

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

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

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

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

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:

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

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

$$\begin{aligned}
\frac{\left(\frac{\pi D_1 n}{60}\right)^2 - \left(\frac{\pi D n}{60}\right)^2}{2g} &= \eta_{man} \cdot \frac{V_{w1} \cdot \pi D_1 n}{g \cdot 60} \\
\frac{\pi^2 D_1^2 n^2 - \pi^2 D^2 n^2}{3600 \cdot 2g} &= \frac{\eta_{man} V_{w1} \pi D_1 n}{g \cdot 60} \\
\frac{(\pi n)^2 (D_1^2 - D^2)}{3600 \cdot 2g} \cdot \frac{60}{\pi D_1 n} &= \frac{\eta_{man} V_{w1}}{g} \\
\frac{\pi n (D_1^2 - D^2)}{120 \cdot g D_1} &= \frac{\eta_{man} V_{w1}}{g} \\
n &= \frac{\eta_{man} V_{w1} \cdot 120 \cdot g D_1}{\pi (D_1^2 - D^2)}
\end{aligned}$$

Jadi :

$$\eta_{man} = \frac{120 \cdot \eta_{man} V_{w1} D_1}{\pi (D_1^2 - D^2)}$$

Kecepatan Spesifik

Kecepatan spesifik pompa sentrifugal dapat diartikan sebagai kecepatan suatu pompa imajinasi yang dapat memompa satu liter air per detik dengan head sebesar satu meter.

$$Q = k \pi b_1 D_1 V_{f1}$$

$$Q \propto b_1 D_1 V_{f1}$$

$$b_1 \propto D_1 \text{ dan } V_{f1} \propto \sqrt{H_m}$$

$$Q \propto D_1^2 \sqrt{H_m}$$

$$\frac{Q}{D_1^2 \sqrt{H_m}} = C_1 \dots \dots \dots (a)$$

$$U_1 = \frac{\pi D_1 n}{60}$$

$$D_1 \propto \frac{U_1}{n}$$

$$U_1 \propto \sqrt{H_m}$$

$$D_1 \propto \frac{\sqrt{H_m}}{n}$$

$$\frac{\sqrt{H_m}}{D_1 \cdot n} = C_2 \dots\dots\dots (b)$$

Substitusikan persamaan (b) ke persamaan (a) akan didapat:

$$\frac{Q}{\left(\sqrt{H_m}\right)^2 \cdot C_2^2 \cdot n^2} = C_1$$

$$\frac{C_2^2 \cdot Q \cdot n^2}{H_m \cdot \sqrt{H_m}} = C_1$$

$$\frac{Q \cdot n^2}{H_m^{3/2}} = \frac{C_1}{C_2^2}$$

$$\frac{n \cdot \sqrt{Q}}{\sqrt{H_m^{3/2}}} = \frac{\sqrt{C_1}}{C_2}$$

$$\frac{n \cdot \sqrt{Q}}{H_m^{3/4}} = \frac{\sqrt{C_1}}{C_2}$$

Telah disebutkan bahwa $Q = 1$ l/sec dan $H_m = 1$ m, maka:

$$\frac{n \cdot \sqrt{1}}{1} = C \text{ atau } C = n_s$$

$$\text{Jadi: } n_s = \frac{n \cdot \sqrt{Q}}{H_m^{3/4}}$$

Pengaruh Variasi Kecepatan:

Pada pompa sentrifugal bahwa kecepatan akan mempengaruhi kondisi lainnya.

$$U = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}$$

$$U \propto n$$

$$U_1 \propto n$$

$$V_w \propto n$$

$$V_f \propto U$$

$$V_f \propto n$$

$$\text{Kapasitas: } Q = \pi \cdot D \cdot b \cdot V_f$$

$$Q \propto V_f$$

$$Q \propto n$$

$$Q_1 \propto n_1$$

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{n}{n_1}$$

Head manometris:

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

$$H \propto V_{w1} \cdot U_1$$

$$H \propto n \cdot n$$

$$\frac{H}{H_1} = \left(\frac{n}{n_1} \right)^2$$

Daya penggerak pompa:

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot V_w \cdot U_1}{\eta \cdot 75}$$

$$P \propto Q \cdot V_{w1} \cdot U_1$$

$$P \propto n \cdot n \cdot n$$

$$\frac{P}{P_1} = \left(\frac{n}{n_1} \right)^3$$

Pengaruh Variasi Diameter:

Ada kalanya dalam praktek dijumpai adanya perubahan kecepatan, head serta kapasitas dari yang direncanakan. Untuk mendapatkan kondisi yang baru ditempuh dengan jalan merubah:

- putaran impeller pompa
- diameter impeller pompa

$$U = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}$$

$$U \propto D$$

$$V_f \propto U$$

$$V_f \propto D$$

Kapasitas pompa:

$$Q = \pi \cdot D \cdot b \cdot V_f$$

$$Q \propto D \cdot D$$

Jadi:

$$\frac{Q}{Q_1} = \left(\frac{D}{D_1} \right)^2$$

Head:

$$H = \frac{\eta \cdot V_{w1} \cdot U_1}{g}$$

$$H \propto V_{w1} \cdot U_1$$

$$H \propto n \cdot n$$

Jadi:

$$\frac{H}{H_1} = \left(\frac{n}{n_1} \right)^2$$

Daya penggerak pompa:

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot V_{w1} \cdot U_1}{g \cdot 75}$$

$$P \propto Q \cdot V_{w1} \cdot U_1$$

$$P \propto D^2 \cdot D \cdot D$$

Jadi:

$$\frac{P}{P_1} = \left(\frac{D}{D_1} \right)^4$$

Kavitasi.

Kavitasi adalah gejala menguapnya zat cair yang sedang mengalir karena tekanannya berkurang sampai dibawah tekanan uap jenuhnya. Sebagai contoh bahwa air pada tekanan 1 atmosfer akan mendidih dan menjadi uap jenuh pada suhu 100^0C . Tetapi jika tekanannya lebih rendah dari 1 atmosfer maka air tersebut akan mendidih pada suhu yang lebih rendah dari 100^0C . Jika tekanannya sangat rendah, maka pada temperatur kamarpun air dapat mendidih. Apabila zat cair mendidih, maka akan timbul gelembung-gelembung uap zat cair. Hal ini dapat terjadi pada zat cair yang sedang mengalir didalam pompa maupun didalam pipa. Tempat-tempat yang lebih rendah dan berkecepatan tinggi di dalam aliran sangat rawan terhadap terjadinya kavitasi. Pada pompa misalnya bagian yang mudah mengalami kavitasi pada sisi isap. Jika pompa mengalami kavitasi, maka akan menimbulkan korosi, erosi dan suara bising.

Untuk menghindari terjadinya kavitasi harus ditentukan secara seksama **Head Isap Positif Neto** atau **Net Positive Suction Head (NPSH)** dan ditentukan bahwa:

NPSH yang tersedia \geq **NPSH** yang dibutuhkan

$$NPSH_{yangtersedia} = H_m + \frac{V^2}{2g} - H_d$$

$$H_m = H_{atm} \pm H_z - H_w - \frac{V^2}{2g}$$

Jadi:

$$NPSH_{yangtersedia} = H_{atm} \pm H_z - H_w - \frac{V^2}{2g} + \frac{V^2}{2g} - H_d$$

$$NPSH_{yangtersedia} = H_{atm} \pm H_z - H_w - H_d$$

$$NPSH_{yangdibutuhkan} = \sqrt{\left(\frac{n\sqrt{Q} \cdot 6,65}{s} \right)}$$

H_m = tekanan mutlak (dipandang sebagai ukuran tinggi kolom air) diukur pada flens hisap yang diukur dengan vacuum manometer.

$\frac{V^2}{2g}$ = tinggi kecepatan yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dengan kecepatan tertentu.

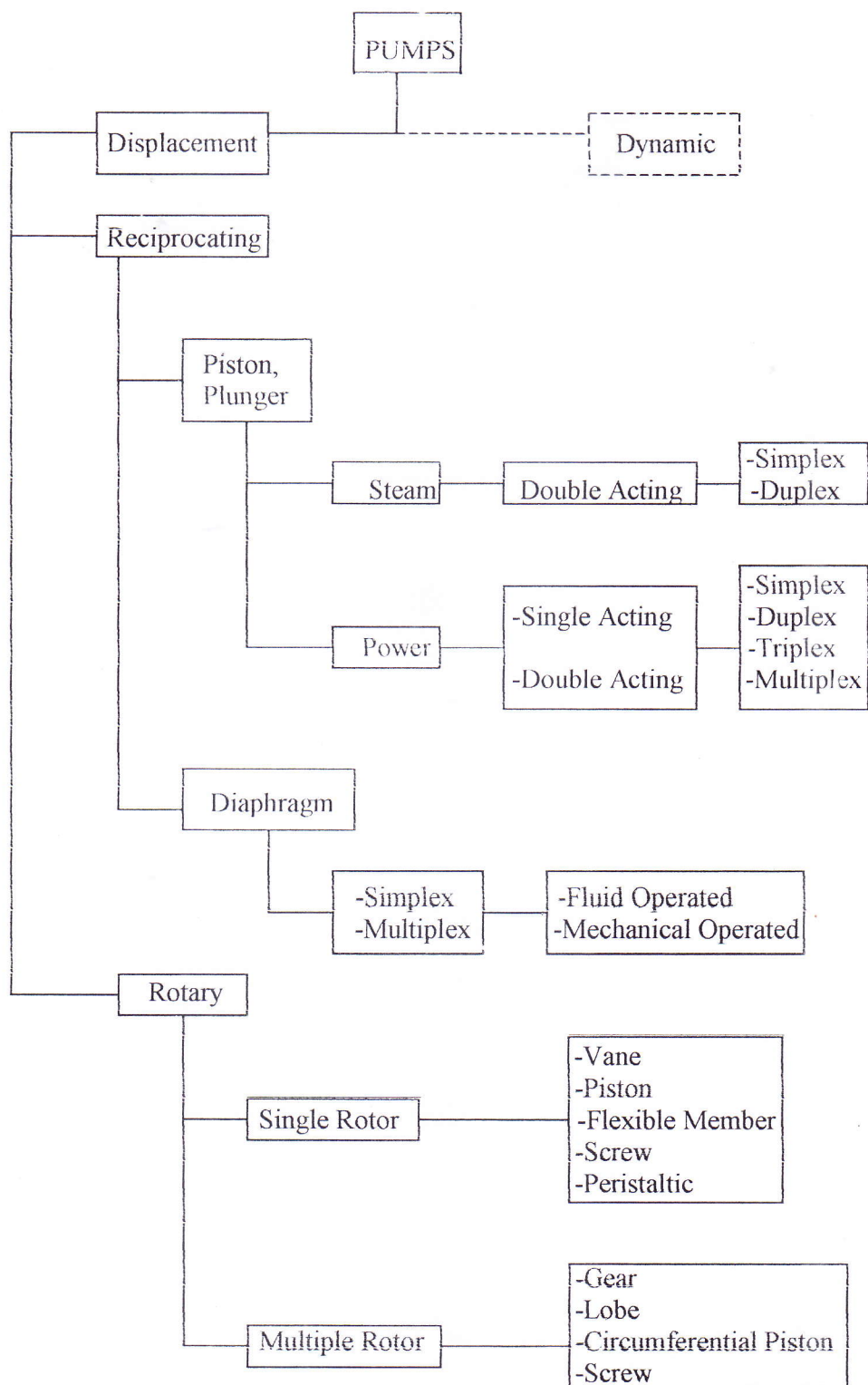
H_d = tekanan uap jenuh

n = putaran pompa

Q = debit pompa

s = factor yang tergantung dari konstruksi pompa

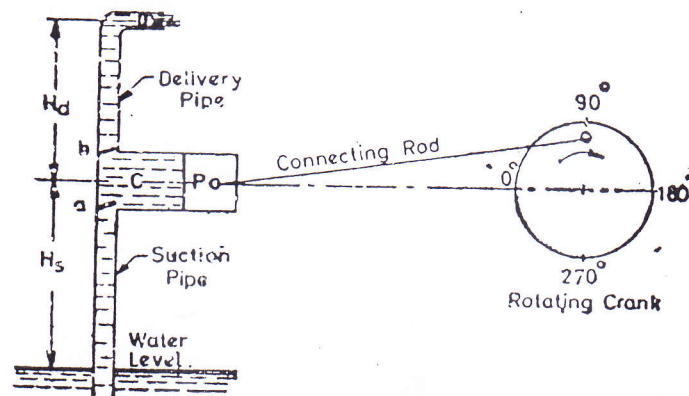
2.1.2. **Pompa perpindahan (displacement).** Energi secara periodeik ditambahkan dengan memberikan suatu gaya terhadap fluida didalam ruang pompa. Selanjutnya akan didapat penambahan tekanan secara langsung sampai suatu nilai yang dibutuhkan untuk memindahkan fluida melalui katup buang yang diteruskan ke saluran buang. Dua pompa perpindahan yang dikenal adalah Reciprocating Pump dan Rotary Pump. Dari kedua tipe tersebut, yang banyak dipakai adalah tipe reciprocating atau biasa disebut Pompa Torak atau Pompa Plunyer.



Gb. 2.9. Klasifikasi pompa perpindahan

a. Pompa Torak.

Pompa torak dengan bentuk yang sederhana seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gb.2.10. Pompa Torak

Kapasitas Pompa Torak.

Pembahasan berikut ini dianggap bahwa pompa adalah kerja tunggal.

Debit pompa (Q):

$$Q = \frac{L \cdot A \cdot n}{60}$$

L = panjang langkah torak

A = luas penampang torak

n = putaran poros engkol

Daya penggerak pompa (P):

Pompa torak pada saat bekerja, mula-mula mengisap cairan kemudian cairan tersebut ditekan keluar melalui pipa tekan.

Gaya pada torak pada saat pemompaan:

$$P = \gamma \cdot H_s \cdot A \quad (\text{kg})$$

Gaya pada torak pada saat pengisapan:

$$P = \gamma \cdot H_d \cdot A \quad (\text{kg})$$

Kerja yang dilakukan pompa:

$$P = \gamma \cdot Q (H_s + H_d) \quad (\text{kg.m})$$

Daya teoritik yang diperlukan pompa:

$$P = \frac{\gamma \cdot Q (H_s + H_d)}{75} \quad (\text{HP})$$