

ANALISIS KOEFISIEN KERUGIAN PADA PERCABANGAN PIPA

Rachmat Subagyo¹

Abstract - As long as the liquid flows through the piping installation system, many losses of pressure called major loss of pressure and minor loss of pressure (a loss due to the fluid passes a branch). The distribution of liquid flow in the branch is an irreversible process in which this irreversibility will degrade the performance system. The way to discover the loss occurs at the pipe branching is by measuring the coefficient of loss. The type of experiment conducted was by making three branches of galvanic pipes of medium size with the angles 45^0 , 60^0 and 90^0 with the variation of Re from 0 to $5,5 \times 10^4$.

The result of branch K_{32} study is $K_{32(45)} = K_{32(60)} = K_{32(90)} = (0,07-0,39)$, branch K_{31} : $K_{31(45)} = (0,95-0,60)$, $K_{31(60)} = (1,08-0,85)$ and $K_{31(90)} = (1,01-1,50)$. The total coefficient of loss is $K_{tot(45)} = (1,02-0,97)$, $K_{tot(60)} = (1,15-1,23)$ and $K_{tot(90)} = (1,17-1,89)$.

Keywords: branch, total coefficient

PENDAHULUAN

Pada saat ini teknologi semakin maju khususnya pada pengembangan bentuk bodi, para ahli dan ilmuwan selalu berusaha untuk mencari penemuan pada bentuk bodi yang aerodinamis untuk mengurangi separasi dan drag, misalnya pada industri Otomotif, Pesawat dan perkapalan. Demikian juga pada industri yang banyak menggunakan instalasi perpipaan yang berfungsi untuk mengalirkan fluida ke tempat tujuan.

Pada instalasi ini, banyak digunakan sambungan (fitting) yang berfungsi untuk membelokan atau membagi aliran (dividing). Pembagian aliran fluida pada percabangan adalah suatu proses Irreversibel dimana Irreversibilitas ini didalam aplikasi teknik akan menurunkan unjuk kerja dari sistem. Selama fluida mengalir melalui pipa banyak terjadi rugi tekanan yang disebut rugi tekanan mayor (Mayor Head loss) dan rugi tekanan minor (Minor Head Loss). Kerugian mayor adalah rugi tekanan yang terjadi karena gesekan fluida dengan dinding pipa dan kerugian minor adalah kerugian akibat fluida melewati sambungan (fitting).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisa koefisien rugi energi (K) sebagai fungsi bilangan Reynolds dan membandingkan dengan hasil perhitungan secara teoritis serta membandingkan hasilnya dengan penelitian-penelitian sebelumnya.

METODA PENELITIAN

A. Tempat penelitian

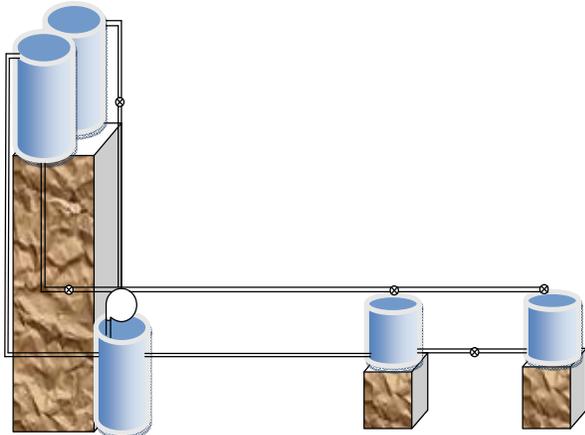
Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Mekanika Fluida Jurusan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin Makassar, dengan terlebih dahulu mempersiapkan alat penelitian dan juga bahan yang akan digunakan.

B. Bahan dan Peralatan

Bahan penelitian: Fluida yang digunakan adalah air.

Alat instalasi penelitian :

¹ Staf Pengajar Teknik Mesin Universitas Lambung Mangkurat, e-mail: r_sub4gyo_mt@yahoo.com



Gambar 1. Instalasi penelitian

Alat ukur yang digunakan:

1. Manometer papan
2. Tangki dengan skala ukur
3. Stopwatch
4. Termometer
5. Barometer

CARA PENGAMBILAN DATA

a. Laju aliran volume

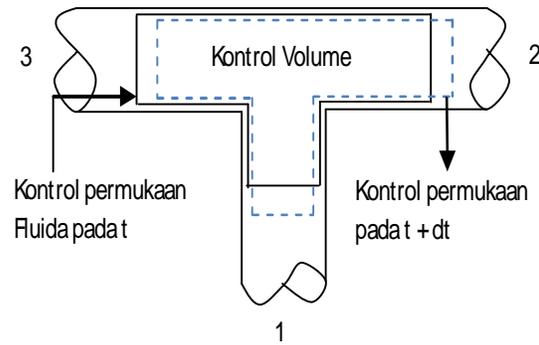
Pompa di hidupkan untuk menjaga tangki penampung atas supaya tetap penuh untuk menjaga kondisi stedi, kemudian kita buka katup-katup sehingga air mengalir ketangki ukur kemudian kita hitung waktu sampai mencapai volume tertentu.

b. Pengambilan data penelitian

1. Fluida dari tangki penampungan bawah di pompa masuk ke tangki penampungan atas hingga penuh dan mengalir melalui pipa pelimpah sebagai pendekatan kondisi stedi.
2. Katup utama dibuka hingga air mengalir pada percabangan pipa dan kemudian kita atur debit aliran (variasi bilangan Re) dengan mengatur katup.
3. Mengukur debit fluida yang dialirkan kedalam tangki penampungan yang dilengkapi dengan skala ulur kemudian mencatat waktu dan volume air yang telah masuk pada tangki penampungan.

4. Membaca tekanan manometer yang terpasang sebelum dan sesudah melewati percabangan.
5. Mengulangi prosedur pengujian dengan variasi Re (debit) dan variasi percabangan (dividing).

Konstruksi saluran pembagian aliran (dividing) ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 3. Kontrol volume pada dividing

Persamaan energi secara umum adalah:

$$\frac{\delta Q}{dt} - \frac{\delta w_{shaf}}{dt} - \frac{\delta w_{shear}}{dt} = \int \left(\frac{p}{\rho} + e \right) \rho U dA + \frac{\partial}{\partial t} \int e \rho dU$$

Pada kondisi diatas diasumsikan bahwa:

- $W_{shaf}=0$ dan $\delta_{shear}=0$
- Aliran steady ($\delta Q/dt=0$) dan incompressible
- Energi dalam uniform pada setiap penampang
- Koefisien energi kinetik $\alpha=1$ dan percepatan gaya gravitasi uniform

Dengan asumsi diatas maka persamaan menjadi:

$$\int_{cs} \left(u + \frac{p}{\rho} + gh + \frac{U^2}{2} \right) \rho U dA = 0$$

Dimana: $e = u + \frac{U^2}{2} + gh$

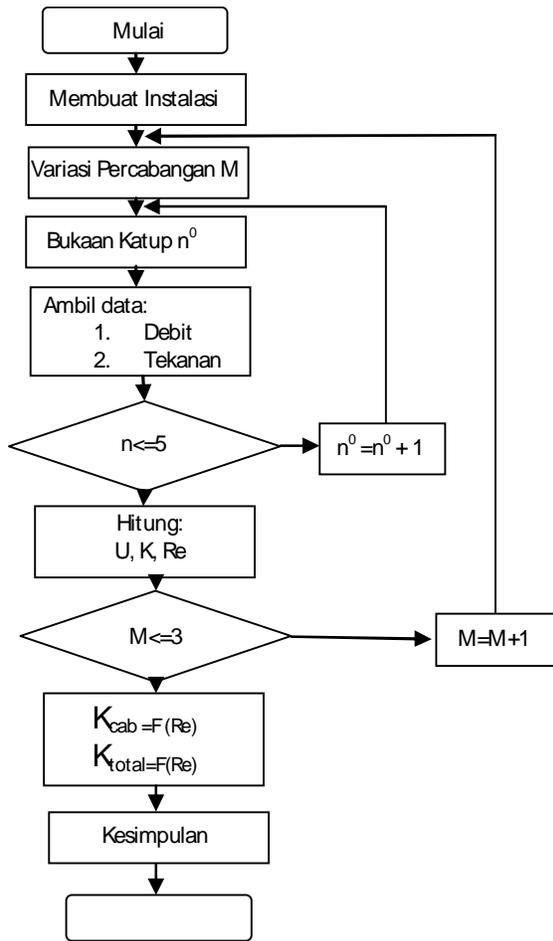
Maka:

$$\int_{cs} \left(u + \frac{U^2}{2} + gh + \frac{p}{\rho} \right) \rho U dA = 0$$

$$\dot{m}_3 \left(\frac{p_3}{\rho} + \frac{U_3^2}{2} \right) = \dot{m}_2 \left(\frac{p_2}{\rho} + \frac{U_2^2}{2} \right) + \dot{m}_1 \left(\frac{p_1}{\rho} + \frac{U_1^2}{2} \right) + \dot{m}_3 \Delta h_l$$

Jika $\Delta h_l = K(1/2\rho U^2)$ maka diperoleh koefisien

Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram alir penelitian

kerugian adalah:

$$K = \frac{\dot{m}_3 \left(\frac{p_3}{\rho} + \frac{U_3^2}{2} \right) - \dot{m}_2 \left(\frac{p_2}{\rho} + \frac{U_2^2}{2} \right) - \dot{m}_1 \left(\frac{p_1}{\rho} + \frac{U_1^2}{2} \right)}{\dot{m}_3 \left(\frac{1}{2} \rho U_3^2 \right)}$$

Untuk mencari K_{3-2} diambil nilai $\dot{m}_1 = 0$, maka $\dot{m}_3 = \dot{m}_2$

$$K_{32} = \frac{\left(\frac{p_3}{\rho} + \frac{U_3^2}{2} \right) - \left(\frac{p_2}{\rho} + \frac{U_2^2}{2} \right)}{\left(\frac{1}{2} \rho U_3^2 \right)}$$

Karena $p = \rho gh$ maka:

$$K_{32} = \frac{\left(h_3 + \frac{U_3^2}{2g} \right) - \left(h_2 + \frac{U_2^2}{2g} \right)}{\left(\frac{U_3^2}{2g} \right)}$$

Dengan cara yang sama untuk K_{31} adalah:

$$K_{31} = \frac{\left(h_3 + \frac{U_3^2}{2g} \right) - \left(h_1 + \frac{U_1^2}{2g} \right)}{\left(\frac{U_3^2}{2g} \right)}$$

Rumus secara umum adalah:

$$K_{ij} = \frac{\text{Total pressure in leg } i - \text{Total pressure in leg } j}{\text{mean velocity pressure in leg } 3}$$

Perhitungan secara teoritis

Untuk memperoleh hasil yang mendekati benar maka hasil dari penelitian akan dibandingkan dengan beberapa hasil penelitian lain dan akan dihitung juga secara teoritis. Perhitungan secara teoritis akan di ambil dari sebuah jurnal yang di buat oleh MD Bassett et-all. Untuk perhitungan koefisien kerugian dirumuskan sebagai berikut:

$$K_{3-1(\text{teoritis})} = q^2 \omega^2 + 1 - 2q\omega \cos\left(\frac{3}{4}\theta\right)$$

$$K_{3-2(\text{teoritis})} = q^2 - \frac{3}{2}q + \frac{1}{2}$$

Dengan:

- q = Rasio debit antara Q_3/Q_1
- ω = Rasio luas penampang A_3/A_1
- θ = Sudut dividing (45° , 60° dan 90°)

Kemudian untuk menghitung K_{tot} dirumuskan sebagai berikut:

$$K_{tot} = K_{3-1} + K_{3-2}$$

Presentase perbedaan hasil:

- ❖ Dengan hasil secara teoritis:

$$= \frac{K_{\text{penelitian}} - K_{\text{teoritis}}}{K_{\text{penelitian}}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,95 - 1,00}{0,95} \times 100\%$$

$$= 5,26 \%$$

- ❖ Dengan penelitian lain:

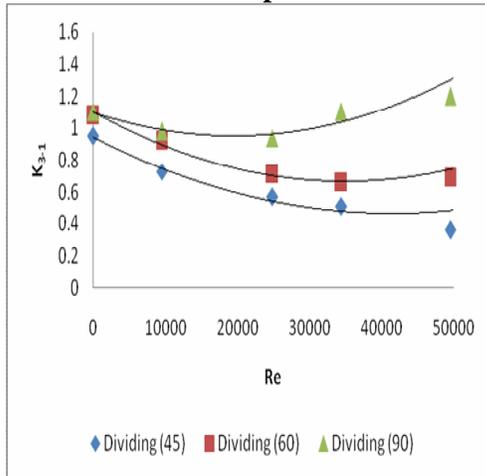
$$= \frac{K_{\text{penelitian}} - K_{\text{pembanding}}}{K_{\text{penelitian}}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,95 - 0,89}{0,95} \times 100\%$$

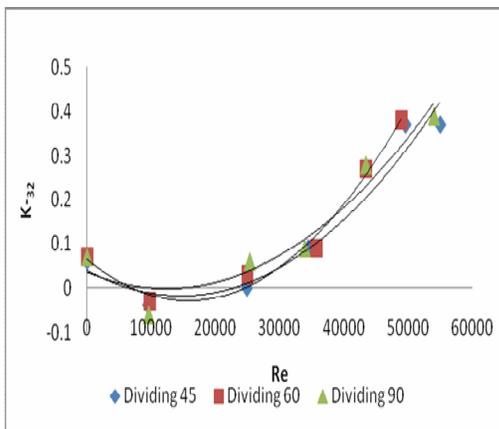
$$= 6,32 \%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

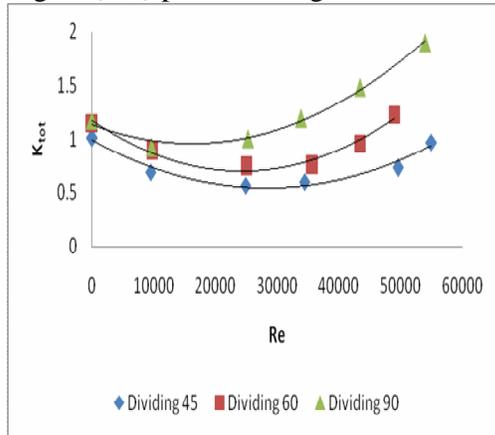
A. Grafik dari hasil penelitian



Gambar 4. Grafik Re terhadap koefisien kerugian (k_{3-1}) pada dividing 45^0 , 60^0 dan 90^0



Gambar 5. Grafik Re terhadap koefisien kerugian (k_{3-2}) pada dividing 45^0 , 60^0 dan 90^0



Gambar 6. Grafik Re terhadap koefisien kerugian total (k_{tot}) pada dividing 45^0 , 60^0 dan 90^0

B. Analisis dengan hasil perhitungan secara teoritis dan penelitian sebelumnya

No	Peneliti	Hasil		
		Dividing 45^0	Dividing 60^0	Dividing 90^0
1	Donald S. Miller	K3-1 (0,90-0,50)	-	K3-1 (0,95-1,30)
		K3-2 (0,04-0,40)	-	K3-2 (0,04-0,40)
		Ktot (0,94-0,90)	-	Ktot (0,99-1,70)
2	Thomas Krist	K3-1 (0,90-0,50)	-	K3-1 (0,90-0,50)
		K3-2 (0,04-0,40)	-	K3-2 (0,04-0,40)
		Ktot (0,94-0,90)	-	Ktot (0,94-0,90)
3	Sularso & haruo Tahara	K3-1 (0,89-0,47)	K3-1 (0,98-0,75)	K3-1 (0,96-1,29)
		K3-2 (0,04-0,33)	K3-2 (0,05-0,34)	K3-2 (0,05-0,35)
		Ktot (0,93-0,80)	Ktot (1,30-0,90)	Ktot (1,01-1,64)
4	Teoritis	K3-1 (1,00-0,34)	K3-1 (1,00-0,59)	K3-1 (1,00-1,24)
		K3-2 (0,00-0,50)	K3-2 (0,00-0,50)	K3-2 (0,00-0,50)
		Ktot (1,00-0,84)	Ktot (1,00-1,09)	Ktot (1,00-1,74)
5	Hasil Penelitian	K3-1 (0,95-0,60)	K3-1 (1,08-0,85)	K3-1 (1,10-1,78)
		K3-2 (0,06-0,37)	K3-2 (0,07-0,38)	K3-2 (0,07-0,03)
		Ktot (1,01-0,97)	Ktot (1,15-1,23)	Ktot (1,17-1,81)

KESIMPULAN

1. Semakin besar bilangan Re maka koefisien kerugian akan semakin kecil hal ini disebabkan karena hambatan semakin berkurang.
2. Besarnya sudut percabangan akan mengakibatkan koefisien kerugian total akan semakin besar atau bisa disimpulkan bahwa $K_{tot} 90^0 > K_{tot} 60^0 > K_{tot} 45^0$.
3. Pada penggunaan dividing dihindari penggunaan dengan sudut percabangan yang tajam karena akan memperbesar kerugian tekan (head losses).
4. Perbedaan hasil eksperimen dengan perhitungan secara teoritis adalah 5,26% dan dengan penelitian terdahulu adalah 6,32% hal ini disebabkan oleh:
 - Jenis pipa uji yang digunakan dalam penelitian
 - Pembuatan benda uji
 - Teknologi

- Pengukuran yang tidak presisi akibat dari fluktuasi tekanan
- Variasi bilangan Re yang berbeda

DAFTAR PUSTAKA

- Abubaker A. Salem, Saib A. Yousif & Yasser F. Nassar, 2003, *Study of the Separated and Total losses in Bends*, Proceedings of the International Conference on Fluid ang Thermal Energy Conversion, Bali, Indonesia.
- Arip Dwiyantoro, B., 2004, *Studi ekperimental Tentang pengaruh Protituding (tonjolan) pada Pipa lurus Bercabang 45⁰ dan 60⁰ terhadap distribusi Kecepatan dan Tekanan Aliran*, ITS, Surabaya.
- Bird R. B., Stewart W. E. & lighfoat E. N., 1994, *Transport Phenomena*, John Willey & Sons, Singapore, Toronto.
- Daily James, W & Harleman Donald R. F., 1996. *Fluid Dynamics*, Addison Wesley Publising Company, inc.
- MD Bassett, DE Winterbone & RJ Pearson, 2001, *Calculation of steady flow pressure loss coefficients for pipe junctions*, Proc Instn Mechngs Vol 215 Part C.
- Miller S, donald., *Inernal Flow Sistem*, Vol-5, In the BHRA fluid Engineering Series.
- Sularso & Haruo Tahara, 2004, *Pompa dan Kompresor*, PT pradnya Paramita, Jakarta.
- Schlichting Hermann, 1979. *Boundary layer theory*, MC Graw Hill Book company, New York.
- Setyo Indartono, Y., 2006, *Meredam Turbulensi membuat Air Mengalir Jauh lebih cepat*, Artikel Iptek.
- Thomas Krist, Dr. Ing., 1989, *Hidraulika*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- White Frank M, 1994., *Fluid Mechanics*, Third Edition, Mc Graw Hill Book Company, New York.