

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Air merupakan sumber kehidupan yang sangat penting bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Negara Indonesia terletak pada garis khatulistiwa yang mempunyai dua siklus musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Saat musim kemarau ada beberapa daerah yang berpotensi masyarakatnya kesulitan mendapatkan air bersih. Penggunaan pompa dalam kehidupan sehari-hari sangat penting yaitu untuk memindahkan fluida kerja dari satu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan air tersebut, dalam pemakaiannya kadang dibutuhkan pompa yang dapat menghasilkan debit yang lebih besar, oleh karena itu diperlukan pompa multi stage sentrifugal. Pompa ini menggunakan lebih dari satu impeler yang dipasang secara seri pada satu poros, zat cair yang keluar dari impeler tingkat pertama akan diteruskan ke impeler tingkat kedua dan seterusnya hingga tingkat terakhir.

### **1.2 Tujuan**

Tujuan yang ingin diperoleh dari perancangan pompa ini adalah untuk memperoleh

- Ukuran-ukuran utama pompa
  - Poros
  - Impeller
  - Perancangan rumah pompa dan diffuser
  - Bantalan
  - Pasak
- Karakteristik pompa
  - Head (H)
  - Kapasitas (Q)

### **1.3 Manfaat dari perancangan ini diharapkan :**

- Dapat mengetahui dan memahami fungsi dari pompa sentrifugal *multi stage*.
- Dapat Menambah pengetahuan bagi penulis dan pembaca mengenai pompa sentrifugal *multi stage*.
- Dapat berguna bagi pembaca dan sebagai bahan pembanding bagi para pembaca.

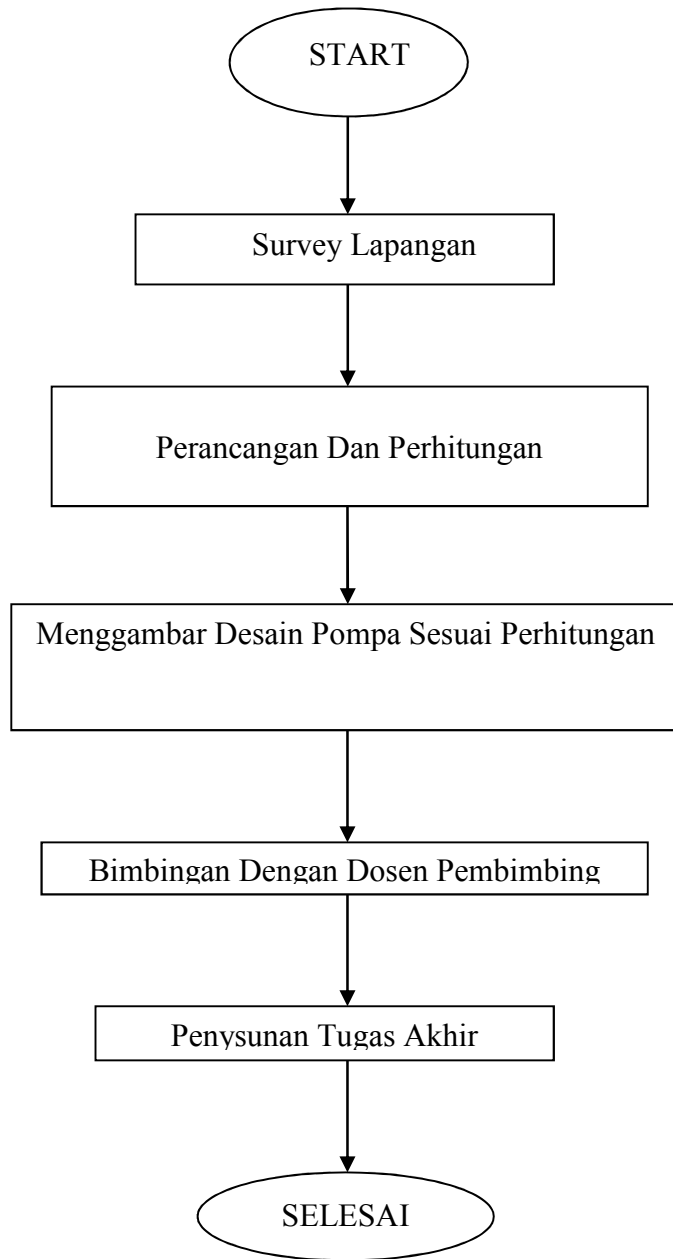
### **1.4 Batasan Masalah**

Mengingat terbatasnya waktu untuk mengerjakan tugas akhir ini dan banyaknya pembahasan mengenai pompa, maka pada perancangan ini dibatasi pada perancangan pompa sentrifugal *multi stage*.

### **1.5 Metode Penulisan**

Metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah sebagai berikut :

- Study Literatur, berupa study kepustakaan, kajian dari buku-buku dan tulisan yang terkait dari perencanaan ini dan mengambil artikel - artikel dari website.
- Survey lapangan
- Penelitian
- Mengambil data dari perusahaan
- Diskusi, berupa tanya jawab dengan dosen pembimbing selama penyusunan proposal ini.



**Gambar 1.1** Diagram Penulisan Tugas Akhir

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Definisi Pompa**

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Kenaikan tekanan cairan tersebut digunakan untuk mengatasi hambatan-hambatan pengaliran. Hambatan-hambatan pengaliran itu dapat berupa perbedaan tekanan, perbedaan ketinggian atau hambatan gesek.

#### **2.2 Jenis – Jenis Pompa**

Klasifikasi Pompa bila ditinjau dari segi tekanan yang menimbulkan energi fluida maka pompa dapat diklasifikasikan dalam 2 jenis yaitu :

1. Pompa tekanan dinamis (non positive displacement pump)
2. Pompa tekanan statis (positive displacement pump)

#### **2.3 Pompa Tekanan Dinamis**

Pompa ini disebut juga dengan “ Non Positive Displacement Pump “ pompa tekanan dinamis terdiri dari poros, sudu - sudu impeller, rumah volut, dan saluran keluar. Energi mekanis dari luar diberikan pada poros pompa untuk memutar impeler. Akibat putaran dari impeler menyebabkan head dari fluida menjadi lebih tinggi karena mengalami percepatan.

##### **2.3.1 Pompa Sentrifugal**

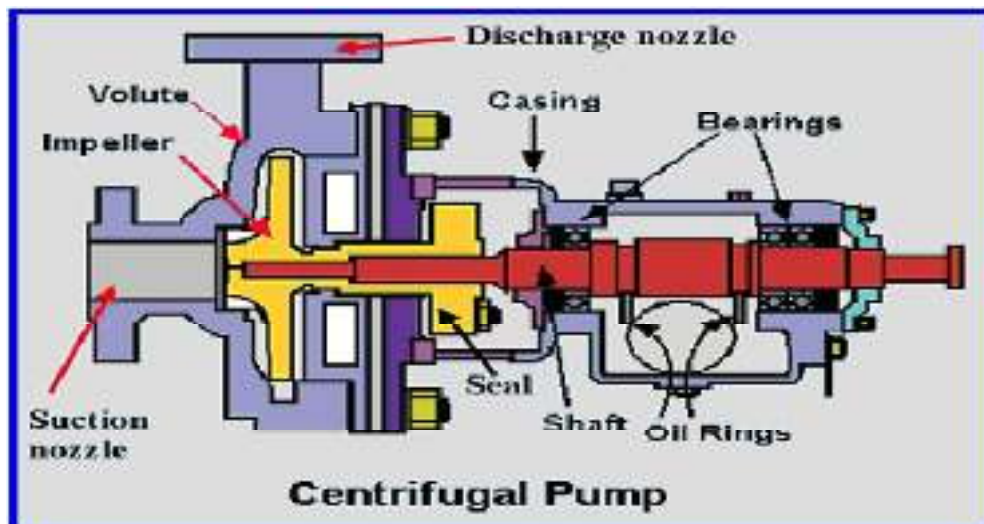
Salah satu jenis pompa kerja dinamis adalah pompa sentrifugal yang prinsip kerjanya mengubah energi kinetik

(kecepatan) cairan menjadi energi potensial (dinamis) melalui suatu impeller yang berputar dalam casing. Adapun Prinsip-prinsip dasar pompa sentrifugal ialah sebagai berikut :

- Gaya sentrifugal bekerja pada impeler untuk mendorong fluida ke sisi luar sehingga kecepatan fluida meningkat.
- Kecepatan fluida yang tinggi diubah oleh casing pompa (volute atau diffuser) menjadi tekanan atau head.

### 2.3.2 Bagian – Bagian Pompa Sentrifugal

Secara umum bagian – bagian pompa sentrifugal dapat dilihat seperti gambar berikut :



Gambar2.1 Bagian–Bagian Pompa Sentrifugal

### 2.3.3 Klasifikasi Pompa Sentrifugal

Pompa Sentrifugal dapat diklasifikasikan, berdasarkan :

1. Kapasitas :

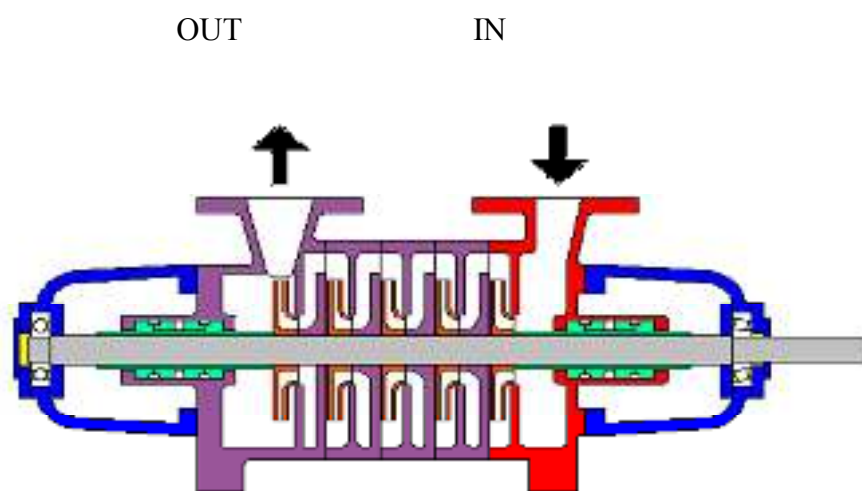
- Kapasitas rendah :  $< 20 \text{ m}^3 / \text{jam}$
- Kapasitas menengah :  $20 \text{ --} 60 \text{ m}^3 / \text{jam}$
- Kapasitas tinggi :  $> 60 \text{ m}^3 / \text{jam}$

2. Tekanan Discharge :
  - Tekanan Rendah : < 5 Kg / cm<sup>2</sup>
  - Tekanan menengah : 5 -:- 50 Kg / cm<sup>2</sup>
  - Tekanan tinggi : > 50 Kg / cm<sup>2</sup>
3. Jumlah / Susunan Impeler dan Tingkat :
  - Single stage : terdiri dari satu impeler dan satu casing.
  - Multi stage : terdiri dari beberapa impeler yang tersusun seri dalam satu casing.
  - Multi Impeller : Terdiri dari beberapa impeler yang tersusun paralel dalam satu casing.
  - Multi Impeller - Multi stage : Kombinasi multi impeler dan multi stage.
4. Posisi Poros :
  - Poros tegak
  - Poros mendatar
5. Jumlah Suction :
  - Single Suction
  - Double Suction
6. Arah aliran keluar impeller :
  - Radial flow
  - Axial flow
  - Mixed flow

Penulis dalam menyusun tugas akhir ini memilih Pompa Sentrifugal menurut jumlah tingkatannya, yaitu : “ *Pompa Sentrifugal Multi Stage* “

### 2.3.4 Pompa Sentrifugal Multi Stage

Pompa ini menggunakan lebih dari satu impeler yang dipasangi berderet pada satu poros (gambar 2.2). 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 lebih besar.



Gambar.2.2 Pompa Sentrifugal Multi Stage

### 2.3.5 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal Multi-Stage :

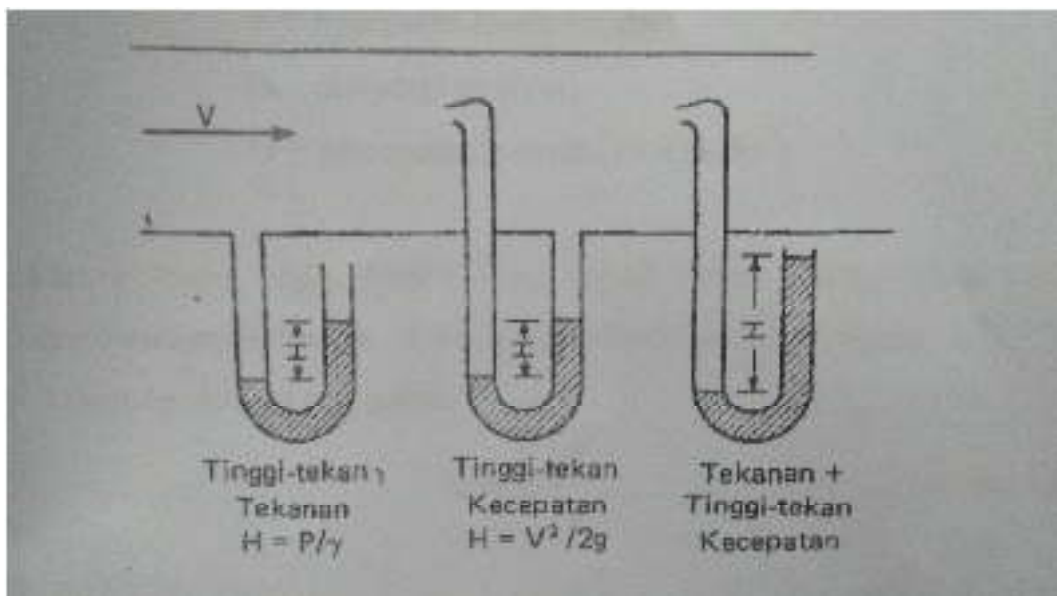
Pompa sentrifugal multi-stage mempunyai beberapa impeller (baling-baling) untuk mengangkat zat cairan dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar impeller didalam zat cair. Maka zat cair yang ada didalam impeller, oleh dorongan sudu-sudu dapat berputar. Karena timbul gaya sentrifugal maka zat cair mengalir dari tengah impeller ke luar melalui saluran diantara sudu-sudu. Disini head tekanan zat cair menjadi lebih tinggi. Demikian pula head kecepatannya menjadi lebih tinggi karena mengalami percepatan. Zat cair yang keluar melalui impeller ditampung oleh saluran berbentuk volut (spiral) dikelilingi impeller dan disalurkan keluar pompa melalui nosel. Didalam nosel ini sebagian head kecepatan aliran diubah menjadi head tekanan. Jadi

impeller pompa berfungsi memberikan kerja pada zat cair sehingga energy yang dikandungnya menjadi lebih besar.

## 2.4 Persamaan Aliran Air Pada Pompa

Head dapat dibagi atas tiga macam yaitu :

1. Head tekanan yaitu besarnya intensitas tekanan (energi) yang dinyatakan dalam meter kolom air dan ditulis dengan  $\frac{p_1}{\rho g}$
2. Head kecepatan yaitu besarnya energi kinetik yang dinyatakan dalam meter kolom air dan ditulis dengan  $\frac{v^2}{2.g}$
3. Elevation head adalah besarnya energi akibat beda ketinggian yang dinyatakan dalam meter kolom air dan biasanya ditulis z.



**Gambar 2.3** Metode-metode pengukuran berbagai bentuk tinggi-tekan (head)

Theorema Bernouli. Energi total fluida adalah sama dengan jumlah ketiga tekan-tinggi (head) yang baru saja disebutkan atau :



$$\frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2 \cdot g} + Z = H \dots\dots\dots(1)\dots\dots\dots(\text{Literatur I, hal. 10})$$

dan, karena energi tidak timbul atau hilang begitu saja, H adalah konstan (dengan mengabaikan rugi-rugi).

## 2.5 Rugi-Rugi Head (Loss of Head)

Suatu fluida yang mengalir dalam pipa akan mengalami gesekan, atau turbulensi akibat fitting. Gesekan tersebut akan mengakibatkan kerugian energi dalam bentuk head dalam suatu aliran fluida yang disebut dengan rugi-rugi head (head of losses).

Head losses dapat dibagi atas 2 bagian, yaitu :

### 1. Major losses

*Major losses* adalah kerugian-kerugian akibat gesekan fluida dengan dinding pipa.

Major losses dapat dihitung dengan persamaan :

$$\Delta H = f \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots(2)\dots\dots\dots(\text{Literatur I, hal. 11})$$

dimana : f = faktor gesekan

g = percepatan gravitasi (m/det<sup>2</sup>)

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

v = kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/det)

$\Delta H$  = major losses.

## 2. Minor losses

*Minor losses* adalah kerugian-kerugian yang terjadi akibat *fitting* (pembelokan, katup, penyempitan, dan lain-lain). Minor losses dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\Delta H = \sum K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots(3)\dots\dots\dots(\text{Literatur I, hal. 13})$$

dimana : K = Koefisien fitting

g = Percepatan gravitasi ( m/det<sup>2</sup> )

v = Kecepatan aliran fluida dalam pipa ( m/det )

$\Delta H$  = Minor losses = penurunan head yang lain

### 2.6 Head Pada Instalasi Pompa

Head pada pompa terdiri dari beberapa jenis, antara lain :

#### a. Head suction static ( Hss )

Head suction static adalah head pompa pada sisi isap, diukur dari permukaan fluida ke center line pompa. Bila permukaan fluida di bawah permukaan center line pompa, maka head head diberi tanda positif (+), demikian sebaliknya.

#### b. Head suction dynamik ( Hsd )

Head suction dynamik adalah head pompa pada sisi isap, yang merupakan gabungan antara major losses dan minor losses sepanjang sisi isap pompa.

$$Hsd = Hfs + Hm$$

Dimana :

$$Hsd = fs \cdot \frac{L_s}{D_s} \times \frac{v_s^2}{2 \cdot g} + \sum K_s \cdot \frac{v_s^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots(4)\dots\dots\dots(\text{Literatur I, hal. 18})$$

#### c. Head suction total ( Hs )

Head suction total adalah head total pada sisi isap, yang merupakan penjumlahan antara *head suction static* (Hss) dengan *head suction dynamik* (Hsd).

$$Hs = Hss + Hsd$$

**d. Head discharge static ( Hds )**

Head discharge static head total pompa pada sisi buang, diukur dari center line pompa sampai kebatas permukaan air sebelah atas *reservoir*.

**e. Head discharge dinamik ( Hdd )**

Head discharge dinamik adalah head pompa pada sisi buang, yang merupakan gabungan antara major losses dan minor losses pada sisi buang pompa.

$$H_{dd} = H_{fd} + H_{ld}$$

Dimana : 
$$H_{dd} = f_d \times \frac{L_d}{D} \times \frac{V^2}{2.g} + \sum K_d \times \frac{V^2}{2.g} \dots\dots\dots(\text{Literatur I, hal. 21})$$

**f. Head discharge total ( Hdt )**

Head discharge adalah head total pompa pada sisi buang yang merupakan penjumlahan antara head discharge statis dengan head discharge dinamik.

Dimana : 
$$H_{dt} = H_{sd} + H_{dd} \dots\dots\dots(\text{Literatur I, hal. 53})$$

Bila head total suction dijumlahkan dengan head discharge total maka akan diperoleh head total pompa yaitu :

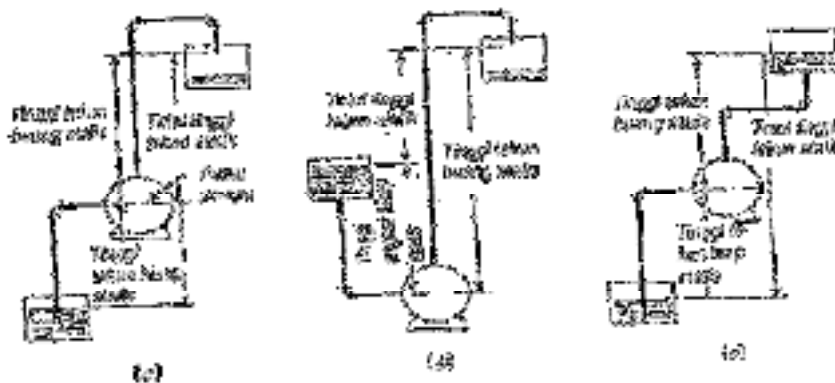
$$H_p = H_{st} + H_{dt} \dots\dots\dots(\text{Literatur I, hal. 53})$$

dimana :

$H_p$  = Head pompa

$H_{st}$  = Head suction total

$H_{dt}$  = Head discharge total



**Gambar 2.3.**Instalasi Head Pompa ( Literatur I, hal. 55 )

### 2.7 Putaran Spesifik

Kecepatan putaran spesifik pompa adalah merupakan fungsi dari kapasitas pompa, head, putaran rotor pada efisiensi pompa yang maksimum pada kondisi persamaan dapat ditulis sebagai berikut :

$$n_s = \frac{n \times \sqrt{Q}}{H^{3/4}} \dots\dots\dots ( \text{Literatur I, hal. 49} )$$

dimana :

$n_s$  = Putaran spesifik ( rpm )

$n$  = Putaran pompa ( rpm )

$Q$  = Kapasitas pompa ( gpm )

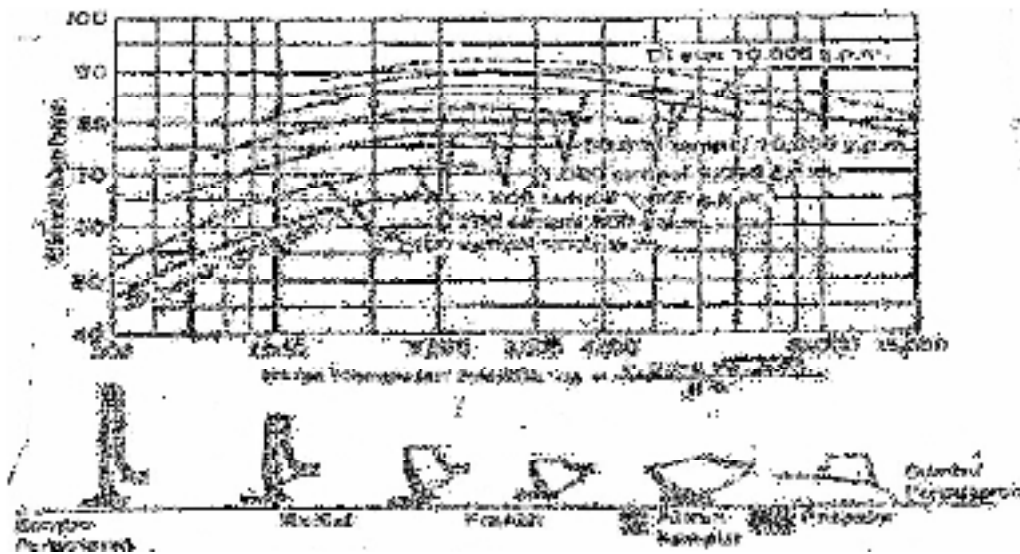
$H$  = Head pompa ( ft )

Tipe impeler, dapat diketahui dengan terlebih dahulu putaran spesifik dari pompa yang dirancang, agar dapat dicapai efisiensi yang maksimum. Masing-masing impeler mempunyai satu daerah kecepatan spesifik yang membuat impeler dapat beroperasi dengan baik.

**Tabel 2.1. Jenis - Jenis Impeler**

No	Jenis impeller	Putaran
1.	Impeler Radial	500 s/d 1500
2.	Impeler Prancis	1500 s/d 4500
3.	Impeler Aliran - Campuran	4500 s/d 8000
4.	Impeler Propeller	> 8000

Sumber : ( Literatur.I hal 53-54 )



**Gambar 2.4.** Efisiensi Berdasarkan Kapasitas dan Spesifik Putaran ( Literatur.I, hal 63 )

## 2.8 Daya Pompa

Daya pompa yang dibutuhkan untuk menggerakkan sebuah pompa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$N_p = \frac{\gamma \times Q \times H_p}{1000 \times \eta_p} \dots\dots\dots(\text{Literatur III, hal. 53})$$

Dimana :

$N_p$  = Daya pompa

$\gamma$  = Berat jenis air

$Q$  = Kapasitas pompa (  $\text{m}^3/\text{det}$  )

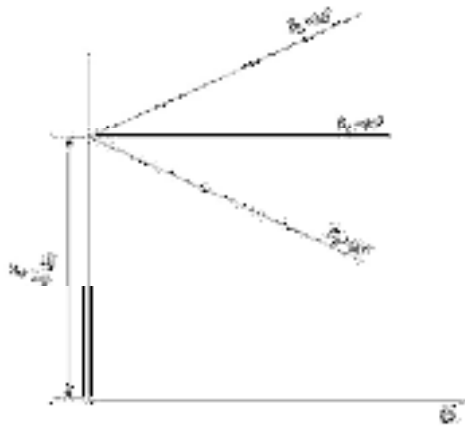
$H_p$  = Head pompa ( m )

$\eta_p$  = Efisiensi pompa ( % ).

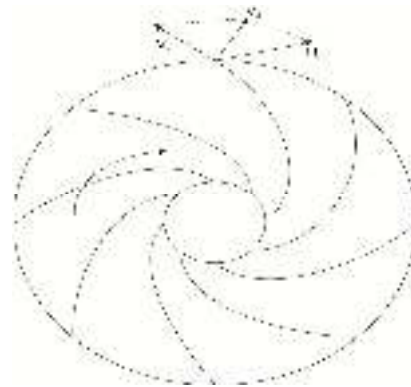
## 2.9 Pemilihan Bentuk Sudu

Pemilihan sudu sangatlah penting, karena bentuk dari sudu sangatlah berpengaruh terhadap tinggi tekanan (head), sudu tidak boleh dibuat terlalu panjang karena akan membuat

gesekan. Faktor utama yang mempengaruhi pemilihan bentuk sudu adalah sudut pada sisi keluar impeller

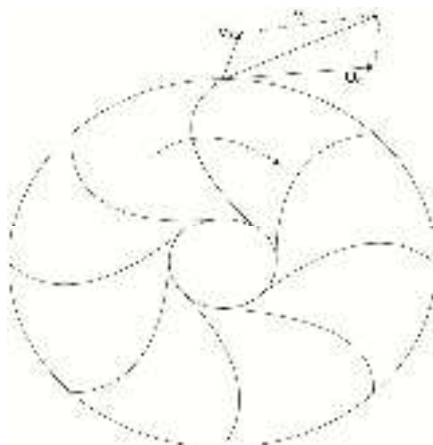


(a)



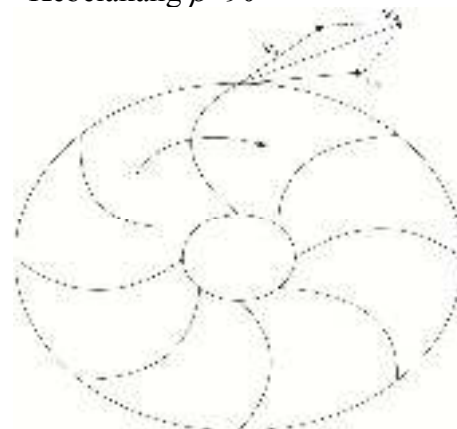
sudut-sudut yang membengkok

Kebelakang  $\beta < 90^\circ$



(b)

Sudu-sudu radial  $\beta = 90^\circ$



sudu-sudu yang membengkok

kedepan  $\beta > 90^\circ$

**Gambar.2.5** Kurva Kapasitas Head Kecepatan Keluar Berbagai Sudu (Literatur I, hal 30)

1.  $\beta_2 < 90^\circ$  : Dimana sudu membelok kebelakang. Bentuk sudu ini seakan memberikan distribusi aliran yang merata pada impeller. Dimana dalam hal ini akan mengurangi hidrolis.
2.  $\beta_2 = 90^\circ$  : Dimana sudu-sudu radial. Head teoritis yang dihasilkan adalah konstan untuk setiap harga kapasitas.

- $\beta_2 > 90^\circ$  : Dimana sudu-sudu membengkok kedepan akan mengakibatkan head teoritis naik untuk menaikkan kapasitas, akibatnya untuk perubahan teoritis dan kapasitas dibutuhkan daya yang lebih besar.

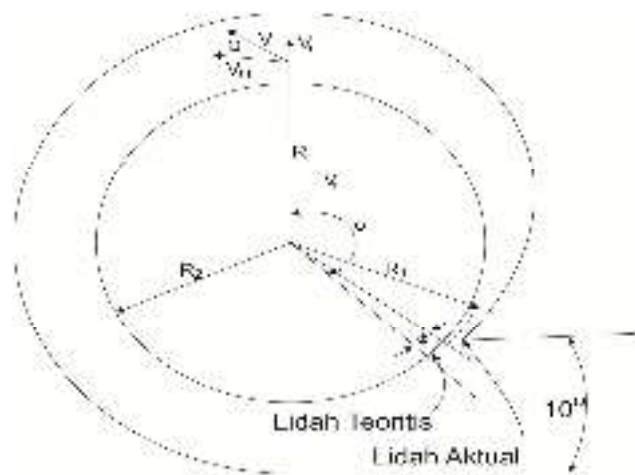
Dari ketiga bentuk sudu yang diatas, yang paling banyak digunakan adalah bentuk sudu yang dibengkokkan kebelakang dengan sudut pada sisi keluar impeller ( $\beta_2 < 90^\circ$ ), oleh karena head dan kapasitas dapat divariasikan serta efesiensi yang dihasilkan juga akan lebih besar, karena rugi-rugi hidrolis yang semakin kecil.

## 2.10 Rumah Pompa

Rumah pompa pada pompa sentrifugal dirancang sedemikian rupa agar energi kinetik yang dihasilkan dapat diubah menjadi energi tekanan sebelum fluida tersebut meninggalkan rumah pompa. Rumah pompa dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam :

### 1. Volote

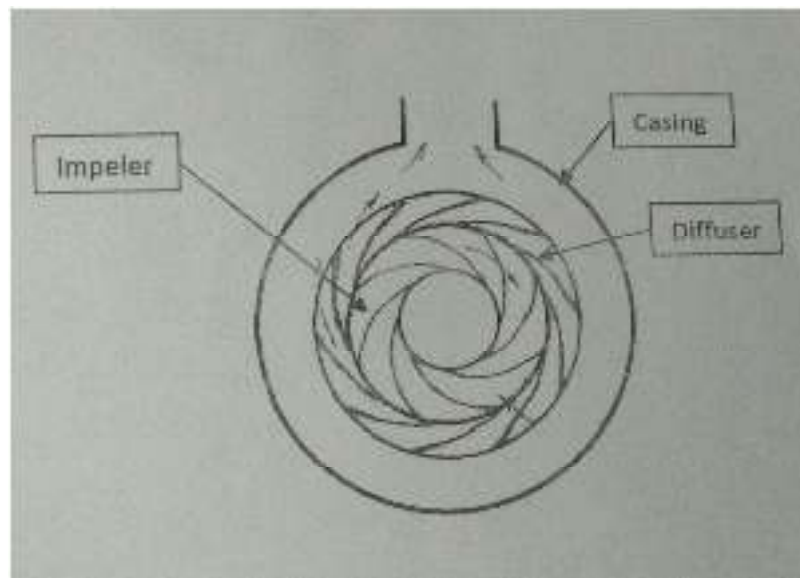
Volute adalah suatu pompa sentrifugal dimana zat cair dari impeller secara langsung masuk kerumah pompa. Gambar konstruksinya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 2.6 Volute**

## 2. Diffuser

Diffuser adalah suatu pompa yang dilengkapi dengan suatu impelernya. Konstruksi dan bagian lainnya adalah sama dengan pompa volute,. Sudu-sudu diffuser berfungsi untuk memperbaiki efisiensi pompa, juga untuk menambah kekuatan rumah pompa yang besar dan head yang tinggi.



**Gambar 2.7 Diffuser**

### 2.11 Kavitasasi

Kavitasasi adalah gejala menguapnya zat cair yang sedang mengalir karena tekanan statisnya berkurang sampai bawah tekanan uap jenuhnya. Gelembung-gelembung uap air akan mengalir bersamaan dengan aliran fluida, sehingga mencapai daerah yang mempunyai tekanan lebih tinggi. Dimana gelembung-gelembung tersebut akan mengecil secara tiba-tiba yang akan menyebabkan shock yang besar pada dinding pipa yang didekatnya.

Penharuh kavitasasi terhadap pompa adalah ;

1. Rusaknya permukaan dinding pipa.



2. Terjadinya perubahan bentuk energi, yaitu dari energi kecepatan menjadi energi tekan.
3. Timbulnya gelembung uap akan memperkecil kapasitas aliran dan head dari pompa.

## **BAB III**

### **KAPASITAS DAN HEAD POMPA**

#### **3.1. Kapasitas Pompa**

Besarnya kapasitas pompa yang dibutuhkan harus dihitung berdasarkan kebutuhan uap untuk proses pengolahan dan uap untuk menggerakkan turbin uap pada pabrik pengolahan kelapa sawit.

Pusat tenaga pada pabrik kelapa sawit, menggunakan turbin uap untuk memutar generator listrik dan uap bekas dipakai sebagai uap panas untuk melakukan berbagai proses didalam pabrik tersebut. Dalam hal ini teknologi kalor yang dipakai adalah dengan menggabungkan pembangkit tenaga dengan penyedia kalor untuk suatu proses, dimana pada waktu bersamaan kebutuhan listrik untuk penggerakan mesin-mesin dan kebutuhan energi panas untuk proses pabrik dapat terpenuhi. Turbin yang digunakan pada pabrik kelapa sawit adalah turbin tekanan lawan (back pressure vessel), dimana tekanan uap ketel yaitu sebesar  $20 \text{ kg/cm}^2$

Kapasitas pompa pengisian air ketel<sub>K</sub> pada pabrik kelapa sawit adalah tergantung kepada kapasitas ketel uap dan kemudian kapasitas ketel uap itu sendiri tergantung kepada jumlah kebutuhan uap untuk proses pengolahan dari feed water tank.

#### **3.2. Kapasitas Ketel Uap**

Kebutuhan uap untuk pengolahan TBS = 600 kg uap/ ton TBS

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan uap untuk pengolahan 50 ton TBS/ jam} &= 50 \times 600 \\ &= 30.000 \text{ kg uap/ jam} \end{aligned}$$

$$\text{Tekanan uap untuk pengolahan} = 2,5 \text{ kg/ Cm}^2$$

Untuk memperkirakan kebutuhan uap yang aman, seperti keperluan pada pembangkitan daya pada turbin uap, pengembunan dan kebocoran maka diambil 5 % dari kebutuhan uap diatas.

$$\text{Kapasitas produksi uap ketel uap} = 1,05 \times 30.000 \text{ kg uap/jam} = 31.500 \text{ kg uap / jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas kebutuhan air ketel uap} &= \text{Kapasitas produksi uap ketel uap} \\ &= 31.500 \text{ kg air/jam} = 31.500 \text{ kg uap / jam} \end{aligned}$$

$$\text{Temperature air pengisian ketel uap} = 90 \text{ }^\circ\text{C} \text{ dan Kerapatan air : } \rho \text{ 967,355 kg/m}^3$$

$$\text{Kapasitas pompa} = \text{kapasitas produksi ketel uap} = Q$$

$$\begin{aligned} Q &= m/ \rho = 31.500 \text{ kg/ jam/ } 967,355 \text{ kg/m}^3 = 32,563 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,00905 \text{ m}^3 / \text{detik} \end{aligned}$$

Diameter pipa pada sisi isap dan sisi tekan dipilih berukuran dan bahan yang sama.

Bahan pipa dipilih dari besi tuang yang dilapisi semen dengan ukuran

$$\text{Diameter nominal pipa} \quad d = 2,5 \text{ in} \quad = 0,0635 \text{ m}$$

$$\text{Diameter dalam} \quad d_i = 2,469 \text{ in} \quad = 0,0627 \text{ m}$$

$$\text{Diameter luar} \quad d_o = 2,875 \text{ in} \quad = 0,0730 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan aliran air : } V = (4 \cdot Q/ \pi \cdot d_i^2) = (4 \cdot 0,00905 / 3,14 \cdot 0,0627^2) = 2,933 \text{ m/ detik}$$

### 3.3. Analisa Kebutuhan Uap Pada Proses Pengolahan

Berdasarkan uraian-uraian setiap proses pengolahan yang telah dijabarkan maka syarat-syarat untuk menentukan kebutuhan uap pada proses pengolahan kelapa sawit, dimana kondisi uap pada proses pengolahan ini (hasil survey) adalah:

- Kebutuhan uap/ton TBS = 600 kg uap. Standart PTPN2

- kebutuhan uap kapasitas olah 50 Ton TBS/jam = 50 x 600 = 30.000 kg uap/jam

Sehingga kebutuhan uap untuk proses pengolahan adalah sebesar 30.000 kg uap/jam seperti terjadinya kebocoran pada proses pengolahan, efisiensi proses menjadi lebih kecil dari yang direncanakan, pipa bocor, dan lain sebagainya maka kebutuhan uap yang diberikan harus lebih dari kebutuhan yang diterima oleh setiap unit proses pengolahan, dan mengingat 1 kg uap dianggap sama dengan 1 kg air, maka kapasitas pompa harus direncanakan 5% lebih besar dari kapasitas ketel, maka:

$$Q_{pompa} = 1,05 \cdot 30000$$

$$Q_{pompa} = 31.500 \text{ kg uap/jam}$$

Air pengisian yang dipompakan bertemperatur 90°C dengan  $\rho = 967,355 \text{ kg/m}^3$ , diperoleh dari lampiran 5. maka dalam satuan volume kapasitas pompa adalah :

$$\begin{aligned} Q_{pompa} &= \frac{31500 \text{ kg uap/jam}}{967,355 \text{ kg/m}^3} \\ &= 32,563 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 9,045 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 0,009045 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 150,41 \text{ gpm} \end{aligned}$$

### 3.4. Head Pompa

$$\text{Tekanan Ketel Uap} = 20 \text{ kg/cm}^2 \cdot (10.000 \text{ cm}^2/\text{m}^2) = 200.000 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Head Ktel} = p / \rho = 200.000 \text{ kg/m}^2 / 967,355 \text{ kg/m}^3 = 206,75 \text{ m}$$

#### **Kerugian (penurunan) head pada pompa**

#### **Kerugian head pada sisi isap pompa**

#### ***Kerugian mayor***

$$H_L = f L v^2 / (d \cdot 2g)$$

$$R_E = V d \rho / \mu = 2,933 \cdot 0,0627 \cdot 967,355 / 0,317 \cdot 10^{-3}$$

$$= 56.393 \text{ aliran turbulen}$$

$$\varepsilon/d = 0,0024 \text{ mm} / 0,0627 \text{ m} = 0,0024 \text{ mm} / 62,7 \text{ mm} = 0,00004$$

Dimana :

$R_E$  = bilangan Reynolds

$$\mu = \text{viskositas air} = 0,317 \cdot 10^{-3} \text{ N.detuk/ m}^2$$

$\varepsilon$  = ukuran ketidak sempurnaan permukaan pipa

$$C = \text{besi tuang berlapis semen} = 0,0024 \text{ mm}$$

Maka harga factor gesekan dari diagram factor gesekan ;  $f = 0,014$

$$h_L = f L V / (d \cdot 2g) = 0,014 \cdot 3,078 / (0,0627 \cdot 2 \cdot 9,81) = 0,099 \text{ m}$$

### ***kerugian minor***

$$h_L = K (V^2 / 2g)$$

$K$  = koefisien kerugian tinggi tekan jenis katup searah ayun = 0,25

$$h_L = K (v^2/2g) = 0,25 (3,078^2/2 \cdot 9,81) = 1,207 \text{ m}$$

**kerugian head pada sisi isap pompa** = tinggi permukaan air dari sumbu pipa isap –

$$\text{kerugian mayor} - \text{kerugian minor} = -2,5 + 0,099 + 1,207 = -1,194 \text{ m}$$

### **kerugian head pada sisi tekan pompa :**

#### ***kerugian mayor***

$$h_L = f L V / (d \cdot 2g) = 0,010 \cdot 15 \cdot 3,078 / (0,0635 \cdot 2 \cdot 9,81) = 0,371 \text{ m}$$

#### ***kerugian minor***

$$h_L = \sum K (V^2/2g)$$

koefisien kerugian tinggi tekan :  $K$

$K_1 = \text{jenis katup gerbang} = 0,19$

$K_2 = \text{siku standar} = 0,9$

$$h_L = \sum K (V^2/2g) = (0,19 + 0,9) (3,078^2/2 \cdot 9,81) = 0,53 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{kerugian head pada sisi tekan pompa} &= \text{kerugian mayor} + \text{kerugian minor} = \\ &= 0,371 \text{ m} + 0,53 = 0,901 \text{ m} \end{aligned}$$

Head Pompa = head ketel + head isap + head tekan

$$= 207,2 \text{ m} - 1,194 \text{ m} + 0,901 \text{ m} = 206,907 \text{ m}$$

Head Pompa = 207 m  $\approx$  210 m

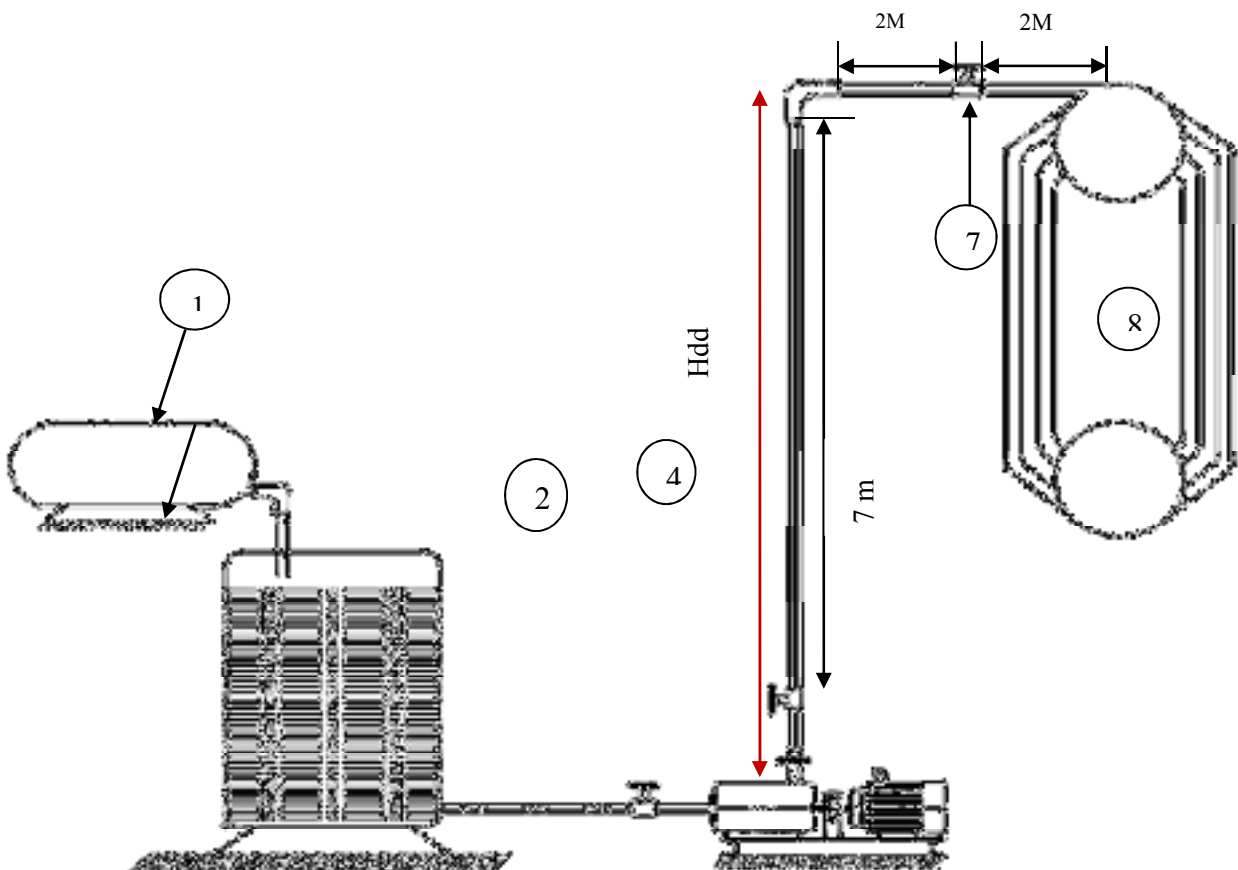
Untuk mengantisipasi adanya kekurang telitian perhitungan atau losses yang belum diperhitungkan maka diambil penambahan head sebesar 10% dari head total, sehingga head pompa adalah :

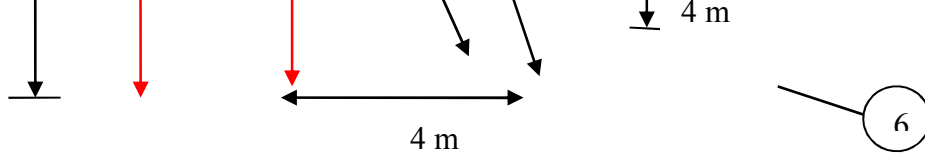
$$H_p = 1,1 \cdot 210$$

$$= 231 \text{ m}$$

$$= 757,87 \text{ ft}$$

### 3.4 Instalasi Pompa





**Gambar 3.1** Sketsa Instalasi Pompa Ketel

Keterangan gambar :

- |                                  |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|
| 1. Dearator                      | 7. Katup kontrol (glove valve) |
| 2. Feet water tank               | 8. Ketel                       |
| 3. Katub masuk air ( gate valve) |                                |
| 4. Katup keluar air (gate valve) |                                |
| 5. Pompa sentrifugal multi stage |                                |
| 6. Motor pompa                   |                                |

