

BAB II DASAR TEORI

2.1. Pengertian Pompa

Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipadahan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus. Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran.



Gambar 2.1 Pompa Air Aquarium

(Sumber:<http://indarluhsepdyanuri.blogspot.co.id/2016/01/definisi-pompa-Sentrifugal.html>)

2.2. Klasifikasi Pompa

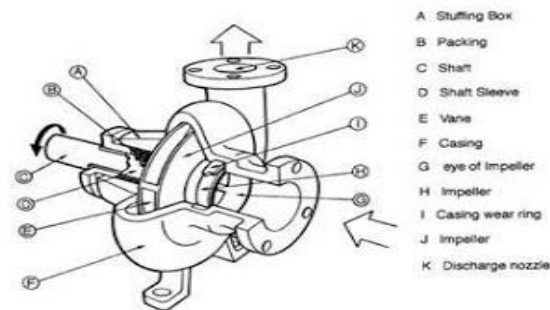
Untuk mempermudah dalam membedakan jenis-jenis dari pompa, pompa dapat diklasifikasikan sebagai berikut, Menurut prinsip perubahan bentuk energi yang terjadi, pompa dibedakan menjadi :

2.2.1. Positive Displacement Pump

Disebut juga dengan pompa aksi positif. Energi mekanik dari putaran poros pompa dirubah menjadi energi tekanan untuk memompakan fluida. Pada pompa jenis ini dihasilkan head yang tinggi tetapi kapasitas yang dihasilkan rendah. Yang termasuk jenis pompa ini adalah :

a. Pompa Sentrifugal

Sifat dari hidrolis ini adalah memindahkan energi pada daun/kipas pompa dengan dasar pembelokan/pengubah aliran (*fluid dynamics*). Kapasitas yang di hasilkan oleh pompa sentrifugal adalah sebanding dengan putaran, sedangkan total head (tekanan) yang di hasilkan oleh pompa sentrifugal adalah sebanding dengan pangkat dua dari kecepatan putaran.



Gambar 2.2 Pompa Sentrifugal

(Sumber : Sularso, 2000)

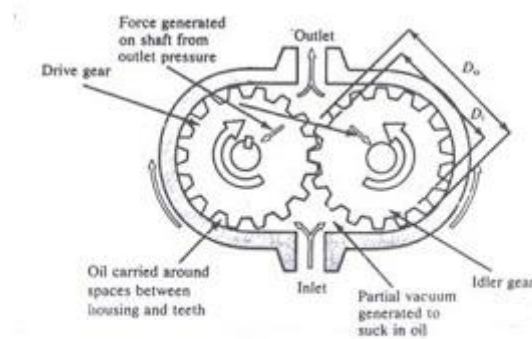
b. Pompa Rotari

Sebagai ganti pelewatan cairan pompa sentrifugal, pompa rotari akan merangkap cairan, mendorongnya melalui rumah pompa yang tertutup. Hampir sama dengan piston pompa torak akan tetapi tidak seperti pompa torak (piston), pompa rotari mengeluarkan cairan dengan aliran yang lancar (*smooth*).

➤ Macam-macam pompa rotari :

- Pompa roda gigi luar

Pompa ini merupakan jenis pompa rotari yang paling sederhana. Apabila gerigi roda gigi berpisah pada sisi hisap, cairan akan mengisi ruangan yang ada diantara gerigi tersebut. Kemudian cairan ini akan dibawa berkeliling dan ditekan keluar apabila giginya bersatu lagi

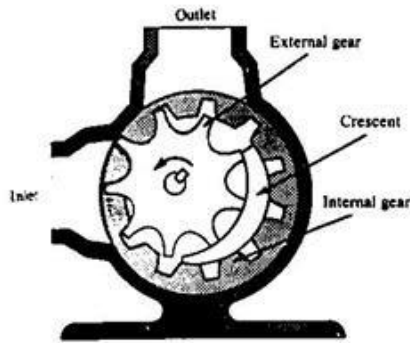


Gambar 2.3 : Pompa roda gigi luar

(Sumber : William dan Arthur Akers, 1990)

- Pompa roda gigi dalam

Jenis ini mempunyai rotor yang mempunyai gerigi dalam yang berpasangan dengan roda gigi kecil dengan penggigian luar yang bebas (*idler*). Sebuah sekat yang berbentuk bulan sabit dapat digunakan untuk mencegah cairan kembali ke sisi hisap pompa.

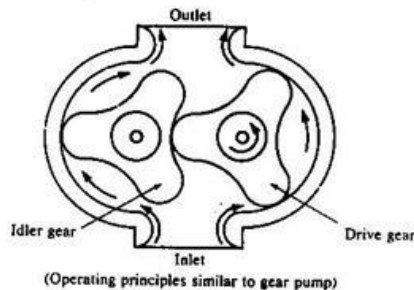


Gambar 2.4 Pompa Roda gigi dalam

(Sumber : William dan Arhur, 1990)

- Pompa cuping (*lobe pump*)

Pompa cuping ini mirip dengan pompa jenis roda gigi dalam hal aksinya dan mempunyai 2 rotor atau lebih dengan 2,3,4 cuping atau lebih pada masing-masing rotor. Putaran rotor tadi diserempakkan oleh roda gigi luarnya.

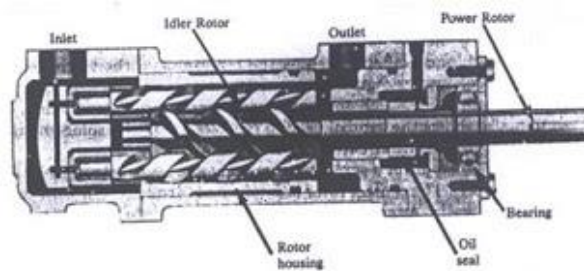


Gambar 2.5 *Lobe Pump*

(Sumber : William dan Arthur, 1990)

- Pompa sekrup (*screw pump*)

Pompa ini mempunyai 1,2 atau 3 sekrup yang berputar di dalam rumah pompa yang diam. Pompa sekrup tunggal mempunyai rotor spiral yang berputar di dalam sebuah stator atau lapisan heliks dalam (*internal helix stator*). Pompa 2 sekrup atau 3 sekrup masing-masing mempunyai satu atau dua sekrup bebas (*idler*).

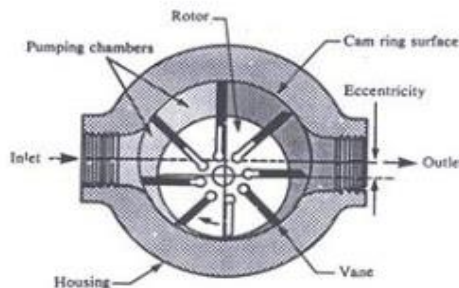


Gambar 2.6 *Three-screw Pump*

(Sumber : William dan Arthur, 1990)

- Pompa baling geser (*vane Pump*)

Pompa ini menggunakan baling-baling yang dipertahankan tetap menekan lubang rumah pompa oleh gaya sentrifugal bila rotor diputar. Cairan yang terjebak diantara 2 baling dibawa berputar dan dipaksa keluar dari sisi buang pompa.



Gambar 2.7 *Vane Pump*

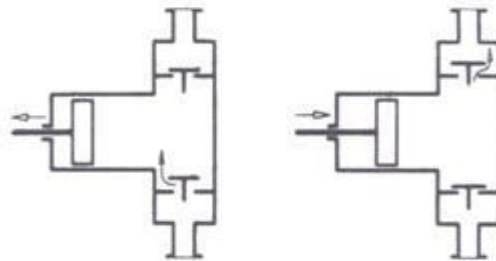
(Sumber : William dan Arthur, 1990)

c. Pompa Torak (Piston)

Pompa torak mengeluarkan cairan dalam jumlah yang terbatas selama pergerakan piston sepanjang langkahnya. Volume cairan yang dipindahkan selama 1 langkah piston akan sama dengan perkalian luas piston dengan panjang langkah. Macam-macam pompa torak :

➤ Menurut cara kerja :

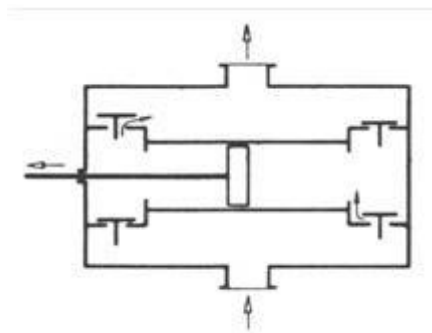
- Pompa torak kerja tunggal



Gambar 2.8 Pompa Kerja Tunggal

(Sumber : William dan Arthur, 1990)

- Pompa torak kerja ganda

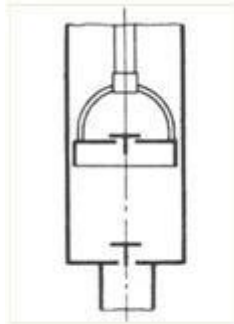


Gambar 2.9 Pompa Kerja Ganda

(Sumber : William & Arthur, 1990)

➤ Menurut jumlah silinder :

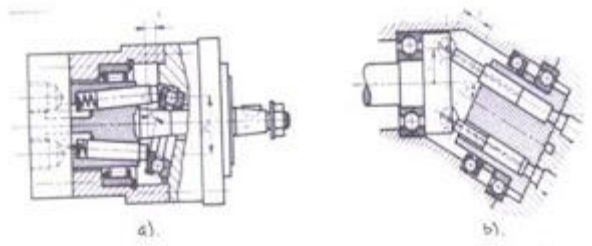
- Pompa torak silinder tunggal



Gambar 2.10 Pompa Torak Silinder Tunggal

(Sumber : William dan Arthur, 1990)

- Pompa torak silinder ganda



Gambar 2.11 Pompa torak silinder ganda

a. *Swashplate pump*

b. *Bent – axis pump*

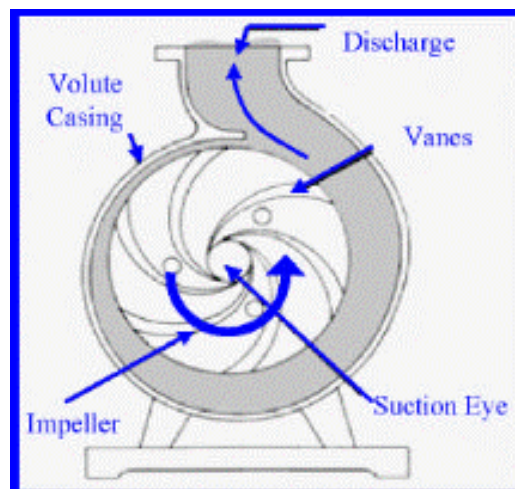
(Sumber : William dan Arthur, 1990)

2.3. Pompa Sentrifugal (*Centrifugal Pump*)

2.3.1. Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Pompa aquarium yang digunakan pada Mesin Pencacah Limbah Plastik Otomatis adalah tipe pompa sentrifugal. Pompa sentrifugal merupakan salah satu peralatan yang paling sederhana dalam berbagai jenis pompa. Gambar 2.12 memperlihatkan bagaimana pompa jenis ini beroperasi :

1. Cairan dipaksa menuju sebuah impeler oleh tekanan atmosfer, atau dalam hal jet pump oleh tekanan buatan;
2. Baling-baling impeler meneruskan energi kinetik ke cairan, sehingga menyebabkan cairan berputar. Cairan meninggalkan impeler pada kecepatan tinggi.
3. Impeler dikelilingi oleh *volute casing* atau dalam hal pompa turbindigunakan cincin *diffuser* stasioner. *Volute* atau cincin *diffuser* stasioner mengubah energi kinetic menjadi energi tekanan.



Gambar 2.12 Gambar Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

(Sumber:<http://indarluhsepdyanuri.blogspot.co.id/2016/01/definisi-pompa-Sentrifugal.html>)

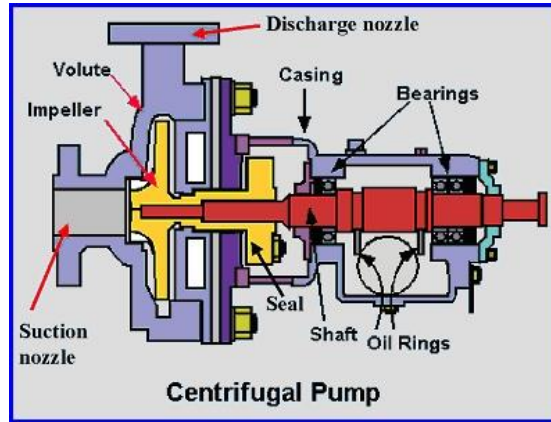
2.3.2. Proses Kerja Pompa Sentrifugal

1. Aliran fluida yang radial akan menimbulkan efek sentrifugal dari impeler diberikan kepada fluida. Jenis pompa sentrifugal atau kompresor aliran radial akan mempunyai *head* yang tinggi tetapi kapasitas alirannya rendah. Pada mesin aliran radial ini, fluida masuk melalui bagian tengah impeler dalam arah yang pada dasarnya aksial. Fluida keluar melalui celah-celah antara sudut dan piringan dan meninggalkan bagian luar impeler pada tekanan yang tinggi dan kecepatan agak tinggi ketika memasuki *casing* atau *volute*.
2. *Volute* akan mengubah *head* kinetik yang berupa kecepatan buang tinggi menjadi head tekanan sebelum fluida meninggalkan pipa keluaran pompa. Jika casing dilengkapi dengan sirip pemandu (*guide vane*), pompa tersebut disebut diffuser atau pompa turbin.
3. *Impeler* Bagian dari pompa yang berputar yang mengubah tenaga mesin ke tenaga kinetik
4. *Volute* Bagian dari pompa yang diam yang mengubah tenaga kinetik ke bentuk tekanan.

2.3.3. Komponen Pompa Sentrifugal

Komponen utama dari pompa sentrifugal terlihat pada Gambar 2.13 dan diterangkan dibawah ini:

1. Komponen berputar: impeller yang disambungkan ke sebuhan poros
2. Komponen statis: *casing*, penutup *casing*, dan *bearings*.



Gambar 2.13. Komponen Utama Pompa Sentrifugal

(Sumber : <https://www.oilandgasclub.com/what-are-the-main-components-of-a-centrifugal-pump/>)

A. Impeller

Impeler merupakan cakram bulat dari logam dengan lintasan untuk aliran fluida yang sudah terpasang. Impeler biasanya terbuat dari perunggu, polikarbonat, besi tuang atau *stainless steel*, namun bahan-bahan lain juga digunakan. Sebagaimana kinerja pompa tergantung pada jenis impelernya, maka penting untuk memilih rancangan yang cocok dan mendapatkan impeler dalam kondisi yang baik.

Jumlah impeler menentukan jumlah tahapan pompa. Pompa satu tahap memiliki satu impeler dan sangat cocok untuk layanan head (tekanan) rendah. Pompa dua tahap memiliki dua impeler yang terpasang secara seri untuk layanan head sedang. Pompa multi-tahap memiliki tiga impeler atau lebih terpasang seri untuk layanan *head* yang tinggi.

➤ Impeler dapat digolongkan atas dasar:

Arah utama aliran dari sumbu putaran aliran radial, aliran aksial, aliran campuran :

1. Jenis hisapan : hisapan tunggal dan hisapan ganda
2. Bentuk atau konstruksi mekanis :
 - a). Impeler yang tertutup memiliki baling-baling yang ditutupi oleh mantel (penutup) pada kedua sisinya. Biasanya digunakan untuk pompa air, dimana baling-baling seluruhnya mengurung air. Hal ini mencegah perpindahan air dari sisi pengiriman ke sisi penghisapan, yang akan mengurangi efisiensi pompa. Dalam rangka untuk memisahkan ruang pembuangan dari ruang penghisapan, diperlukan sebuah sambungan yang bergerak diantara impeler dan wadah pompa. Penyambungan ini dilakukan oleh cincin yang dipasang diatas bagian penutup impeler atau dibagian dalam permukaan silinder wadah pompa. Kerugian dari impeler tertutup ini adalah resiko yang tinggi terhadap rintangan.
 - b). Impeler terbuka dan semi terbuka kemungkinan tersumbatnya kecil. Akan tetapi untuk menghindari terjadinya penyumbatan melalui resirkulasi internal, *volute* atau *back-plate* pompa harus diatur secara manual untuk mendapatkan setela *impeler* yang benar.

B. Batang torak

Batang torak memindahkan *torque* dari motor ke impeler selama startup dan operasi pompa.

C. Cover

Fungsi utama cover adalah menutup impeler pada penghisapan dan pengiriman pada ujung dan sehingga berbentuk tangki tekanan. Tekanan pada ujung penghisapan dapat sekecil sepersepuluh tekanan atmosfer dan pada ujung pengiriman dapat dua puluh kali tekanan atmosfer pada pompa satu tahap. Untuk pompa multi-tahap perbedaan tekanannya jauh lebih tinggi.

Wadah dirancang untuk tahan paling sedikit dua kali tekanan ini untuk menjamin batas keamanan yang cukup. Fungsi wadah yang kedua adalah memberikan media pendukung dan bantalan poros untuk batang torak dan impeler. Oleh karena itu wadah pompa harus dirancang untuk :

- 1).Memberikan kemudahan mengakses ke seluruh bagian pompa untuk pemeriksaan, perawatan dan perbaikan
- 2).Membuat wadah anti bocor dengan memberikan kotak penjejal;
- 3).Menghubungkan pipa-pipa hisapan dan pengiriman ke *flens* secara langsung;
- 4).Mudah dipasang dengan mudah ke mesin penggerak (motor listrik) tanpa kehilangan daya.

2.3.4. Keuntungan dan Kelemahan Pompa Sentrifugal

a. Keuntungan Pompa Sentrifugal

Keuntungan pompa sentrifugal dibandingkan jenis pompa lain :

1. Pada *head* dan kapasitas yang sama, dengan pemakaian pompa sentrifugal umumnya paling murah.
2. Operasional paling mudah
3. Aliran seragam dan halus.
4. Keandalan dalam operasi.
5. Biaya pemeliharaan yang rendah.

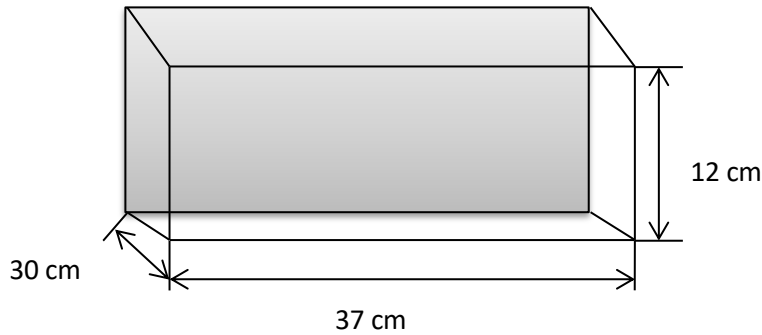
b. Kekurangan Pompa Sentrifugal

Kekurangan pompa sentrifugal antara lain :

1. Dalam keadaan normal pompa sentrifugal tidak dapat menghisap sendiri {tidak dapat memompakan udara}.
2. Kurang cocok untuk mengerjakan zat cair kental, terutama pada aliran volume yang kecil.

2.4 Rumus Perhitungan Pompa

2.4.1 Perhitungan volume wadah (volume wadah yang digunakan)



Rumus perhitungannya : $V = P \times L \times T$(2.1)

2.4.2 Perhitungan Head Total yang dihasilkan oleh Pompa

Head total = head total pada tinggi hisap + head total pada tinggi tekanan

- Langkah 1 mencari head total tinggi hisap

Diketahui :

- Luas selang hisap dan selang hantar = $A = \frac{\pi}{4} d^2$ mm².....(2.2)

- Kecepatan aliran = $V = \frac{Q}{A}$ cm³/det.....(2.3)

- Kecepatan aliran hantar adalah

$Q = V$ discharge (mm/det) x A discharge (mm²) = V suction x A suction

- Head loss pada selang hisap

Dengan rumus :

head loss = $f \frac{1}{d} \frac{v^2}{2g}$ cm³/mm.de.....(2.4)

$$\text{Friction factor (f)} = 64 / \text{Re cm}^3/\text{mm.det} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$\text{Re} = \frac{pvD}{\mu} \text{ cm}^3/\text{mm.det} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana:

Re = Reynold Number

f = friction factor (cm³/mm.det)

l = panjang selang / panjang jarak yang ditempuh fluida dari sisi suction sampai discharge (cm)

v = kecepatan aliran hantar (cm³/det.)

d = diameter dari selang pompa (mm)

g = percepatan gravitasi (m/s)

- Velocity head pada selang hisap

$$\text{Velocity head} = \frac{V \cdot 2}{2g} \text{ cm}^3/\text{det} \dots \dots \dots (2.7)$$

- Langkah 2 mencari head total tinggi tekanan

Tinggi tekanan statik (Jarak vertical dari pusat pompa ke puncak selang hantar = 59 cm), dengan diameter selang = 19,05 dan panjang selang 63cm

$$\text{Head loss pada tinggi selang} = \frac{\text{tinggi tekanan statik} \cdot L}{D \cdot 0,33} \text{ cm} \dots \dots \dots (2.8)$$

- **Jadi Head total = head total pada tinggi hisap + head total pada tinggi tekanan = cm³/mm.det**.....(2.9)

2.4.3 Perhitungan Daya Air

$$P_w = Q \cdot H \cdot g \text{ cm}^3/\text{m}\cdot\text{det}.....(2.10)$$

Dimana :

- Q = Debit air dalam liter/detik, (cm³/det)
- H = Beda Tinggi (meter)
- g = Grafitasi 9,81 (m/detik)

2.4.4 Perhitungan Torsi Pompa

dihitung dengan rumus:

$$T = F \times L \text{ N}\cdot\text{m}.....(2.11)$$

Dimana :

F = gaya yang terjadi karena aliran air (N)

$$\begin{aligned} F &= m \cdot g \\ &= 1 \times 9,8 \\ &= 9,8 \text{ N} \end{aligned}$$

L = adalah lengan gaya yang diukur dari poros pompa ke pengukur gaya (m)

2.4.5 Perhitungan putaran Pompa

yang terjadi dihitung dengan persamaan:

$$n = \frac{N_s \sqrt{Q}}{\sqrt[3]{H}} \text{ cm}^3/\text{mm}\cdot\text{det}.....(2.12)$$

Dimana :

- Q = Kapasitas pompa (cm³ /det)
- H = Head pompa (cm³/mm.det)
- Ns = Kecepatan aliran hantar (cm³/det)
- Konstanta = 51,65