapun kerugian dari jaringan distribusi ini yaitu apabila terjadi gangguan dekat dengan sumber, maka semua beban saluran tersebut akan ikut padam sampai gangguan tersebut dapat diatasi.

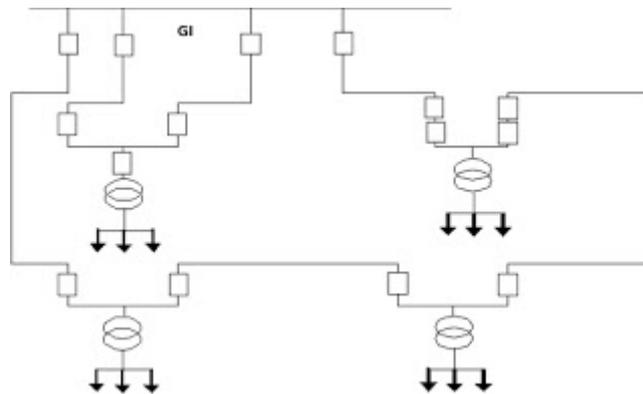


(Sumber : [http://elektro-unimal.blogspot.co.id/2013/06/klasifikasi-jaringan-distribusi\\_14.html](http://elektro-unimal.blogspot.co.id/2013/06/klasifikasi-jaringan-distribusi_14.html))

*Gambar 2.9 Jaringan distribusi pola radial*

## 2 Jaringan Distribusi Pola Loop

Jaringan distribusi pola loop adalah jaringan distribusi yang dimulai dari suatu titik pada rel daya yang berkeliling di daerah beban kemudian kembali ke titik rel daya semula.



(Sumber : [http://elektro-unimal.blogspot.co.id/2013/06/klasifikasi-jaringan-distribusi\\_14.html](http://elektro-unimal.blogspot.co.id/2013/06/klasifikasi-jaringan-distribusi_14.html))

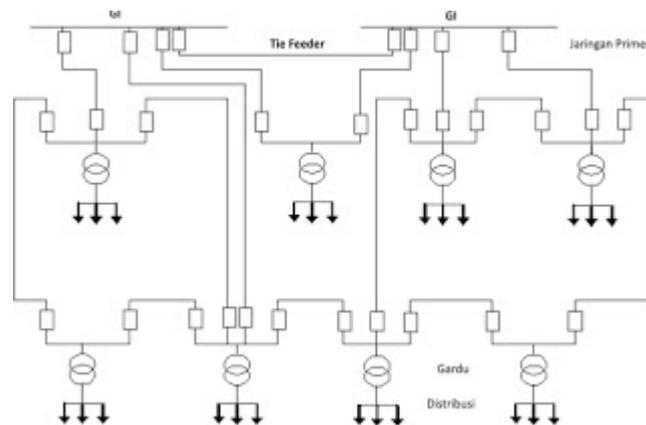
*Gambar 2.10 Jaringan distribusi pola loop*

Jaringan dengan pola ini biasa dipakai pada sistem distribusi yang melayani beban dengan kebutuhan kontinuitas pelayanan yang

baik karena memiliki sumber penyaluran yang lain bila salah satu saluran terganggu dan jenis jaringan distribusi ini lebih baik dibandingkan dengan pola radial.

### 3 Jaringan Distribusi Pola Grid

Pola jaringan ini mempunyai beberapa rel daya dan antara rel-rel tersebut dihubungkan oleh saluran penghubung yang disebut *tie feeder*. Dengan demikian setiap gardu distribusi dapat menerima atau mengirim daya dari atau ke rel lain.



(Sumber : [http://elektro-unimal.blogspot.co.id/2013/06/klasifikasi-jaringan-distribusi\\_14.html](http://elektro-unimal.blogspot.co.id/2013/06/klasifikasi-jaringan-distribusi_14.html))

*Gambar 2.11 Jaringan distribusi pola grid*

Keuntungan dari jenis jaringan ini sendiri adalah memiliki kontinuitas pelayanan yang lebih baik dari pola radial dan loop, lalu fleksibel menghadapi perkembangan beban, serta sesuai untuk daerah dengan kerapatan beban yang tinggi. Walaupun begitu jenis jaringan distribusi ini tetap memiliki suatu kelemahan yaitu berupa

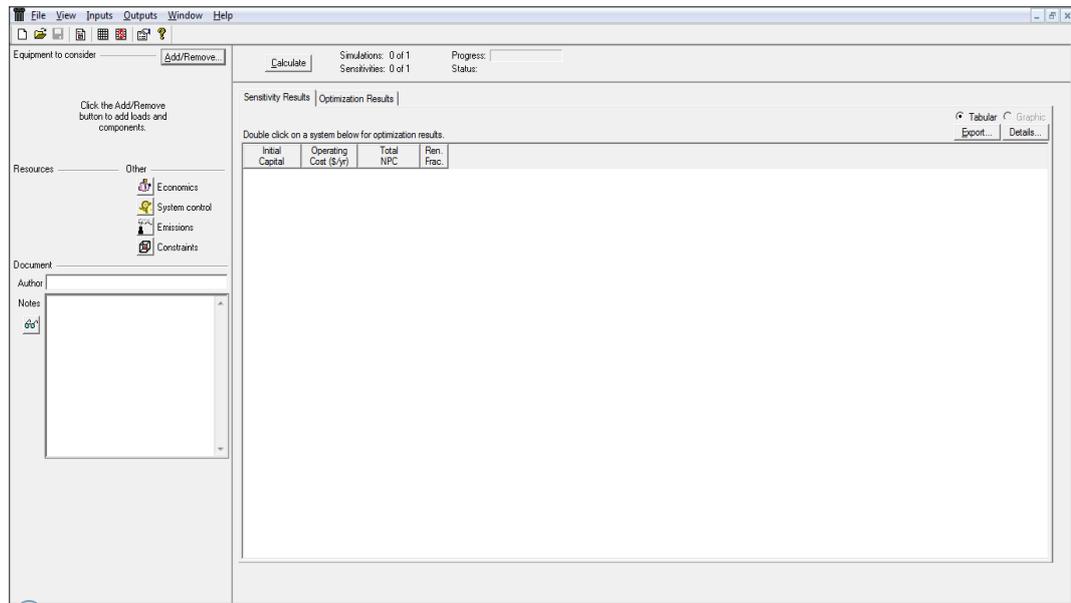
kerumitan yang terletak pada sistem proteksi serta nilai investasi yang terbilang cukup tinggi.

## **2.7 HOMER *Energy***

HOMER singkatan dari *the hybrid optimisation model for electric renewables* adalah sebuah aplikasi perangkat lunak (*software*) yang dikembangkan oleh NREL (*National Renewable Energy Laboratory*) di Amerika Serikat berhubungan dengan sistem ketenagaan menggunakan energi terbarukan. Aplikasi perangkat lunak ini biasa digunakan untuk membuat atau men-desain dan memperhitungkan dari sisi teknik maupun finansial untuk pemilihan sistem ketenagaan baik secara *off-grid* atau *on-grid* yang nantinya digunakan untuk aplikasi dengan *remote*, *stand-alone* dan *distributed generation*. HOMER sendiri memberikan suatu pertimbangan akan banyaknya pilihan teknologi yang digunakan untuk memperhitungkan ketersediaan dari sumber energi dan faktor-faktor lain-nya. (Areef Kassam,2010)

### **2.7.1 Tutorial HOMER**

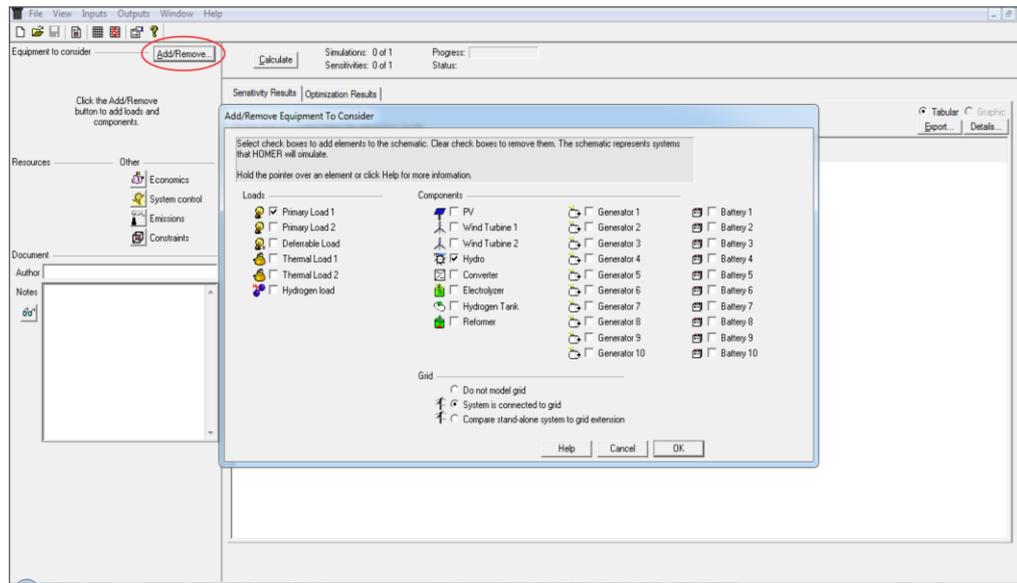
Tampilan perangkat lunak HOMER bisa dilihat di Gambar 2.9 dibawah ini. Perancang dapat menyusun sistem pembangkit dari berbagai jenis sumber daya, baik sumber daya konvensional maupun yang terbarukan. Proses simulasi pada HOMER dilakukan untuk mengetahui karakteristik atau performan dari suatu sistem pembangkit.



(Sumber : Mukhlis Kurnia Aji,2015)

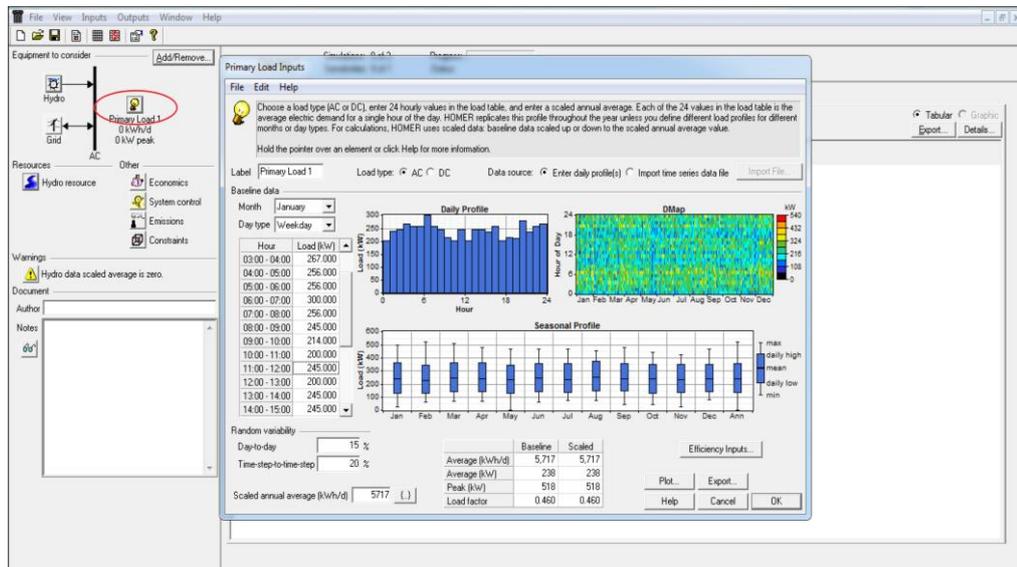
*Gambar 2.12 Tampilan utama HOMER*

Setelah kita membuka program Homer, maka yang harus dilakukan adalah memberikan atau menambahkan masukkan berupa *device* pada sistem *hybrid* yang akan dibuat. Disini, yang harus di masukkan adalah jenis beban yang akan ditopang oleh sistem. Homer memberikan pilihan berbagai jenis beban sesuai dengan kebutuhan pengguna. Begitu juga pada pilihan komponen yang akan dibuat. Komponen pembangkit energi yang disediakan HOMER yaitu : PV, *Wind Turbine*, *Hydro*, *Converter*, *Electrolyzer*, *Hydrogen Tank*, *Reformer*, generator, dan *system battery*. Disini juga memiliki pilihan untuk menyalurkan pembangkit dengan grid PLN atau tidak.



(Sumber : Mukhlis Kurnia Aji,2015)

*Gambar 2.13 Pemilihan tipe beban dan komponen pembangkit*



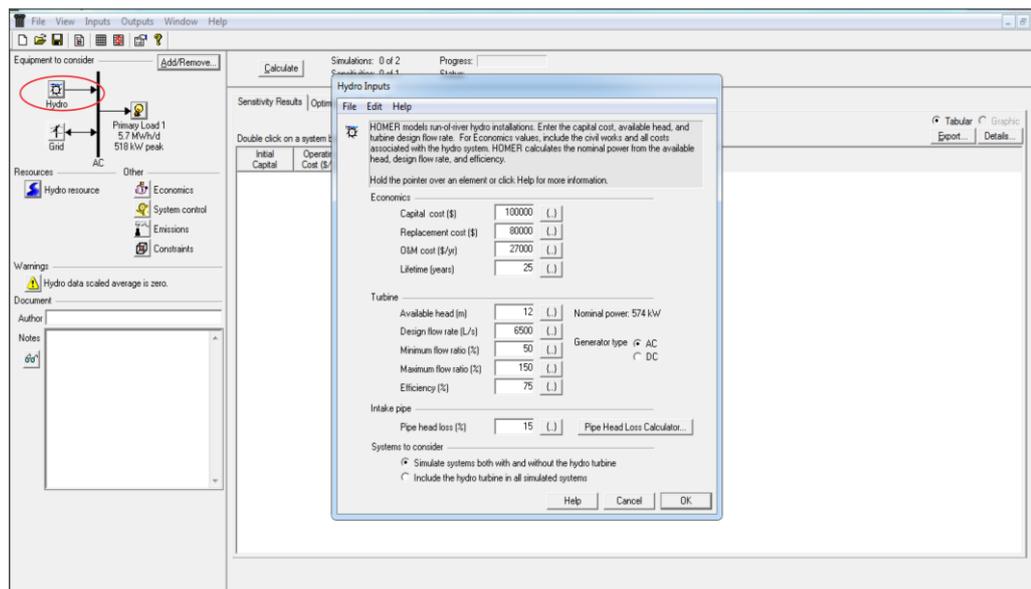
(Sumber : Mukhlis Kurnia Aji,2015)

*Gambar 2.14 Proses input data beban*

Setelah menentukan tipe beban dan komponen pembangkit, maka hal yang selanjutnya dilakukan adalah memasukkan data beban tiap jam. Disini ada pilihan beban yang bisa dibuat, yaitu tipe DC dan AC.

Selanjutnya simulasi dari variasi beban tiap waktu dapat disimulasikan dengan memasukkan presentase pada *random variability*.

Data beban yang telah dimasukkan secara otomatis akan langsung dihitung oleh Homer dan menghasilkan data rata-rata pemakaian, data beban puncak dan *load factor* beban.

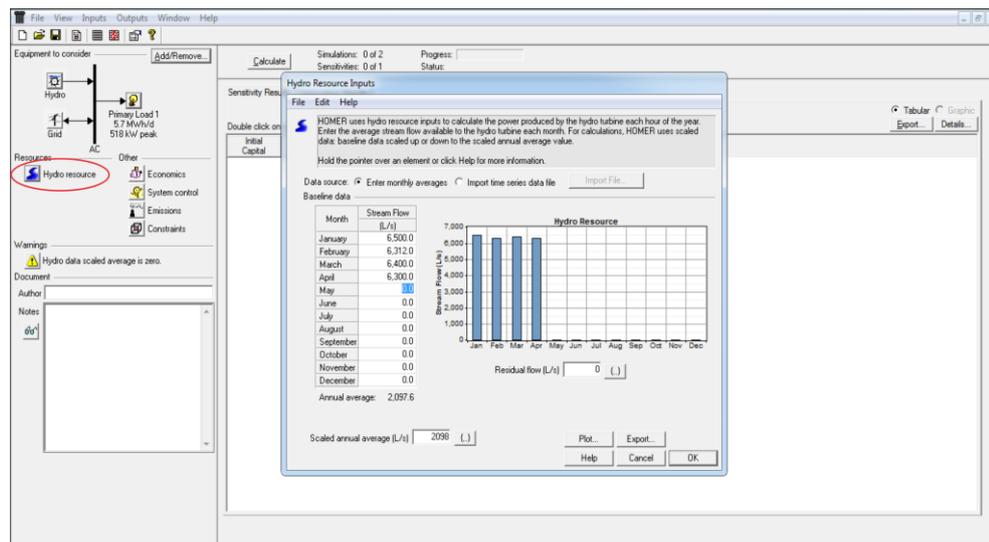


(Sumber : Mukhlis Kurnia Aji,2015)

Gambar 2.15 Proses memasukkan data hydro power

Bila memilih komponen pembangkit berupa pembangkit bertenaga air atau *hydro*, maka harus memasukkan data tentang hydro power yang akan disimulasikan. Data yang harus di masukkan berupa data *Capital cost*, *Replacement cost*, *O&M cost*, dan *Lifetime*. Lalu pada sisi turbin yang harus di masukkan adalah data rancangan turbin yang akan disimulasikan seperti ketinggian (*head*), data debit air, aliran minimal dan maksimal, serta efisiensi dari turbin. Disini Homer tidak melakukan analisa mengenai jenis turbin yang digunakan.

Dalam proses pemasukan data hydro power, Homer melakukan penghitungan pada kehilangan daya aliran yang disebabkan oleh gesekan pada pipa pesat yang menuju turbin (*Pipe Head Loss Calculator*). Untuk data *hydro resources* yang harus kita miliki adalah data debit air dalam Liter/s tiap bulannya, selama 1 tahun.

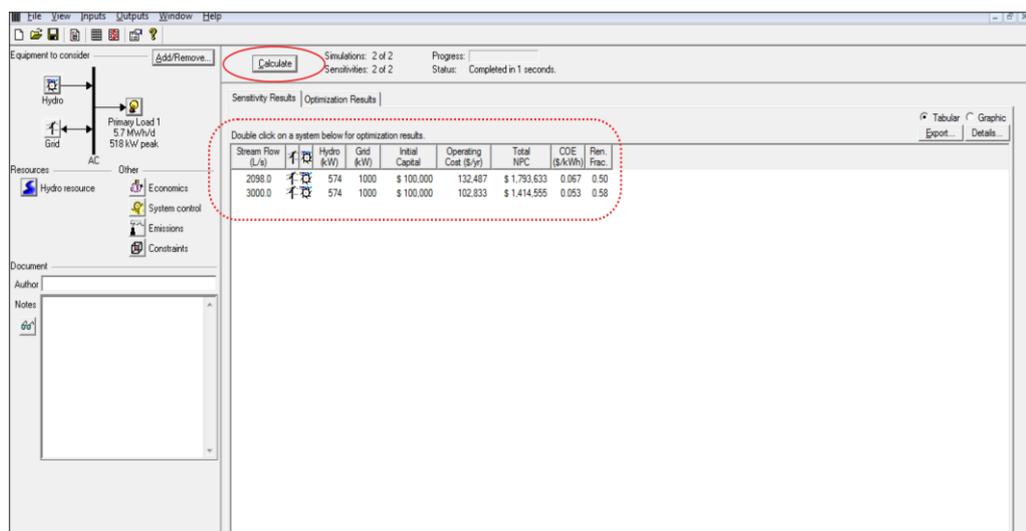


(Sumber : Mukhlis Kurnia Aji,2015)

Gambar 2.16 Proses memasukkan data hydro resource

Proses optimasi dilakukan untuk memilah konfigurasi suatu pembangkit yang layak dan memiliki nilai ekonomis. HOMER mensimulasikan operasi sistem dengan menyediakan perhitungan energi balance. Jika sistem mengandung baterai dan generator diesel/bensin, HOMER juga dapat memutuskan, untuk setiap jam, apakah generator diesel/bensin beroperasi dan apakah baterai diisi atau dikosongkan. Selanjutnya HOMER menentukan konfigurasi terbaik sistem dan kemudian memperkirakan biaya instalasi dan operasi sistem selama masa

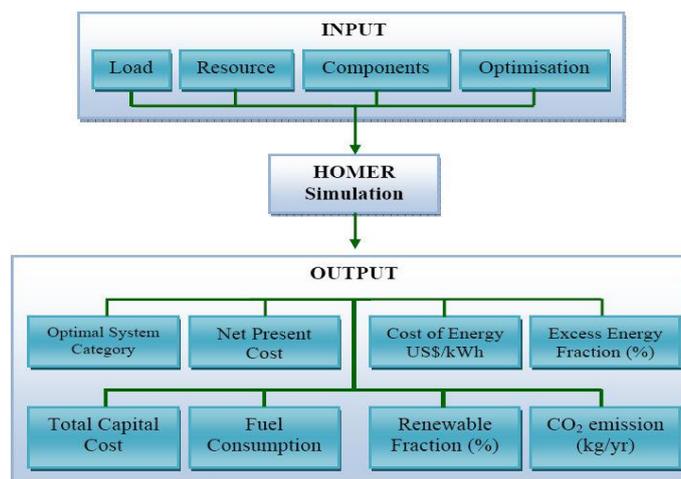
operasinya (*life time costs*) seperti biaya awal, biaya penggantian komponen-komponen, biaya O&M, biaya bahan bakar, dan lain-lain. (Mukhlis Kurnia Aji, 2015)



(Sumber : Mukhlis Kurnia Aji, 2015)

Gambar 2.17 Proses penghitungan optimasi

## 2.7.2 Konfigurasi HOMER



(Sumber : Mukhlis Kurnia Aji, 2015)

Gambar 2.18 Bagian utama arsitektur HOMER

Saat melakukan simulasi, HOMER menentukan semua konfigurasi sistem yang mungkin, kemudian ditampilkan berurutan menurut *Net Presents Costs* - NPC (atau disebut juga *life cycle costs*). Jika analisa sensitivitas diperlukan, HOMER akan mengulangi proses simulasi untuk setiap variabel sensitivitas yang ditetapkan. Mukhlis Kurnia Aji (Sheriff dan Ross 2003).

## 2.8 Studi Beban Kelistrikan

Studi beban kelistrikan adalah sebuah studi mengenai jumlah energi listrik yang terpakai oleh sebuah beban listrik dimana pemakaian energi listrik tersebut tergantung oleh lama waktu pemakaian dari beban listrik yang digunakan.

Pada perencanaan sebuah pembangkit studi ini memiliki fungsi untuk mengetahui seberapa besar jumlah beban listrik yang dihasilkan serta yang akan ditopang oleh pembangkit listrik tersebut.

Pemakaian daya listrik selama satu jam dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$W = P \times t / 1000 \dots \dots \dots (2.8) \text{ (Redi Guntara, 2015)}$$

Dimana:

W = Energi listrik yang terpakai (kWh)

P = Daya listrik yang digunakan (Watt)

t = Lama waktu pemakaian (H)