Studi Eksperimental Penurunan Takanan Aliran Melewati Belokan Pipa Horizontal dengan Variasi Rasio R/D

Mahmuddin
Staf Pengajar Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia
e-mail: mahmud_umitek@yahoo.co.id

Abstrak

Penelitian ini membahas bagaimana karakteristik penurunan tekanan melalui belokan pipa horizontal dengan R/D adalah 19, 26 dan 33 dan sudut belokan (SD) 180°, 120°, 60°, dan 20°. Penurunan tekanan dapat diketahui dengan mengukur beda tinggi cairan manometer U, sedangkan debit aliran dengan flowmeter. Variasi debit aliran sebesar 0,00015 sampai 0,00030 m³/s. Seksi uji adalah belokan pipa dengan diameter 2,63, 1,92 dan 1,5 cm.

Kurva penurunan tekanan pada R/D besar menunjukkan meningkat dengan bertambahnya debit aliran, karena perubahan kecepatan aliran terhadap gesekan permukaan pipa dan efek viskos yang lemah. Selain itu, penurunan tekanan dengan SD besar meningkat dengan peningkatan debit aliran.

Kata kunci : *Penurunan tekanan, sudut belokan dan rasio R/D.*

A. PENDAHULUAN

a.1. Latar Belakang

Penerapan pinsip-prinsip dasar mekanika fluida dapat dijumpai pada bidang industri, transportasi maupun bidang keteknikan lainnya. Namun dalam penggunaannya selalu terjadi kerugian energi. Dengan mengetahui kerugian energi pada suatu sistem yang memanfaatkan fluida mengalir sebagai media, akan menentukan tingkat efisiensi penggunaan energi.

Bentuk-bentuk kerugian energi pada aliran fluida antara lain dijumpai pada aliran dalam pipa. Kerugian-kerugian tersebut diakibatkan oleh adanya gesekan dengan dinding, perubahan luas penampang, sambungan, katup-katup, belokan pipa, percabangan pipa.

Dengan mengetahui kerugian energi dalam suatu sistem atau instalasi perpipaan yang memanfaatkan fluida mengalir sebagai media, efisiensi penggunaan energi dapat ditingkatkan sehingga diperoleh keuntungan yang maksimal. Salah satu bagian dari instalasi perpipaan yang dapat menyebabkan kerugian-kerugian adalah gesekan pada dinding pipa dan sambungan belokan pipa.

Pada pendistribusian air penggunaan sambungan belokan pipa banyak ditemukan di industri dan perumahan. Jenis belokan yang dimaksudkan adalah sambungan belokan patah dan sambungan belokan berjari-jari.

a.2. Tujuan Penelitian.

a. Untuk mengetahui penurunan tekanan (*pressure drop*) aliran yang melewati belokan pipa horizontal dengan variasi R/D.
b. Untuk mengetahui penurunan tekanan (*pressure drop*) aliran yang melewati belokan pipa horizontal dengan variasi besar sudut belokan.

a.3. Batasan Masalah.

1. Penelitian dilakukan pada aliran satu fase dengan kondisi adiabatik.
2. Pipa yang digunakan adalah pipa tahan panas (pipa licin) dengan diameter 1,53, 1,91 dan 2,54 cm.
3. Tidak menganalisis gaya-gaya yang terjadi pada belokan pipa.

B. TINJAUAN PUSTAKA

b.1. Definisi.

Fluida dapat didefinisikan sebagai suatu zat mampu mengalir dan dapat menyesuaikan bentuk dengan bentuk wadah yang ditempatinya, serta apabila diberikan tegangan geser (*shear force*)., betapapun kecilnya akan menyebabkan fluida tersebut bergerak dan berubah bentuk secara terus-menerus selama tegangan tersebut bekerja.

Seperti zat cair kecenderungan akan mempertahankan volumenya dan membutuhkan permukaan bebas dalam medan gravitasi. Aliran pada permukaaan bebas sangat dipenuhi efek gravitasi, sedangkan zat gas akan memuai dengan bebas sampai tertahan oleh dinding yang membatasinya.

b.2. Karakteristik Aliran.

Osborne Reynolds, telah melakukan beberapa percobaan untuk menentukan kriteria aliran laminar dan turbulen. Osborne Reynolds hasil percobaannya menemukan bahwa aliran selalu menjadi laminar, bila kecepatan aliran fluida diturunkan sedemikian rupa sehingga diperoleh bilangan Reynolds lebih kecil dari 2300 (Re<2300). Sedangkan bila bilangan Reynolds lebih besar dari 4000 (Re>4000), maka aliran menjadi turbulen. Aliran transisi berada pada bilangan Reynolds antara 2300 dan 4000 (2300<Re<4000).

Untuk menganalisis sifat aliran tersebut diberikan parameter tak berdimensi yang dikenal dengan bilangan Reynolds yang dirumuskan seperti pada Persamaan (1).

$$Re = \frac{VD}{\upsilon} \quad \text{.....(1)}$$

Dengan:

Re= bilangan Reynolds.
v = kecepatan fluida (m/s).
D = diameter pipa (m).
υ = viskositas kinematika (m^2/s).

b.3. Persamaan Bernoulli

Hukum Bernoulli menjelaskan tentang konsep dasar aliran fluida (zat cair dan gas) bahwa peningkatan kecepatan pada suatu aliran zat cair atau gas, akan mengakibatkan penurunan tekanan pada zat cair atau gas. Artinya, akan terdapat penurunan energi potensial pada aliran fluida yakni aliran fluida yang dapat dimampatkan (*compressible flow*) dan tidak dapat dimampatkan (*incompressible-flow*).

Hukum Bernoulli sebetulnya dapat dikatakan sebagai bentuk khusus dari konsep dalam mekanika fluida secara umum, yang dikenal dalam persamaan Bernoulli. Secara matematis persamaan bernoulli adalah sebagai berikut.

$$\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{{V_1}^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma_2} + \frac{{V_2}^2}{2g} + Z_2 \text{ .. (2)}$$

Dengan:

P = Tekanan (N/m^2)
V = Kecepatan (m/s)
G = Percepatan gravitasi (m/s^2)
γ = berat jenis(N/m^3)
Z = ketinggian (m)

b.4. Kerugian head tekanan.

Kerugian tinggi tekanan (*head looses)* merupakan suatu fenomena rugi–rugi energi aliran di dalam sistem perpipaan. Rugi–rugi tersebut selalu terjadi pada sistem perpipaan dengan menggunakan berbagai macam fluida, seperti fluida cair dan gas. Umumnya, rugi aliran yang terbesar terjadi pada fluida cair, hal ini dikarenakan sifat molekulnya yang padat dibandingkan gas dan memiliki gesekan lebih besar terhadap media yang dilaluinya, terutama jika koefisien gesek media yang dilalui tersebut lebih besar, maka gesekan yang terjadi pun akan semakin besar.

Kerugian energi tekanan pada keadaan aliran yang semula dalam keadaan laminar pada saat melalui pipa lurus yang koefisien geseknya besar akan berubah menjadi aliran turbulen. Kondisi aliran turbulen inilah yang dapat merugikan dalam sistem perpipaan tersebut, seperti dapat menimbulkan getaran dan juga pengelupasan atau penipisan dinding pipa.

Head losses adalah kerugian-kerugian dalam aliran pipa yang terdiri dari kerugian mayor dan minor.

$H = H_f + H_m$ …….. (3)

Dengan :

H = head losses (m)
H_f = Mayor losses (m)
Hm= minor losses (m)

b.5. Kerugian mayor.

Kerugian mayor adalah kehilangan energi tekanan akibat gesekan aliran fluida dengan luas penampang aliran. Kerugian head akibat gesekan dapat dihitung dengan persamaan Darcy-Weisbach seperti pada Persamaan (4).:

$$H_f = f\frac{L}{D}.\frac{V^2}{2g} \quad \text{...……..(4)}$$

Dengan :

H_f = Mayor Losses (M)
L = panjang pipa (m)
D = diameter pipa (m)
v = kecepatan (m/s)
g = Percepatan gravitasi (m/s^2)
f = faktor gesek (didapat dari diagram Mody).

Diagram Mody telah digunakan untuk menyelesaikan permasalahan aliran fluida dalam pipa dengan menggunakan faktor gesekan pipa (f) dari rumus Darcy-Weisbach. Untuk aliran laminar dimana bilangan Reynolds kurang dari 2300 (Re<2300), faktor gesekan pada persamaan 4 dikorelasikan dengan bilangan Reynolds seperti Persamaan (5).

$$f = \frac{64}{Re} \quad \text{……} \quad (5)$$

Untuk aliran turbulen dimana bilangan Reynolds lebih besar dari 4000 (Re>4000), maka fungsional dari faktor gesekan (f) pada persamaan 5 tergantung pada bilangan Reynolds dan kekasaran relative. Bila f = f(Re, e/D) dengan nilai e untuk pipa licin adalah 0,0015-0,007 mm, maka f dapat diperoleh dari diagram Mody.

b.6. Kerugian minor.

Kerugian minor adalah penurunan tekanan akibat gesekan yang terjadi pada alat bantu diantaranya adalah katup-katup, sambungan Tee, sambungan belokan, dan pada luas penampang yang tidak konstan. Pada aliran yang melewati belokan dan katup, kerugian minor yang terjadi dapat dihitung dengan rumusan Darcy-Weisbach seperti pada Persamaan (6).

$$H_m = k\frac{V^2}{2g} \quad \text{……...……}(6)$$

Dengan :

H_m = Minor Lessos (m)
v = kecepatan (m/s)
g = Percepatan gravitasi (m/s^2)
k= koefisien kerugian pada fiting

Koefisien kerugian, k, pada Persamaan (6) dapat digunakan pada belokan lengkung dan belokan patah. Untuk belokan lengkung sering dipakai rumus Fuller yang dinyatakan dalam Persamaan (7).

$$k = \left[0{,}131 + 1{,}847\left(\frac{D_b}{2R}\right)^{3{,}5}\right]\left[\frac{\theta}{90}\right]^{0{,}5} \quad \text{……}(7)$$

Dengan :

D_b= Diameter dalam belokan.
R = Jari-jari belokan (m).
θ = sudut belokan (derajat).
k = koefisien kerugian.

b.7. Penurunan tekanan fluida (*Pressure Drop*)

Pressure drop adalah suatu besaran menggambarkan penurunan tekanan aliran dari satu titik ke titik yang lain di dalam pipa. Penurunan tekanan adalah hasil dari

gaya gesek pada fluida seperti yangmengalir melalui tabung. Gaya gesek disebabkan oleh resistensi terhadap aliran. Faktor utama yang dapat mempengaruhi resistensi terhadap aliran fluida adalah kecepatan fluida melalui pipa dan viskositas fluida.

Secara matematis *pressure drop* pada pipa horizontal adalah sebagai berikut:

$$\Delta P = \rho . g . \Delta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(8)$$

Dengan :

Δp = penurunan tekanan (N/m)
ρ = massa jenis fluida (kg/m)
Δh = beda tinggi cairan dalam manometer (m).

C. METODOLOGI PENELITIAN

c.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Mesin-Mesin dan Pusat Riset Dosen dan Mahasiswa Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia Makassar.

c.2. Bahan dan Alat.

Bahan :

1. Pipa platik tahan panas dengan diameter 1,53, 1,91 dan 2,54 cm.
2. Selang manometer.
3. Meja analog untuk dudukan instalasi pipa uji.
4. Pipa PVC diameter 1,53, 1,91 dan 2,54 cm.

Alat :

1. Seperangkat alat penelitian seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.
2. Belokan pipa sebagai seksi uji yang dibuat dari pipa platik tahan panas yang dilengkungkan dengan radius (R) sebesar 50 cm, diameter 2,63, 1,92 dan 1,5 cm.
3. Pompa.
4. Katup.
5. Thermometer.
6. Manometer U.
7. *Flomweter*.

c.3. Prosedur Penelitian

1. Mengisi bak penampung air.
2. Manometer dihubungkan dengan seksi uji (belokan pipa, R/D=19) dengan selang plastik, berfungsi mengukur perbedaan tinggi cairan manometer.
3. Mengalirkan air dengan pompa dan mengatur katup sampai debit air menunjukkan skala *flowmeter* 9 LPM.
4. Bila aliran stabil, maka melakukan pembacaan dan mencatat perbedaan tinggi cairan manometer, masing-masing pada sudut belokan 180°, 120°, 60°, dan 20°.
5. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali.
6. Mengukur temperatur air 3 (tiga) kali.
7. Selanjutnya, penambahan debit air secara bertahap dengan membuka katup sampai debit air mencapai 16,8 LPM.
8. Melakukan prosedur seperti pada 3, 4, 5 dan 6.
9. Mengganti seksi uji dengan belokan pipa R/D= 26 dan selanjutnya R/D=33.
10. Melakukan pengukuran dengan mengikuti prosedur 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 dan 9.
11. Evaluasi data.
12. Selesai dan matikan pompa.

Gambar 1. Foto instalasi penelitian

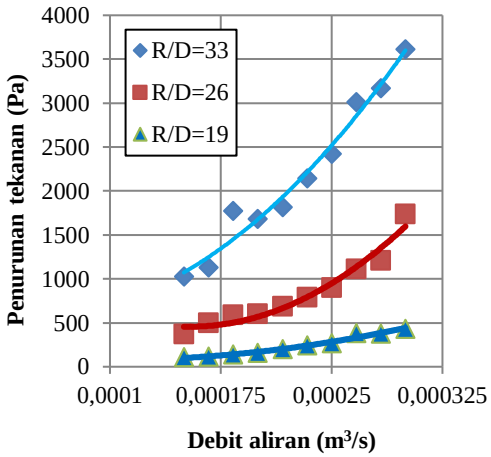
(a) (b)

Gambar 2. Foto belokan pipa sebagai seksi uji dengan rasio: (a) R/D =19 dan (b) R/D =33.

D. PEMBAHASAN

d.1. Penurunan tekanan dengan variasi R/D.

Kurva penurunan tekanan terhadap debit aliran diperlihatkan pada Gambar 3. Dengan peningkatan debit aliran menunjukkan penurunan tekanan semakin tinggi, hal ini disebabkan semakin besar kecepatan aliran akan meningkatkan kerugian head tekanan akibat gesekan aliran air dengan permukaan dinding pipa dan potensial kecepatan akan menjadi besar.



Gambar 3. Kurva penurunan tekanan dengan variasi R/D

Dengan debit aliran dapat pula meningkatkan pusaran-pusaran kecil dan akhirnya akan menjadi besar dengan gerakan partikel dengan arah tak beraturan. Gerakan ini terutama akan mempengaruhi aliran di dekat permukaan pipa yang bersinggungan dengan dinding pipa.

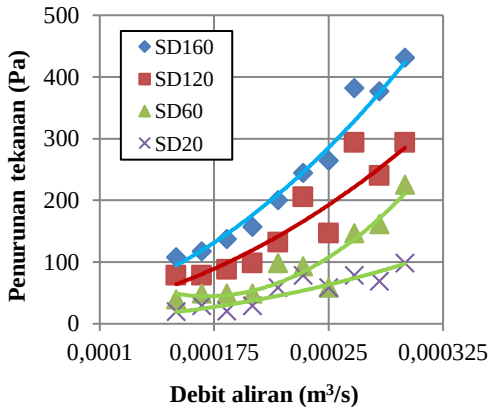
Tegangan geser yang bekerja di dekat dinding pipa yang cukup besar memberikan tahanan pada lapisan batas dan akan mempengaruhi pula penurunan tekanan. Pningkatan kecepatan aliran dapat menurungkan tebal lapisan viskos pada daerah permukaan pipa yang akhirnya efek viskositas pada lapisan batas tersebut menjadi kecil. Dengan demikian terjadinya perubahan distribusi kecepatan di dekat dinding pipa akan mempengaruhi besarnya tegangan geser yang terjadi dan resistansi aliran akibat viskositas. Kecepatan aliran tinggi di dekat permukaan dinding akan terjadi turbulensi aliran berskala kecil yang mengubah energi mekanik menjadi lebih besar untuk mengimbangi energi atau kerja viskos pada aliran.

Kurva pada Gambar 3. bahwa R/D=33 penurunan tekanan yang terjadi lebih tinggi dibandingkan denagn R/D=26 dan R/D=19 pada debit aliran yang sama, hal tersebut disebabkan pada R/D=33 kecepatan aliran lebih besar mengakibatkan timbulnya tegangan geser lebih kecil antara partikel air bergerak dengan kecepatan tinggi. Gradien kecepatan di dekat permukaan dinding pipa menjadi besar dengan berkurangnya efek energi viskos pada aliran, sehingga kecepatan alirannya akan meningkat dengan intensitas turbulensi yang lebih tinggi. Turbulensi aliran yang bersinggungan dengan permukaan dinding pipa, gaya inersia aliran yang bekerja di permukaan dinding pipa dapat meredam kerja viskos, sehingga gaya inersia lebih berpengaruh pada lapisan viskos, karena pengaruh gaya inersia aliran dalam pergerakan partikel air yang mengalir

dengan bidang batas. Oleh karena itu, kerugian tekanan sepanjang aliran yang berada di permukaan bidang batas, maka energi kecepatan akan meningkat karena disipasi viskos.

d.2. Penurunan tekanan dengan variasi sudut belokan.

Kurva penurunan tekanan terhadap debit aliran seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4, menunjukkan bahwa pada sudut belokan yang besar penurunan tekanan meningkat. Peningkatan penurunan tekanan tersebut dapat dipengaruhi oleh energi yang dibutuhkan untuk melawan tahan gesek juga besar, sehingga energi yang dimanfaatkan mempertahankan pengaliran secara kontinu akan berkurang.



Gambar 4. Kurva penurunan tekanan dengan variasi sudut belokan (SD).

Kecepatan aliran yang rendah dengan sudut belokan yang lebih besar pengaruh viskositas dalam arah aliran cukup besar, sehingga dapat diperdiksi bahwa kecepatan aliran di dekat bidang batas akan menjadi lebih kecil. Kerugian head sepanjang lintasan alairan pada belokan karena efek gaya inersia yang bekerja akhirnya pada kondisi tertentu dapat dikurangi oleh tegangan geser di dalam aliran. Namun kerugian tersebut dapat juga disebabkan tegangan geser itu sendiri walaupun sangat kecil. Pada sudut belokan kecil, struktur aliran dianggap tidak berubah sehingga sifat aliran dalam jarak sangat pendek tidak dapat mempengaruhi karakteristik aliran diantaranya penurunan tekanan. Bila dibandingkan dengan sudut belokan yang lebih besar dimungkinkan perubahan struktur aliran, turbulensi aliran berupa pusaran atau olakan aliran akan meningkat. Fenomena tersebut akan menimbulkan kerugian energi tekanan pada aliran yang lebih besar, sehingga kerguan energi itulah yang menyebabkan penurunan tekanan pada suatu titik pengukuran yang jauh akan menghasilkan penurunan tekanan yang besar. Hasil perhitungan penurunan tekanan terbesar pada debit yang sama diperoleh pada sudut belokan 180^0 yaitu sebesar 431 Pa, sedangkan nilai penurunan tekanan terkecil diperoleh pada sudut 20^0 yaitu 98 Pa. Hasil pengukuran penurunan tekanan menunjukkan bahwa terjadinya penurunan tekanan karena disebabkan peningkatan tahanan gesek terhadap perubahan sudut penampang pipa yang dilewati aliran air, mengakibatkan *head looses* menjadi tinggi.

E. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

1. Penurunan tekanan meningkat dengan peningkatan R/D terhadap penambahan debit aliran.
2. Penurunan tekanan yang tinggi terjadi pada sudut belokan yang besar.

Saran

Penurunan tekanan sebaiknya dengan metode data akuisisi, sehingga fluktuasi perubahan tekanan terhadap waktu dapat diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

Haruo Tahara, Sularso, 2000. Pompa dan Kompresor.Penerbit PT. Pradnya Pramita, Jakarta.

Jack B. event.1987. Fundamentals of Fluids Mechanics.McGraw Hill. New York

M. White, Frank dan Hariandja, Manahan. 1988. Mekanika Fluida (terjemahan).Erlangga, Jakarta.

Suhariono, Edi. 2008. Analisa Head Losses dan Koefisien Gesek Pada Pipa.

Zainudin, I Made Adi Sayoga, I Made Nuarsa, 2012. "Analisa Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Belokan Terhadap Head Losses Aliran Pipa.