

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)**

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) yaitu suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak, seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan dan jumlah debit air. Secara teknis, Mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air sebagai sumber energi, turbin, dan generator. Mikrohidro mendapatkan energi dari saluran air yang memiliki perbedaan ketinggian tertentu.

Pada dasarnya, mikrohidro memanfaatkan energi potensial jatuhnya air. Sehingga semakin tinggi jatuhnya air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Disamping faktor geografis atau tata letak sungai, tinggi jatuhnya air dapat pula diperoleh dengan cara membendung aliran air sehingga permukaan air menjadi tinggi.

Air dialirkan melalui pipa pesat kedalam rumah pembangkit yang pada umumnya dibangun ditepi sungai untuk menggerakkan turbin atau kincir air mikrohidro. Energi mekanik yang berasal dari putaran poros turbin akan diubah menjadi energi listrik oleh sebuah generator.

Mikrohidro dapat memanfaatkan ketinggian air yang tidak terlalu besar, misalnya dengan ketinggian 2,5 meter dapat dihasilkan listrik 400 watt. Relatif kecilnya energi yang dihasilkan mikrohidro dibandingkan PLTA skala besar, berimplikasi pada relatif sederhananya peralatan serta areal yang diperlukan guna instalasi dan pengoperasian mikrohidro. Hal tersebut merupakan salah satu keunggulan mikrohidro, sehingga tidak terlalu menimbulkan kerusakan lingkungan.

Perbedaan antara PLTA dengan mikrohidro terutama pada besarnya tenaga listrik yang dihasilkan. PLTA dibawah ukuran 200 KW digolongkan sebagai mikrohidro. Dengan demikian, sistem pembangkit mikrohidro cocok untuk menjangkau ketersediaan jaringan energi listrik di daerah-daerah terpencil dan pedesaan yang memiliki potensi untuk diciptakannya sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro.

Tabel 2. Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air

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

Sumber : *Teacher Manual Diploma Hydro Power*

Beberapa keuntungan dapat diperoleh dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro adalah sebagai berikut:

- a. Dibandingkan dengan pembangkit listrik jenis lain, PLTMH ini cukup murah karena menggunakan energi alam.
- b. Memiliki konstruksi yang sederhana dan dapat diperasikan didaerah terpencil dengan tenaga terampil penduduk daerah setempat dengan sedikit training.
- c. Tidak menimbulkan pencemaran.
- d. Dapat dipadukan dengan program lainnya seperti sistem irigasi dan perikanan.
- e. Dapat mendorong masyarakat agar dapat menjaga kelestarian hutan sehingga ketersediaan air terjamin.

Kekurangan dari penggunaan turbin air (PLTMH) adalah, antara lain:

- a. Masa persiapan suatu proyek PLTMH pada umumnya memakan waktu yang cukup lama sehingga untuk pembuatan memerlukan biaya yang cukup besar .
- b. Sumber energi yang digunakan (air) sangat dipengaruhi oleh iklim atau curah hujan.

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

- a. Dam atau bendungan pengalih (intake), yaitu berfungsi untuk mengalihkan air melalui sebuah pembuka dibagian sisi sungai kedalam sebuah bak pengendap.
- b. Bak Pengendap (*Setting Basin*), yaitu digunakan untuk memindahkan partikel-partikel pasir dari air. Fungsi dari bak pengendap adalah sangat penting untuk melindungi komponen-komponen berikutnya dari dampak pasir.

- c. Saluran pembawa (*Headrace*), yaitu saluran pembawa yang mengikuti kontur dari sisi bukit untuk menjaga elevasi dari air yang disalurkan.
- d. Bak penenang (*Forebay*), yaitu bak penenang yang berada diujung saluran pembawa yang berfungsi untuk mencegah turbulensi air sebelum diterjunkan melalui pipa pesat.
- e. Pipa pesat (*Penstock*). *Penstock* dihubungkan pada sebuah elevasi yang lebih rendah ke sebuah roda air, dikenal sebagai sebuah turbin.
- f. Turbin berfungsi untuk mengkonversi energi aliran air menjadi energi putaran mekanis.
- g. Pipa hisap berfungsi untuk menghisap air, mengembalikan tekanan aliran yang masih tinggi ke tekanan atmosfer.
- h. Generator berfungsi untuk menghasilkan listrik dari putaran mekanis.
- i. Panel kontrol berfungsi untuk menstabilkan tegangan.

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

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

Hal 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. Potensi daya mikrohidro dapat dihitung dengan persamaan:

$$P = \rho g Q H \eta$$

Dimana:

P = Daya yang dibangkitkan PLTMH (Watt)

$\rho$  = massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )

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

$Q$  = Debit aliran Air ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

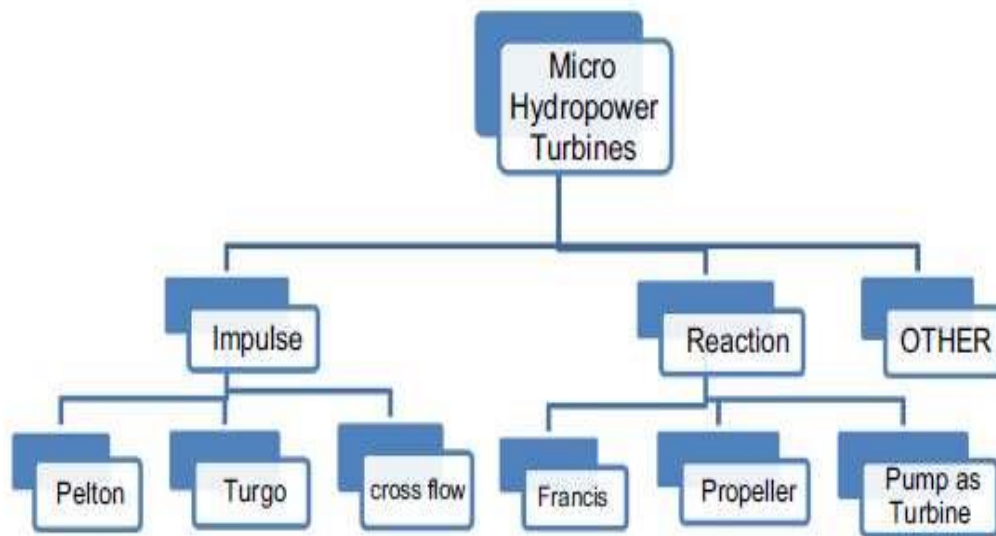
$H$  = beda ketinggian (m)

$\eta$  = efisiensi sistem PLTMH, efisiensi sistem PLTMH umumnya 0,85

## 2.2 Klasifikasi Turbin Air

Turbin air dikembangkan pada abad 19 dan digunakan secara luas untuk pembangkit tenaga listrik. Turbin air adalah mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis dengan menggunakan air sebagai fluida kerja. Energi mekanis diubah dengan generator listrik menjadi tenaga listrik. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi.

Gambar di bawah ini merupakan klasifikasi berbagai jenis turbin air yang digunakan dalam pembangkit listrik tenaga air (PLTMH).



Gambar 1. Klasifikasi Turbin air

Sumber: (Elbatran, et al. 2015)

Sedangkan untuk aplikasi atau pemilihan dari berbagai jenis turbin air sebagai pembangkit listrik dapat menggunakan klasifikasi *head* seperti tabel berikut ini.

Tabel 3. Aplikasi Turbin Mikro hidro Dengan Klasifikasi Head

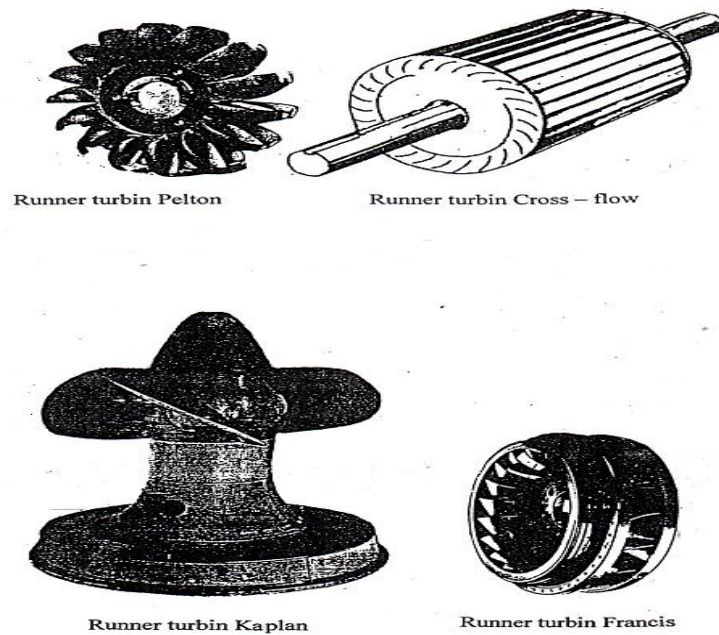
Tipe Turbin	Klasifikasi Head		
	<i>Higt &gt; 50 m</i>	<i>Medium 10-15 m</i>	<i>Low &lt; 10 m</i>
	<i>Pelton</i>	<i>Cross-flow</i>	
Implus	<i>Turgo</i>	<i>Turgo</i>	<i>Cross-flow</i>
	<i>Multi-jet Pelton</i>	<i>Multi-jet Pelton</i>	
			<i>Francis</i>
Reaksi		<i>Francis (Spiral Case)</i>	<i>Propeler</i>
			<i>Kaplan</i>

Sumber: (Elbatran, et al. 2015)

Tabel 4. Kecepatan Spesifik Turbin Konvensional

No	Jenis Turbin	Kecepatan Spesifik
1.	<i>Pelton dan kincir air</i>	10 - 35
2.	<i>Francis</i>	60 - 300
3.	<i>Cross-Flow</i>	<b>70 - 80</b>
4.	<i>Kaplan dan propeller</i>	300- 1000

Sumber: (Elbatran, et al. 2015)

Gambar 2. Empat Macam *Runner* Turbin Konvensional  
(Sumber : Haimerl, L.A., 1960)

### 2.3 Turbin *Crossflow*

Turbin Cross-Flow adalah salah satu turbin air dari jenis turbin aksi (*impulse turbine*). Prinsip kerja turbin ini mula-mula ditemukan oleh seorang insinyur Australia yang bernama A.G.M. Michell pada tahun 1903. Kemudian turbin ini dikembangkan dan dipatenkan di Jerman Barat oleh Prof. Donat Banki sehingga turbin ini diberi nama Turbin Banki kadang disebut juga Turbin Michell-Ossberger (Haimerl, L.A., 1960).

Pemakaian jenis Turbin *Cross-Flow* lebih menguntungkan dibanding dengan penggunaan kincir air maupun jenis turbin mikro hidro lainnya. Penggunaan turbin ini untuk daya yang sama dapat menghemat biaya pembuatan penggerak mula sampai 50 % dari penggunaan kincir air dengan bahan yang sama. Penghematan ini dapat dicapai karena ukuran Turbin *Cross-Flow* lebih kecil dan lebih kompak dibanding kincir air. Diameter kincir air yakni roda jalan atau *runner* nya biasanya 2 meter ke atas, tetapi diameter Turbin *Cross-Flow* dapat dibuat hanya 20 cm saja sehingga bahan-bahan yang dibutuhkan jauh lebih sedikit, itulah sebabnya bisa lebih murah. Demikian juga daya guna atau efisiensi rata-rata turbin ini lebih tinggi dari pada daya guna kincir air. Hasil pengujian laboratorium yang dilakukan oleh pabrik turbin Ossberger Jerman Barat yang menyimpulkan bahwa daya guna kincir air dari jenis yang paling unggul sekalipun hanya mencapai 70 % sedang efisiensi turbin *Cross-Flow* mencapai 82 % ( Haimerl, L.A., 1960 ). Tingginya efisiensi Turbin *Cross-Flow* ini akibat pemanfaatan energi air pada turbin ini dilakukan dua kali, yang pertama energi tumbukan air pada sudu-sudu pada saat air mulai masuk, dan yang kedua adalah daya dorong air pada sudu-sudu saat air akan meninggalkan *runner*. Adanya kerja air yang bertingkat ini ternyata memberikan keuntungan dalam hal efektifitasnya yang tinggi dan kesederhanaan pada sistem pengeluaran air dari *runner*.

Dari kesederhanaannya jika dibandingkan dengan jenis turbin lain, maka Turbin *Cross-Flow* yang paling sederhana. Sudu-sudu Turbin Pelton misalnya, bentuknya sangat pelik sehingga pembuatannya harus dituang. Demikian juga *runner* Turbin *Francis*, *Kaplan* dan *Propeller* pembuatannya harus melalui proses pengecoran/tuang. Tetapi *runner* Turbin *Cross Flow* dapat dibuat dari material baja sedang (*mild steel*) seperti ST.37, dibentuk dingin kemudian dirakit dengan

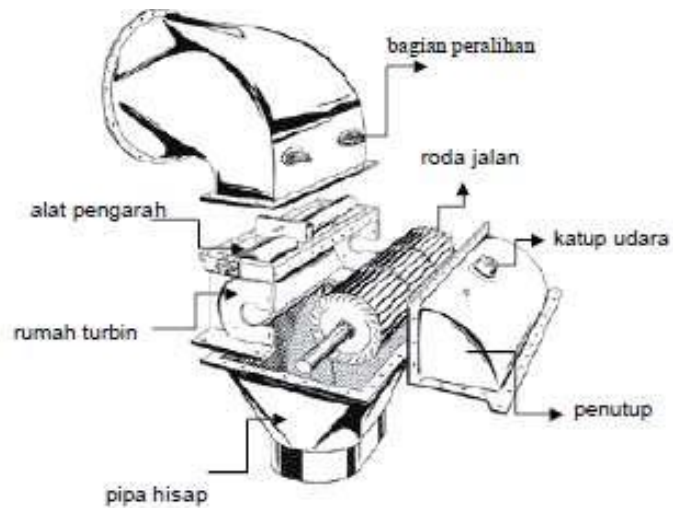
konstruksi las. Demikian juga komponen-komponen lainnya dari turbin ini semuanya dapat dibuat di bengkel-bengkel umum dengan peralatan pokok mesin las listrik, mesin bor, mesin gerinda meja, bubut dan peralatan kerja bangku, itu sudah cukup.

Dari kesederhanaannya itulah maka Turbin *Cross-Flow* dapat dikelompokkan sebagai teknologi tepat guna yang pengembangannya di masyarakat pedesaan memiliki prospek cerah karena pengaruh keunggulannya sesuai dengan kemampuan dan harapan masyarakat.

Dari beberapa kelebihan Turbin *Cross-Flow* itulah, maka sampai saat ini pemakaiannya di beberapa negara lain terutama di Jerman Barat sudah tersebar luas, bahkan yang dibuat oleh pabrik Turbin *Ossberger* sudah mencapai 5.000 unit lebih, sebagaimana diungkapkan oleh Prof. Haimerl (1960) dalam suatu artikelnya sebagai berikut : *“Today, numerous turbines throughout the world are operating on the Cross-flow principle, and most of these (more than 5.000 so far) have been built by Ossberger”*. Selanjutnya Prof. Haimerl (1960) menyatakan pula bahwa setiap unit dari turbin ini dapat dibuat sampai kekuatan kurang lebih 750 KW, dapat dipasang pada ketinggian jatuh antara 01 sampai 200 meter dengan debit air sampai 3.000 liter/detik. Cocok digunakan untuk PLTMH, penggerak instalasi pompa, mesin pertanian, *workshop*, bengkel dan lain sebagainya.

Komponen – komponen pada konstruksi turbin *Cross-flow* adalah sebagai berikut :

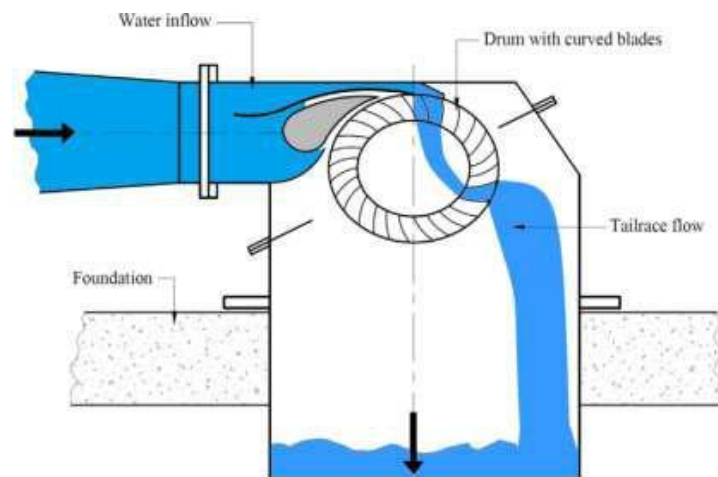
- a. Rumah Turbin
- b. Alat Pengarah (distributor)
- c. Roda Jalan
- d. Penutup
- e. Katup Udara
- f. Pipa Hisap
- g. Bagian Peralihan



Gambar 3. Konstruksi Turbin *Cross-flow*

Sumber: (Dietzel, 1993)

Prinsip kerja dari turbin *Cross-flow* adalah air yang keluar dari nosel masuk ke *runner* menumbuk sudu-sudu tahap pertama dan kemudian air tersebut keluar dari celah sudu-sudu tahap pertama lalu melewati ruang kosong dalam *runner* yang selanjutnya menumbuk sudu-sudu tahap kedua dan akhirnya air itu keluar dari celah sudu-sudu tingkat kedua menuju kolam bawah.



Gambar 4. Turbin *Cross-flow*

Sumber: (Mafrudin, 2016)





Gambar 5. *Runner* Turbin *Cross-Flow*

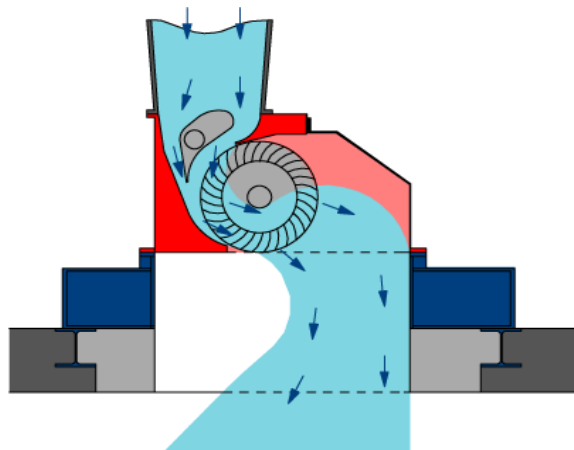
Sumber: (Mafrudin, 2016)

#### 2.4 Jenis Turbin *Crossflow*

Menurut arah aliran airnya turbin ini dapat dibedakan atas dua jenis yaitu :

a. Turbin *Crossflow* jenis vertikal

Dimana air dialirkan melalui pipa pesat dengan posisi vertical terhadap rumah turbin dan mendorong karang sudu hingga roda jalan turbin berputar dan ini berlangsung secara kontinu.

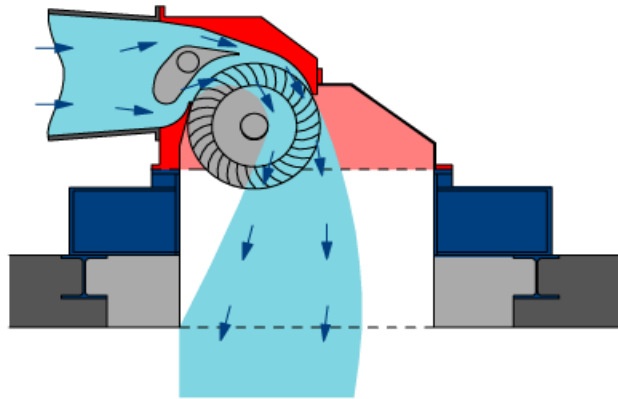


Gambar 6. Turbin *Crossflow* jenis vertikal

Sumber : <http://cink-hydro-energy.com/id/turbin-crossflow/>

b. Turbin *Crossflow* jenis horizontal

Dimana aliran air dialirkan melalui pipa pesat dalam posisi horizontal terhadap rumah turbin dan menyembur / mendorong karang sudu hingga roda jalan turbin berputar.



Gambar 7. Turbin *Crossflow* jenis horizontal  
 Sumber : <http://cink-hydro-energy.com/id/turbin-crossflow/>

## 2.5 Pompa

Pompa adalah jenis mesin fluida yang berfungsi untuk memindahkan fluida melalui pipa dari satu tempat ke tempat lain. Dalam menjalankan fungsinya tersebut, pompa mengubah energi mekanik poros yang menggerakkan sudu-sudu pompa mejadi energi kinetik dan tekanan pada fluida (Sularso, 2006)

Spesifikasi pompa dinyatakan dengan jumlah fluida yang dapat dialirkan per satuan waktu (kapasitas) dan energi angkat (*head*) dari pompa (Sularso, 2006).

Teori dasar pompa sebenarnya sama dengan teori dasar untuk turbin air. Yang membedakan adalah bahwa pada turbin air, tinggi jatuh diubah menjadi daya pada poros. Pada pompa, daya pada poros digunakan untuk menaikkan air ke tingkat energi atau tekanan atau tinggi kenaikan yang lebih besar melalui sudu-sudu pada roda jalan. (Mesin Konversi Energi, 2006)

### 2.5.1 Klasifikasi Pompa

Klasifikasi pompa secara umum dapat diklasifikasikan menjadi 2 bagian yaitu pompa kerja positif (*positive displacement pump*) dan pompa kerja dinamis (*non positive displacement pump*).

#### a. Pompa pemindah positif (*positive displacement pump*)

Pompa jenis ini merupakan pompa dengan ruangan kerja yang secara periodik berubah dari besar ke kecil atau sebaliknya, selama pompa bekerja. Energi yang diberikan kepada cairan ialah energi potensial, sehingga cairan berpindah volume per volume. Yang termasuk dalam kelompok pompa

pemindah positif antara lain :

- 1) Pompa Reciprocating
  - Pompa torak
  - Pompa plunger
- 2) Pompa Diaphragma
- 3) Pompa Rotari

b. Pompa kerja dinamis (*non positive displacement pump*)

Pompa jenis ini adalah suatu pompa dengan volume ruang yang tidak berubah pada saat pompa bekerja. Energi yang diberikan pada cairan adalah enersi kecepatan, sehingga cairan berpindah karena adanya perubahan energi kecepatan yang kemudian dirubah menjadi energi dinamis di dalam rumah pompa itu sendiri. Yang termasuk dalam kelompok pompa kerja dinamis antara lain:

- a. Pompa kerja khusus
  - Pompa Jet
  - Pompa Hydran
  - Pompa Elektromagnetik
- b. Pompa Sentrifugal (*Centrifugal Pumps*)
- c. Pompa Aksial

### 2.5.2 Pompa Jet (*Jet Pump*)

*Jet pump* adalah pompa yang mempunyai prinsip kerja dimana sebagian debit pompa yang keluar dikembalikan ke saluran isap. Sebagian debit dari pompa sentrifugal akan dikembalikan ke *jet pump* yang nantinya akan digunakan sebagai *primary flow* untuk mendorong fluida pada *secondary flow* ke atas. Nosel merupakan salah satu bagian utama yang perlu diperhatikan dan akan berpengaruh pada efisiensi *jet pump*. Fungsi nosel secara umum adalah untuk meningkatkan kecepatan aliran fluida yang diikuti dengan penurunan tekanan.

Menurut Winoto (2000), efisiensi jet pump dipengaruhi oleh bentuk penampang nosel. Dengan berbagai penampang; segitiga, segiempat, dan lingkaran diperoleh efisiensi *jet pump* maksimum pada bentuk penampang lingkaran. Efisiensi *jet pump* sangat dipengaruhi oleh berbagai kondisi dari nosel.

Kecepatan aliran fluida yang meninggalkan nosel semakin besar mengakibatkan terjadinya kevakuman pada ruang isap. Pada *jet pump*, ujung nosel

yang terjadi kevakuman dimanfaatkan untuk meningkatkan kemampuan menghisap air. Hal ini akan menyebabkan air akan tersedot naik pada ruang isap. Dengan menambah panjang nosel akan mengurangi kerugian gesek yang nantinya dimanfaatkan untuk meningkatkan kemampuan menghisap air pada *jet pump*.

### 2.5.3 Prinsip Kerja *Jet pump*

Pada *jet pump*, fluida dialirkan melalui nosel dimana arus mengecil karena perubahan penampang nosel, difuser yang membesar secara perlahan ditempatkan didekat mulut nosel dalam ruang isap, karena kecepatan arus yang meninggalkan mulut nosel bertambah besar maka tekanan dalam arus akan turun, demikian pula didalam ruang isap. Pada difuser kecepatan berkurang sehingga tekanan naik kira-kira mendekati tekanan atmosfer (apabila fluida dibuang menuju atmosfer). Akibat kejadian tersebut maka tekanan dalam ruang isap juga menurun dibawah tekanan atmosfer, istilahnya terbentuk sedikit vakum yang menyebabkan zat cair dari bejana bawah tersedot naik kedalam ruang isap dan terjebak oleh arus fluida yang menyembrot dari mulut nosel.

## 2.6 Debit (Aliran Fluida)

Debit adalah suatu koefisien yang menyatakan banyaknya air yang mengalir dari suatu sumber persatuan waktu, biasanya diukur dalam satuan liter per detik, untuk memenuhi kebutuhan air pengairan, debit air harus lebih cukup untuk disalurkan ke saluran yang telah disiapkan. Ada juga yang mengartikan debit adalah satuan besaran air yang keluar dari Daerah Aliran Sungai (DAS). Satuan debit yang digunakan dalam system satuan SI adalah meter kubik per detik ( $m^3/s$ ).

Istilah debit biasanya berkaitan dengan air, aliran dan sungai. Debit air adalah ukuran banyaknya volume air yang dapat lewat dalam suatu tempat atau yang dapat ditampung dalam suatu tempat tiap satu satuan waktu. Debit aliran adalah jumlah air yang mengalir dalam satuan volume per waktu. Debit air sungai adalah tinggi permukaan air sungai yang terukur oleh alat ukur permukaan air sungai. Dari beberapa pengertian diatas sebenarnya membahas satu hal yang sama yaitu jumlah air yang ditampung.

Debit air dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = A \times v$$

Keterangan:

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

$A$  = Luas penampang ( $m^2$ )

$V$  = Kecepatan aliran ( $m/s$ )

Fungsi dari pengukuran debit aliran adalah untuk mengetahui seberapa banyak air yang mengalir pada suatu sungai dan seberapa cepat air tersebut mengalir dalam waktu satu detik. Aliran air, dibedakan menjadi dua yaitu: aliran laminar dan aliran turbulen. Aliran laminar adalah aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan (lanima-lamina) membentuk garis-garis alir yang tidak berpotongan satu sama lain. Sedangkan aliran turbulen adalah aliran fluida yang partikel-partikelnya bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan berfluktuasi yang saling interaksi. Cara mengetahui aliran tersebut laminar atau turbulen yaitu dengan melihat bagaimana air tersebut mengalir apakah dia membentuk benang atau membentuk gelombang. Debit aliran dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti: besar kecilnya aliran dalam sungai, angin, hujan dan lain sebagainya.

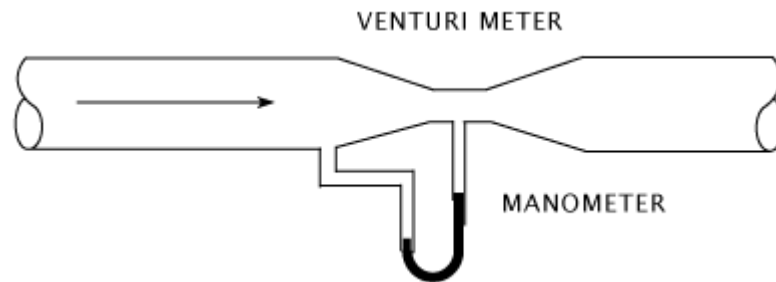
Penentuan debit dapat dilakukan dengan dua cara yaitu melalui data debit yang diperoleh dari Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) dan melalui pengukuran langsung yang menghasilkan debit sesaat. Pembangunan PLTMH yang mengambil aliran air langsung dari sungai tanpa menggunakan bendungan atau waduk sebagai penyimpanan air, maka perlu memperhatikan debit andalan dari sungai yang disadap. Debit andalan adalah debit maksimum yang dapat digunakan untuk irigasi. Penghitungan debit andalan bertujuan agar dapat mengoptimalkan sumber air yang digunakan sebagai irigasi. (Sofiatun Khasanah, 2014).

### **2.6.1 Alat Ukur Aliran Fluida (debit)**

#### **a. Venturimeter**

adalah sebuah alat yang bernama pipa venturi. Pipa venturi merupakan sebuah pipa yang memiliki penampang bagian tengahnya lebih sempit dan diletakkan mendatar dengan dilengkapi dengan pipa pengendali untuk mengetahui permukaan air yang ada sehingga besarnya tekanan dapat diperhitungkan. Dalam pipa venturi ini luas penampang pipa bagian tepi memiliki penampang yang lebih

luas daripada bagian tengahnya atau diameter pipa bagian tepi lebih besar daripada bagian tengahnya. Zat cair dialirkan melalui pipa yang penampangnya lebih besar lalu akan mengalir melalui pipa yang memiliki penampang yang lebih sempit, dengan demikian, maka akan terjadi perubahan kecepatan. (Ibrahim, Hakim. 2011)



Gambar 8. Venturimeter

Sumber: (Hakim, 2011)

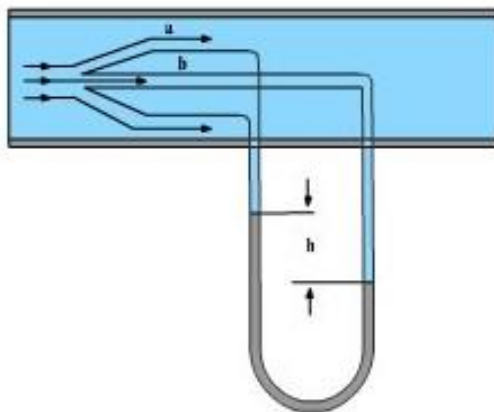
b. Orifice

Orifice adalah salah satu alat yang digunakan untuk mengukur laju aliran volum atau massa fluida di dalam saluran yang tertutup (pipa) berdasarkan prinsip beda tekanan. Alat ini berupa plat tipis dengan gagang yang diapit diantara flens pipa. Fungsi dari gagang orifice adalah untuk memudahkan dalam proses pemasangan dan penggantian. Orifice termasuk alat ukur laju aliran dengan metode rintangan aliran (Obstruction Device). Karena geometrinya sederhana, biayanya rendah dan mudah dipasang atau diganti.

c. Tabung Pitot

Tabung pitot merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur suatu tekanan fluida. Biasanya tabung pitot ini digunakan pada pesawat untuk mengukur kecepatan dari suatu pesawat.

Tabung pitot diciptakan oleh insinyur Prancis yang bernama Henri de Pitot (1695-1771) di awal abad 18 dan telah dimodifikasi untuk bentuk modern pada pertengahan abad ke-19 oleh ilmuwan Prancis yaitu Henry Darcy. Dan sampai sekarang tabung pitot banyak digunakan untuk menentukan kecepatan udara dari sebuah pesawat dan untuk mengukur kecepatan udara dan gas dalam aplikasi industri (che moutz, 2012).



Gambar 9. Tabung Pitot  
Sumber: (che moutz, 2012)

#### d. Rotameter

adalah alat untuk mengukur tingkat aliran cair atau gas dalam tabung tertutup. Ini termasuk dalam kelas meter yang disebut variabel area meter, yang mengukur berbagai laju aliran luas penampang fluida yang bergerak melaluinya, menyebabkan beberapa efek yang dapat diukur. Sebuah rotameter terdiri dari tabung runcing, biasanya terbuat dari kaca, dengan pelampung di dalamnya yang didorong oleh aliran dan ditarik ke bawah oleh gravitasi. Pada tingkat aliran tinggi yang melalui *float* dan tabung, *float* akan terbawa dan mengambang keatas *Float* dibuat dalam beberapa bentuk, bentuk yang paling umum yaitu bulat dan elips agar dapat berputar secara vertikal ketika dilalui fluida. Gaya dan jarak angkat dari pelampung sebanding dengan laju aliran. Gaya angkat ini dihasilkan oleh tekanan diggerensial yang menekan pelampung hingga naik ke atas yang dinamakan area meter karena letak ketinggian pelampung itu bergantung pada luas bidang annulus diantara pelampung dan tabung gelas tirus itu. Pelampung akan naik dan menunjukkan pada skala pengukuran dengan satuan yang diketahui.

Bagian Dan Fungsi Rotameter :

##### 1) *Float*

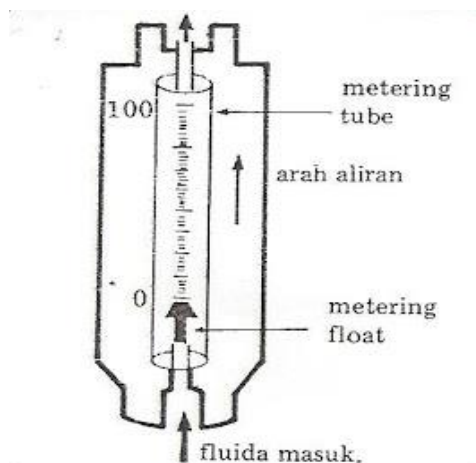
*Float* merupakan bagian yang berada di dalam fluida, yang bergerak naik turun sebagai respon terhadap aliran fluida. Umumnya berbentuk lingkaran jika dilihat dari atas. Dilihat dari samping, float berbentuk bulat atau bentuk yang lebih kompleks.

2) *Metering tube*

*Tube* merupakan bagian dari body yang mengelilingi dan berisi float. Cross section area-nya meningkat dari bawah ke atas.

## 3) Skala

Merupakan membaca hasil pengukuran pada alat, skala pada rotameter terdiri dari GPM (galons per minute = 3,785 liter) dan LPM (liter per minute)



Gambar 10. Rotameter

Sumber : (Santoso,H. 2012)

Adapun keuntungan dan kerugian alat ukur rotameter, adalah sebagai berikut:

Keuntungan penggunaan rotameter

- 1) Sebuah rotameter tidak memerlukan tenaga atau bahan bakar eksternal, hanya menggunakan sifat-sifat yang ada pada fluida, dan juga gravitasi, untuk mengukur laju aliran.
- 2) Sebuah rotameter juga memiliki perangkat yang relatif sederhana yang dapat diproduksi secara massal dari bahan murah, yang memungkinkan untuk digunakan secara luas.

Kerugian penggunaan rotameter

- 1) Karena menggunakan gravitasi, sebuah rotameter harus selalu berorientasi vertikal ke atas, dengan cairan yang mengalir ke atas.
- 2) Karena ketergantungan pada kemampuan dari cairan atau gas untuk mengembang, keluaran dari rotameter tertentu hanya akan akurat untuk suatu zat.



- 3) Rotameters biasanya memerlukan penggunaan kaca (atau bahan transparan lainnya), jika tidak, pengguna tidak dapat melihat mengambang.
- 4) Rotameters tidak mudah diadaptasi untuk pembacaan oleh mesin; walaupun pengapung magnet yang mendorong pengikut di luar tabung yang tersedia.

## 2.7 Nosel

Nosel adalah alat atau perangkat yang dirancang untuk mengontrol arah atau karakteristik dari aliran fluida (terutama untuk meningkatkan kecepatan) saat keluar (atau memasuki) sebuah ruang tertutup atau pipa. Sebuah nosel sering berbentuk pipa atau tabung dari berbagai variasi luas penampang, dan dapat digunakan untuk mengarahkan atau memodifikasi aliran fluida (cairan atau gas). Nosel sering digunakan untuk mengontrol laju aliran, kecepatan, arah, massa, bentuk, dan / atau tekanan dari aliran yang muncul. Kecepatan nosel dari fluida meningkat sesuai energi tekanannya. Prinsip utama penggunaan nosel untuk fluida air atau tak mampat menggunakan prinsip hukum kontinuitas yaitu kekekalan massa atau menggunakan prinsip Bernouli dengan pengaruh ketinggian (*Head*).



Gambar 11. Nosel air

Sumber : (Gustama, Mista dkk, 2009)

Klasifikasi jenis-jenis nozel air (Gustama, Mista dkk, 2009) sebagai berikut:

a. Nosel *Jets*

Sebuah jet gas, jet cairan, atau jet hydro adalah nozzle dimaksudkan untuk mengeluarkan gas atau cairan dalam arus koheren menjadi media sekitarnya. Gas jet biasanya ditemukan di kompor gas , oven , atau barbecue . Gas jet biasa digunakan untuk cahaya sebelum perkembangan lampu listrik . Jenis lain dari fluida jet ditemukan di karburator , dimana halus lubang dikalibrasi

digunakan untuk mengatur aliran bahan bakar ke mesin, dan di Jacuzzi atau spa .

b. Nosel Spray

Banyak nozel menghasilkan semprot yang sangat halus cairan. Nosel Pengabut digunakan untuk lukisan semprot, parfum, Karburator untuk mesin pembakaran internal , semprot pada deodoran , antiperspirant dan banyak kegunaan lain. Air-Aspirating Nosel menggunakan pembukaan di nosel berbentuk kerucut untuk menyuntikkan udara ke aliran berdasarkan busa air untuk membuat berkonsentrasi pada busa up. Paling sering ditemukan pada alat pemadam busa dan handlines busa.

c. Nosel Magnetic

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

## 2.8 Generator

Generator adalah suatu alat yang dapat mengubah tenaga mekanik menjadi energi listrik. Tenaga mekanik bisa berasal dari panas, air, uap, dll. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator bisa berupa Listrik AC (listrik bolak-balik) maupun DC (listrik searah). Hal tersebut tergantung dari konstruksi generator yang dipakai oleh pembangkit tenaga listrik (Wiratsongko,Tito. 2013).

- a. Generator Arus Searah menghasilkan arus listrik DC karena pada konstruksi dilengkapi dengan komutator, biasanya berfungsi sebagai penguat pada generator utama di bengkel atau industri.
- b. Generator Arus Bolak-Balik menghasilkan arus listrik AC, hal ini disebabkan karena konstruksi pada generator menyebabkan arah arus akan berbalik pada setiap setengah putaran.

Generator digunakan sebagai alat untuk merubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui adanya medan magnet yang diputar melalui rotor dan akan menimbulkan medan magnet yang timbul disisi stator. Medan magnet yang terjadi di stator dengan pola-pola tertentu akan menimbulkan arus listrik yang mengalir dikumparan stator yang dialirkan melalui saluran transmisi sebagai arus listrik. Semakin besar putaran generator maka semakin besar energil listrik yang didapat

dan semakin besar energi kinetis yang diperlukan untuk memutarinya. Beban yang terpasang merupakan beban listrik yang digunakan sebagai media penerangan (Jasa, dkk, 2010).

## 2.9 Perancangan Desain Turbin *Crossflow*

Untuk menghitung perancangan desain turbin crossflow dapat digunakan persamaan Mockmore (dalam pratilastiarso J., and Hesti S., 2012 :316) yaitu berikut :

- a. Diameter luar ( $D_1$ ) dan lebar sudu turbin ( $L$ )

Untuk menghitung diameter luar dan lebar turbin digunakan persamaan berikut :

$$LD = \frac{2.62 \times Q}{\sqrt{H}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

H = tinggi jatuh air (m)

Q = debit aliran ( $m^3/detik$ )

- b. Diameter dalam turbin ( $D_2$ )

Untuk menghitung diameter dalam turbin digunakan persamaan berikut

$$D_2 = \frac{2}{3} \times D_1 \dots\dots\dots(2)$$

- c. Jarak antar sudu ( $K$ )

Untuk menghitung jarak antar sudu turbin digunakan persamaan berikut :

$$K = 0,174 D_1 \dots\dots\dots(3)$$

- d. Ketebalan semburan nozel ( $M$ )

Untuk menghitung ketebalan semburan nozel digunakan persamaan berikut :

$$M = 0,22 \times \frac{Q}{L \times \sqrt{H}} \dots\dots\dots(4)$$

- e. Jari-jari kelengkungan sudu ( $r_1$ )

Untuk menghitung jari-jari kelengkungan turbin digunakan persamaan berikut :

$$r_1 = 0,163 \times K \dots\dots\dots(5)$$

- f. Jumlah sudu ( $n$ )

Untuk menghitung jumlah sudu turbin digunakan persamaan berikut :

$$N = \frac{\pi \times D_1}{K} \dots\dots\dots(6)$$

- g. Daya air yang digunakan (Pair)

Untuk menghitung daya air digunakan persamaan berikut :

$$P_{\text{air}} = \rho \times g \times H \times Q \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

$\rho$  = densitas air (Kg/m<sup>3</sup>)

H = ketinggian jatuh air (m)

g = percepatan gravitasi (9.8 m/s<sup>2</sup>)

Pair = daya air (watt)

- h. Daya yang dihasilkan turbin (P turbin)

Untuk menghitung daya turbin digunakan persamaan berikut

$$P_t = \frac{1}{2} m v^2 \dots\dots\dots(8)$$

$$P_t = \frac{1}{2} \times m \times \left(\frac{2 \times \pi \times r \times n}{60}\right)^2 \times r \text{ turbin}$$

Dimana :

M = massa turbin (kg)

N = Jumlah putaran turbin (rpm)

Pt = daya turbin (watt)

r = jari-jari luar turbin (m)

- i. Efisiensi mekanik turbin

Untuk menghitung efisiensi mekanik turbin digunakan persamaan berikut :

$$\text{Efisiensi turbin} = \frac{\text{daya mekanik turbin}}{\text{daya air}} \times 100 \% \dots\dots\dots(9)$$