

PENGARUH DIAMETER PIPA PADA ALIRAN FLUIDA TERHADAP NILAI *HEAD LOSS*

Puji Rahayu-1¹, Dwi Kemala Putri-2¹, Rosalina-3¹, Nita Indriyani-4²

¹ Politeknik ATI Padang

pujirahayu@poltekatipdg.ac.id

² Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong

nitaindriyani@unimudasorong.ac.id

ABSTRAK

Aliran fluida merupakan bagian ilmu mekanika fluida yang berperan penting dalam merancang sistem perpipaan. Perpipaan merupakan alat transportasi fluida yang banyak digunakan di industry. Fluida yang mengalir pada pipa akan mengalami kehilangan energi (*head loss*) yang diakibatkan adanya gesekan antara fluida dengan fluida dan fluida dengan pipa. Hilangnya energi pada fluida dalam sistem perpipaan dapat juga disebabkan karena lintasan pipa yang dilalui oleh fluida, seperti belokan pada pipa, penyempitan pada pipa (kontraksi), dan pembesaran pada pipa (ekspansi). Percobaan dilakukan dengan model perpipaan yang telah dirangkai. Hasil percobaan menunjukkan bahwa luas permukaan dari diameter pipa sebagai alat transportasi aliran bagi fluida sangat berpengaruh terhadap nilai *head loss* (H_f). hasil hitung H_f pada diameter pipa $\frac{1}{2}$ in lebih besar yaitu 12,7713 ft.lbf/lb dibandingkan pada pipa $\frac{3}{4}$ dan 1 in sebesar 5,3330 dan 2,2477 ft.lbf/lb, berturut-turut. Sehingga semakin kecil luas penampang pipa semakin besar nilai *head loss* yang dihasilkan. Dengan daya dorong pompa sebesar 92,1953 ft.lbf/s serta bukaan valve penuh sebagai variable tetap diperoleh pola aliran turbulen dengan nilai *NRe* pada pipa $\frac{1}{2}$; $\frac{3}{4}$; dan 1 in sebesar $3.30E+05$; $2.80E+05$; dan $2.40E+05$, berturut-turut.

Kata kunci: aliran fluida, mekanika fluida, diameter pipa, hilang energi.

ABSTRACT

*Fluid flow is a part of fluid mechanics that plays an important role in designing piping systems. Piping is a fluid transportation tool that is widely used in industry. The fluid flowing in the pipe will experience a loss of energy (head loss) due to friction between the fluid and the fluid and the fluid with the pipe. The loss of energy in the fluid in the piping system can also be caused by the pipe path traversed by the fluid, such as bends in the pipe, narrowing of the pipe (contraction), and enlargement of the pipe (expansion). The experiment was carried out with a pipe model that had been assembled. The experimental results show that the surface area of the pipe diameter as a means of flow transportation for fluids greatly affects the value of head loss (H_f). the H_f calculation result for in pipe diameter is 12.7713 ft.lbf/lb compared to and 1 in pipe which is 5.3330 and 2.2477 ft.lbf/lb, respectively. So the smaller the cross-sectional area of the pipe the greater the value of the resulting head loss. With a pump thrust of 92.1953 ft.lbf/s and a full valve opening as a fixed variable, a turbulent flow pattern is obtained with the *NRe* value in the pipe; ; and 1 in is $3.30E+05$; $2.80E+05$; and $2.40E+05$, respectively.*

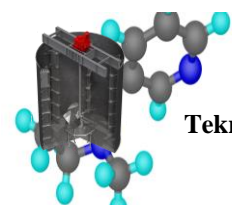
Keywords: fluid flow, fluid mechanics, pipe diameter, head loss.

1. Pendahuluan

Fluida merupakan suatu zat yang dapat mengalir baik berupa cairan ataupun gas (Untung S.D. & Galih P., 2012; Efendi J., 2021). Ikatan molekul pada fluida jauh lebih kecil daripada ikatan molekul pada padatan sehingga fluida lebih mudah mengalir dan memiliki hambatan yang relatif lebih kecil pada perubahan bentuk akibat gesekan (Hariyono, 2016). Zat padat tidak mudah berubah bentuk maupun volumenya sekalipun suatu gaya yang besar diberikan. Sedangkan fase gas dan cair tidak mempertahankan suatu bentuk yang tetap dan mampu untuk mengalir, dengan demikian keduanya disebut sebagai fluida (M.

Marzuky S. & Edi W., 2018). Fluida gas mempunyai volume yang sama dengan volume yang membatasi gas tersebut. Suatu massa fluida yang mengalir dapat menjadi gabungan aliran apabila alirannya bergerak lurus dan merupakan fasa zat yang sama (Eswanto & Dian S., 2017).

Aliran fluida merupakan suatu proses yang sering dijumpai di lingkungan dan kehidupan sehari-hari, terlebih dalam bidang teknik. Proses ini memiliki peranan penting, misalnya aliran air pada sungai, aliran air pada perpipaan rumah tangga bahkan aliran darah pada tubuh manusia (Efendi J., 2021).





Dalam bidang industri, aliran fluida merupakan bagian ilmu mekanika fluida yang berperan penting dalam merancang sistem perpipaan (Annisa D. S., 2020). Perpipaan merupakan alat transportasi fluida yang banyak digunakan di industri. Sistem perpipaan lebih efisien dan efektif digunakan karena fluida memiliki sifat yang tidak tetap sehingga selalu mengikuti bentuk wadah yang ditempati atau lalu (Warren L. McCabe, 1985; Efendi J., 2021). Fluida yang mengalir pada pipa akan mengalami kehilangan energi (*head loss*) yang diakibatkan adanya gesekan antara fluida dengan fluida dan fluida dengan pipa (Lutfi N., 2008; Jalaluddin dkk., 2019).

Hilangnya energi pada fluida dalam sistem perpipaan dapat juga disebabkan karena lintasan pipa yang dilalui oleh fluida, seperti belokan pada pipa, penyempitan pada pipa (kontraksi), dan pembesaran pada pipa (ekspansi) (Hariyono, 2016; Lutfi N., 2008). Oleh karena itu, percobaan dilakukan untuk mempelajari sistem perpipaan dengan variasi diameter pipa pada aliran fluida terhadap nilai *head loss* (Hf).

2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen yaitu melakukan pengukuran langsung dan perhitungan nilai pada fluida satu fasa (air). Pengukuran langsung diantaranya adalah debit fluida, menghitung jumlah belokan (*elbow*) yang dilalui, menghitung jumlah *valve* yang dilalui, serta mengukur panjang pipa yang dilalui oleh fluida. Sedangkan perhitungan nilai yaitu berupa nilai *head loss* (Hf). Daya pompa yang digunakan sebesar 92,1953 ft.lbf/s serta bukaan *valve* penuh sebagai variabel tetap.

Debit fluida diukur dengan menggunakan gelas ukur 1000 mL dalam satuan waktu tertentu dan dihitung menggunakan persamaan (1).

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

Keterangan :

Q : Debit fluida (ft³/s)

V : Volume (ft³)

t : Waktu (s)

Setelah diperoleh nilai debit, maka dihitung nilai kecepatan alir rata-rata dari fluida dengan menggunakan data luas permukaan pipa yang

dilalui oleh fluida (lampiran 1) menggunakan persamaan (2).

$$\bar{v} = \frac{Q}{S} \quad (2)$$

Keterangan:

\bar{v} : Kecepatan aliran rata-rata (ft/s)

Q : Debit fluida (ft³/s)

S : Luas permukaan (ft²)

Data kecepatan rata-rata yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung *head loss* (Hf). *Head loss* dihitung dengan menjumlahkan seluruh kerugian akibat gesekan sepanjang pipa yang dilalui oleh fluida menggunakan persamaan (3).

$$H_f = H_{fs} + H_{ff} + H_{fc} + H_{fe} \quad (3)$$

Keterangan :

H_f : *Head loss* (ft-lbf/lb atau J/kg)

H_{fs} : *Head loss* akibat gesekan pada dinding pipa

H_{ff} : *Head loss* akibat gesekan pada belokan dan *valve*

H_{fc} : *Head loss* akibat gesekan pada pengecilan pipa

H_{fe} : *Head loss* akibat gesekan pada pembesaran pipa

Untuk dapat menghitung H_{fs} yaitu *head loss* yang disebabkan karena gesekan antara fluida dan dinding pipa sepanjang yang dilalui oleh fluida, digunakan persamaan (4).

$$H_{fs} = 4f \frac{\Delta L}{D} \frac{\bar{v}^2}{2g_c} \quad (4)$$

Keterangan:

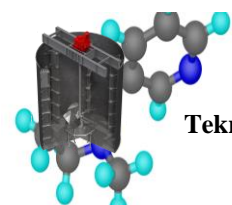
f : Faktor gesek *Fanning* (lampiran 2)

ΔL : Selisih panjang pipa yang dilalui fluida (ft)

g_c : Faktor proporsionalitas (keselamatan) Newton, (32,174 ft-lb/lb_f-s²)

Head loss juga dihitung pada belokan pipa atau sambungan yang dilalui oleh fluida yang dilambangkan dengan dengan persamaan (5).

$$H_{ff} = kf \frac{\bar{v}_a^2}{2g_c} \quad (5)$$





Keterangan :

k_f : Faktor rugi pipa belokan/sambungan/valve (lampiran 3)

\bar{v}_a : Kecepatan rata-rata dalam pipa yang menuju pipa belokan/sambungan/valve

Selain itu perhitungan dilakukan untuk mendapatkan nilai H_{fc} dan H_{f_e} sebagaimana persamaan (6) dan (8).

$$H_{fc} = k_c \frac{\bar{v}_a^2}{2g_c} \tag{6}$$

Keterangan :

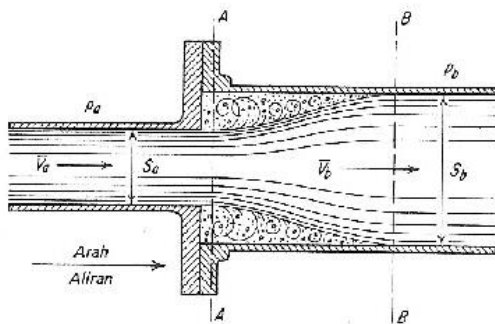
k_c : koefisien rugi-kontraksi

\bar{v}_a : kecepatan rata-rata di dalam pipa hilir yang lebih kecil

Dimana k_c dapat dihitung menggunakan persamaan (7) berikut ini:

$$k_c = 0,4 \left(1 - \frac{S_b}{S_a} \right) \tag{7}$$

Diterangkan berdasarkan Gambar 1 dan 2 bahwa S_a adalah luas permukaan pada pipa dengan diameter lebih kecil dan S_b adalah luas permukaan pada pipa yang lebih besar diameternya.



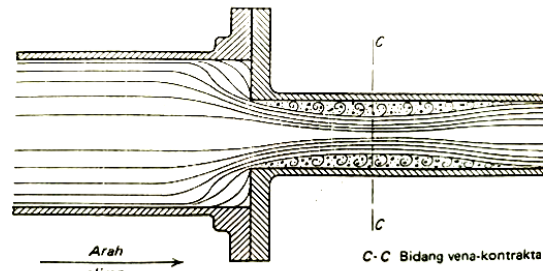
Gambar 1. Aliran pada penampang yang membesar tiba-tiba (Warren L. Mc. Cabe, 1985)

$$H_{f_e} = k_e \frac{\bar{v}_a^2}{2g_c} \tag{8}$$

Koefisien k_e dapat dihitung dengan persamaan (9).

$$k_e = \left(1 - \frac{S_a}{S_b} \right)^2 \tag{9}$$

Tabel 1. Spesifikasi rangkaian pipa pada aliran fluida



Gambar 2. Aliran pada penampang yang mengecil tiba-tiba (Warren L. Mc. Cabe, 1985)

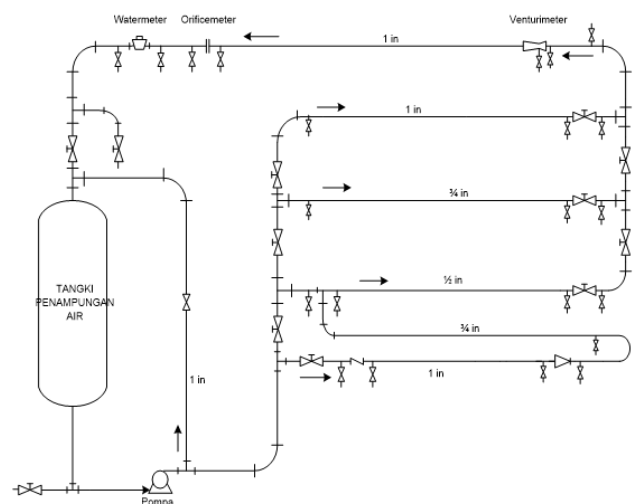
Persamaan Bernoulli (10) digunakan untuk menghitung besaran kinerja pompa akan dilihat pada masing-masing aliran pada variasi diameter pipa.

$$\frac{P_a}{\rho} + \frac{gZ_a}{gc} + \frac{V_a^2}{2gc} + \eta w_p = \frac{P_b}{\rho} + \frac{gZ_b}{gc} + \frac{V_b^2}{2gc} + hf \tag{10}$$

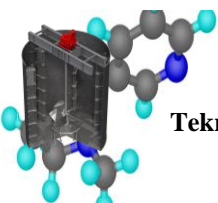
Dengan kondisi tekanan yang sama, maka perubahannya dianggap nol, sedangkan ketinggiannya dari 0 menjadi 60 cm (1,9686 ft). Pada percobaan ini efisiensi pompa yang digunakan adalah 60%. Persamaan Bernoulli tersebut disederhanakan sebagaimana persamaan (11).

$$\eta w_p = \frac{gZ_b}{gc} + \frac{V_b^2}{2gc} + hf \tag{11}$$

Model lintasan fluida yang digunakan pada percobaan ini ditampilkan pada Gambar 3. Spesifikasi pipa yang digunakan dalam percobaan ini ditampilkan pada Tabel 1.



Gambar 3. Skema alat aliran fluida



Ukuran Pipa (in)	OD (ft)	ID (ft)	S (ft)	Panjang Pipa (ft)			Jumlah		
				Sch 40	a ¹⁾	b ²⁾	c ³⁾	valve	elbow
1/2	0.0700	0.0518	0.0021	3.2154	3.1170	11.4835	7	6	7
3/4	0.0875	0.0686	0.0037	4.0028	3.1170	10.6961	7	5	8
1	0.1095	0.0874	0.006	4.8231	3.1170	9.8758	7	6	7

Keterangan: ¹⁾ Panjang pipa sebelum kontraksi ²⁾ Panjang ukuran pipa ³⁾ Panjang pipa setelah ekspansi

Tabel 2. Hasil percobaan aliran fluida

Ukuran Pipa (in)	Volume (ft ³)	Q (ft ³ /s)	NRe	F ⁴⁾	Hfs	Hff	Hfe	Hfc	Head Loss (Hf) (ft.lbf/lb)	Wp (ft.lbf/lb)
1/2	0.1238	0.0124	3.30E+05	0.003	2.2091	10.3864	0.0887	0.0872	12.7713	7491.6322
3/4	0.1386	0.0139	2.80E+05	0.004	0.9009	4.4035	0.0100	0.0186	5.3330	990.7832
1	0.1489	0.0149	2.40E+05	0.005	0.3904	1.8573	0	0	2.2477	172.1565

Keterangan: ⁴⁾ Diperoleh dari diagram Moody (Warren L. Mc. Cabe, 1985)

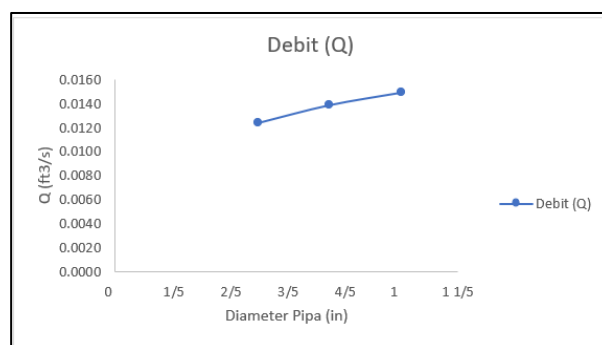
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil percobaan tentang aliran fluida dengan membandingkan diameter pipa terhadap nilai *head loss* (Hf) diperoleh sebagaimana ditampilkan pada Tabel 2.

3.1 Pengaruh Diameter terhadap Debit Luaran Aliran Fluida

Debit aliran dapat dijadikan indikator pola aliran dari sebuah aliran fluida. Besar kecilnya debit aliran dipengaruhi oleh daya pompa dan bukaan valve yang digunakan (Rosyadi, 2019). Pada percobaan ini daya pompa yang digunakan sama yaitu sebesar 92,1953 ft.lbf/s dengan bukaan *valve* penuh. Sehingga potensi menghasilkan pola aliran yang sama cukup besar.

Hasil pengukuran debit pada percobaan ini dilakukan dengan gelas ukur 1000 mL selama 10 detik. Setiap variasi diameter pipa diperoleh debit yang beragam yaitu semakin kecil diameter pipa debit aliran yang dihasilkan semakin sedikit. Hal ini dipengaruhi karena luas penampang pada pipa akan mempengaruhi volume yang dihasilkan dari aliran (Jalaluddin dkk., 2019). Debit aliran dihitung menggunakan persamaan (1), dimana volume aliran yang diperoleh akan dibagi dengan waktu.

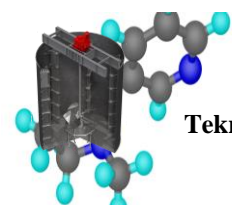


Gambar 4. Pengaruh Diameter terhadap Debit Aliran

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa pada diameter pipa 1 in diperoleh debit aliran sebesar 0.0149 ft³/s dengan data volume sebesar 0.1489 ft³. Pada diameter pipa ¾ in dan ½ in diperoleh debit aliran sebesar 0.0139 ft³/s dan 0.0124 ft³/s, berturut-turut. Data volume yang diperoleh yaitu sebesar 1.386 ft³ dan 1.238 ft³, berturut-turut.

3.2 Pengaruh Diameter terhadap Pola Aliran Fluida

Data pengukuran debit aliran yang peroleh digunakan untuk mengukur kecepatan aliran. Kecepatan aliran ini akan menggambarkan pola aliran yang dihasilkan. Pola aliran diketahui dengan menghitung bilangan Reynold atau *Reynol Number* yang disimbolkan dengan N_{Re} dan didefinisikan pada persamaan (9).





$$N_{Re} = \frac{D\bar{V}\rho}{\mu} \quad (9)$$

Keterangan :

D : Diameter (ft)

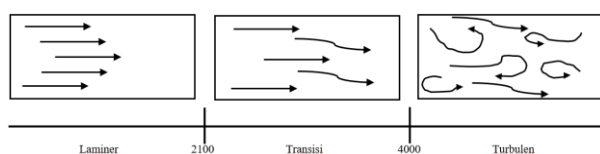
\bar{V} : Kecepatan (ft/s)

ρ : Densitas (lb/ft³)

μ : Viskositas (lb/ft.s)

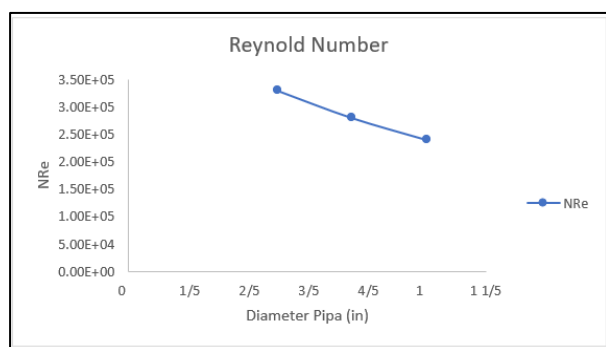
Reynold Number (N_{Re}) merupakan bilangan tidak berdimensi, sehingga tidak memiliki satuan jelas sebagaimana satuan pada variabel penentunya.

Terdapat 3 (tiga) pola aliran yang mungkin dihasilkan yaitu laminar, transisi dan turbulen sebagaimana ditampilkan pada Gambar (4) (Efendi J., 2021).



Gambar 4. Nilai N_{Re} pada pola aliran fluida

Pada percobaan ini tidak ditemukan perbedaan pola aliran. Hasil hitung menunjukkan nilai N_{Re} pada aliran fluida di pipa diameter 1, $\frac{3}{4}$, dan $\frac{1}{2}$ in berturut-turut $2,40e+05$; $2,80e+05$; dan $3,30e+05$ sebagaimana ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh Diameter terhadap Pola Aliran berdasarkan Reynold Number (N_{Re})

Angka tersebut menunjuk pada pola aliran turbulen. Hal ini disebabkan karena daya pompa yang digunakan untuk masing-masing aliran fluida

pada ketiga tipe diameter pipa itu sama. Selain itu, variabel tetapnya adalah bukaan valve penuh. Sehingga dengan daya dorong aliran yang sama akan menghasilkan pola aliran yang sama hanya besarannya saja yang berbeda. Perbedaan itu disebabkan karena penyempitan luas penampang akan membantu perubahan pola aliran yang ditimbulkan (Fiqri dkk., 2021). Semakin kecil luas penampangnya maka pola aliran akan semakin acak atau turbulen (Efendi J., 2021).

3.3 Pengaruh Diameter terhadap Head Loss (Hf)

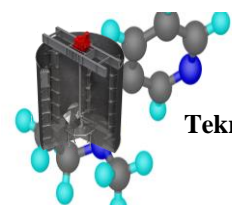
Dari hasil hitung yang dilakukan terhadap aliran fluida pada pipa diameter $\frac{1}{2}$ in memiliki nilai *head loss* (Hf) lebih besar yaitu 12,7713 ft.lbf/lb dibandingkan pipa diameter $\frac{3}{4}$ in dan 1 in sebesar 5,3330 ft.lbf/lb dan 2,2477 ft.lbf/lb, berturut-turut. Berdasarkan persamaan Bernoulli, hal ini disebabkan oleh luas penampang pada pipa mempengaruhi kelajuan aliran fluida yang melintas sehingga mengasilkan debit yang lebih kecil (Warren L. Mc. Cabe, 1985).

Hal ini berdasarkan kombinasi dari hukum Bernoulli dan efek venturi yaitu ketika ukuran penampang pipa berkurang dan debit fluida dikondisikan konstan maka kelajuan fluida akan bertambah dan disaat yang sama tekanan fluida akan berkurang.

Head Loss Akibat Gesekan pada Dinding Pipa (Hfs)

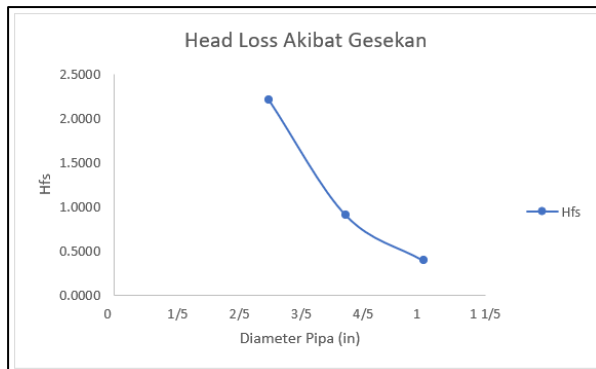
Hukum Bernoulli juga menyatakan bahwa semakin panjang suatu penampang pipa, maka tekanan fluida akan berkurang. Hal ini berpengaruh juga terhadap gaya gesek yang dihasilkan, semakin panjang lintasan fluida maka potensi gesekannya semakin tinggi. Selain itu, semakin kecil luas penampang pipa maka semakin besar potensi gaya gesek antara fluida dengan dinding pipa (Khairul M., 2009; Fiqri dkk., 2021).

Pada percobaan ini, panjang lintasan fluida yang digunakan bervariasi. Variasi tersebut sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1. Panjang pipa diukur pada 3 (tiga) titik yaitu sebelum terjadinya kontraksi, ukuran variabel pipa, dan sebelum terjadinya ekspansi.





Pada Gambar 6 terlihat bahwa pipa diameter $\frac{1}{2}$ in kelajuan aliran menjadi lebih cepat sehingga gaya gesek meningkat. Berbeda halnya dengan kondisi pada pipa diameter 1 in dimana kelajuan aliran menurun sehingga gaya gesek juga menurun. Selain itu, pada pipa 1 in tidak ditemukan pembesaran pipa (ekspansi) dan pengecilan pipa (kontraksi).



Gambar 6. Pengaruh Diameter terhadap *Head Loss* Akibat Gesekan

Head Loss Akibat Gesekan pada Belokan dan Valve (H_{ff})

Selain Panjang lintasan fluida, kehilangan energi akibat gesekan juga dipengaruhi karena banyaknya belokan (*elbow*) dan katup (*valve*) yang dilalui oleh fluida. Jenis elbow dan valve memiliki nilai koefisiensi masing-masing. Nilai tersebut ditunjukkan sebagaimana Tabel 3.

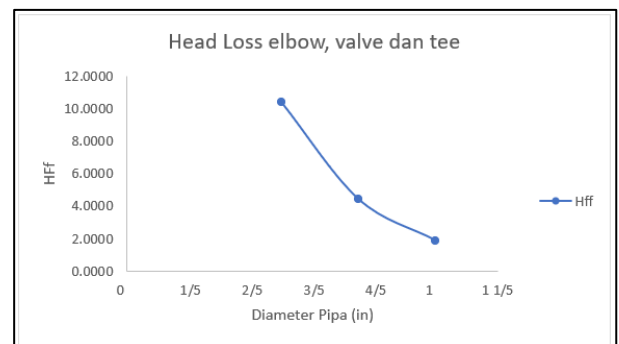
Tabel 3. Koefisiensi rugi pada sambungan pipa

Sambungan pipa	K _f
Ball valve, terbuka penuh	10,0
Valve sudut, terbuka penuh	5,0
Gate valve, terbuka penuh	0,2
Setengah terbuka	5,6
Bengkolan balik	2,2
Tee	1,8
Siku, 90°	0,9
45°	0,4

(sumber: Warren L. Mc. Cabe, 1985)

Dalam percobaan ini jumlah valve, elbow dan tee yang dilalui oleh fluida bervariasi sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1. Valve yang dilalui fluida untuk semua variasi diameter pipa adalah sama yaitu sebanyak 7 buah. Sedangkan

elbow dan tee yang dilalui bervariasi banyaknya. Pada diameter pipa 1 in dan $\frac{1}{2}$ in elbow dan tee yang dilalui sama yaitu sebanyak 6 *elbow* dan 7 *tee*. Sedangkan untuk pipa $\frac{3}{4}$ in memiliki elbow sebanyak 5 buah dan *tee* 8 buah. Berdasarkan koefisiensi jenisnya maka hasil hitung yang diperoleh dengan menggunakan persamaan (5) adalah 1,8573; 4,4035; dan 10,3864, berturut-turut untuk diameter pipa 1, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ in.



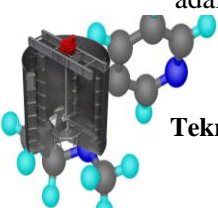
Gambar 7. Pengaruh Diameter terhadap *Head Loss* Akibat Belokan dan Valve

Pada Gambar 7 hasilnya menunjukkan bahwa variasi diameter $\frac{1}{2}$ in memiliki nilai H_{ff} yang lebih besar daripada variasi diameter 1 dan $\frac{3}{4}$ in. Dimana jika dilihat pada variasi diameter 1 dan $\frac{1}{2}$ in memiliki jumlahnya yang sama, sehingga disimpulkan bahwa jumlah valve, elbow dan tee pada lintasan fluida tidak berpengaruh signifikan dalam nilai head loss (Kim S., dkk., 2010; Zainuddin dkk., 2012).

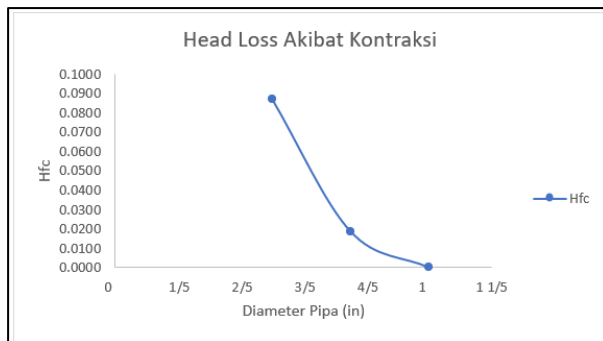
Head Loss Akibat Gesekan pada Pengecilan Pipa (H_{fc})

Faktor lain yang mempengaruhi head loss adalah kondisi lintasan fluida dengan diameter lintasan yang diperkecil atau kontraksi. Sebelumnya fluida mengalir pada pipa diameter 1 in selama Panjang tertentu kemudian melewati sambungan menuju pipa dengan diameter lebih kecil yaitu $\frac{3}{4}$ in dan $\frac{1}{2}$ in. Fenomena pengecilan ukuran pipa tersebut disebut dengan kontraksi dan kehilangan energinya dilambangkan dengan H_{fc}.

Dari percobaan ini yang ditampilkan pada Gambar 8 diperoleh hasil hitung H_{fc} menggunakan



persamaan (6) sebesar 0; 0.0186; dan 0,0872, berturut-turut pada pipa diameter 1; $\frac{3}{4}$; dan $\frac{1}{2}$ in. Nilai H_{fc} pada diameter 1 in diperoleh lebih kecil dari pada diameter lainnya yang lebih kecil. Hal ini dapat dijelaskan bahwa pada pipa diameter 1 in tidak ditemukan kondisi kontraksi sehingga tidak banyak terjadi head loss (Warren L. Mc. Cabe, 1985; Khairul M., 2019).



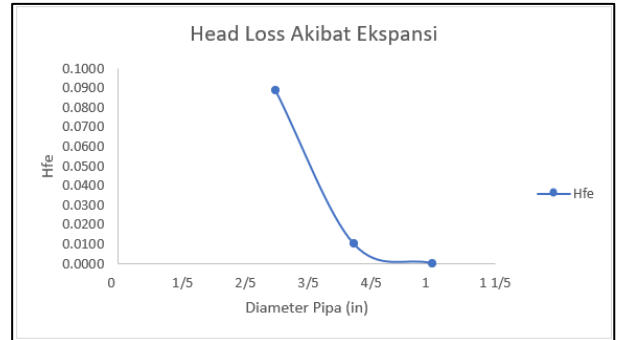
Gambar 8. Pengaruh Diameter terhadap Head Loss Akibat Pengcilan Pipa

Sedangkan untuk pipa diameter $\frac{3}{4}$ in head loss yang diperoleh lebih kecil daripada pipa diameter $\frac{1}{2}$ in. Hal ini dapat dijelaskan bahwa perbedaan luas penampang diameter yang besar sangat berpengaruh terhadap head loss. Kejutan aliran yang diberikan pada aliran fluida lebih besar terjadi pada pipa $\frac{1}{2}$ in daripada $\frac{3}{4}$ in (Wardana, 2003).

Head Loss Akibat Gesekan pada Pembesaran Pipa (H_{fe})

Tidak jauh berbeda dengan fenomena pengecilan diameter pipa, pada fenomena pembesaran pipa juga terjadi head loss. Setelah fluida melalui diameter pipa yang lebih kecil maka setelah Panjang tertentu fluida akan melewati elbow atau tee menuju luas penampang pipa diameter 1 in sebelum menuju valve output.

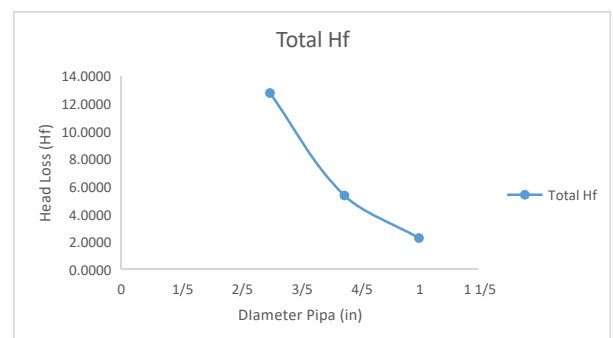
Dari percobaan ini yang ditampilkan pada Gambar 9 diperoleh hasil hitung sebesar 0; 0.0100; dan 0,0887, berturut-turut pada pipa diameter 1; $\frac{3}{4}$; dan $\frac{1}{2}$ in.



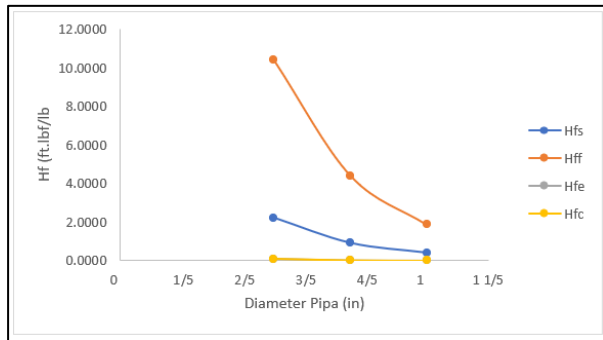
Gambar 9. Pengaruh Diameter terhadap Head Loss Akibat Pembesaran Pipa

Pada hasil hitung ini diketahui bahwa pipa dengan diameter 1 in memiliki nilai H_{fc} lebih kecil, hal ini dapat dijelaskan juga bahwa aliran fluida pada diameter 1 in tidak menemui fenomena ekspansi sehingga tidak ditemukan adanya head loss akibat pembesaran pipa (Warren L. McCabe, 1985; Khairul M., 2009).

Sedangkan untuk aliran fluida pada diameter pipa $\frac{3}{4}$ in memiliki *head loss* lebih kecil daripada diameter pipa $\frac{1}{2}$ in. Sama halnya dengan fenomena pada pengecilan diameter pipa, pada pembesaran pipa $\frac{3}{4}$ in juga mengalami kejutan yang lebih kecil daripada pipa dengan diameter $\frac{1}{2}$ in.



Jika nilai head loss yang dihasilkan akibat gesekan, karena adanya *elbow*, *valve* dan *tee* serta akibat pengecilan dan pembesaran pipa pada aliran fluida dijumlahkan maka menghasilkan data sebagaimana ditampilkan pada Gambar 10. Dimana pada grafik tersebut terlihat bahwa pipa dengan diameter $\frac{1}{2}$ in menghasilkan *head loss* paling besar dibandingkan dengan pipa dengan diameter $\frac{3}{4}$ dan 1 in. Hal tersebut menjelaskan bahwa semakin kecil luas penampang pipa akan membuat fluida lebih banyak kehilangan energi akibat gesekan pada dinding pipa yang lebih kecil.



Gambar 11. Perbandingan Head Loss pada Komponen Pengungkit

Sebagaimana ditampilkan pada Gambar 11, bila dibandingkan antara komponen pengungkit *head loss* yang ada, maka diketahui *head loss* yang paling berpengaruh diakibatkan karena jumlah *elbow*, *valve* dan *tee* yang dilalui oleh fluida.

4. Daftar Pustaka

- Efendi Joko Susilo, Untung Surya Dharma, Dwi Irawan. 2021. Pengaruh Viskositas Bahan Bakar Terhadap Karakteristik Aliran Fluida pada Pompa Sentrifugal. Artikel Teknik Mesin dan Manufaktur, ARMATUR Vol. 2 No. 1. 27-32
- Eswanto, Dian Syahputra. 2017. Analisa Distribusi Kapasitas Aliran Fluida di Daerah Percabangan Pada Sistem Perpipaan. Jurnal Teknologi Terapan. Vol. 3, No. 1: 7 – 11.
- Fiqri Agung Wicaksono, Subekti Subekti, Kusuma Indriyanto. 2021. Analisis Pengaruh Penyumbatan Aliran Fluida Pada Pipa dengan Metode Fast Fourier Transform. Jurnal Dinamika Volasional Teknik Mesin, Vol 6, No. 11: 77 – 83.
- Hariyono, Gatut Rubiono, Haris Mujiyanto. 2016. Study Eksperimental Perilaku Aliran Fluida pada Sambungan Belokan Pipa. Universitas PGRI Banyuwangi. V-Max, Volume 1 Nomer 1: 12 – 17.
- I.N.G. Wardana. 2003. Getaran Pipa Akibat Aliran Fluida. Media Teknik No. 1 Tahun XXV Edisi Februari 2003 No. ISSN 0216-3012.
- Jalaluddin, Saiful Akmal, Nasrul Za, Ishak. 2019. Analisa Profil Aliran Fluida Cair dan Pressure Drop pada Pipa L menggunakan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD). Jurnal Teknologi Kimia Unimal 8: 2 (November 2019) 53 – 72.
- Khairul Muhajir, 2009. Karakteristik Aliran Fluida Gas-Cair Melalui Pipa Sudden Contraction. Jurnal Teknologi. Vol. 2 No. 2: 176-184.
- Kim, S., G. Kojasoy dan T. Guo. 2010. Two Phase Minor Loss in Horizontal Bubbly Flow with Elbows: 450 and 900 Elbows. Journal of Nuclear Engineering and Design. Vol. 240: 284-289.
- Lutfi Nurcholis, 2008. Perhitungan Laju Aliran Fluida Pada Jaringan Pipa. Jurnal Unimus, Traksi. Vol. 7 No. 1 (Juni) 19 – 21.
- M. Marzuky Saleh, Edi Widodo. 2018. Analisa Kinerja Aliran Fluida dalam Rangkaian Seri dan Paralel dengan Penambahan Tube Bundle pada Pompa Sentrifugal. Jurnal Rekayasa Energi Manufaktur. Vol. 3, No. 2: 71 – 77.
- Rosyadi. (2019). Studi Eksperimen Getaran Pipa Akibat Pengaruh Buka-an Katup Dan Konfigurasi Support Untuk Debit Yang Sama Dengan Pengaturan Putaran Pompa. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Untung Surya Dharma dan Galih Prasetyo, 2012. Pengaruh Perubahan Laju Aliran Terhadap Tekanan Dan Jenis Aliran Yang Terjadi Pada Alat Uji Praktikum Mekanika Fluida. Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro. Jurnal Program Studi Teknik Mesin, Turbo, 1(2): 106 – 115.
- Warren L. McCabe, Julian C. Smith, dan Peter Harriot. 1985. Unit Operations of Chemical Engineering fourth edition. Bab 2: Mekanika Fluida.
- Zainuddin, I.M.A. Sayoga dan I.M. Nuarsa. 2012. Analisa Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Belokan Terhadap Head Losses Aliran Pipa. Jurnal Teknik Mesin. Vol. 2 (2): 14-22.

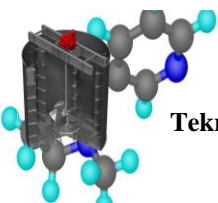


Lampiran 1

DIMENSIONS, CAPACITIES, AND WEIGHTS OF STANDARD STEEL PIPE†

Nominal pipe size, in.	Outside diameter, in.	Schedule no.	Wall thickness, in.	Inside diameter, in.	Cross- sectional area of metal, in. ²	Inside sectional area, ft ²	Circumference, ft or surface, ft ² /ft of length		Capacity at 1 ft/s velocity		Pipe weight lb/ft
							Outside	Inside	U.S. gal/min	Water, lb/h	
$\frac{1}{8}$	0.405	40	0.068	0.269	0.072	0.00040	0.106	0.0705	0.179	89.5	0.24
		80	0.095	0.215	0.093	0.00025	0.106	0.0563	0.113	56.5	0.31
$\frac{1}{4}$	0.540	40	0.088	0.364	0.125	0.00072	0.141	0.095	0.323	161.5	0.42
		80	0.119	0.302	0.157	0.00050	0.141	0.079	0.224	112.0	0.54
$\frac{3}{8}$	0.675	40	0.091	0.493	0.167	0.00133	0.177	0.129	0.596	298.0	0.57
		80	0.126	0.423	0.217	0.00098	0.177	0.111	0.440	220.0	0.74
$\frac{1}{2}$	0.840	40	0.109	0.622	0.250	0.00211	0.220	0.163	0.945	472.0	0.85
		80	0.147	0.546	0.320	0.00163	0.220	0.143	0.730	365.0	1.09
$\frac{3}{4}$	1.050	40	0.113	0.824	0.333	0.00371	0.275	0.216	1.665	832.5	1.13
		80	0.154	0.742	0.433	0.00300	0.275	0.194	1.345	672.5	1.47
1	1.315	40	0.133	1.049	0.494	0.00600	0.344	0.275	2.690	1,345	1.68
		80	0.179	0.957	0.639	0.00499	0.344	0.250	2.240	1,120	2.17
$1\frac{1}{4}$	1.660	40	0.140	1.380	0.668	0.01040	0.435	0.361	4.57	2,285	2.27
		80	0.191	1.278	0.881	0.00891	0.435	0.335	3.99	1,995	3.00
$1\frac{1}{2}$	1.900	40	0.145	1.610	0.800	0.01414	0.497	0.421	6.34	3,170	2.72
		80	0.200	1.500	1.069	0.01225	0.497	0.393	5.49	2,745	3.63

(Continued)





Lampiran 2

