

ANALISIS FAKTOR GESEKAN PADA PIPA LURUS DENGAN VARIASI DEBIT ALIRAN

Rachmat Subagyo¹

¹ Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru

Masuk: 8 Nopember 2010, revisi masuk : 17 Januari 2010, diterima: 24 Januari 2011

ABSTRACT

Distribution of laminar or turbulent flow is strongly influenced by the Reynolds number, Viscosity, pressure gradient and surface roughness. High coefficient of friction affect directly to a substantial reduction in pressure and eventually to the energy needed to push the fluid. Because of the role of the coefficient of friction is very important in the flow, so study has been conducted on the straight pipe, and friction factor with the variation of flow rate, by measuring pressure at two particular points to determine the loss. From the experimental results it can be concluded that the friction factor will be smaller in value with increasing Reynolds number and with the increase of Re, the friction factor value will be more stable. In the first experiment the highest friction factor occurs at $Re = 4,30 \times 10^4$ with a value of $f = 2,195 \times 10^{-2}$ for the second experiment at $Re = 1,41 \times 10^4$ with a value of $f = 2,462 \times 10^{-2}$ and the third experiment at $Re = 2,39 \times 10^4$ with a value of $f = 2,461 \times 10^{-2}$. And for the lowest value occurred at $Re = 1,91 \times 10^5$ with a value of $f = 1,513 \times 10^{-2}$, $Re = 1,86 \times 10^5$ with a value of $f = 1,521 \times 10^{-2}$ and $Re = 1,75 \times 10^5$ with a value of $f = 1,544 \times 10^{-2}$. At Re numbers began to $1,50 \times 10^4 - 2 \times 10^4$ value of the friction factor tends to be stable (unchanged). The difference calculation from the experimental to the theoretical friction factor is 1,37% and to the moody diagram is = 1,14%.

Keywords : Reynolds, viscosity, surface roughness, coefficient of friction.

INTISARI

Distribusi aliran laminar atau turbulen sangat dipengaruhi dari bilangan Reynold, Viskositas, gradien tekanan dan kekasaran permukaan. Tingginya koefisien gesek berpengaruh secara langsung kepada besarnya penurunan tekanan dan pada akhirnya kepada besarnya energi yang diperlukan untuk mengalirkan fluida. Karena pentingnya peranan koefisien gesekan pada aliran maka dilakukan penelitian faktor gesekan pada pipa lurus dengan variasi debit aliran, dengan cara melakukan pengukuran tekanan pada dua titik tertentu untuk mengetahui kerugiannya. Dari hasil eksperimen dapat ditarik kesimpulan bahwa faktor gesek akan semakin kecil nilainya dengan kenaikan bilangan Reynolds kemudian dengan bertambah besarnya Re maka friction faktor nilainya akan semakin stabil. Pada hasil eksperimen pertama faktor gesek tertinggi terjadi pada $Re = 4,30 \times 10^4$ dengan nilai $f = 2,195 \times 10^{-2}$ untuk eksperimen kedua pada $Re = 1,41 \times 10^4$ dengan nilai $f = 2,462 \times 10^{-2}$ dan eksperimen ketiga pada $Re = 2,39 \times 10^4$ dengan nilai $f = 2,461 \times 10^{-2}$. Dan untuk nilai terendah terjadi pada $Re = 1,91 \times 10^5$ dengan nilai $f = 1,513 \times 10^{-2}$, $Re = 1,86 \times 10^5$ dengan nilai $f = 1,521 \times 10^{-2}$ dan $Re = 1,75 \times 10^5$ dengan nilai $f = 1,544 \times 10^{-2}$. Pada bilangan Re mulai $1,50 \times 10^4 - 2 \times 10^4$ nilai faktor gesekan cenderung stabil (tidak berubah). Selisih perhitungan dari faktor gesek eksperimen terhadap teoritis adalah 1,37 % dan terhadap diagram moody adalah = 1,14 %.

Kata kunci : Reynolds, viskositas, kekasaran permukaan, Koefisien gesek.

PENDAHULUAN

Perpindahan fluida (cairan atau gas) di dalam sebuah saluran tertutup, yang disebut sebuah pipa, sangat penting dalam kehidupan sehari-hari.

Perhatikan sejenak pada keadaan disekeliling kita akan menunjukkan bahwa terdapat banyak variasi penerapan dari aliran pipa. Penerapan-penerapan tersebut mencakup mulai dari

¹r_sub4gyo_mt@yahoo.com

jalur pipa besar Alaska buatan manusia yang menyalurkan minyak mentah hampir sejauh 800 mil melintasi Alaska, sampai ke sistem "pipa" alamiah yang kompleks (dan pasti tidak kurang kegunaannya) yang menyalurkan darah keseluruhan tubuh kita dan udara keluar masuk paru-paru kita. Contoh-contoh lain termasuk pula air pada pipa-pipa di rumah kita dan sistem distribusi yang mengirimkan air dari sumur kota kerumah-rumah.

Banyak selang-selang dan pipa-pipa menyalurkan fluida hidrolik atau fluida lainnya ke berbagai komponen-komponen kendaraan-kendaraan dan mesin-mesin. Kualitas udara di dalam gedung-gedung dijaga pada tingkat yang nyaman dengan distribusi udara yang terkondisi (dipanaskan, didinginkan, dilembabkan/ dikeringkan) melalui suatu jaringan pipa atau saluran duct yang rumit. Meskipun sistem-sistem ini berbeda, prinsip-prinsip mekanika fluida yang mengatur gerakan fluida adalah sama.

Berdasarkan macam alirannya maka fluida dapat diklasifikasikan atas: fluida sempurna (ideal), fluida nyata (real), compressible dan incompressibel. Suatu fluida sempurna tidak memiliki sifat kekentalan dan tidak dapat dimampatkan. Konsep fluida sempurna memungkinkan untuk memecahkan perumusan matematik yang lebih sederhana. Untuk menganalisis pada aliran fluida ada tiga persamaan dasar yang digunakan sebagai berikut:

Persamaan kontinuitas:
 $Q=A_1 V_1= A_2 V_2$ (1)

Hukum Kekelan momentum:
 $F = \frac{d}{dt}(m v)$ (2)

Hukum kekelan energi:
 $\Delta Q = \Delta E - \Delta W$ (3)

Nilai faktor gesek secara eksperimental di peroleh dari persamaan darcy-weisbach, dengan menggunakan analisis volume kendali untuk aliran

berkembang penuh dalam sebatang pipa:

$$f = \frac{h_f \rho D v^2 g}{L \rho^2} \dots\dots\dots (4)$$

Perhitungan secara teoritis adalah:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (\text{laminer pipa halus}) \dots\dots (5)$$

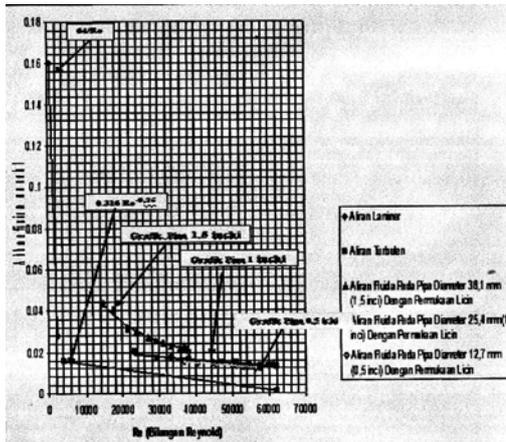
$$f = \frac{0.316}{Re^{0.25}} \quad (\text{turbulen pipa halus}) \dots\dots (6)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \frac{Re \sqrt{f}}{2.51} \quad (\text{turbulen pipa halus}) \dots\dots\dots (7)$$

Distribusi aliran laminer atau turbulen sangat dipengaruhi dari bilangan Reynold, viskositas , gradien tekanan dan kekasaran permukaan sedangkan untuk menentukan tebal lapisan batas dipengaruhi oleh panjang pipa, viskositas, kecepatan aliran dan kekasaran permukaan (Moelyadi, 2003).

Pada aliran didalam pipa yang cukup panjang (tidak ada efek inlet atau fully developed flow), efek dari batas dinding atau tegangan geser sebanding dengan kerugian tekanan artinya semakin panjang dinding semakin bertambah kerugian tekanan kerana faktor gesekan kekentalan fluida. Juga dari hasil penelitian distribusi kecepatan menunjukkan kecepatan pada batas padat= 0 (tidak slip) atau cocok dengan hasil analisa perhitungan (exact solution). Jadi apabila terjadi slip pada dinding (kecepatan pada dinding ≠ 0) kerugian tekanan menjadi berkurang, tentunya dapat menghemat energi (Yanuar, 2005). Besarnya kehilangan energi pada pipa lurus sangat dipengaruhi oleh kecepatan aliran dan perubahan penampang (Sutrisno, 2005). Tingginya koefisien gesek berpengaruh secara langsung kepada besarnya penurunan tekanan dan pada akhirnya kepada besarnya energi yang diperlukan untuk mengalirkan fluida (Yuli Setyo Indartono, 2006).

Semakin besar diameter pipa maka nilai koefisien geseknya (f), akan semakin besar, dan sebaliknya jika diameter semakin mengecil maka nilai koefisien geseknya akan menurun (Ridwan, 2006).

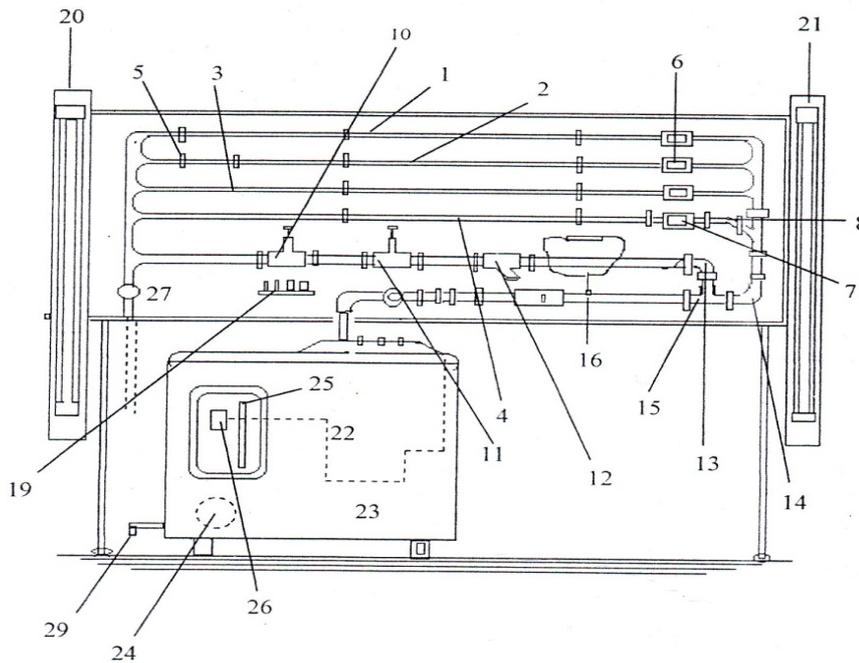


Gambar 1 hubungan koefisien gesek terhadap Re pada pipa acrylic diameter (0,5, 1 dan 1,5 inci)

Melihat pengaruh yang besar dari faktor gesekan (Friction factor) terhadap aliran fluida maka akan dilakukan kajian terhadap hal ini.

PEMBAHASAN

Untuk analisis yang lebih mendalam maka akan dikaji dengan studi literatur, menunjukkan bahwa hasil dari eksperimen akan di bandingkan dengan perhitungan secara teoritis dan diagram moody. Dari hasil eksperimen dengan instalasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2 dan aluran prosesnya (Gambar 6), dapat ditarik kesimpulan bahwa faktor gesek akan semakin kecil nilainya dengan kenaikan bilangan Reynolds kemudian dengan bertambah besarnya Re maka friction faktor nilainya akan semakin lebih stabil.

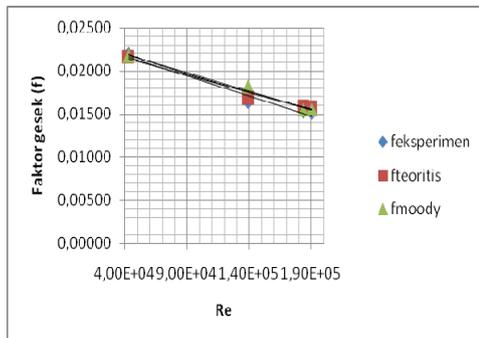


Keterangan:

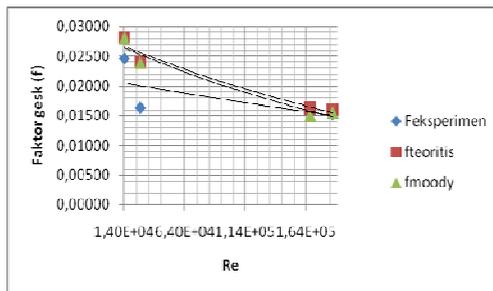
- | | | |
|---|----------------------------|---------------------------------------|
| 1. Pipa \varnothing 6 mm | 11. Kran bulat | 21. Manometer air |
| 2. Pipa \varnothing 10 mm | 12. Saringan (strainer) | 22. Alat pengukur volume |
| 3. Pipa yang kekasarannya dapat di ubah-ubah. | 13. Pipa siku 90° | 23. Tangki penampung |
| 4. Pipa \varnothing 16,05 mm | 14. Bend | 24. Pompa |
| 5. Katup buka dan tutup | 15. Kombining 90° | 25. Tabung pembaca |
| 6. Katup pembesar aliran | 16. Tabung pitot statis | 26. Starter pompa (on/off) |
| 7. Katup bola (globe valve) | 17. Venturi meter | 27. Sekrup tanda pembacaan pengukuran |
| 8. Pipa siku 45° | 18. Orifice meter | 28. Silinder pengukur |
| 9. Kombining 45° | 19. Sampel pipa | 29. Katup pembuangan |
| 10. Kran pembuka | 20. Mercury meter | |

Gambar 2. Instalasi Penelitian

Hasil percobaan ditampilkan data hasil analisis dari faktor gesekan fluida yang melalui pipa lurus dengan variasi bilangan Re pada waktu 5 (Gambar 3 dan Tabel 1), 10 (Gambar 4 dan Tabel 2) dan 15 detik (Gambar 5 dan Tabel 3). Pada hasil eksperimen pertama faktor gesek tertinggi didapat pada $Re = 4,30 \times 10^4$ dengan nilai $f = 2,195 \times 10^{-2}$, untuk eksperimen kedua pada $Re = 1,41 \times 10^4$ dengan nilai $f = 2,460 \times 10^{-2}$ dan eksperimen ketiga pada $Re = 2,39 \times 10^4$. Dan untuk nilai terendah terjadi pada $Re = 1,91 \times 10^5$ dengan nilai $f = 1,513 \times 10^{-2}$, $Re = 1,86 \times 10^5$ dengan nilai $f = 1,521 \times 10^{-2}$ dan $Re = 1,75 \times 10^5$ dengan nilai $f = 1,544 \times 10^{-2}$.



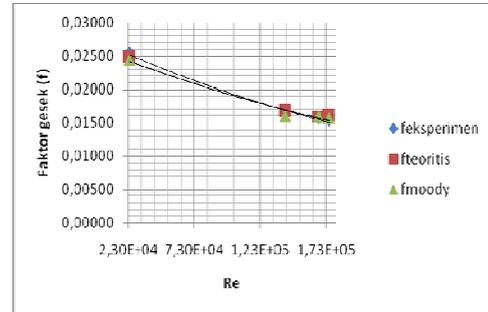
Gambar 3. Grafik faktor gesekan sebagai fungsi dari bilangan Reynolds pada debit 5 sekon



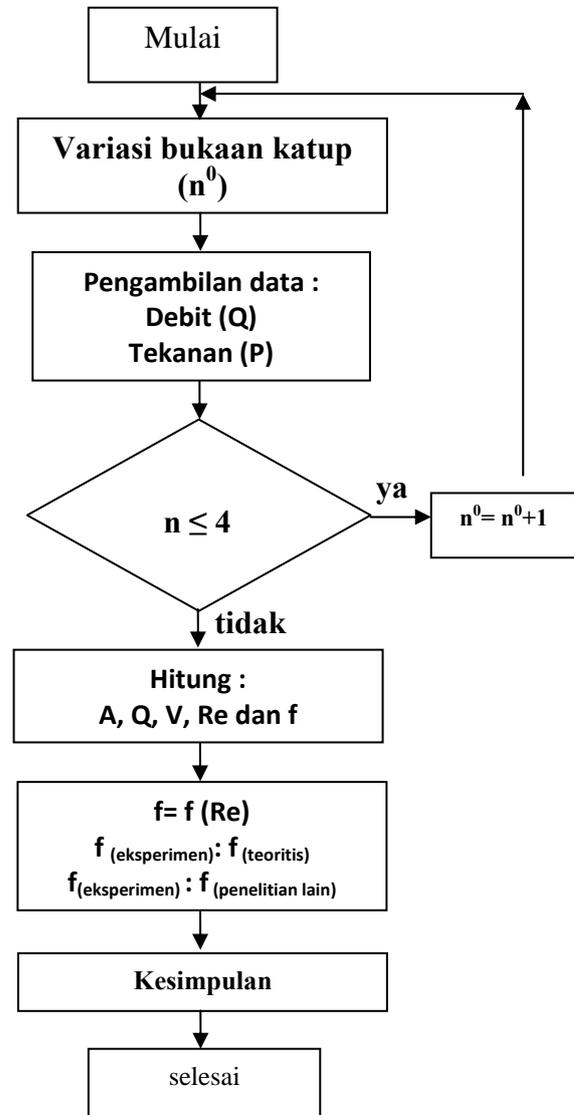
Gambar 4 Grafik faktor gesekan sebagai fungsi dari bilangan Reynolds pada debit 10 sekon

Pada data dari tabel 3. data no.1 selisih dari hasil eksperimen dibandingkan dengan perhitungan secara teoritis (rumus Nikuradse) dan pembacaan diagram moody pada bilangan Re yang sama, selisih data dengan $f_{nikuradse}$ adalah 1,366929 % sedangkan dengan moody diagram adalah 1,138952% dari hasil ini

menunjukkan bahwa hasil eksperimen sudah mendekati benar.



Gambar 5. Grafik faktor gesekan sebagai fungsi dari bilangan Reynolds pada debit 15 sekon



Gambar 6. Diagram alir penelitian

Tabel 1. Hasil analisis faktor gesekan pada aliran pipadebit dengan waktu (5 sekond)

No.	Re	Friction factor (f)		
		eksperimen	teoritis	moody
1.	42975,95	0,02195	0,02165	0,0217
2.	138941,32	0,01637	0,01681	0,0182
3.	183379,34	0,01527	0,01591	0,0155
4.	190512,47	0,01513	0,01583	0,0155

Sumber : Hasil eksperimen lab. Mekanika fluida Unlam

Tabel 2. Hasil analisis faktor gesekan pada aliran pipadebit dengan waktu (10 sekond)

No.	Re	Friction factor (f)		
		eksperimen	teoritis	moody
1.	14114,94	0,02460	0,02820	0,0280
2.	27225,24	0,01630	0,02400	0,0239
3.	167606,24	0,01562	0,01619	0,0150
4.	186237,27	0,01521	0,01586	0,0155

Sumber : Hasil eksperimen lab. Mekanika fluida Unlam

Tabel 3. Hasil analisis faktor gesekan pada pipa debit dengan waktu (15 sekond)

No.	Re	Friction faktor (f)		
		eksperimen	teoritis	moody
1.	23872,82	0,02540	0,02480	0,02450
2.	141820,66	0,01628	0,01674	0,01600
3.	167134,14	0,01563	0,01577	0,01590
4.	175234,84	0,01544	0,01605	0,01570

Sumber : Hasil eksperimen lab. Mekanika fluida Unlam

Selisih perhitungan $f_{\text{nikuradse}}$ dengan $f_{\text{eksperimen}}$ adalah :

$$= \frac{f_{\text{eks}} - f_{\text{nikuradse}}}{f_{\text{eks}}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,021947 - 0,021647}{0,021947} \times 100\%$$

$$= 1,366929 \%$$

Selisih perhitungan antara f_{moody} dengan $f_{\text{eksperimen}}$ adalah :

$$= \frac{f_{\text{eksperimen}} - f_{\text{moody}}}{f_{\text{eksperimen}}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,02195 - 0,0217}{0,02195} \times 100\%$$

$$= 1,138952 \%$$

Adanya perbedaan hasil ini disebabkan oleh :
1.) Pengukuran waktu yang kurang presisi karena dilakukan secara manual yaitu menggunakan stopwatch.
2.) Pembacaan level pada pengukuran debit yang kurang teliti, karena air belum stabil.
3.) Pembacaan tekanan pada manometer yang kurang tepat dikarenakan bias dan adanya gelembung udara pada manometer.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa faktor gesek akan semakin kecil nilainya dengan kenaikan bilangan Reynolds kemudian dengan bertambah besarnya Re maka friction faktor nilainya akan semakin stabil (hampir tidak berubah). Pada hasil eksperimen pertama faktor gesek tertinggi diperoleh pada $Re = 4,30 \times 10^4$ dengan nilai $f = 2,195 \times 10^{-2}$ untuk eksperimen kedua pada $Re = 1,41 \times 10^4$ dengan nilai $f = 2,460 \times 10^{-2}$

dan eksperimen ketiga pada $Re = 2,39 \times 10^4$ dengan nilai $f = 2,460 \times 10^{-2}$. Dan untuk nilai terendah terjadi pada $Re = 1,91 \times 10^5$ dengan nilai $f = 1,513 \times 10^{-2}$, $Re = 1,86 \times 10^5$ dengan nilai $f = 1,521 \times 10^{-2}$ dan $Re = 1,75 \times 10^5$ dengan nilai $f = 1,544 \times 10^{-2}$.

Pada bilangan Re mulai $1,5 \times 10^5 - 2 \times 10^5$ nilai faktor gesekan cenderung stabil (tidak berubah). Selisih perhitungan $f_{\text{nikuradse}}$ VS $f_{\text{eksperimen}}$ adalah 1,366929 % dan f_{moody} VS $f_{\text{eksperimen}}$ adalah 1,138952 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Moelyadi, 2003, "Penentuan distribusi aliran fluida kompresibel di dalam pipa" ITB Central Library, Bandung.
- Miller S. Donald., "Internal Flow Sistem", Vol-5, In the BHRA Fluid Engineering Series.
- Ridwan, 2006, "Analisa koefisien gesek pipa akrilik diameter 0,5, 1, 1,5 inchi", Gunadarma, Jakarta. (www.openstorage.gunadarma.ac.id), di akses 9 Februari 2011).
- Setyo Indartono, Y., 2006, "Meredam Turbulensi Membuat Air Mengalir (jauh) lebih cepat", (online), (www.beritaiptek.com), di akses 12 Juni 2006).
- Sutrisno, 2005, "Pengaruh perubahan penampang terhadap kehilangan energi pada pipa polivinil chlorida (PVC)", UNNES, Semarang.
- Yanuar, 2005, "Efek penambahan zat aditif terhadap gesekan fluida", SNTTM III, Aceh.