

PERENCANAAN INSTALASI POMPA DARI *FRESH WATER TANK* KE *HOT WATER TANK* DENGAN KAPASITAS 600 LITER/MENIT

M. Sohib, Syamsul Hadi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gresik

ABSTRAK

Dalam era industri yang makin canggih ini, peranan pompa sangat penting terutama pada industri kimia dan lain-lain sebagai alat untuk menyuntansmisikan fluida. Bahkan dalam kehidupan rumah tangga banyak yang menggunakan pompa untuk penyalur air dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan pompa harus dipertimbangkan tingkat efisiensinya, head, kapasitas maupun tipenya. Dari pernyataan tersebut perencanaan instalasi pompa adalah faktor yang sangat penting dalam menentukan pompa yang akan digunakan dan sesuai dengan kebutuhan. Dengan melalui survey lokasi maka didapatkan data-data yang akurat sebelum melakukan perencanaan. Dalam proses perencanaan didapatkan total head instalasi dan total head pompa, kemudian disesuaikan dengan spesifikasi yang ada di globe market agar sesuai dengan kebutuhan.

Kata Kunci : Instalasi, Pompa, Data

PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

PT. SENTANA ADIDAYA PRATAMA merupakan salah satu bagian dari WILMAR GROUP yang bergerak di bidang produksi pupuk majemuk. Untuk kapasitas produksi setiap harinya adalah 700 MT. Dalam prosesnya terdapat beberapa bahan atau *Raw Material* yang berupa Nitrogen (N), Rock Phosphat (RP), Kalium chloride (KCl), dan Magnesite (MgO) yang kemudian dicampur menggunakan

mix antara air dan *Steam* (uap panas) di dalam sistem sebuah *Drum* yang dikenal dengan *Granulator Drum*. Sebagai suplai air untuk proses tersebut diperlukan tangki penyimpanan dari *Fresh Water Tank* ke *Hot Water Tank*. Dalam proses ini sangat diperlukan adanya alat transportasi yang bertujuan untuk memindahkan air dari *Fresh Water Tank* ke *Hot Water Tank* melalui saluran tertutup berupa instalasi perpipaan. Dan dalam hal ini pompa merupakan alat yang paling efisien untuk mentransmisikan air tersebut.

Pompa merupakan mesin yang berfungsi mengalirkan fluida dari suatu tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi. Dikarenakan tata letak peralatan yang kompleks maka jalur instalasi perpipaan harus mengikuti tata letak peralatan tersebut agar lebih efisien.

Tujuan

Tujuan dari perencanaan ini adalah untuk mengetahui langkah - langkah perencanaan instalasi pompa dengan kapasitas 600 liter/menit dengan perhitungan variabel - variabel yang berkaitan.

LANDASAN TEORI

Pengertian Pompa

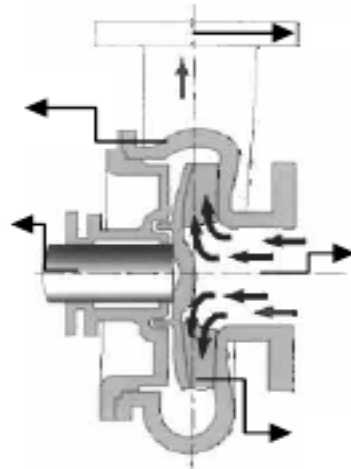
Pompa adalah suatu alat mekanis yang digunakan untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi sebagai penguat laju aliran pada sistem instalasi perpipaan pada fluida yang berlangsung secara terus menerus. Pompa berprinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*Suction*) dengan bagian keluar (*Discharge*). Pompa memiliki dua fungsi utama, yaitu :

1. Memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat lainnya, misal air dari waduk ke tangki penyimpanan (*Storage Tank*).
2. Memindahkan fluida sekitar sistem, misal air pendingin yang melewati mesin - mesin.

Jadi pompa adalah pengubah energi mekanis dari sumber tenaga menjadi energi kecepatan pada fluida dan dirubah menjadi tekanan pembawa naik untuk mengalirkan fluida tersebut.

Prinsip Kerja Pompa

Pada pompa terdapat sudu-sudu impeler yang berfungsi mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. Impeler dipasang pada poros pompa yang berhubungan dengan motor penggerak, biasanya motor listrik atau motor bakar. Poros pompa akan berputar apabila penggeraknya berputar. Karena poros pompa berputar impeler dengan sudu - sudu impeler berputar fluida yang ada didalamnya akan ikut berputar sehingga tekanan dan kecepatannya naik dan terlempar dari tengah pompa ke saluran yang berbentuk volut atau spiral dan disalurkan keluar melalui nosel.



Gambar 2.1

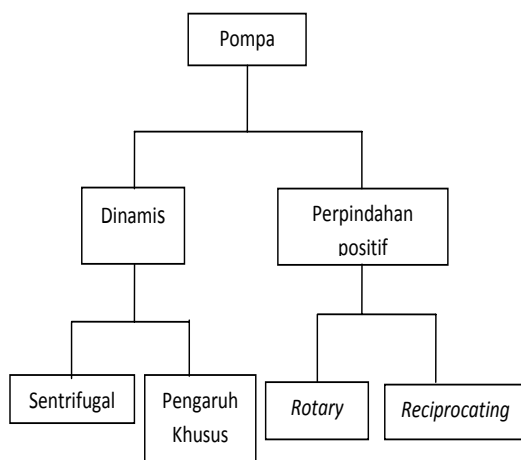


Gambar 2.2

Jenis Pompa

Pompa hadir dalam berbagai ukuran untuk penggunaan yang luas. Pompa dapat dikategorikan menurut prinsip operasi dasarnya.

Pada dasarnya, fluida apapun dapat ditangani oleh berbagai rancangan pompa. Pompa sentrifugal cenderung dipakai dalam instalasi perpipaan karena paling ekonomis. Walaupun pompa perpindahan positif lebih efisien dari pompa sentrifugal, namun keuntungan efisiensi yang lebih tinggi cenderung diimbangi dengan meningkatnya biaya perawatan.



Gambar 2.3. Jenis Pompa

Pompa Perpindahan Positif

Pompa Perpindahan Positif yaitu pompa yang bekerja menghisap fluida, kemudian menekan fluida tersebut. Selanjutnya fluida dikeluarkan melalui katup atau lubang keluar. Pompa ini dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Pompa reciprocating adalah pompa yang perpindahan fluidanya dilakukan oleh maju mundurnya jarum piston. Pompa ini hanya digunakan untuk pemompaan fluida yang kental.
2. Pompa Rotary adalah pompa yang perpindahan fluidanya dilakukan

oleh gaya putaran dari *gear* (gigi) baling – baling dalam sebuah ruangan bersekat pada *casing* yang tetap. Fluida yang sudah ditetapkan akan dipompa di setiap putarannya, sehingga jika pipa pengantarnya sumbat akan menimbulkan kerusakan pada pompa.

Pompa Sentrifugal

Pompa ini merupakan jenis pompa yang paling banyak digunakan dalam industri karena mempunyai keunggulan – keunggulan sebagai berikut :

1. Tidak banyak bagian – bagian yang bergerak sehingga biaya pemeliharaan lebih rendah
2. Bentuknya kompleks sehingga tidak memerlukan tempat yang luas
3. Jumlah putarannya yang tinggi memberi kemungkinan untuk dioperasikan langsung dengan motor elektro
4. Dapat memindahkan fluida yang mengandung padatan
5. Aliran fluida yang kontinyu

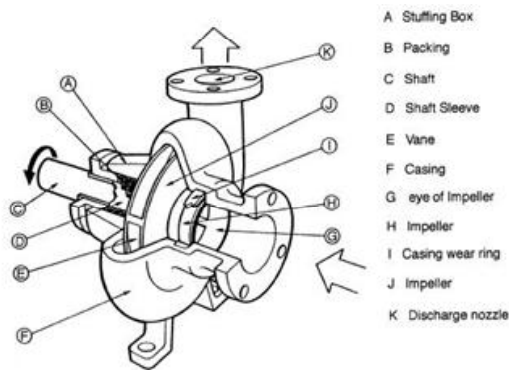
Pompa ini digerakkan oleh motor. Daya motor diberikan ke poros untuk memutar impellernya. Fluida yang ada dalam impeller akan ikut berputar karena dorongan sudu – sudu. Karena timbulnya gaya sentrifugal maka fluida tersebut mengalir dari tengah impeller keluar melalui saluran diantara sudu dan meninggalkan impeller dengan kecepatan yang tinggi. Kemudian mengalir melalui saluran yang penampangnya semakin membesar (*volute*), sehingga terjadi perubahan dari *head* kecepatan menjadi *head* tekanan. Maka fluida yang keluar dari *flange head* totalnya bertambah besar. Pengisapan ini terjadi karena fluida dari impeller membuat sudu – sudu menjadi vakum dan membuat fluida masuk. Selisih energi per satuan berat atau *head*

total dari fluida keluar dan fluida masuk disebut *head total* pompa.

Bagian - Bagian Pompa Sentrifugal

Secara umum, bagian – bagian pompa sentrifugal dapat dibagi sebagai berikut :

1. *Stuffing box*, berfungsi untuk mencegah kebocoran pada daerah dimana poros pompa menembus casing.
2. *Packing*, Digunakan untuk mencegah dan mengurangi bocoran cairan dari casing pompa melalui poros. Biasanya terbuat dari asbes atau teflon.
3. *Shaft*, berfungsi untuk meneruskan momen puntir dari penggerak selama beroperasi dan tempat kedudukan impeller dan bagian-bagian berputar lainnya.



Gambar 2.4.

4. *Shaft Sleeve*, berfungsi untuk melindungi poros dari erosi, korosi dan keausan pada stuffing box
5. *Vane*, Sudu dari impeller sebagai tempat aliran fluida pada impeller.
6. *Casing*, berfungsi sebagai pelindung elemen yang berputar, tempat kedudukan diffusor (guide vane), inlet dan outlet nozel serta tempat memberikan arah aliran dari impeller dan mengkonversikan energi kecepatan fluida menjadi energi dinamis.

7. *Eye of Impeller*, Bagian sisi masuk pada arah isap impeller.
8. *Impeller*, berfungsi untuk mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada fluida yang dipompakan secara kontinyu, sehingga fluida pada sisi isap secara terus menerus akan masuk mengisi kekosongan akibat perpindahan dari fluida yang masuk sebelumnya.
9. *Casing Wear Ring*, berfungsi untuk memperkecil kebocoran cairan yang melewati bagian depan impeller maupun bagian belakang impeller, dengan cara memperkecil celah antara casing dengan impeller.
10. *Discharge Nozzle*, berfungsi sebagai tempat keluar fluida dari *vane*.

Karakteristik Sistem Perpompaan

Efisiensi Pompa

Pompa tidak dapat mengubah seluruh energi mekanis menjadi energi tekanan, karena ada sebagian energi mekanis yang hilang dalam bentuk *losses*. Efisiensi pompa adalah suatu faktor yang digunakan untuk menghitung *losses*. Efisiensi pompa terdiri dari :

1. Efisiensi volumetris, menghitung *losses* akibat resirkulasi pada ring, bush, dan lain – lain.
2. Efisiensi mekanis, menghitung *losses* akibat gesekan pada *seal*, bantalan, dan lain – lain.

Daya Hidrolis

Daya hidrolis adalah daya yang diperlukan oleh pompa untuk mengalirkan fluida pada ketinggian tertentu. Daya hidrolis dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$P_h = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{1000} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

- ρ : Massa jenis (kg/m)
- Q : Kapasitas (m/s)
- g : Gaya gravitasi (m/s²)
- H : Head (m)
- P_h : Daya Hidrolis

Dasar – Dasar Perencanaan Instalasi Pompa

Head Total

Head dari suatu pompa untuk mengalirkan sejumlah fluida yang sesuai perencanaan dapat ditentukan dari kondisi instalasi dari sistem perpipaan yang akan diberikan oleh pompa.

$$H = \frac{P_d - P_s}{\gamma} + \frac{V_d^2 - V_s^2}{2 \cdot g} + h_z + \sum h_{ls} + \sum h_{hd} \dots (2)$$

Dimana :

- H : Head total instalasi (m)
- P_d : Tekanan discharge reservoir (kg/m²)
- P_s : Tekanan suction reservoir (kg/m²)
- V_d : Kecepatan fluida pada discharge reservoir (m/det)
- V_s : Kecepatan fluida pada suction reservoir (m/det)
- H_z : Tinggi kenaikan statis (m)
- $\sum h_{ls}$: Kerugian head sepanjang pipa isap (m)
- $\sum h_{hd}$: Kerugian head pipa tekan (m)
- γ : Berat spesifik fluida
- g : Percepatan gravitasi (m/det²)

Perencanaan Head Instalasi

Untuk menentukan head instalasi pompa, maka terlebih dahulu harus diketahui atau dihitung head dari instalasi yang terdiri dari :

1. *Pressure head*
Pressure Head instalasi adalah perbedaan tekanan antara discharge reservoir dengan suction reservoir. Dalam hal ini permukaan fluida

pada suction reservoir dan discharge reservoir bekerja dengan tekanan atmosfer, sehingga pressure head menjadi :

$$\frac{P_d - P_s}{\gamma} P_d = P_s$$

$$\frac{P_d + P_s}{\gamma} P_d \neq 0$$

Dimana :

- P_d : Pressure Discharge
- P_s : Pressure Suction

2. *Static head*
Static head adalah perbedaan ketinggian yang diukur dari permukaan fluida di suction reservoir yang terendah dan permukaan fluida yang tertinggi pada discharge reservoir

3. *Velocity head*
 Fluida yang mengalir mempunyai kecepatan yang berarti mempunyai energi kinetik. *Velocity head* adalah perbedaan antara kecepatan aliran pada discharge reservoir yang dibagi dengan percepatan gravitasi

$$H_v = \frac{V_d^2 - V_s^2}{2 \cdot g} \dots \dots \dots 3$$

Dimana :

- H_v : Head velocity
- g : Gravitasi
- V_d : Kecepatan fluida pada discharge reservoir
- V_s : Kecepatan fluida pada suction reservoir

4. *Dynamic head*
Dynamuc head adalah velocity ditambah total headloss yang besarnya adalah :

$$H_d = \left[\frac{V_d^2 - V_s^2}{2 \cdot g} \right] + (\sum \Delta h_{ls} + \sum \Delta h_{hd}) \dots 4$$

Dimana :

- H_d : Head Dynamic
- g : Gravitasi
- $\sum \Delta h_{ls}$: Kerugian pada pipa isap

$\sum \Delta h_{ld}$: Kerugian pada pipa
discharge

V_d : Kecepatan fluida pada *discharge*
reservoir

V_s : Kecepatan fluida pada *suction*
reservoir

5. Diameter pipa

a. Tinjauan hukum kontinuitas

Air adalah fluida yang *densitinya* konstan. Dengan aliran *steady* hukum kontinuitas dapat ditulis :

$$Q = V \cdot d \cdot A$$

Dimana :

Q = Kapasitas fluida

V = Kecepatan aliran

A = Luas penampang pipa

Penurunan penampang diatas adalah

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 = A \cdot V = \text{Konstan}$$

Dimana (A . V) merupakan laju aliran volumetris dari fluida yang juga dapat disebut sebagai kapasitas fluida (Q)

$$\text{Jadi } Q = V \cdot A \dots\dots\dots 5$$

b. Penentuan diameter pipa

Dalam menentukan diameter pipa, sebagai acuanya adalah batas kecepatan maksimum yang diijinkan. Hal ini bertujuan agar kecepatan fluida tidak melebihi kecepatan maksimum yang diijinkan.

Kecepatan fluida yang terlalu tinggi mengakibatkan aus pada bagian pipa terutama untuk fluida yang mengandung kotoran. Kecepatan maksimum (V) adalah 2 m/s

$$Q = V \cdot A \text{ dimana } V < V_{izin}$$

$$Q = V_{izin} \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V_{izin}}} \dots\dots\dots 6$$

c. Pemilihan Pipa

Semua proses produksi mempunyai 2 tipe utama sistem perpipaan, yaitu sistem perpipaan untuk proses produksi dan sistem perpipaan untuk pendukung proses produksi.

Sistem perpipaan untuk produksi merupakan bagian utama dari proses produksi. Menerima dan membawa berbagai macam aliran untuk diproses lebih lanjut, sedangkan sistem pendukung proses produksi digunakan hanya untuk mendukung proses utama yang dibagi menjadi 3 kelompok :

- 1) Support (instrument air, *cooling water*, dan *steam*).
- 2) *Maintenance*.
- 3) *Protection (Fire water dan foam)*.

Dari sekian jenis pembuatan pipa secara umum dapat dikelompokkan menjadi 2 bagian, yaitu :

- 1) Jenis pipa tanpa sambungan pengelasan.
- 2) Jenis pipa dengan sambungan pengelasan.

Bahan – bahan pipa yang digunakan dalam struktur pipa :

- 1) *Carbon steel*
- 2) *Carbon moly*
- 3) *Galvanis*
- 4) *Stainless steel*
- 5) *PVC (paralon)*

Perpipaan yang bekerja diberbagai tekanan dan suhu harus dianalisa tipe fluidanya seperti *korosifitas*, kadar *toxic*, dan *viskositasnya*. Selain itu *range* suhu, *range* tekanan, metode penyambungan pipa serta *korosifitas* yang diijinkan harus diperhitungkan. Setelah mendapatkan karakteristik pipa maka dapat dikelompokkan

sehingga dapat dilakukan pemilihan pipa sesuai dengan standart.

6. *Head loss*

Fluida yang mengalir didalam instalasi perpipaan tidak selalu melalui pipa yang lurus saja, tetapi juga melalui fitting seperti elbow, valve, sambungan pipa dan lainnya. *Head Loss* adalah *head* yang digunakan untuk mengatasi kerugian – kerugian yang ada disepanjang instalasi pipa yang dilewati fluida tersebut.

a. *Mayor head loss*

Mayor Head Loss adalah kerugian yang disebabkan karena adanya gesekan antara fluida yang mengalir dengan dinding bagian dalam pipa yang lurus, bukan pada pipa yang mengalami perubahan kondisi seperti *fitting*. Untuk menghitung *Mayor Head Loss* menggunakan rumus Darcy - Weisbach, yaitu:

$$hl = f \frac{L}{Di} \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \dots \dots \dots 7$$

Dimana :

- hl : *Head Loss* akibat gesekan (m)
- L : Panjang pipa lurus (m)
- Di : Diameter dalam pipa (m)
- V : Kecepatan rata – rata fluida (m/s)
- g : Percepatan gravitasi (m/s²)
- f : Faktor gesekan

Untuk mengetahui nilai faktor gesekan (f) harus dihitung bilangan reynoldnya (Re) dengan persamaan sebagai berikut :

$$Re = \frac{V \cdot Di}{\nu} \dots \dots \dots 8$$

Dimana :

- Re : Bilangan Reynold
- Di : Diameter dalam pipa (m)
- V : Kecepatan rata – rata fluida (m/s)

ν : Viskositas kinematis Fluida (m²/s)

Apabila besarnya nilai bilangan reynold $Re < 2300$, maka disebut aliran laminar.

$$f = \frac{64}{Re}$$

Dimana :

- f : Faktor gesekan
 - Re : Bilangan Reynold
- Re antara 2300 dan 4000, maka disebut aliran transisi
- Re > 2300, maka disebut aliran turbulen.

b. *Minor head loss*

Minor Head Loss adalah *head loss* yang terjadi akibat adanya perubahan kondisi pipa dan fitting, seperti elbow, valve, dan lainnya. Untuk menghitung besarnya nilai *minor head loss* digunakan persamaan sebagai berikut :

$$hlm = K \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots 9$$

$$= f \frac{Le}{Di} \times \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

- hlm : *Minor Head Loss*
- V : Kecepatan rata – rata fluida (m/s)
- g : Percepatan gravitasi (m/s²)
- K : Koefisien kerugian
- Le : Panjang pipa ekuivalen (m)
- Di : Diameter dalam pipa (m)
- f : Faktor gesekan

7. Kapasitas pompa

Kapasitas pompa adalah banyaknya cairan yang dapat dipindahkan oleh pompa setiap satuan waktu . Dinyatakan dalam satuan volume per satuan waktu, seperti :

- a. *Barel per day* (BPD)
- b. *Galon per menit* (GPM)
- c. *Cubic meter per hour* (m³/hr)

Untuk menentukan kapasitas pompa harus diketahui *total head* dari instalasi pompa tersebut.

METODE PERENCANAAN

Metode perencanaan merupakan sebuah gambaran langkah – langkah yang sistematis dari sebuah perencanaan, yang nantinya akan mempermudah dalam melakukan sebuah perencanaan. Kerangka perencanaan ini merupakan sebuah proses yang didalamnya berisi tahapan yang saling terkait antara satu tahap dengan tahap yang lainnya.

Waktu dan Tempat

Perhitungan perencanaan ini dilakukan di PT. SENTANA ADIDAYA PRATAMA. Pengambilan data dimulai bulan desember 2014 untuk memperoleh gambaran menyeluruh dan data yang akurat.

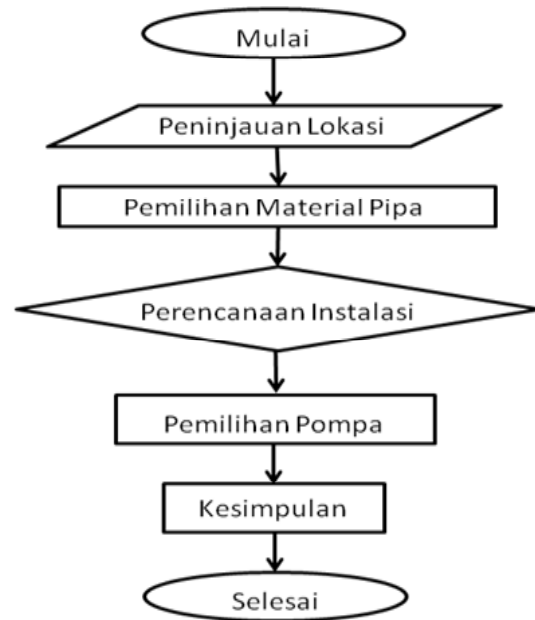
Flow Chart

Secara umum metodologi yang digunakan guna mencapai sasaran yang hendak dicapai dalam perencanaan ini. Agar memudahkan dalam melaksanakan perencanaan dapat digambarkan pada gambar 2.5.

1. Peninjauan Lokasi
Dalam peninjauan lokasi, data yang diambil berupa :
 - a. Jarak dari tangki ke tangki
 - b. Tinggi pompa dengan tangki
 - c. Menggambar *layout*
 - d. Jenis fluida yang dipakai
 - e. *Temperatur fluida*
 - f. Kapasitas dari *user*
2. Pemilihan Material Pipa
3. Perencanaan Instalasi
Sebelum dilakukan perencanaan harus menghitung terlebih dahulu *Total Head* dari instalasi tersebut.

4. Pemilihan Pompa
5. Kesimpulan

Berdasarkan kapasitas yang dibutuhkan *user* dan hasil perhitungan *Total Head* maka didapatkan jenis dan tipe pompa yang sesuai *Globe Market*.

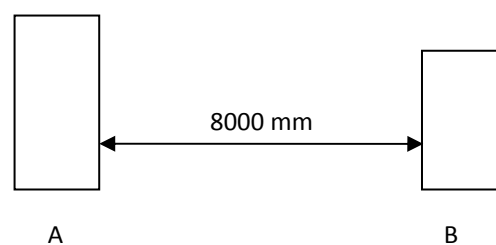


Gambar 2.5. Diagram Alur

HASIL DAN PEMBAHASAN

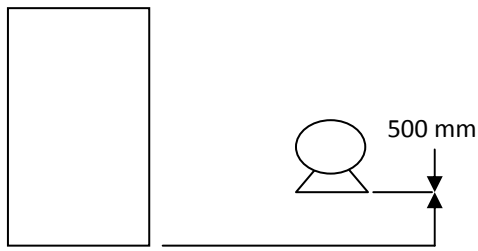
Dalam proses peninjauan lokasi yang dilakukan di area PT. SENTANA ADIDAYA PRATAMA guna melakukan perencanaan instalasi pompa, maka didapatkan data - data yang dibutuhkan sebagai berikut :

1. Jarak Dari *Fresh Water Tank* (A) ke *Hot Water Tank* (B)



Gambar 4.1.

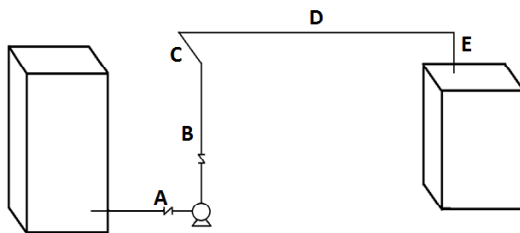
2. Tinggi Pompa Dengan Tangki



Gambar 4.2.

Dalam pemasangan pompa dibutuhkan sebuah pondasi agar pompa stabil *safe* (aman), dan yang harus diperhatikan adalah kelurusan dan rata pondasi (*alignment*). Agar pompa tahan lama, pondasi yang dibuat terbuat dari beton karena kebanyakan pompa terbuat dari besi yang mudah berkarat sehingga memerlukan tindakan pencegahan untuk memperlama umur pompa.

3. Gambar Layout



Fresh Water Tank Hot Water Tank
Gambar 4.3.

- Dimana :
- A = 1000 mm
 - B = 4500 mm
 - C = 1500 mm
 - D = 7000 mm
 - E = 1000 mm

4. Jenis Fluida Dan Temperatur

Jenis fluida yang dipakai *user* berupa air (H₂O) dengan *temperature* antara 25 °C - 35 °C.

5. Kapasitas Yang Dibutuhkan Dari User

Kapasitas yang dibutuhkan dari *user* sesuai dengan sistem proses

produksi yaitu sebesar 600 liter/ menit.

Perencanaan Instalasi

Perhitungan Diameter Pipa

Diambil dari persamaan rumus 6

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V_{izin}}}$$

Dimana :

- D = Diameter pipa (m)
- Q = Debit air (litr/menit)
- V_{izin} = Kecepatan aliran yang diizinkan (2m/s)

Maka :

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{\frac{4 \times 600 \text{ ltr/menit}}{3,14 \times 2 \text{ m/s}}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,6 \text{ m}^3/\text{menit}}{6,28 \text{ m/s}}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,6 \text{ m}^3/\text{s}}{60 \times 6,28 \text{ m/s}}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,6 \text{ m}^3/\text{s}}{376,8 \text{ m/s}}} \\ &= \sqrt{0,0063694268} \\ &= 0,0798 \text{ m} \\ &= 79,8 \text{ mm} \\ D &= 3,142 \text{ inch} \end{aligned}$$

Diameter diatas tidak ada di *global market*, sehingga diambil diameter nominal yaitu 3 1/2 inch.

Perhitungan *friction Factor*

Berdasarkan tabel 4.1. untuk diameter dalam pipa ukuran 3 1/2 inch dengan *schedule standard* 40 adalah 3.548 inch / 90,12 mm / 0,901 m

Untuk mengetahui nilai faktor gesekan (f) harus dihitung bilangan reynoldnya (Re) dengan menggunakan rumus persamaan 8, dimana untuk viskositas dynamic air pada suhu 30 °C dapat dilihat dari tabel 4.2.

$$Re = \frac{V \cdot Di}{\nu}$$

$$= \frac{1,8 \times 0,0901}{8 \times 10^{-7}}$$

$$= 202725$$

$$= 2,02 \times 10^5$$

Setelah didapatkan hasil dari bilangan reynoldnya = $2,02 \times 10^5$, kemudian menghitung kekasaran relatif (*roughness*) dengan rumus $\frac{\epsilon}{D}$ dimana nilai kekasaran ϵ didapat dari tabel 4.3.

Dengan menggunakan material pipa Carbon Steel (NEW), maka nilai kekasarannya adalah $0,05 \text{ mm} = 0,00005 \text{ m}$

$$r = \frac{\epsilon}{D}$$

$$r = \frac{0,00005}{0,0901} = 0,0005$$

Dengan melihat gambar 4.4 diketahui nilai bilangan *Reynold* = $2,02 \times 10^5$ dan nilai $r = 0,0005$ maka didapatkan nilai *Friction* = $0,0045$

Perhitungan Head Loss

1. Mayor Losses

Rumus dari *Mayor losses* diambil dari persamaan 7

$$hL_{\text{mayor}} = f \frac{L}{Di} \times \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

hl : *Head Loss* akibat gesekan (m)

L : Panjang pipa lurus (m)

Di : Diameter dalam pipa (m)

V : Kecepatan rata – rata fluida (m/s)

Untuk pipa (a) : Panjang 1000 mm (1 meter)

$$hL_{\text{mayor}} = f \frac{L}{Di} \times \frac{V^2}{2g}$$

$$= 0,0045 \frac{1}{0,0901} \times \frac{1,8^2}{2(9,81)}$$

$$= \frac{0,0045}{0,0901} \times \frac{3,24}{19,62}$$

$$= \frac{0,01458}{1,767762}$$

$$= 0,00824 \text{ m}$$

Untuk pipa (b) : Panjang 4500 mm (4,5 meter)

$$hL_{\text{mayor}} = f \frac{L}{Di} \times \frac{V^2}{2g}$$

$$= 0,0045 \frac{4,5}{0,0901} \times \frac{1,8^2}{2(9,81)}$$

$$= \frac{0,02025}{0,0901} \times \frac{3,24}{19,62}$$

$$= \frac{0,06561}{1,767762}$$

$$= 0,0371 \text{ m}$$

Untuk pipa (c) : Panjang 1500 mm (1,5 meter)

$$hL_{\text{mayor}} = f \frac{L}{Di} \times \frac{V^2}{2g}$$

$$= 0,0045 \frac{1,5}{0,0901} \times \frac{1,8^2}{2(9,81)}$$

$$= \frac{0,00675}{0,0901} \times \frac{3,24}{19,62}$$

$$= \frac{0,02187}{1,767762}$$

$$= 0,0123 \text{ m}$$

Untuk pipa (d) : Panjang 7000 mm (7 meter)

$$hL_{\text{mayor}} = f \frac{L}{Di} \times \frac{V^2}{2g}$$

$$= 0,0045 \frac{7}{0,0901} \times \frac{1,8^2}{2(9,81)}$$

$$= \frac{0,0315}{0,0901} \times \frac{3,24}{19,62}$$

$$= \frac{0,10206}{1,767762}$$

$$= 0,0577 \text{ m}$$

Untuk pipa (e) : Panjang 1000 mm (1 meter)

$$hL_{\text{mayor}} = f \frac{L}{Di} \times \frac{V^2}{2g}$$

$$= 0,0045 \frac{1}{0,0901} \times \frac{1,8^2}{2(9,81)}$$

$$= \frac{0,0045}{0,0901} \times \frac{3,24}{19,62}$$

$$= \frac{0,01458}{1,767762}$$

$$= 0,00824 \text{ m}$$

2. Minor Losses

Dengan mengambil persamaan rumus 9, dan mengambil nilai *K fitting* pada

Tabel 4.5

$$h_{lm} = K \frac{V^2}{2g}$$

Untuk *elbow* 90°, dengan jumlah : 3 buah, K : 0,3

$$\begin{aligned} h_{lm} &= K \frac{V^2}{2g} \\ &= 0,3 \frac{1,8^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,3 \frac{3,24}{19,62} \\ &= 0,04954 \times 3 \\ &= 0,14862 \end{aligned}$$

Untuk *Gate Valve*, dengan jumlah : 1 buah, K : 0,15

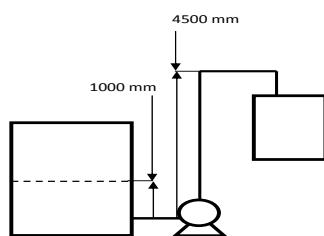
$$\begin{aligned} h_{lm} &= K \frac{V^2}{2g} \\ &= 0,15 \frac{1,8^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,15 \frac{3,24}{19,62} \\ &= 0,02477 \end{aligned}$$

Untuk *Check Valve*, dengan jumlah 1 buah, K : 2

$$\begin{aligned} h_{lm} &= K \frac{V^2}{2g} \\ &= 2 \frac{1,8^2}{2 \times 9,81} \\ &= 2 \frac{3,24}{19,62} \\ &= 0,3302 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel 4.4. dan tabel 4.6. maka total Loss keseluruhan
 $\sum hL = hL + hLm$
 $= 0,12358 + 0,50359$
 $= 0,62717 \text{ m}$

Perhitungan Static Head



Gambar 4.5.

Tinggi discharge maximum : 4500 mm
 Tinggi suction : 1000 mm
 Jadi Static Head = 4500 + 1000 = 5500 mm = 5,5 meter

Perhitungan Total Head Instalasi

$$H = \frac{P_d - P_s}{\gamma} + \frac{V_d^2 - V_s^2}{2 \cdot g} + h_z + \sum h_{ls} + \sum h_d$$

Tekanan permukaan air *Fresh Water Tank* = Tekanan permukaan air di *Hot Water Tank* = atm, $V_d = V_s = 0$

Maka Total Head Instalasi adalah :

$$\begin{aligned} H &= hZ + \sum hL \\ &= 5,5 \text{ meter} + 0,62717 \text{ meter} \\ &= 6,12717 \text{ meter} \end{aligned}$$

Pemilihan Pompa

Dalam pemilihan pompa yang harus diperhatikan adalah Head dari pompa tersebut. Jadi untuk mengetahui Head pompa tersebut maka ditambahkan faktor keamanan head sebesar 10 % sehingga Head pompa adalah :

$$\begin{aligned} H_{\text{pompa}} &= H \times 110\% \\ &= 6,12717 \times 110\% \\ &= 6,73 \text{ meter} \end{aligned}$$

Performance Pompa yang Dikehendaki

Total Head instalasi : 6,12717 meter
 Total Head Losses : 0,68209 meter
 Head Pompa : 6,73 meter
 Kapasitas dari *User* : 600 liter/menit

Pemilihan Pompa di *Globe Market*

Type Pompa : Centrifugal
 Brand Pump : KYODO
 Serial Pump : NFM-130C
 Capacity Max : 800 liter/menit
 Head Max : 9 meter
 Power / Voltage / Speed : 1,5 KW / 220V, 50 Hz / 2850rpm

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil perhitungan perencanaan instalasi pompa dari *Fresh Water Tank* ke *Hot Water Tank* dengan kapasitas 600 liter/menit, sebagai berikut :

Data Hasil Perhitungan

Total Head Instalasi	: 6,12717 meter
Head Pompa	: 6,73 meter
Total panjang pipa	: 15 meter
Total <i>elbow</i>	: 3 pcs
Kapasitas dari User	: 600 liter/menit
Fluida	: Air
Temperatur	: 25 °C - 35 °C

Pemilihan pompa dari Globe Market

Type Pump	: Centrifugal
Brand Pump	: KYODO
Serial Pump	: NFM-130C
Capacity Max	: 800 liter/menit
Head Max	: 9 meter
Power / Voltage / Speed	: 1,5 KW / 220V, 50 Hz / 2850rpm

Perencanaan instalasi pompa memang diperlukan agar memenuhi kebutuhan dari *user* dengan akurat, efisien, dan hasil yang maksimal tanpa ada satu hal yang terlewatkan

Saran

1. Material pipa juga bisa menggunakan carbon steel, karena fluida yang mengalir hanya air yang mana sangat kecil mempengaruhi karakteristik dari pipa tersebut dan dengan temperatur yang rendah.
2. Untuk pipa lurus atau panjang disarankan untuk dikasih pondasi agar pipa dapat tahan lama dan hasilnya maksimal.
3. Dalam pemilihan pompa disarankan untuk memilih kapasitas yang lebih besar dari permintaan *user*, karena apabila ada kebocoran pompa tersebut

masih bisa memenuhi kapasitas yang dibutuhkan *user*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ir. I Made Arya Djoni, MSc, “P o m p a & Kompresor”, Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
- Herman Widodo Soemitro, Renald V. Giles. Mekanika Fluida dan Hidraulika. Edisi Kedua.1993.
- Ir. Sularso, MSME dan Prof. Dr. Haruo Tahara, *Pompa dan Kompresor : Pemilihan, Pemakaian, dan Pemeliharaan, Pradnya Paramita, Jakarta, 2000.*
- Reuben M.Olson and Steven J.Wright. Dasar- dasar Mekanika Fluida Teknik. Edisi kelima.PT Gramedia Pustaka, Utama,Jakarta 1993
- <http://www.mcnichols.com/viewer.htm?pageCode=pipedims>.
- https://neutrium.net/fluid_flow/absolute-roughness/.
- <http://www.agussuwasono.com/e-book/e-book-umum/65wallpaper.html?showall=1>
- <https://yefrichan.wordpress.com/2010/07/01/cara-menentukan-head-total-pompa>.

LAMPIRAN - LAMPIRAN
Lampiran I

Tabel 4.1

© McNICHOLS Co. O.D., I.D., & Wall Thickness Dimensions For Given Pipe Sizes Table Values are in inches									
Pipe Size	Schedule 40 Thickness			Schedule 10 Thickness			Schedule 5 Thickness		
	O.D.	I.D.	Wall Thickness	O.D.	I.D.	Wall Thickness	O.D.	I.D.	Wall Thickness
3/4	1.050	0.824	0.113	1.050	0.884	0.083	1.050	0.920	0.065
1	1.315	1.049	0.133	1.315	1.097	0.109	1.315	1.185	0.065
1-1/4	1.660	1.380	0.140	1.660	1.442	0.109	1.660	1.530	0.065
1-1/2	1.900	1.610	0.145	1.900	1.682	0.109	1.900	1.770	0.065
2	2.375	2.067	0.154	2.375	2.157	0.109	2.375	2.245	0.065
2-1/2	2.875	2.469	0.203	2.875	2.635	0.120	2.875	2.709	0.083
3	3.500	3.068	0.216	3.500	3.260	0.120	3.500	3.334	0.083
3-1/2	4.000	3.548	0.226	4.000	3.760	0.120	4.000	3.834	0.083
4	4.500	4.026	0.237	4.500	4.260	0.120	4.500	4.334	0.083
6	6.625	6.065	0.280	6.625	6.357	0.134	6.625	6.407	0.109
8	8.625	7.981	0.322	8.625	8.329	0.148	8.625	8.407	0.109

Tabel 4.2

Physical properties of water (SI units)

Temperature T (°C)	Specific Weight γ (kN/m ³)	Specific Density ^a ρ (kg/m ³)	Dynamic Viscosity ^b μ ($\times 10^{-3}$ kg/m-s)	Kinematic Viscosity ν ($\times 10^{-6}$ m ² /s)	Surface Tension ^c σ (N/m)	Modulus of Elasticity ^a E ($\times 10^9$ N/m ²)	Vapor Pressure P_v (kN/m ²)
0	9.805	999.8	1.781	1.785	0.0765	1.98	0.61
5	9.807	1000.0	1.518	1.519	0.0749	2.05	0.87
10	9.804	999.7	1.307	1.306	0.0742	2.10	1.23
15	9.798	999.1	1.139	1.139	0.0735	2.15	1.70
20	9.789	998.2	1.002	1.003	0.0728	2.17	2.34
25	9.777	997.0	0.890	0.893	0.0720	2.22	3.17
30	9.764	995.7	0.798	0.800	0.0712	2.25	4.24
40	9.730	992.2	0.653	0.658	0.0696	2.28	7.38
50	9.689	988.0	0.547	0.553	0.0679	2.29	12.33
60	9.642	983.2	0.466	0.474	0.0662	2.28	19.92
70	9.589	977.8	0.404	0.413	0.0644	2.25	31.16
80	9.530	971.8	0.354	0.364	0.0626	2.20	47.34
90	9.466	965.3	0.315	0.326	0.0608	2.14	70.10
100	9.399	958.4	0.282	0.294	0.0589	2.07	101.33

Source: Adapted from J. K. Venard and R. L. Street (1975). *Elementary Fluid Mechanics*, 5th ed., Wiley, New York.

^aAt atmospheric pressure.

^bDynamic viscosity can also be expressed in units of N-s/m².

^cIn contact with air.

Lampiran II

Tabel 4.3

Material	Roughness (mm)
Drawn Tubing, Glass, Plastic	0.0015-0.01
Drawn Brass, Copper, Stainless Steel (New)	> 0.0015-0.01
Flexible Rubber Tubing - Smooth	0.006-0.07
Flexible Rubber Tubing - Wire Reinforced	0.3-4
Stainless Steel	0.03
Wrought Iron (New)	0.045
Carbon Steel (New)	0.02-0.05
Carbon Steel (Slightly Corroded)	0.05-0.15
Carbon Steel (Moderately Corroded)	0.15-1
Carbon Steel (Badly Corroded)	42064
Carbon Steel (Cement-lined)	1.5
Asphalted Cast Iron	0.1-1
Cast Iron (new)	0.25
Cast Iron (old, sandblasted)	1
Sheet Metal Ducts (with smooth joints)	0.02-0.1
Galvanized Iron	0.025-0.15
Wood Stave	0.18-0.91
Wood Stave, used	0.25-1
Smooth Cement	0.5
Concrete – Very Smooth	0.025-0.2
Concrete – Fine (Floated, Brushed)	0.2-0.8
Concrete – Rough, Form Marks	0.8-3
Riveted Steel	0.91-9.1
Water Mains with Tuberculations	1.2
Brickwork, Mature Foul Sewers	3

Lampiran III

Tabel 4.4 Total Mayor Head Losses

Pipa	f	L (m)	Di (m)	V (m/s)	g (m/s ²)	hL (m)
A	0,0045	1	0,0901	1,8	9,81	0,00824
B	0,0045	4,5	0,0901	1,8	9,81	0,0371
C	0,0045	1,5	0,0901	1,8	9,81	0,0123
D	0,0045	7	0,0901	1,8	9,81	0,0577
E	0,0045	1	0,0901	1,8	9,81	0,00824
Total Mayor Head Loss						0,12358

Tabel 4.5 Tabel Minor Losses Koefisien © 1999 LMNO Engineering, Research, and Software, Ltd. All rights reserved.

Fitting							
Valves	K	Elbows	K	180° return bends	K	Tees	K
Globe, fully open	10	Regular 90°, flanged	0.3	Flanged	0.2	Line flow, flanged	0.2
Angle, fully open	2	Regular 90°, threaded	1.5	Threaded	1.5	Line flow, threaded	0.9
Gate, fully open	0.15	Long radius 90°, flanged	0.2			Branch flow, flanged	1.0
Gate 1/4 closed	0.26	Long radius 90°, threaded	0.7			Branch flow, threaded	2.0
Gate, 1/2 closed	2.1	Long radius 45°, threaded	0.2				
Gate, 3/4 closed	17	Regular 45°, threaded	0.4				
Swing check, forward flow	2						
Swing check, backward flow	infinity						

Lampiran IV

Tabel 4.6 Total Minor Head Losses

Fitting	K	V (m/s)	g (m/s ²)	hLm (m)
Elbow 90°	0,3	1,8	9,81	0,14862
Check Valve	0,15	1,8	9,81	0,02477
Gate Valve	2	1,8	9,81	0,3302
Total hLm				0,50359

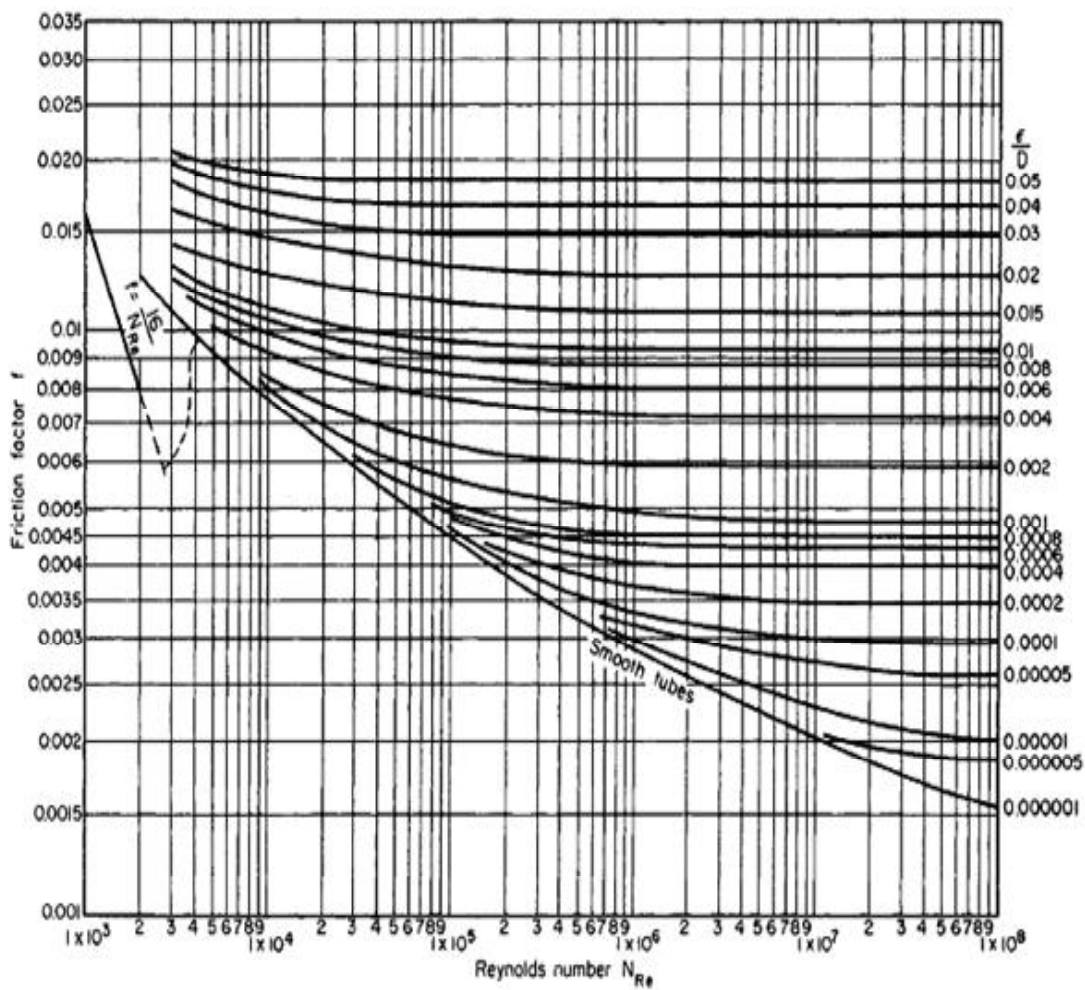


FIG. 6-9 Fanning Friction Factors. Reynolds number $Re = DV\rho/\mu$, where D = pipe diameter, V = velocity, ρ = fluid density, and μ = fluid viscosity. (Based on Moody, Trans. ASME, 66, 671 [1944].)

Gambar 4.4.