

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Spesifikasi Alat yang Digunakan



Gambar 2.1 Instalasi Perpipaan

Dalam perbaikan ini, jenis pipa yang dipakai adalah pipa air PVC dan pompa yang dipakai adalah pompa sentrifugal. Alat yang kami perbaiki ini adalah alat yang berada dibengkel Maintenance and Repair yang berfungsi untuk mengalirkan air dari lantai 1 ke lantai 2. Yang mana kegunaannya apabila alat dihidupkan maka dapat dilihat suatu keadaan berubahnya fase cairan yang dialirkan dari fase cair menjadi fase uap sehingga menimbulkan gelembung-gelembung. Timbulnya gelembung tersebut disebabkan oleh menurunnya tekanan hingga berada dibawah tekanan uap jenuh cairan tersebut. Selain itu, dapat dilihat pula debit air yang dialirkan oleh pompa lewat pipa air PVC dari lantai 1 ke lantai 2 sehingga alat ini dapat berguna bagi mahasiswa untuk praktek pembelajaran mesin konversi energi di bengkel Maintenance and Repair

Untuk itulah diperlukan perbaikan agar alat ini dapat terus dipakai oleh mahasiswa agar dapat memahami cara kerjanya. Dalam kasus ini memperbaiki kerusakan yang terjadi pada alat tersebut adalah kerusakan pipa PVC dan aksesoris pipa seperti elbow L pipa PVC, T pipa PVC, Dop/Cap pipa PVC, Ball valve pipa PVC, Adapter pipa PVC dan mengganti baru komponen pompa yang sudah tidak bisa dipakai.

2.2 Pipa

Pipa adalah benda berbentuk silinder dengan lubang di tengahnya yang terbuat dari logam maupun bahan-bahan lainnya, sebagai sarana transportasi fluida berbentuk cair maupun gas. Pompa, fitting, dan komponen lainnya dibutuhkan dalam sistem perpipaan agar pendistribusian fluida dari suatu tempat ke tempat yang lain dapat berlangsung dengan baik.

Pipa (*pipe*) ditemukan saat dulu manusia kesulitan membawa air dari sumber air ke rumah atau pemukiman mereka. Dengan adanya pipa maka pekerjaan membawa air menjadi lebih mudah. Pipa pertama terbuat dari bambu (*bamboo*). Pada peradaban Mesir dan Aztec, pipa terbuat dari lempung yang dibakar. Pipa logam pertama dibuat pada masa Yunani dan Romawi dengan membuatnya dari timble dan *bronze* (perunggu, Cu-Sn). Pipa besi dibuat setelah adanya penemuan serbuk senjata (*gun powder*) karena serbuk senjata memerlukan pipa besi yang lebih kuat untuk dilewati peluru. Sejak saat itu berbagai produk pipa dari logam berkembang pesat dan menjadi produk khusus saat ini.

Semakin banyak penggunaan pipa dalam aspek kehidupan manusia maka semakin banyak di perlukan ahli-ahli dibidang pemipaan. Umumnya bagian perpipaan dan detailnya merupakan standar dari unit, seperti ukuran diameter, jenis katup yang akan dipasang, baut dan gasket pipa, penyangga pipa, dan lain-lain. Sehingga dengan demikian akan terdapat keseragaman ukuran antara satu dengan yang lainnya. Sedangkan dipasaran telah terdapat berbagai jenis pipa dengan ukuran dan bahan-bahan tertentu sesuai dengan kebutuhan seperti bahan Carbon Steel, PVC (Polyvinil Chloride), Stainlees Steel, dan lain-lain.

2.3 Jenis-Jenis Pipa

2.3.1 Pipa Air PVC

Pipa air PVC merupakan salah satu jenis pipa yang sangat populer digunakan di dunia. Terbuat dari bahan polivinil klorida dan tidak mengandung zat berbahaya, pipa ini aman digunakan untuk menyalurkan air bersih dan menjadi saluran air buangan seperti air hujan maupun kotoran. Karakteristiknya yang antiapi dan licin menjaga ketahanan aliran air agar bebas tersendat.

2.3.2 Pipa Air PVC-O

Pipa ini merupakan pengembangan dari bahan PVC yang diproduksi menggunakan metode *bi-axial* sehingga ikatan antar molekul bahan baku menjadi sangat kuat dengan material yang lebih tipis sehingga lebih efektif dalam menampung volume air. Pipa PVC-O juga mempunyai tingkat keretakan yang tergolong rendah, lebih kuat dibandingkan jenis PVC biasa. Hal ini membuat pipa air PVC-O menjadi lebih ideal sebagai saluran air yang lebih tahan lama.

2.3.3 Pipa Air CPVC

CPVC (*Chlorinated Polyvinyl Chloride*). Merupakan pengembangan dari pipa PVC, jenis pipa yang satu ini memiliki kelebihan pada kemampuannya yang tahan terhadap suhu lebih dari 180⁰C. Dengan material yang jauh lebih tebal, pipa jenis CPVC sangat direkomendasikan untuk kamu yang ingin menginstalasi saluran air panas dan air dingin karena tahan perubahan suhu.

2.3.4 Pipa Air HDPE

HDPE (*High Density Polyethylene*). Terbuat dari plastic non-toxic dengan elastisitas tinggi, pipa ini sangat aman dalam mengalirkan air untuk konsumsi rumah tangga. Berkat karakternya yang sangat kuat dan elastic, pipa jenis HDPE pun sangat cocok dipasang di perumahan yang berlokasi di tanah berkontur tidak stabil, curam, hingga rawan bencana.

2.3.5 Pipa Air PP-R

PP-R terbuat dari bahan polypropylene random dan memiliki karakter unik karena dapat menyalurkan air bertekanan dan bersuhu tinggi. Jenis pipa PPR

dapat dipakai guna kebutuhan sanitas di hunian. Selain itu, pipa ini memiliki sederet kelebihan lainnya seperti antiabrasi, tahan gempa, lentur dan berbobot ringan sehingga memudahkan proses instalasi.

2.3.6 Pipa Air PEX

Pipa ini bisa dimanfaatkan untuk air panas dan air dingin ke hunian, serta instalasi hidrolik karena sifatnya yang tahan terhadap suhu ekstrim. Instalasi pipa jenis PEX pun tergolong sederhana jika dibandingkan dengan jenis pipa lainnya karena cukup menggunakan cincin penghalang khusus untuk mengamankan sambungan.

2.3.7 Pipa Air SDR-41

Berbeda dengan jenis pipa lainnya, pipa SDR-41 dikhususkan untuk pembuangan limbah. Pipa SDR-41 ini memiliki ketebalan yang optimal untuk saluran limbah tanpa tekanan.

2.4 Pompa

Pompa adalah alat yang digunakan untuk mengalirkan fluida cair dengan cara disedot kemudian ditekan. Istilah pompa diambil dari kata “*pump*” yang kemudian dalam bahasa Indonesia disebut pompa. Pompa biasanya digunakan untuk mengalirkan fluida dari tempat yang rendah ke tempat yang tinggi, atau ke tempat yang jauh. Sebagai salah satu contoh untuk mengalirkan air dari sumur ke tangki. Dengan perbedaan tekanan dan perbedaan jarak air dapat dipindahkan menggunakan pompa.

Dilihat dari cara kerjanya yaitu menekan dan menyedot, maka pompa harus memiliki dua daya yaitu, daya isap dan daya tekan. Daya isap dipengaruhi oleh tekanan atmosfer setempat, kerapatan-kerapatan saluran isap dan kualitas pompa itu sendiri. Kualitas pompa yang dimaksud disini adalah kualitas antara rotor dan stator atau pada bagian yang memungkinkan terjadinya rugi-rugi kebocoran sedikitpun, sebab akan mengakibatkan masuknya udara ke dalam saluran isap, sehingga fluida cair tidak dapat terisap sampai ke pompa.

Tekanan atmosfer (atm) berperan mendorong fluida ke dalam saluran isap, jika ruangan dalam saluran isap terjadi kevakuman yang diakibatkan isapan dari

pompa. Pompa dalam keadaan normal hanya dapat dipasang pada ketinggian maksimum 1 atm diatas permukaan fluida yang diisap. Kapasitas pompa dinyatakan dalam *head* atau H dalam satuan meter (m).

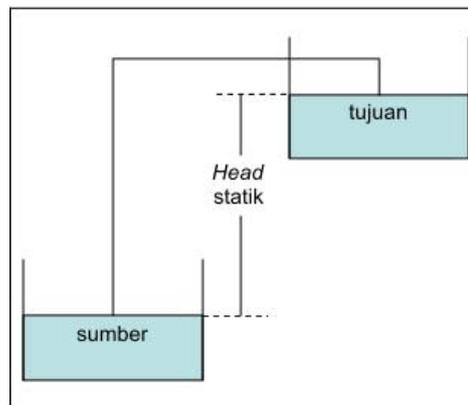
2.5 Karakteristik Pompa

2.5.1 Tahanan Sistem (Head)

Tekanan diperlukan untuk mempompa cairan melewati sistem pada laju tertentu. Tekanan ini harus cukup tinggi untuk mengatasi tahanan sistem, yang juga disebut *head*. *Head* total merupakan jumlah dari *head statik* dan *head* gesekan/friksi.

1. Head Statik

Head statik merupakan perbedaan tinggi antara sumber dan tujuan dari cairan yang dipompakan. *Head statik* merupakan aliran yang *independen*.



Gambar 2.2 Head static

(Lit 2 hal 91)

Head statik pada tekanan tertentu tergantung pada berat cairan dan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

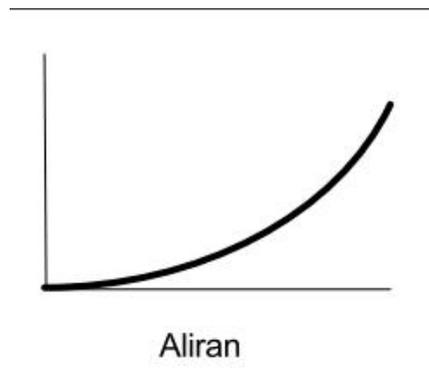
$$\text{Head (dalam feet)} = \frac{\text{tekanan (Psi)} \times 2.31}{\text{Specific Gravity}}$$

Head static terdiri dari :

- *Head* hisapan statik (H_s): dihasilkan dari pengangkatan cairan relatif terhadap garis pusat pompa. H_s nilainya positif jika ketinggian cairan diatas garis pusat pompa, dan negatif jika ketinggian cairan berada dibawah garis pusat pompa (juga disebut pengangkat hisapan)
- *Head* pembuangan statik : jarak vertikal antara garis pusat pompa dan permukaan cairan dalam tangki tujuan.

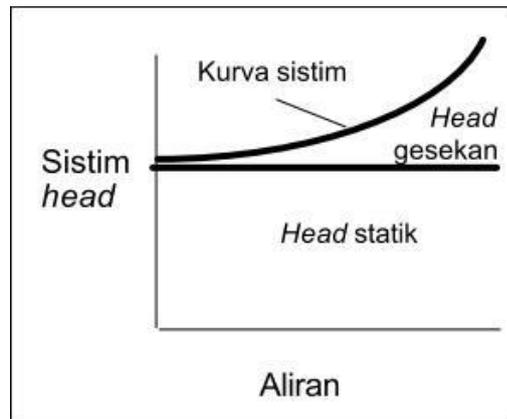
2. Head Gesekan/Friksi (H_f)

Ini merupakan kehilangan yang diperlukan untuk mengatasi tahanan untuk mengalir dalam pipa dan sambungan-sambungan. Head ini tergantung pada ukuran, kondisi dan jenis pipa, jumlah dan jenis sambungan, debit aliran, dan sifat dari cairan. Head gesekan/friksi sebanding dengan kuadrat debit aliran seperti diperlihatkan dalam Gambar 2.3.

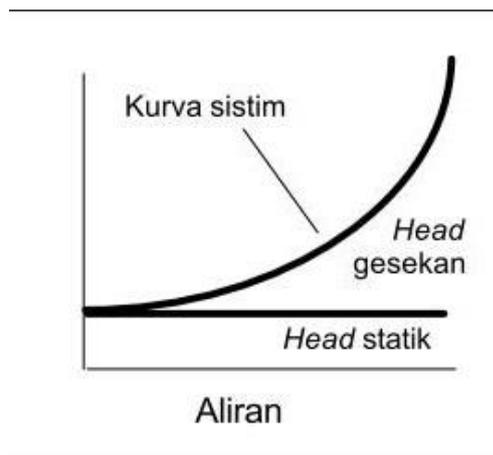


Gambar 2.3 Head Gesekan/Friksi versus Aliran
(Lit 2 hal 92)

Dalam hamper kebanyakan kasus, *head* total sistim merupakan gabungan antara *head statik* dan *head* gesekan seperti gambar 2.4 dan 2.5.



Gambar 2.4 Sistim dengan *Head Statik* Tinggi
(Lit 2 hal 92)

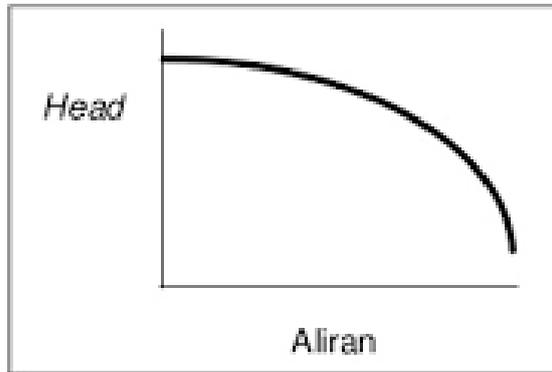


Gambar 2.5 Sistim dengan *Head Statik* Rendah
(Lit 2 hal 92)

2.5.2 Kurva kinerja pompa

Head dan debit aliran menentukan kinerja sebuah pompa yang secara grafis ditunjukkan dalam Gambar 2.6 sebagai kurva kinerja atau kurva karakteristik pompa. Gambar memperlihatkan kurva pompa sentrifugal dimana *head* secara perlahan turun dengan meningkatnya aliran. Dengan meningkatnya tahanan sistim, *head* juga akan naik.

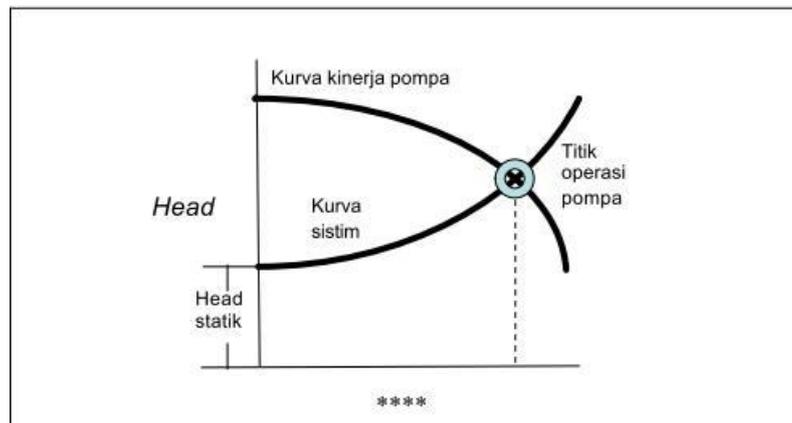
Hal ini pada gilirannya akan menyebabkan debit aliran berkurang dan akhirnya mencapai nol. Debit aliran nol hanya dapat diterima untuk jangka pendek tanpa menyebabkan pompa terbakar.



Gambar 2.6 Kurva Kinerja sebuah Pompa
(Lit 2 hal 94)

2.5.3 Titik operasi pompa

Debit aliran pada head tertentu disebut titik tugas. Kurva kinerja pompa terbuat dari banyak titik-titik tugas. Titik operasi pompa ditentukan oleh pepotongan kurva sistim dengan kurva pompa sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Titik Operasi Pompa
(Lit 2 hal 94)

2.5.4 Kinerja hisapan pompa

Kavitasi atau penguapan adalah pembentukan gelembung dibagian dalam pompa. Hal ini dapat terjadi manakala tekanan static fluida setempat menjadi lebih rendah dari tekanan uap cairan (pada suhu sebenarnya). Kemungkinan penyebabnya adalah jika fluida semakin cepat dalam kran pengendali atau disekitar *impeller* pompa.

Penguapan itu sendiri tidak menyebabkan kerusakan. Walau demikian, bila kecepatan berkurang dan tekanan bertambah, uap akan menguap dan jatuh. Hal ini memiliki tiga pengaruh yang tidak dikehendaki :

- Erosi permukaan baling-baling, terutama jika memompa cairan berbasis air.
- Meningkatnya kebisingan dan getaran, mengakibatkan umur *seal* dan *bearing* menjadi lebih pendek.
- Menyumbat sebagian lintasan *impeller*, yang menurunkan kinerja pompa dalam kasus yang ekstrim dapat menyebabkan kehilangan *head* total.

Head hisapan *Positif Netto Tersedia/ Net Positive Suction Head Available* (NPSHA) menandakan jumlah hisapan pompa yang melebihi tekanan uap cairan, dan merupakan karakteristik rancangan sistim. NPSH yang diperlukan adalah hisapan pompa yang diperlukan untuk menghindari kavitasi, dan merupakan karakteristik rancangan pompa.

2.6 Mengendalikan debit aliran dengan variasi kecepatan

2.6.1 Menggunakan penggerak kecepatan yang bervariasi/Variable Speed Drive

VSD memperbolehkan pengaturan kecepatan pompa berada diatas kisaran yang kontinyu, menghindarkan kebutuhan untuk melompat dari satu kecepatan ke kecepatan lainnya sebagaimana yang terjadi dengan pompa yang berkecepatan berlipat. Kecepatan pompa dengan pengendali VSD menggunakan dua jenis sistim :

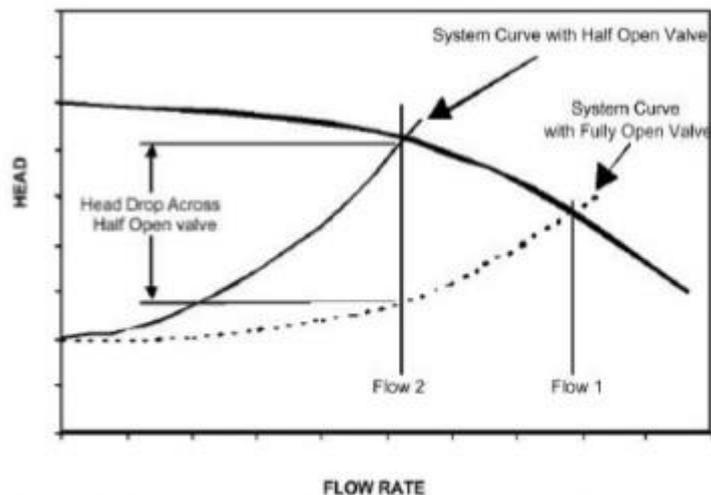
- VSD mekanis meliputi sarang hidrolis, kopling fluida, dan *belts* dan *pully* yang dapat diatur-atur.
- VSD listrik meliputi sarang arus eddy, pengendali motor dengan rotor yang melingkar, pengendali frekuensi yang bervariasi/ *variable frequency*

drive (VDFs). VFDs adalah yang paling populer dan mengatur frekuensi listrik dari daya yang dipasok ke motor untuk mengubah kecepatan perputaran motor.

- Memperbaiki pengendalian proses sebab dapat memperbaiki variasi-variasi kecil dalam aliran lebih cepat.
- Memperbaiki kehandalan sistem sebab pemakaian pompa, bantalan dan seal jadi berkurang. Penurunan modal dan biaya perawatan sebab kran pengendali, jalur *by-pass*, dan *starter* konvensional tidak diperlukan lagi. Kemampuan starter lunak : VDS membolehkan motor memiliki arus *start-up* yang lebih rendah.

2.6.2 Menghilangkan kran pengendali aliran

Metode lain untuk mengendalikan aliran adalah dengan menutup atau membuka kran pembuangan (hal ini dikenal juga dengan kran *throttling*). Walau metode ini menurunkan tekanan namun tidak mengurangi pemakaian daya, sebab *head* total (*head statik*) bertambah.



Gambar 2.8 Pengendalian Aliran Pompa dengan Kran
(Lit 2 hal 98)

Metode ini meningkatkan getaran dan korosi sehingga meningkatkan biaya perawatan pompa secara potensial mengurangi umurnya. VSD merupakan suatu pemecahan yang lebih baik dari sudut pandang efisiensi energi.

2.6.3 Menghilangkan pengendali by-pass

Aliran dapat juga diturunkan dengan cara memasang sebuah sistem kendali *by-pass*, dimana pembuangan pompa dibagi menjadi dua aliran menuju dua pipa saluran yang terpisah. Satu pipa saluran mengirimkan fluida ke titik tujuan pengiriman, sementara pipa saluran kedua mengembalikan fluida ke sumbernya. Dengan kata lain, sebagian fluida diputarakan dengan tanpa alasan, dengan demikian maka hal ini merupakan pemborosan energi. Oleh karena itu maka *opsi* ini harus dihidupkan.

2.6.4 Kendali *Start/Stop* Pompa

Suatu cara yang sederhana dan masuk akal berkenaan dengan energi yang efisien adalah menurunkan debit aliran dengan menjalankan dan menghentikan pompa, sepanjang hal ini tidak sering terjadi dilakukan. Sebuah contoh dimana opsi ini dapat digunakan adalah bila sebuah pompa digunakan untuk mengisi tangki penyimpanan dimana fluida mengalir ke proses pada debit yang tetap. Dalam situasi ini, pengendali dipasang pada tingkatan minimum dan maksimum didalam tangki untuk menjalankan dan menghentikan pompa.

2.7 Kavitas

Kavitas adalah peristiwa terbentuknya gelembung-gelembung uap di dalam cairan yang dipompa akibat turunnya tekanan cairan sampai di bawah tekanan uap jenuh cairan pada suhu operasi pompa. Gelembung uap yang terbentuk dalam proses ini mempunyai siklus yang sangat singkat.

Cairan akan masuk secara tiba-tiba ke ruangan yang terbentuk akibat pecahnya gelembung uap tadi sehingga mengakibatkan tumbukan. Peristiwa ini akan menyebabkan terjadinya kerusakan mekanis pada pompa. Satu gelembung memang hanya akan mengakibatkan bekas kecil pada dinding namun bila hal itu terjadi berulang-ulang maka bisa mengakibatkan terbentuknya lubang-lubang kecil pada dinding. Bahkan semua material bisa rusak oleh kavitas bila dibiarkan terjadi dalam jangka waktu yang lama. Adanya benda asing yang masuk ke dalam pompa

akan lebih memperparah kerusakan sebab akan menyebabkan erosi pada dinding *impeller*.

Hal-hal yang diakibatkan oleh kavitasi antara lain :

1. Terjadinya suara berisik dan getaran (*noise and vibration*)
2. Terbentuknya lubang-lubang kecil pada dinding pipa hisap
3. Performansi pompa akan turun
4. Bisa menyebabkan kerusakan pada *impeller*

Cara-cara yang bisa digunakan untuk menghindari terjadinya kavitasi antara lain :

1. Tekanan sisi isap tidak boleh terlalu rendah. Pompa tidak boleh diletakkan jauh di atas permukaan cairan yang dipompa sebab menyebabkan *head* statisnya besar.
2. Kecepatan aliran pada pipa isap tidak boleh terlalu besar. Bagian yang mempunyai kecepatan tinggi maka tekanannya akan rendah. Oleh karena itu besarnya kecepatan aliran harus dibatasi, caranya dengan membatasi diameter pipa isap tidak boleh terlalu kecil.
3. Menghindari instalasi berupa belokan-belokan tajam. Pada belokan yang tajam kecepatan aliran fluida akan meningkat sedangkan tekanan fluida akan turun sehingga menjadi rawan terhadap kavitasi.

2.8 Mekanika Fluida

Mekanika Fluida adalah cabang dari ilmu fisika yang mempelajari mengenai zat fluida (cair, gas dan plasma) dan gaya yang bekerja padanya. Mekanika fluida dapat dibagi menjadi statika fluida, ilmu yang mempelajari keadaan fluida saat diam; kinematika fluida, ilmu yang mempelajari fluida yang bergerak; dan dinamika fluida, ilmu yang mempelajari efek gaya pada fluida yang bergerak. Ini adalah cabang dari mekanika kontinum, sebuah subjek yang memodelkan materi tanpa memperhatikan informasi mengenai atom penyusun dari materi tersebut sehingga hal ini lebih berdasarkan pada sudut pandang makroskopik daripada sudut pandang mikroskopik. Mekanika fluida, terutama dinamika fluida, adalah bidang penelitian utama dengan banyak hal yang belum terselesaikan atau hanya sebagian

yang terselesaikan. Mekanika fluida dapat menjadi sangat rumit secara matematika, dan sangat tepat untuk diselesaikan dengan metode numerik, biasanya dengan menggunakan perhitungan komputer. Dinamika Fluida Komputasi, adalah salah satu disiplin yang dikhususkan untuk penyelesaian masalah mekanika fluida dengan pendekatan numerik.

2.8.1 Tekanan

$$p = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(\text{Lit 1 hal 120})$$

Keterangan

p : Tekanan (N/m² atau dn/cm²)

F : Gaya (N atau dn)

A : Luas alas/penampang (m² atau cm²)

Satuan:

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 10^{-5} \text{ bar} = 0,99 \times 10^{-5} \text{ atm} = 0,752 \times 10^{-2} \text{ mmHg atau torr} \\ = 0,145 \times 10^{-3} \text{ lb/in}^2 \text{ (psi)}$$

$$1 \text{ torr} = 1 \text{ mmHg}$$

2.8.2 Tekanan Hidrostatik

$$p_h = \rho \times g \times h \dots\dots\dots(\text{Lit 1 hal 122})$$

$$p_h = s \times h \dots\dots\dots(\text{Lit 1 hal 122})$$

Keterangan :

p_h : Tekanan hidrostatik (N/m² atau dn/cm²)

h : jarak ke permukaan zat cair (m atau cm)

s : berat jenis zat cair (N/m³ atau dn/cm³)

ρ : massa jenis zat cair (kg/m³ atau g/cm³)

g : gravitasi (m/s² atau cm/s²)

a. Tekanan mutlak dan tekanan gauge

Tekanan gauge: selisih antara tekanan yang tidak diketahui dengan tekanan udara luar.

Tekanan mutlak = tekanan gauge + tekanan atmosfer

$$p = p_{gauge} + p_{atm} \dots\dots\dots(\text{Lit 1 hal 124})$$

b. Tekanan mutlak pada kedalaman zat cair

$$p_h = p_0 + \rho \times g \times h \dots\dots\dots(\text{Lit 1 hal 124})$$

Keterangan :

p_0 : tekanan udara luar (1 atm = 76 cmHg = 1,01 x 10⁵ Pa)

2.8.3 Hukum pascal

Tekanan yang diberikan pada zat cair dalam ruang tertutup akan diteruskan sama besar ke segala arah.

$$\frac{F_2}{A_2} = \frac{F_1}{A_1} \dots\dots\dots (\text{Lit 1 hal 156})$$

Keterangan :

F_1 : Gaya tekan pada pengisap 1

F_2 : Gaya tekan pada pengisap 2

A_1 : Luas penampang pada pengisap 1

A_2 : Luas penampang pada pengisap 2

Jika yang diketahui adalah besar diameternya, maka $F_2 = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2 \times F_1$

2.8.4 Gaya apung (hukum archimedes)

Gaya apung adalah selisih antara berat benda di udara dengan berat benda dalam zat cair.

$$F_a = M_f \times g \dots\dots\dots(\text{Lit 1 hal 134})$$

$$F_a = \rho_f \times V_{bf} \times g \dots\dots\dots(\text{Lit 1 hal 135})$$

Keterangan :

F_a : gaya apung

M_f : massa zat cair yang dipindahkan oleh benda

g : gravitasi bumi

ρ_f : massa jenis zat cair

V_{bf} : volume benda yang tercelup dalam zat cair

2.8.5 Defenisi Fluida

Fluida adalah suatu zat yang terus menerus berubah bentuk apabila mengalami tegangan geser, fluida tidak mampu menahan tegangan geser tanpa berubah bentuk. Gaya geser adalah komponen gaya yang menyinggung permukaan, dan dibagi dalam luas permukaan tersebut. Tegangan geser pada

suatu titik adalah nilai batas perbandingan gaya geser terhadap luas dengan berkurangnya luas sehingga menjadi titik tersebut.

2.8.6 Sifat-Sifat Fluida

Fluida mempunyai sifat-sifat atau karakteristik yang penting, yaitu : viskositas, kerapatan, dan kecepatan aliran.

1. Viskositas

Viskositas adalah sifat yang menentukan besar dan tahannya terhadap gaya. Kekentalan yang terutama diakibatkan oleh adanya pengaruh antara molekul-molekul fluida. Viskositas (μ) sering kali disebut viskositas mutlak atau dinamik, agar tidak terkecual dengan viskositas kinematik (ν) yang merupakan perbandingan viskositas terhadap kerapatan massa :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \dots \dots \dots \text{(Lit 1 hal 72)}$$

Keterangan :

ν = Kekentalan kinematik (m^2/s)

μ = Kekentalan dinamik ($\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}$)

ρ = Massa zat cair (kg/m^3)

2. Kerapatan

Kerapatan (*density*) suatu zat yaitu massa dari volume zat tersebut. Untuk cairan kerapatannya bisa dianggap tetap untuk perubahan-perubahan praktis. Kerapatan air adalah $1000\text{kg}/\text{m}^3$ pada 4°C .

Berat jenis (*specific weight*) γ adalah gaya gravitasi terhadap massa yang terkandung dalam sebuah satuan volume zat, maka : $\gamma = \rho \cdot g$

Untuk air dengan nilai kerapatan $1000\text{ kg}/\text{m}^3$ dengan percepatan gravitasi $9,81\text{ m}/\text{s}^2$. Maka :

$$\gamma = \rho \cdot g \dots \dots \dots \text{(Lit 1 hal 77)}$$

$$\gamma = (1000\text{ kg}/\text{m}^3) \cdot (9,81\text{ m}/\text{s}^2)$$

$$\gamma = 9810\text{ N}/\text{m}^3$$

3. Kecepatan Aliran

Aliran fluida khususnya air diklarifikasikan berdasarkan perbandingan antara gaya-gaya inersia (*inertial force*). Dengan gaya akibat kekentalannya,

viskositas dibagi menjadi tiga bagian yaitu : aliran laminar, aliran transisi, aliran turbulen. Variable yang dipakai untuk klarifikasi ini adalah bilangan *Reynold*. Bilangan *Reynold* yang tidak berdimensi menyatakan perbandingan gaya-gaya inersia terhadap gaya-gaya kekentalannya, yaitu :

$$Re = V \cdot D/v \dots \dots \dots \text{(Lit 1 hal 81)}$$

Keterangan :

Re = Bilangan *reynold*

V = Kecepatan aliran (m/s)

v = Kekentalan kinematik (m^2/s)

D = Diameter pipa (m)

Untuk mencari kecepatan rata-rata rumus yang digunakan adalah :

$$V = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots \text{(Lit 1 hal 83)}$$

Maka :

- a. Pada $Re < 2300$, aliran bersifat laminar

Dalam aliran laminar, koefisien kerugian gesek untuk pipa dapat dinyatakan

dengan : $\lambda = \frac{64}{Re}$

- b. Pada $Re > 4000$, aliran bersifat turbulen

Untuk pipa dalam aliran turbulen ini digunakan rumus *Darcy* :

$$\lambda = 0,002 + \left(\frac{0,0005}{D} \right)$$

- c. Pada $Re = 2300 - 4000$

Terdapat didaerah transisi dimana aliran tidak dapat bersifat laminar tergantung pada kondisi pipa dan aliran.

2.9 Menghitung Debit

Debit atau laju aliran adalah kecepatan pompa untuk memindahkan fluida yang diukur dalam satuan volume per waktu atau dalam satuan massa per satuan waktu. Misalnya dalam m^3/s atau kg/s . pengukuran ini dapat dilakukan dengan cara sederhana maupun dengan alat ukur yang umumnya disebut *flowmeter* atau dengan alat ukur khusus mengukur laju aliran *ratometer*. Cara yang sederhana ini adalah

dengan menampung fluida yang keluar dari pompa dalam waktu tertentu, kemudian fluidanya ditimbang beratnya dan diukur volumenya. Misalnya selama satu menit fluida yang didapat 30kg, maka debit pompa tersebut = 0,5 kg/s atau 1800 liter/jam. Untuk pengukuran dengan menggunakan flowmeter tidak perlu menampung fluida yang keluar dari pompa kemudian di timbang, melainkan setelah meteran dipasang pada saluran tekan, pompa dihidupkan dan tinggal mencatat waktu secara tertentu. Kemudian melihat bertambahnya angka pada meteran mulai *stopwatch on* sampai *off*. Misalnya selama 10 menit pertambahan angka pada meteran menunjukkan 0,1 m³, maka debit pompa tersebut adalah 10l/m.

Debit pompa secara teoritik Q (m³/s) adalah sama dengan luas penampang A (m²) dikalikan dengan kecepatan aliran fluida V (m/s). besarnya Q adalah konstanta walaupun penampang berubah-ubah.

$$Q = A \cdot V \text{ (m}^3\text{/s)} = C \dots\dots\dots\text{(Lit 6 hal 23)}$$

Debit atau kapasitas pompa dihitung agar fluida cair yang di alirkan pompa ke tangki sebanding dengan kapasitas fluida cair yang keluar dari tangki, berdasarkan hukum kontinuitas, bahwa :

$$Q_{\text{pompa}} = Q \dots\dots\dots\text{(Lit 6 hal 19)}$$

Untuk mendapatkan kapasitas atau debit pompa maka dibandingkan dengan kapasitas tangki, dan dihitung dengan rumus :

$$Q = A \cdot V \text{ atau } \frac{V}{t} \text{ (m}^3\text{/s)} \dots\dots\dots\text{(Lit 6 hal 23)}$$

Keterangan :

$$Q = \text{Debit pompa (m}^3\text{/s)}$$

$$V = \text{Kecepatan aliran (m/s)}$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times d^2 = \text{Luas penampang pipa (m}^2\text{)}$$

2.10 Mengukur Daya Isap dan Daya Tekan

Pengukuran tekanan ada dua macam yaitu pengukuran tekanan positif dan negatif. Tekanan positif diukur dengan “pressure gauge” dan tekanan negatif diukur dengan “vacuum gauge”. Vacuum gauge (VG) di pasang pada saluran isap untuk mengukur daya isap (head isap). Sedangkan pressure gauge (PG) di pasang pada saluran tekan untuk mengukur daya tekan (head tekan).

Vacuum gauge untuk melihat daya isap pompa, juga dapat mendeteksi kebocoran pada instalasi saluran isap. Jika jarum petunjuk mendekati nol maka daya isap kurang kuat. Penyebabnya mungkin untuk kerja pompa yang sudah menurun atau ada instalasi saluran isap yang bocor. Namun bila saluran isap bocor biasanya output pompa nol atau kecil sekali. Pompa yang bagus ataupun saluran isap yang tidak bocor adalah jarum penunjuk pada *Vacuum Gauge* mendekati angka maksimum.

2.11 Perhitungan Head

Istilah *head* digunakan untuk menunjukkan karakter pompa yang berhubungan dengan kemampuannya untuk mengalirkan sejumlah fluida dengan satuan meter. Namun bukan semata-mata sebagai satuan panjang atau tinggi seperti umumnya yang dikenal orang, melainkan sebagai satuan panjang untuk mewakili besar tekanan yang dibutuhkan untuk mengalirkan sejumlah fluida. Karena besar tekanan dapat di koversi menjadi ketinggian suatu fluida tertentu dalam kolom fluida, maka yang di gunakan hanyalah ketinggian dalam satuan meter.

Head total (H) adalah daya tekan yang harus dimiliki oleh sebuah pompa untuk mengalirkan fluida dari suatu tempat ke tempat yang lain, yang ada pada instalasi pipa maupun lingkungan. Maka *head* total pompa adalah sama dengan *head* statis di tambah *head* rugi-rugi. Disamping itu banyak metode dalam perhitungan *head* total, banyak komponen untuk *head* yang harus diperhitungkan.

$$H_t = H_D + H_s$$

$$H_D = \frac{P_1 - P_2}{\rho \cdot g} \dots\dots\dots(\text{Lit 2 hal 51})$$

Keterangan :

H_t = Head Total (m)

H_s = Perbedaan ketinggian tekan antara permukaan air yang diisap dan permukaan air tampung atau ujung pada pipa pengeluaran (m)

HD = Perbedaan head tekan yang bekerja pada kedua permukaan air (m)

P1 = Tekanan udara luar = 1 atm

P2 = Tekanan terukur pada *pressure gauge*

ρ = Massa jenis (kg/m^3)

g = Gravitasi bumi (m/s)

2.12 Kriteria Pemilihan Bahan

Pemilihan bahan haruslah dilihat dari jenis dan sifatnya, baik dari segi biaya maupun dari segi suatu bahan tersebut.

Adapun bahan atau material yang akan digunakan pada proses pembuatan alat antara lain :

2.12.1 Pompa *Slide Channel* (SHIMIZU)

Pompa pada alat pembelajaran ini menggunakan pompa slide channel (SHIMIZU), pompa ini berfungsi untuk mengalirkan fluida dari penampung bawah ke penampung atas.

2.12.2 *Pressure Gauge*

Sebagai alat ukur daya tekan pompa (head discharge). Pressure gauge ini dipasang pada pipa keluaran untuk mencari besar tekanan keluarannya.

2.12.3 *Water Flowmeter*

Water Flowmeter ini dipasang pada saluran keluar, yang berfungsi untuk mengukur laju aliran atau debit yang dikeluarkan oleh pompa.

2.12.4 Kran

Kran dipasang pada pipa, fungsinya adalah sebagai pembuka dan penutup laju aliran. Kran yang digunakan adalah *ball valve*.

2.12.5 Pipa

Pipa pada alat pembelajaran ini menggunakan pipa PVC $\text{Ø } \frac{3}{4}$ " dan $\text{Ø } \frac{1}{2}$ " dimana pemakaian pipa ini dikarenakan untuk menghindari biaya yang berlebihan dan untuk menghindari terjadinya korosi.

2.12.6 Tangki

Pada alat pembelajaran ini menggunakan 2 tangki yaitu : tangki atas dan bawah. Tangki tersebut berperan sebagai tempat persediaan air dan penampungan air pada saat pompa bekerja.