

BAB 1

1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Instalasi pemipaan sangat dibutuhkan dalam pendistribusian air bersih untuk kebutuhan industri maupun rumah tangga. Pipa merupakan sarana pendistribusian air yang murah dan terjangkau. Berbagai macam material pipa contohnya baja, pvc, kuningan, dan lain-lain. Tentunya dalam pemilihan jenis material pipa disesuaikan dengan kebutuhannya untuk mengejar factor efisiensi.

Dalam proses penyaluran air maka diperlukan instalasi perpipaan. Instalasi dirangkai dari beberapa komponen antara lain jenis pipa, bentuk pipa, sambungan pipa, katup, dan lain-lain. Pada dasarnya aliran fluida yang melewati pipa akan mengalami penurunan tekanan fluida itu sendiri. Gejala ini disebabkan beberapa hal antara lain, adanya kerugian gesek pada saluran pipa, hambatan fluida saat melewati sambungan pipa, lengkungan, katup, difuser, dan lain-lain.

Seiring berkembangnya teknologi alternatif pada zaman sekarang sehingga alat pendistribusian udara yang hemat energi dan ramah lingkungan sangat dibutuhkan sekarang ini, salah satunya penerapan alternatif alat pengkondisian udara. Dalam penerapannya, beberapa kendala yang ditemui adalah bagaimana udara keluar dengan

Variasi luas penampang yang memenuhi kebutuhan pengkondisian udara dengan melakukan pengaturan terhadap debit aliran.

Kerugian energi pada sistem aliran fluida antara lain dijumpai pada aliran pipa. Kerugian-kerugian tersebut diakibatkan oleh adanya gesekan dengan dinding, perubahan luas penampang, sambungan, katup-katup, belokan pipa, percabangan pipa, pembesaran penampang pipa, pengecilan penampang pipa, dan kerugian-kerugian khusus lainnya. Parameter yang dibutuhkan adalah diameter pipa (D), debit aliran (Q).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat di rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh ukuran diameter pipa terhadap debit air
2. Bagaimana pengaruh ukuran diameter pipa terhadap kecepatan aliran
3. Bagaimana pengaruh ukuran diameter pipa terhadap headlosses

1.3 Tujuan Masalah

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini yaitu:

1. Untuk menghitung pengaruh ukuran diameter pipa terhadap debit air
2. Untuk menghitung pengaruh ukuran diameter pipa terhadap kecepatan aliran
3. Untuk menghitung pengaruh ukuran diameter pipa terhadap headlosses

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Fluida

Fluida adalah suatu zat atau bahan yang dalam keadaan setimbang tidak dapat menahan gaya atau tegangan geser (shear force). Suatu sifat dasar fluida nyata, yaitu tahanan terhadap aliran yang diukur sebagai tegangan geser yang terjadi pada bidang geser yang dikenai tegangan tersebut adalah viskositas atau kekentalan/kerapatan zat fluida tersebut. Fluida dapat pula dibedakan menjadi dua bagian yaitu:

1. Fluida cair
2. Fluida Gas

Untuk fluida gas sifat aliran dianggap laminair, sedangkan untuk fluida cair dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu:

1. Aliran laminar
2. Aliran turbulen

Penentuan aliran fluida cair laminair dan turbulen ditentukan oleh Reynold Number (angka Reynold). Teori Reynold merumuskan terdapat 3 pokok rumusan yaitu:

1. $Re < 2000$, aliran adalah laminair
2. $Re \geq 2000$, aliran adalah turbulen
3. $2000 < Re < 2300$, aliran adalah tranlasi.

Aliran laminar adalah aliran dimana fluida dianggap mengalir pada lapisan masing-masing dengan kecepatan konstan. Suatu aliran yang tetap dan tidak ada pencampuran partikel-partikel antara lapisan. Terjadi karena kecepatan aliran

rendah, fluida cukup kental, aliran pada lorong sempit dan $Re < 2000$. Aliran turbulen adalah aliran dengan kecepatan tinggi, fluida encer, aliran lorong besar, $Re > 2300$, aliran bercampur dari lapisan ke lapisan bahkan seperti bergulung-gulung.

Aliran laminar bila gaya kekentalan relatif besar dibandingkan dengan gaya inersia sehingga kekentalan berpengaruh besar terhadap perilaku aliran. Dalam aliran laminar, butir-butir air seolah bergerak menurut lintasan tertentu yang teratur atau lurus, dan selapis cairan yang sangat tipis seperti menggelincir di atas lapisan sebelumnya. Aliran turbulen bila gaya kekentalan relatif lemah dibandingkan dengan gaya kelebamannya. Pada aliran turbulen, butir-butir air bergerak menurut lintasan yang tidak teratur, tidak lancar maupun tidak tetap walaupun butir-butir tersebut tetap menunjukkan gerak maju dalam aliran secara keseluruhan.

2.2 Pompa

Pompa merupakan pesawat angkut yang bertujuan untuk memindahkan zat cair melalui saluran tertutup. Pompa menghasilkan suatu tekanan yang sifatnya hanya mengalir dari suatu tempat ke tempat yang bertekanan lebih rendah. Atas dasar kenyataan tersebut maka pompa harus mampu membangkitkan tekanan fluida sehingga dapat mengalir atau berpindah, fluida yang dipindahkan adalah fluida inkompresibel atau fluida yang tidak dapat dimampatkan. Dalam kondisi tertentu pompa dapat digunakan untuk memindahkan zat padat yang berbentuk bubuk atau tepung.

Prinsip kerja pompa adalah menghisap dan melakukan penekanan terhadap fluida. Pada sisi hisap (*suction*) elemen pompa akan menurunkan tekanan dalam ruang pompa sehingga akan terjadi perbedaan tekanan antara ruang pompa dengan permukaan fluida yang dihisap. Akibatnya fluida akan mengalir ke ruang pompa. Oleh elemen pompa fluida ini akan didorong atau diberikan tekanan sehingga fluida akan mengalir ke dalam saluran tekan (*discharge*) melalui lubang tekan. Proses kerja ini akan berlangsung terus selama pompa beroperasi.

Pompa yang dipergunakan sebelumnya harus diketahui karakteristik pada kondisi kerja yang berbeda, dengan demikian dapat ditentukan batas- batas kondisi kerja dimana pompa tersebut bisa mencapai efisiensi maksimum. Hal ini perlu dilakukan karena pada kenyataannya sangat sulit memastikan performansi pompa pada kondisi kerja yang sebenarnya.

Pompa sentrifugal mempunyai sebuah impeler (baling-baling) untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar impeler di dalam zat cair. Maka zat cair yang ada di dalam impeler, oleh dorongan sudut-sudut ikut berputar. Karena timbul gaya sentrifugal maka zat cair mengalir dari tengah impeler ke luar melalui saluran diantara sudut-sudut, disini head tekanan zat cair menjadi lebih tinggi. Demikian pula head kecepatannya bertambah besar karena mengalami percepatan. Zat cair yang keluar dari impeler ditampung oleh saluran berbentuk volut (*spiral*) di keliling impeler dan disalurkan ke luar pompa melalui nosel. Di dalam nosel ini sebagian head kecepatan aliran dirubah menjadi tekanan head.

Jadi impeler pompa berfungsi memberikan kerja kepada zat cair sehingga energi yang dikandungnya menjadi bertambah besar. Selisih energi per satuan berat atau head total zat cair antara flens hisap dan flens keluar pompa disebut head total pompa. Dari uraian diatas jelas bahwa pompa sentrifugal dapat mengubah energi mekanik dalam bentuk kerja poros menjadi energi fluida. Energi inilah yang mengakibatkan pertambahan head tekanan, head kecepatan, dan head potensial pada zat cair yang mengalir secara kontinyu.

2.3 Tinggi Tekan Pompa

Selama perencanaan sistem pemompaan ada sejumlah elemen yang harus diperhatikan tanpa memandang kelas dan jenis pompa yang akan dipilih untuk instalasi tersebut. Elemen ini termasuk tinggi-tekan (head), kapasitas, sifat cairan yang dipompakan, pemipaan, penggerak, dan ekonomi. Jadi, secara umum pembahasan salah satu faktor ini sama-sama berlaku untuk pompa sentrifugal, rotari, atau torak. Dengan demikian, tinggi-tekan pompa biasanya tidak akan dirubah oleh kelas unit yang dipilih. Pemilihan ukuran pipa yang bijak, yang didasarkan pada beban yang dapat ditaksir atau beban yang masa mendatang yang dihitung, adalah contoh lain tentang bagaimana perencanaan pendesainan dapat dilaksanakan untuk mengimbangnya dalam efisiensi operasi.

1. Tekanan

Ada tiga istilah tekanan yang muncul dari persoalan pemompaan diantaranya adalah tekanan absolut, barometer, dan pengukuran. Istilah keempat adalah

vakum, dipakai untuk instalasi yang beroperasi di bawah tekanan atmosfer, akan tetapi istilah ini bukanlah istilah tekanan dalam pengertian yang sama dengan ketiga istilah yang pertama.

2. Tinggi Tekan

Kolom air atau cairan lain didalam pipa vertical akan mengerjakan tekanan (gaya persatuan luas) pada permukaan mendatar bagian bawah pipa. Tekanan ini dapat dinyatakan dalam pound per inci persegi (psi) atau besar ft kolom cairan yang akan diberikan tekanan yang sama pada permukaan. Tinggi kolom vertikal air dingin (32 sampai 80 F) yang tingginya kira-kira 2.31 ft. Pengukuran tekanan yang dihubungkan pada bagian bawah kolom akan menunjukkan tekanan sebesar 1 psi.

$$\text{Tinggi-tekan cairan, ft} = \frac{2.31(\text{tekanan-psi})}{\text{gravitasi spesitik cairan}} \quad (2.1)$$

3. Tinggi tekan statis

Pada penggunaan pompa, tinggi kolom cairan yang bekerja pada sisi hisap atau sisi buang sering disebut tinggi-tekan statis (static head) pada sisi masuk dan sisi keluar dan dinyatakan dalam besaran ft cairan. Tinggi tekan statis merupakan perbedaan ketinggian dan dapat dihitung untuk berbagai kondisi di sekeliling instalasi

4. Tekanan Uap

Setiap campuran pada temperatur diatas titik bekunya akan mengerjakan tekanan sebagai akibat terbentuknya uap pada permukaan bebasnya. Tekanan

ini yang dikenal sebagai tekanan uap cairan, merupakan fungsi temperaturcairan. Semakin tinggi temperatur akan semakin tinggi tekanan uap. Tekanan uap merupakan faktor yang penting pada kondisi hisap pompa yang mengalirkan semua jenis cairan. Pada setiap jenis pemompaan tekanan pada setiap titik tidak boleh dikurangi menjadi di bawah tekanan uap pada temperatur cairan tersebut sebab cairan akan membentuk uap yang akan mengurangi aliran cairan sama sekali ke dalam pompa.

5. Tinggi angkat Hisap Statis

Tinggi tekan hisap statis merupakan jarak vertikal, dalam feet, dari paras (level) suplai cairan ke garis sumbu pompa, pompa akan berada diatas paras suplai. Bagian pipa yang mendatar tidak dianggap sebagai bagian tinggi-tekan hisap statis, sejauh yang diperhatikan adalah tinggi angkat.

6. Tinggi tekan Hisap statis

Apabila pompa berada dibawah permukaan suplai cairan, maka akan terdapat suatu tinggi tekan tekan hisap statis. Secara numeris, ini merupakan jarak vertikal, dalam satuan ft antara permukaan suplai cairan dan garis sumbupompa.

7. Tinggi tekan Gesekan

Tinggi-tekan gesekan ini kita ukur dalam ft cairan yang dipompakan, hal tadi sejalan dengan tinggi-tekan yang kita perlukan untuk mengatasi tahanan pipa, katup, dan fitting dalam sistem pemipaan. Tinggi-tekan ada pada sisi hisap maupun pada sisi buang pipa, dan sifat cairan yang dipompakan.

8. Kerugian Jalan Masuk

Jalan keluar cairan yang mengalir pipa, terjadi kerugian gesekan apabila cairan memasuki pipa dari sumber suplai bebas atau yang tebenam, atau keluar ke tempat yang serupa. Kerugian yang terjadi pada sisi masuk pipa disebut kerugian jalan masuk (*entrance loss*), sedangkan kerugian yang terjadi pada sisi keluar pipa disebut kerugian jalan keluar (*exit loss*). Untuk memperkecil kerugian jalan masuk, pipa hisap yang berbentuk mulut lonceng (*bellmouth*) sering dipakai. Pipa tirus yang panjang sesudah pipa keluar dapat dipakai untuk mengurangi kerugian jalan keluar.

9. Tekanan tekan Total

Tinggi-tekan total (*total head*) ini merupakan penjumlahan tinggi-angkat hisap dan tinggi-tekan buang. Apabila ada tinggi-tekan hisap, tinggi tekan total pada pompa adalah perbedaan antara tinggi-tekan buang dan tinggi- tekan hisap.

2.4 Pemipaan

Baik pipa hisap maupun pipa buang harus ditopang secara tersendiri sehingga tidak ada beban yang diteruskan atau dipindahkan ke rumah pompa. Beban yang demikian dapat menyebabkan distorsi (perubahan bentuk) dan gesekan. Pipa-pipa hisap haruslah selurus dan sependek mungkin. Setiap belokan haruslah mempunyai radius yang sebesar mungkin. Untuk pompa- pompa yang beroperasi di atas permukaan fluida yang akan dipompakan (mempunyai ketinggian-hisap) katup-katup lain selain katup kaki (*foot valve*) tidak boleh dipasang. Umumnya, diameter dibuat

sama atau dua kali ukuran flens pompa. Semua hal-hal ini yang disebutkan akan memperbesar tinggi- tekan hisap maksimum yang tersedia pada pompa. Bila digunakan pipa hisap dengan ukuran yang lebih besar dari ukuran flens pompa (*oversize*) suatu reduser eksentris dipasang antara pompa dan pipa hisap.

Sangat penting untuk membuat pipa hisap kedap udara dan untuk mencegah terdapatnya bagian-bagian yang meninggi (*high spot*) dimana gas- gas yang keluar dari fluida atau udara yang keluar dari fluida dapat merusak vakum yang telah tercipta di dalam pipa tersebut. Sesudah sistem pemipaan telah dipasang dan pompa sedang dioperasikan semua sambungan harus diperiksa dengan nyala api, karenadengan nyala api ini akan tertarik ke arah sambungan yang tidak rapat ini (akibat kevakuman yang ada di dalam pipa). Metode yang sama dapat digunakan untuk menentukan kebocoran melalui kotak paking. Reduser eksentris dipakai untuk flens hisap adalah untuk mencegah terbentuknya tempat-tempat yang relatif lebih tinggi dan bagian-bagian di sekitarnya (*high spots*) tempat udara dapat berkumpul (kantong udara).

2.5 Katup (Valve)

Salah satu komponen yang penting pada sistem perpipaan adalah katup. Di sini hanya akan dibicarakan mengenai katup yang umum dipergunakan pada suatu kilang, Bebarapa jenis katup

1. Katup pintu (*gate valve*), digunakan untuk pengaturan aliran baik membuka atau menutup katup sesuai dengan kebutuhan.

2. Katup bola (*globe valve*), digunakan untuk membuka seluruhnya atau menutup sama sekali alirannya.
3. Katup cek (*check valve*), digunakan untuk mencegah aliran balik atau dengan kata lain, digunakan hanya untuk aliran satu arah .

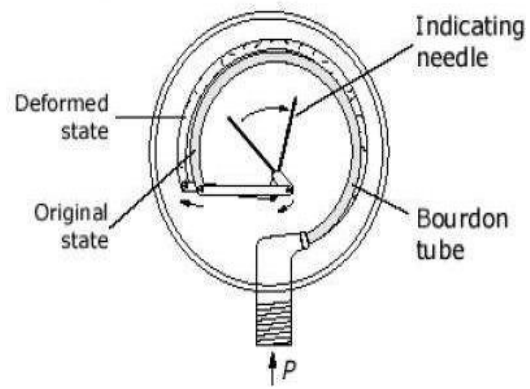
Katup pintu dan katup bola dioperasikan dengan memutar sebuah roda, Ada tiga variasi pemutaran katup pintu yang bekerja cepat dan katup-katup tersebut mempunyai kegunaan khusus yaitu;

1. Katup kupu-kupu (*butterfly valve*), dengan katup tipis, ringan dipakai untuk air
2. *Ball valve*, dipakai untuk gas-gas.
3. *Plug valve*, dipakai untuk minyak dan pelumas kental.

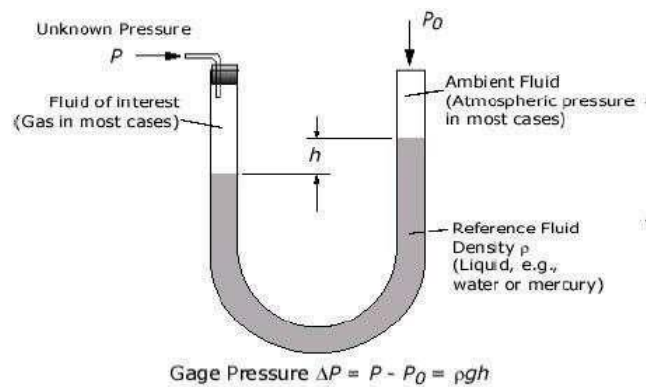
Dari macam-macam katup tersebut di atas, masing-masing mempunyai beberapa variasi dalam bentuk dan kerjanya.

2.6 Tekanan

Tekanan merupakan salah satu property yang terpenting dalam termodinamika, dan didefinisikan sebagai gaya pada satu satuan unit luasan. Satuan tekanan adalah Pa (Pascal) yang didefinisikan sebagai, $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$.



Gambar 2.1 Alat Ukur Tekanan Jenis Tabung Bourdon



Gambar 2.2 Alat Ukur Tekanan Jenis Manometer Pipa U

1. Mencari Penurunan Tekanan

Dengan mengamati Gambar 2.2 kita dapat menghitung penurunan tekanan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta P = \rho gh \quad (2.2)$$

Dimana::

ΔP = Selisih Tekanan (kPa)

ρ = Berat Jenis (kg/m³)

g = Gravitasi Bumi (m/s²)

h = Selisih Ketinggian (cmH₂O)

Apabila suatu aliran dialirkan pada jalur pipa pada suatu panjang tertentu, maka tekanannya akan berkurang atau mengalami penurunan tekanan. Hal ini disebabkan karena adanya gesekan pada pipa. Besar kecilnya gesekan gesekan yang diakibatkan pipa adalah tergantung koefisien.

2.7 Major Losses

Major losses adalah kerugian pada aliran dalam pipa yang disebabkan oleh friction yang terjadi di sepanjang aliran fluida yang mengalir terhadap dinding pipa. Besarnya major losses ditentukan oleh fungsi f (Friction factor), V (rata-rata kecepatan fluida), L (panjang pipa), D (diameter pipa), e (nilai kekasaran pipa), μ (viskositas fluida), ρ (densitas fluida).

Major losses adalah kehilangan tekanan akibat gesekan aliran fluida pada sistem aliran dengan luas penampang tetap atau konstan. Aliran fluida yang melalui pipa akan selalu mengalami kerugian head. Hal ini disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara fluida dengan dinding pipa atau perubahan kecepatan yang dialami oleh fluida.

Kerugian head akibat dari gesekan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan Darcy – Weisbach yaitu:

$$h_f = f \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

h_f = head major (m)

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

V = kecepatan (m/s)

g = gravitasi bumi (m/s²)

f = faktor gesek fluida)

2.8 Minor Losses

Minor Losses adalah kehilangan tekanan akibat gesekan yang terjadi pada katup-katup, sambungan T, sambungan belokan, dan pada luas penampang yang tidak konstan. Pada aliran yang melewati belokan dan katup head loss minor yang terjadi dapat dihitung dengan rumusan Darcy- Weisbach (White, 1998) yaitu :

$$h_m = k \frac{V^2}{2g} \quad (2.4)$$

Dimana;

h_m = head minor (m)

V = kecepatan (m/s)

g = gravitasi bumi (m/s²)

k = koefisien kerugian pada fitting

Untuk kombinasi jalur pipa major losses dan minor losses dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

Total head loss (genera) , $h_{L,total} = h_{i, major} + h_{L, minor}$