



Studi Awal Pengaruh Temperatur terhadap Karakteristik Aliran Fluida Pada Belokan Pipa 90⁰ melalui Simulasi

Defrianto Pratama^{a*}, Kunlestiowati Hadiningrum^b, Ratu Fenny Muldiani^c

^aJurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung

^bJurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung

^cJurusan Teknik Energi, Politeknik Negeri Bandung

KATA KUNCI

Temperatur fluida
Belokan Pipa
Simulasi aliran fluida
Ansys Fluent

ABSTRAK

Penelitian ini sebagai studi awal untuk mengetahui pengaruh temperatur fluida terhadap karakteristik aliran (laminar, transisi atau turbulen) dengan melihat perubahan tekanan, laju aliran dan bilangan Reynold pada belokan pipa. Aliran fluida (air) disimulasikan dengan software *Ansys Fluent*, kemudian didapatkan data perubahan tekanan, laju dan bilangan Reynold sepanjang pipa dengan belokan pipa 90⁰. Hasil analisis data simulasi menunjukkan bahwa setelah melewati belokan pipa 90⁰, fluida dengan temperatur berbeda akan memiliki karakteristik aliran yang berbeda.

KEYWORDS

Fluid temperature
Pipe Turn
Fluid flow simulation
Ansys Fluent

ABSTRACT

This research is a preliminary study to determine the effect of fluid temperature on flow characteristics (laminar, transitional or turbulent) based on changes in pressure, Flow rate and Reynolds number on pipe bends. The flow of fluid (water) was simulated with Ansys Fluent software, then data on changes in pressure, rate and Reynolds number along the pipe with pipe bends of 90⁰ were obtained. The results of the analysis of simulation data showed that after passing through the bends of 90⁰ pipes, fluids with different temperatures will have different flow characteristics.

TERSEDIA ONLINE

01 Agustus 2022

Pendahuluan

Fluida yang dialirkan pada suatu pipa banyak diterapkan dalam berbagai bidang industri. Fluida yang mengalir pada pipa akan bergesekan dengan permukaan dalam pipa, sehingga menyebabkan adanya penurunan tekanan (*pressure drop*) (Fadhli dan Madjid, 2017). *Pressure drop* menggambarkan penurunan tekanan dari satu titik dalam pipa atau tabung ke titik yang disebabkan oleh faktor gesekan pada pipa, diameter pipa, fitting, dan bilangan Reynold (Salimin, 2015). *Pressure drop* aliran fluida pada pipa merupakan hasil dari gaya gesek pada fluida. Kelajuan fluida dan viskositas fluida dapat mempengaruhi besar resistansi aliran. Aliran zat cair selalu akan mengalir ke arah tekanan yang lebih kecil. *Pressure drop* juga terjadi jika fluida melewati belokan pipa (Salimin, 2015).

Mempelajari bagaimana karakteristik fluida mengalir pada belokan pipa menjadi hal yang penting karena sistem saluran seringkali menggunakan belokan pipa.

Partikel fluida yang lebih dekat dengan dinding dalam pipa cenderung memiliki kelajuan mendekati nol dibandingkan dengan partikel fluida yang jauh dari dinding dalam pipa yang lebih leluasa bergerak (Tang dan Rohmat, 2021). Gradien laju tersebut merupakan fungsi jarak dari dinding batas. Aliran zat cair nyata yang disebut aliran viskos dipengaruhi oleh temperatur. Kondisi ini menunjukkan bahwa selain oleh lengkungan pipa karakteristik aliran fluida juga ditentukan oleh temperatur.

Karakteristik Aliran Fluida dapat ditentukan berdasarkan bilangan Reynold (*Re*). Bilangan Reynolds adalah rasio antara gaya inersia terhadap gaya viskos (Russano, dan Avelino, 2019).

Dalam menentukan *Re* digunakan Persamaan :

$$R_e = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (1)$$

dengan *v* adalah kelajuan aliran (m/s), ρ adalah massa jenis fluida (kg/m³), μ adalah viskositas dinamis fluida (Pa.s) dan *D* adalah diameter hidrolis pipa (m).

*Corresponding author:

Email address: defrianto.pratama@polban.ac.id

Published by FMIPA UNSRAT (2022)

Terdapat tiga jenis aliran fluida yaitu aliran laminar dengan $Re < 2300$, aliran transisi dengan $2300 < Re < 4000$ dan aliran turbulen, dengan $Re > 4000$. Aliran laminar didefinisikan sebagai aliran fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan atau lamina-lamina dengan setiap lapisan bergerak tanpa saling memotong. Aliran turbulen adalah aliran fluida yang ditandai dengan perubahan yang acak dan fluktuasi pada tekanan dan kecepatan aliran. Aliran turbulen terjadi apabila lamina-lamina aliran saling memotong dan bergerak secara tidak beraturan. Sedangkan aliran transisi terjadi diantara aliran laminar dan turbulen.

Fluida akan berubah volumenya ketika temperatur berubah, dengan menganggap pemuaian secara linier maka:

$$\rho(T) = \frac{\rho_0}{1 + \gamma(T - T_0)} \quad (2)$$

dimana T_0 adalah nilai temperatur awal fluida, T adalah nilai perubahan temperatur fluida, ρ_0 adalah massa jenis fluida pada suhu awal T_0 dan γ adalah koefisien muai volume fluida.

Sehingga bilangan Reynold merupakan fungsi dari temperatur fluida, karena Re sebanding dengan ρ sesuai dengan persamaan (3)

$$Re(T) = \frac{D v \rho(T)}{\mu(T)} \quad (3)$$

Berdasarkan hal tersebut, untuk mengetahui karakteristik aliran Fluida, dilakukan simulasi menggunakan *Software Ansys Fluent* dengan parameter besaran-besaran yang berpengaruh terhadap karakteristik aliran Fluida dengan variasi temperatur pada pipa belokan 90° .

Rugi-rugi aliran (*Head Losses*) adalah kehilangan energi mekanik persatuan massa fluida ketika dialirkan pada pipa. Satuan head losses adalah satuan panjang yang setara dengan satu satuan energi yang dibutuhkan untuk memindahkan satu satuan massa fluida setinggi satu satuan panjang. Besarnya head losses pada sambungan belokan pipa tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti: diameter, debit, viskositas, dan sudut pada sambungan belokan pipa tersebut.

Head losses terdiri dari *major losses* dan *minor losses*;

$$H = H_f + H_m \quad (4)$$

Dengan H adalah *head losses* (m), H_f adalah *major losses* (m) dan H_m adalah *minor losses* (m).

Major losses adalah kerugian akibat gesekan aliran fluida pada sistem aliran dengan luas penampang tetap atau konstan. Hal ini disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara fluida dengan dinding pipa atau perubahan kecepatan yang dialami oleh fluida. *Major losses* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan Darcy - Weisbach (Zeyu dkk, 2020) yaitu:

$$H_f = f \frac{L v^2}{D 2g} \quad (5)$$

Dengan H_f = head mayor (m) L = panjang pipa (m) D = diameter pipa (m) v = kecepatan (m/s) g = gravitasi bumi (m/s²) dan f = factor gesek (didapat dari diagram mody).

Diagram mody telah digunakan untuk menyelesaikan permasalahan aliran fluida dalam pipa dengan menggunakan factor gesekan pipa (f)

dari rumus Darcy-Weisbach. Untuk aliran laminar dimana bilangan Reynold kurang dari 2300 ($Re < 2300$), faktor gesekan pada persamaan 10 dihubungkan dengan bilangan Reynold, dengan rumus:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (6)$$

Untuk aliran turbulen dimana bilangan Reynold lebih besar dari 4000 ($Re > 4000$), maka fungsional dari factor gesekan (f) pada persamaan 5 tergantung pada bilangan Reynold dan kekasaran relatif.

Koefisien kerugian (k) untuk belokan lengkung dinyatakan sebagai berikut (Siregar dan Salim, 2021).

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

Koefisien kerugian akan mempengaruhi *minor losses*. *minor losses* adalah terjadinya kerugian yang disebabkan oleh gesekan pada sambungan pipa, belokan, katup, dan pada luas penampang pipa yang tidak seragam.

Kerugian minor (*head minor*) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Darcy -Weisbach (Zeyu dkk, 2020) yaitu:

$$H_m = k \frac{v^2}{2g} \quad (8)$$

Dengan H_m adalah head minor (m), v adalah kelajuan (m/s), g adalah percepatan gravitasi bumi (m/s²) dan k adalah koefisien kerugian.

Penggunaan sudut belokan yang berbeda menyebabkan nilai head losses dan pressure drop mengalami perubahan. Nilai head losses dan pressure drop akan semakin besar jika sudut belokan semakin besar (Mahmudin, 2019). Semakin besar sudut belokan akan mengakibatkan kelajuan fluida berbanding terbalik dengan head losses. Nilai head losses akan semakin besar untuk kelajuan yang semakin kecil (Priyati et al, 2019).

Material dan Metode

Dalam penelitian ini, untuk mendapatkan informasi pengaruh tekanan, kecepatan dan temperatur pada karakteristik aliran fluida menggunakan software *Ansys Fluent*.

Pada simulasi ditentukan perubahan tekanan terhadap panjang pipa, perubahan laju terhadap panjang pipa, perubahan laju terhadap tekanan dan perubahan nilai Re sepanjang pipa dengan variasi temperatur.

Fluida yang digunakan dalam simulasi adalah air yang dilairkan pada pipa lengkung 90° dengan variasi temperatur 25°C , 50°C , 75°C dan 90°C .

Hasil dan Pembahasan

Untuk mendapatkan informasi variasi temperatur terhadap karakteristik aliran fluida pada pipa lengkung 90° , maka diperlukan nilai besaran- besaran yang berpengaruh terhadap Bilangan Reynold (Re).

Pada Simulasi ini besaran yang ditetapkan pada Tabel 1 dan besar viskositas dan kerapatan air pada variasi temperatur di ukur secara langsung sesuai dengan Tabel 2.

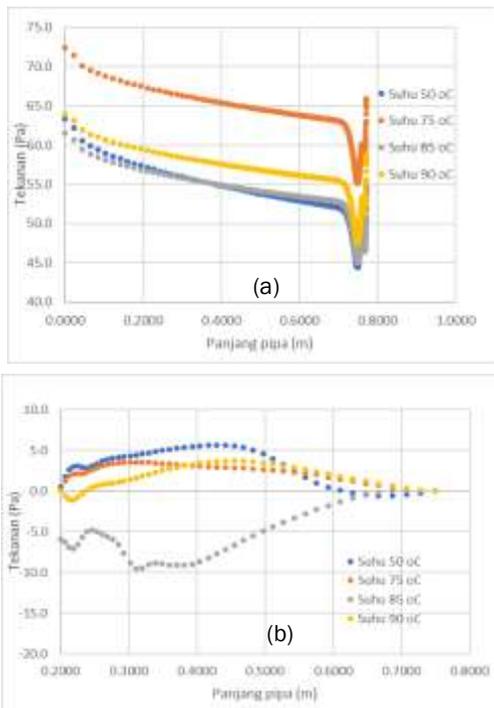
Tabel 1. Besaran yang ditetapkan

Debit	240 liter/jam
Diameter	1 inci
Laju	0.26 m/s
Panjang total Pipa	1.5 m
Letak belokan	0.75 m dari inlet pipa

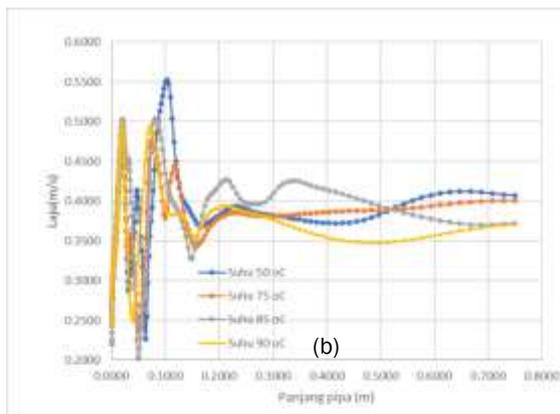
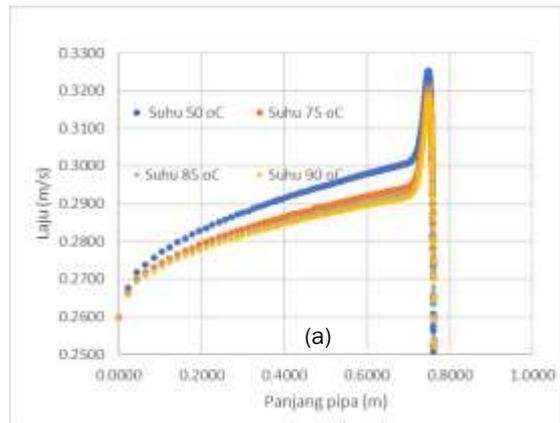
Tabel 2. Hasil Pengukuran viskositas dan kerapatan air pada variasi temperatur

Temperatur (°C)	Viskositas dinamis (Pa.s)	Massa Jenis (Kg/m ³)
25	0,00089	997,05
50	0,0005465	988,04
75	0,0004035	977,76
90	0,0003142	965,31

Pada Gambar 1 menunjukan bahwa semakin jauh jarak yang dilalui air tekanannya akan menurun, ketika tepat di belokan tekanan mengalami penurunan drastis yang disebabkan oleh tumbukan air dengan dinding pipa. Kemudian setelah melewati belokan naik sesaat kemudian menurun secara fluktuatif. Pola perubahan tekanan untuk temperatur berbeda, menunjukan pola fluktuatif yang tidak sama. Kondisi ini menunjukan bahwa temperatur air juga berpengaruh terhadap perubahan tekanan air setelah melewati belokan.

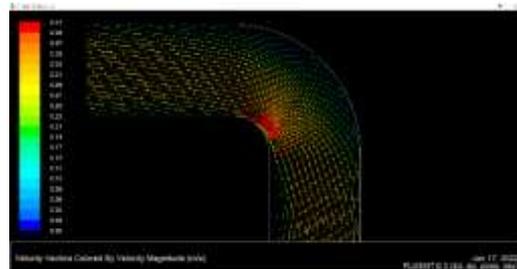


Gambar 1 . Perubahan antara tekanan dan Panjang pipa (a) sebelum belokan 90⁰ dan (b) setelah belokan 90⁰.



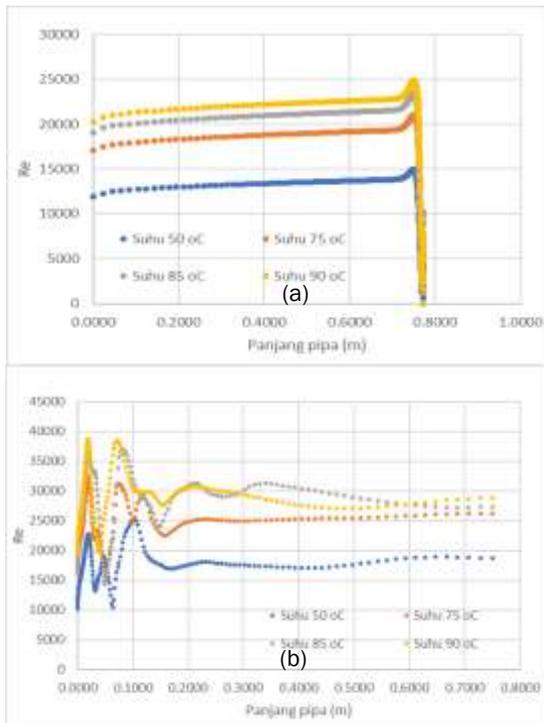
Gambar 2. Perubahan laju aliran air terhadap Panjang (a) sebelum belokan 90⁰ dan (b) setelah belokan 90⁰.

Pada gambar 2 menunjukan hubungan antara laju aliran air terhadap panjang pipa. Tepat di belokan terjadi lonjakan nilai kecepatan aliran air karena adanya tumbukkan air dengan dinding pipa yang berbelok (sesuai dengan persamaan laju berbanding terbalik dengan tekanan). Tepat setelah melewati belokan laju air besarnya masih fluktuatif dikarenakan adanya tumbukkan antara lamina-lamina seperti diperlihatkan pada gambar 3. Pola fluktuatif perubahan laju memiliki perbedaan untuk masing-masing temperatur, hal ini menunjukan bahwa temperatur air juga mempengaruhi laju dari aliran air ketika melewati belokan pipa. Setelah jauh dari aliran pipa perubahan laju air menjadi lebih stabil.



Gambar 3. Kontur vektor kecepatan aliran pada pipa dengan belokan 90⁰ menggunakan software Ansys Fluent.

Perubahan tekanan dan laju sepanjang pipa mempengaruhi nilai bilangan Reynold sebagai penentu karakteristik aliran. Pada gambar 4 diperlihatkan perubahan bilangan Reynold sepanjang pipa.



Gambar 4. Perubahan bilangan Reynold terhadap Panjang pipa (a) sebelum belokan 90° dan (b) setelah belokan 90°.

Bilangan Reynold mengalami peningkatan sebelum belokan, tepat di belokkan (pada posisi 0.75 m dari inlet pipa) mencapai nilai terbesar pada masing-masing temperatur dan tepat setelah belokan mengalami nilai fluktuatif, hal ini disebabkan karena baik kecepatan aliran air maupun faktor gesekan antara air dan dinding pipa serta antara lamina-lamina. Setelah jauh melewati belokan Reynold kembali menurun dan menuju nilai yang stabil.

Perbedaan pola perubahan bilangan Reynold setelah belokan untuk masing-masing temperatur menunjukkan bahwa temperatur berpengaruh terhadap karakteristik aliran air ketika melewati belokan pipa.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi menunjukan bahwa untuk fluida dengan temperatur yang berbeda akan memiliki perubahan tekanan, kelajuan dan bilangan Reynold yang berbeda ketika dialirkan pada belokan pipa 90°, hal ini menunjukan bahwa temperatur fluida mempengaruhi karakteristik aliran ketika melewati belokan pipa. Sebagai Saran, perlu dikaji lebih lanjut bagaimana pengaruh temperatur dengan variasi sudut belokan pipa.

Daftar Pustaka

- Fadhli, F., Madjid, S. 2017. Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Belokan Pipa (Elbow) terhadap Kecepatan Aliran Fluida dan Kerugian Tekanan. *Iltek: Jurnal Teknologi* 12 (01): 1717-1721.
- Mahmuddin, M. 2019. Studi Eksperimental Penurunan Tekanan Aliran Melewati Belokan

Pipa Horizontal dengan Variasi Rasio R/D. *Jurnal Teknik Mesin TEKNOLOGI* 18(1) :45-51.

Priyati, A., Abdullah, S. H., Hafiz, K. 2019. Analisis Head Losses Akibat Belokan Pipa 90° (Sambungan Vertikal) Dengan Pemasangan Tube Bundle. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem* 7(1): 95-104.

Russano, E., Avelino, E. 2019. *Computational Fluid Mechanics and Dynamics for Scientists*. Arcler Press, Ashland.

Salimin, S. 2015. Efek Peningkatan Bilangan Reynold Terhadap Koefisien Kerugian pada Aliran Percabangan. *Dinamika : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 2 (2).

Siregar, I., Salim, A. T. A. 2021. Analisa Perbandingan Kerugian Aliran (Losses) pada Pipa Jenis HDPE dan Galvanis (Studi Eksperimen). *JEECAE (Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering)* 6(2): 01-04.

Tangdan, F., Rohmat, T. 2021. Simulasi Numerik Aliran Fluida Melalui Pipa Berlubang. *Journal of Mechanical Design and Testing* 3 (1): 29-46.

Zeyu, Z., Junrui, C., Zhanbin, L., Zengguang, X., Peng, L. 2020. Approximations of the Darcy–Weisbach friction factor in a vertical pipe with full flow regime. *Water Supply* 20(4): 1321-1333.