

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Alat yang diperbaiki



Gambar 2.1 Rangkaian Instalasi Pemipaan

Dalam perbaikan alat ini, jenis pipa yang dipakai dalam rangkaian instalasi pemipaan ini adalah pipa air PVC dan pompa yang dipakai adalah pompa sentrifugal. Alat yang kami perbaiki ini adalah alat yang berada dibengkel Perawatan dan Perbaikan, yang berfungsi untuk praktek mata kuliah Mesin Konversi Energi guna menentukan kurva pemipaan.

2.2 Pengertian 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 pemipaan 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 pemipaan 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

a. Pipa Air PVC



Gambar 2.2 Pipa Air PVC

Pipa air PVC merupakan salah satu jenis pipa yang sangat populer digunakan di hunian. Terbuat dari bahan polyvinil 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.

b. Pipa Air PVC-O



Gambar 2.3 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.

c. Pipa Air CPVC

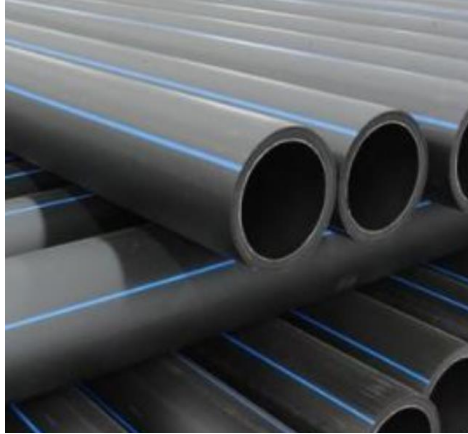


Gambar 2.4 Pipa Air CPVC

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 kita yang ingin menginstalasi saluran air panas dan air dingin karena tahan perubahan suhu.

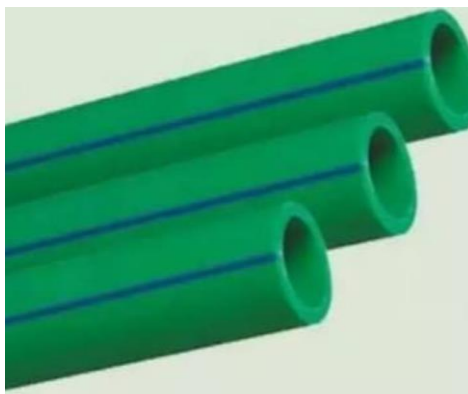
d. Pipa Air HDPE



Gambar 2.5 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 ditanah berkontur tidak stabil, curam, hingga rawan bencana.

e. Pipa Air PP-R



Gambar 2.6 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 PP-R dapat dipakai guna kebutuhan sinitas di hunian. Selain itu, pipa ini memiliki sederet kelebihan lainnya seperti antiabrasi, tahan gempa, lentur dan berbobot ringan sehingga memudahkan proses instansi.

f. Pipa Air PEX



Gambar 2.7 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.

g. Pipa Air SDR-41



Gambar 2.8 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 flourida tanpa tekanan.

2.4 Pengertian 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 ketempat 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 kedalam saluran isap, sehingga fluida cair tidak dapat terisap sampai kepompa.

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 *heat* atau H dalam satuan meter (m).

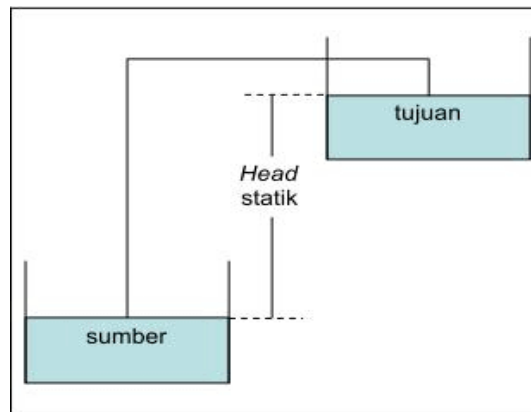
2.5 Karakteristik Pompa

2.5.1 Tahanan Sistem (Heat)

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

a. Heat Statik

Heat statik merupakan perbedaan tinggi antara sumber dan cairan yang dipompakan. *Heat statik* merupakan aliran yang *independen*.



Gambar 2.9 *Heat statik*

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

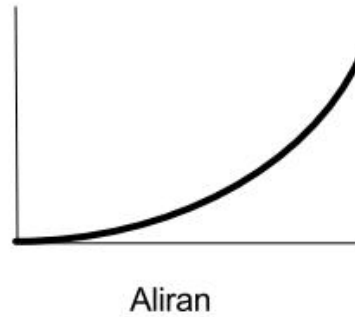
$$\text{Heat (dalam feet)} = \frac{\text{tekanan (Psi)} \times 2.31}{\text{Specific Gravity}}$$

Heat statik terdiri dari:

- 1) *Heat* 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)
- 2) *Heat* pembuangan statik : jarak vertikal antara garis pusat pompa dan permukaan cairan dalam tangki tujuan.

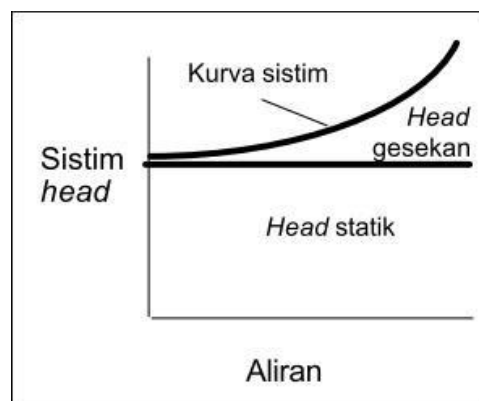
b. Heat Gesekan/ Friksi (H_f)

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



Gambar 2.10 Heat Gesekan/ Friksi versus Aliran

Dalam hampir kebanyakan kasus, *heat* total sistim merupakan gabungan antara *heat statik* dan *heat gesekan* seperti gambar 10a dan 10b.



Gambar 2.10a Sistim dengan *Heat Statik* Tinggi

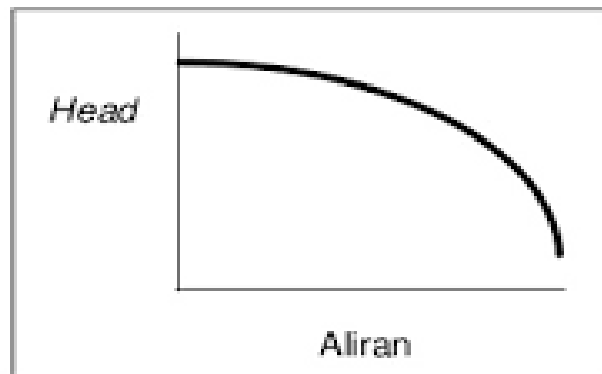


Gambar 2.10b Sistim dengan *Heat Statik* Rendah

2.5.2 Kurva kinerja pompa

Head dan debit aliran menentukan kinerja sebuah pompa yang secara grafis ditunjukkan dalam Gambar 4 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.

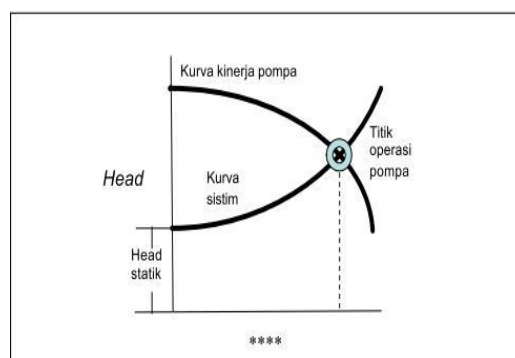
Hal ini pada gilirannya akan menyebabkan debit aliran berkurang dan akhirnya mencapai nol. Debit aliran nol hanya dapat diterima untuk jangka pendek tanpa menyebabkan pompa terbakar.



Gambar 2.11 Kurva Kinerja sebuah Pompa

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 12.



Gambar 2.12 Titik Operasi Pompa

2.6 Mengendalikan debit aliran dengan variasi kecepatan

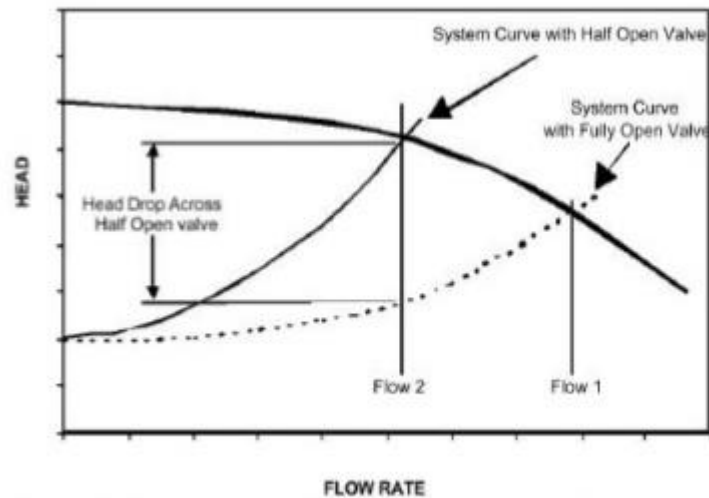
2.6.1 Menggunakan penggerak kecepatan yang bervariasi/ Variable Speed Drive (VSD)

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:

- 1) VSD mekanis meliputi sarang hidrolik, kopling fluida, dan *belts* dan *pully* yang dapat diatur-atur.
- 2) VSD listrik meliputi sarang arus, pengendali motor dengan rotor yang melingkar, pengendali frekuensi yang bervariasi/ *variable frequency drive* (VFDs). VFDs adalah yang paling populer dan mengatur frekuensi listrik dari daya yang dipasok ke motor untuk mengubah kecepatan perputaran motor.
- 3) Memperbaiki pengendalian proses sebab dapat memperbaiki variasi-variasi kecil dalam aliran lebih cepat.
- 4) Memperbaiki kehandalan sistim 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: VSD 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 *heat* total (*heat statik*) bertambah.



Gambar 2.13 Pengendalian Aliran Pompa dengan Kran

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 diputarkan 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 Fluida

2.7.1 Definisi 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.

2.7.2 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 tercacaukan dengan viskositas kinematik (ν) yang merupakan perbandingan viskositas terhadap kerapatan massa :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Keterangan:

ν = Kekentalan kinematik (m^2/s)

μ = Kekentalan dinamik ($kg/m.s$)

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 $1000kg/m^3$ pada $4^{\circ}C$.

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

$$\gamma = \rho \cdot g$$

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

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

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:

$$R_e = V \cdot D/v$$

Keterangan:

$$R_e = \text{Bilangan } reynold$$

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

$$v = \text{Kekentalan kinematik (m}^2/\text{s)}$$

$$D = \text{Diameter pipa (m)}$$

Untuk mencari kecepatan rata-rata rumus yang digunakan adalah:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Maka:

a. Pada $R_e < 2300$, aliran bersifat laminar

Dalam aliran laminar, koefisien kerugian gesek untuk pipa dapat dinyatakan dengan: $\lambda = \frac{64}{Re}$

b. Pada $R_e > 4000$, 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.

2.8 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 *flow meter* 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 m^3 , maka debit pompa tersebut adalah 10l/m.

Debit pompa secara teoritik Q (m^3/s) adalah sama dengan luas penampang A (m^2) dikalikan dengan kecepatan aliran fluida V (m/s). Besarnya (Q) adalah konstanta walaupun penampang berubah-ubah.

$$Q = A \cdot V \text{ (} m^3/s \text{)} = C$$

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:

$$Q_{\text{pompa}} = Q$$

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

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

Keterangan:

Q = Debit pompa (m³/s)

V = Kecepatan aliran (m/s)

$A = \frac{\pi}{4} \times d^2 =$ Luas penampang pipa (m²)

2.9 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 (*heat isap*). Sedangkan *pressure gauge* (PG) di pasang pada saluran tekan untuk mengukur daya tekan (*heat 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.

2.10 Perhitungan Heat

Istilah *heat* 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.

Heat 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 *heat* total pompa adalah sama dengan

heat statis di tambah *heat* rugi-rugi. Disamping itu banyak metode dalam perhitungan *heat* total, banyak komponen untuk *heat* yang harus diperhitungkan.

$$H_t = H_D + H_s$$

$$H_D = \frac{P_1 - P_2}{\rho \cdot g}$$

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)

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

P_1 = Tekanan udara luar = 1 atm

P_2 = Tekanan terukur pada *pressure gauge*

ρ = Massa jenis (kg/m^3)

g = Gravitasi bumi (m/s)

2.11 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:

a. Pompa *Slide Channel* (SHIMIZU)

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

b. *Pressure Gauge*

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

c. *Water Flow meter*

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

d. Kran

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

e. Pipa

Pipa pada alat pembelajaran ini menggunakan pipa PVC Ø ¾" dan Ø ½" dimana pemakaian pipa ini dikarenakan untuk menghindari biaya yang berlebihan dan untuk menghindari terjadinya korosi.

f. 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.