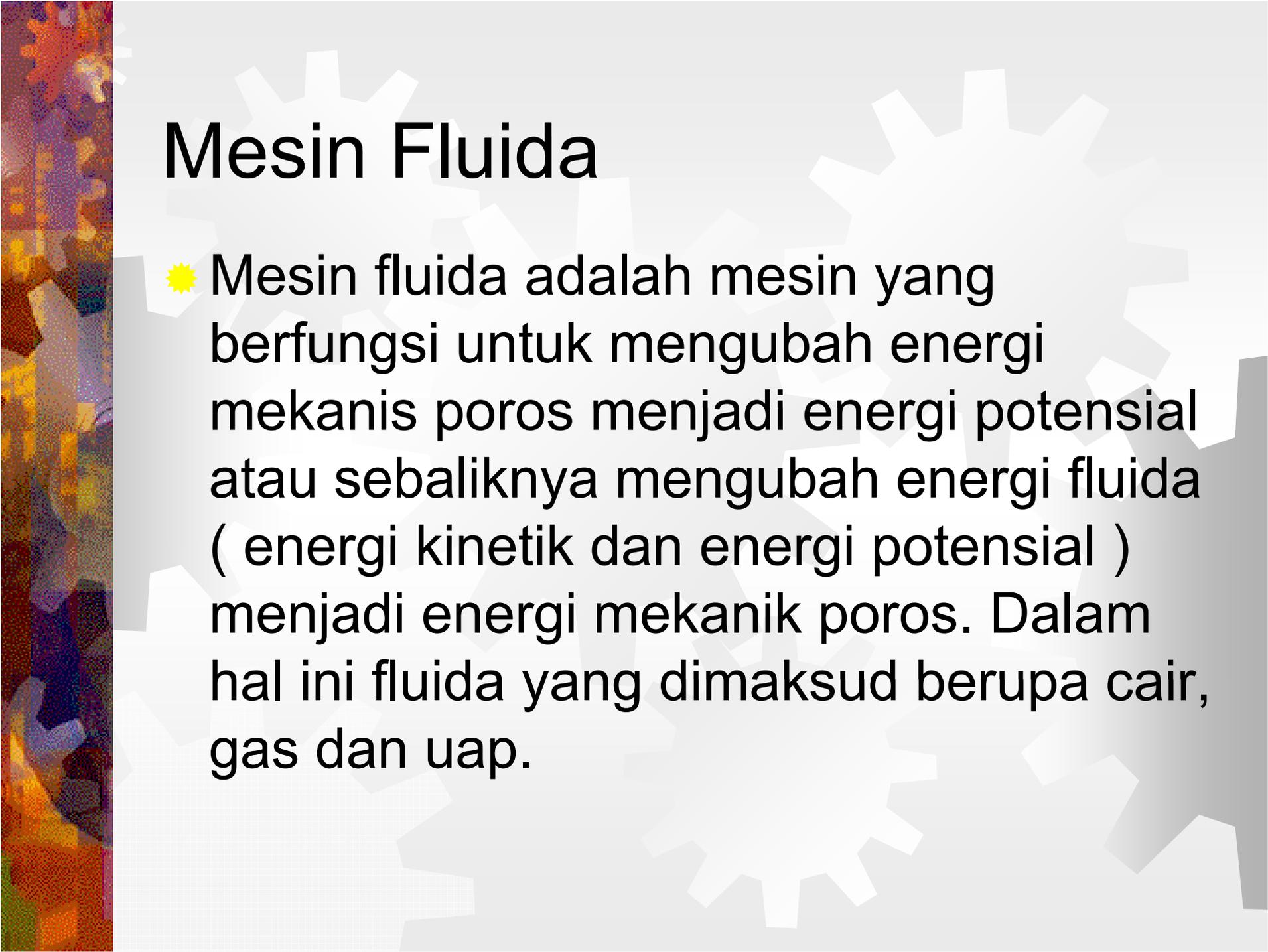


# MESIN-MESIN FLUIDA





# Mesin Fluida

- ☀ Mesin fluida adalah mesin yang berfungsi untuk mengubah energi mekanis poros menjadi energi potensial atau sebaliknya mengubah energi fluida ( energi kinetik dan energi potensial ) menjadi energi mekanik poros. Dalam hal ini fluida yang dimaksud berupa cair, gas dan uap.



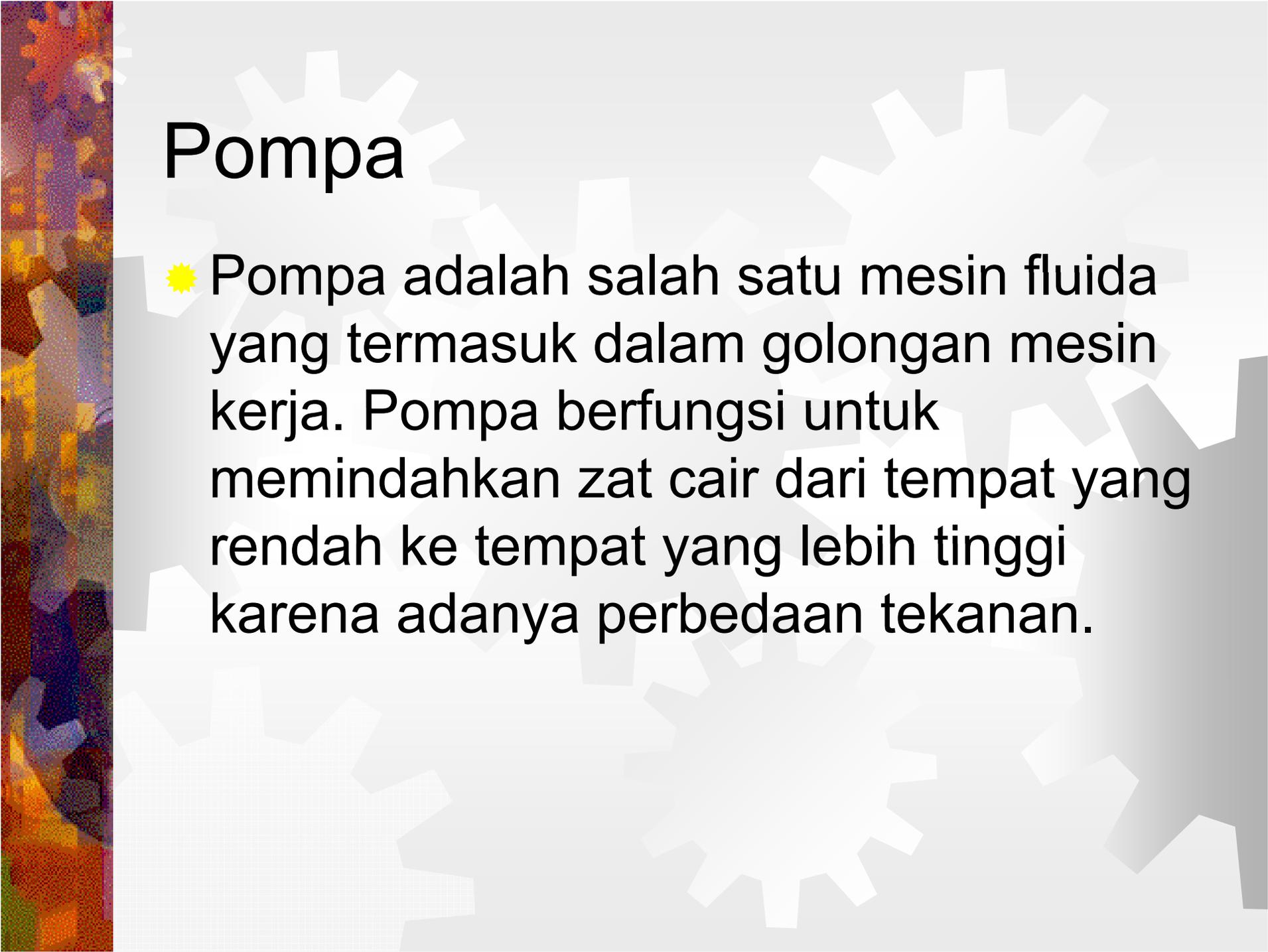
# Pembagian Mesin Fluida

## 1. Mesin Tenaga

- ☀ yaitu mesin fluida yang berfungsi mengubah energi fluida (energi potensial dan energi kinetik) menjadi energi mekanis poros.
- ☀ Contoh : turbin, kincir air, dan kincir angin.

## 2. Mesin kerja

- ☀ yaitu mesin yang berfungsi mengubah energi mekanis poros menjadi energi fluida (energi potensial dan energi kinetik).
- ☀ Contoh : pompa, kompresor, kipas (fan).



# Pompa

- ☀ Pompa adalah salah satu mesin fluida yang termasuk dalam golongan mesin kerja. Pompa berfungsi untuk memindahkan zat cair dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi karena adanya perbedaan tekanan.



# Klasifikasi Pompa

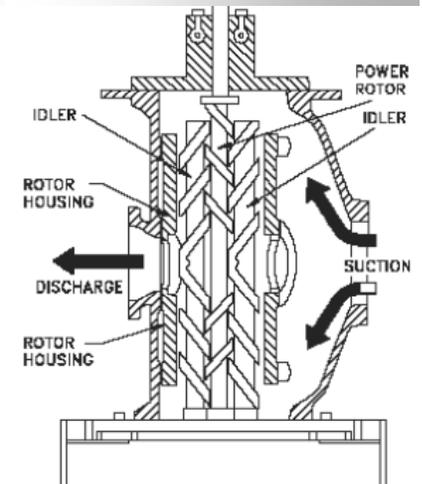
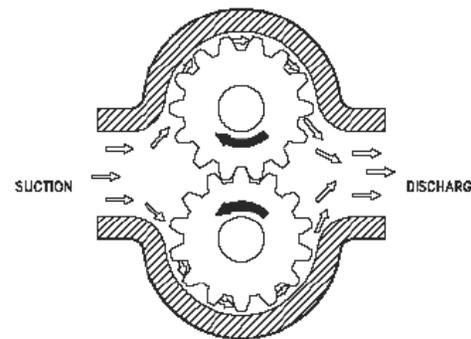
1. Pompa Tekanan Statis
2. Pompa Tekanan Dinamis  
(*Rotodynamic Pump*)

# Pompa Tekanan Statis

Pompa jenis ini bekerja dengan menggunakan prinsip memberi tekanan secara periodik pada fluida yang terkurung dalam rumah pompa. Pompa ini dibagi menjadi dua jenis.

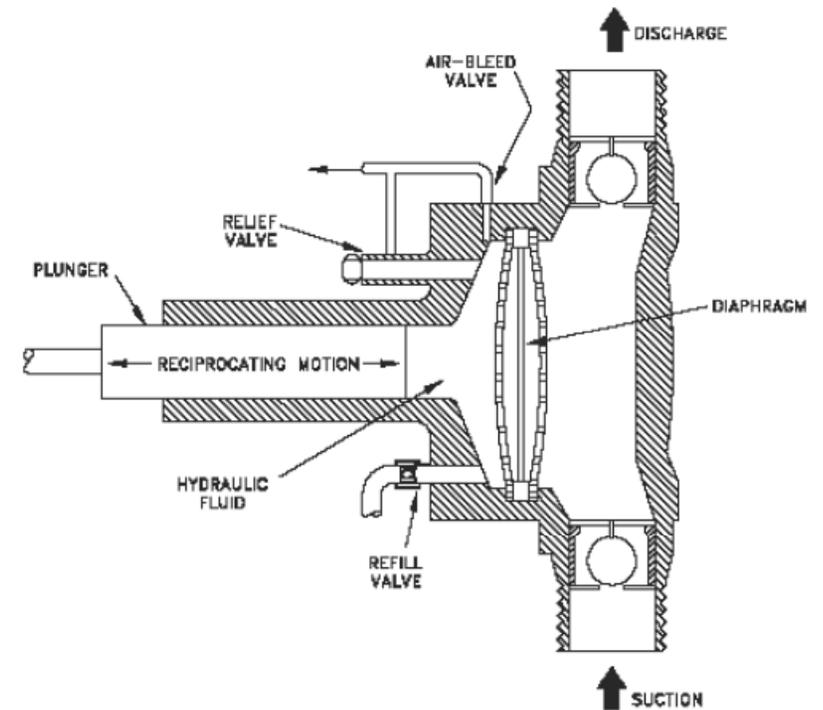
## ☀ a. Pompa Putar ( *rotary pump* )

- ☀ Pada pompa putar, fluida masuk melalui sisi isap, kemudian dikurung di antara ruangan rotor, sehingga tekanan statisnya naik dan fluida akan dikeluarkan melalui sisi tekan. Contoh tipe pompa ini adalah : *screw pump*, *gear pump* dan *vane pump*



☀ b. Pompa Torak ( *Reciprocating Pump* )

- ☀ Pompa torak ini mempunyai bagian utama berupa torak yang bergerak bolak-balik dalam silinder. Fluida masuk melalui katup isap ( *Suction valve* ) ke dalam silinder dan kemudian ditekan oleh torak sehingga tekanan statis fluida naik dan sanggup mengalirkan fluida keluar melalui katup tekan ( *discharge valve* ).
- ☀ Contoh tipe ini adalah : pompa diafragma dan pompa plunyer.



# Pompa Tekanan Dinamis



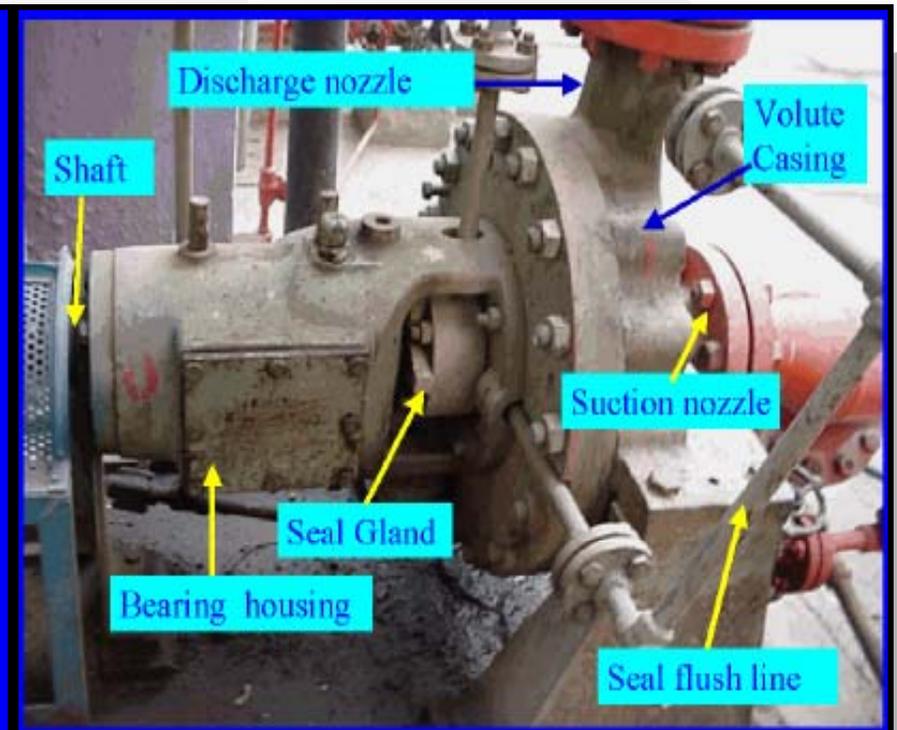
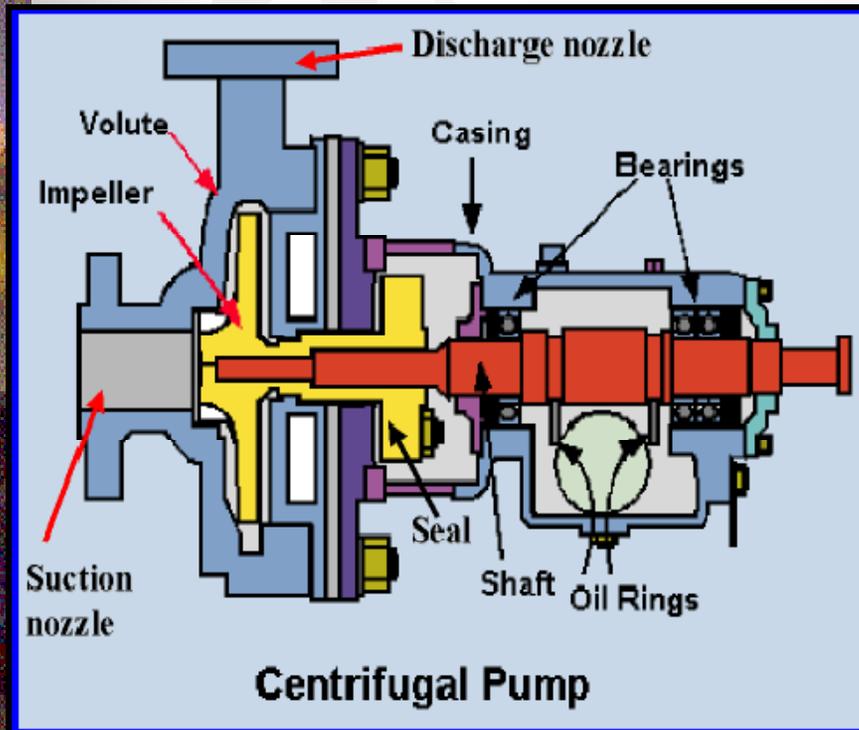
- ☀ Pompa tekanann dinamis disebut juga *rotodynamic pump, turbo pump atau impeller pump*. Pompa yang termasuk dala kategori ini adalah : pompa jet dan pompa sentrifugal
- ☀ Ciri - ciri utama dari pompa ini adalah :
  - ☀ Mempunyai bagian utama yang berotasi berupa roda dengan sudu-sudu sekelilingnya yang sering disebut dengan impeler.
  - ☀ Melalui sudu - sudu, fluida mengalir terus-menerus, dimana fluida berasal diantara sudu-sudu tersebut.

# Pompa Sentrifugal



- ☀ Prinsip kerja pompa sentrifugal adalah energi mekanis dari luar diberikan pada poros untuk memutar impeler. Akibatnya fluida yang berada dalam impeler, oleh dorongan sudu-sudu akan terlempar menuju saluran keluar. Pada proses ini fluida akan mendapat percepatan sehingga fluida tersebut mempunyai energi kinetik. Kecepatan keluar fluida ini selanjutnya akan berkurang dan energi kinetik akan berubah menjadi energi tekanan di sudu-sudu pengarah atau dalam rumah pompa.
- ☀ Adapun bagian-bagian utama pompa sentrifugal adalah poros, impeler dan rumah pompa

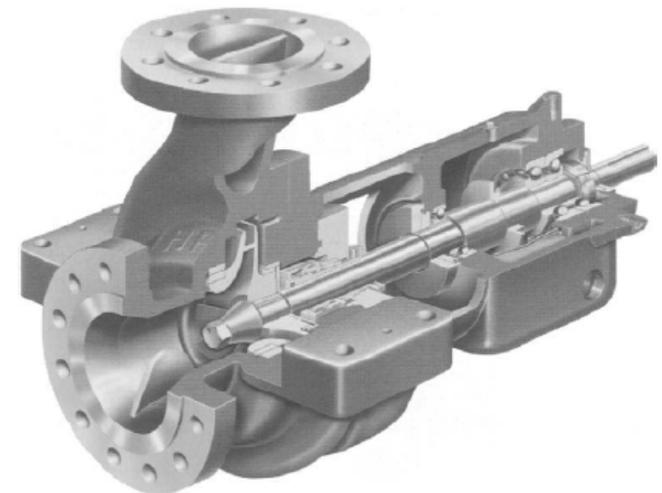
# Bagian Utama Pompa Sentrifugal



# Klasifikasi Pompa menurut Jenis Impeler

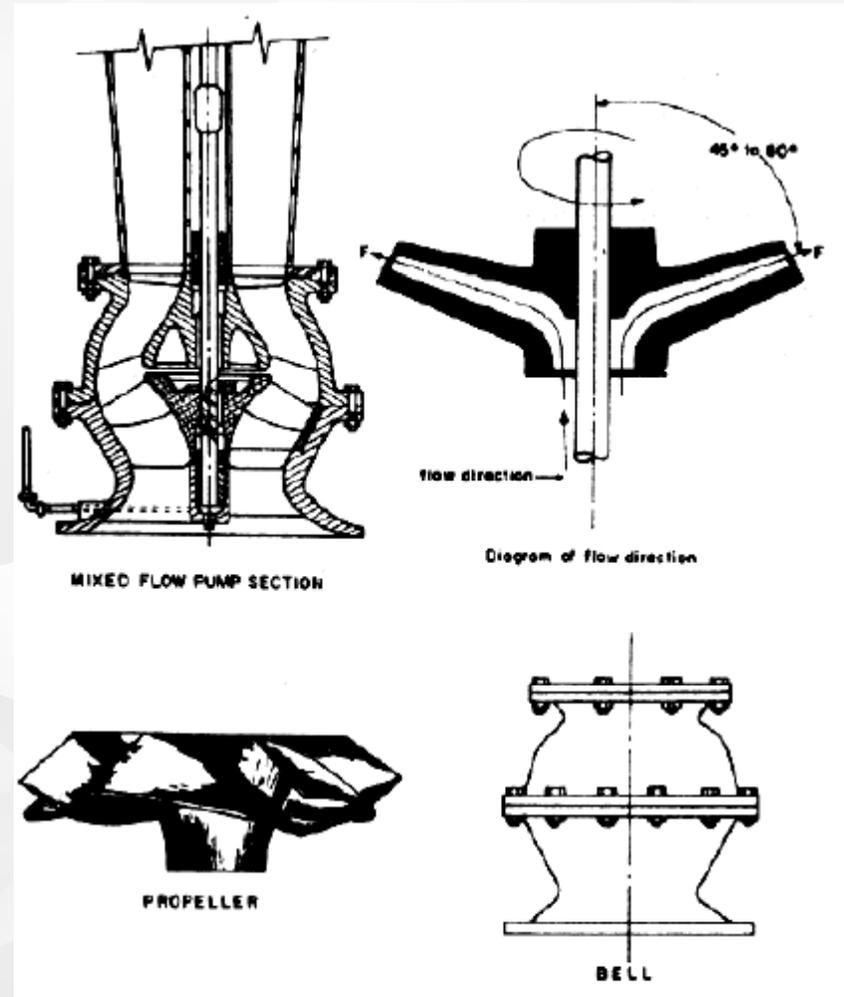
## 1. Pompa Sentrifugal

- ☀ Pompa ini menggunakan impeler jenis radial atau francis. Konstruksinya sedemikian rupa sehingga aliran fluida yang keluar dari impeler akan melalui bidang tegak lurus pompa.
- ☀ Impeler jenis radial digunakan untuk tinggi tekan (*head*) yang sedang dan tinggi, sedangkan impeler jenis francis digunakan untuk head yang lebih rendah dengan kapasitas besar.



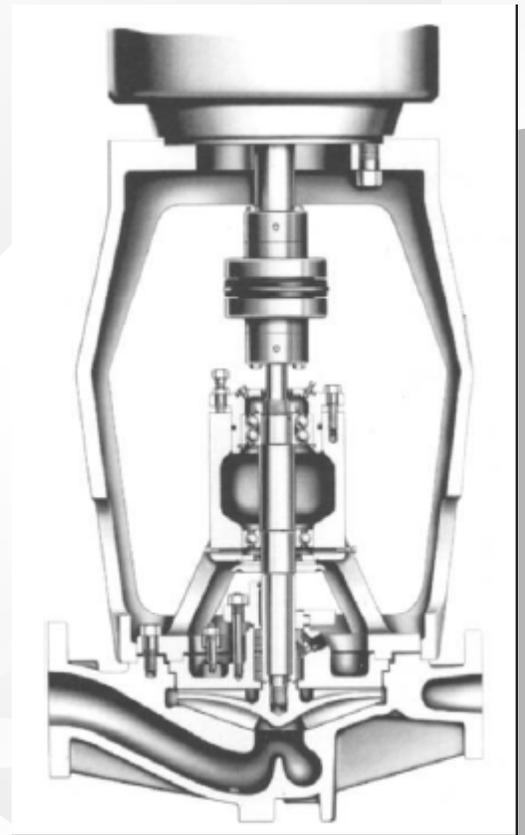
# Pompa Aliran Campur

- ☀ Pompa ini menggunakan impeler jenis aliran campur (*mixed flow*). Aliran keluar dari impeler sesuai dengan arah bentuk permukaan kerucut rumah pompa.



# Pompa Aliran Aksial

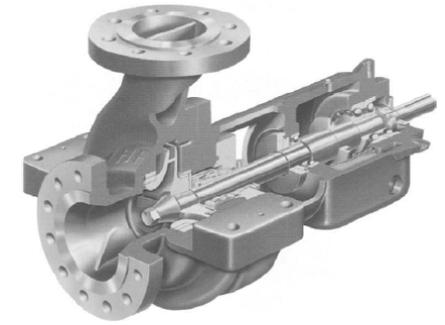
- ☀ Pompa ini menggunakan impeler jenis aksial dan zat cair yang meninggalkan impeler akan bergerak sepanjang permukaan silinder rumah pompa ke arah luar. Konstruksinya mirip dengan pompa aliran campur kecuali bentuk impeler dan bentuk difusernya.



# Klasifikasi menurut bentuk rumah pompa

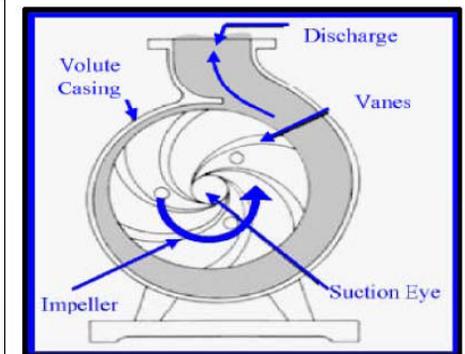
## 1. Pompa Volut

- ☀ Pompa ini khusus untuk pompa sentrifugal. Aliran Fluida yang meninggalkan impeler secara langsung memasuki rumah pompa yang berbentuk volut (rumah siput) sebab diameternya bertambah besar.



## 2. Pompa Difuser

- ☀ Konstruksi ini dilengkapi dengan sudu pengarah (diffuser) di sekeliling saluran impeler. Pemakaian *diffuser ini akan memperbaiki efisiensi pompa. Difuser ini sering digunakan pada pompa bertingkat banyak dengan head yang tinggi.*



## 3. Pompa Vortex

- ☀ Pompa ini mempunyai aliran campur dan sebuah rumah volut. Pompa ini tidak menggunakan difuser, namun memakai saluran yang lebar. Dengan demikian pompa ini tidak mudah tersumbat dan cocok untuk pemakaian pada pengolahan cairan limbah.





# Klasifikasi menurut jumlah tingkat

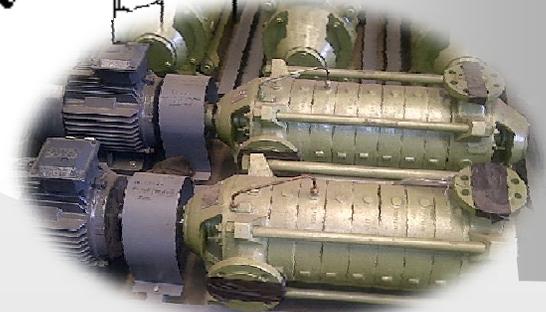
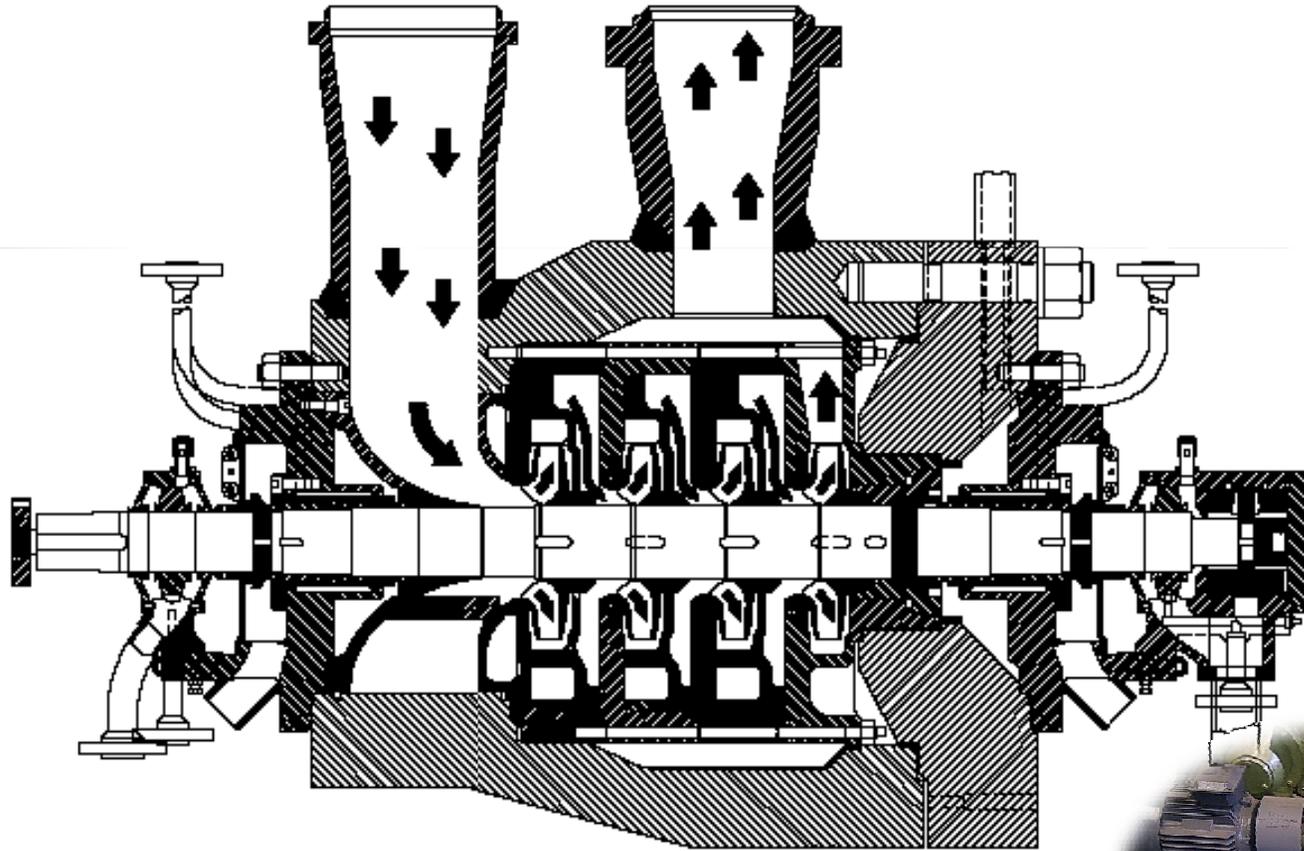
## 1. Pompa satu tingkat

- ☀ Pompa ini hanya mempunyai sebuah impeler. Pada umumnya head yang dihasilkan pompa ini relative rendah, namun konstruksinya sederhana.

## 2. Pompa bertingkat banyak

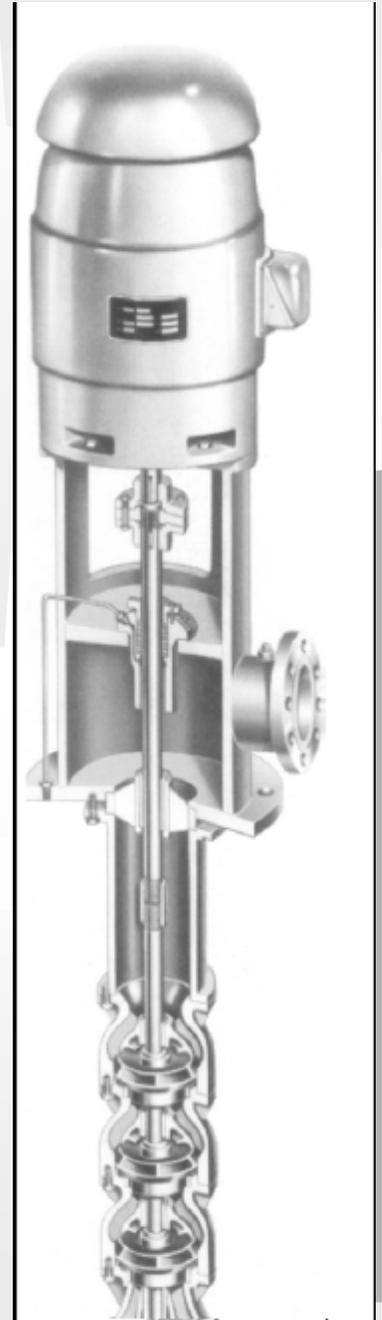
- ☀ Pompa ini menggunakan lebih dari satu impeler yang dipasangkan berderet pada satu poros. Zat cair yang keluar dari impeler tingkat pertama akan diteruskan ke impeler tingkat kedua dan seterusnya hingga tingkat terakhir. Head total pompa merupakan penjumlahan head yang dihasilkan oleh masing - masing impeler. Dengan demikian head total pompa ini relatif tinggi dibanding dengan pompa satu tingkat, namun konstruksinya lebih rumit dan besar.

# Pompa bertingkat banyak



# Klasifikasi menurut letak poros

1. Pompa poros mendatar
  - ☀ Pompa ini mempunyai poros dengan posisi horizontal, pompa jenis ini memerlukan tempat yang relatif lebih luas.
2. Pompa jenis poros tegak
  - ☀ Poros pompa ini berada pada posisi vertikal. Poros ini dipegang di beberapa tempat sepanjang pipa kolom utama bantalan. Pompa ini memerlukan tempat yang relatif kecil dibandingkan dengan pompa poros mendatar. Penggerak pompa umumnya diletakkan di atas pompa.





# Unit Penggerak Pompa

Umumnya unit penggerak pompa terdiri dari tiga jenis yaitu:

- a. Motor bakar
- b. Motor listrik, dan
- c. Turbin

- ☀ Penggerak tipe motor bakar dan turbin sangat tidak ekonomis untuk perencanaan pompa karena konstruksinya berat, besar dan memerlukan sistem penunjang misalnya sistem pelumasan, pendinginan dan pembuangan gas hasil pembakaran.
- ☀ Sistem penggerak motor listrik lebih sesuai dimana konstruksinya kecil dan sederhana, sehingga dapat digabungkan menjadi satu unit kesatuan dalam rumah pompa.



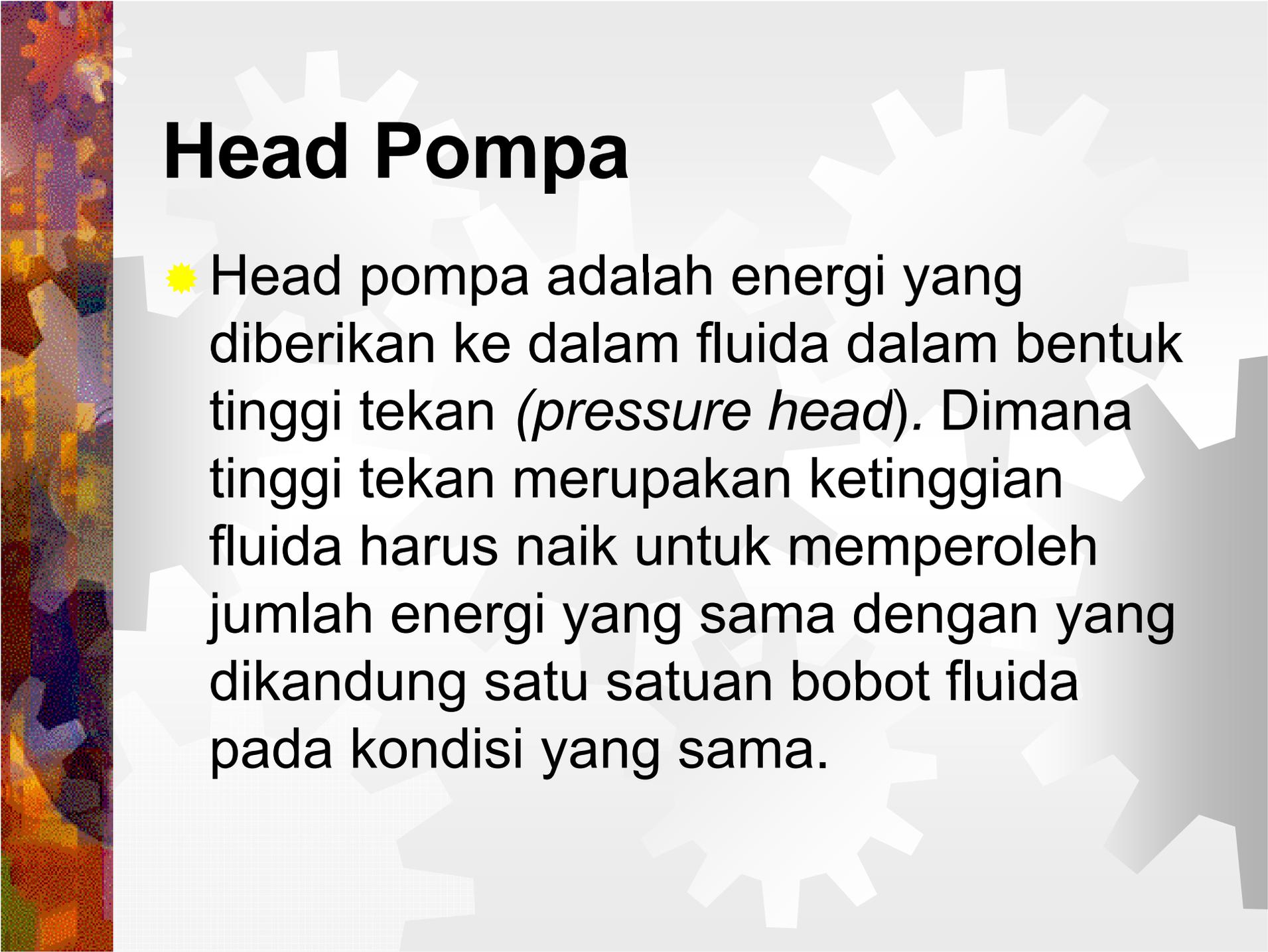
# Dasar-dasar Pemilihan Pompa

- ☀ Dasar pertimbangan pemilihan pompa, didasarkan pada sistem ekonomisnya, yakni keuntungan dan kerugian jika pompa tersebut digunakan dan dapat memenuhi kebutuhan pemindahan fluida sesuai dengan kondisi yang direncanakan.
- ☀ Yang perlu diperhatikan dalam pemilihan jenis pompa adalah fungsi terhadap instalasi pemipaan, kapasitas, head, viskositas, temperature kerja dan jenis motor penggerak.



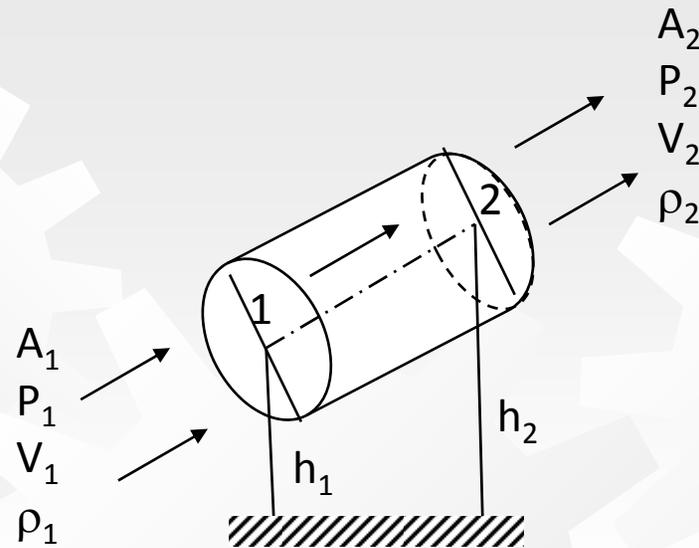
Kondisi yang diinginkan dalam perencanaan

- a. Kapasitas dan head pompa harus mampu dipenuhi.
- b. Fluida yang mengalir secara kontinu.
- c. Pompa yang dipasang pada kedudukan tetap.
- d. Konstruksi sederhana.
- e. Mempunyai efisiensi yang tinggi.
- f. Harga awal relatif murah juga perawatannya.



# Head Pompa

- ☀ Head pompa adalah energi yang diberikan ke dalam fluida dalam bentuk tinggi tekan (*pressure head*). Dimana tinggi tekan merupakan ketinggian fluida harus naik untuk memperoleh jumlah energi yang sama dengan yang dikandung satu satuan bobot fluida pada kondisi yang sama.



- Pada gambar ini terdapat dua buah titik dengan perbedaan kondisi letak, luas penampang, tekanan serta kecepatan aliran fluida. Fluida kerja mengalir dari kondisi pertama (titik 1) ke kondisi yang kedua (titik 2), aliran ini disebabkan oleh adanya suatu energi luar  $E_o$ . Energi luar ini terjadi merupakan perbedaan tekanan yang terjadi pada kedua kondisi operasi (titik 1 dan 2), atau  $E_o = (P_2 - P_1) \cdot Q$

Sedangkan pada setiap kondisi tersebut terdapat juga suatu bentuk energi, yaitu energi kinetik ( $E_k$ ) dan energi potensial ( $E_p$ ) atau dapat dituliskan sebagai berikut :

- Untuk titik 1 :

$$\begin{aligned} \text{Energi yang terkandung } E_1 &= E_{k1} + E_{p1} \\ &= \frac{1}{2} m_1 \cdot v_1^2 + m_1 \cdot g \cdot h_1 \end{aligned}$$

- Untuk titik 2 :

$$\begin{aligned} \text{Energi yang terkandung } E_2 &= E_{k2} + E_{p2} \\ &= \frac{1}{2} m_2 \cdot v_2^2 + m_2 \cdot g \cdot h_2 \end{aligned}$$

Dan hubungan dari kondisi kerja ini adalah  $E_o = E_2 - E_1$ , atau dapat dituliskan:

$$(P_2 - P_1) \cdot Q = \left[ \frac{1}{2} m_2 \cdot v_2^2 + m_2 \cdot g \cdot h_2 \right] - \left[ \frac{1}{2} m_1 \cdot v_1^2 + m_1 \cdot g \cdot h_1 \right]$$

$$(P_2 - P_1) \cdot Q = \frac{1}{2} \{ (m_2 \cdot v_2^2) - (m_1 \cdot v_1^2) + (m_2 \cdot g \cdot h_2) - (m_1 \cdot g \cdot h_1) \} \dots \dots (1)$$

Dimana :  $Q = A \cdot V = \text{Konstan}$

$$M = \rho \cdot A \cdot V \quad , \text{ dimana } \rho_1 = \rho_2$$

Sehingga persamaan (1) di atas dapat dituliskan sebagai berikut :

$$(P_2 - P_1)A.V = \frac{1}{2} [(\rho.A.V^3)_2 - (\rho.A.V^3)_1] + \rho.A.V.g(h_2 - h_1)$$

$$(P_2 - P_1) = \frac{1}{2} \rho(V_2^2 - V_1^2) + \rho.g(h_2 - h_1) \dots \dots \dots (2)$$

Jika  $\rho$  ( $\text{kg/m}^3$ ) .  $g$  ( $\text{m/s}^2$ ) =  $\gamma$  ( $\text{N/m}^3$ ), maka persamaan (2) dapat disederhanakan menjadi :

$$\frac{P_2 - P_1}{\gamma} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + (h_2 - h_1)$$

Atau persamaan untuk mencari head pompa digunakan hukum Bernoulli yaitu :

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + H_p = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + H_L$$

Maka :

$$H_p = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + Z_2 - Z_1 + H_L$$

Dimana :  $\frac{P_2 - P_1}{\gamma}$  adalah perbedaan head tekanan.

$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$  adalah perbedaan head kecepatan

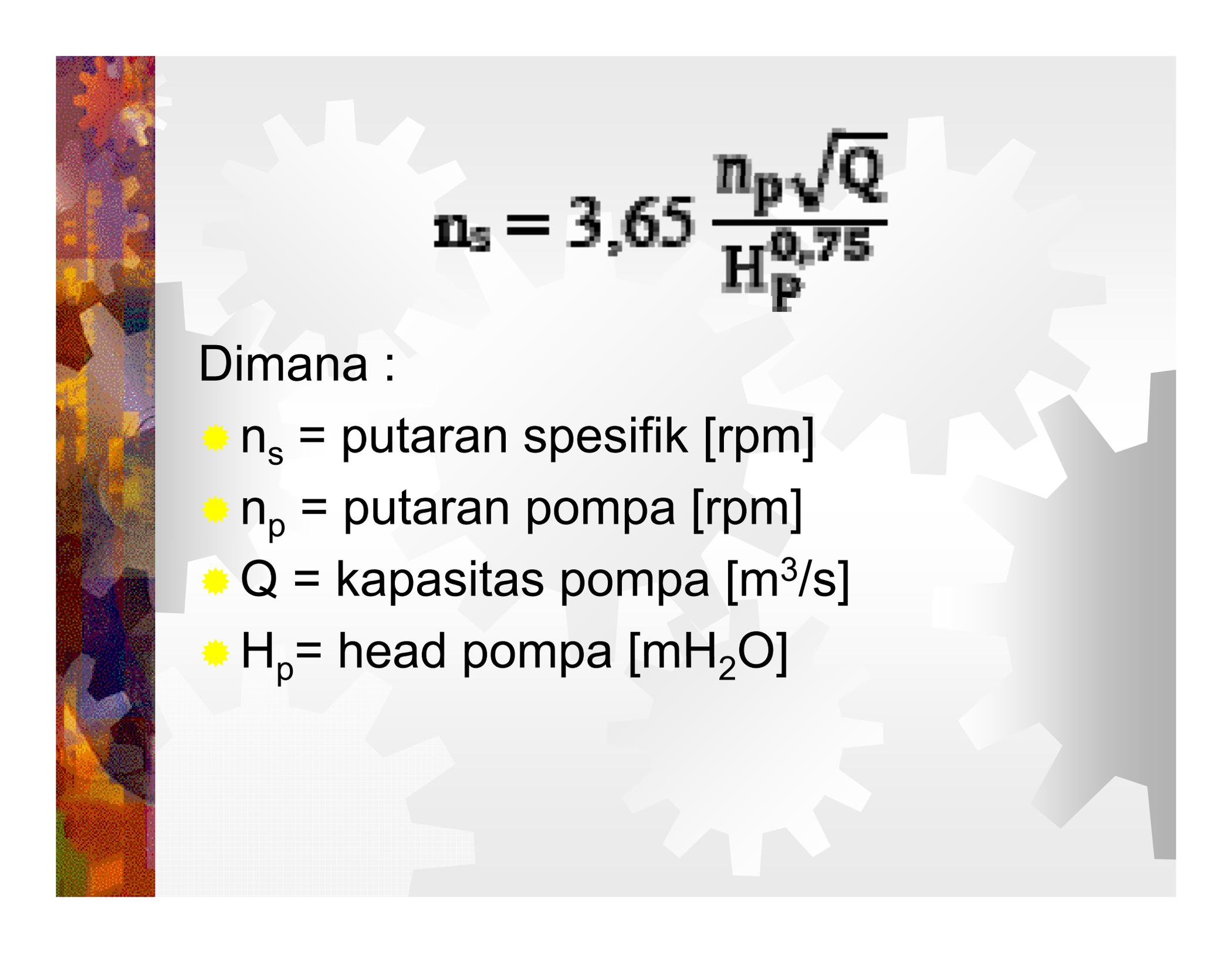
$Z_2 - Z_1$  adalah perbedaan head potensial

$H_L$  adalah kerugian head (*head losses*)



# Putaran spesifik

- ☀ Jenis impeler yang digunakan pada suatu pompa tergantung pada putaran spesifiknya. Putaran spesifik adalah putaran yang diperlukan pompa untuk menghasilkan 1 m dengan kapasitas 1 m<sup>3</sup>/s, dan dihitung berdasarkan (Khetagurov, hal 205)


$$n_s = 3,65 \frac{n_p \sqrt{Q}}{H_p^{0,75}}$$

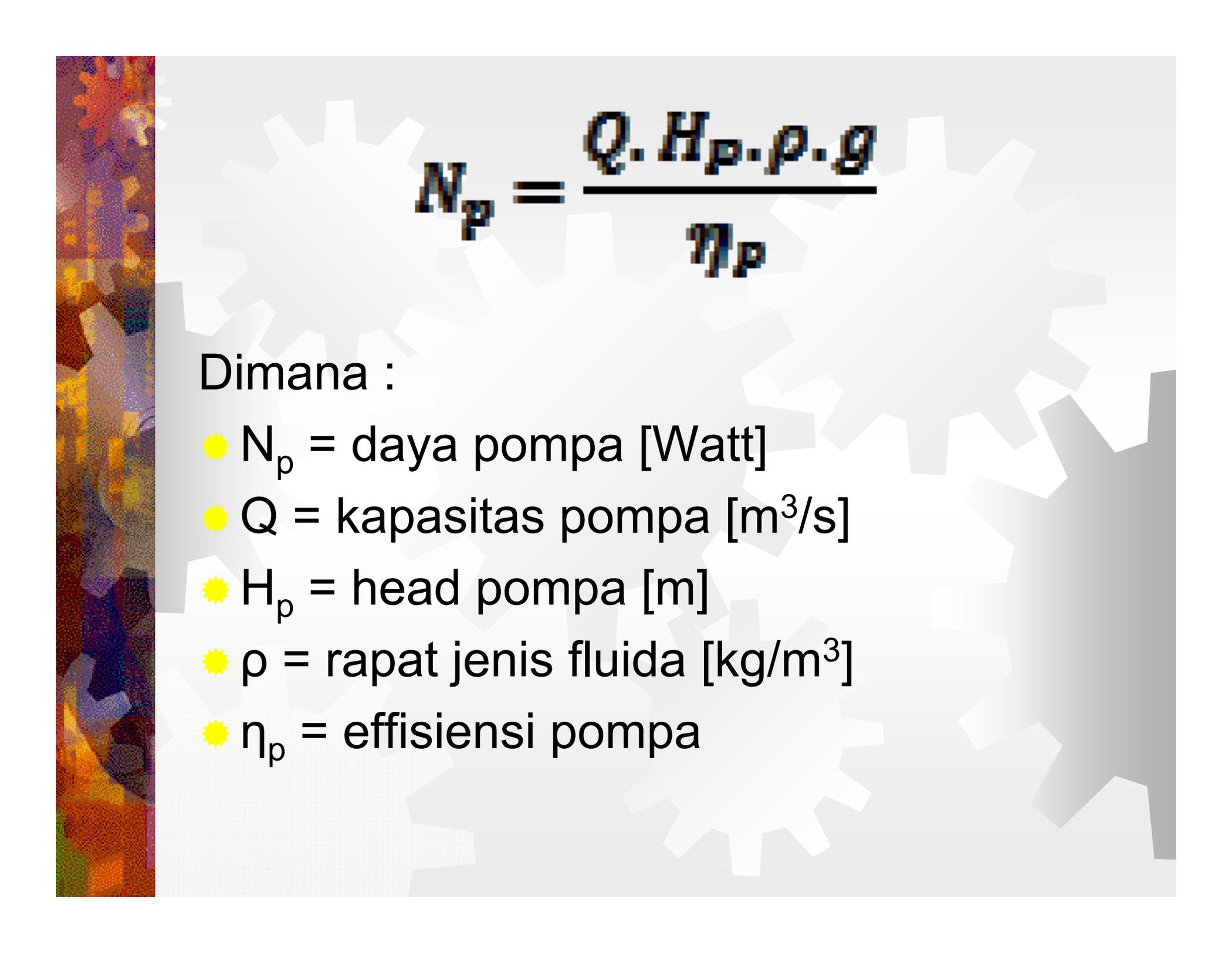
Dimana :

- ☀  $n_s$  = putaran spesifik [rpm]
- ☀  $n_p$  = putaran pompa [rpm]
- ☀  $Q$  = kapasitas pompa [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]
- ☀  $H_p$  = head pompa [ $\text{mH}_2\text{O}$ ]



# Daya pompa

- ☀ Daya pompa ialah daya yang dibutuhkan poros pompa untuk memutar impeler didalam memindahkan sejumlah fluida dengan kondisi yang diinginkan. Besarnya daya poros yang dibutuhkan dapat dihitung berdasarkan rumus berikut (Fritz dietzel. Hal 243 )


$$N_p = \frac{Q \cdot H_p \cdot \rho \cdot g}{\eta_p}$$

Dimana :

- ☀  $N_p$  = daya pompa [Watt]
- ☀  $Q$  = kapasitas pompa [ $m^3/s$ ]
- ☀  $H_p$  = head pompa [m]
- ☀  $\rho$  = rapat jenis fluida [ $kg/m^3$ ]
- ☀  $\eta_p$  = efisiensi pompa

# KONSEP DASAR

## ★ TEKANAN

menggambarkan gaya yang dikeluarkan oleh air pada luasan bidang tertentu dari suatu objek yang tenggelam dalam air.

$$\text{Tekanan (kN/m}^2\text{)} = \frac{\text{Gaya (kN)}}{\text{luas (m}^2\text{)}}$$

$$1 \text{ bar} = 14,7 \text{ lbf/in}^2 = 1 \text{ kgf/cm}^2 = 100 \text{ kN/m}^2$$

irigasi curah (*sprinkler irrigation*) → tek. sebesar 3 bar (300 kN/m<sup>2</sup>) → setiap luasan 1 m<sup>2</sup> pada pipa bagian dalam dan pompa mempunyai gaya seragam sebesar 300 kN

## **Pengukuran Tekanan**

Tekanan air dalam pipa dapat diukur dengan **Bourdon Gage**

*Di dalam alat ini terdapat suatu slang (tube) berbentuk lengkung yang akan meregang apabila di bawah tekanan.*

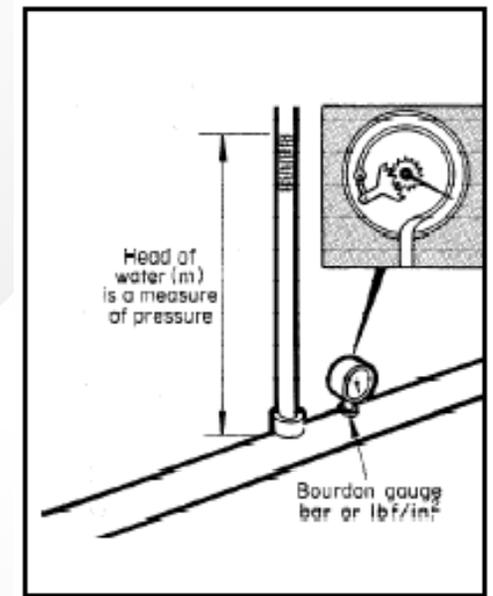
*Jika tekanannya 1 bar ,air akan naik 10 m.*

$$\begin{aligned}\text{Head tekanan (m)} &= 0,1 \times \text{tekanan (kN/m}^2\text{)} \\ &= 10 \times \text{tekanan (bar)}\end{aligned}$$

## **Tekanan Atmosfir**

tekanan dari atmosfer udara sekeliling kita, menekan ke bawah tubuh kita pada permukaan bumi

$$\text{Tekanan atmosfer} = 100 \text{ kN/m}^2 = 1 \text{ bar} = 10 \text{ m kolom air}$$





# Energi

Dalam pemompaan energi diperlukan untuk mengangkat air dengan debit tertentu.

Energi air dipasok oleh suatu pompa yang bergerak dengan *tenaga manusia atau motor dengan menggunakan tenaga matahari, angin atau bahan bakar.*

## ***Pengukuran Energi***

satuan yang biasanya digunakan adalah kilowatt-jam (kWh) dimana  $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh}$ .

- a. Petani bekerja di sawah : energi sekitar 0,2 – 0,3 kWh setiap hari
- b. kipas angin di atas meja menggunakan energi 0,3 kWh setiap jam

## ★ Perhitungan Energi yang diperlukan:

*Jumlah energi yang diperlukan untuk memompa air tergantung pada volume air yang dipompa dan head yang diperlukan.*

$$\text{Energi air (kWh)} = \frac{\text{Volume air (m}^3\text{)} \times \text{head(m)}}{365}$$

## ■ Tenaga atau Daya (Power)

*Tenaga atau Daya adalah laju penggunaan energi yang biasanya diukur dengan satuan kilowatt (kW)*

$$\text{Tenaga (kW)} = \frac{\text{Energi (kWh)}}{\text{waktu (jam)}}$$

1 HP = 0,74 kW atau

1 kW = 1,35 HP.

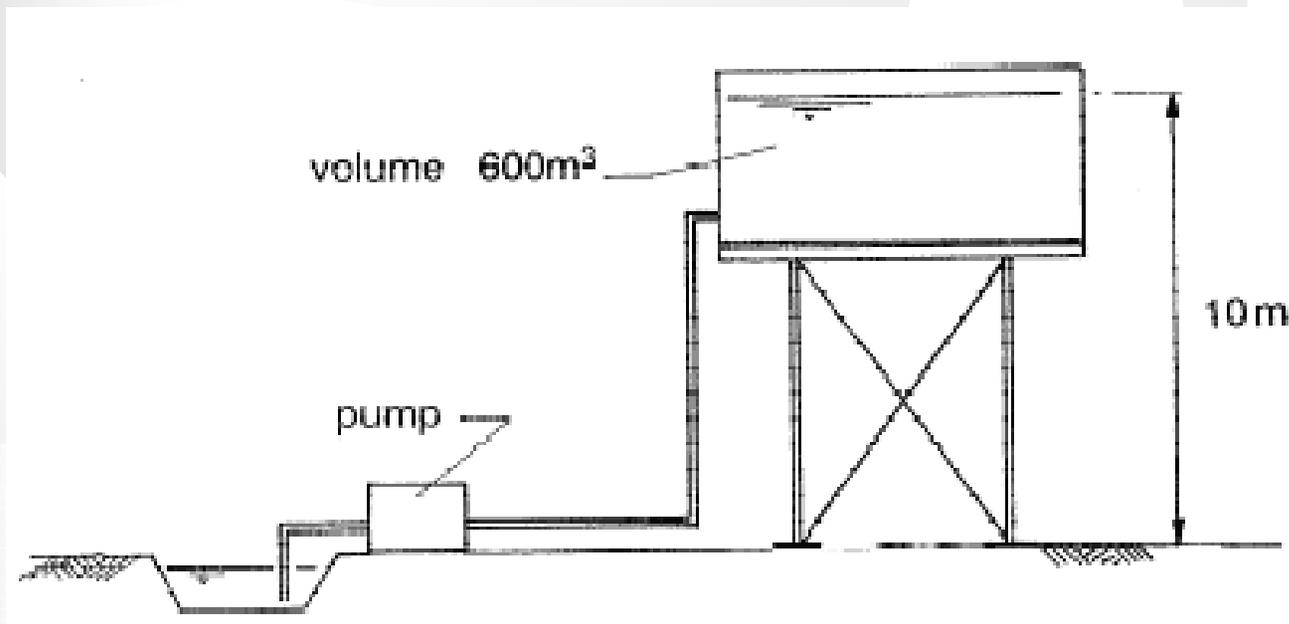
Cara lain menghitung tenaga dan energi adalah menggunakan debit air yang dipompa (daripada volume air yang dipompa).

$$\text{Tenaga Air (kW)} = 9,81 \times \text{Debit} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{det}} \right) \times \text{Head (m)}$$

$$\text{Energi Air} = \text{Tenaga Air (kW)} \times \text{Waktu operasional (jam)}$$

# Contoh

- Sejumlah  $600 \text{ m}^3$  air dipompa setiap hari ke suatu tangki air yang terletak  $10 \text{ m}$  di atas permukaan tanah. Hitung jumlah energi yang diperlukan?
- Dengan menggunakan persamaan di atas maka energi air =  $(600 \times 10)/365 = 16,4 \text{ kWh}$  setiap hari.



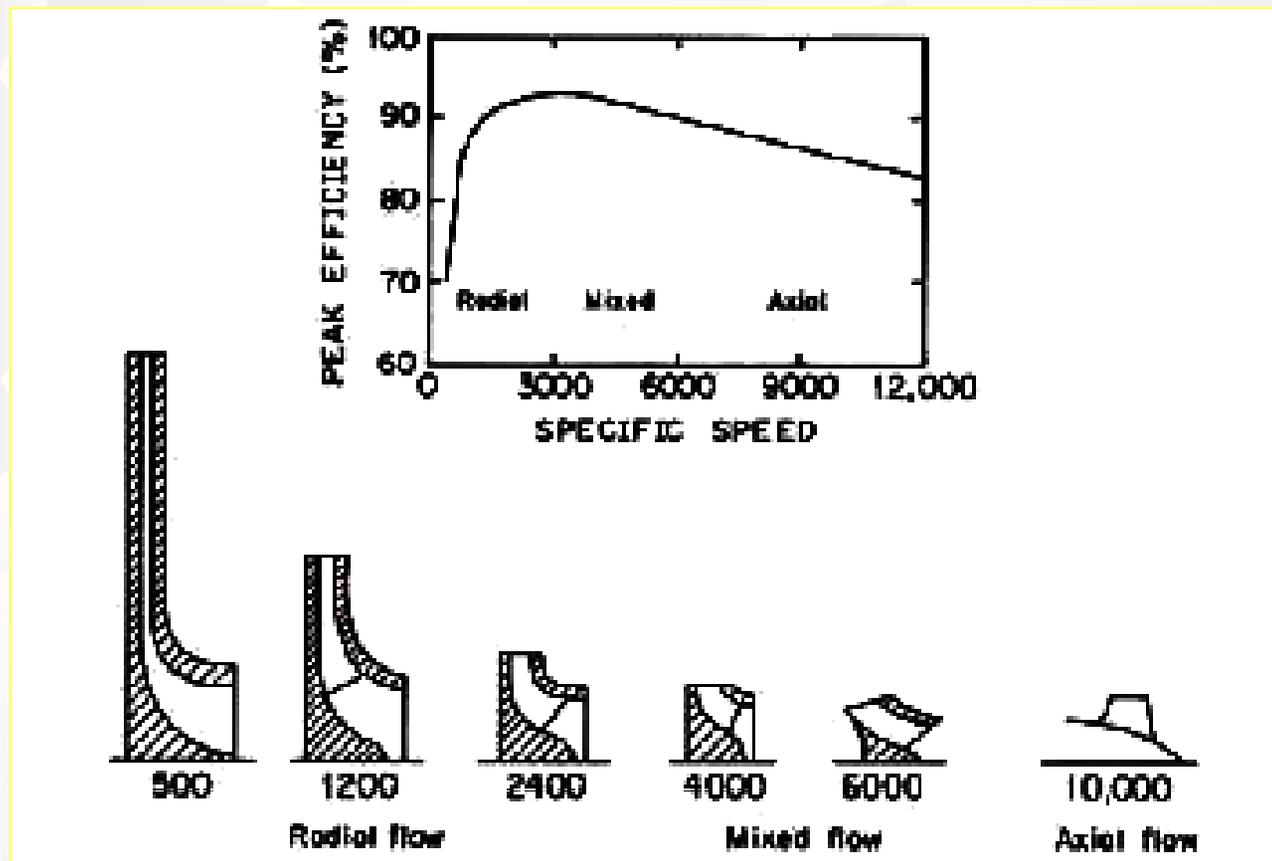
## Contoh 2:

- ☀ Pada contoh di atas telah dihitung bahwa energi diperlukan setiap hari untuk mengangkat  $600 \text{ m}^3$  air setinggi 10 m adalah 16,4 kWh. Berapa tenaga air yang diperlukan ?
- ☀ Untuk menghitung tenaga air dari energi air diperlukan waktu yang diperlukan untuk pemompaan:
  - ✳ Jika pemompaan kontinu selama 24 jam per hari, maka Tenaga Air (kW) adalah  $16,4/24 = 0,68 \text{ kW} = 0,92 \text{ HP}$
  - ✳ Jika pompa hanya bekerja 12 jam/hari, maka Tenaga Air =  $16,4/12 = 1,37 \text{ kW} = 1,85 \text{ HP}$
  - ✳ Jika pemompaan hanya 6 jam/hari, maka Tenaga Air =  $16,4/6 = 2,73 \text{ kW} = 3,68 \text{ HP}$ .

# HUBUNGAN ANTARA KECEPATAN SPESIFIK, BENTUK IMPELER DAN TIPE POMPA

<u>SPECIFIC SPEED<sup>1</sup></u>	<u>CROSS SECTION</u>	<u>TYPE OF PUMP</u>	<u>HEAD-DISCHARGE CHARACTERISTICS</u>
$N_s = \frac{Q \sqrt{H}}{T.D.H.^{3/4}}$ <p>Q in liters per minute and TDH in meters</p>			
(a) 500		Centrifugal (Radial flow)	High head Small discharge
(b) 1000			
(c) 2000		Francis impeller	Intermediate head and discharge
(d) 3000			
(e) 5000		Mixed flow	
(f) 10,000		Propeller flow (Axial flow)	Low head Large discharge

# BENTUK IMPELER DAN EFISIENSI MAKSIMUM

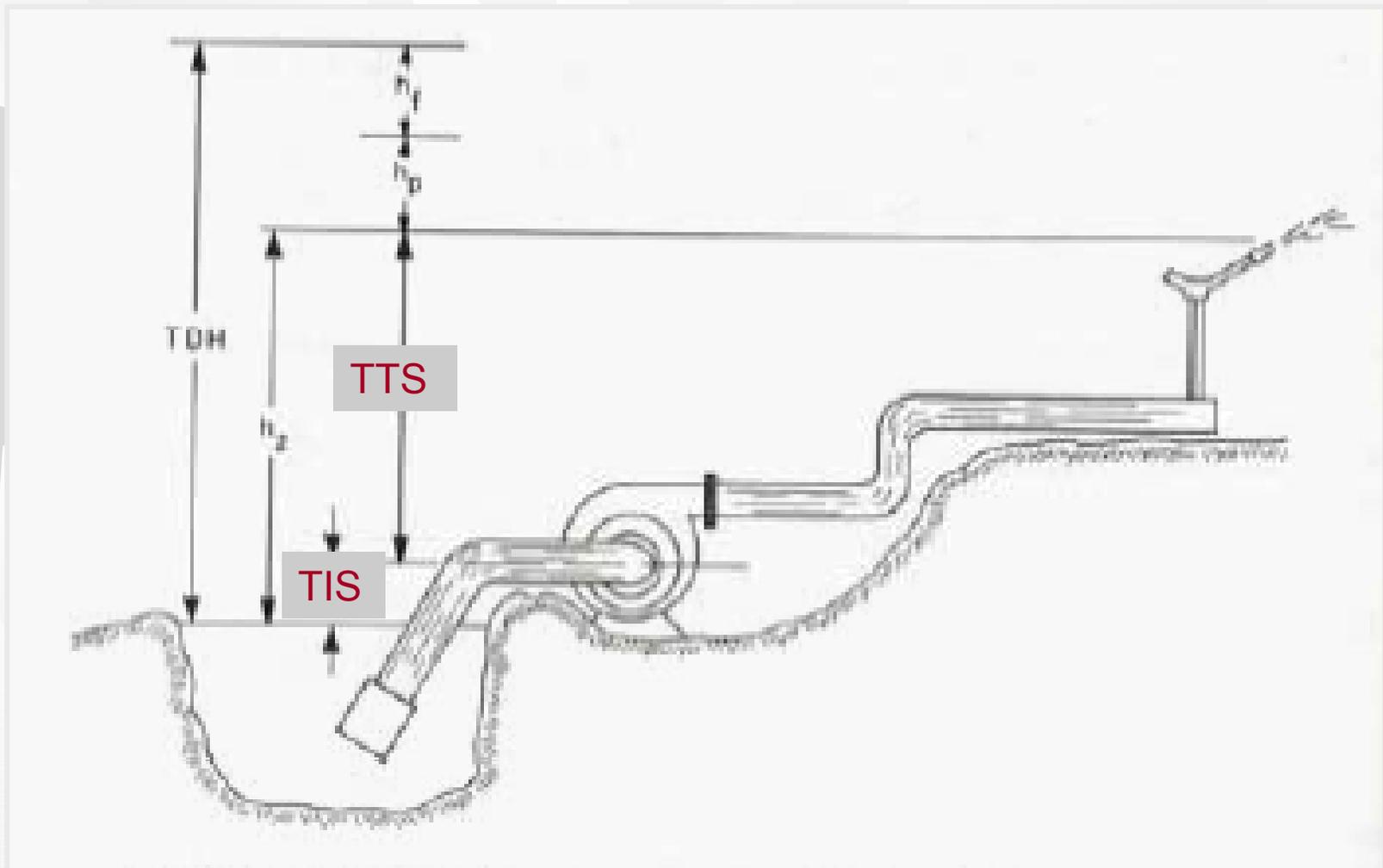


# TERMINOLOGI :

- ✱ KAPASITAS : *volume air yang keluar dari pompa per satuan waktu. (DEBIT ALIRAN..liter/det)*
- ✱ TINGGI ISAP STATIK (Static Suction Lift) : *Jarak vertikal dari poros pompa ke muka air sumber.*
- ✱ TOTAL TINGGI ISAP (Total Suction Lift) : *Jumlah dari tinggi isap statik dengan semua kehilangan energi pada pipa isap (pipa, saringan dan klep kaki) ditambah dengan velocity head pada pipa isap.*
- ✱ TINGGI TEKAN STATIK (Static Discharge Head) : *Jarak vertikal dari poros pompa ke elevasi muka air yang keluar dari pompa.*

- 
- ☀ TOTAL HEAD TEKAN (Total Discharge Head) : *Jumlah tinggi tekan statik dengan semua kehilangan energi pada pipa tekan (pipa, sambungan) ditambah dengan velocity head dan pressure head.*
  - ☀ TOTAL HEAD : *adalah energi yang diberikan pompa pada air, besarnya merupakan penjumlahan dari Total Head Tekan dan Total Tinggi Isap.*
  - ☀ TOTAL HEAD STATIK : *jarak vertikal dari muka air pada pipa isap ke muka air keluar.*
  - ☀ FRICTION HEAD : *head ekuivalen dinyatakan dalam meter kolom air untuk menanggulangi gesekan aliran dalam pipa.*
  - ☀ PRESSURE HEAD : *tekanan dinyatakan dalam meter kolom air dalam ruang tertutup dimana pompa mengisap atau menekan air*
  - ☀ VELOCITY HEAD : *tekanan air (dinyatakan dalam meter kolom air) diperlukan untuk menghasilkan aliran ( $H_v = v^2/2g$ )*

# SISTEM PEMOMPAAN



- ★ MAKSIMUM TINGGI ISAP POMPA (maximum practical suction lift). Untuk operasional pompa sentrifugal tanpa kavitasasi, tinggi isap ditambah dengan semua kehilangan lainnya harus lebih kecil dari tek. Atm teoritis.

$$H_s = H_a - H_f - e_s - \text{NPSH} - F_s$$

$H_s$  : maksimum tinggi isap atau jarak dari pusat pompa ke muka air (m)

$H_a$  : Tekanan atmosfer pada permk. Air (m atau 10,33 m pada permk. Laut)

$H_f$  : kehilangan karena gesekan pada saringan, pipa, samungan, dan klep pada pipa isap (m)

$e_s$  : tekanan uap air jenuh (m)

NPSH : net positive suction head pompa termasuk kehilangan di impeller dan velocity head (m)

$F_s$  : Faktor pengaman biasanya diambil sekitar 0.6 m

Koreksi  $H_a$  untuk ketinggian tempat adalah sekitar 0.36 m per 300 m tinggi tempat.

# Contoh :

☀ Tentukan maksimum tinggi isap untuk pompa dengan debit 38 l/det. Suhu air 20° C. Total hilang gesekan pada pipa diameter 10 cm dan sambungan adalah 1.5 m. Pompa beroperasi pada ketinggian tempat 300 dpl. NPSH pompa dari pabriknya 4.7 m.

☀  $e_s$  pada 20° C = 0,24 m (dari Tabel 2.1)

☀  $F_s = 0,6$  m. Tekanan atmosfer =  $10,33 - 0,36 = 9,97$  m

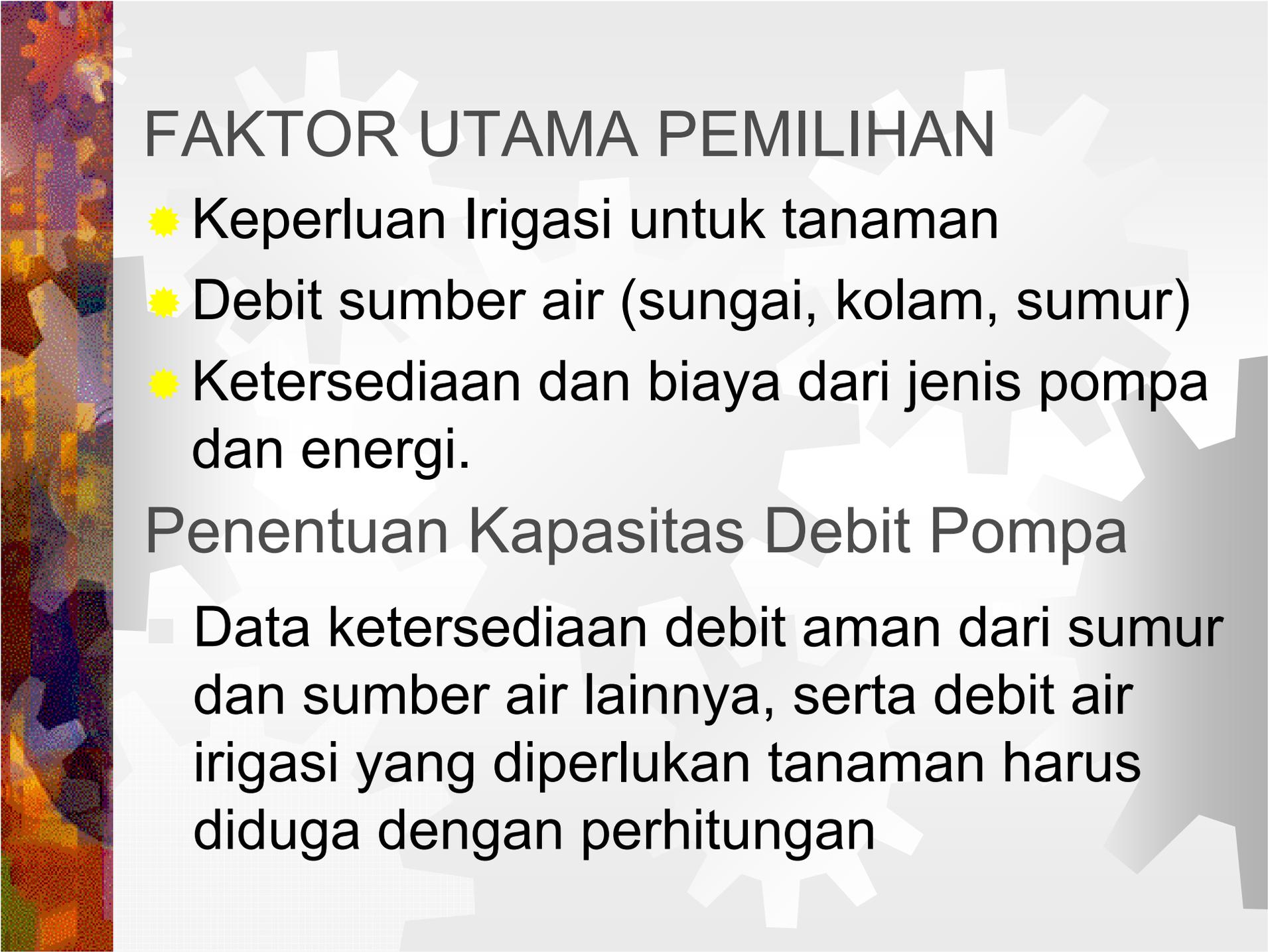
☀  $H_s = 9,97 - 1,5 - 0,24 - 4,7 - 0,6 = 2,93$  m.

Tabel 2.1. Hubungan antara Suhu dengan Tekanan Uap Air

Suhu ( $^{\circ}$ C)	Tekanan uap air (m kolom air)
10	0,12
15	0,17
20	0,24
30	0,43
40	0,77
50	1,26
90	7,3
100	10,33

Tabel 2.2. Hubungan antara ketinggian tempat dengan Tekanan Atmosfir

Ketinggian di atas muka laut (m)	Tekanan atmosfer (m kolom air)
0	10,33
250	10,0
500	9,75
1.000	9,20
1.500	8,60
2.000	8,10



## FAKTOR UTAMA PEMILIHAN

- ☀ Keperluan Irigasi untuk tanaman
- ☀ Debit sumber air (sungai, kolam, sumur)
- ☀ Ketersediaan dan biaya dari jenis pompa dan energi.

## Penentuan Kapasitas Debit Pompa

- Data ketersediaan debit aman dari sumur dan sumber air lainnya, serta debit air irigasi yang diperlukan tanaman harus diduga dengan perhitungan

# Kapasitas Debit Pompa

- ☀ Debit pompa harus mampu memenuhi keperluan puncak tanaman
- ☀ Debit pompa tergantung pada :
  1. luas areal pada tanaman yang berbeda
  2. keperluan puncak tanaman
  3. perioda rotasi
  4. lama operasional pemompaan dalam satu hari



✦ Hubungan tersebut dapat dihitung dengan persamaan :

$$q = \sum \frac{A \times y}{R \times T} \times \frac{1000}{36} = 27,78 \times \sum \frac{A \times y}{R \times T}$$

dimana:

- q: debit pompa (liter/detik);
- A : luas areal tanaman (hektar);
- y: kedalaman air irigasi (cm);
- R: perioda rotasi (hari);
- T: lama pemompaan per hari (jam/hari)

# Contoh :

Seorang petani mempunyai lahan seluas 5 hektar yang akan ditanami berbagai jenis tanaman sebagai berikut:

Jenis Tanaman	Luas areal (hektar)	Jumlah air irigasi (cm)	Perioda Rotasi (hari)	Jam Kerja Pemompaan (jam/hari)
1. Padi	2	10	10	10
2. Jagung	2	7,5	15	10
3. Sayuran	1	7,5	10	10

# Penyelesaian :

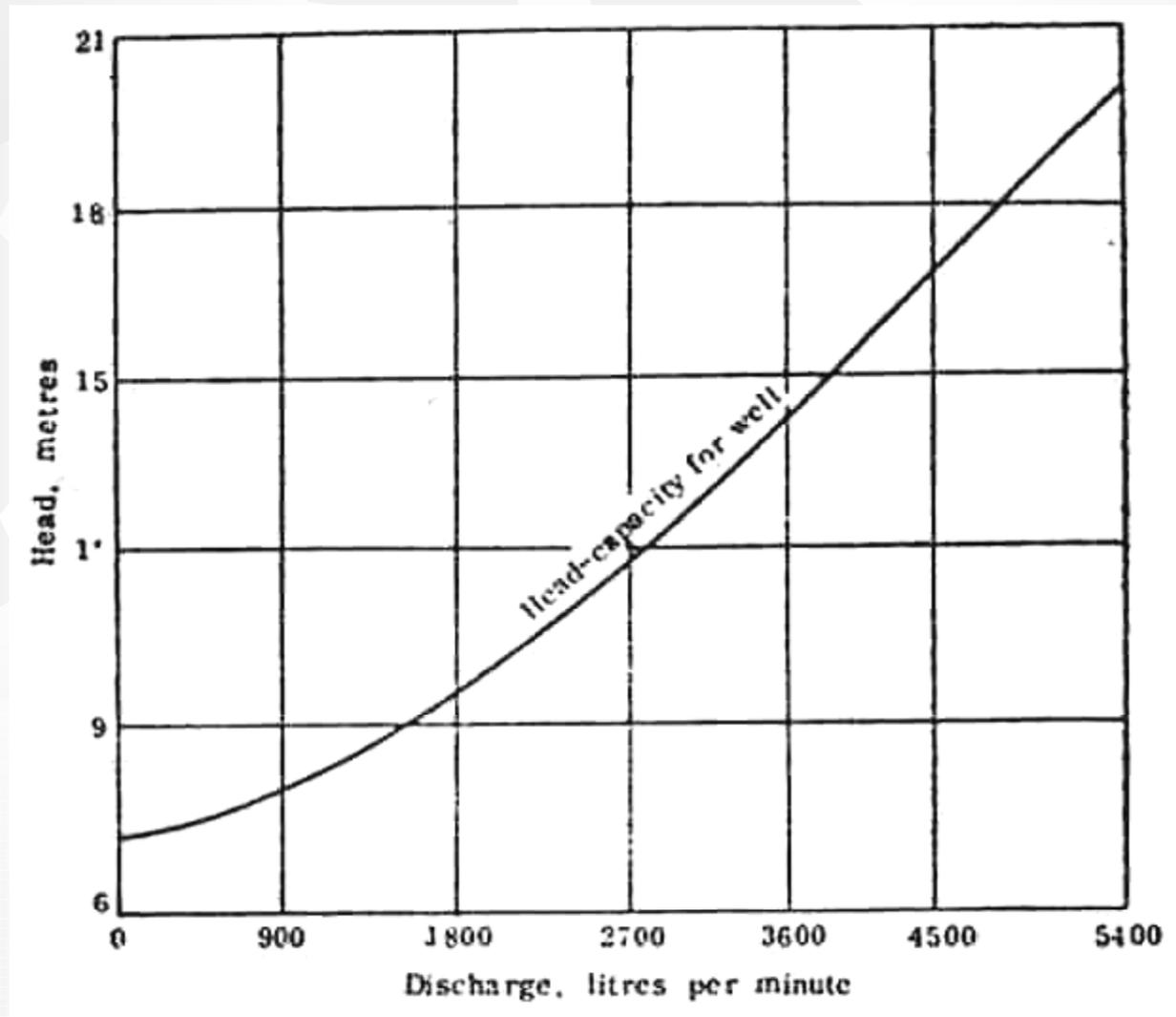
- ★ Debit pompa yang diperlukan :

$$27,78 \times \left[ \frac{2 \times 10}{10 \times 10} + \frac{2 \times 7,5}{15 \times 10} + \frac{1 \times 7,5}{10 \times 10} \right] = 10,4 \text{ l/det}$$

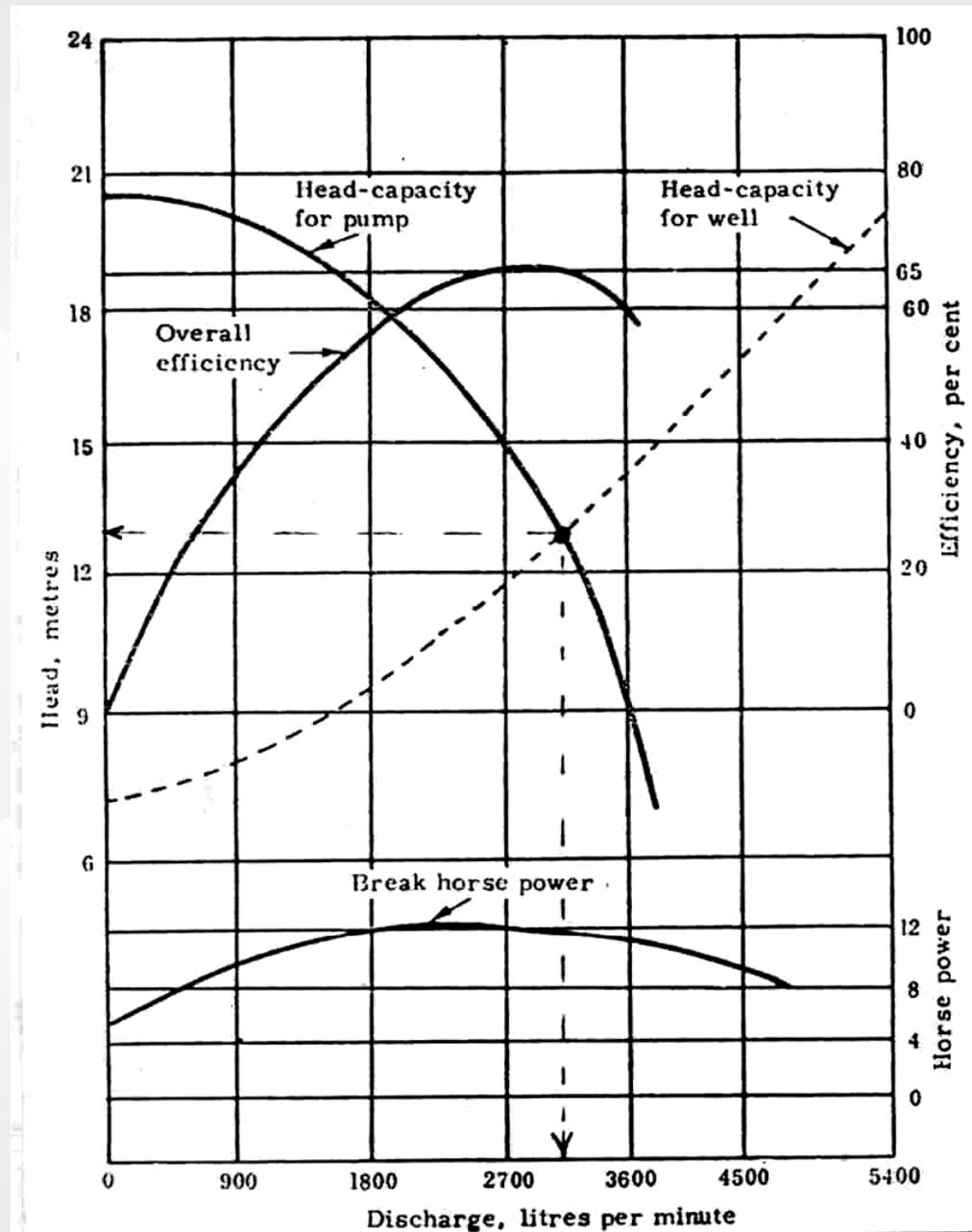
# Kemampuan Sumur :

- ☀ Karakteristik surutan-debit dari suatu sumur menentukan pemilihan pompa.
- ☀ Pompa yang cocok akan didapat dengan cara mencocokkan karakteristik pompa dengan karakteristik sumur.
- ☀ Hubungan debit pemompaan dengan penurunan muka air di sumur (surutan) adalah merupakan karakteristik sumur
- ☀ Penurunan elevasi muka air tanah dihitung dari permukaan tanah.

# Tipikal Karakteristik Sumur



# Gabungan Kurva Karakteristik Sumur dan Pompa





# Kehilangan Head Gesekan pada Sistem Pipa

- ☀ Kehilangan head pada instalasi pipa termasuk energi atau head yang diperlukan untuk :
  - a. menanggulangi gesekan (tahanan) pada pipa (headloss mayor)
  - b. perlengkapan lainnya (saringan, klep kaki, sambungan, siku, socket dll)



☀ Gesekan terjadi baik pada pipa isap dan pipa hantar yang besarnya tergantung :

a. kecepatan aliran

b. ukuran pipa

c. kondisi pipa bagian dalam

d. bahan pembuat pipa.

☀ Kehilangan energi gesekan pipa umumnya dihitung dengan rumus dari Hazen-William:

$$v = 0,849 C R^{0,63} S^{0,54}$$

$$h_f = \frac{10,684 Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,87}} \times L$$



☀ Dimana :

v: kecepatan rata-rata dalam pipa (m/detik);

C: koefisien gesekan pipa (Lihat Tabel);

R: jari-jari hidrolis (m);  $R = D/4$  untuk penampang pipa lingkaran;

L: panjang pipa (m);

D: diameter dalam pipa (m);

S : gradien hidrolis =  $h_f/L$ ;

$h_f$  : kehilangan energi (m);

Q : debit aliran ( $m^3/detik$ ).

☀ Nilai C pada rumus Hazen-William, tergantung pada derajat kehalusan pipa bagian dalam, jenis bahan pembuat pipa dan umur pipa

## Kondisi pipa dan nilai C (Hazen-William)

<b>Jenis pipa</b>	<b>Koefisien Kehalusan "C"</b>
Pipa besi cor, baru	130
Pipa besi cor, tua	100
Pipa baja, baru	120 – 130
Pipa baja, tua	80 – 100
Pipa dengan lapisan semen	130 – 140
Pipa dengan lapisan asphalt	130 – 140
Pipa PVC	140 – 150
Pipa besi galvanis	110 – 120
Pipa beton (baru, bersih)	120 – 130
Pipa beton (lama)	105 – 110
Alumunium	135 – 140
Pipa bambu (betung, wulung, tali)	70 – 90

## Contoh :

- ✦ Hitung kehilangan head karena gesekan pada pipa besi (baru) berdiameter 10 cm, panjang 120 m jika air mengalir dengan debit 10 liter/detik.

- ✦ Berdasarkan kurva dengan  $C = 130$ :  
Kehilangan energi =  $20/1000 \times 120 \text{ m} = 2,40 \text{ m}$

- ✦ Berdasarkan rumus :

$$h_f = \frac{10,684(0,01)^{1,85}}{130^{1,85} (0,1)^{4,87}} \times L$$

$$= 0,019 \times 120 \text{ m} = 2,3 \text{ m}$$

## Kehilangan Energi pada Perlengkapan Lainnya (Minor Losses)

☀ Saringan pompa 
$$h_f = K_s \times \frac{v^2}{2g}$$

☀ Klep kaki 
$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2g}$$

- ☀  $K_s$  dan  $K_f$  adalah konstanta, umumnya diasumsikan nilai  $K_s = 0,95$  dan nilai  $K_f = 0,80$ .
- ☀ Head loss dalam klep dan sambungan pipa lainnya ditentukan dengan menggunakan Nomogram

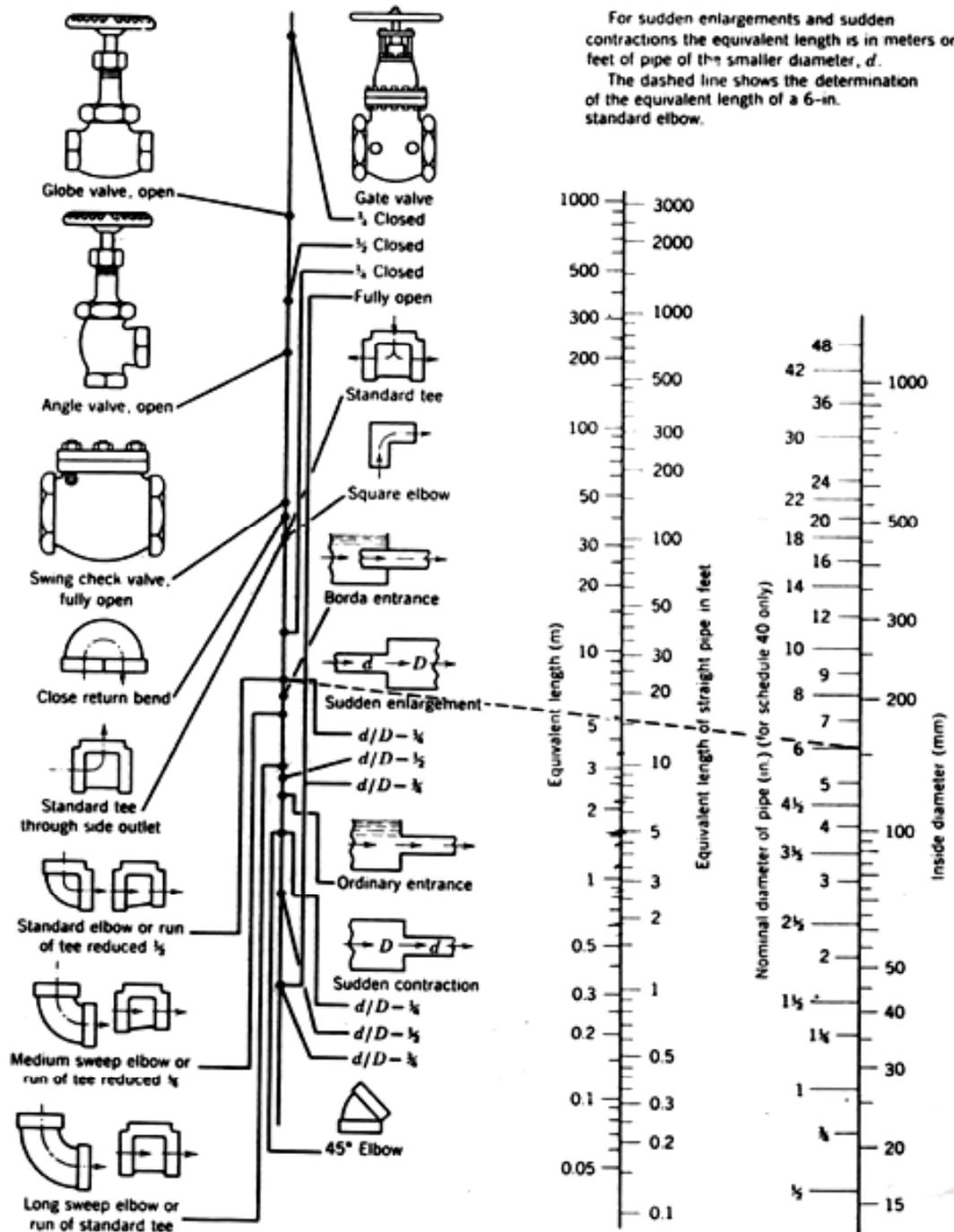


Fig. C.2 Minor friction losses for valves and fittings. (Adapted from Water, 1960)

Jika terjadi kontraksi tiba-tiba dengan perbandingan diameter kecil ( $d$ ) dengan diameter besar ( $D$ ) 1:2, nilai  $d = 80$  mm.

Maka dari titik  $d = 80$  mm ditarik garis ke “*sudden contraction*” (penyempitan serentak) dengan  $d/D=1/2$ , maka kehilangan energi sama (ekivalen) dengan kehilangan energi pada pipa lurus sepanjang 0,9 meter.

☀ Kehilangan energi pada Klep Balik (*Reflux Valve*) biasanya disamakan dengan untuk Klep Kaki.

☀ Untuk jaringan pipa bambu, kehilangan energi karena pelebaran mendadak dapat dihitung dengan persamaan:

$$h_f = K_l \frac{(V_1^2 - V_2^2)}{2g}$$

dimana  $K_l$  adalah koefisien losses pada bambu  $K_l = 1,57$ .

☀ Pada penyempitan mendadak head loss dihitung dengan

$$h_f = K_l \frac{V_2^2}{2g}$$

☀ dimana  $K_l = 0,40$ . Pada sambungan bambu-bambu nilai  $K_l = 1,30$

# Rancangan Instalasi Pemompaan

## ☀ Contoh 1:

Suatu pompa diperlukan untuk debit 93.600 liter/jam dengan total head 21 meter. Hitung besarnya WHP. Jika pompa mempunyai efisiensi 72%, berapa HP tenaga penggerak diperlukan. Jika motor listrik dengan drive langsung dengan efisiensi 80% digunakan sebagai tenaga penggerak. Hitung biaya energi listrik dalam sebulan 30 hari. Pompa dioperasikan 12 jam/hari untuk 30 hari. Biaya listrik adalah Rp 100/KWH.

## Penyelesaian:

$$WHP = \frac{\text{Debit (lt / det)} \times \text{Total Head (m)}}{75} = \frac{93.600 \times 21}{60 \times 60 \times 75} = 7,18$$

$$SHP = \frac{WHP}{E_f \text{ .Pompa}} = \frac{7,18}{0,72} = 9,98$$

Karena pompa disambung secara langsung, maka SHP = BHP

$$\text{Kilo Watt input pada Motor} = \frac{BHP \times 0,74}{E_f \text{ .Motor}} = \frac{9,98 \times 0,74}{0,80} = 9,23$$

$$\text{Total Konsumsi Energi per bulan} = 9,23 \times 12 \times 30 = 3322,8\text{KWH}$$

$$\text{Biaya per bulan} = 3322,8 \times 100 = \text{Rp.332.280,-}$$



☀ Contoh 2 :

Suatu pompa sentrifugal yang digerakkan langsung dengan motor listrik dipasang dalam sumur gali. Debit pompa 18 liter/detik. Efisiensi pompa 67%. Pusat pompa berada 60 cm vertikal di atas muka air statik dan 6,2 meter di atas muka air selama pemompaan berlangsung. Panjang pipa isap 7,5 m dengan diameter 8 cm. Klep kaki dan saringan dipasang pada pipa isap. Pipa isap disambung pada inlet pipa dengan siku (*long sweep bend*) diameter sama. Air dipompa sampai ke puncak pipa yang disambungkan dengan sistem distribusi pipa dalam tanah. Jarak vertikal dari pusat pompa ke puncak pipa hantar adalah 16 m. Panjang total pipa hantar 24 m berdiameter 7 cm. Sambungan pipa pada pipa hantar adalah 3 buah siku (*sweep bend*), 1 kran (*gate valve*) dan 1 *reflux valve* (disebut juga *check valve* atau *non-return valve*), semuanya dengan diameter pipa sama. Semua pipa terbuat dari pipa besi baru. Berdasarkan data tersebut di atas,

HITUNG: (1) Total head; (2) WHP; (3) BHP motor penggerak

## ☀ Penyelesaian:

$$\text{Luas penampang aliran Pipa Isap} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (0.08)^2}{4} = 0,005 \text{ m}^2$$

$$\text{Cepat aliran} = \frac{Q}{A} = \frac{18 / 1000}{0,005} = 3,6 \text{ m / det}$$

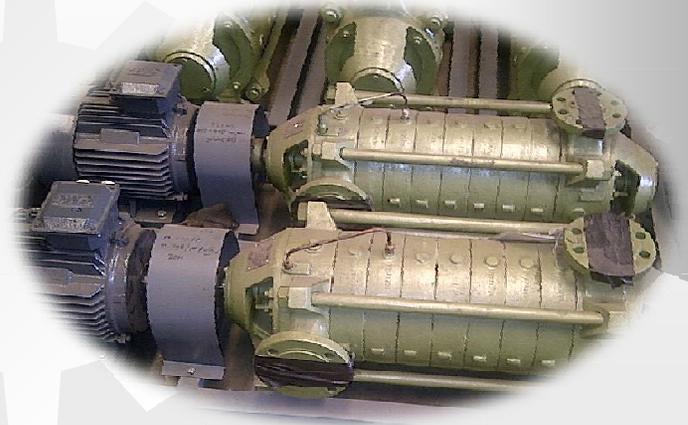
$$\text{Luas penampang aliran Pipa Hantar} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (0.07)^2}{4} = 0,0038 \text{ m}^2$$

$$\text{Cepat aliran pada pipa hantar} = \frac{Q}{A} = \frac{18 / 1000}{0,0038} = 4,74 \text{ m / det}$$

- Total Head = Total head tinggi isap + Total head tinggi tekan.
- Tinggi Isap Statik = 6,2 m. Head loss pada pipa isap ( $Q = 18$  lt/det, diameter 8 cm, panjang 7,5 m,  $C = 130$ ) =  $0,171 \times 7,5 \text{ m} = 1,28 \text{ m}$  (Gunakan rumus).

- Head loss pada siku, diameter 8 cm : Gambar 4.3: panjang ekuivalen = 1,5 m; Head loss =  $0,171 \times 1,5 \text{ m} = 0,256 \text{ m}$  . Head loss pada saringan =  $0,95 \times (3,6)^2 / (2 \times 9,81) = 0,63 \text{ m}$ .
- Head loss pada klep kaki =  $0,80 \times (3,6)^2 / (2 \times 9,81) = 0,53 \text{ m}$ .
- Velocity Head pada pipa isap =  $v^2 / 2g = 3,6^2 / (2 \times 9,8) = 0,66 \text{ m}$ .
- Total Head pada pipa Isap =  $6,2 + 1,28 + 0,26 + 0,63 + 0,53 + 0,66 = 9,56 \text{ m}$
- Tinggi Tekan Statik = 16 m. Head loss pada pipa hantar (diameter 7 cm; panjang 24 m):  $0,33 \times 24 = 7,92 \text{ m}$ .
- Head loss pada 3 buah siku (diameter 7 cm):  $3 \times (1,4 \times 0,33) = 1,39 \text{ m}$ . Head loss pada gate valve, diameter 7 cm =  $0,55 \times 0,33 = 0,18 \text{ m}$ . Head loss pada Reflux Gate =  $0,8 \times (4,742^2 / 2 \times 9,81) = 0,92 \text{ m}$  (menggunakan persamaan untuk klep kaki).
- Velocity Head pada outlet =  $(4,742^2 / 2 \times 9,81) = 1,14 \text{ m}$ .
- Total Head pada pipa hantar =  $16 + 7,92 + 1,39 + 0,18 + 0,92 + 1,14 \text{ m} = 27,55 \text{ m}$
- Total Head =  $9,56 + 27,55 \text{ m} = 37,11 \text{ m}$
- WHP =  $(18 \times 37,11) / 75 = 8,9 \text{ HP}$
- BHP motor penggerak =  $8,9 / 0,67 = 13,3 \text{ HP}$

**SELESAI**



## REFERENCES

1. **L. Nelik.** *Centrifugal and Rotary Pumps: Fundamentals with Applications*, CRC Press, Boca Raton, 1999.
2. **Sulzer Pumps.** *Centrifugal Pump Handbook*, 3rd edition, Sulzer Pumps Ltd., Winterthur, Switzerland, Elsevier, 2010.
3. **S. L. Dixon and C. A. Hall.** *Fluid Mechanics and Thermodynamics of Turbomachinery*, 6th Edition, Elsevier Inc., Amsterdam, 2010.
4. **M. P. Singh and G. M. Lucas.** *Blade Design and Analysis for Steam Turbines*, McGraw-Hill Companies, Inc., 2011.
5. **M. P. Boyce.** *Gas Turbine Engineering Handbook*, 3rd edition, GPM, Houston, Texas, 2005.
6. **C. Soares.** *Microturbines: Applications for Distributed Energy Systems*, Elsevier, Amsterdam, 2007.
7. **A. S. Leyzerovich.** *Wet-Steam Turbines for Nuclear Power Plants*, PennWell Corporation, Tulsa, Oklahoma, 2005.
8. **S. Yedidiah.** *Centrifugal Pump User's Guidebook: Problems and Solutions*, Chapman & Hall, New York, 1996.
9. **M. L. Adams Jr.** *Power Plant Centrifugal Pumps Problem Analysis and Troubleshooting*, CRC Press, Boca Raton, 2017.
10. **Sinaga, Nazaruddin.** *Energy Efficiency As Research and Business Opportunity*, Proceeding, International Workshop on Improvement of UNDIP Research Ability and Networking to Stimulate Sustainable Energy, Grand Candi Hotel, Semarang, October 2009.
11. **Cahyono, Sukmaji Indro, G. H. Choe, and Nazaruddin Sinaga.** *Numerical Analysis Dynamometer (Water Brake) Using Computational Fluid Dynamic Software*. Proceedings of the Korean Solar Energy Society Conference, 2009.
12. **Nazaruddin Sinaga, Abdul Zahri.** *Simulasi Numerik Perhitungan Tegangan Geser Dan Momen Pada Fuel Flowmeter Jenis Positive Displacement Dengan Variasi Debit Aliran Pada Berbagai Sudut Putar Rotor*, Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 2, No. 4, Tahun 2014.
13. **Septianto, Fajar, A. Widodo dan N. Sinaga.** *Analisa Penurunan Efisiensi Motor Induksi Akibat Cacat Pada Cage Ball Bantalan*, Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 4, No. 4, Tahun 2015.

14. **Fatichuddin, Mochamad dan N.Sinaga.** *Pengaruh Komposisi Air Terhadap Kebutuhan Daya Kompresor Pada Sistem Pembangkit Listrik Biogas dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit*, Jurnal Ilmiah Momentum, Vol. 12 No. 2, Oktober 2016.
15. **Nazaruddin Sinaga.** *Perancangan Awal Converter Kit LPG Sederhana untuk Konversi Mesin Bensin Skala Kecil*, Eksergi, Jurnal Teknik Energi POLINES, Vol. 13, No. 1, Januari 2017.
16. **Nazaruddin Sinaga.** *Kaji Numerik Aliran Jet-Swirling Pada Saluran Annulus Menggunakan Metode Volume Hingga*, Jurnal Rotasi Vol. 19, No. 2, April 2017.
17. **Nazaruddin Sinaga.** *Analisis Aliran Pada Rotor Turbin Angin Sumbu Horizontal Menggunakan Pendekatan Komputasional*, Eksergi, Jurnal Teknik Energi POLINES, Vol. 13, No. 3, September 2017.
18. **Muchammad, M., Sinaga, N., Yuniyanto, B., Noorkarim, M.F., Tauviqirrahman, M.** *Optimization of Texture of The Multiple Textured Lubricated Contact with Slip*, International Conference on Computation in Science and Engineering, Journal of Physics: Conf. Series 1090-012022, IOP Publishing, Online ISSN: 1742-6596 Print ISSN: 1742-6588.
19. **Nazaruddin Sinaga, Mohammad Tauviqirrahman, Arif Rahman Hakim, E. Yohana.** *Effect of Texture Depth on the Hydrodynamic Performance of Lubricated Contact Considering Cavitation*, Proceeding of International Conference on Advance of Mechanical Engineering Research and Application (ICOMERA 2018), Malang, October 2018.
20. **Syaiful, N. Sinaga, B. Yuniyanto, M.S.K.T. Suryo.** *Comparison of Thermal-Hydraulic Performances of Perforated Concave Delta Winglet Vortex Generators Mounted on Heated Plate: Experimental Study and Flow Visualization*, Proceeding of International Conference on Advance of Mechanical Engineering Research and Application (ICOMERA 2018), Malang, October 2018.
21. **Nazaruddin Sinaga, K. Hatta, N. E. Ahmad, M. Mel.** *Effect of Rushton Impeller Speed on Biogas Production in Anaerobic Digestion of Continuous Stirred Bioreactor*, Journal of Advanced Research in Biofuel and Bioenergy, Vol. 3 (1), December 2019, pp. 9-18.
22. **Nazaruddin Sinaga, Syaiful, B. Yuniyanto, M. Rifal.** *Experimental and Computational Study on Heat Transfer of a 150 KW Air Cooled Eddy Current Dynamometer*, Proc. The 2019 Conference on Fundamental and Applied Science for Advanced Technology (Confast 2019), Yogyakarta, Januari 21, 2019.

23. **Nazaruddin Sinaga.** *CFD Simulation of the Width and Angle of the Rotor Blade on the Air Flow Rate of a 350 kW Air-Cooled Eddy Current Dynamometer*, Proc. The 2019 Conference on Fundamental and Applied Science for Advanced Technology (Confast 2019), Yogyakarta, Januari 21, 2019.
24. **Anggie Restue, Saputra, Syaiful, and Nazaruddin Sinaga.** *2-D Modeling of Interaction between Free-Stream Turbulence and Trailing Edge Vortex*, Proc. The 2019 Conference on Fundamental and Applied Science for Advanced Technology (Confast 2019), Yogyakarta, January 21, 2019.
25. **B. Yunianto, F. B. Hasugia, B. F. T. Kiono, N. Sinaga.** *Performance Test of Indirect Evaporative Cooler by Primary Air Flow Rate Variations*, Prosiding SNTTM XVIII, 9-10 Oktober 2019, 1-7.
26. **E. Yohana, N. Sinaga, I. Haryanto, E. Dharmawan.** *Taperless Type Blade Design with NACA 5513 Airfoil for Wind Turbine 500 TSD*, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 448 (2020) 012006, doi:10.1088/1755-315/448/1/012006.