

PERANCANGAN ALAT PRAKTIKUM PENGUJIAN KERUGIAN TEKANAN ALIRAN UDARA DALAM PIPA

Tabah Priangkoso^{1*}, Kusdi¹ dan Darmanto¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim
Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236.

* tabah@unwahas.ac.id

Abstrak

Salah satu proses pembelajaran penting dalam program S1 studi teknik mesin adalah praktikum. Standar minimal laboratorium yang dikeluarkan Ditjen Dikti menyebutkan percobaan kerugian tekanan aliran udara sebagai salah satu praktikum fenomena dasar mesin yang wajib dilakukan oleh mahasiswa teknik mesin S1 di Indonesia. Masalahnya, peralatan praktikum tersebut tidak dapat ditemukan dan dibeli, atau jika tersedia harganya sangat mahal. Perancangan alat praktikum bertujuan untuk menyediakan alat praktikum untuk menguji kerugian tekanan aliran udara dalam pipa agar mahasiswa yang melaksanakan praktikum memahami fenomenanya. Perancangan diawali dengan melakukan studi pada pustaka-pustaka yang berkaitan dengan perilaku aliran udara dalam pipa dalam bentuk buku teks maupun jurnal, diikuti dengan penetapan spesifikasi rancangan dan pembuatan alat. Untuk menguji kelayakan alat, dilakukan pengujian dengan 4 (empat) laju aliran udara yang berbeda dengan 10 kali pengulangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat tersebut telah menunjukkan fenomena kerugian tekanan aliran udara dalam pipa yaitu terjadinya penurunan tekanan sepanjang pipa mulai dari tempat masuk udara, sehingga dapat digunakan untuk praktikum.

Kata kunci: kerugian tekanan, aliran udara dalam pipa, alat praktikum

PENDAHULUAN

Praktikum merupakan bagian penting dari proses pembelajaran pendidikan tinggi bidang teknik (*engineering*). Praktikum bertujuan mengasah keterampilan dan memuaskan rasa ingin tahu mahasiswa, serta tempat untuk membuktikan kebenaran teori yang telah diterima mahasiswa (Zainudin, 2005).

Salah satu praktikum yang ditetapkan dalam Standar Minimal Laboratorium Teknik Mesin adalah Praktikum Fenomena Dasar Mesin yang memuat mata praktikum kerugian tekanan pada aliran fluida kompresibel (Sugiarto, et al., 2005). Masalah utama untuk pelaksanaan praktikum tersebut adalah ketersediaan alat praktikum. Jika tersedia, maka harganya relatif mahal, sehingga diperlukan upaya untuk merancang alat praktikum pengujian kerugian tekanan aliran udara dalam pipa dengan harga terjangkau dan memenuhi persyaratan.

METODE PERANCANGAN

Studi Pustaka

Perancangan diawali dengan studi pustaka dalam bentuk buku teks mekanika dan dinamika fluida, serta makalah pada jurnal ilmiah yang berkaitan dengan perilaku aliran fluida. Studi pustaka juga dilakukan pada laman yang relevan dengan perancangan alat praktikum.

Hasil studi pustaka menemukan bahwa udara merupakan gas kompresibel yang mudah diperoleh karena tersedia di atmosfer dan mudah ditangani. Sehingga fluida kompresibel yang dipilih sebagai fluida kerja adalah udara. Aliran udara dalam pipa mengikuti prinsip Bernoulli (Durst, 2008)

$$\frac{P}{\rho} + \frac{U^2}{2} + gh = \text{konstan} \quad (1)$$

dimana

P = tekanan fluida

ρ = kerapatan fluida

U = kecepatan fluida

g = percepatan gravitasi

h = head

Pada aliran fluida dalam pipa, persamaan Bernoulli mengalami “modifikasi” sebagai akibat kerugian akibat gaya geser antara fluida dan permukaan dalam pipa (Wessel, et al., 2001)

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{U_1^2}{2} + gh_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{U_2^2}{2} + gh_2 + \Delta P \quad (2)$$

dimana ΔP adalah kerugian tekanan yang terjadi sepanjang pipa antara segmen 1 dan 2.

Kerugian tekanan dihitung menggunakan persamaan Darcy-Weisbach (Larock, et al., 1999)

$$\Delta h_f = f \frac{L U^2}{D 2g} \quad (3)$$

dimana

Δh_f = kerugian head

f = faktor gesek yang dipengaruhi kekasaran permukaan dalam pipa dan kecepatan aliran fluida

L = panjang suatu segmen pipa

D = diameter pipa

dan kerugian tekanan

$$\Delta P = h_f \rho g h \quad (4)$$

dimana $\Delta P = P_2 - P_1$ dengan angka 1 dan 2 adalah tempat fluida masuk dan keluar.

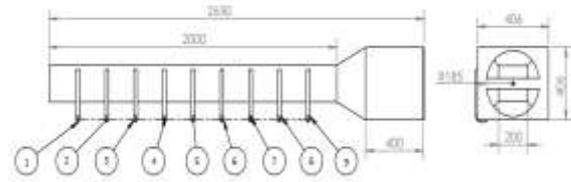
Spesifikasi rancangan dan alat ukur

Alat praktikum pengujian kerugian tekanan aliran ini tersusun atas pipa persegi dengan ukuran 200 x 200 mm. Ukuran ini dapat dianggap cukup mewakili keadaan sebenarnya pada saluran udara pendingin atau pemanas. Kecepatan maksimum aliran udara dalam pipa 14 m/s mencukupi karena laju aliran maksimum yang direkomendasi sebesar 14 m/s (Anonimous, 2003). Pembatasan laju aliran ini diperlukan untuk menentukan kapasitas blower yang akan digunakan. Dengan asumsi efisiensi blower sebesar 0,8, maka blower harus memiliki kapasitas sebesar

$$Q = \frac{A U}{0,8} \quad (5)$$

Aliran udara diatur untuk mensimulasi aliran pada sisi isap.

Panjang pipa yang diukur 1800 mm dibagi menjadi 8 segmen dengan 9 lokasi manometer U dengan fluida air sebagai alat ukur tekanan statik. Jarak setiap segmen 200 mm. Rancangan alat praktikum dapat dilihat pada Gambar 1. Pada sisi masuk dipasang penyearah aliran sehingga aliran yang terjadi laminar. Hal ini untuk menjaga agar aliran tidak bergejolak yang menimbulkan olakan pada pengukuran tekanan.



Gambar 1 Rancangan alat

Pengukuran tekanan statik tiap ujung segmen menggunakan manometer air U. Tekanan statik dihitung

$$P = \rho g \Delta h \quad (5)$$

dimana Δh adalah perbedaan ketinggian permukaan air pada tabung manometer.

Kecepatan aliran diperoleh dari kipas yang digerakkan oleh motor listrik. Alat ukur kecepatan aliran menggunakan anemometer yang mudah didapat di pasar.

Bahan pipa adalah pelat baja tebal 0,5 mm yang dibentuk menjadi pipa persegi dengan cara dilas. Salah satu dinding dilubangi dan dipasang pipa transparan sebagai manometer.

Pengujian

Untuk menentukan kelayakan rancangan dapat digunakan sebagai sarana praktikum, maka alat praktikum diuji. Pengujian dilakukan dengan berbagai kecepatan aliran.

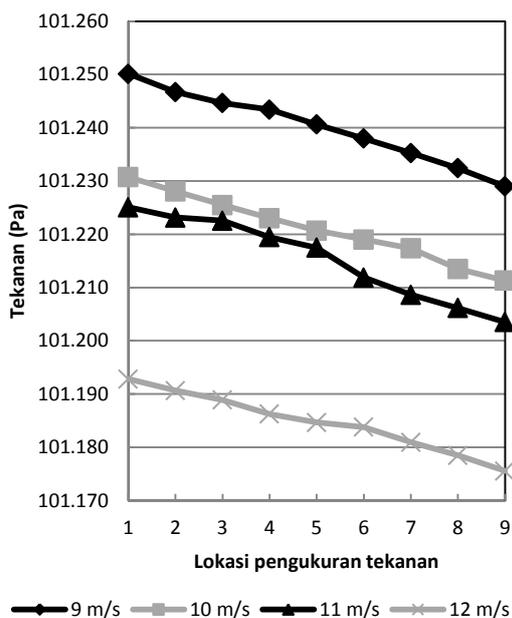
Pengujian dilakukan pada kecepatan-kecepatan 9, 10, 11, dan 12 m/s masing-masing sebanyak 10 kali pengulangan. Rata-rata hasil pengukuran kerugian tekanan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tekanan statik rata-rata hasil pengukuran pada lokasi 1 s.d. 9 (Pa)

| Lokasi | Laju aliran udara (m/s) | | | |
|-----------------|-------------------------|------------|------------|------------|
| | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | 101.250,13 | 101.230,74 | 101.225,06 | 101.225,06 |
| 2 | 101.246,72 | 101.228,06 | 101.223,14 | 101.223,14 |
| 3 | 101.244,64 | 101.225,49 | 101.222,55 | 101.222,55 |
| 4 | 101.243,42 | 101.223,04 | 101.219,47 | 101.219,47 |
| 5 | 101.240,64 | 101.220,69 | 101.217,49 | 101.217,49 |
| 6 | 101.237,98 | 101.219,00 | 101.211,89 | 101.211,89 |
| 7 | 101.235,27 | 101.217,36 | 101.208,63 | 101.208,63 |
| 8 | 101.232,43 | 101.213,50 | 101.206,15 | 101.206,15 |
| 9 | 101.229,00 | 101.211,32 | 101.203,52 | 101.203,52 |
| ΔP (Pa) | -21,13 | -19,42 | -21,54 | -17,25 |

ΔP dihitung dari hasil pengukuran antara lokasi 1 s.d. 9, memiliki harga negatif sebagai penanda terjadinya penurunan tekanan di sepanjang pipa dari lokasi 1 hingga lokasi 9.

Kecenderungan penurunan di sepanjang pipa dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kecenderungan penurunan tekanan aliran udara sepanjang pipa dari lokasi 1 s.d. 9

DISKUSI

Tekanan yang terjadi di dalam pipa berada di bawah tekanan atmosfer 101.325 Pa. Hal ini terjadi karena pipa merupakan pipa isap yang mengisap udara masuk ke dalam pipa sehingga tekanan ukur yang ditunjukkan pada lokasi 1 s.d. 9 adalah negatif.

Pada Gambar 2 terlihat kecenderungan penurunan tekanan di sepanjang pipa dimulai dari lokasi 1 s.d. 9. Penurunan kerugian tekanan saat laju aliran meningkat juga sesuai dengan fenomena semakin tinggi laju aliran maka semakin berkurang faktor gesek. Hal ini dapat dilihat pada diagram Moody yang menunjukkan penurunan faktor gesek seiring dengan meningkatnya bilangan Reynolds.

Fenomena yang berbeda terjadi pada laju aliran 11 m/s. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa penurunan tekanan (ΔP) yang terjadi sepanjang pipa pada laju aliran ini lebih tinggi dibanding penurunan tekanan pada 9 dan 10 m/s. Pada laju aliran 9 m/s terjadi penurunan tekanan sebesar 21,13 Pa, pada laju aliran 10 m/s sebesar 19,42 Pa, namun pada 11 m/s justru meningkat menjadi 21,54 Pa. Jadi terjadi anomali, khusus pada laju aliran 11 m/s karena pada laju 12 m/s penurunannya sebesar 17,25 Pa atau lebih kecil dari 9 dan 10 m/s.

Anomali yang terjadi pada laju aliran 11 m/s dapat disebabkan oleh kesalahan pembacaan alat ukur pada anemometer dan manometer, sehingga diperlukan pengukuran ulang untuk

meyakinkan apakah anomali yang terjadi karena kesalahan alat ukur, salah baca alat ukur, atau memang benar merupakan fenomena khusus pada laju aliran ini.

Konsistensi fenomena penurunan tekanan pada tiap segmen dapat dilihat pada hasil pengukuran menggunakan manometer tabung U yang memperlihatkan terjadinya penurunan tekanan di tiap segmen. Penurunan tekanan aliran udara dalam pemakaian praktis disebut sebagai kerugian tekanan yang harus diperhitungkan dalam rancangan *ducting*, baik dalam sistem pengkondisian udara maupun untuk pasokan udara.

Dengan memperhatikan fenomena penurunan tekanan ini, maka alat praktikum ini dapat digunakan sebagai sarana pembelajaran praktikum fenomena dasar mesin pada acara pengujian kerugian tekanan aliran udara dalam pipa. Mahasiswa akan mendapat pengetahuan tentang fenomena dan penggunaan anemometer dan manometer air U, keterampilan melakukan percobaan, dan pembuktian dari teori yang sudah diperoleh.

KESIMPULAN

Alat praktikum yang dirancang telah menunjukkan fenomena terjadinya kerugian atau kehilangan tekanan pada aliran udara dalam pipa. Konsistensi penurunan tekanan juga terlihat di setiap segmen hingga sepanjang pipa. Dengan demikian alat praktikum ini dapat digunakan sebagai sarana pembelajaran Praktikum Fenomena Dasar Mesin pada acara Pengujian kerugian tekanan aliran udara dalam pipa.

SARAN

Pengujian alat praktikum ini masih dilakukan pada laju aliran yang tinggi. Secara praktis, terdapat penggunaan laju aliran yang rendah hingga 4 m/s untuk menghindari kebisingan, sehingga diperlukan pengujian lebih lanjut untuk melihat fenomena kerugian tekanan pada laju aliran yang rendah. Pada sisi yang lain, laju aliran yang rendah diikuti dengan tekanan statik yang rendah. Hal ini menyulitkan pembacaan tekanan pada manometer air. Dengan demikian, pengukuran tekanan harus menggunakan alat ukur tekanan yang mampu menunjukkan harga tekanan yang rendah secara lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous. 2003. 5.15 Air Distribution Systems. *U.S. General Services Administration*. [Online] 2003. [Cited: 05 02, 2015.] <http://www.gsa.gov/portal/content/101294>.
- Durst, Franz. 2008. *Fluid Mechanic, An Introduction to the Theory of Fluid Flow*. Berlin : Springer, 2008. e-ISBN: 978-3-540-71343-2.
- Larock, Bruce E., Jeppson, Roland W. and Watters, Gary Z. 1999. *Hydraulics of Pipe Line System*. London : CRC, 1999. ISBN 0-8493-1806-8 .
- Sugiarto, Bambang, et al. 2005. *Standar Minimum Laboratorium Teknik Mesin Program Sarjana*. Jakarta : Kementerian Pendidikan Nasional, 2005.
- Wessel, Dennis J., et al. 2001. *ASHRAE Fundamentals Handbook (SI)*. s.l. : ASHRAE, 2001.
- Zainudin, M. 2005. *Praktikum*. Jakarta : Pusat Antar Universitas untuk Peningkatan dan Pengembangan Aktivitas Instruksional Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional, 2005.