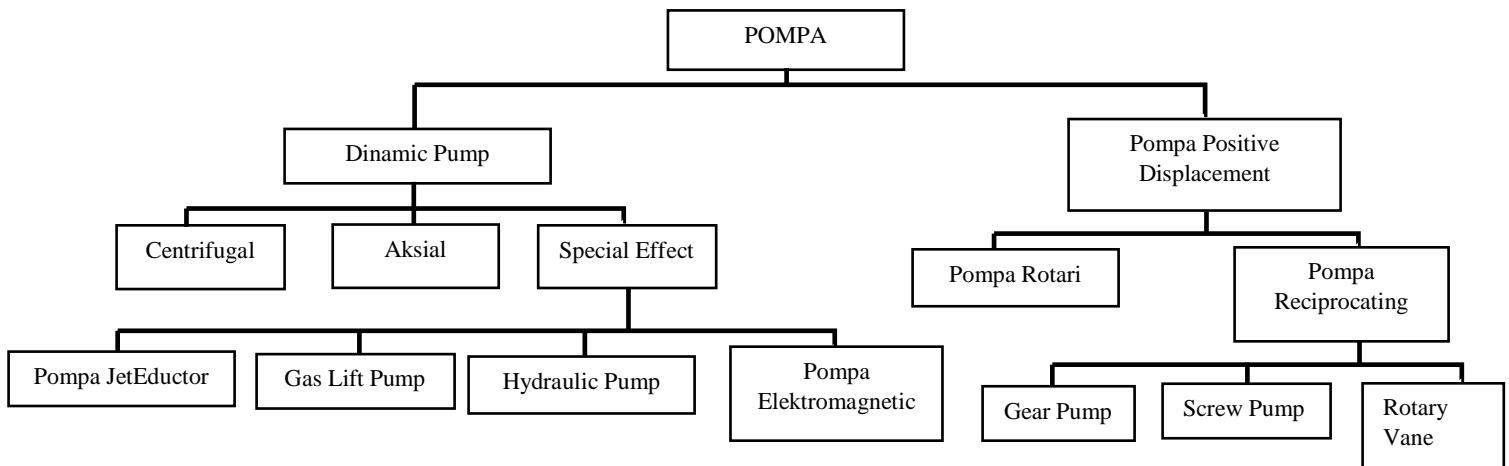


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pompa merupakan peralatan mekanik yang digunakan untuk memindahkan fluida berupa zat cair dari suatu tempat ke tempat yang diinginkan. Pompa beroperasi membuat perbedaan tekanan pada bagian masuk pompa (*suction*) dengan bagian keluar pompa (*discharge*). Pompa dapat diartikan sebagai alat untuk memindahkan energi dari suatu pemutar atau penggerak ke cairan ke bejana yang bertekanan lebih tinggi. Pompa tidak hanya dapat memindahkan cairan, fungsi lain yaitu untuk meningkatkan kecepatan, tekanan, dan ketinggian cairan. Pompa dapat mengatur head dan tekanan sesuai dengan yang diinginkan. Klasifikasi pompa terdapat pada Gambar 2.1.



Gambar. 2.1 Klasifikasi Pompa

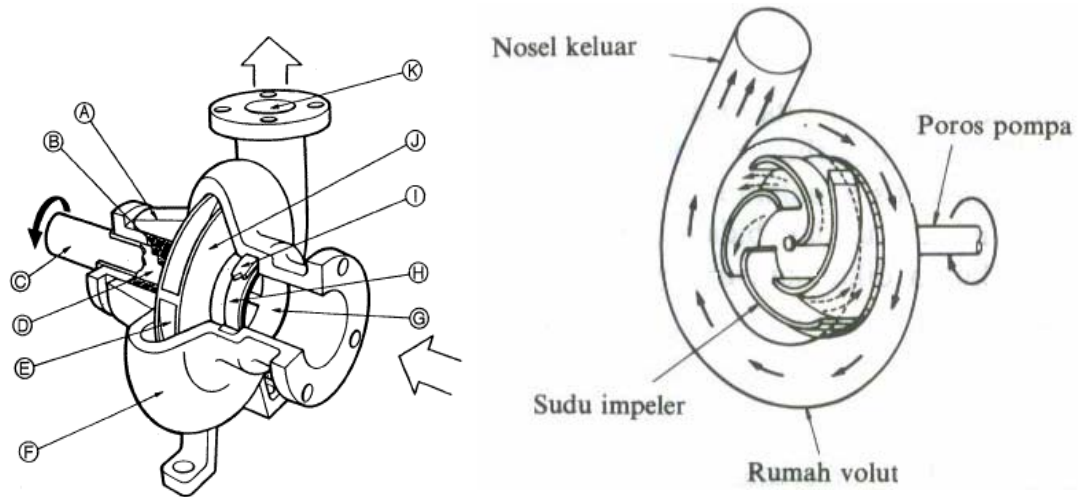
2.1 Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal tersusun atas sebuah *impeller* dan saluran *inlet* ditengah-tengahnya. Desain ini maka pada saat *impeller* berputar, *fluida* mengalir menuju casing disekitar *impeller* sebagai akibat dari gaya sentrifugal. *Casing* ini berfungsi untuk menurunkan kecepatan aliran *fluida* sementara kecepatan putar *impeller* tetap tinggi. Kecepatan *fluida* dikonversikan menjadi tekanan oleh *casing* sehingga *fluida* dapat menuju titik *outlet* nya.

2.2 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Pompa digerakkan oleh motor, daya dari motor diberikan kepada poros pompa untuk memutar impeler yang dipasangkan pada poros tersebut. Zat cair yang ada dalam impeler akan ikut berputar karena dorongan sudu-sudu. Gaya sentrifugal yang ditimbulkan pompa menyebabkan zat cair mengalir dari tengah impeler keluar melalui saluran diantara sudu dan meninggalkan impeller dengan kecepatan tinggi. Zat cair keluar dari impeler dengan kecepatan tinggi ini kemudian mengalir melalui saluran yang penampangnya makin membesar (*volute/diffuser*), sehingga terjadi perubahan dari head kecepatan menjadi head tekanan. Zat cair yang keluar dari flens pompa mengalami pertambahan *head* total. Pengisapan terjadi karena setelah zat cair dilemparkan oleh impeler, ruang diantara sudu-sudu menjadi vakum sehingga zat cair akan terisap masuk.

Selisih energi per satuan berat atau head total dari zat cair pada flens keluar (tekan) dan flens masuk (isap) disebut head total pompa. Bagian-bagian dari pompa sentrifugal dapat dilihat pada Gambar 2.2.



(Sumber: <http://uripgumulya.com/>)

Gambar 2.2 Bagian- bagian pompa sentrifugal

Keterangan :

A. Stuffing Box

Stuffing Box berfungsi untuk mencegah kebocoran pada daerah dimana poros pompa menebus casing.

B. Packing

Packing digunakan untuk mencegah dan mengurangi kebocoran cairan dari casing pompa melalui poros. Biasanya terbuat dari asbes dan telfon.

C. *Shaft (Poros)*

Poros berfungsi untuk meneruskan momen puntir dari penggerak selama beroperasi dan tempat kedudukan *impeller* dan bagian-bagian berputar lainnya.

D. *Shaft sleeve*

Shaft sleeve berfungsi untuk melindungi poros dari erosi, korosi dan keausan pada stuffing box. Pada pompa multi stage shaft sleeve dapat berfungsi sebagai *leakage joint*, *internal bearing*, dan *interstage* atau *distance sleeve*.

E. *Vane (Sudu)*

Sudu dari *impeller* sebagai tempat berlalunya cairan dari *impeller*.

F. *Casing*

Casing merupakan bagian paling luar dari pompa yang berfungsi sebagai pelindung elemen yang berputar, tempat kedudukan *diffuser (guide vane)*, *inlet* dan *outlet nozel* serta tempat memberikan arah aliran dari *impeller* dan mengkonversikan energi kecepatan cairan menjadi energi dinamis (*single stage*).

G. *Eye of Impeller*

Eye of Impeller merupakan bagian dari sisi masuk pada arah hisap *impeller*.

H. *Impeller*

Impeller berfungsi untuk mengubah energy mekanis dari pompa menjadi energy kecepatan pada cairan yang dipompakan secara kontiyu, sehingga cairan pada sisi hisap secara terus menerus akan masuk mengisi kekosongan akibat perpindahan dari cairan yang masuk sebelumnya

I. Casing Wearing Ring

Wearing ring berfungsi untuk memperkecil kebocoran cairan yang melewati bagian depan *impeller* maupun bagian belakang *impeller*, dengan cara memperkecil celah antara *casing* dan *impeller*.

J. Discharge Nozzle

Discharge Nozzle adalah sisi keluar pada arah *discharge*. *Discharge Nozzle* berfungsi untuk meningkatkan tekanan dari pompa sehingga aliran yang dihasilkan akan berbeda dengan tekanan masuk.

2.3 Single Stage Centrifugal Pump

Single Stage Centrifugal Pump seperti yang terlihat pada Gambar 2.3 mempunyai satu *impeller* seperti yang diperlihatkan dalam gambar di bawah ini. *Headtotal* yang ditimbulkan hanya berasal dari satu *impeller* relatif rendah. Terdapat dua jenis poros yaitu poros horisontal dan poros vertikal.



(Sumber: <http://www.directindustry.com/>)

Gambar. 2.3 *Single stage centrifugal pump*

2.4 *Multi Stage Centrifugal Pump*

Multi Stage Centrifugal Pump seperti yang terlihat pada Gambar 2.4 menggunakan beberapa *impeller* yang dipasang secara seri pada satu poros. Fluida yang keluar dari *impeller* pertama masuk ke *impeller* berikutnya dan seterusnya hingga *impeller* terakhir. Head total pompa ini merupakan jumlah dari head yang dihasilkan oleh masing-masing *impeller* sehingga lebih tinggi dari pompa single stage. Kontruksi *impeller* biasanya menghadap satu arah tetapi untuk menghindari gaya aksial dibuat saling membelakangi. Pada *casing* pompa sentrifugal *multi stage* biasanya dipasang *diffuser*, tetapi ada juga yang menggunakan volut.



(Sumber: <http://www.directindustry.com/>)

Gambar. 2.4 *Multi stage centrifugal pump*

2.5 *Turbine Boiler Feed Pump*

PT PJB UBJ O&M PLTU Rembang memiliki dua *boiler feed pump* yang masing-masing pompa menghasilkan 50% dari daya yang dihasilkan unit. Pompa dengan penggerak turbin yang akan memutar poros pompan dan mengumpankan air *condensate* menuju ke *steam drum*. Untuk memutar poros *boiler feed pump*

memanfaatkan aliran steam dari auxillary steam turbine yang akan menumbuk sudu-sudu pada *small turbine* seperti yang terlihat pada Gambar 2.5.



(Sumber: UNIT 10 PLTU 1 Jawa Tengah Rembang)

Gambar 2.5 Turbine Boiler Feed Pump

Spesifikasi teknik *Turbine Boiler Feed Pump* sebagai berikut :

- *Model* : G6.6-08
- *Manufacture* : Dongfang Turbine Co.Ltd
- *Type* : *Single casing, single shaft, impulse type, condensing turbine*
- *Internal Pressure* : 0,862 Mpa
- *Internal Steam Temperature* : 337,4 C
- *Internal Steam Flow* : 21500 kg/h
- *Output* : 3958 kW
- *Exhaust Pressure* : 10,9 kPa
- *Speed* : 5250 rpm
- *Maximum Output* : 4740 kW
- *Steam distribution* : *Nozzle governing*

- *Rotation direction* : *Clockwise*
- *Number of Stage* : *6 stage*

2.6 Effisiensi Turbine Boiler Feed Pump.

Pompa tidak dapat mengubah seluruh energi kinetik menjadi energi tekanan karena adasebagian energi kinetik yang hilang dalam bentuk losis. Efisiensi pompa adalah suatu factor yang dipergunakan untuk menghitung losis. Effiseiensi pompa merupakan perbandingan daya hidrolik (Pw) dengan daya penggerak pompa (Pturbin). Dapat dinyatakan dengan rumus¹ :

$$\eta_{\text{bfp}} = \frac{P_w}{P_{\text{turbin}}} \times 100\%$$

Keterangan :

η_{bfp} : Effisiensi pompa (%)

Pw : Daya hidrolik (kW)

Pturbin : Daya turbin (kW)

2.7 Turbin Uap

Turbin uap merupakan suatu peralatan yang berfungsi untuk merubah energi yang terkandung dalam uap (entalpi) menjadi energi mekanik berupa momen putar pada poros turbin. Uap mengalir melalui nosel dan sudu diam yang terpasang pada stator turbin, maka terjadilah perubahan energi panas yang terkandung pada uap menjadi energi kinetik berupa kecepatan aliran uap. Uap kecepatan tinggi mengalir melalui sudu gerak yang terpasang pada rotor turbin, maka terjadilah perubahan

¹TheAmerica Society of Mechanical Engineers Performance Test Code 8.2, America 1990, hal 40.

energi kinetik menjadi energi mekanik berupa putaran poros turbin. Spesifikasi umum

Item	Design Data
Model	N300-16.7/538/538-8
Type	Sub-Critical parameter, intermediate reheat, double casing with double steam exhaust condensing
Manufacturer	Dongfang Turbines Co. Ltd
Speed	3000 rpm
Rotation Direction	Clockwise (viewed from T to G)
Rated Output	300 MW
Maximum Output	325, 839 MW
Main Steam Pressure	16,7 MPa
Reheat Steam Pressure	3,528 MPa
Reheat Steam Temperature	537 °C
Back Pressure	8,7 kPa
Rated-Max Steam Flow	927.8-1025 t/h
Steam Distribution Mode	Electrical Governing
EHC Type	HP EHC
Number of Stages	Governing stages+8 HP +6 IP + 2x6 LP

alat turbin uap yang digunakan tertampil pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi Turbin Uap

Kinerja suatu PLTU dipengaruhi oleh kinerja turbin uapnya. Salah satu acuan untuk mengukur kinerja turbin uap adalah dengan mengukur turbine heat rate. *Turbine Heat Rate* atau Tara Kalor Turbin sendiri ialah jumlah kalor yang dibutuhkan siklusTurbin (Gambar 2.6) untuk menghasilkan satu KWh bruto.

Adapun persamaan *heat rate* sebagai berikut ²:

$$\text{Heat rate} = \frac{\text{Panas masuk dari boiler } \text{Kj/h}}{\text{listrik keluar dari generator } \text{Kw}}$$

Dengan memahami rumus penghitungan dalam *turbine performance test procedure* yang terdapat di PLTU Rembang yang digunakan untuk mengkalkulasi performa turbin maka didapatkan rumus dibawah ³:

$$\begin{aligned} \text{THR} &= \frac{\text{Laju heat masuk ke aliran ke siklus uap}}{\text{Generator output}} \\ &= \frac{\dot{m}(H_1 - H_2)}{P_{\text{gross}}} \\ &= \frac{(G_{ms} H_{ms} + G_{hrsh} H_{hrsh}) - (G_{fw} H_{fw} + G_{crsh} H_{crsh} + G_{shs} H_{shs} + G_{rsh} H_{rsh})}{P_{\text{gross}}} \end{aligned}$$

Keterangan :

H₁ : Entalpy out Boiler (kJ/kg)

²PLN.Persero ,Pendidikan dan pelatihan,1997:32

³*Performance Test Procedure*,2014:33

H_2 : Enthalpi in Boiler (kJ/kg)

G_{ms} : Laju aliran massa *main steam* (kg/h)

H_{ms} : Enthalpi *main steam* (kJ/kg)

G_{fw} : Laju aliran massa *feedwater* (kg/h)

H_{fw} : Enthalpi *feedwater* (kJ/kg)

G_{hrsh} : Laju aliran massa *hot reheat steam* (kg/h)

H_{hrsh} : Enthalpi *hot reheat steam* (kJ/kg)

G_{crsh} : Laju aliran massa *cold reheat* (kg/h)

H_{crsh} : Enthalpi *cold reheat* (kJ/kg)

G_{shs} : Laju aliran *desuperheater spray* (kg/h)

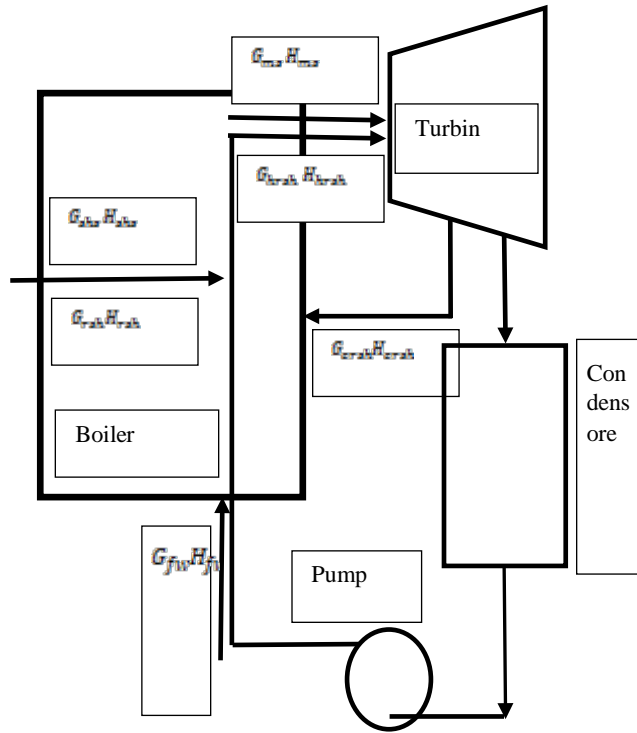
H_{shs} : Enthalpy *desuperheater spray* (kJ/kg)

G_{rhs} : Laju aliran massa *reheater spray* (kg/h)

H_{rhs} : Enthalpi *reheater spray* (kJ/kg)

P_{gross} : Daya output generator (kWh)

THR : *Turbine Heat Rate* (kJ/kW)



Gambar 2.6 Diagram aliran turbin heat rate