

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 pembandingan bagi para pembaca.

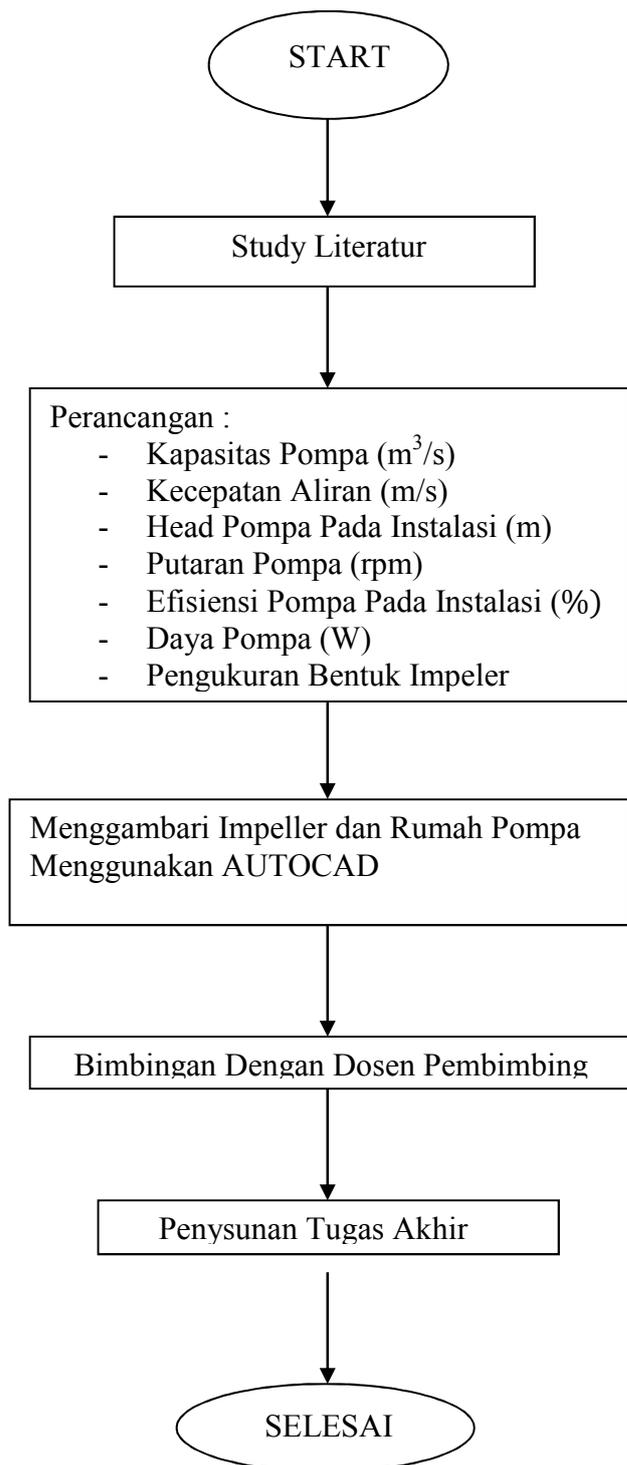
1.4 Batasan Masalah

Mengingat terbatasnya waktu untuk mengerjakan tugas akhir ini dan banyaknya pembahasan mengenai pompa, makapada 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 ke PTPN II Lubuk Pakam, Pagar Marbau.
- 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

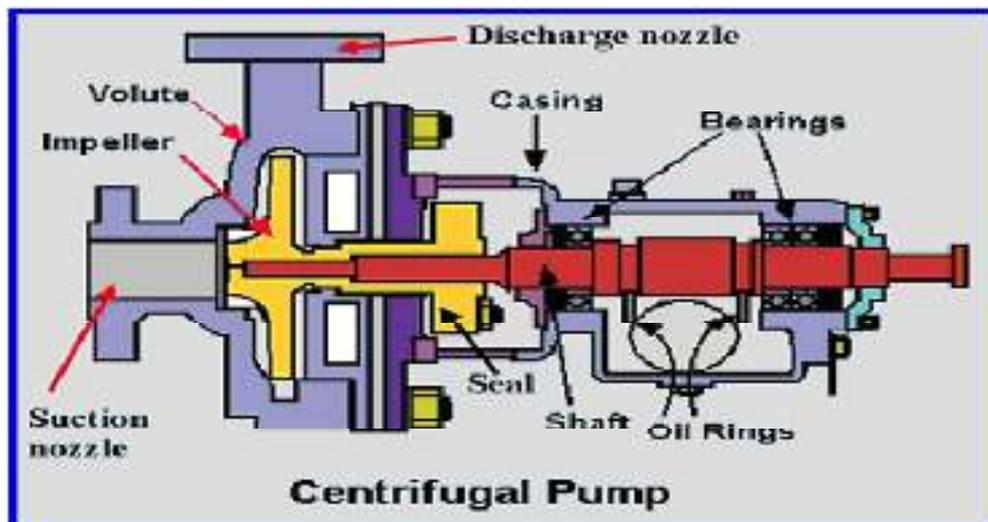
Salah satu jenis pompa kerja dinamis adalah pompa sentrifugal yang prinsip kerjanya mengubah energi kinetik

(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 :

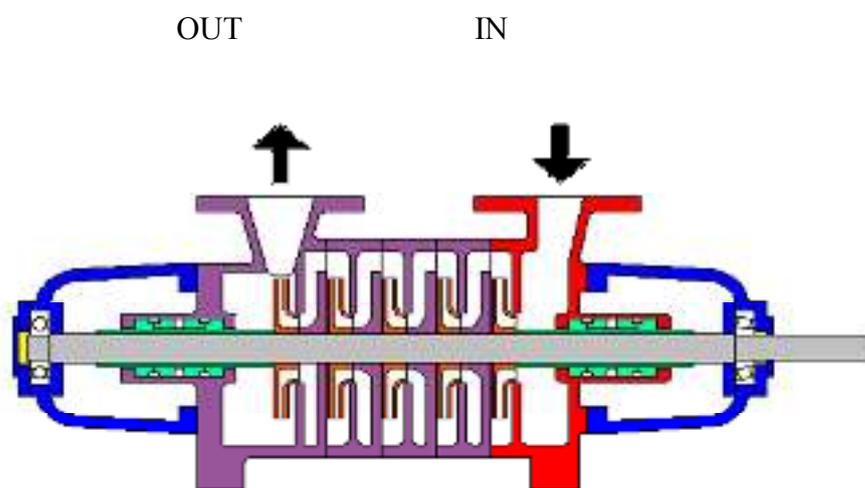
- Kapasitas rendah : $< 20 \text{ m}^3 / \text{jam}$
- Kapasitas menengah : $20 \text{ --} 60 \text{ m}^3 / \text{jam}$
- Kapasitas tinggi : $> 60 \text{ m}^3 / \text{jam}$

2. Tekanan Discharge :
 - Tekanan Rendah : < 5 Kg / cm²
 - Tekanan menengah : 5 -:- 50 Kg / cm²
 - Tekanan tinggi : > 50 Kg / cm²
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 :

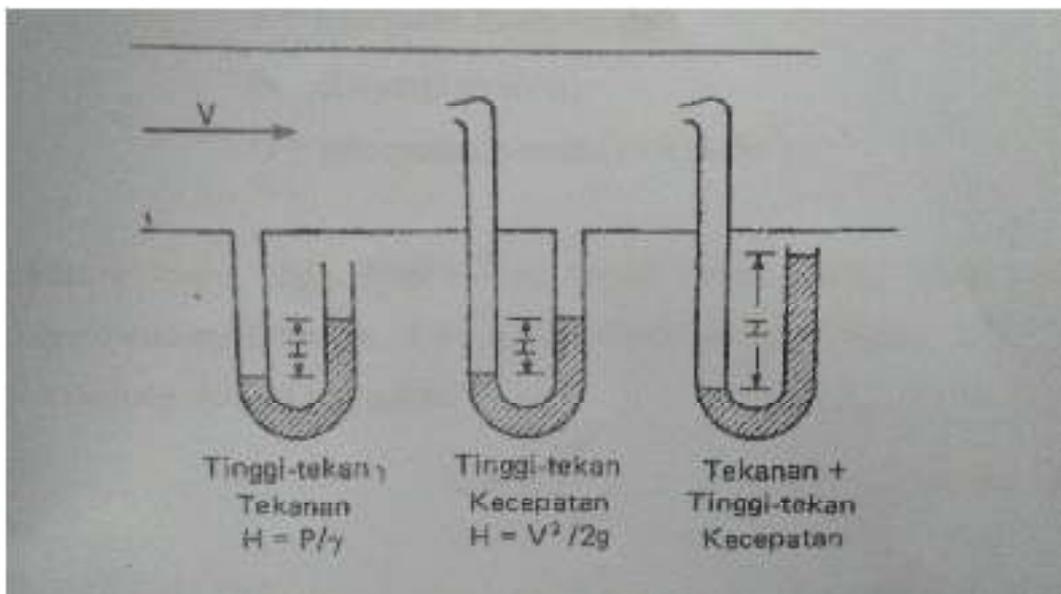
Pompa sentrifugal multi-stage mempunyai beberapa impeller (baling-baling) untuk mengangkat zat cairan dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar impeller didalam zat cair. Maka zat cair yang ada didalam impeller, oleh dorongan 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 $\frac{p}{\gamma}$
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 :

$$\frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + Z = H \dots\dots\dots(\text{Lit I hal 10})$$

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 :

$$H_f = f \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(\text{Lit I hal 11})$$

dimana : f = faktor gesekan

g = percepatan gravitasi (m/det²)

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

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

H_f = 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 :

$$H_m = \sum K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots (\text{Lit I hal 13})$$

dimana : K = Koefisien fitting

g = Percepatan gravitasi (m/det²)

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

H_m = Minor losses.

2.5 Head Pada Instalasi Pompa

Head pada pompa terdiri dari beberapa jenis, antara lain :

a. Head suction static (H_{ss})

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 (H_{sd})

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

$$H_{sd} = H_{fs} + H_m$$

$$H_{sd} = f_s \cdot \frac{L_s}{D_s} \times \frac{v_s^2}{2 \cdot g} + \sum K_s \cdot \frac{v_s^2}{2 \cdot g}$$

c. Head suction total (H_s)

Head suction total adalah head total pada sisi isap, yang merupakan penjumlahan antara *head suction static* (H_{ss}) dengan *head suction dynamik* (H_{sd}).

$$H_s = H_{ss} + H_{sd}$$

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 dynamik (Hdd)

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

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

$$H_{dd} = f_d \times \frac{L_d}{D} \times \frac{V^2}{2.g} + \sum K_d \times \frac{V^2}{2.g}$$

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.

$$H_{dt} = H_{sd} + H_{dd}$$

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

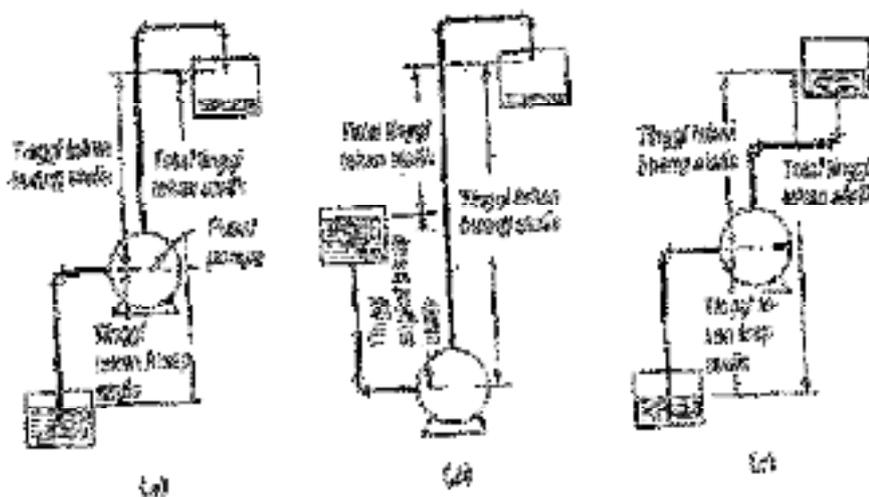
$$H_p = H_{st} + H_{dt}$$

dimana :

H_p = Head pompa

H_{st} = Head suction total

H_{dt} = Head discharge total



Gambar 2.3.Instalasi Head Pompa (Lit II hal 55)

2.6 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 :

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

dimana :

n_s = Putaran spesifik (rpm)

n = Putaran pompa (rpm)

Q = Kapasitas pompa (gpm)

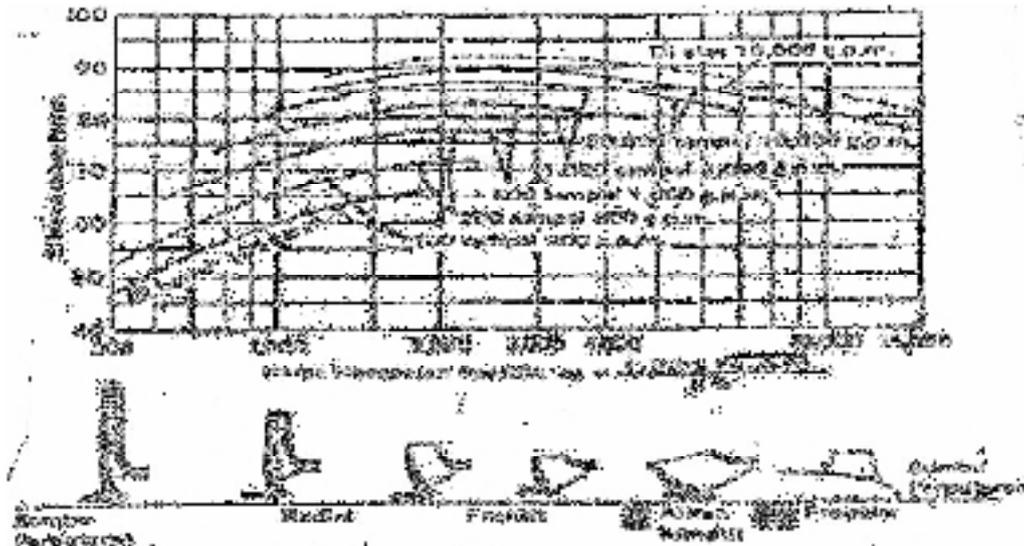
H = Head pompa (ft)

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	Ns (British)
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 : Austin H. Church, *Pompa dan Blower Sentrifugal*,



Gambar 2.4. Efesiesi Berdasarkan Kapasitas dan Spesifik Putaran

2.7. Daya Pompa

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

$$N_p = \frac{\gamma \times Q \times H}{1000 \times \eta_p} \dots\dots\dots (\text{Lit III hal 53})$$

Dimana :

N_p = Daya pompa

γ = Berat jenis air

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

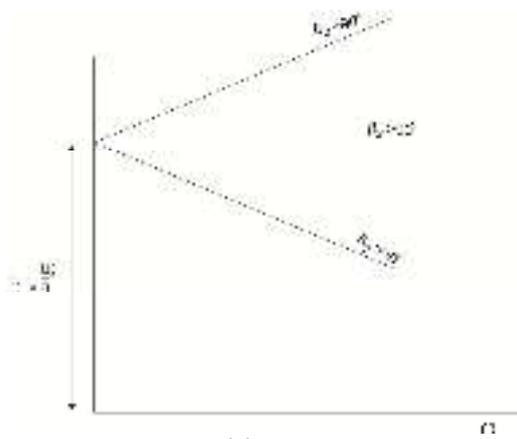
H_p = Head pompa (m)

η_p = Effisiensi pompa (%).

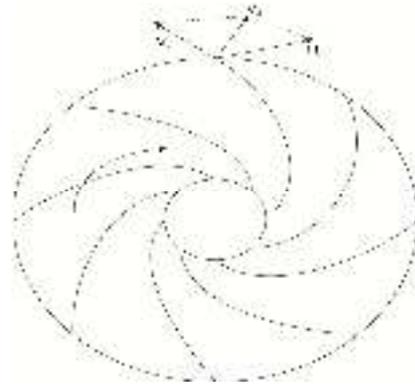
2.8 Pemilihan Bentuk Sudu

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

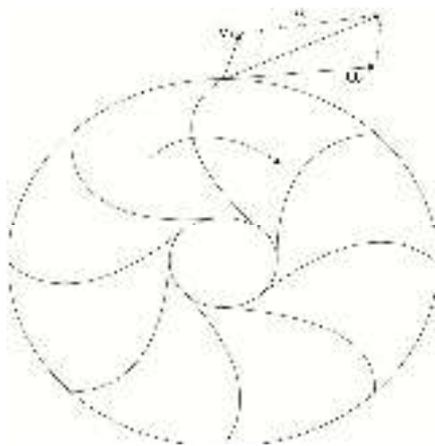


(a)



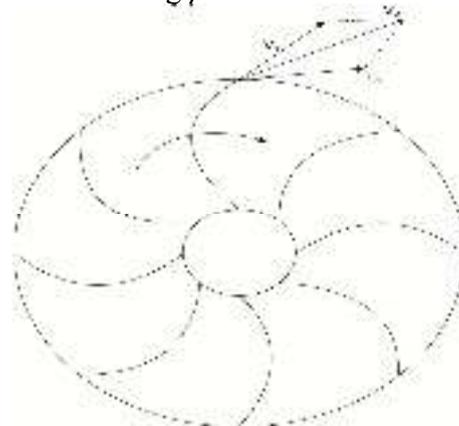
sudu-sudu yang membengkok

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 Untuk Berbagai Sudu

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.

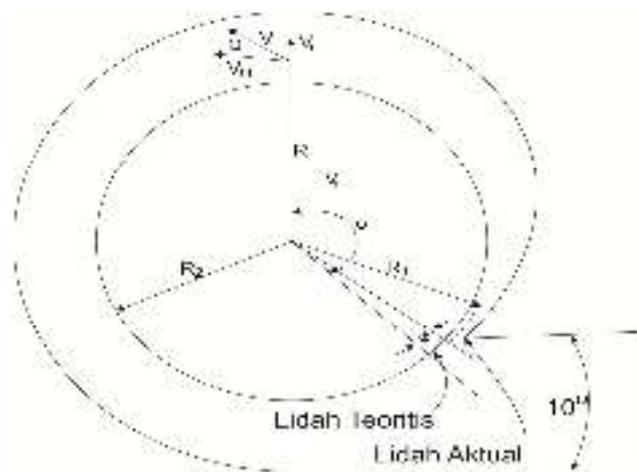
Dari ketiga bentuk sudu yang diatas, yang paling banyak digunakan adalah bentuk sudu yang dibengkokkan kebelakang dengan sudut pada sisi keluar impeller ($\beta_2 < 90^\circ$), oleh karena head dan kapasitas dapat divariasikan serta efesiensi yang dihasilkan juga akan lebih besar, karena rugi-rugi hidrolis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

2.9 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

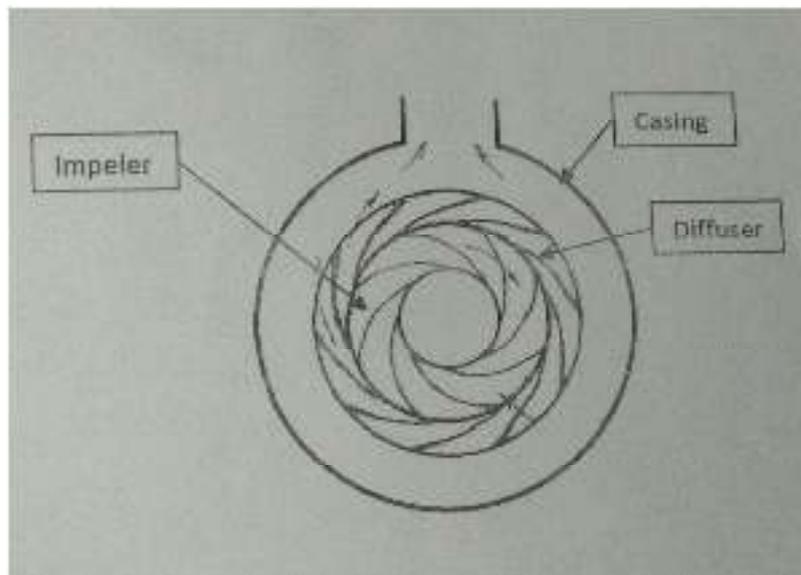
Volute adalah suatu pompa sentrifugal dimana zat cair dari impeller secara langsung masuk kerumah pompa. Gambar konstruksinya dapat dilihat pada gambar dibawahini.



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

2.10 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). Kapasitas pompa pengisian air ketel 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. 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
- Untuk kapasitas olah 30 Ton TBS/jam = 30 x 600 = 18000 kg uap/jam

Sehingga kebutuhan uap untuk proses pengolahan adalah sebesar 18000 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 10% lebih besar dari kapasitas ketel, maka:

$$Q_{pompa} = 1,1 \cdot 18000$$

$$Q_{pompa} = 19800 \text{ kgair/jam}$$

Air pengisian yang dipompakan bertemperatur 90°C dengan $\rho = 965,3 \text{ kg/m}^3$, diperoleh dari lampiran 5. maka dalam satuan volume kapasitas pompa adalah :

$$Q_{pompa} = \frac{19800 \text{ kg/jam}}{965,3 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 20,51 \text{ m}^3/\text{jam} \cdot 3600 \text{ detik}$$

$$= 5,69 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$1 \text{ m}^3/\text{s} = 15.850,32 \text{ gpm} \quad = 0,00569 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= 90,19 \text{ gpm}$$

3.3. Head Pompa

$$d_s = \sqrt{\frac{4 \cdot 5,69 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 3}}$$

$$= 0,0491 \text{ m}$$

$$= 1,933 \text{ in}$$

Diameter pipa tersebut harus disesuaikan dengan standar pipa yang ada dipasaran. dari harga diatas maka diameter pipa isap dibuat 2 - 3 in, dengan harga :

- Diameter normal $(d_s) = 2 \text{ in}$
- Diameter luar $(d_o) = 2,375 \text{ in}$
- Diameter dalam $(d_i) = 2,067 \text{ in}$

maka kecepatan aliran air yang sebenarnya didalam pipa isap adalah :

$$V = \frac{Q}{A} \quad \text{dimana : } 1 \text{ inchi} = 25,4 \text{ mm}$$

$$V = \frac{5,69 \cdot 10^{-3}}{\left(\frac{3,14}{4}\right) \cdot (2,067 \cdot 0,0254)^2} 1 \text{ inchi} = 0,0254 \text{ m}$$

$$V = 2,629 \text{ m/det}$$

Harga kecepatan fluida dalam pipa isap dan pipa tekan dibuat sama dan masih berada dalam batas yang diizinkan yaitu : $1,5 \div 3,0 \text{ m/det}$, untuk diameter pipa isap dan pipa tekan, yaitu $D_s = D_d = 2 \text{ inchi}$.

B. Head Losses

Sehubungan diameter pipa isap dan diameter pipa tekan dibuat sama maka head losses yang timbul sepanjang pipa dapat dihitung sekaligus, karena kecepatan baik pada pipa isap maupun pada pipa tekan pasti sama dengan head lossesnya adalah sebagai fungsi kwadrat kecepatan.

Besarnya head losses yang terjadi sepanjang pipa dapat dihitung dari persamaan :

$$H_t = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} + \sum K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \dots \dots \dots \text{lit 4 hal 32}$$

Dimana :

- H_t = Head losses total (m)
- f = Faktor gesekan pada pipa
- L = Panjang pipa = 36 m
- D = Diameter pipa = 0,052 m
- V = Kecepatan aliran dalam pipa = 2,629 m/det
- ∑K = Koefisien fitting keseluruhan (K₁+K₂+K₃+K₄)
- g = Percepatan gravitasi = 9,81 m/det

Dalam hal ini baik pada pipa isap maupun tekan, dilengkapi dengan :

- Satu check valve = K₁ = 2,5
- Satu gate valve = K₂ = 0,19
- Dua elbow standar = K₃ = 2 . 0,9 = 1,8
- Dua soket = K₄ = 2 . 0,1 = 0,2

Harga faktor gesekan (f) dapat kita cari hasil perhitungan antara bilangan Reynold

(R_e) dengan Roughness (ε/D)

Bilangan Reynold (R_e) adalah :

$$R_e = \frac{V_d \cdot D}{\nu}$$

Dimana :

ν = Viskositas kinematik air pada temperatur 90°C

Dari table lampiran 5 diperoleh = 0,328 . 10⁻⁶ m²/det

Maka :

$$R_e = \frac{2,629 \cdot 0,052}{0,328 \cdot 10^{-6}}$$
$$= 0,41 \cdot 10^6 \text{ (aliran bersifat turbulen)}$$

Untuk pipa jenis coarse concrete (ε) = 0,25 mm, maka faktor kekasaran relatif :

$$\frac{\varepsilon}{D_d} = \frac{0,00025 \text{ m}}{0,052}$$
$$= 0,0048$$

Dari diagram Moody lampiran 2 untuk harga $Re = 0,41 \cdot 10^6$ dan $\varepsilon/d_d = 0,0048$ diperoleh koefisien gesekan (f_s) atau untuk lebih teliti dapat kita cari dengan persamaan:

$$f = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{\varepsilon}{3,7d} + \frac{5,74}{R_e^{0,9}} \right) \right]^2}$$

Dimana : f = Koefisien gesekan

ε = Kekasaran pipa

R_e = Bilangan reynold

Maka :

$$f = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{0,00025}{3,7 \cdot (2,067 \cdot 0,0254)} + \frac{5,74}{(0,41 \cdot 10^6)^{0,9}} \right) \right]^2}$$
$$= 0,03$$

Maka head losses total adalah :

$$H_t = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} + \sum K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$
$$H_l = 0,028 \cdot \frac{19}{0,052} \cdot \frac{(2,629)^2}{2 \cdot 9,81} + (2,5 + 0,19 + 1,8 + 0,2) \cdot \frac{(2,629)^2}{2 \cdot 9,81}$$
$$= 8,968 \text{ m}$$

Dari gambar sketsa instalasi pompa (gambar 3.1) dapat kita ketahui tinggi tekan (H_d) = 7 m dan tinggi isap (H_s) = -3 m (dikarenakan permukaan fluida berada diatas center line pompa, maka head bertanda negatif).

Karena harga kecepatan aliran dan diameter pipa isap dan tekan sama, maka head total pompa dapat kita cari dengan menjumlahkan semua head yang terjadi, yakni :

$$H_p = H_s + H_d + H_l + H_{pr}$$

Dimana : H_p = Head total pompa

H_s = Head pada pipa isap (-3 m)

H_d = Head pada pipa tekan (7 m)

H_l = Head losses (8,968 m)

H_{pr} = Head pada tekanan per satuan berat

$$\begin{aligned} H_{pr} &= \frac{(18 - 3) \cdot 10^5}{965,3 \cdot 9,81} \\ &= 158,401 \end{aligned}$$

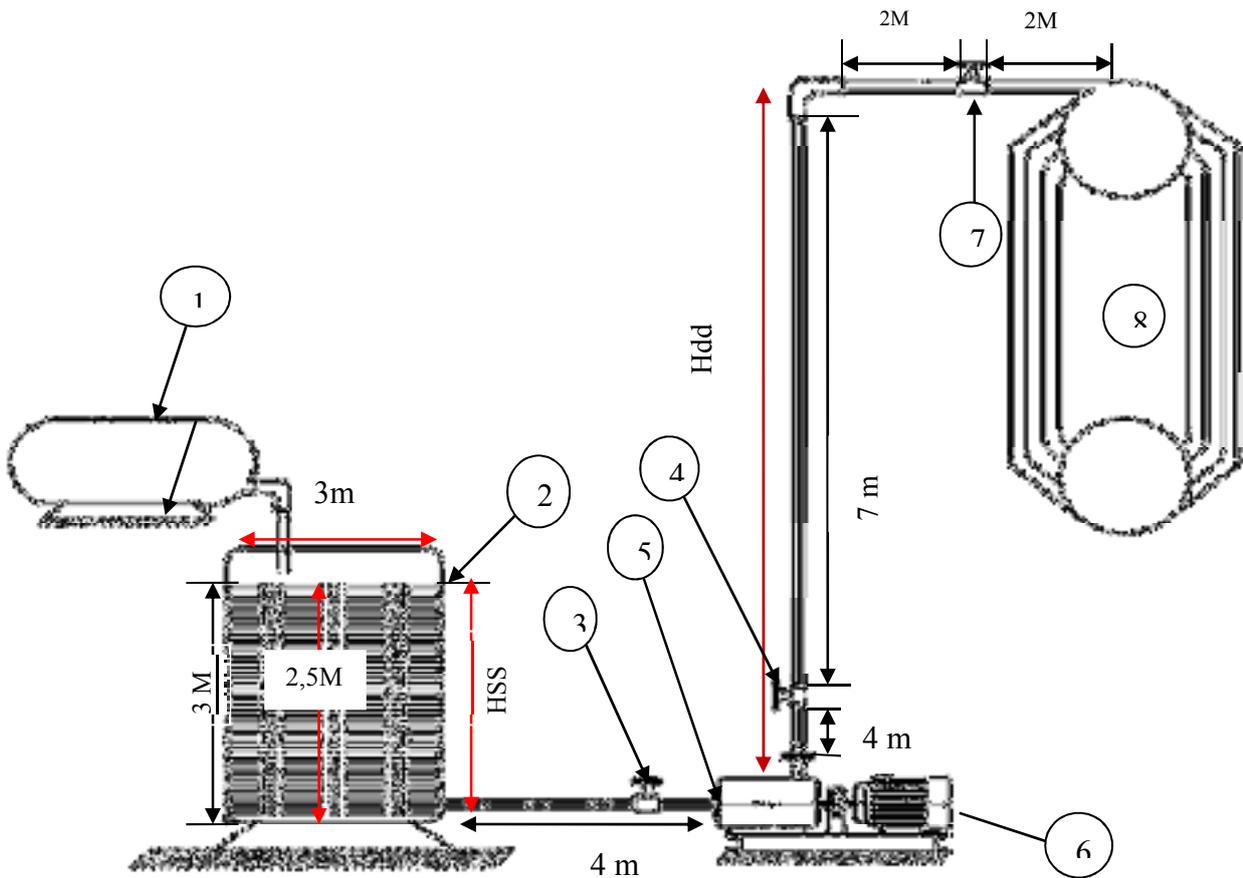
Sehingga head total pompa adalah :

$$\begin{aligned} H_p &= (-3) + 7 + 8,968 + 158,401 \\ &= 171,369 \approx 172 \text{ m} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} H_p &= 1,1 \cdot 172 \\ &= 189,2 \text{ m} \\ &= 620,76 \text{ ft} \end{aligned}$$

3.4 Instalasi Pompa



Gambar 3.1 Sketsa Instalasi Pompa Ketel

Keterangan gambar :

- | | |
|----------------------------------|------------------|
| 1. Dearator | 7. Katup kontrol |
| 2. Feet water tank | 8. Ketel |
| 3. Katub masuk air | |
| 4. Katup keluar air | |
| 5. Pompa sentrifugal multi stage | |

6. Motor pompa