

**TUGAS AKHIR**

**STUDY KELAYAKAN SALURAN IRIGASI**  
**PERSAWAHAN DI DESA TALAWAAN SEBAGAI**  
**PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan*

*Pendidikan Diploma IV Pada Teknik Elektro*

*Politeknik Negeri Manado*



**Oleh**

**Stevi Nathanael Wenas**

**NIM : 12 023 017**

**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**POLITEKNIK NEGERI MANADO**  
**2016**

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 LatarBelakang

Mikrohidro adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (*resources*) penghasil listrik adalah memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu dari instalasi. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

Biasanya Mikrohidro dibangun berdasarkan kenyataan bahwa adanya air yang mengalir di suatu daerah dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai. Istilah kapasitas mengacu kepada jumlah volume aliran air persatuan waktu (*flow capacity*) sedangkan beda ketinggian daerah aliran sampai ke instalasi dikenal dengan istilah head. Mikrohidro juga dikenal sebagai white resources dengan terjemahan bebas bisa dikatakan "*energi putih*". Dikatakan demikian karena instalasi pembangkit listrik seperti ini menggunakan sumber daya yang telah disediakan oleh alam dan ramah lingkungan. Suatu kenyataan bahwa alam memiliki air terjun atau jenis lainnya yang menjadi tempat air mengalir. Dengan teknologi sekarang maka energi aliran air beserta energi perbedaan ketinggiannya dengan daerah tertentu (tempat instalasi akan dibangun) dapat diubah menjadi energi listrik.

Air yang mengalir untuk mengalir sawah dengan sumber air yang mengalir kontinyu (terus menerus) dengan debit air yang cukup tidak mustahil untuk di

bangun sebuah pembangkit listrik. Dengan latar belakang tersebut penulis ingin mengangkat tentang “*Study Kelayakan Saluran Irigasi Persawahan Di Desa Talawaan Sebagai Pembangkit Tenaga Listrik*”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut maka yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menghitung besar potensi sumber air sebagai pembangkit listrik ?
2. Bagaimana menghitung, menganalisa dan pemilihan kincir yang cocok untuk digunakan pada saluran irigasi ?
3. Bagaimana menghitung dan menganalisa besar energi listrik yang dapat dibangkitkan dengan potensi sumber air ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan :

1. Menentukan besar potensi sumber air untuk menggerakkan kincir air.
2. Menentukan jenis kincir yang cocok dengan kondisi sumber air.
3. Menentukan besarnya kapasitas pembangkit yang akan dipasang.
4. Menentukan apakah potensi sumber air layak dijadikan sebagai pembangkit atau tidak.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat :

1. Memeberikan penerangan fasilitas umum

2. Memberikan penerangan pada masyarakat sekitar jika ada pemadaman listrik.

### **1.5 Pembatasan Masalah**

1. Perencanaan pembangkit listrik dengan tenaga air
2. Menentukan besarnya kapasitas generator .

### **1.6 Metodologi Penelitian**

Agar lebih memudahkan dalam menyelesaikan penelitian ini, maka digunakan beberapa metode sehingga kajian yang dilakukan akan mencapai hasil yang lebih baik, yaitu :

1. Observasi Lapangan

Dilakukan untuk mengambil data secara langsung dilapangan atau tempat pembangunan PLTMH.

2. Kajian Pustaka

Mengkaji teori-teori yang berkaitan dengan perencanaan pembangkit listrik.

3. Wawancara

Dilakukan untuk mengumpulkan data-data tambahan sebagai pelengkap perencanaan pembangkit listrik.

### **1.7 Sistematika Penulisan**

Penelitian ini terdiri dari lima bab dengan sistematika penulisan sebagaiberikut:

## Bab I

Merupakan bagian pendahuluan. Bab ini menjelaskan latar belakang yang mendasari munculnya permasalahan dalam penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan metodologi penelitian,

## Bab II

Merupakan bagian tinjauan pustaka, berisi teori-teori yang melandasi penelitian ini dan menjadi dasar acuan teori, penelitian terdahulu, kerangka pemikiran dan pengembangan hipotesis.

## Bab III

Pembahasan mengenai metode penelitian yang menjelaskan tentang lokasi/tempat, kondisi tempat penelitian. Menjelaskan juga tentang perencanaan dan perancangan serta jenis data yang digunakan.

## Bab IV

Merupakan bagian pembahasan, yang berisi tentang perhitungan dan analisa untuk menentukan hipotesis yang akan digunakan berdasarkan hasil perhitungan dan analisa tersebut.

## Bab V

Merupakan bagian penutup, yang berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil perhitungan dan analisis pada bab sebelumnya, keterbatasan penelitian serta saran bagi penelitian berikutnya.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro)

##### A. Pengertian PLTMH

Definisi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Mikrohidro adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (*resources*) penghasil listrik adalah yang memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu serta instalasi. Pembangkit listrik kecil yang dapat menggunakan tenaga air pada saluran irigasi dan sungai atau air terjun alam, dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*, dalam m) dan jumlah debit airnya (m<sup>3</sup>/detik). Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

PLTMH umumnya merupakan pembangkit listrik jenis *run of river* dimana *head* diperoleh tidak dengan cara membangun bendungan besar, melainkan dengan mengalihkan aliran air sungai ke satu sisi dari sungai tersebut selanjutnya mengalirkannya lagi ke sungai pada suatu tempat dimana beda tinggi yang diperlukan sudah diperoleh. Air dialirkan ke power house (rumah pembangkit) yang biasanya dibangun dipinggir sungai. Air akan memutar sudu turbin (*runner*), kemudian air tersebut dikembalikan ke sungai asalnya. Energi mekanik dari putaran poros turbin akan diubah menjadi energi listrik oleh sebuah

generator. Pembangkit listrik tenaga air dibawah 200 kW digolongkan sebagai PLTMH.

Biasanya Mikrohidro dibangun berdasarkan adanya air yang mengalir di suatu daerah dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai. Istilah kapasitas mengacu kepada jumlah volume aliran air persatuan waktu (*flow capacity*) sedangkan beda ketinggian daerah aliran sampai ke instalasi dikenal dengan istilah head. Mikrohidro juga dikenal sebagai *white resources* dengan terjemahan bebasnya yaitu "energi putih". Sebab instalasi pembangkit listrik seperti ini menggunakan sumber daya yang disediakan oleh alam dan ramah lingkungan. Suatu kenyataan bahwa alam memiliki air terjun atau jenis lainnya yang menjadi tempat air mengalir. Dengan perkembangan teknologi sekarang maka energi aliran air beserta energi dari pengaruh perbedaan ketinggian dengan daerah tertentu (tempat instalasi yang akan dibangun) akan dapat diubah menjadi energi listrik.

Mikrohidro hanyalah sebuah istilah. Mikro artinya kecil sedangkan hidro artinya air. Dalam prakteknya istilah ini tidak merupakan sesuatu yang baku namun Mikrohidro, pasti menggunakan air sebagai sumber energinya. Yang membedakan antara istilah Mikrohidro dengan Minihidro adalah output daya yang dihasilkan.

Mikrohidro dapat menghasilkan daya lebih rendah dari 100 W, sedangkan minihidro daya keluarannya berkisar antara 100 sampai 5000 W. Secara teknis, Mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sumber energi), turbin dan generator. Air yang mengalir dengan kapasitas tertentu disalurkan dengan



ketinggian tertentu menuju rumah instalasi (rumah turbin). Di rumah instalasi, air tersebut akan menumbuk turbin dimana turbin akan menerima energi air tersebut dan mengubahnya menjadi energi mekanik berupa berputarnya poros turbin. Poros yang berputar tersebut kemudian ditransmisikan ke generator dengan menggunakan kopling. Dari generator akan dihasilkan energi listrik yang akan masuk ke sistem kontrol arus listrik, sebelum dialirkan ke rumah-rumah atau keperluan lainnya (beban). Begitulah secara ringkas proses Mikrohidro merubah energi aliran dan ketinggian air menjadi energi listrik. Peningkatan kebutuhan suplai daya ke daerah-daerah pedesaan di sejumlah negara, sebagian untuk mendukung industri-industri dan sebagian untuk menyediakan penerangan di malam hari. Kemampuan pemerintah yang terhalang oleh biaya yang tinggi untuk perluasan jaringan listrik, dapat membuat Mikrohidro memberikan sebuah alternatif ekonomi ke dalam jaringan. Hal ini dikarenakan Skema Mikrohidro yang mandiri dapat menghemat dari jaringan transmisi, karena skema perluasan jaringan tersebut biasanya memerlukan biaya peralatan dan pegawai yang mahal. Dalam kontrak, Skema Mikro Hidro dapat didisain dan dibangun oleh pegawai lokal, dan organisasi yang lebih kecil, dengan mengikuti peraturan yang lebih longgar dan menggunakan teknologi lokal, seperti untuk pekerjaan irigasi tradisional atau mesin-mesin buatan lokal. Pendekatan ini dikenal sebagai Pendekatan Lokal.

Potensi sumber daya air yang melimpah di Indonesia karena banyak terdapatnya hutan hujan tropis, membuat kita harus bisa mengembangkan potensi ini, karena air adalah sebagai sumber energi yang dapat terbarukan dan alami.

Bila hal ini dapat terus dieksplorasi, konversi air menjadi energy listrik sanat menguntungkan bagi negeri ini. Di Indonesia telah terdapat banyak sekali PLTMH dan waduk untuk menampung air, tinggal bagaimana kita dapat mengembangkan PLTMH menjadi lebih baik lagi dan lebih efisien.

#### B. Teknologi Mikrohidro

Tenaga listrik dari Air. Sebuah skema hidro memerlukan dua hal yaitu debit air dan ketinggian jatuh (biasa disebut '*Head*') untuk menghasilkan tenaga yang bermanfaat. Ini adalah sebuah sistem konversi tenaga, menyerap tenaga dari bentuk ketinggian dan aliran, dan menyalurkan tenaga tersebut dalam bentuk daya listrik. Sebenarnya tidak ada sistem konversi daya yang dapat mengirim daya yang diserap dikurangi sebagian daya hilang oleh sistem itu sendiri dalam bentuk gesekan, panas, suara dan sebagainya.

#### C. Prinsip Kerja PLTMH

PLTMH pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah air yang jatuh ( debit ) perdetik yang ada pada saluran air/air terjun. Energi ini selanjutnya menggerakkan turbin, kemudian turbin kita hubungkan dengan generator untuk menghasilkan listrik. Hubungan antara turbin dengan generator dapat menggunakan jenis sambungan sabuk (*belt* ) ataupun sistem *gear box*. Jenis sabuk yang biasa digunakan untuk PLTMH skala besar adalah jenis *flat belt* sedangkan *V-belt* digunakan untuk skala di bawah 20 kW. Selanjutnya listrik yang dihasilkan oleh generator ini dialirkan ke rumah-rumah dengan memasang pengaman ( sekring ). Yang perlu diperhatikan dalam merancang sebuah PLTMH adalah menyesuaikan antara debit air yang tersedia dengan besarnya generator

yang digunakan. Jangan sampai generator yang dipakai terlalu besar atau terlalu kecil dari debit air yang ada. Untuk menghitung daya yang bisa dihasilkan dapat digunakan persamaan untuk aliran air datar. Dalam hal ini energi yang tersedia merupakan energi kinetik.

$$E = \frac{1}{2} mv^2 \dots\dots\dots (2.1)^1$$

Daya air yang tersedia dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$P = \frac{1}{2} \rho Qv^2 \text{ atau } P = \frac{1}{2} \rho Av^3 \dots\dots\dots (2.2)$$

Atau dengan menggunakan persamaan kontinuitas

$$Q = Av \dots\dots\dots (2.3)^2$$

Dengan:

$P$  = Daya air (watt)

$\rho$  = Massa jenis air (1000) (kg/m<sup>3</sup>)

$Q$  = Debit air (m<sup>3</sup>/s)

$A$  = Luas penampang aliran air (m<sup>2</sup>)

$v$  = Kecepatan aliran air (m/s)

#### D. Kriteria Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro dan Mini Hidro (PLTMH)

Dalam mencapai tujuan pembangunan PLTMH harus dapat memenuhi beberapa kriteria yang dipandang sangat penting untuk di perhatikan. Dengan begitu kriteria yang harus diperhatikan yaitu :

1. Relatif harus dapat dibangun di banyak tempat, oleh sebab itu harus memenuhi persyaratan teknis agar dapat dibangun dengan jangkauan

jatuh yang rendah sehingga dapat dibangun dengan jangkauan lokasi lebih luas.

2. Biaya pembangunan serendah mungkin dan cepat pelaksanaan pembuatannya, oleh sebab itu harus dapat dibuat dalam negeri sendiri oleh tenaga-tenaga ahli dalam negeri., sehingga tidak memerlukan waktu impor yang cukup lama.
3. Proses pembuatannya harus dapat dibuat dimana-mana dan mudah dioperasikan, oleh karena itu konstruksinya harus muda dan sederhana dengan penggunaan teknologi tepat guna sehingga bengkel-bengkel dalam negeri mampu membuatnya.
4. Peralatan harus cukup andal karena pengoperasiaannya berada di daerah yang terisolir seperti daerah pegunungan dan berbukit untuk mendapatkan kecepatan aliran air.

#### E. Energi dari Tenaga Air (*Hydropower*)

Energi air merupakan kombinasi antara tinggi jatuh dan debit air. Besarnya energy air yang tersedia dari suatu sumber air tergantung pada besarnya tinggi jatuh dan debit air. Keduanya diperlukan untuk bisa menghasilkan listrik. Tinggi jatuh merupakan tekanan air yang dihasilkan oleh perbedaan ketinggian antara muka air pada reservoir dan muka air keluar dari turbin. Sedangkan debit merupakan jmlah aliran (Volume per satuan waktu) yang melewati turbin. Tinggi jatuh dan debit merupakan dua hal yang sangat pennting yang perlu diketahui dalam membangun suatu lokasi untuk pembangkitan listrik tenaga air.

## F. Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro dan Mini Hidro (PLTMH)

Komponen utama PLTMH adalah sebagai berikut (IMIDAP,2008)

1. Saluran Pengambilan (*intake*) dan Bendungan (*weir*)
2. Bak Pengendap
3. Saluran Pembawa
4. Bak Penenang (*forebay*)
5. Pipa Pesat (*penstock*)
6. Rumah Pembangkit (*power house*)
7. Turbin Air
8. Generator
9. Peralatan Kontrol Listrik
10. Sistem Jaringan dan Distribusi Listrik

## 2.2 Perencanaan PLTMH

### 2.2.1 Pemilihan Lokasi dan Lay out Dasar

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) pada dasarnya memanfaatkan energi potensial air). Semakin tinggi jatuhan air (head) maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Di samping faktor geografs yang memungkinkan, tinggi jatuhan air (head) dapat pula diperoleh dengan membendung aliran air sehingga permukaan air menjadi tinggi. Secara umum lay-out sistem PLTMH merupakan pembangkit jenis run off river, memanfaatkan aliran air permukaan (sungai). Komponen sistem PLTMH

tersebut terdiri dari bangunan intake (penyadap) - bendungan, saluran pembawa, bak pengendap dan penenang, saluran pelimpah, pipa pesat, rumah pembangkit dan saluran pembuangan. Basic lay-out pada perencanaan pengembangan PLTMH dimulai dari penentuan lokasi intake, bagaimana aliran air akan dibawa ke turbin dan penentuan tempat rumah pembangkit untuk mendapatkan tinggi jatuhnya ( head ) optimum dan aman dari banjir.

### 2.2.2 Lokasi bangunan *intake*

Pada umumnya instalasi PLTMH merupakan pembangkit listrik tenaga air jenis aliran sungai langsung, jarang yang merupakan jenis waduk (bendungan besar). Konstruksi bangunan intake untuk mengambil air langsung dari sungai dapat berupa bendungan (*intake dam*) yang melintang sepanjang lebar sungai atau langsung membagi aliran air sungai tanpa dilengkapi bangunan bendungan. Lokasi intake harus dipilih secara cermat untuk menghindarkan masalah di kemudian hari.

### 2.2.3 Kondisi dasar sungai

Lokasi *intake* harus memiliki dasar sungai yang relatif stabil, apalagi bila bangunan intake tersebut tanpa bendungan (*intake dam*). Dasar sungai yang tidak stabil inudah mengalami erosi sehingga permukaan dasar sungai lebih rendah dibandingkan dasar bangunan *intake*, hal ini akan menghambat aliran air memasuki *intake*.

Dasar sungai berupa lapisanlempeng batuan merupakan tempat yang stabil. Tempat di mana kemiringan sungainya kecil, umumnya memiliki dasar sungai yang relatif stabil. Pada kondisi yang tidak memungkinkan diperoleh lokasi *intake* dengan dasar sungai yang relatif stabil dan erosi pada dasar sungai memungkinkan teladi, maka konstruksi bangunan *intake* dilengkapi dengan bendungan untuk menjaga ketinggian dasar sungai di sekitar intake.

#### 2.2.4 Bentuk aliran sungai

Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada instalasi PLTMH adalah kerusakan pada bangunan *intake* yang disebabkan oleh banjir. Hal tersebut sering terjadi pada *intake* yang ditempatkan pada sisi luar sungai. Pada bagian sisi luar sungai (b) mudah erosi serta rawan terhadap banjir. Batti-batuan, batang pohon serta berbagai material yang terbawa banjir akan mengarah pada bagian tersebut. Sementara itu bagian sisi dalam sungai (c) merupakan tempat terjadinya pengendapan lumpur dan sedimentasi, schingga tidak cocok untuk lokasi *intake*. Lokasi *intake* yang baik terletak sepanjang bagian sungai yang relatif lurus (a), di mana aliran akan terdorong memasuki *intake* secara alami dengan membawa beban (*bed load*) yang kecil.

#### 2.2.5 Lokasi rumah pembangkit (*power house*)

Pada dasarnya setiap pembangun an mikrohidro berusaha untuk mendapatkan head yang maksimum. Konsekuensinya lokasi rumah pembangkit (*power house*) berada pada tempat yang serendah mungkin. Karena alasan keamanan dan instruksi, lantai rumah pembangkit harus selalu lebih tinggi

dibandingkan permukaan air sungai. Data dan informasi ketinggian permukaan sungai pada waktu banjir sangat diperlukan dalam menentukan lokasi rumah pembangkit.

Selain lokasi rumah pembangkit berada pada ketinggian yang aman, saluran pembuangan air (*tail race*) harus terlindung oleh kondisi alam, seperti batu-batuan besar. Disarankan ujung saluran *tail race* tidak terletak pada bagian sisi luar sungai karena akan mendapat beban yang besar pada saat banjir, serta memungkinkan masuknya aliran air menuju ke rumah pembangkit.

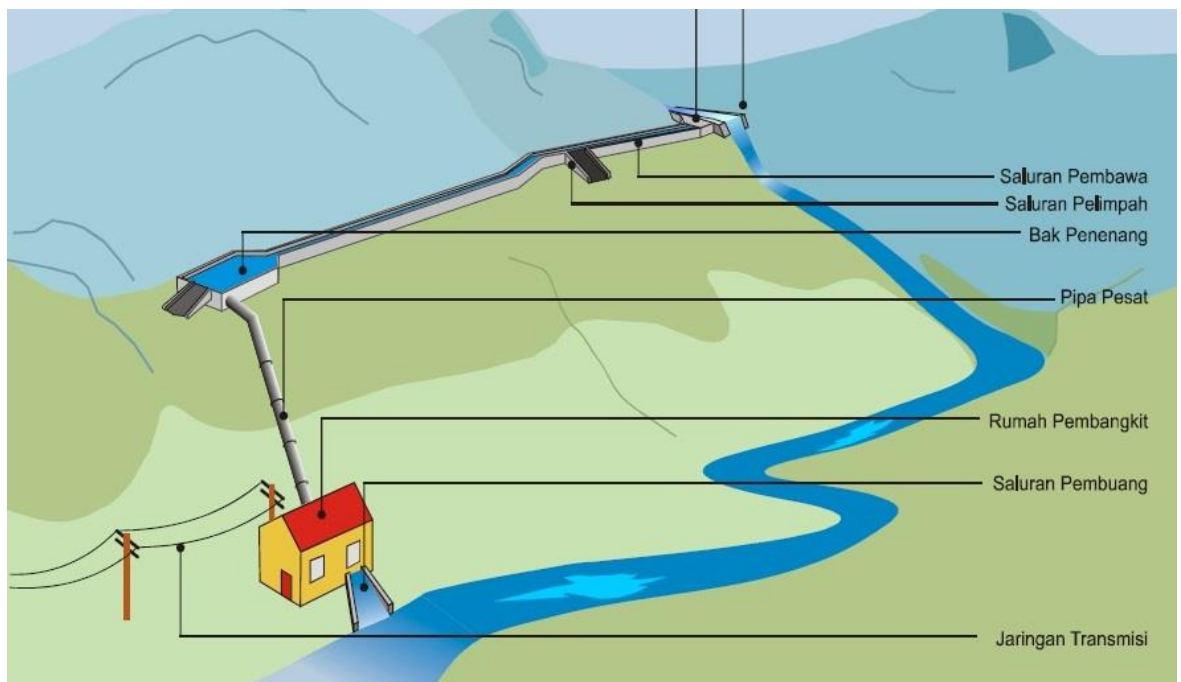
#### 2.2.6 *Lay-out* Sistem PLTMH

*Lay out* sebuah sistem PLTMH merupakan rencana dasar untuk pembangunan PLTMH. Pada *lay out* dasar digambarkan rencana untuk mengalirkan air dari *intake* sampai ke saluran pembuangan akhir. Air dari intake dialirkan ke turbin menggunakan saluran pembawa air berupa kanal dan pipa pesat (*penstock*). Penggunaan pipa pesat memerlukan biaya yang lebih besar dibandingkan pembuatan kanal terbuka, sehingga dalam membuat *lay out* perlu diusahakan agar menggunakan pipa pesat sependek mungkin. Pada lokasi tertentu yang tidak memungkinkan pembuatan saluran pembawa, penggunaan pipa pesat yang panjang tidak dapat dihindari. Pendekatan dalam membuat *lay out* sistem PLTMH adalah sebagai berikut: Air dari intake dialirkan melalui penstock sampai ke turbin. Jalur pemipaan mengikuti aliran air, paralel dengan sungai (*long penstock following river*). Metoda ini dapat dipilih seandainya pada medan yang ada tidak memungkinkan



untuk dibuat kanal, seperti sisi sungai berupa tebing batuan. Perlu diperhatikan bahwa penstock harus aman terhadap banjir.

### 2.3 Komponen-Komponen PLTMH



Gambar 2.1 Komponen PLTMH

Beberapa komponen yang digunakan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro baik komponen utama maupun bangunan penunjang antara lain:

1. Dam/Bendungan Pengalih (*intake*).



Gambar 2.1. *Intake*

Berfungsi untuk mengalihkan air melalui sebuah pembuka di bagian sisi sungai ke dalam sebuah bak pengendap.

2. Bak Pengendap (*Settling Basin*).



Gambar 2.3. *Settling Basin*

Digunakan untuk memindahkan partikel-partikel pasir dari air. Fungsi dari bak pengendap adalah sangat penting untuk melindungi komponen-komponen berikutnya dari dampak pasir.

3. Saluran Pembawa (*Headrace*).



Gambar 2.4. *Headrace*

Saluran pembawa mengikuti kontur dari sisi bukit untuk menjaga elevasi dari air yang disalurkan.

#### 4. Bak Penenang (Headtank)



Gambar 2.5. *Headtank*

Fungsi dari bak penenang adalah untuk mengatur perbedaan keluaran air antara sebuah penstock dan headrace.

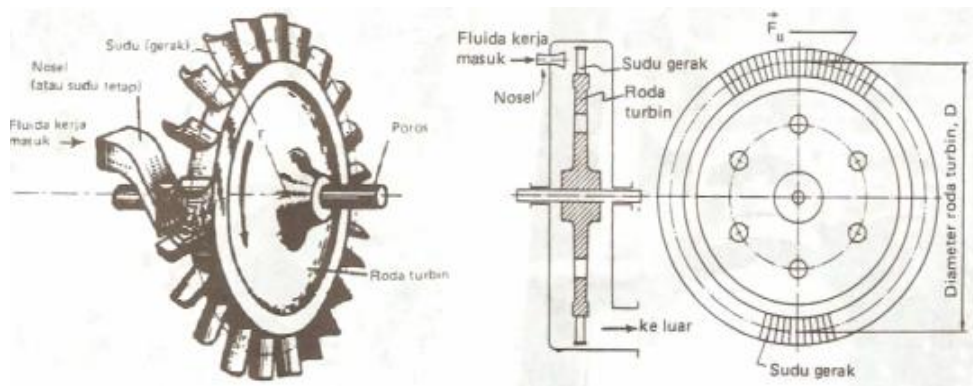
#### 5. Pipa Pesat (*Penstock*).



Gambar 2.6. *Penstock*

*Penstock* dihubungkan pada sebuah elevasi yang lebih rendah ke sebuah roda air, dikenal sebagai sebuah turbin.

## 6. Turbin.



Gambar 2.7. Turbin

Turbin adalah mesin berputar yang berfungsi untuk mengambil energi mekanik dari aliran fluida. Dalam PLTMH digunakan turbin air. Turbin ini akan mengkonversikan menjadi energi gerak angular. Turbin air memiliki *casing* berupa baling-baling yang memfokus dan mengontrol fluida. Energi diperoleh dari tenaga *shaft* yang berputar. Turbin dapat memiliki kepadatan tenaga yang tinggi. Ini dikarenakan kemampuan turbin untuk beroperasi pada kecepatan sangat tinggi. Namun pada PLTMH, turbin yang dipakai memiliki kepadatan energi yang rendah. Sebab aliran airnya juga tak terlalu deras.

Berikut ini cara perawatan turbin mikrohidro agar berfungsi dengan baik :

- Pastikan turbin tidak berputar saat dilakukan pengecekan komponen dalam turbin
- Cek kondisi mur dan baut pada turbin
- Beri pelumas pada poros setiap 2-3 minggu sekali
- Cek dan bersihkan bagian dalam turbin minimal 6 bulan sekali. Pastikan tidak ada benda asing di sana.

- Bersihkan badan turbin dari kotoran untuk menghindari karat.
- Cek turbin setiap kali diketahui suhu, posisi maupun bunyi turbin tidak normal

## 7. Generator.



Gambar 2.8. Generator

Generator adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengubah daya gerak menjadi daya listrik. Untuk sistem mikro hidro ini kami menggunakan generator tak-serempak, baik untuk sistem *fixed-speed* maupun sistem *variable speed*. Keuntungan dari sistem *fixed-speed* menggunakan generator tak-serempak adalah murah, sistemnya sederhana dan kokoh (*robast*). Sistem ini beroperasi pada kecepatan yang konstan, sehingga turbin hanya memperoleh daya maksimum pada satu nilai kecepatan angin. Sistem ini cocok untuk diterapkan pada mikrohidro yang kecepatan aliran airnya bisa diatur secara mekanik. Kelemahan dari sistem ini adalah generator memerlukan daya reaktif untuk bisa menghasilkan listrik sehingga harus dipasang

kapasitor bank atau dihubungkan dengan *grid*. Sistem ini rentan terhadap pulsating power menuju grid dan rentan terhadap perubahan mekanis secara tiba-tiba.

Berikut ini cara perawatan generator mikrohidro agar berfungsi dengan baik :

- Jangan menyentuh koneksi listrik saat generator beroperasi
- Cek keketatan mur dan baut generator
- Cek bila temperature generator tidak normal dan saat ada *noise* tidak wajar
- Bersihkan ventilasi dan kipas generator dari debu data tidak beroperasi

#### 8. Panel kontrol.

Panel kontrol berfungsi untuk menstabilkan tegangan.

## 2.4 Saluran Irigasi

### 2.4.1 Pengertian Irigasi

Sebagai suatu ilmu pengetahuan, irigasi tidak saja membicarakan dan menjelaskan metode-metode dan usaha yang berhubungan dengan pengambilan air dari bermacam-macam sumber, menampungnya dalam suatu waduk atau menaikkan elevasi permukaannya, serta menyalurkan serta membagi-bagikannya ke bidang-bidang tanah Irigasi adalah segala usaha manusia yang berhubungan dengan perencanaan dan pembuatan sarana untuk menyalurkan serta membagi air

ke bidang-bidang tanah pertanian secara teratur, serta membuang air kelebihan yang tidak diperlukan lagi.

#### 2.4.2 Komponen Saluran Irigasi

Dalam hal ini irigasi direncanakan untuk menjadi sumber untuk memutar turbin yang digunakan untuk pembuatan pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Untuk membuat saluran irigasi ini, ada beberapa komponen yang akan digunakan, yaitu:

1. Dam/Bendungan Pengalih (*intake*).

Berfungsi untuk mengalihkan air melalui sebuah pembuka di bagian sisi sungai ke dalam sebuah bak pengendap.

2. Bak Pengendap (*Settling Basin*).

Digunakan untuk memindahkan partikel-partikel pasir dari air. Fungsi dari bak pengendap adalah sangat penting untuk melindungi komponen-komponen berikutnya dari dampak pasir.

3. Saluran Pembawa (*Headrace*).

Saluran pembawa mengikuti kontur dari sisi bukit untuk menjaga elevasi dari air yang disalurkan.

4. Bak Penenang (*Headtank*)

Fungsi dari bak penenang adalah untuk mengatur perbedaan keluaran air antara sebuah penstock dan headrace. Bak penenang di buat seperti balok, dan untuk menghitung debit dan volumenya menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = \frac{\text{Volume}}{\text{waktu}} \dots\dots\dots (2.4)^3$$

$$V = p \times l \times t \text{ atau } V = A \times t \text{ (untuk tabung)} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana,

$$V = \text{Volume (m}^3\text{)}$$

$$p = \text{Panjang bak (m)}$$

$$l = \text{Lebar bak (m)}$$

$$t = \text{Tinggi bak (m)}$$

#### 5. Pipa Pesat (*Penstock*).

*Penstock* dihubungkan pada sebuah elevasi yang lebih rendah ke sebuah roda air, dikenal sebagai sebuah turbin. Pada pipa dapat dihitung debitair (pers. 2.3) daya air (pers. 2.4) dan untuk mencari kecepatan air dan luas penampang dapat menggunakan persamaan berikut ini:

$$v = \frac{s}{t} \dots\dots\dots (2.6)^4$$

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2 \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana,

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

$$s = \text{jarak (m)}$$

$$t = \text{waktu (s)}$$

$$A = \text{Luas penampang (m}^2\text{)}$$

$$D = \text{Diameter pipa (m)}$$



## 2.5 Kincir air

Kincir dapat didefinisikan sebagai peralatan mekanis berbentuk roda (wheel), dengan sudu (bucket atau vane) pada sekeliling tepi-tepinya yang diletakkan pada poros horisintal. Kincir air berarti kincir dengan media kerja air, disamping ada juga kincir angin dengan media kerja angin. Pada kincir air, air beroperasi dengan tekanan atmosfer dan mengalir melalui sudu-sudu, yang mengakibatkan kincir berputar pada putaran tertentu. Air mengalir dari permukaan atas (head race) ke permukaan bawah (tail race) melalui sudu-sudu tersebut.

Sampai saat sekarang, penggunaan kincir air masih banyak ditemui karena sifat-sifatnya yang murah, sederhana, serta mudah dan murah dalam pembuatan dan perawatannya. Walaupun mempunyai banyak kekurangan dibandingkan dengan turbin air, teknologinya yang sangat sederhana ini cocok digunakan di daerah pedesaan yang terpencil, asalkan daerah tersebut memiliki potensi sumber tenaga air yang cukup terjamin.

Data sejarah menunjukkan bahwa prinsip konversi energi air menjadi energi mekanik telah dikenal sejak lebih 2500 tahun yang lalu dengan memulai digunakannya kincir air sederhana yang terbuat dari kayu sebagai mesin pembangkit tenaga. Penggunaan kincir air diawali dari India, kemudian berkembang ke Mesir, dan berlanjut ke Eropa dan seterusnya merambat ke Amerika.

Rancangan yang sistematis dari kincir air dimulai abad ke 18 dimana banyak dilakukan riset untuk meningkatkan kinerja kincir air yang dirancang secara teoritis, dikembangkan oleh Poncelet dan banyak digunakan di Inggris

pada awal abad 19 (Prayatmo, 2007). Kincir dapat didefinisikan sebagai peralatan mekanis berbentuk roda (*wheel*), dengan sudu (*bucket* atau *vane*) pada sekeliling tepi-tepinya yang diletakkan pada poros horisintal. Kincir air berarti kincir dengan media kerja air, disamping ada juga kincir angin dengan media kerja angin. Pada kincir air, air beroperasi dengan tekanan atmosfer dan mengalir melalui sudu-sudu, yang mengakibatkan kincir berputar pada putaran tertentu. Air mengalir dari permukaan atas (*head race*) ke permukaan bawah (*tail race*) melalui sudu-sudu tersebut.

Sampai saat sekarang, penggunaan kincir air masih banyak ditemui karena sifat-sifatnya yang murah, sederhana, serta mudah dan murah dalam pembuatan dan perawatannya. Walaupun mempunyai banyak kekurangan dibandingkan dengan turbin air, teknologinya yang sangat sederhana ini cocok digunakan di daerah pedesaan yang terpencil, asalkan daerah tersebut memiliki potensi sumber tenaga air yang cukup terjamin.

Data sejarah menunjukkan bahwa prinsip konversi energi air menjadi energi mekanik telah dikenal sejak lebih 2500 tahun yang lalu dengan memulai digunakannya kincir air sederhana yang terbuat dari kayu sebagai mesin pembangkit tenaga. Penggunaan kincir air diawali dari India, kemudian berkembang ke Mesir, dan berlanjut ke Eropa dan seterusnya merambat ke Amerika.

Rancangan yang sistematis dari kincir air dimulai abad ke 18 dimana banyak dilakukan riset untuk meningkatkan kinerja kincir air yang dirancang

secara teoritik, dikembangkan oleh poncelet dan banyak digunakan di Inggris pada awal abad 19 (Prayatmo, 2007).

Kincir air adalah yang pembuatannya paling banyak ditiru, yang bekerjanya memanfaatkan kapasitas air  $V$ . Faktor yang harus diperhatikan pada kincir air selain energi tempat adalah pengaruh berat air yang mengalir masuk ke dalam sel-selnya.

Air yang mengalir ke dalam dan ke luar dari kincir tidak mempunyai tekanan lebih, hanya tekanan atmosfer saja. Kecepatan air yang mengalir ke dalam kincir harus kecil, sebab bila kecepatannya besar ketika melalui sel air akan melimpah ke luar atau energi yang ada hilang percuma tak bisa dimanfaatkan airnya berolak.

Meskipun kincir air sudah usang, tapi pada kondisi yang tertentu di mana kemungkinan-kemungkinan lainnya tidak ada, kincir air tetap merupakan salah satu pilihan untuk digunakan. Tetapi di lain pihak kadang-kadang maksud utamanya adalah untuk mendapatkan energi yang sebesar-besarnya karena itu banyak kincir air yang diganti dengan turbin air.

Tinggi air jatuh yang bisa digunakan kincir air antara 0,1 m sampai 12 m (roda kincir yang besar), dan kapasitas airnya 0,05 m<sup>3</sup>/s sampai 5 m<sup>3</sup>/s. Pemakaian kincir adalah di daerah yang aliran airnya tidak tentu, berubah-ubah dan tinggi air jatuhnya kecil, bila perubahan kecepatan putar tidak mengganggu dan kecepatan putarannya kecil 2 putaran/menit sampai dengan 12 putaran/menit, serta daya pada poros transmisi masih bisa digunakan, misalnya di unit-unit kecil penggilingan tepung, minyak dan lain-lain. Rendemen kincir antara 20% sampai

80%. Untuk roda kincir yang kecepatan putarannya pelan bahannya dibuat dari kayu, tetapi apabila untuk tinggi air jatuh yang besar roda kincir dibuat dari besi.

#### 2.5.1 Kincir Air sebagai Pembangkit Listrik

Kincir air digerakkan oleh tenaga aliran air yang beraliran deras yang dapat menyebabkan terdorongnya sudu-sudu kincir sehingga kincir berputar pada porosnya, yang kemudian pada poros kincir dipasang puli. Dimana putaran dari puli akan di teruskan ke generator menggunakan sabuk. Putaran tersebut akan memutar kumparan dari generator yang akan mendorong garis-garis medan magnetnya. Gerakan inilah yang menimbulkan gaya gerak listrik (GGL).

Ribuan tahun yang lalu manusia telah memanfaatkan tenaga air untuk beberapa keperluan, misalnya untuk menaikkan air keperluan irigasi, menggiling padi dan sebagainya. Di daerah, misalnya dari bamboo atau kayu dengan diameter yang besar masih dapat di lihat di sungai Hoang Ho (China), sungai Nil (Mesir) sungai Eufrat (Irak). (Patty, 1995)

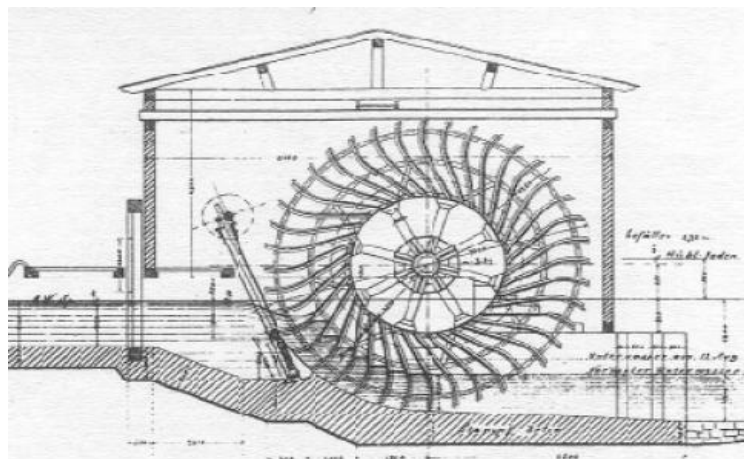
Efisiensi roda air yang dijalankan oleh aliran air tanpa menggunakan seluruh potensi air yang terdapat dalam sungai, tertentu kecil sekali. Perbaikan cara ini dilakukan pada abad ke-15. Untuk menjalankan roda, dibuat saluran tersendiri dengan tiga macam roda air, sehingga menumbuk roda pada bagian atas, pada bagian tengah atau bagian bawahnya.

### 2.5.2 Klasifikasi Kincir Air Berdasarkan System Aliran Air Pendorong

Turbin/kincir air dapat diklasifikasikan berdasarkan sistem aliran air pendorong yaitu titik darimana air akan mendorong sudu kincir air. Berikut adalah klasifikasi turbin air berdasarkan titik penembak air pipa pesat.

#### 1) Undershot :

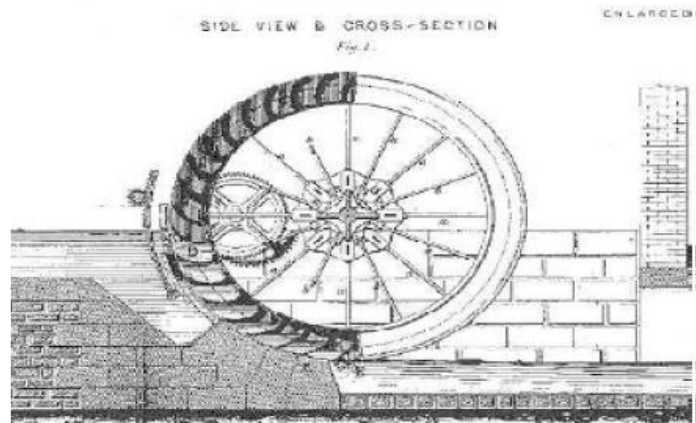
Gambar 2.9 merupakan kincir air tipe undershot, tipe undershot adalah tipe kincir air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian bawah kincir. Berikut adalah kincir air tipe undershot :



Gambar 2.9 Kincir Air Tipe *Undershot*

#### 2) Breastshot

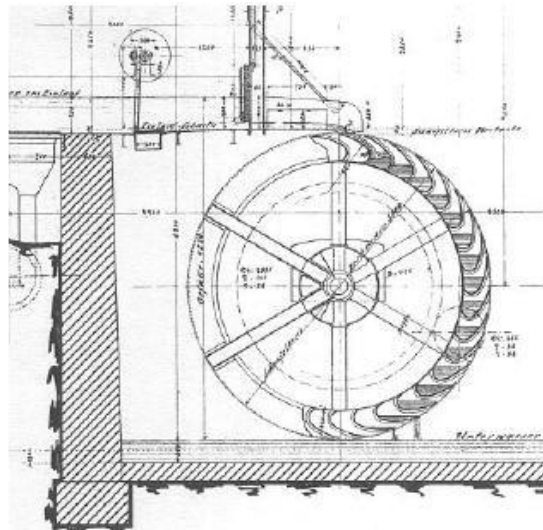
Gambar 2.10 merupakan kincir air tipe breastshot Tipe breastshot adalah tipe kincir air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian tengah kincir. Berikut adalah kincir air tipe breastshot :



Gambar 2.10 Kincir Air Tipe *Breastshot*

### 3) Overshot

Gambar 2.11 merupakan kincir air tipe overshot, tipe overshot adalah tipe kincir air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian atas kincir. Berikut adalah kincir air tipe overshot :



Gambar 2.11 Kincir Air Tipe *Overshot*

Air yang melakukan kontak dengan sudu-sudu runner kincir air hanya mempunyai tekanan atmosfer, seperti gambar diatas ada 3 klasifikasi kincir yaitu overshoot, undershoot dan breastshoot.

- Keuntungan dan Kerugian

Pembangkit Listrik tipe Kincir air sangat mudah untuk digunakan pada kondisi debit air ( $Q$ ), karena ada tiga tipe kincir air maka pemilihan kincir sangat efektif dalam melihat keunggulan dan kerugian dari masing-masing kincir yang ada ialah sebagai berikut :

1. Kincir air overshoot

Kincir air overshoot bekerja bila air yang mengalir ke dalam bagian sudu sudu sisi bagian atas dan karena gaya berat air roda kincir berputar. Kincir air overshoot adalah kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir air yang lain.

Keuntungan :

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

Kerugian :

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

## 2. Kincir Air Undershot

Kincir air undershot bekerja bila air yang mengalir menghantam dinding sudu yang terletak pada bagian bawah dari kincir air. Tipe ini cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata. Tipe ini disebut juga dengan "*vitruvian*". Disini aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar kincir.

Keuntungan:

- a. Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.
- b. Konstruksi lebih sederhana
- c. Lebih ekonomis
- d. Mudah untuk dipindahkan

Kerugian:

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

## 3. Kincir Air Breastshot

Kincir air breast shot merupakan perpaduan antara tipe overshoot dan undershot dilihat dari energi yang diterimanya.

Keuntungan:

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

Kerugian:

1. Sudu-sudu dari tipe ini tidak rata seperti tipe undershot (lebih rumit)



2. Diperlukan pada arus aliran rata
3. Efisiensi lebih kecil daripada tipe overshoot (20%-75%)

### 2.5.3. Cara Kerja Kincir Air

1. Pada proses kerja kincir air Mikrohidro dikenal juga sebagai *white resources* dengan terjemahan bebas bisa dikatakan "*energi putih*". Dikatakan demikian karena instalasi pembangkit listrik seperti ini menggunakan sumber daya yang telah disediakan oleh alam seperti aliran air yang memiliki potensi energi. Dalam proses kerja terdapat beberapa perubahan energi yang terjadi, seperti energi potensial yang ada dalam aliran air menjadi energi mekanik (gerak) oleh kincir air, selanjutnya energi mekanik ini akan memutar generator dan menimbulkan lompatan electron yang berubah menjadi arus listrik.
2. Air yang mengalir pada saluran irigasi didistribusikan ke dalam bendungan Air yang telah didistribusikan di dalam bendungan dialirkan melalui dasar bendungan dan dimasukkan kedalam pipa 5" sepanjang 11m, sehingga air yang mengalir akan menumpuk pada sudu-sudu kincir yang berada pada permukaan pipa dan akan memutar sudu kincir karena adanya dorongan aliran air yang cukup deras. Sejalan dengan berputarnya kincir, kondisi diameter dan lebar kincir berpengaruh dalam putaran kincir. Semakin berat kincir semakin besar Torsi yang akan dihasilkan oleh kincir.

3. Ketika pencapaian Torsi telah memenuhi kriteria dan perbandingan putaran kincir tidak mencapai putaran yang diinginkan maka dilakukan perbandingan pulley. Pulley ialah sebuah roda yang akan membantu mempercepat putaran kincir hingga mencapai >1800 Rpm. Akan tetapi Perbandingan penggunaan Pulley tergantung dari putaran kincir air sesuai dengan debit air, daya air dan daya kincir.
4. Setelah perbandingan pulley yang digunakan dan putaran mencapai >1800 Rpm maka kondisi tersebut telah mendapatkan pencapaian target karena putaran minimum Alternator/Generator ialah 1500 Rpm.

#### 2.5.4. Rumus Perhitungan

Pada Penelitian ini parameter perhitungan yang digunakan ialah parameter kincir air tipe undershot, sehingga parameter perhitungan yang digunakan ialah sebagai berikut :

##### 1) Jarak Antar Sudu

Perhitungan untuk mendapatkan jarak antar sudu yang dibutuhkan untuk memutar kincir berdasarkan konstruksi kincir dan rancangannya serta nilai rata - ratanya ( $D_r$ ) adalah:

$$D_r = \frac{D_1 + D_2}{2} \dots\dots\dots (2.8)^5$$

$$t_1 = \frac{D_1 \times \pi}{Z} \qquad t_2 = \frac{D_2 \times \pi}{Z} \dots\dots\dots (2.9)$$

$t_1$  = Jarak antar sudu dalam       $t_2$  = Jarak antar sudu luar

## 2) Kecepatan Keliling Kincir

Besarnya kecepatan keliling kincir dapat dihitung melalui persamaan:

$$U_1 = \frac{V_1 \times \cos \alpha_1}{2} \dots\dots\dots(2.10)^6$$

Dimana :  $V_1$  = kecepatan air(m/s)                       $\alpha_1 = 20^\circ$

## 3) Putaran kincir:

$$n = \frac{60 \times U_1}{\pi D_2} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana : n = Putaran Kincir (Rpm)

$U_1$  = Kecepatan keliling kincir ( m/s)

$D_2$  = Diameter luar kincir (m)

## 4) Jumlah Sudu yang Aktif

$$N \text{ (dalam rps)} = \frac{N \text{ (dalam rpm)}}{60} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$i = N \text{ (dalam rps)} \times Z \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

i = jumlah sudu yang aktif

Z = Jumlah sudu kincir

## 5) Kapasitas air diterima oleh tiap-tiap sudu

$$q = \frac{Q}{i} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

q = kapasitas air (m<sup>3</sup>/s)

$i$  = jumlah sudu yang aktif

- 6) Tebal Pancaran Air yang Memasuki Lorong Sudu

$$S_0 = t_1 \sin \alpha_1 \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana :

$S_0$  = Pancaran air (m)

$t_1$  = Jarak antar sudu dalam (m)

- 7) Gaya Tangensial

$$F = m \cdot V \dots \dots \dots (2.16)^7$$

$$m = \rho \times Q \dots \dots \dots (2.17)$$

Dimana :

$F$  = Gaya (N)

$m$  = massa air (kg)

$V$  = Volume air (m<sup>3</sup>)

$\rho$  = massa jenis(1000) (Kg/m<sup>3</sup>)

- 8) Jari-jari kincir air

Perhitungan untuk mengetahui jari jari yang tersedia pada kincir air ialah sebagai berikut :

$$r_x = \frac{r_2 - r_1}{2} + r_1 \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana :

$r_x$  = Jari jari rata-rata (m)

$r_1$  = jari – jari sisi dalam (m)

$r_2 = \text{jari - jari sisi luar (m)}$

9) Energi pada kincir air

Perhitungan untuk mengetahui energi yang tersedia pada kincir air ialah sebagai berikut :

$$P_{\text{kincir}} = T \times \omega \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana :

$$T = F \times r \dots\dots\dots (2.20)$$

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times n}{60} \dots\dots\dots (2.21)$$

Untuk mengetahui energi kincir air yang tersedia, terlebih dulu menghitung parameter perumusan Torsi antara lain :

Dimana :

$T = \text{Torsi (Nm)}$

$F = \text{Gaya tangensial (N)}$

$r = \text{Jari-jari kincir (m)}$

## 2.6 Generator

### 2.6.1 Pengertian Generator Listrik

Pengertian Generator Listrik adalah sebuah mesin yang mengubah energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik (elektik). Generator menghasilkan arus listrik induksi dengan cara memutar kumparan di antara celah kutub utara-selatan sebuah magnet. Jika kumparan diputar, jumlah garis gaya magnetik yang menembus kumparan akan berubah-ubah sesuai dengan posisi kumparan terhadap

magnet. Perubahan jumlah garis gaya magnetik inilah yang menyebabkan timbulnya ggl induksi di ujung-ujung kumparan sehingga menghasilkan energi listrik.

### Generator AC

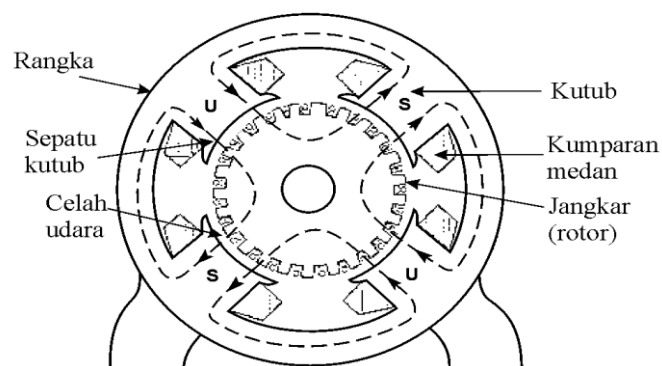
Generator adalah suatu sistem yang menghasilkan tenaga listrik dengan masukan tenaga mekanik . Jadi disini generator berfungsi untuk mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik yang mempunyai prinsip kerja sebagai berikut :

Bilamana rotor diputar maka belitan kawatnya akan memotong gaya-gaya magnet pada kutub magnet, sehingga terjadi perbedaan tegangan, dengan dasar inilah timbullah arus listrik, arus melalui kabel/kawat yang ke dua ujungnya dihubungkan dengan cincin geser. Pada cincin-cincin tersebut menggeser sikat-sikat, sebagai terminal penghubung keluar.

Bagian-bagian generator :

#### 1. Rotor

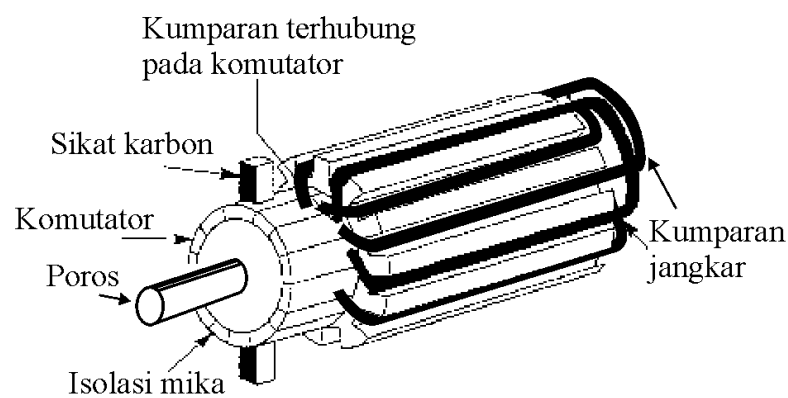
Adalah bagian yang berputar yang mempunyai bagian terdiri dari poros, inti, kumparan, cincin geser, dan sikat-sikat.



Gambar 2.12Konstruksi Generator AC bagian stator

## 2. Stator

Adalah bagian yang tak berputar (diam) yang mempunyai bagian terdiri dari rangka stator yang merupakan salah satu bagian utama dari generator yang terbuat dari besi tuang dan ini merupakan rumah dari semua bagian-bagian generator, kutub utama beserta belitannya, kutub-kutub pembantu beserta belitannya, bantalan-bantalan poros.



Gambar 2.13Konstruksi Generator AC Bagian Rotor

Berdasarkan sistem pembangkitannya generator AC dapat dibagi menjadi

2 yaitu :

### 1. Generator 1 fasa

Generator yang dimana dalam sistem melilitnya hanya terdiri dari satu kumpulan kumparan yang hanya dilukiskan dengan satu garis dan dalam hal ini tidak diperhatikan banyaknya lilitan. Ujung kumparan atau fasa yang satu dijelaskan dengan huruf besar X dan ujung yang satu lagi dengan huruf U.

## 2. Generator 3 fasa

Generator yang dimana dalam sistem melilitnya terdiri dari tiga kumpulan kumparan yang mana kumparan tersebut masing-masing dinamakan lilitan fasa. Jadi pada statornya ada lilitan fasa yang ke satu ujungnya diberi tanda U – X; lilitan fasa yang ke dua ujungnya diberi tanda dengan huruf V – Y dan akhirnya ujung lilitan fasa yang ke tiga diberi tanda dengan huruf W – Z.

### 2.6.2 Prinsip Kerja / Cara Kerja Generator Listrik

Generator bekerja berdasarkan hukum faraday yakni apabila suatu penghantar diputar dalam sebuah medan magnet sehingga memotong garis gaya magnet maka pada ujung penghantar tersebut akan timbulkan ggl (garis gaya listrik) yang mempunyai satuan volt.

### 2.6.3. Perhitungan Daya Generator

Untuk perhitungan daya generator yang diperlukan adalah daya yang dihasilkan oleh kincir air, maka didapatkan persamaan:

$$P_G = \frac{1}{2} P_k \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana,

$$P_G = \text{Daya Generator (watt)}$$

$$P_k = \text{Daya Kincir (watt)}$$



#### 2.6.4. Perhitungan putaran Generator

Perhitungan untuk mengetahui putaran (rpm) generator sesuai dengan spesifikasi generator yang dipakai dengan menghitung transmisi perbandingan pulley yang digunakan.

$$Rpm_{generator} = n_1 \frac{D_1}{D_2} = n_2, n_2 \frac{D_3}{D_4} = n_3, n_3 \frac{D_5}{D_6} = n_4 \dots \dots \dots (2.23)$$

Atau  $n_1 \frac{D_1}{D_2} = n_2$

$$n_2 \frac{D_3}{D_4} = n_3$$

$$n_3 \frac{D_5}{D_6} = n_4$$

Dimana :

$n_1$  = Putaran Kincir (rpm)

$n_4$  = Putaran Generator (rpm)

$D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6$  = Diameter pulley (Inch)