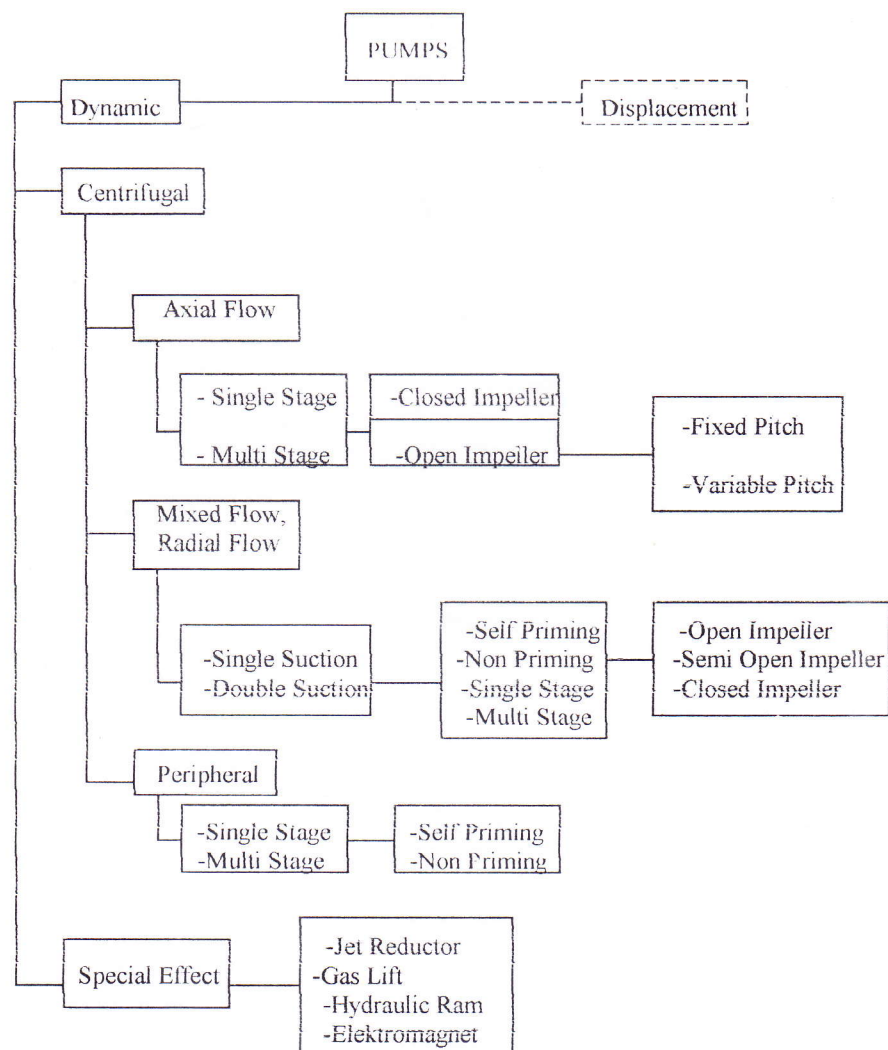


BAB II POMPA

2.1. Klasifikasi Pompa.

Secara skematik kalsifikasi pompa dibedakan menjadi dua yaitu:

2.1.1. **Pompa dinamik (dynamik).** Energi secara kontinu ditambahkan untuk menaikkan kecepatan fluida didalam pompa yang akhirnya akan terjadi penurunan kecepatan pada bagian keluar pompa yang mengakibatkan kenaikan tekanan.



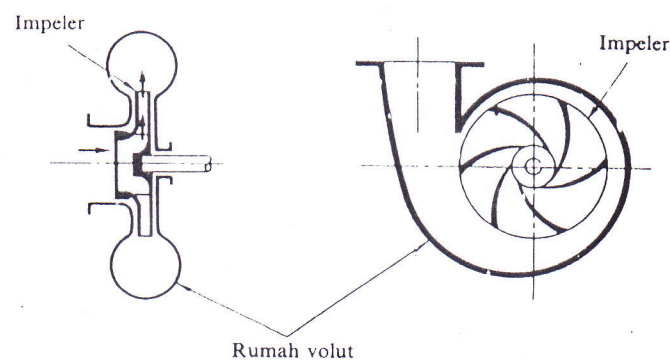
Gb.2.1. Klasifikasi pompa dinamik

Salah satu jenis dari pompa dinamik adalah pompa sentrifugal dan banyak dipakai untuk memompa fluida cair.

Pompa Sentrifugal.

Adalah suatu pompa yang memindahkan cairan dengan gaya sentrifugal.

Energi mekanik masuk kedalam pompa melalui poros pompa yang selanjutnya bekerja pada cairan yang masuk pada impeller dan akan mengakibatkan kenaikan energi tekanan pada cairan yang keluar dari pompa. Cairan masuk kedalam pompa dalam arah aksial dan meninggalkan impeller pompa dalam arah radial.



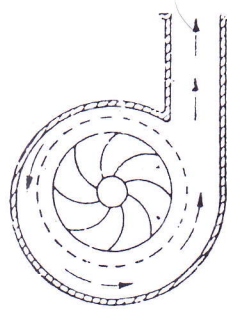
Gb.2.2. Pompa Sentrifugal

Tipe Rumah Pompa.

Rumah pompa sentrifugal ada tiga tipe yaitu:

a. Volute casing

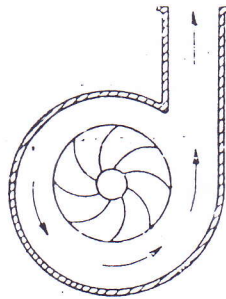
Pada tipe ini luas penampang casing bertambah besar sedikit demi sedikit sesuai dengan arah aliran, yang mengakibatkan penurunan kecepatan dan akan menaikkan tekanan cairan, pada tipe ini ada kerugian akibat pusaran cairan.



Gb.2.3. Volute Casing

b. Vortex Casing.

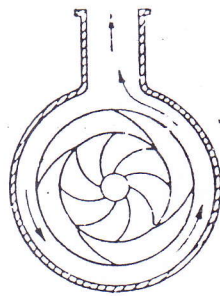
Bentuk casing ini merupakan perbaikan dari bentuk volute casing. Casing dirancang dengan suatu kombinasi antara volute casing dengan circular chamber. Pada tipe ini kerugian akibat pusaran dapat dikurangi sehingga efisiensi pompa dapat ditingkatkan.



Gb.2.4. Vortex Casing

c. Volute Casing dengan Guide Blade.

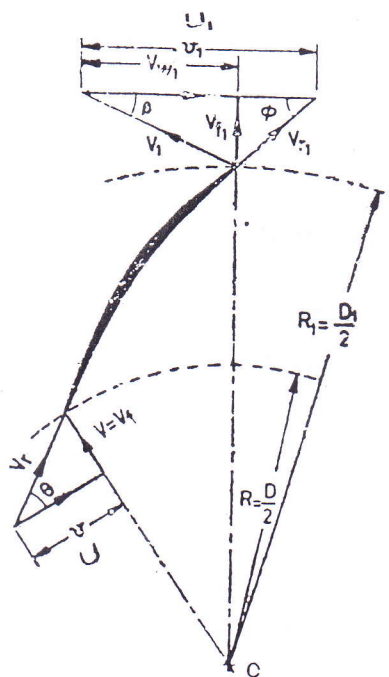
Pada tipe ini dibuat suatu guide blade di sekeliling sudu. Guide blade ini disusun dengan sudut tertentu dengan maksud untuk mengurangi kejutan pada aliran cairan melalui casing. Susunan guide blade ini disebut juga diffuser.



Gb.2.5. Volute Casing With Guide Blade

Kerja Pompa Sentrifugal.

Kerja yang dilakukan atau daya yang diperlukan oleh pompa dapat diketahui dengan cara menggambar segitiga kecepatan pada sisi masuk dan pada sisi keluar sudu pompa. Lihat gambar berikut ini:



Gb.2.6. Segitiga kecepatan pompa sentrifugal

Keterangan.

V = kecepatan absolut air masuk sudu

D = Diameter sudu pada sisi masuk

U = Kecepatan tangensial sudu pada sisi masuk. Biasa disebut juga kecepatan keliling (peripheral velocity) pada sisi masuk

V_r = Kecepatan relatif air terhadap roda sudu pada sisi masuk

V_f = Kecepatan aliran pada sisi masuk

$V_1, D_1, U_1, V_{r1}, V_{f1}$ = besaran yang berlaku pada sisi keluar.

N = Kecepatan sudu dalam r.p.m.

θ = Sudut sudu pada sisi masuk

β = Sudut pada saat air meninggalkan impeller

ϕ = Sudut sudu pada sisi keluar

Karena memasuki sudu dalam arah radial, maka kecepatan pusaran air pada sisi masuk $V_w = 0$, sehingga moment of momentum pada sisi masuk = 0.

$$\text{Moment of momentum pada sisi keluar} = \frac{W}{g} (V_{w1} \cdot R_1) = \text{Torsi}$$

Kerja pompa setiap detik = Torsi x kecepatan sudut

$$\text{Kerja pompa setiap detik} = \frac{W}{g} (V_{w1} \cdot R_1) \times \omega$$

$$\text{Kerja pompa setiap detik} = \frac{W}{g} (V_{w1} \cdot U_1)$$

$$\text{Kerja pompa setiap detik setiap kg cairan} = \frac{V_{w1} \cdot U_1}{g}$$

Dalam satuan S I, kerja yang dilakukan per kg cairan = $V_{w1} \cdot U_1$ (N.m)

Manometric Head (Tinggi Tekan Manometric).

Manometric head pada pompa sentrifugal didefinisikan sbb:

- Manometric head adalah head sesungguhnya setelah pompa bekerja.
- Manometric head (H_m):

$$H_m = H_s + H_{fs} + H_d + H_{fd} + \frac{V_d^2}{2g}$$

H_s = tinggi isap (suction lift)

H_{fs} = kerugian tinggi tekan pada pipa isap akibat gesekan

H_d = tinggi hantar (delivery lift)

H_{fd} = kerugian tinggi tekan pada pipa hantar/pipa tekan akibat gesekan

V_d = kecepatan cairan didalam pipa hantar/pipa tekan

- H_m = Work done/kg cairan – kerugian didalam impeller.

$$= \frac{V_{w1} \cdot U_1}{g} - (h_{li} + h_{lc})$$

- H_m = Energi/kg pada sisi keluar impeller – Energi/kg pada sisi masuk impeller.

Effisiensi Pompa Sentrifugal:

Pompa sentrifugal mempunyai tiga macam effisiensi yaitu:

- Effisiensi Manometrik (η_{man})

Adalah perbandingan antara manometric head dengan energi yang diberikan impeller/kg cairan. Secara matematik dapat ditulis:

$$\eta_{man} = \frac{H_m}{\frac{V_{w1} \cdot U_1}{g}}$$

b. Effisiensi Mekanik (η_{mek})

Adalah perbandingan energi yang tersedia pada impeller dengan energi yang diberikan pada impeller oleh penggerak mula.

$$\eta_{mek} = \frac{\text{Energi yang tersedia pada impeller}}{\text{Energi penggerak mula}}$$

c. Effisiensi Keseluruhan (η_{ov})

$$\eta_{ov} = \frac{\text{Kerja sesungguhnya yang dilakukan pompa}}{\text{Energi penggerak mula}}$$

Kapasitas Pompa Sentrifugal.

Kapasitas atau discharge dari pompa sentrifugal dapat dinyatakan dengan rumus:

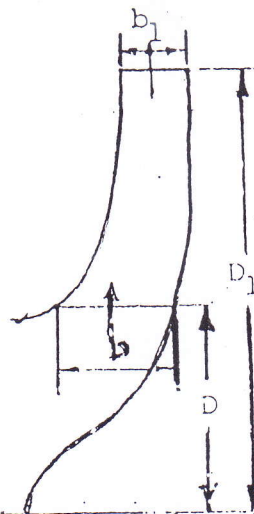
$$Q = \pi.D.b.V_f = \pi.D_1.b_1.V_{f1}$$

D = diameter impeller pada sisi masuk

V_f = kecepatan aliran pada sisi masuk

b = lebar impeller pada sisi masuk

D_1, V_{f1}, b_1 = besaran yang berlaku pada sisi keluar.



Gb.2.7. Ukuran utama ukuran impeller

Daya Penggerak Pompa Sentrifugal.

Besarnya daya yang diperlukan untuk menggerakkan pompa sentrifugal dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_m}{75 \cdot \eta_{ov}} \quad (\text{HP})$$

Dalam satuan SI dinyatakan dengan rumus:

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_m}{\eta_{ov}} \quad (\text{Watt})$$

Kenaikan Tekanan Air.

Air yang mengalir dalam impeller pompa sentrifugal akan mengalami kenaikan tekanan. Hal ini terjadi karena pompa merubah energi mekanik menjadi energi tekanan. Energi tekanan ini diberikan oleh impeller kepada air yang mengalir melalui impeller tersebut. Berdasarkan persamaan Bernoulli untuk sisi masuk dan sisi keluar impeller pompa, dapat dinyatakan bahwa:

Energi pada sisi keluar = Energi pada sisi masuk + Kerja yang dilakukan oleh

impeller.

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + h_1 = \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + h + \frac{V_{w1} \cdot U_1}{g}$$

Jika diambil $h_1 = h$, maka:

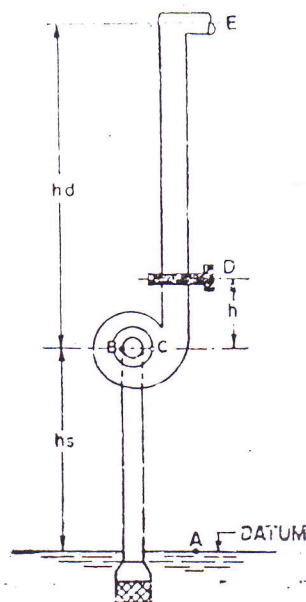
$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + \frac{V_{w1} \cdot U_1}{g}$$

$$\frac{p_1}{\gamma} - \frac{p}{\gamma} = \frac{v^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} + \frac{V_{w1} \cdot U_1}{g}$$

Persamaan ini menunjukkan adanya kenaikan tekanan air sebesar $(\frac{P_1}{\gamma} - \frac{P}{\gamma})$ pada saat mengalir melalui impeller.

Perubahan Tekanan Pada Pompa Sentrifugal.

Perhatikan gambar dibawah ini:



Titik A adalah permukaan air

Titik B adalah sisi masuk impeller

Titik C adalah sisi keluar impeller

Titik D adalah katup hantar/katup tekan

Titik E adalah pipa hantar/pipa tekan reservoir

Gb.2.8. Perubahan tekanan

(i) Berdasarkan Bernoulli pada titik A – B dengan datum permukaan cairan:

$$\frac{P_s}{\gamma} + \frac{V_s^2}{2g} + h_s + h_{fs} = 0$$

p_s = tekanan pada titik B

V_s = kecepatan pada pipa isap

h_s = tinggi isap

h_{fs} = kerugian pada pipa isap

(ii). Berdasarkan Bernoulli pada titik B – C dengan datum sumbu pompa:

$$\frac{p_s}{\gamma} + \frac{V_s^2}{2g} + \frac{V_{wt} \cdot U_1}{g} = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + h_{li}$$

p_1 = tekanan pada sisi keluar impeller

V_1 = kecepatan absolut pada sisi keluar pompa

h_{li} = kerugian didalam impeller

(iii). Berdasarkan Bernoulli pada titik C – D dengan datum sumbu pompa:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{p_d}{\gamma} + \frac{V_d^2}{2g} + h_{lc} + h$$

p_d, V_d = tekanan dan kecepatan pada titik D

h_{lc} = kerugian pada casing.

(iv). Berdasarkan Bernoulli pada titik D – E dengan datum sumbu pompa:

$$h + \frac{p_d}{\gamma} + \frac{V_d^2}{2g} = h_d + h_{fd} + \frac{V_d^2}{2g}$$

$$\frac{p_d}{\gamma} = h_d + h_{fd} - h$$

atau :

$$h_d + h_{fd} + \frac{V_d^2}{2g} = \text{deliveryhead / headtekan}$$

Dari persamaan (ii) dan (iii) didapat:

$$\frac{p_s}{\gamma} + \frac{V_s^2}{2g} + \frac{V_{wt} \cdot U_1}{g} = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + h_{li}$$

$$\frac{p_s}{\gamma} + \frac{V_s^2}{2g} + \frac{V_{wt} \cdot U_1}{g} = \left(\frac{p_d}{\gamma} + \frac{V_d^2}{2g} + h_{lc} + h \right) + h_{li}$$

$$\begin{aligned}\frac{p_s}{\gamma} + \frac{V_s^2}{2g} + \frac{V_{w1} \cdot U_1}{g} &= \left(\frac{p_d}{\gamma} + \frac{V_d^2}{2g} + h_{lc} + h \right) + h_{li} \\ \frac{V_{w1} \cdot U_1}{g} - (h_{lc} + h_{li}) &= \left(\frac{p_d}{\gamma} + \frac{V_d^2}{2g} + h \right) - \left(\frac{p_s}{\gamma} + \frac{V_s^2}{2g} \right) \\ H_m &= \left(\frac{p_d}{\gamma} + \frac{V_d^2}{2g} + h \right) - \left(\frac{p_s}{\gamma} + \frac{V_s^2}{2g} \right)\end{aligned}$$

$$H_m = \text{Total energi pada titik D} - \left(\frac{p_s}{\gamma} + \frac{V_s^2}{2g} \right)$$

Jika $h=0$, maka:

$$H_m = \left(\frac{p_d}{\gamma} + \frac{V_d^2}{2g} \right) - \left(\frac{p_s}{\gamma} + \frac{V_s^2}{2g} \right)$$

Jika ada pipa isap dan pipa tekan berlaku $V_s = V_d$, maka:

$$H_m = \left(\frac{p_d}{\gamma} - \frac{p_s}{\gamma} \right)$$

Kecepatan Start Minimum (n_s).

Suatu pompa sentrifugal akan mulai memindahkan zat cair apabila head yang dihasilkan sebanding dengan manometric head. Pada saat start kecepatan zat cair

adalah nol, maka pressure head yang diakibatkan oleh gaya sentrifugal $= \left(\frac{V_1^2 - V^2}{2g} \right)$.

Pressure head ini harus sama dengan manometric head, sehingga:

$$\left(\frac{V_1^2 - V^2}{2g} \right) = H_m$$

$$\frac{1}{2g} (U_1^2 - U^2) = \eta_{man} \cdot \frac{V_{w1} \cdot U_1}{g}$$