

Pengaruh variasi lebar alur berbentuk segi empat pada permukaan silinder terhadap koefisien drag

Si Putu Gede Gunawan Tista^{1)*}, Wayan Nata Septiadi²⁾ dan Kadek Papin Prayoga³⁾
^{1,2,3)}Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya tentang ilmu mekanika fluida telah berkembang pesat. Ilmu mekanika fluida telah banyak memberikan kontribusi terhadap aspek kehidupan manusia, sebagai contoh adalah aliran fluida melintasi suatu silinder. Dalam aplikasi engineering banyak ditemukan peralatan menggunakan silinder seperti cerobong asap, tiang penyangga jembatan dan sebagainya. Peralatan-peralatan ini mengalami hambatan udara setiap saat sehingga kekuatan konstruksinya mengalami penurunan, hal ini disebabkan adanya drag yang arahnya searah aliran. Upaya yang dilakukan untuk mengurangi drag adalah dengan memanipulasi medan aliran. Manipulasi medan aliran dilakukan dengan membuat alur berbentuk segi empat pada permukaan silinder. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa pengaruh variasi lebar alur berbentuk segi empat pada permukaan silinder terhadap koefisien drag. Penelitian ini dilakukan pada wind tunnel yang terdiri dari blower, pipa pitot, inclined manometer, U manometer, timbangan digital, dan silinder. Benda uji berupa silinder berdiameter 60 mm dan panjang 420 mm diletakkan vertikal di dalam wind tunnel. Lebar alur pada permukaan silinder divariasikan yaitu 3 mm, 4 mm, dan 5 mm. Pengujian distribusi tekanan diperoleh dengan mengukur tekanan permukaan silinder pada 36 titik dengan interval 10° . Pengujian gaya drag dilakukan dengan menggunakan timbangan digital yang mencatat besarnya massa, untuk mendapatkan gaya drag dikalikan dengan gravitasi. Hasil penelitian menunjukkan terjadi penurunan koefisien drag pada silinder beralur dibandingkan tanpa alur. Nilai koefisien terendah terjadi pada lebar alur 4 mm besarnya $CD = 0,3734$. Besarnya penurunan drag adalah 22,3 % dibandingkan tanpa alur.

Kata kunci: pengurangan drag, lebar alur, alur segi empat, silinder

Abstract

Advances in science and technology, especially on the science of fluid mechanics has been growing. Science of fluid mechanics has contributed a lot of aspects of human life, for example, fluid flow across a cylinder. In many engineering applications using cylindrical found equipment such as a chimney, a pillar of the bridge, and so on. The equipment is undergoing a puff of air at all times so that the strength of the construction has decreased, this is due to drag him in the direction of flow. Efforts are being made to reduce drag is by manipulating the flow field. Manipulation of the flow field is done by making rectangular-shaped grooves on the surface of the cylinder. The purpose of this study was to analyze the influence of variations in width rectangular-shaped grooves on the surface of the cylinder to the coefficient of drag. This research was conducted in wind tunnel consisting of a blower, pitot pipe, inclined manometer, U manometer, digital scales, and cylinders. The test object in the form of a cylinder diameter of 60 mm and a length of 420 mm is placed vertically in the wind tunnel. The width of the grooves on the surface of the cylinder varied which is 3 mm and 5 mm. The pressure distribution is obtained by measuring the surface pressure cylinders at 36 points with 10° intervals. Drag force testing done using digital scale that records the amount of mass, to get the drag force multiplied by gravity. The results showed a decline in the coefficient of drag on a grooved cylinder compared without grooves. Lowest coefficient values occurred in the magnitude of 4 mm groove width $CD = 0.3734$. The amount of reduction in drag is 22.3% compared without grooves.

Keywords: drag reduction, the width of the groove, rectangular groove, cylindrical

1. Pendahuluan

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya tentang ilmu mekanika fluida telah berkembang pesat. Ilmu mekanika fluida telah banyak memberikan kontribusi terhadap aspek kehidupan manusia. Dalam pengaplikasian ilmu mekanika fluida, baik di dalam dunia industri maupun dalam kehidupan sehari-hari salah satu bagian yang dipelajari adalah tentang aliran eksternal melintasi *bluffbody*. Sebagai contoh adalah aliran fluida melintasi suatu silinder. Dalam aplikasi engineering banyak dijumpai peralatan yang menggunakan silinder seperti tiang

penyangga jembatan, cerobong asap dan sebagainya. Peralatan- peralatan ini mengalami hambatan aliran udara setiap saat, sehingga kekuatan konstruksinya mengalami penurunan, hal ini disebabkan adanya *drag* yang arahnya searah aliran.

Oleh karena itu sampai saat ini penelitian tentang aliran melintasi silinder tetap sebagai salah satu hal penting dalam mekanika fluida, sehingga penting untuk melakukan penelitian dengan silinder sebagai obyek [1]. Sebuah silinder yang banyak digunakan dalam praktek memiliki gaya hambat (*drag*) besar akibat separasi aliran

*Korespondensi: Tel./Fax.: +62 81999202039/62 361 703321
E-mail: gunawan_tista@yahoo.com
©Teknik Mesin Universitas Udayana 2017

yang terbentuk lebih awal dari fluida yang melintasi silinder tersebut. Aliran external *vicous* yang mengalir melalui silinder akan mengalami stagnasi, lapisan batas, separasi (pemisahan) dan *wake* di belakang silinder. Untuk benda yang bergerak dalam fluida *viscous*, gaya hambat (*drag*) dan gaya angkat (*lift*) erat hubungannya dengan separasi aliran [2].

Adanya separasi aliran akan menyebabkan terjadinya *wake* di belakang silinder yang mengakibatkan gaya hambat (*drag*). Semakin cepat terjadinya separasi aliran, *wake* akan semakin membesar/melebar sehingga *drag* semakin membesar. Upaya yang dilakukan untuk mengurangi *drag* adalah dengan memanipulasi medan aliran. Memanipulasi medan aliran dilakukan dengan pengontrol aliran, dalam hal ini pengontrol pasif.

Manipulasi medan aliran secara pasif dapat dilakukan antara lain menambahkan penghalang di depan silinder, memberi O-Ring pada permukaan silinder dan lain-lain. Dalam penelitian ini dilakukan dengan membuat alur berbentuk segi empat pada permukaan silinder. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh alur berbentuk segi empat pada permukaan silinder terhadap koefisien *drag*. Berbagai penelitian tentang *drag* yang mendukung penelitian ini adalah: Lee, et al. (2004), meneliti pengaruh pemasangan batang kontrol kecil pada *upstream* dari silinder dengan fokus pada karakteristik *drag* dan struktur aliran. Bilangan Reynold berdasarkan silinder utama ($D = 30$ mm) adalah sekitar $Re = 20000$. Maksimum pengurangan koefisien total *drag* dari seluruh sistem meliputi silinder utama dan batang kontrol sekitar 25%. Lim & Lee (2004), membahas aliran disekitar silinder bulat yang dikontrol dengan menempelkan O ring untuk mengurangi gaya *drag* pada silinder. Gaya *drag*, kecepatan *wake* dan intensitas turbulensi diukur pada bilangan Reynolds dalam range $Re_D = 7,8 \times 10^3 \sim 1,2 \times 10^5$ dengan variasi kombinasi diameter dan jarak puncak antara O ring yang berdekatan. Didapatkan hasil silinder yang dipasang dengan diameter O ring $d = 0,0167D$ pada interval puncak dari PPD (jarak dari puncak ke puncak) $= 0,165D$ menunjukkan maksimum pengurangan *drag* sekitar 9% pada $Re_D = 1,2 \times 10^5$, dibandingkan silinder halus. Tetapi, pemasangan gelang O dengan diameter lebih besar dari pada $d = 0,067D$ hanya sedikit mengurangi *drag*. Tsutsui & Igarashi (2002), mengkaji aliran sekitar silinder dengan menempatkan batang kecil pada *upstream* dari silinder. Diameter silinder adalah $D = 40$ mm, dan diameter batang d rentangnya dari 1 sampai 10 mm. Angka Reynolds didasarkan pada D rentang dari $1,5 \times 10^4$ sampai $6,2 \times 10^4$. Pengurangan total *drag* yang meliputi *drag* dari batang adalah 63% dibandingkan dengan yang satu silinder.

Dalam hal ini permasalahan yang akan dikaji adalah Bagaimana pengaruh alur berbentuk segi

empat pada permukaan silinder terhadap koefisien *drag*. Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Benda uji dari pipa PVC dengan diameter silinder 60 mm dan panjang 420 mm
2. Lebar alur adalah 3 mm, 4 mm, 5 mm dan dalamnya 2 mm
3. Bilangan Reynolds adalah $3,64 \times 10^4$.
4. Fluida kerja pada penelitian ini adalah udara.
5. Gesekan yang terjadi pada rel diabaikan.
6. Kondisi di dalam *wind tunnel* atau lorong udara dalam keadaan *steady state*.
7. Kemungkinan terjadinya perpindahan panas dapat diabaikan.
8. Berat benda uji sama agar efek berat benda uji sama pada setiap benda uji

2. Metode Analisis/Peralatan Penelitian

Adanya alur pada permukaan silinder akan mempengaruhi pola aliran, yang berpengaruh pada separasi aliran dan juga koefisien *drag*. Pembuatan alur pada permukaan silinder menimbulkan percepatan aliran karena aliran mengalir melalui ruang yang sempit. Peningkatan kecepatan aliran menyebabkan momentum aliran meningkat untuk mengatasi gesekan, sehingga separasi aliran bisa ditunda dan *wake* dibelakang silinder menjadi lebih sempit, maka *drag* berkurang.

Pada penelitian ini perhitungan koefisien tekanan (C_p) digunakan persamaan [4] :

$$C_p = \frac{P - P_o}{\frac{1}{2} \rho U_o^2} \quad (1)$$

P = Tekanan permukaan (N/m^2)

P_o = Tekanan statis lingkungan (N/m^2)

ρ = Densitas udara (Kg/m^3)

U_o = Kecepatan aliran udara bebas (m/s)

Untuk mendapatkan koefisien *drag* (C_D) digunakan persamaan [5] :

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho U_o^2 A} \quad (2)$$

F_D = Gaya drag (N)

ρ = Densitas udara (kg/m^3)

U_o = Kecepatan aliran udara bebas (m/s)

A = Luas frontal (m^2)

Penelitian dan pengujian *drag* silinder beralur ini mempergunakan peralatan dan bahan sebagai berikut:

1. Blower (penghembus aliran udara)
2. Wind tunnel (lorong udara untuk menguji benda uji)
3. Pipa pitot (untuk mengukur tekanan total sehingga didapatkan kecepatan aliran)
4. *Inclined* manometer untuk mengukur tekanan lingkungan
5. *Inclined* manometer mengukur tekanan permukaan silinder

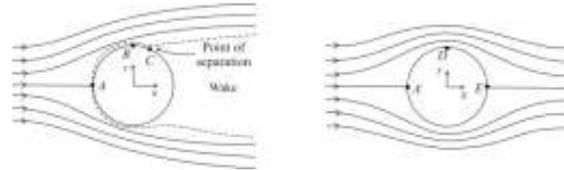
6. Rel/lintasan (lintasan gerakan benda uji)
7. Penyearah aliran (untuk membuat aliran uniform).
8. Timbangan digital (untuk mengukur besarnya massa)
9. Tuas
10. Benda Uji (silinder dari pipa PVC yang beralur).

Gambar 2 menunjukkan peralatan yang digunakan dalam penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

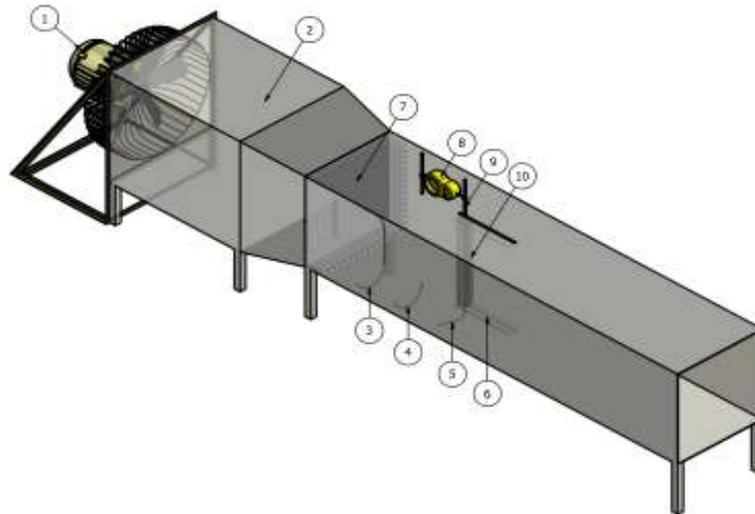
3.1. Koefisien tekanan (C_p) pada permukaan silinder

Dari hasil pengujian maka didapatkan koefisien tekanan pada permukaan silinder untuk silinder beralur dengan lebar alur : 3 mm, 4 mm dan 5 mm dan juga silinder tanpa alur. Hasil pengujian ini diplotkan dalam grafik seperti pada Gambar 3.

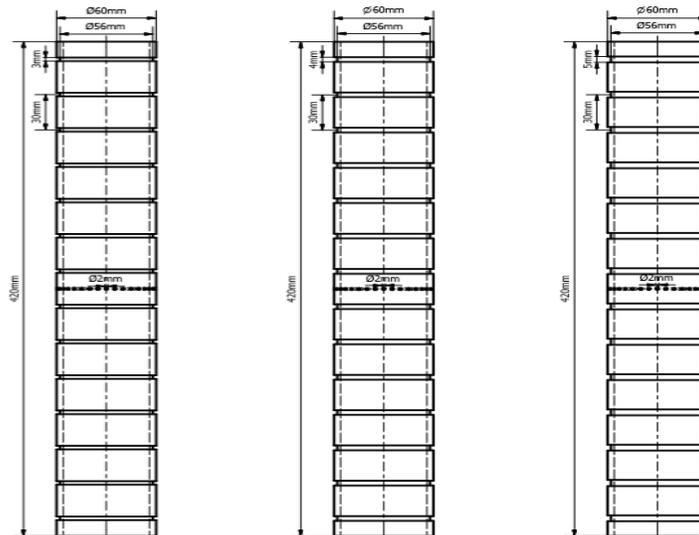


(a) Aliran *Viscous* (b) Aliran *inviscid*

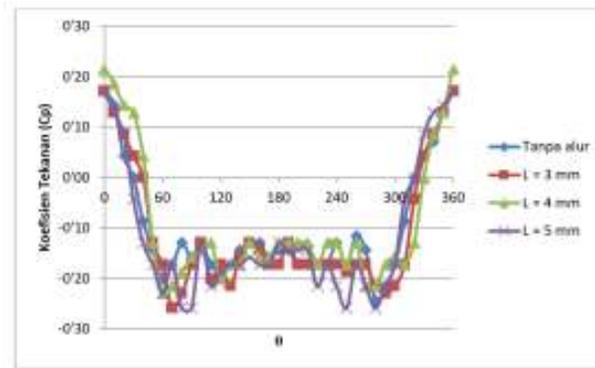
Gambar 1. Gambar kualitatif aliran pada silinder [3]



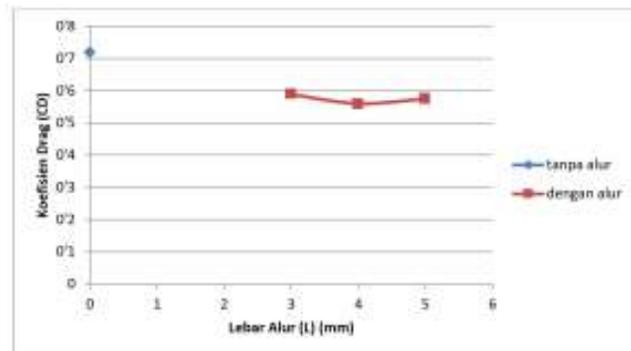
Gambar 2. Skema instalasi penelitian



Gambar 3. Detail benda uji variasi lebar alur 3 mm, 4 mm, dan 5 mm



Gambar 3. Grafik hubungan koefisien tekanan (C_p) terhadap sudut silinder (θ) tanpa alur dan dengan variasi lebar alur 3mm, 4mm, dan 5mm



Gambar 4. Grafik hubungan koefisien drag (C_D) terhadap lebar alur (L) tanpa alur dan dengan alur

Pada gambar 3 menunjukkan grafik hubungan koefisien tekanan (C_p) terhadap sudut silinder (θ) tanpa alur dan dengan alur. Pada gambar 5 terlihat tekanan dari titik stagnasi menurun karena kecepatan aliran meningkat, penurunan terjadi sampai pada sudut 50° untuk tanpa alur, 60° untuk lebar alur 4 dan 5 mm, 70° untuk alur 3 mm. Kemudian tekanan meningkat karena kecepatan aliran turun, lalu terjadi separasi aliran pada sudut $\theta = 80^\circ$ untuk tanpa alur, dan untuk silinder dengan alur terjadi pada $\theta = 90^\circ - 110^\circ$. Penundaan separasi aliran pada silinder dengan alur disebabkan karena aliran melalui luasan yang sempit kecepatannya meningkat, sehingga momentum aliran cukup besar untuk mengatasi gradien tekanan balik. Penundaan separasi yang paling besar terjadi pada silinder beralur dengan lebar alur $L = 4$ mm separasi terjadi pada sudut $\theta = 110^\circ$. Hal ini disebabkan pada alur dengan lebar $L = 4$ mm momentum aliran paling mampu untuk mengatasi gradien tekanan balik.

Pada Gambar 4 menunjukkan grafik hubungan koefisien drag (C_D) terhadap lebar alur baik tanpa alur maupun dengan alur. Pada gambar 4 menunjukkan terjadi penurunan koefisien drag pada silinder dengan alur dibandingkan dengan tanpa alur. Pada silinder dengan alur penurunan koefisien drag terjadi sampai $L = 4$ mm, namun meningkat pada $L = 5$ mm. Penurunan koefisien drag terjadi karena kecepatan pada jarak antar alur semakin meningkat sehingga energi kinetik

ataupun momentum aliran cukup mampu untuk mengatasi gradien tekanan balik. Penurunan drag terbesar terjadi pada $L = 4$ mm dengan nilai $C_D = 0,560$. Besarnya penurunan drag adalah 22,3% dibandingkan silinder tanpa alur.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengurangan drag pada silinder dengan diameter $D = 60$ mm, panjang 420 mm, serta variasi lebar alur $L = 3$ mm, 4 mm, dan 5 mm dapat disimpulkan beberapa hal antara lain:

1. Adanya alur pada permukaan silinder mampu menurunkan koefisien drag dibandingkan tanpa alur.
2. Terjadi penurunan koefisien drag sampai pada lebar alur $L = 4$ mm, namun meningkat kembali pada lebar alur $L = 5$ mm.

UcapanTerimaKasih

Terima kasih kepada jurusan teknik mesin universitas udayana yang telah memberikan fasilitas untuk menyelesaikan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Bouak, F., and Lemay, J, 1998, *Passive Control of The Aerodynamic Forces Acting on a Circular Cylinder*,

Experimental Therma and Fluida Science,
16, PP. 112-121.

- [2] Chew, Y T., L S Pan, & T S Lee, 1997, ***Numerical Simulation Of The Effect Of a Moving Wall On Separation Of Flow Past a Symmetrical Aerofoil***, ImechE, 212, 1997.
- [3] Fox, Robert W, McDonald, 1994, ***Inttroduction to Fluid Mechanics***, New York: John Wiley & Sons, INC.
- [4] Lee, S., S. Lee, & C. Park, 2004, ***Reducing The Drag On a Circular Cylinder by Upstream Installation Of a Small Control Rod***, FluidDynamics Reseach , 34(2004): 233-250.
- [5] Lim, H.C.&Lee S.J., 2004, ***Flow Control of Circular Cylinder With O-Rings*** .Fluid Dynamics Research, 35 (2004): 107 – 122.
- [6] Tsutsui, T. & T. Igarashi, 2002, ***Drag Reduction of a Circular Cylinder in an Air-Stream***.*Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 90(2002): 527-541.



Si Putu Gede Gunawan Tista menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana, pada tahun 1994, kemudian menyelesaikan program magister teknik di Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya pada tahun 2006. Bidang penelitian yang diminati adalah tentang pengurangan *drag*.