

BAB II

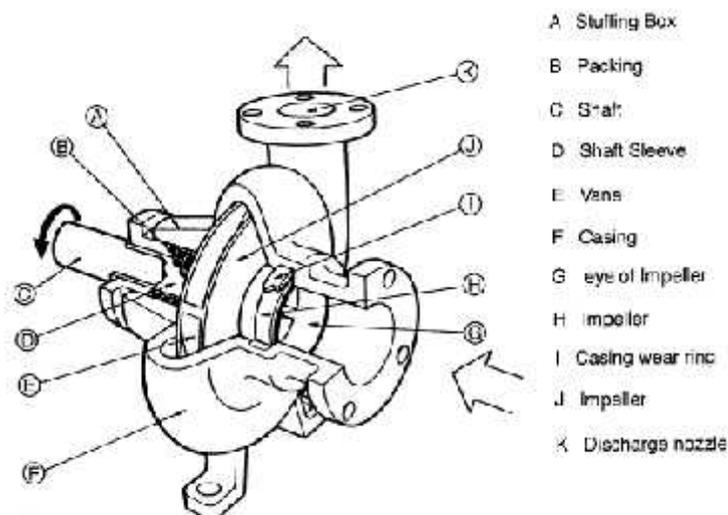
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Dasar Teori Pompa Sentrifugal

2.1.1. Definisi Pompa Sentrifugal

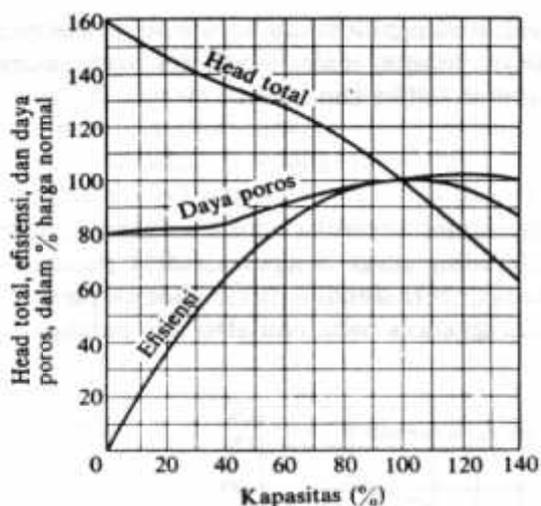
Pompa sentrifugal adalah suatu mesin kinetis yang mengubah energi mekanik menjadi energi fluida menggunakan gaya sentrifugal. Pompa sentrifugal terdiri dari sebuah *impeller* berputar di dalam rumah pompa (*casing*), yang dihubungkan dengan saluran hisap dan keluar. *Impeller* adalah bagian penting dalam turbin, terdiri dari sudu yang berputar meneruskan dan memberikan gaya sentrifugal kepada fluida.

Kerja dari pompa sentrifugal adalah sebagai berikut, daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar *impeller*, berdasarkan prinsip gaya sentrifugal zat cair yang ada di dalam pompa oleh dorongan sudu akan ikut berputar mengalir dari tengah keluar melalui saluran diantara sudu. *Impeller* pompa sendiri berfungsi memberikan kerja terhadap zat cair sehingga energi yang dikandungnya menjadi bertambah besar. Selisih energi per satuan berat atau head total zat cair antara flens hisap dan keluar disebut head total pompa.



Gambar 2.1 Komponen utama pompa sentrifugal

2.1.2. Karakteristik Pompa Sentrifugal



Grafik 2.1 Kurva karakteristik pompa sentrifugal (Sularso, 2000 : 10)

Terlihat dari Grafik 2.1 bahwa kurva head – kapasitas menjadi semakin curam pada pompa dengan harga n_s yang semakin besar. Disini head pada kapasitas nol (shut of head) semakin tinggi pada n_s yang bertambah besar. Kurva daya terhadap kapasitas mempunyai harga minimum bila kapasitas aliran

sama dengan nol pada pompa sentrifugal dengan n_s kecil. Kurva efisiensi terhadap kapasitas dari pompa sentrifugal umumnya berbentuk mendekati busur lingkaran. Harga efisiensinya hanya sedikit menurun bila kapasitas berubah menjauhi harga optimumnya.

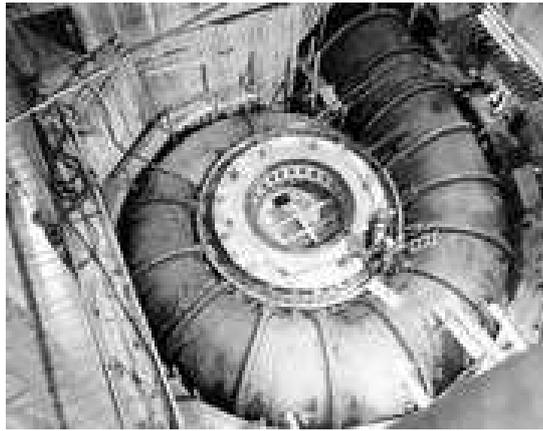
2.2. Turbin Francis

2.2.1. Definisi Turbin Francis

Turbin Francis adalah salah satu jenis turbin air yang paling sering digunakan. Turbin ini beroperasi dalam *head range* antara 10 sampai beberapa ratus meter dan fungsi utamanya adalah dalam memproduksi tenaga listrik. Memiliki *vane* antara 9 atau lebih, dimana air akan mengenai sudu tersebut dan mengelilinginya hingga dapat menyebabkannya berputar.

Turbin Francis bekerja dengan menggunakan proses tekanan lebih. Pada waktu air masuk ke roda jalan, sebagian dari energi tinggi jatuh telah bekerja di dalam sudu pengarah dan diubah sebagai kecepatan arus masuk, kemudian sisa energi tinggi jatuh dimanfaatkan di dalam sudu jalan. Dengan adanya pipa isap memungkinkan energi tinggi jatuh bekerja di sudu jalan semaksimal mungkin. Turbin ini termasuk turbin reaksi yang mengkombinasikan konsep aliran *radial* dan *axial*, sehingga dalam hal ini kerja fluida dengan mengubah tekanan dan bergerak memasuki turbin memberikan energi.

Inlet dari turbin Francis berbentuk *spiral* (rumah keong) yang menyebabkan air bergerak tangensial memasuki daun baling-baling *runner* (penggerak turbin), aliran radial ini mengenai *runner* dan menyebabkan berputar. Turbin Francis dioperasikan dengan posisi poros vertikal atau horizontal.



Gambar 2.2 Inlet Turbin Francis

2.2.2. Prinsip Kerja Turbin Francis

Turbin ini terdiri dari sudu pengarah dan sudu jalan, dan semuanya terendam didalam aliran air. Air dialirkan kedalam sebuah terusan atau dilewatkan ke dalam sebuah cincin yang berbentuk *spiral* (rumah keong). Perubahan energi seluruhnya terjadi di dalam sudu pengarah dan sudu gerak.

Aliran air masuk ke sudu pengarah dengan kecepatan c_0 dan energinya adalah

$$z_0 + \frac{P_0}{\rho \cdot g} + \frac{c_0^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots (2.1) \text{ (Dietzel, 1980 : 17)}$$

Aliran air yang keluar dari sudu pengarah dengan kecepatan c_1 dan energinya adalah

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{c_1^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots (2.2) \text{ (Dietzel, 1980 : 17)}$$

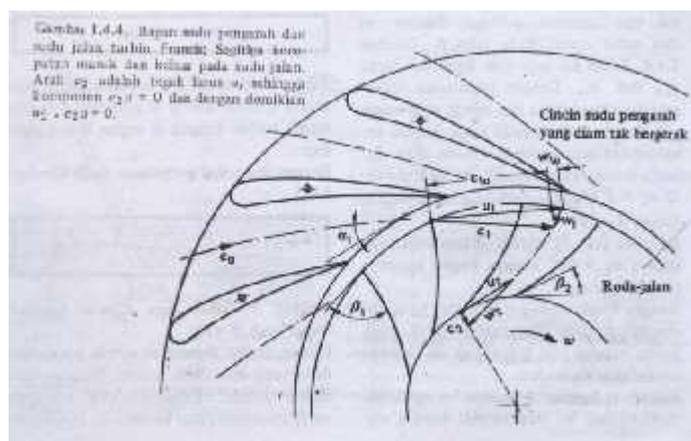
Dalam mencapai kondisi seperti ini sebagian dari energi ketinggian H sudah dipakai. Sudu pengarah harus membentuk sudut tertentu dan penampang air bagian keluar lebih sempit daripada penampang masuknya. Maka menurut

persamaan kontinuitas kecepatan air yang lewat sudu pengarah naik dari c_0 menjadi c_1 . Dari u_1 , c_1 dan r_1 segitiga kecepatan masuk bisa digambar, sehingga didapat w_1 dan sudut masuk sudu jalan S_1 . Selain itu juga bisa diperoleh harga $c_1 u$ dan $w_1 u$. Dengan penurunan tekanan selanjutnya maka sisa energi yang masih ada akan bekerja di sudu jalan. Karena penyempitan saluran keluar sudu jalan A_2 maka kecepatan air masuk w_1 naik menjadi $w_2 = V/A_2$, yang sesuai dengan perbandingan $A_1 : A_2$.

Sudu keluar S_2 dipilih sedemikian rupa supaya $r_2 = 90^\circ$ dengan begitu letaknya C_2 tegak lurus u_2 .

Dengan demikian $C_2 u = 0$ dan air yang meninggalkan sudu jalan sudah tidak komponen besaran lagi, jadi energi air tersebut sudah habis digunakan.

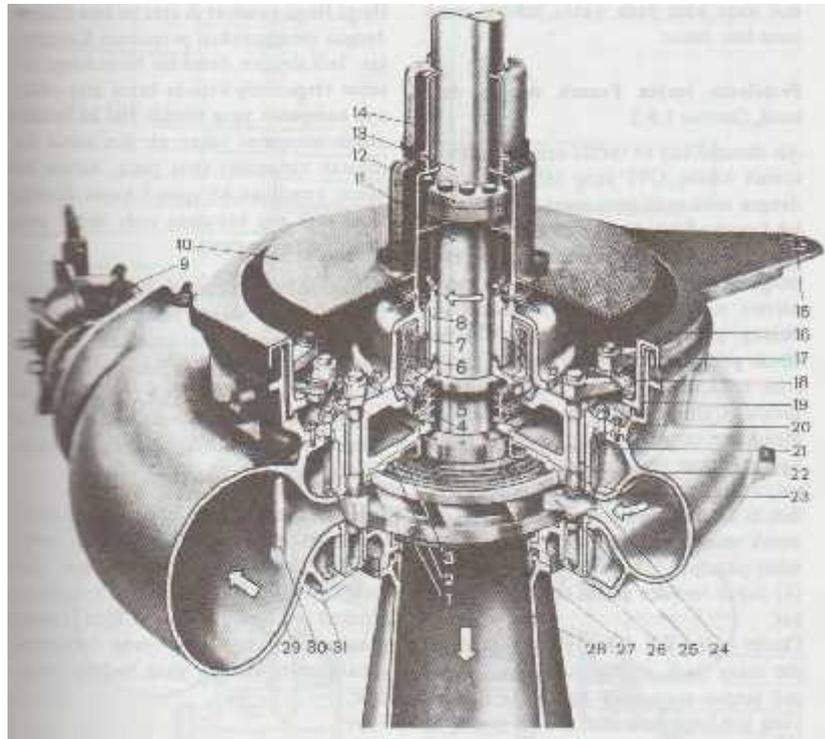
Kecepatan keluaran C_2 sedapat mungkin dinaikkan, hal ini bisa terjadi dengan menurunkan tekanan didalam sudu jalan.



Gambar 2.3 Bagan sudu jalan & pengarah Turbin Francis (Fritz Dietzel, 1980 : 16)

2.2.3. Bagian-bagian Turbin Francis

Bagian-bagian dari turbin Francis dengan poros vertikal dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.4 Bagian-bagian Turbin Francis (Fritz Dietzel, 1980 : 45)

- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1. Roda jalan | 18. Batang penggerak |
| 2. Cincin labirin | 19. Cincin hantaran |
| 3. Cincin labirin kontra | 20. Roda penghantar |
| 4. Cincin jat arang | 21. Tutup turbin |
| 5. Pipa kuras | 22. Tabung blok bantalan atas |
| 6. Pengumpul minyak yang berputar | 23. Cincin penutup roda bantalan tengah |
| 7. Blok bantalan | 24. Cincin penutup roda pengarah |
| 8. Bantalan penghantar | 25. Daun sudu pengarah |
| 9. Saluran aliran kompensator | 26. Tutup turbin bawah atau cincin roda pengarah |
| 10. Bordes pelayanan | 27. Saluran udara pipa isap |
| 11. Poros turbin | 28. Pipa isap |
| 12. Kopling | 29. Rumah keong |
| 13. Poros hantar | 30. Sudu penyangga |
| 14. Tabung penutup poros | 31. Cincin sudu penyangga |
| 15. Titik tangkap servomotor | |
| 16. Cincin pengatur | |
| 17. Tuas | |

2.2.4. Karakteristik Turbin Francis

a) Daya Air

Daya yang masuk kedalam turbin Francis adalah daya potensial atau hidrolis air, maka dipakai rumus sebagai berikut :

$$P = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \dots\dots\dots (2.3) \text{ (Sularso, 2000 : 53)}$$

Dimana :

P : daya hidrolis air (watt)

ρ : massa jenis air (kg/m^3)

g : percepatan gravitasi (m/dt^2)

Q : laju aliran masa (m^3/dt)

H : head dari tinggi jatuh air (m)

b) Daya keluar turbin

Daya yang dikeluarkan oleh turbin adalah daya poros karena tujuan turbin adalah mengubah energi hidrolis menjadi energi mekanis.

$$BHP = \frac{2 \cdot f \cdot n \cdot T}{60}$$

Dimana :

BHP : daya mekanis (watt)

n : kecepatan putar (rpm)

T : Torsi (Nm) = F . s

c) Daya Listrik

Daya poros yang dihasilkan turbin diubah oleh dinamo menjadi daya listrik

$$P_{\text{Listrik}} = V \cdot I \cdot \cos\phi \dots\dots\dots (2.4) \text{ (Siswoyo, 2008 : 94)}$$

P : daya listrik aktif

V : tegangan (Volt)

I : Arus Jangkar (Ampere)

d) Efisiensi Turbin

$$\tau = \frac{\text{Daya teoritis turbin (watt)}}{\text{Daya air (Watt)}} \times 100\%$$

e) Efisiensi dinamo

$$G = \frac{P_{\text{listrik}}}{P_{\text{teoritis}}} \times 100 \%$$

f) Efisiensi total

$$e = \frac{P_{\text{listrik}}}{P_{\text{air}}} \times 100 \%$$

2.3. Dinamo

2.3.1. Definisi Dinamo

Dinamo adalah merupakan suatu mesin listrik yang mengubah energi kinetik menjadilistrik. Prinsip kerja dinamosama dengan generator yaitu memutar kumparan di dalam medan magnet atau memutar magnet di dalam kumparan. Bagian dinamo yang berputar disebut rotor. Bagian dinamo yang tidak bergerak disebut stator.

2.3.2. Klasifikasi Dinamo

Dinamo sendiri ada dua jenis yaitu dinamo DC dan AC. Perbedaan antara dinamo DC dengan AC terletak pada cincin yang digunakan. Pada dinamo arus searah menggunakan satu cincin dibelah menjadi dua yang disebut cincin belah (komutator). Cincin ini memungkinkan arus listrik yang dihasilkan pada rangkaian luar dinamo berupa arus searah walaupun di dalamnya sendiri menghasilkan arus bolak-balik. Adapun, pada dinamo arus bolak-balik menggunakan cincin ganda (dua cincin).

2.3.3. Prinsip Kerja Dinamo

Alat pembangkit listrik arus bolak balik yang paling sederhana adalah dinamo sepeda. Tenaga yang digunakan untuk memutar rotor adalah roda sepeda, sehingga kumparan atau magnet ikut berputar. Akibatnya, timbul GGL induksi pada ujung-ujung kumparan dan arus listrik mengalir. Gerakan dinamo ditentukan oleh cepatnya roda berputar, sehingga semakin besarnya putaran roda GGL induksi dan arus listrik juga akan ikut naik bersamaan dengan nyala lampu yang semakin terang. GGL induksi pada dinamo dapat diperbesar dengan cara putaran roda dipercepat, menggunakan magnet yang kuat (besar), penambahan lilitan, dan menggunakan inti besi lunak di dalam kumparan.