

Pengaruh Potongan Pipa Pada Pipa Miter 90° Terhadap Kerugian Head Aliran Fluida

Nasaruddin Salam

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Hasanuddin
Kampus Unhas Tamalanrea, Jl. Perintis Kemerdekaan KM.10 Makassar 90245
Email: nassalam.unhas@yahoo.co.id

Abstrak

Pipa miter adalah suatu bentuk potongan-potongan pipa yang disambung-sambung sehingga membentuk lengkungan. Umumnya pipa miter ini digunakan pada temperatur dan tekanan yang tidak begitu tinggi. Contoh penggunaannya adalah pada instalasi perpipaan pendingin udara dan air bersih bangunan hotel dan gedung perkantoran serta industri, banyak menggunakan model pipa miter 90°. Pada saat aliran fluida melalui belokan 90°, akan menimbulkan kerugian head yang cukup besar, sehingga untuk mengatasinya adalah dengan membuat pembelokan secara bertahap sampai dengan mencapai belokan 90°. Hal inilah keunggulan pipa miter, namun yang menjadi pertanyaan, seberapa besar penurunan kerugian head aliran fluida pada setiap penambahan jumlah potongan pipa. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan jumlah potongan pipa sebanyak 3 kali, yaitu dengan 2 potongan pipa, 3 potongan pipa, dan 4 potongan pipa. Kemudian setiap variasi potongan pipa dialiri air dengan 5 variasi debit aliran yaitu dari 0,000244 m³/s sampai dengan 0,002727 m³/s. Pipa uji yang digunakan adalah pipa galvanis dengan diameter dalam (D) sebesar 38,1 mm dengan jari-jari kelengkungan konstan (r) adalah 120 mm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa, pada bilangan Reynolds (Re) = 6830, nilai koefisien kerugian belokan (k) pada pipa miter 90° untuk 2 potongan pipa adalah 0.3166, untuk 3 potongan pipa adalah 0.1975 dan untuk 4 potongan pipa adalah 0.1435. Sedangkan kerugian head untuk setiap variasi potongan pipa adalah: untuk 2 potongan pipa sebesar 0.001108 mH₂O, untuk 3 potongan pipa sebesar 0.000688 mH₂O dan untuk 4 potongan pipa sebesar 0.000531 mH₂O. Penurunan kerugian head sebesar 37.9 % dari 2 potongan pipa ke 3 potongan pipa, dan dari 3 potongan pipa ke 4 potongan pipa sebesar 22.8 %. Berdasarkan hasil tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa makin besar jumlah potongan pipa maka koefisien kerugian dan kerugian head semakin kecil, sehingga dapat mengefisienkan pemakaian daya instalasi perpipaan.

Kata kunci: pipa miter 90°, potongan pipa, koefisien kerugian, bilangan Reynolds, kerugian head

Abstract

Miter pipe is a pipe formed by pieces of linked pipe so as to form an arch. Generally, temperatures and pressures that are not so high. Examples of its use is in the piping installation of air conditioning and water supply buildings, hotels and office buildings as well as in industry, many use models of miter pipe 90°. At the time of fluid flow through the turn 90°, will cause a head loss quite large, so a way to cope is to make the deflection gradually until reaching the turn 90°. This is the advantage of pipe miter, but the question becomes, how much decrease in the fluid flow head loss will increase in the number of pipe pieces. The study was conducted by varying the number of connections as much as three times, i.e. with 2 pipe pieces, 3 pipe pieces, and 4 pipe pieces. Then any variation of water flowed pipe pieces with five variations that flow from 0.000244 m³/s up to 0.002727 m³/s. Pipe tested is galvanized pipe with an inside diameter (D) of 38.1 mm with a constant radius of curvature (r) is 120 mm. The results showed that, on the Reynolds number (Re) = 6830, bend loss coefficient (k) on the pipe miter 90° for 2 pipe pieces is 0.3166, is 0.1975 to 3 pipe pieces and for the 4 pipe pieces is 0.1435. While the variation of head loss for each pipe piece is: for the 2 pipe pieces 0.001108 mH₂O, for the 3 pipe pieces 0.000688 mH₂O and for the 4 pipe pieces 0.000531 mH₂O. Decrease head loss amounted to 37.9% of the 2 pipe pieces to 3 pipe pieces, and pipe pieces from 3 to 4 pipe pieces for 22.8%. Based on these results, it can be concluded that the greater the number of pipe pieces the coefficient of loss and head loss is getting smaller, so it can minimize power usage in piping installation.

Keywords: pipe miter 90°, pipe pieces, loss coefficient, Reynolds numbers, head loss.

1. PENDAHULUAN

Fluida yang mengalir dalam suatu saluran akan kehilangan energi akibat adanya gaya tahanan yang dialami oleh fluida tersebut. Gaya tahanan ini disebabkan oleh efek viskos dari fluida itu sendiri yang disebut tahanan viskos atau tahanan gesek dan efek momentum aliran. Kehilangan energi tersebut dapat terjadi akibat gesekan fluida dengan dinding pipa, perubahan luas penampang, sambungan, pembelokan pipa katup, dan kerugian khusus lainnya. Selain gesekan pada dinding pipa terjadi pula tumbukan pada beberapa belokan yang mengakibatkan kerugian energi yang lebih besar

*Penulis korespondensi, Tlp: 62 87863052230
Email: nassalam.unhas@yahoo.co.id

dibanding pengaruh gesekan. Perubahan pola aliran ini mengakibatkan pemisahan aliran pada dinding pipa dan aliran sekunder serta aliran berputar yang timbul karena adanya tekanan balik karena momentum.

Untuk pipa dengan diameter yang relatif kecil, belokan pipa umumnya dilakukan dengan menggunakan alat penyambung yang tersedia di pasaran. Namun demikian untuk instalasi perpipaan dengan diameter besar, alat penyambung untuk membelokkan arah aliran tidak tersedia. Untuk kasus seperti ini, perubahan arah aliran dilakukan dengan menggunakan pipa miter. Untuk mengurangi kerugian head pada pembelokan pipa, maka berbagai penelitian telah dilakukan, antara lain, dengan pemasangan *guide vanes* ternyata mampu mengurangi penurunan tekanan aliran fluida saat melalui elbow. Pemasangan *guide vanes* dengan jumlah lima buah menghasilkan pressure drop terkecil yaitu 9,1%. Efisiensi yang terjadi akibat pemasangan *guide vanes* mencapai 27,6%. Dapat disimpulkan bahwa pemasangan *guide vanes* pada elbow dapat dijadikan suatu acuan dalam perancangan ducting sehingga dapat mengefisienkan pemakaian energi[1].

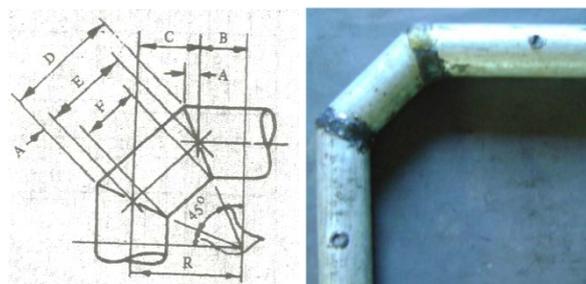
Selanjutnya dengan melakukan peletakan *tube bundle* pipa. Jarak peletakan *tube bundle* dari sisi keluaran belokan pipa 2D, 3D, 4D dan 5D serta debit aliran fluida yang melewati instalasi yaitu 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1700, 1800, 1900 dan 2000 liter/jam. Penelitian dilakukan pada belokan pipa berdiameter 1,25 inci dengan jumlah lubang *tube bundle* 22 buah dan panjangnya 27 mm. Hasil yang diperoleh bahwa, pemasangan *tube bundle* rata-rata dapat menurunkan kerugian tekanan 0,0741 m atau sebesar 32,5% dari kerugian tekanan belokan tanpa *tube bundle*[2].

Penelitian lainnya adalah dengan menggunakan model uji sambungan elbow 90° dengan variasi jari-jari kelengkungan sambungan elbow 90° terhadap diameter pipa (R/d) sebesar 4,199 dan 6,299. Debit aliran di variasikan dengan $Q_1 = 0,000312345986 \text{ m}^3/\text{s}$ dan $Q_2 = 0,000265776 \text{ m}^3/\text{s}$. Hasil eksperimen menunjukkan R/d = 6,299 memiliki *head loss* yang lebih besar dibandingkan R/d = 4,199. Perbedaan mencolok pada distribusi harga koefisien tekanan antara jari-jari dalam dan jari-jari luar, dimana muncul peristiwa *favorable pressure gradient* pada jari-jari dalam. Munculnya peristiwa *adverse pressure gradient* pada jari-jari luar elbow disinyalir berkontribusi terhadap kehilangan energi atau *head loss* pada elbow 90° [3].

Dari hasil penelitian tersebut di atas, maka untuk mereduksi kerugian head dan koefisien kerugian belokan pipa adalah, antara lain dengan menambahkan *guide vanes* (sudu pengarah) atau *tube bundle*, dan atau jari-jari sudut pembelokannya diperbesar. Berdasarkan pemikiran tersebut di atas, maka dilakukan analisis pengaruh jumlah potongan pipa sambungan pada pipa miter 90° terhadap kerugian head dan koefisien kerugian head aliran fluida.

2. METODE

Analisis dilakukan secara teori dan eksperimen atau pengujian. Benda uji dibuat dalam tiga variasi jumlah pemotongan yaitu: benda uji pertama pipa dipotong pada 2 titik atau menjadi 2 potongan pipa sambungan, seperti pada gambar 1 berikut ini.

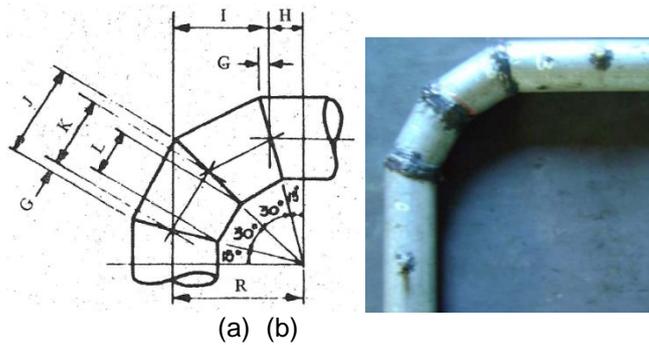


(a) (b)

Gambar 1 Pipa miter 90° dengan 2 potongan pipa sambungan (PPS),

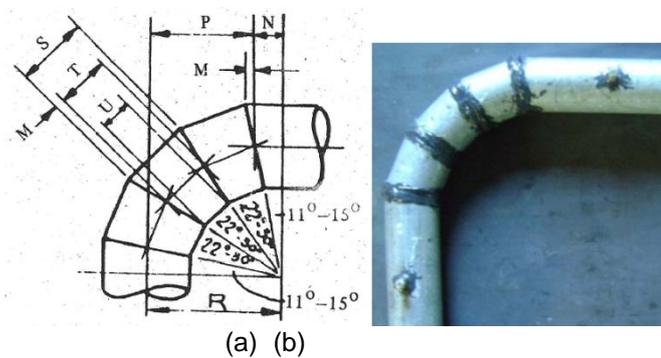
(a) menurut Raswari [4], dan (b) benda uji.

Benda uji kedua pipa dipotong pada 3 titik atau menjadi 3 potongan pipa sambungan, seperti pada Gambar 2.



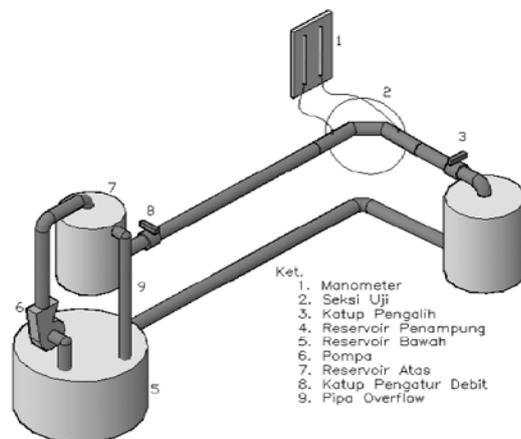
Gambar 2 Pipa miter 90⁰ dengan 3 potongan pipa sambungan (PPS),
(a) menurut Raswari [4], dan (b) benda uji.

Benda uji ketiga pipa dipotong pada 4 titik atau menjadi 4 potongan pipa sambungan, seperti pada gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3 Pipa miter 90⁰ dengan 2 potongan pipa sambungan (PPS),
(a) menurut Raswari [4], dan (b) benda uji.

Benda uji tersebut di atas dipasang pada pipa distribusi dari suatu instalasi perpipaan yang dibuat seperti dalam gambar 4 di bawah ini. Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Fluida Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar. Adapun alat dan bahan yang digunakan, adalah pompa air, pipa galvanis dengan diameter 1,5 inci atau diameter dalam 0.0381 m, reservoir bawah dan atas (terbuat dari drum logam), pipa distribusi, sambungan pipa, manometer, termometer, stopwatch, katup, dan dudukan atau rangka struktur baja untuk menopang drum yang digunakan sebagai reservoir atas dan bawah.



Gambar 4 Instalasi pengujian

Air dialirkan dari reservoir bawah ke reservoir atas dengan menggunakan sebuah pompa air dan katup pengatur. Air mengalir dari reservoir atas dengan sistem gravitasi bumi ke benda uji, dengan memberikan perlakuan perubahan kapasitas aliran air yaitu dengan merubah posisi katup pengatur debit sebanyak 5 kali dalam posisi yang sama untuk setiap benda uji. Jangkauan kapasitas aliran air dari 0,000244 m³/s sampai dengan 0,002727 m³/s dan menghasilkan daerah aliran turbulen. Untuk mengukur debit air yang mengalir digunakan prinsip volume air per satuan waktu yang tertampung pada reservoir, sedangkan pengukuran kerugian head aktual menggunakan manometer terbuka dengan fluida kerja air yang dialirkan melalui dua buah tapping. Analisis hasil eksperimen dibandingkan dengan analisis teori dari setiap titik pengamatan head. Alat ukur yang digunakan mengukur head aliran air dalam pipa adalah manometer terbuka dengan fluida kerja air. Sedangkan untuk analisis kerugian head aliran fluida dalam pipa secara teori [5], maka digunakan persamaan (1), (3), (5) dan (6), yaitu untuk kerugian head utama aliran dalam pipa (h_f) atau kerugian head karena pengaruh panjang pipa, digunakan persamaan (1) sebagai berikut :

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{U^2}{2g} \quad (1)$$

Untuk aliran turbulen nilai faktor gesek (f) dapat ditentukan dari diagram Moody, dengan menghubungkan antara variabel bilangan Reynolds (Re) dengan kekasaran relatif Pipa. Atau dapat pula menggunakan formula Darcy [6], yaitu:

$$f = 0,020 + \frac{0,0005}{D} \quad (2)$$

Sedangkan untuk menentukan kerugian alat bantu pipa (h_k) atau kerugian head karena sambungan pipa, katup aliran dan alat ukur aliran, digunakan persamaan (3) sebagai berikut :

$$h_k = \sum k \frac{U^2}{2g} \quad (3)$$

Dari percobaan Weisbach dihasilkan rumus yang umum dipakai untuk belokan patah (miter) dalam menentukan koefisien kerugian head (k) [6], adalah :

$$k = 0,946 \sin^2 \frac{\Theta}{2} + 2,047 \sin^4 \frac{\Theta}{2} \quad (4)$$

Faktor gesek (f) pada persamaan (1) merupakan fungsi kekasaran relatif pipa dan bilangan Reynolds untuk aliran turbulen, sedangkan untuk aliran laminer hanya merupakan fungsi bilangan Reynolds saja [5]. Adapun untuk menentukan bilangan Reynolds (Re) digunakan persamaan (5) sebagai berikut:

$$Re = \frac{\rho DU}{\mu} = \frac{DU}{\nu} \quad (5)$$

Kerugian total (Δh_{tot}) suatu instalasi pipa adalah merupakan jumlah kerugian utama dengan kerugian alat bantu pipa [5], sebagaimana ditunjukkan dalam persamaan (6) berikut ini :

$$\Delta h_{tot} = h_f + \sum h_m = \frac{U^2}{2g} \left(\frac{fL}{d} + \sum k \right) \quad (6)$$

Dari persamaan (1) sampai dengan (6) diatas, yang dimaksud dengan :

- L = Panjang pipa, (m)
- D = Diameter dalam pipa, (m)
- U = Kecepatan aliran dalam pipa, (m/s)
- g = Percepatan gravitasi bumi, (m/s²)
- k = Koefisien kerugian head pipa miter
- ρ = Massa jenis fluida, (kg/m³)
- μ = Viskositas dinamis, (N.s/m²)
- ν = Viskositas kinematis, (m²/s)
- Θ = Sudut belokan pipa, (°).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksperimen ini dilakukan pada daerah aliran turbulen untuk aliran internal dalam pipa atau dengan bilangan Reynolds (Re) dari 6676,59 sampai dengan 75.997,46. Beda head aliran air pada belokan pipa antara dua posisi titik tapping manometer dianalisis secara eksperimen dan teori.

Tabel 1, tabel 2 dan tabel 3 berikut ini, memperlihatkan kerugian head secara teori dan pengujian atau aktual untuk dua, tiga dan empat pipa sambungan, sebagai berikut:

Tabel 1 Kerugian head (h) dan koefisien kerugian head (k) aliran fluida pada miter 90° dua potongan pipa, dengan diameter dalam pipa (D) = 0,0318 m; luas penampang (A) = 0,001140 m² dan k_{teo} = 0,36300

Pem. Katup	Q (m ³ /s)	h _{k(akt)} (mH ₂ O)	U (m/s)	Re	k _{akt}	h _{k(teo)} (m)	% k	% h
1	0,000244	0,001	0,214041	6676,5910	0,31660	0,001108	12,78371	9,77637
2	0,000423	0,003	0,370803	11566,4886	0,31643	0,003326	12,83050	9,81216
3	0,000811	0,011	0,711541	22195,1538	0,31461	0,012249	13,32958	10,1938
4	0,001875	0,058	1,645439	51326,2931	0,30864	0,065501	14,97498	11,4522
5	0,002308	0,087	2,025155	63170,8223	0,30454	0,099221	16,10570	12,3169

Tabel 1 di atas memperlihatkan perubahan kerugian head aliran air baik secara aktual maupun secara teori, meningkat seiring dengan peningkatan kapasitas aliran air dan kecepatan aliran air. Namun demikian peningkatan kerugian head dan koefisien kerugian head tidak linier terhadap peningkatan kecepatan aliran, hal ini terlihat pada pembukaan atau posisi katup 3, 4 dan 5 perubahan kerugian head dan koefisien kerugian prosentasi peningkatannya jauh lebih besar dibandingkan pada kecepatan yang rendah.

Tabel 2 Kerugian head (h) dan koefisien kerugian head (k) aliran fluida pada miter 90° tiga potongan pipa, dengan diameter dalam pipa (D) = 0,0318 m; luas penampang (A) = 0,001140 m² dan k_{teo} = 0,21763

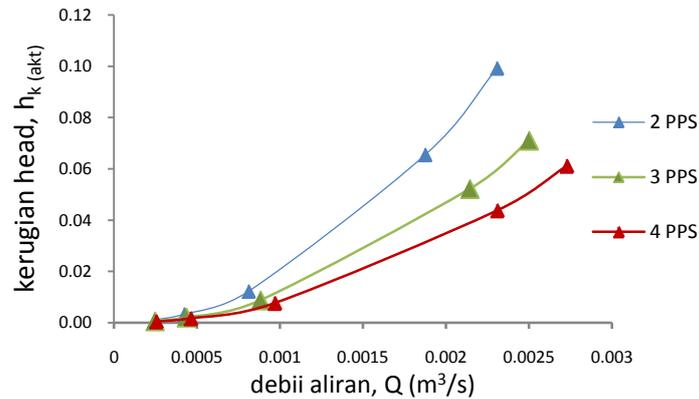
Pem. Katup	Q (m ³ /s)	h _{k(akt)} (mH ₂ O)	U (m/s)	Re	k _{akt}	h _{k(teo)} (m)	% k	% h
1	0,000246	0,0006	0,215795	6731,32	0,197526	0,00069	9,23772	6,938401
2	0,000435	0,0020	0,381551	11901,75	0,197420	0,00215	9,28663	6,975134
3	0,000882	0,0080	0,774324	24153,55	0,189664	0,00885	12,85054	9,651968
4	0,002143	0,0470	1,880501	58658,62	0,188645	0,05222	13,31879	10,00367
5	0,002500	0,0630	2,193918	68435,06	0,184682	0,07108	15,13976	11,37139

Tabel 2 di atas memperlihatkan pola perubahan kerugian head aliran air baik secara aktual maupun secara teori yang cenderung sama dengan tabel 1, yaitu meningkat seiring dengan peningkatan kapasitas aliran air dan kecepatan aliran air. Namun demikian, hal berbeda ditunjukkan pada debit air yang mengalir, dimana untuk tiga potongan pipa sambungan debit yang mengalir lebih besar dibanding dengan dua potongan sambungan pipa. Hal ini sejalan dengan penurunan kerugian head dan koefisien kerugian karena penambahan jumlah potongan pipa sambungan. Hal ini sangat menguntungkan bila dilihat dari sisi pemakaian energi, sebab kedua variabel keluaran yaitu debit dan head aliran menurun.

Tabel 3 Kerugian head (h) dan koefisien kerugian head (k) aliran fluida pada miter 90° empat potongan pipa, dengan diameter dalam pipa (D) = 0,0318 m; luas penampang(A) = 0,001140 m² dan k_{teo} = 0,15588.

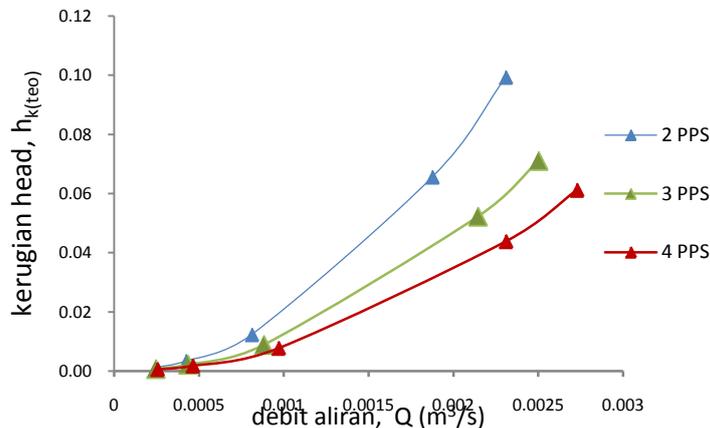
Pem. Katup	Q (m ³ /s)	h _{k(akt)} (mH ₂ O)	U (m/s)	Re	k _(akt)	h _{k(teo)} (m)	% k	% h
1	0,000254	0,001	0,223110	7084,51	0,14349	0,00053	7,94910	5,91558
2	0,000462	0,002	0,405031	12861,11	0,13777	0,00175	11,61732	8,64540
3	0,000968	0,007	0,849259	26966,84	0,13684	0,00770	12,21658	9,09137
4	0,002308	0,039	2,025155	64305,54	0,13299	0,04379	14,68628	10,92927
5	0,002727	0,054	2,393365	75997,46	0,13137	0,06115	15,72137	11,69957

Tabel 3 di atas memperlihatkan pola perubahan kerugian head aliran air baik secara aktual maupun secara teori yang cenderung sama dengan tabel 1 dan tabel 2, yaitu meningkat seiring dengan peningkatan kapasitas aliran air dan kecepatan aliran air. Demikian pula ditunjukkan pada debit air yang mengalir, dimana untuk empat potongan pipa sambungan debit yang mengalir lebih besar dibanding dengan dua dan tiga potongan sambungan pipa. Hal ini sejalan dengan penurunan kerugian head dan koefisien kerugian karena penambahan jumlah potongan pipa sambungan. Hal ini sangat menguntungkan bila dilihat dari sisi pemakaian energi, sebab kedua variabel keluaran yaitu debit dan head aliran menurun.



Gambar 5 Hubungan antara debit aliran air dalam pipa (Q) dengan kerugian head aktual ($h_{k(akt)}$) pada 2, 3 dan 4 potongan pipa sambungan (PPS).

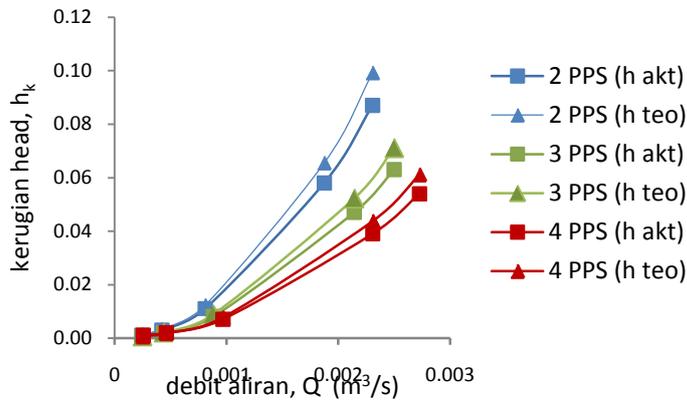
Gambar 5 di atas memperlihatkan hubungan antara debit aliran dalam pipa dengan kerugian head aktual pada tiga tingkat potongan pipa sambungan. Pola perubahan kerugian head aktual untuk setiap tingkat potongan pipa sambungan adalah sama, yaitu semakin besar debit aliran maka kerugian head aktual juga semakin besar, dan semakin besar jumlah potongan pipa sambungan maka kerugian head semakin kecil. Hal ini disebabkan karena pada saat jumlah potongan pipa sambungan bertambah, maka pemisahan aliran pada dinding pipa semakin kecil, demikian pula dengan aliran sekunder dan aliran berputar karena pengaruh momentum juga semakin kecil.



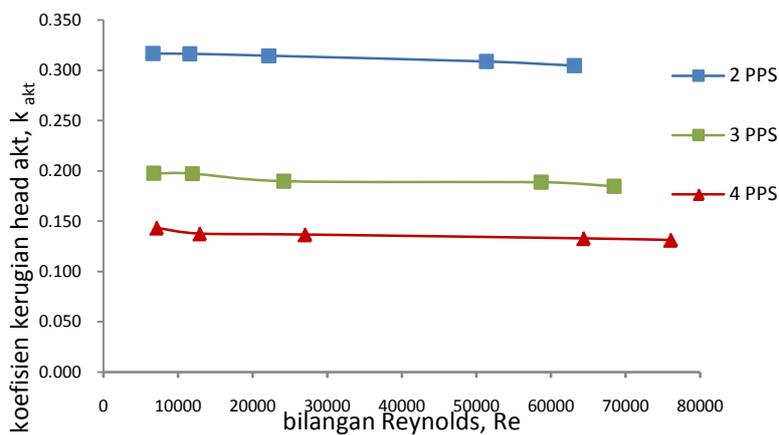
Gambar 6 Hubungan antara debit aliran air dalam pipa (Q) dengan kerugian head teori ($h_{k(teo)}$) pada 2, 3 dan 4 potongan pipa sambungan (PPS).

Gambar 6 di atas memperlihatkan hubungan antara debit aliran dalam pipa dengan kerugian head teori pada tiga tingkat potongan pipa sambungan. Pola perubahan kerugian head aktual dan teori untuk setiap tingkat potongan pipa sambungan adalah sama. Demikian pula dengan penyebab terjadinya perubahan nilai kerugian head untuk setiap perubahan jumlah potongan pipa sambungan. Namun demikian besarnya kerugian head teori lebih besar dibanding dengan aktual pada debit aliran yang sama, hal ini sebagaimana ditunjukkan pada gambar 7 berikut ini. Hal ini disebabkan karena pada penentuan nilai kerugian head teori, koefisien kerugian head dianggap konstan bilamana dimensi dan bentuk pipa sambungan konstan atau tidak berubah karena debit aliran berubah.

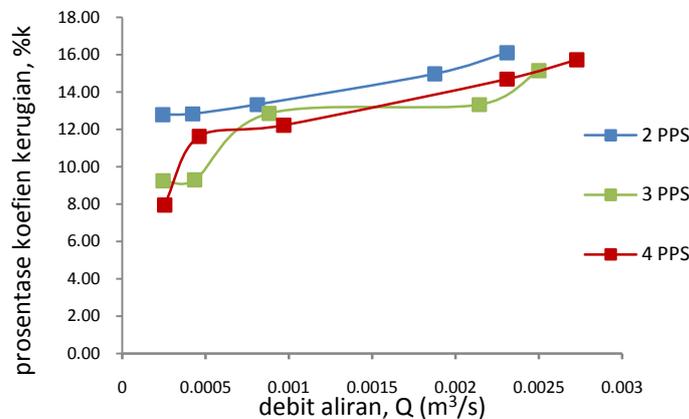
Sedangkan pada kondisi aktual koefisien kerugian aliran berubah karena perubahan debit atau bilangan Reynolds aliran, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 8 berikut ini.



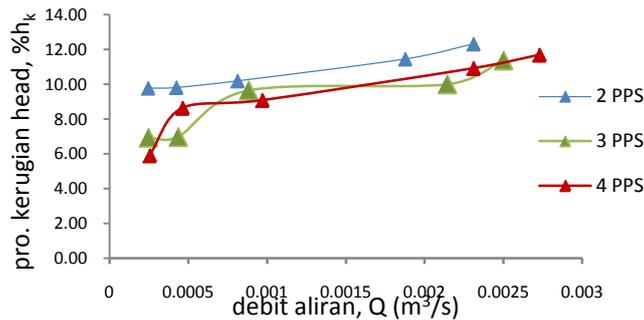
Gambar 7 Hubungan antara debit aliran air dalam pipa (Q) dengan kerugian head aktual ($h_{k(akt)}$) dan teoritis ($h_{k(teo)}$) pada 2, 3 dan 4 potongan pipa sambungan (PPS).



Gambar 8 Hubungan antara bilangan Reynolds aliran air dalam pipa (Re) dengan koefisien kerugian (k) aktual pada 2, 3 dan 4 potongan pipa sambungan (PPS).



Gambar 9 Hubungan antara debit aliran air dalam pipa (Q) dengan prosentase koefisien kerugian head (% k) pada 2, 3 dan 4 potongan pipa sambungan (PPS).



Gambar 10 Hubungan antara debit aliran air dalam pipa (Q) dengan prosentase kerugian head ($\% h_k$) pada 2, 3 dan 4 potongan pipa sambungan (PPS).

Gambar 9 dan gambar 10, memperlihatkan pola perubahan prosentase perbedaan kerugian head dan koefisien kerugian head antara teori dan aktual adalah sama. Hal ini menunjukkan bahwa dalam penentuan kerugian head, sebaiknya mengacu pada koefisien kerugian head aktual supaya diperoleh kerugian head yang lebih kecil, sehingga dapat mengefisienkan pemakaian daya instalasi perpipaan.

4. SIMPULAN

Dari hasil analisis pengaruh potongan pipa pada miter 90° terhadap kerugian head aliran fluida, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada debit aliran, kecepatan aliran dan bilangan Reynolds yang sama, maka kerugian head semakin kecil bila jumlah potongan pipa sambungan miter bertambah.
2. Penurunan kerugian head sebesar 37.9 % dari 2 potongan pipa sambungan ke 3 potongan pipa sambungan, dan dari 3 potongan pipa sambungan ke 4 potongan pipa sambungan sebesar 22.8 % pada bilangan Reynolds (Re) yang sama sebesar 6830.
3. Perbandingan antara nilai kerugian head dan koefisien kerugian head teori dengan aktual atau eksperimen, semakin kecil bila jumlah potongan pipa sambungan bertambah pada debit dan bilangan Reynolds yang sama yang sama.
4. Pada bilangan Reynolds (Re) yang sama 6830, nilai koefisien kerugian belokan pada 2 potongan pipa sambungan adalah 0.3166, untuk 3 potongan pipa sambungan adalah 0.1975 dan untuk 4 potongan pipa sambungan adalah 0.1435.
5. Makin besar jumlah potongan pipa maka koefisien kerugian dan kerugian head semakin kecil, sehingga dapat mengefisienkan pemakaian daya instalasi perpipaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya makalah ini, maka kami menghaturkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya, atas perhatian dan kerjasama serta bantuan dari:

1. Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
2. Kepala Laboratorium dan Laborant Mekanika Fluida Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Saudara Iqbal Polejiwa dan Muh. Auwaluddin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mulawarman, A.A.N.B., Bagus Wijaya Kusuma I Gusti, Sucipta Made, *Pengaruh Jumlah dan Posisi Pemasangan Guide Vanes Pada Elbow Ducting Terhadap Besarnya Pressure Drop*. Jurnal Energi dan Manufaktur Vol.5, No.1: 1-97, Oktober 2012.
- [2] Pratikto, Slamet Wahyudi, *Penurunan Kerugian Head pada Belokan Pipa dengan Peletakan Tube Bundle*, Jurnal Teknik Mesin Vol. 12, No. 1, : 51-57, April 2010.
- [3] Helmizar, *Studi Eksperimental Tentang Head Loss Pada Aliran Fluida Yang Melalui Elbow 90°* , Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM Vol. 5 No.1.:(26-31) April 201.
- [4] Raswari, *Teknologi dan Perencanaan Sistem Perpipaan*, Universitas Indonesia, Jakarta, 1987.
- [5] White, Frank. M., *Fluid Mechanics*, Mc Graw Hill Book Company, New York. 1986.
- [6] Haruo Tahara, Sularso, *Pompa dan Kompresor*. Penerbit PT. Pradnya Pramita, Jakarta, 2000