

PENGGUNAAN TEOREMA PI BUCKINGHAM PADA PENYELIDIKAN *LOST HEAD* UNTUK PIPA MENDATAR DENGAN ALIRAN TAK KOMPRESIBEL TURBULEN

Indah Eko Cahyani, Agus Wibowo

Abstract

Lost head can be interpreted as a decrease in the pressure gradient and is a measure of resistance to flow through the pipe. Barriers to flow through the pipeline will greatly affect the power needed in moving the fluid so that the investigation of the lost head on pipe important thing to do. Use of Buckingham Pi theorem for dimensional analysis will make it easier to analyze and make the move quicker and directed experiments. With the initial data is a function of the barrier pipe diameter, fluid viscosity, fluid density, pipe length, the fluid velocity and the roughness of the pipe. The results indicate a lost connection head per weight of the fluid ($\Delta p/w$) is proportional to the pipe roughness factor (f) is proportional to the length of pipe per pipe diameter (L/d) is proportional to the fluid velocity kuwadrat per two times gravity ($v^2/2g$)

Keywords: Lost head, turbulent flow, the flow channel is closed

A. PENDAHULUAN

Penurunan head dapat diartikan sebagai penurunan dalam gradient tekanan dan merupakan ukuran dari tahanan atau hambatan pada aliran yang melalui pipa. Hambatan pada aliran yang melalui pipa akan sangat mempengaruhi pada daya yang dibutuhkan dalam memindahkan fluida

Penggunaan teorema Pi Buckingham untuk analisis dimensi akan memudahkan dalam menganalisis dan membuat langkah eksperimen lebih cepat dan terarah. Dengan data awal tahanan merupakan fungsi dari perubahan tekanan (Δp), diameter

pipa (d), kekentalan fluida (μ), kerapatan fluida (ρ), panjang pipa (L), kecepatan fluida (v) dan kekasaran relatif pipa (K).

Salah satu cara penyelidikan *Lost head* adalah dengan menggunakan teorema Pi Buckingham untuk analisis dimensi. Dari analisis dimensi menggunakan teorema Pi Buckingham diharapkan dapat mengurangi biaya penelitian dan pengujian sebab dengan diperolehnya hubungan antar variable penelitian dan pengujian *Lost head* pada pipa mendatar aliran tak kompresibel turbulen, penelitian dan

pengujian lebih terarah dan mengurangi *coast trial and error*.

B. TINJAUAN PUSTAKA

Tujuan yang sebenarnya dari berbagai eksperimen yang dilakukan adalah memperoleh hasil yang dapat digunakan seluas mungkin. Kombinasi antara analisis dengan data eksperimen menghasikan efisiensi biaya dan perolehan data yang lebih akurat. Konsep analisis dimensi dengan teorema Pi Buckingham sering digunakan sehingga pengukuran yang dilakukan pada suatu sistem dapat digunakan untuk menjelaskan kelakuan dari sistem lain yang sama.

Analisis dimensional dapat membantu dalam hal ini dimana penggunaan teori Pi Buckingham dapat dijumpai dalam berbagai persoalan secara luas penggunaannya. Pertanyaan mendasar adalah berapa produk tak berdimensi yang diperlukan untuk menggantikan daftar orisinil? Pertanyaan ini dapat terjawab dengan teori dasar analisis dimensional yang dinyatakan sebagai berikut “Jika suatu pernyataan persamaan variable yang serba sama secara dimensi (*dimensionally homogeneous*), hal ini dapat dikurangi melalui hubungan antara $k - r$ produk takberdimensi bebas (*independent dimensionless products*), dimana r adalah jumlah minimum dari dimensi rujukan yang diperlukan untuk menjelaskan variable”.

Produk takberdimensi sering dinyatakan dalam “terminologi pi” dan teori ini disebut teori”Pi Buckingham”.

Buckingham menggunakan simbol π untuk menyatakan produk tak berdimensi. Teori Pi didasarkan pada gagasan dari kebersamaan dimensional (*dimensionally homogeneous*). Pada dasarnya kita menganggap bahwa untuk setiap persamaan yang signifikan secara fisik mengandung variable k seperti:

$$u_1 = f(u_2, u_3 \dots, u_k)$$

dimensi variable sebelah kiri dengan tanda yang sama harus sama dengan dimensi dari setiap bentuk yang berlaku bagi masing-masing variable disebelah kanan dengan tanda yang sama, untuk itu kita dapat mengatur kembali persamaan menjadi kumpulan produk takberdimensi (bentuk pi) sehingga:

$$\pi_1 = \phi(\pi_2, \pi_3 \dots, \pi_{k-r})$$

Dimana $\phi(\pi_2, \pi_3 \dots, \pi_{k-r})$ adalah fungsi dari π_2 sampai π_{k-r} . Jumlah dari bentuk pi diperlukan lebih kecil dari jumlah orisinil r , dimana r ditentukan oleh jumlah minimum dimensi rujukan yang diperlukan untuk menjelaskan daftar orisinil dari variable.

C. PEMBAHASAN

Penyelidikan *Lost head* pada pipa mendatar dengan aliran fluida tak kompresibel turbulen dimulai dengan mengumpulkan factor-faktor yang akan mempengaruhi, yaitu: perubahan tekanan (Δp), diameter pipa (d), kekentalan mutlak fluida (μ), kerapatan fluida (ρ), panjang pipa (L), kecepatan fluida (v) dan kekasaran relatif pipa(K) merupakan perbandingan relatif dari ukuran

ketidakteraturan permukaan (ε) terhadap garis tengah (d).

Besaran-besaran diatas jika dibuat dimensi dengan satuan F, L, T menjadi:

$$\begin{aligned} \text{Penurunan tekanan}(\Delta p) &= F L^{-2} \\ \text{Diameter pipa (d)} &= L \\ \text{Kekentalan mutlak fluida } (\mu) &= F T L^{-2} \\ \text{Kerapatan fluida } (\rho) &= F T^2 L^{-4} \\ \text{Panjang pipa (L)} &= L \\ \text{Kecepatan fluida (v)} &= L T^{-1} \\ \text{Kekasaran relatif pipa(K)} &= L_1 / L_2 \end{aligned}$$

Ada tujuh (7) besaran fisis dan tiga (3) satuan dasar, sehingga (7-3) didapat empat (4) suku- π . Dengan memilih diameter pipa (d), kecepatan fluida (v), dan Kerapatan fluida (ρ) sebagai variable pengulangan dengan pangkat yang tidak diketahui, suku-suku π -nya adalah:

$$\pi_1 = (L^{x_1})(L^{y_1} T^{-y_1})(F^{z_1} T^{2z_1} L^{-4z_1})(FL^{-2})$$

$$\pi_2 = (L^{x_2})(L^{y_2} T^{-y_2})(F^{z_2} T^{2z_2} L^{-4z_2})(FTL^{-2})$$

$$\pi_3 = (L^{x_3})(L^{y_3} T^{-y_3})(F^{z_3} T^{2z_3} L^{-4z_3})(L)$$

Evaluasi pangkat-pangkatnya, suku demi suku, menghasilkan

$$\pi_1 : 0 = z_1 + 1, 0 = x_1 + y_1 - 4z_1 - 2, 0 = -y_1 + 2z_1;$$

maka

$$x_1 = 0, y_1 = -2, z_1 = -1$$

$$\pi_2 : 0 = z_2 + 1, 0 = x_2 + y_2 - 4z_2 - 2, 0 = -y_2 + 2z_2 + 1;$$

maka

$$x_2 = -1, y_2 = -2, z_2 = -1$$

$$\pi_3 : 0 = z_3, 0 = x_3 + y_3 - 4z_3 + 1, 0 = -y_3 + 2z_3;$$

maka

$$x_3 = -1, y_3 = 0, z_3 = 0$$

Jadi suku-suku- π nya adalah:

$$\begin{aligned} \pi_1 &= d^0 v^{-2} \Delta p \\ &= \frac{\Delta p}{\rho v^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \pi_2 &= \frac{\mu}{dv\rho} \text{ atau} \\ &= \frac{dv\rho}{\mu} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \pi_3 &= d^{-1} v^0 \rho^0 L \\ &= \frac{L}{d} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \pi_4 &= \frac{L_1}{L_2} \\ &= \frac{\varepsilon}{d} \end{aligned}$$

Hubungan baru dapat dituliskan:

$$f_1 = \left(\frac{\Delta p}{\rho v^2}, \frac{dv\rho}{\mu}, \frac{L}{d}, \frac{\varepsilon}{d} \right) = 0$$

Sehingga penurunan teekanana yang terjadi

$$\Delta p = \frac{w}{g} v^2 f_2 \left(R_E, \frac{L}{d}, \frac{\varepsilon}{d} \right)$$

Dengan $\rho = \frac{w}{g}$ penurunan head tekan

akan menjadi

$$\frac{\Delta p}{w} = \frac{v^2}{2g} (2).f_2 \left(R_E, \frac{L}{d}, \frac{\varepsilon}{d} \right)$$

Jika didekati dengan pernyataan jenis-Darcy, percobaan analisa penurunan

tekannya menunjukkan fungsi dari $\frac{L}{d}$

pangkat satu, maka:

$$\frac{\Delta p}{w} = \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{L}{d} \cdot 2 \cdot f_3 \left(R_E, \frac{L}{d}, \frac{\varepsilon}{d} \right)$$

Sehingga dapat di nyatakan ulang sebagai:

$$\frac{\Delta p}{w} = (\text{faktor } f) \left(\frac{L}{d} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Dengan demikian *Lost head* pada pipa datar dengan aliran tak kompresibel turbulen dengan data awal perubahan tekanan (Δp), diameter pipa (d), kekentalan fluida (μ), kerapatan fluida (ρ), panjang pipa (L), kecepatan fluida (v) dan kekasaran relatif pipa (K) dalam eksperimen lanjutan dan pengukuran cukup menyertakan variabel-variabel faktor kekasaran (f), panjang pipa (L), diameter pipa (d) dan kecepatan fluida (v).

D. KESIMPULAN

Lost head pada pipa datar dengan aliran tak kompresibel turbulen Diperoleh hasil hubungan lost head per berat fluida ($\Delta p/w$) berbanding lurus dengan factor kekasaran pipa (f) berbanding lurus dengan panjang pipa per diameter pipa (L/d) berbanding lurus dengan dengan kuadrat kecepatan fluida per dua kali gravitasi ($v^2/2g$).

Dalam eksperimen lanjutan dan pengukuran variabel kekentalan fluida (μ), kerapatan fluida (ρ) tidak perlu dimasukan dan cukup menyertakan variabel faktor kekasaran (f), panjang pipa (L), diameter pipa (d) dan kecepatan fluida (v). Sehingga biaya untuk pelitian dan pengujian pada *Lost head* pada pipa datar dengan aliran tak kompresibel turbulen lebih terarah dan mengurangi *coast trial and error*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bruce R. Munson, Donald F. Young, Theodore H. Okiishi, 2002, *Fundamentals of Fluid Mechanics Fourth Edition*, John Wiley & Son Inc, New York.
- Douglas C. Giancoli, 2001, *Fisika Edisi 5*, Penebit Erlangga, Jakarta.
- Hugh D. Young, 2004, *Fisika Universitas*, Penebit Erlangga, Jakarta.
- K.A. Stroud, 2004, *Matematika untuk Teknik*, Penebit Erlangga, Jakarta.
- Paul A. Tipler, 2001, *Fisika untuk Sains dan Teknik*, Penebit Erlangga, Jakarta.
- Robert W. Fox, Alan T. McDonald, 1994, *Introduction to Fluid Mechanics Fourt Edition*, John Wiley & Son Inc, New York.

Ranald V. Giles, 1977, *Theory and Problem of Mechanics and Hydrolics*, McGraw-Hill, Inc. Inggis