

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 untuk menggerakkan turbin yang disambungkan dengan generator sehingga generator tersebut dapat menghasilkan energi listrik (Setya & Kusriyanto, 2017)

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 (Syarif et al., 2019)

Air dialirkan melalui pipa pesat (*penstock*) kedalam rumah pembangkit yang pada umumnya dibangun di tepi sungai untuk menggerakkan turbin atau kincir air mikrohidro. Energi mekanik yang berasal dari putaran poros turbin akan diubah menjadi energi listrik oleh sebuah generator (Sanny et al, 2020).

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) memiliki prinsip kerja yang sama dengan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang membedakannya terletak pada besarnya tenaga listrik yang dihasilkan. PLTA dengan kapasitas listrik yang dihasilkan kurang dari 100 KW digolongkan sebagai mikrohidro.

Tabel 2.1 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

2.2 Prinsip Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sumber energi potensial, energi kinetik, energi tekanan), kincir air/turbin air dan generator. Air dari sungai, atau berbagai sumber air lain yang lain ditampung pada sebuah kolam tendon atau waduk, kemudian dialirkan dengan kapasitas tertentu disalurkan dengan ketinggian tertentu menuju rumah instalasi (rumah turbin). Di rumah turbin, air tersebut akan menumbuk sudu kemudian 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.

Walaupun biaya awal sebuah pembangkit listrik tenaga air pada umumnya cukup tinggi jika dibandingkan dengan pembangkit termal, namun banyak keuntungan yang didapatkan dari pembangkit tersebut, antara lain: efisiensi tinggi, pengoperasiannya fleksibel, mudah perawatannya, tingkat kerusakan akibat aus dan retak tergolong rendah, berpotensi dapat memberikan energi secara berkelanjutan, dan tidak mengotori atmosfer (Harinaldi, budiarso, 2015).

Potensi daya mikrohidro dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta \quad \dots \text{ (Arun Kumar, 2008)}$$

Dimana:

P = Daya yang dibangkitkan PLTMH (KW)

g = Gravitasi (9,81 m/s²)

Q = Debit aliran Air (m³/s)

H = Beda ketinggian (m)

ρ = Densitas (kg/m³)

η = Efisiensi pembangkit listrik tenaga air (85%)

2.3 Turbin Air

Turbin air adalah suatu mesin penggerak yang bisa mengubah energi air (energi potensial, energi tekanan, energi kinetik) menjadi energi mekanik. Turbin air biasanya digunakan pada pembangkit listrik tenaga air yang memanfaatkan energi air. Energi air yang menabrak sudu turbin akan diubah menjadi energi mekanik

yang terhubung dengan generator, keluaran dari generator berupa daya yang pada umumnya dinyatakan dalam satuan kW (kiloWatt).

Turbin air dapat dibedakan menjadi beberapa jenis antara lain, turbin impuls dan turbin reaksi. Perbedaan yang mendasar antara kedua jenis turbin tersebut adalah turbin impuls bekerja dengan merubah seluruh energi potensial menjadi energi kinetik pada tekanan atmosfer. Jenis turbin impuls adalah turbin Pelton, turbin Turgo, dan turbin Banki / *Crossflow*. Sedangkan turbin reaksi bekerja dengan mengubah energi berupa tekanan statik tinggi ke tekanan statik rendah dengan melewatkannya melalui sudu-sudu turbin, atau sama dengan besarnya energi yang diserap sudu adalah perbedaan tekanan masuk dan keluar turbin. Jenis turbin reaksi yang sering digunakan yaitu turbin Francis, turbin Kaplan atau turbin Propeller (Harinaldi, Budiarmo, 2015).

Pemilihan jenis turbin air yang digunakan dapat berdasarkan *head* dan debit minimum yang dibutuhkan. Berikut klasifikasi tipe turbin berdasarkan *head* dan debit seperti pada tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2 Karakteristik Turbin Air

Turbin Hidrolik	H (m)	Q (m³/s)	N_s (rpm)	
Bulb	2 – 10	3 – 40	200 – 450	
Reaksi	Kaplan dan Propeller-aliran aksial	2 – 20	3 – 50	250 – 700
	Francis dengan kecepatan spesifik tinggi- aliran diagonal	10 – 40	0,7 – 10	100 – 250
	Francis dengan kecepatan- spesifik rendah	40 – 200	1 – 20	30 – 100
	Pelton	60 – 1000	0,2 – 5	<30
Impulse	Turgo	30 – 200		
	<i>Cross-Flow</i>	2 – 50	0,01 – 0,12	

Sumber : Siliean, 2018

2.4 Turbin Impuls

Lester Pelton (1829-1908), seorang ahli teknik pertambangan Amerika yang hidup di masa eksploitasi emas di California, adalah tokoh yang banyak memberikan sumbangan pemikiran pada desain turbin jenis ini. Efisiensi yang diperoleh akan lebih tinggi jika turbin dioperasikan pada head tinggi (contohnya dari suatu sumber air seperti danau yang berlokasi cukup tinggi terhadap nosel turbin), yang akan diubah menjadi suatu kecepatan relatif yang tinggi pada sisi keluar nosel. Di antara berbagai macam hal yang menjadi perhatian pada perancangan turbin salah satunya adalah hilangnya head yang terjadi pada pipa pesat (*penstock*) yang menyalurkan air dari sumber ke turbin, desain nosel, dan desain sudu (*bucket*) pada rotor (Silean, 2018).

Turbin impuls adalah suatu mesin fluida yang merubah seluruh energi potensial menjadi energi kinetik pada tekanan atmosfer. Salah satu jenis turbin impuls adalah Turbin *Crossflow*. Bagian utama dari turbin impuls adalah roda yang terpasang pada ujung poros dengan sudu-sudu yang terpasang pada kelilingnya. Air dari tandon atau waduk dengan ketinggian tertentu dialirkan melalui pipa pesat yang berakhir pada sebuah nosel. Pancaran air atau jet dari nosel menabrak sudu dan akan memutar roda turbin (Silean, 2018).

Air akan mengalir ke saluran pembuang setelah memindahkan energi kinetik pada sudu-sudu turbin. Besar kecilnya jet atau pancaran air yang keluar dari nosel yang berakibat pada turun naiknya kapasitas aliran dapat dikendalikan oleh sebuah jarum atau deflektor secara manual maupun otomatis. Daya yang akan dihasilkan tergantung dari besarnya kapasitas, tinggi tekan, arah aliran, bentuk sudu dan efisiensi (Harinaldi dan Budiarso, 2015).

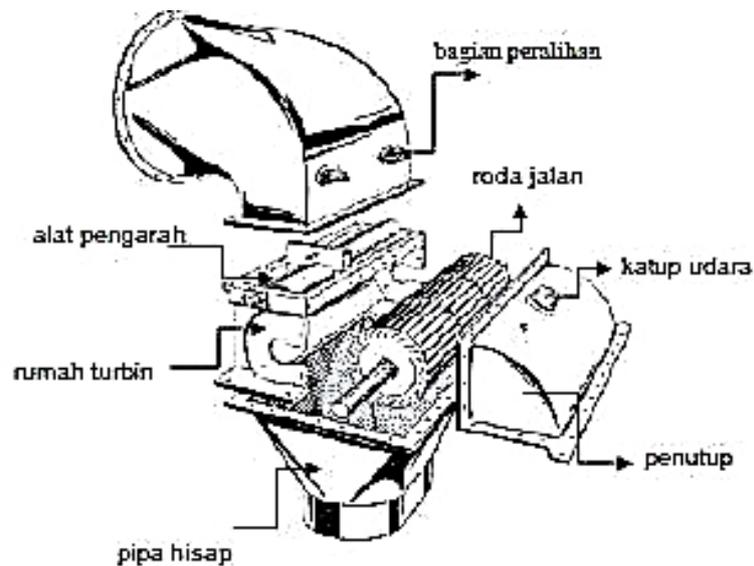
2.5 Turbin *Crossflow*

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 (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-Osberger* atau Turbin *Banki-Michell* (Isnugroho 2012).

Turbin *Cross-flow* mempunyai alat pengarah air sehingga dengan demikian celah bebas dengan sudu-sudu di sekeliling roda hanya sedikit. Turbin ini baik sekali digunakan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air yang kecil dengan daya kurang lebih 750 kW. *Head* yang dapat digunakan ialah di atas 2 m sampai dengan 50m dan kapasitas 0,01 m³/s sampai dengan 0,12 m³/s (Sileaen, 2018).

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

1. Rumah Turbin
2. Alat Pengarah (distributor)
3. Roda Jalan
4. Penutup
5. Katup Udara
6. Pipa Hisap
7. Bagian Peralihan



Gambar 2.1 Konstruksi Turbin *Cross-flow*

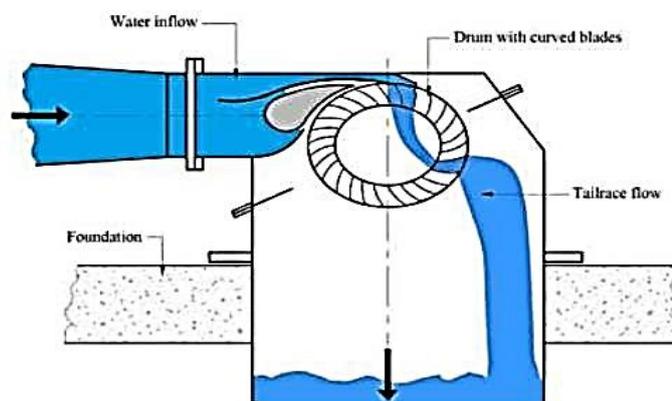
Sumber: (Dietzel, 1993)

Pemakaian jenis *Turbin Crossflow* lebih menguntungkan dibanding dengan penggunaan kincir air maupun jenis turbin mikrohidro lainnya. Salah satu contohnya adalah daya guna atau efisiensi rata-rata turbin ini lebih tinggi daripada daya guna kincir air. Hasil pengujian laboratorium yang dilakukan oleh pihak pabrik turbin Ossberger menyimpulkan bahwa daya guna kincir air jenis yang paling unggul

sekalipun hanya mencapai 70% sedangkan efisiensi turbin crossflow mencapai 82%. Tingginya efisiensi turbin crossflow ini akibat pemanfaatan energi air pada turbin ini dilakukan dua kali, yang pertama energi tumbukan air pada sudu-sudu saat air mulai masuk, dan yang kedua adalah daya dorong air pada sudu-sudu ketika air akan meninggalkan runner. Kerja air yang bertingkat ini ternyata memberikan keuntungan dalam hal efektifitas yang tinggi dan kesederhanaan pada sistem keluaran air dari runner (Apriani, Yosi, 2019)

Dari kesederhanaannya jika dibandingkan dengan jenis turbin lain, maka Turbin *Crossflow* 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 *Crossflow* 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 umum dengan peralatan pokok mesin las listrik, mesin bor, mesin gerinda meja, bubut dan peralatan kerja bangku (Mirza dkk, 2017).

Prinsip kerja dari turbin *Crossflow* adalah air yang keluar dari nozel 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 sudu-sudu tingkat kedua menuju kolam bawah.



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Turbin *Crossflow*

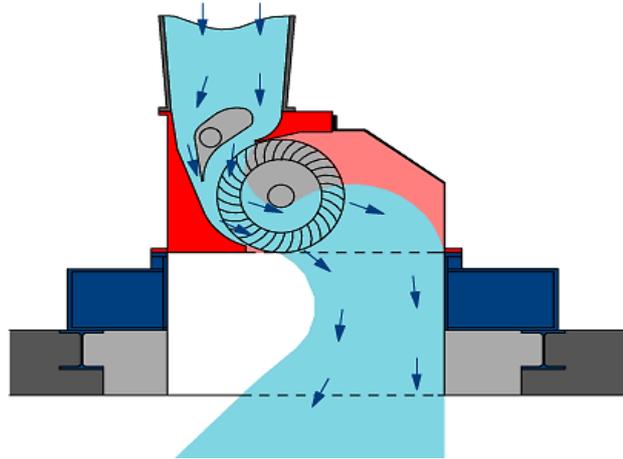
Sumber : Nirda dkk, 2017

2.6 Jenis Turbin *Crossflow*

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

1. Turbin *Crossflow* jenis vertikal

Jenis arah aliran ini menggunakan air yang dialirkan melalui pipa pesat dengan posisi vertikal terhadap rumah turbin dan mendorong karangan sudu hingga roda jalan turbin berputar dan ini berlangsung secara kontinu.

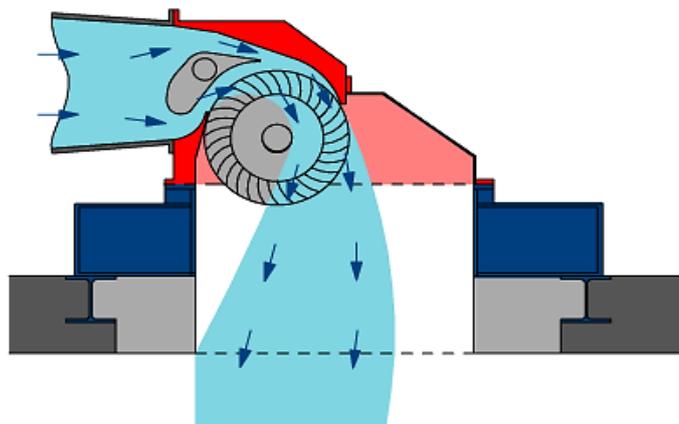


Gambar 2.3 Turbin *Crossflow* jenis vertikal

Sumber : Nirda dkk, 2017

2. Turbin *Crossflow* jenis horizontal

Turbin *crossflow* jenis horizontal ini menggunakan prinsip berupa aliran air dialirkan melalui pipa pesat dalam posisi horizontal terhadap rumah turbin dan menyembur/mendorong karang sudu hingga roda jalan turbin berputar.



Gambar 2.4 Turbin *Crossflow* jenis horisontal

Sumber : Nirda dkk, 2017

2.7 Perencanaan *Runner Turbin Crossflow*

Runner merupakan komponen utama pada turbin air *crossflow*, yang proses kerjanya adalah berputaran. Putaran pada runner ini dihasilkan akibat adanya gaya dorong air yang menumbuk kuat pada sudu-sudu runner. Perencanaan atau perhitungan parameter runner turbin *crossflow* menggunakan persamaan-persamaan berikut :

1. Diameter luar (D_1) dan lebar sudu turbin (L)

Untuk mengetahui luas runner turbin dapat diperoleh dari prinsip kontinuitas dimana debit dihitung dari luas dan kecepatan fluida, sehingga untuk mengetahui luas runner turbin yaitu :

$$L \times D = \frac{2,63 \times Q}{\sqrt{H}} \quad (\text{Pratilastiarso \& Hamka, 2016})$$

Keterangan :

H = Tinggi jatuh air (m)

Q = Debit aliran (m^3/detik)

2. Diameter dalam turbin (D_2)

Untuk menghitung diameter dalam pada turbin dapat menggunakan persamaan berikut :

$$D_2 = \frac{2}{3} \times D_1 \quad (\text{Pratilastiarso \& Hamka, 2016})$$

Keterangan :

D_1 = Diameter Luar (m)

3. Jarak antar sudu (t_1)

Untuk menghitung jarak antar sudu turbin dapat menggunakan persamaan berikut :

$$t_1 = 0,175 D_1 \quad (\text{Pratilastiarso \& Hamka, 2016})$$

4. Jumlah sudu (N)

Jumlah sudu merupakan salah satu pertimbangan penting untuk mendesain runner. Terlalu banyak jumlah sudu runner akan meningkatkan kerugian pada biaya

pembuatan turbin karena memerlukan material yang lebih banyak. Untuk menghitung jumlah sudu dapat menggunakan persamaan berikut :

$$N = \frac{\pi \times D_1}{t_1} \quad (\text{Pratilastiarso \& Hamka, 2016})$$

Keterangan :

t_1 = jarak antar sudu

5. Jumlah putaran turbin

Untuk menghitung jumlah putaran turbin dapat menggunakan persamaan berikut :

$$n = \frac{39,8 \times \sqrt{H}}{D_1} \quad (\text{Pratilastiarso \& Hamka, 2016})$$

Keterangan :

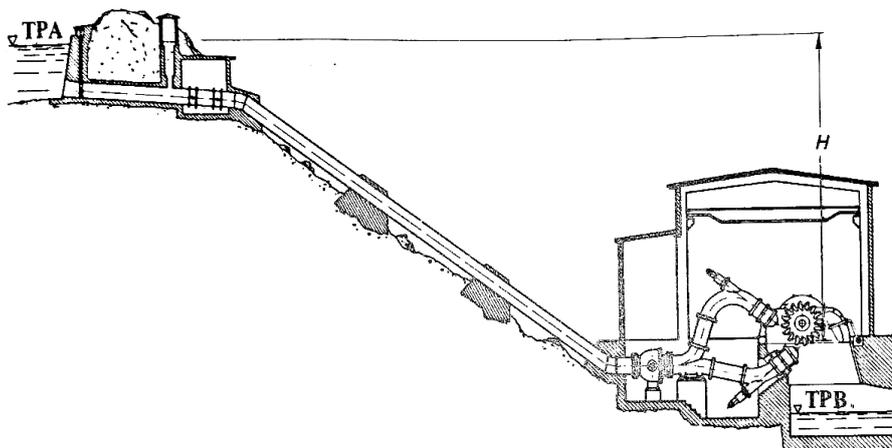
n = Jumlah putaran turbin (rpm)

h = ketinggian jatuhnya air (m)

2.8 Tinggi Jatuh Air (*Head*)

Tinggi jatuh air merupakan selisih antara tinggi permukaan air atas (TPA) dengan tinggi permukaan air bawah (TPB). Ketinggian jatuh air dapat diperoleh dari sungai, air terjun, bendungan, saluran irigasi.

Berikut gambar yang menunjukkan ketinggian jatuh air.



Gambar 2.5 Ketinggian jatuh air

Sumber : Fritz Dietzel

Ketinggian jatuh air dapat mempengaruhi kecepatan aliran air, hal ini sesuai dengan persamaan bernoulli pada tangki berlubang yaitu :

$$v = \sqrt{2 g h}$$

Keterangan :

v = kecepatan aliran air (m/s)

g = gravitasi (m/s²)

h = ketinggian jatuh air (m)

Tinggi Jatuh (*Head*) didefinisikan sebagai energi per satuan berat fluida. Satuan dari *head* (H) adalah meter atau feet fluida. Menurut persamaan Bernoulli, terdapat tiga macam *head* dari sistem instalasi aliran, yaitu *head* kecepatan, *head* potensial dan *head* tekanan, sebagai berikut:

1. *Head* tekanan adalah perbedaan *head* yang disebabkan perbedaan tekanan statis (*head* tekanan) fluida pada sisi tekan dan sisi isap.
2. *Head* kecepatan adalah perbedaan antara *head* kecepatan zat cair pada sisi tekan dengan *head* kecepatan zat cair pada sisi isap.
3. *Head* potensial atau elevasi adalah perbedaan ketinggian antara fluida pada sisi tekan dengan ketinggian fluida pada sisi isap.

2.9 Debit Aliran Fluida

Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m³/dt).

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.

Debit air yang mengalir dari suatu tempat penampungan ditentukan oleh kecepatan aliran dan luas penampang aliran tersebut. Untuk mengukur debit, pada simulasi ini akan digunakan alat rotameter. Rotameter adalah suatu alat ukur yang berfungsi mengukur laju aliran berupa cairan atau gas dalam tabung tertutup. Alat ukur ini banyak digunakan untuk mengukur debit aliran sesaat, satuan yang biasa digunakan adalah liter per menit (LPM).

Untuk menghitung debit suatu aliran air, dapat menggunakan persamaan kontinuitas berikut :

$$Q = v \times A$$

Keterangan

Q = Debit aliran air (m³/s)

v = kecepatan aliran air (m/s)

A = Luas penampang (m²)

Berdasarkan persamaan kontinuitas dan persamaan bernoulli, dapat dihubungkan antara ketinggian jatuh air dengan debit aliran air, yaitu :

$$Q = A \times v \quad \text{dan} \quad v = \sqrt{2 \times g \times h}$$

sehingga didapatkan persamaan pengaruh ketinggian terhadap debit seperti dibawah ini :

$$Q = A \times \sqrt{2 \times g \times h}$$

Keterangan :

v = kecepatan aliran air (m/s)

g = gravitasi (m/s²)

h = ketinggian jatuh air (m)

Q = Debit aliran air (m³/s)

A = Luas penampang (m²)

2.10 Nozzle

Nozzle 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 *nozzle* sering berbentuk pipa atau tabung dari berbagai variasi luas penampang, dan dapat digunakan untuk mengarahkan atau memodifikasi aliran fluida (cairan atau gas). *nozzle* sering digunakan untuk mengontrol laju aliran, kecepatan, arah, massa, bentuk, dan / atau tekanan dari aliran yang muncul. Kecepatan *nozzle* dari fluida meningkat sesuai energi tekanannya. Prinsip utama penggunaan *nozzel* untuk fluida air menggunakan prinsip hukum kontinuitas yaitu kekekalan massa atau menggunakan prinsip Bernouli dengan pengaruh ketinggian (*Head*) (Fitria dkk, 2017).



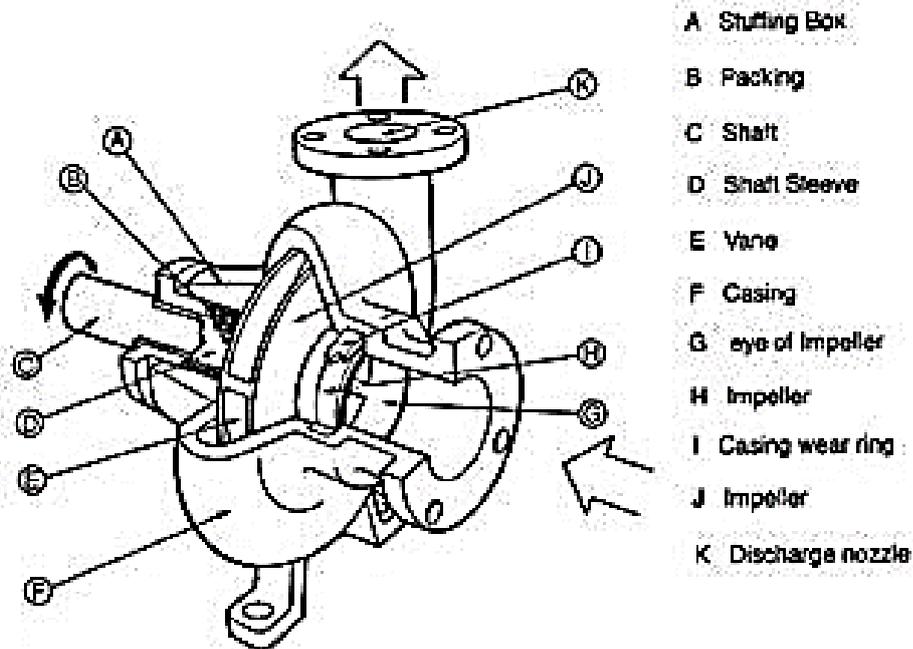
Gambar 2.6 Nosel air
Sumber : (Fitria, 2017)

2.11 Pompa Sentrifugal

Pompa merupakan komponen utama pada sistem hidrolis yang berperan sebagai peningkat tekanan. Pompa menerima tenaga mekanis berupa putaran yang dihasilkan oleh motor penggerak sehingga dapat memindahkan fluida cair dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi. Salah satu jenis pompa yang biasa digunakan adalah pompa sentrifugal.

Cara kerja pompa sentrifugal yaitu dengan mengubah energi mekanis dari poros yang menggerakkan sudu-sudu pompa, kemudian menjadi energi kinetik dan tekanan pada fluida. Berputarnya impeller menyebabkan tekanan vakum pada sisi isap pompa yang mengakibatkan fluida yang mengalir terhisap masuk ke dalam impeller. Di dalam impeller, fluida mendapatkan percepatan dan terkena gaya sentrifugal sehingga fluida mengalir dengan kecepatan tertentu (Mirza dkk, 2017).

Penggunaan pompa sentrifugal secara luas dikarenakan kemampuan untuk membangkitkan head yang tinggi, dan konstruksi yang beragam sesuai kebutuhan pemakaian. Pompa sentrifugal digunakan untuk mengalirkan fluida alir dengan kapasitas yang lebih kecil dan tekanan yang tinggi. Pada prinsipnya pompa sentrifugal maupun pompa aksial bekerja dengan memberikan energi kinetik kepada fluida alir ketika bergerak melewati sudu putar (*blade*) pada impeller. Sebuah sketsa yang memperlihatkan ciri-ciri utama sebuah pompa sentrifugal ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Pompa Sentrifugal
(Sumber: Sileaen 2018)

Pada saat impeller berputar, fluida dihisap melalui mata (*eye*) pada selubung dan mengalir keluar secara radial. Energi ditambahkan kepada fluida oleh sudu yang berputar, dan baik tekanan maupun kecepatan absolut akan naik pada saat fluida mengalir dari mata ke keliling luar sudu. Untuk jenis pompa sentrifugal paling sederhana, fluida disalurkan secara langsung ke dalam selubung yang berbentuk keong. Bentuk selubung dirancang untuk menurunkan kecepatan pada saat fluida meninggalkan impeller, dan penurunan energi kinetiknya di rubah menjadi kenaikan tekanan. Bentuk rumah keong (*volute*), semakin meningkat luasnya searah dengan alirannya, pada dasarnya digunakan untuk menghasilkan distribusi kecepatan yang seragam pada saat fluida bergerak di sepanjang selubung ke arah sisi keluarnya. Untuk pompa sentrifugal yang besar, seringkali digunakan rancangan yang berbeda dimana dipasang (*diffuser*) memandu sudu arah (*vanes*) di sekeliling impeller. Difuser dipasang untuk memperlambat aliran saat fluida diarahkan ke rumah pompa. Jenis pompa sentrifugal ini dikenal dengan sebagai *pompa difuser* (Harinaldi dan Budiarmo, 2015).

Bagian-bagian dari pompa sentrifugal, sebagai berikut:

a. Rumah Pompa

Rumah pompa memiliki beberapa fungsi, antara lain:

1. Berfungsi sebagai pengarah fluida yang dilemparkan impeler. Akibat gaya sentrifugal yang menuju pompa tekan, sebagian energi kinetik fluida diubah menjadi tekanan.
2. Menutup impeler pada penghisapan dan pengiriman pada ujung dan sehingga berbentuk tangki tekanan.
3. Memberikan media pendukung dan bantalan poros untuk batang torak dan impeler.

b. Poros Pompa

Sebagai penerus putaran pengerak kepada impeler dan pompa. Poros pompa dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Poros pompa datar atau horizontal
2. Poros pompa tegak atau vertikal

c. Cincin Penahan Keausan atau Cincin Perapat (*Waring Ring*)

Untuk mencegah keausan rumah pompa dan impeler pada sambungan yang bergerak (*running joint*), maka dipasang cincin penahan keausan (*waring ring*) yang disebut juga cincin rumah pompa atau cincin perapat.

d. Bantalan Poros

Bantalan yang banyak dipakai pada pompa sentrifugal adalah bantalan anti gesek, selongsong, rol bola, dan bantalan *kingsbury*. Bantalan anti gesek dapat berupa baris tunggal atau ganda. Bantalan rol banyak dipakai untuk poros pompa berukuran besar.

e. Selongsong Poros

Berfungsi untuk mencegah kebocoran udara ke dalam pompa bila beroperasi dengan tinggi isap (*suction lift*) dan untuk mendistribusikan cairan perapat secara merata di sekeliling ruang cincin (*anular space*) antara lubang peti dan permukaan selongsong poros. Selongsong poros disebut juga sangkar perapat atau cincin *lantern*. Selongsong poros ini menerima cairan yang bertekanan dari pompa atau sumber tersendiri lainnya. Terkadang digunakan minyak gemuk sebagai medium perapat apabila cairan yang bersih tidak tersedia atau tidak dapat dipakai (pompa air kotor).

f. Peti Gasket

Berfungsi untuk mencegah udara bocor ke dalam rumah pompa bila tekanan di dalamnya berada di bawah tekanan atmosfer.

g. Perapat Poros (Perapat Mekanis)

Digunakan untuk mencegah kebocoran di sekeliling poros. Perapat poros ini juga dipakai apabila peti gasket tidak dapat mencegah kebocoran secara maksimal. Permukaan perapat tegak lurus terhadap poros pompa dan biasanya terdiri dari dua bagian yang dihaluskan dan dilumasi.

2.12 Generator

Generator merupakan salah satu mesin listrik yang berfungsi untuk mengubah energi gerak atau mekanik menjadi energi listrik. Generator terdiri atas dua bagian utama yaitu kumparan jangkar dan kumparan medan yang ditempatkan pada stator dan rotor. Stator merupakan bagian yang diam sedangkan rotor merupakan bagian yang bergerak (Afriansyah, dkk 2017).

Generator dapat digunakan sebagai alat untuk mengubah energi putar mekanis menjadi energi listrik dikarenakan adanya medan magnet yang diputar melalui rotor dan akan menimbulkan medan magnet pada sisi stator. Medan magnet yang terjadi pada stator dengan pola-pola tertentu akan menimbulkan arus listrik yang mengalir pada kumparan stator yang akan dialirkan melalui saluran transmisi sebagai arus listrik. Semakin besar putaran generator maka semakin besar energi listrik yang dihasilkan dan juga akan memerlukan energi kinetis yang besar untuk memutar generator tersebut. Generator yang digunakan dapat berupa generator arus keluaran searah dan generator arus keluaran bolak-balik (Afriansyah, dkk 2017).

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

2.13 Dasar Persamaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

Perhitungan parameter-parameter pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

1. Menghitung Debit Aliran Air (Q)

Perhitungan jumlah debit aliran air yang mengalir terlebih dahulu menghitung panjang *penstock*, sudut elevasi, dan kecepatan aliran air.

A. Menghitung Panjang *Penstock* (L_p)

Perhitungan panjang *penstock*, menggunakan rumus *pythagoras* sebagai berikut (*Budi Hartadi, 2015*):

$$L_p = \sqrt{A^2 + B^2}$$

Keterangan :

L_p = Panjang *penstock* (m)

A = Jarak bendungan/tedmon dengan posisi turbin yang direncanakan (m)

B = Selisih *head* dengan jarak pemasukan pipa pesat dari muka air atas (m)

B. Menghitung Sudut Elevasi *Penstock* (θ)

Sudut elevasi *Penstock* dapat dihitung sebagai berikut (*Budi Hartadi, 2015*):

$$\sin \theta = \frac{B}{L_p}$$

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{B}{L_p} \right)$$

Keterangan :

θ = Sudut elevasi *penstock*

B = *Head* potensial (tinggi jatuh air) (m)

L_p = Panjang *penstock* (m)

C. Kecepatan Aliran Air (v)

Perhitungan kecepatan aliran air dapat digunakan persamaan sebagai berikut (*Septiani dkk, 2018*):

$$v = \sqrt{2gh}$$

Keterangan :

v = Kecepatan aliran air (m/s)

g = Gravitasi (m/s^2)

h = Beda ketinggian (m)

D. Luas Penampang Pipa (A)

Perhitungan luas penampang pipa dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Septiani dkk, 2018):

$$A = \frac{1}{4}\pi d^2$$

Keterangan :

A = Luas penampang pipa (m²)

d = Diameter dalam pipa (m)

E. Debit Air (Q)

Perhitungan jumlah debit air yang mengalir dapat digunakan persamaan kontinuitas sebagai berikut (*Budi Hartadi, 2015*):

$$Q = A \cdot v$$

Keterangan :

Q = Debit aliran air (m³/s)

A = Luas penampang aliran (m²)

v = Kecepatan aliran (m/s)