

Pengaruh Variasi Jarak Penghalang Segitiga di Depan Silinder Arah Vertikal Terhadap Drag

I Putu Gede Gunawan Tista^{1)*}, I GNP Tenaya²⁾, I GN. Putu Sudanta³⁾
^{1,2,3)}Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

doi: 10.24843/JEM.2018.v11.i01.p03

Abstrak

Salah satu cara untuk menghemat energi pada pesawat terbang dan *bluff body* lainnya adalah dengan mengurangi drag. Drag erat hubungannya dengan separasi aliran. Semakin awal terjadi separasi maka drag semakin meningkat. Oleh karena itu upaya yang dilakukan untuk mengurangi drag adalah dengan memanipulasi medan aliran fluida. Manipulasi aliran bisa dilakukan secara pasif antara lain menempelkan sebuah sirip pada *bluff body*, melubangi *bluff body*, menambahkan spiral pada *bluff body* dan menempatkan penghalang yang lebih kecil didepan *bluff body*. Penelitian ini yaitu dengan cara menempatkan penghalang berbentuk segitiga didepan silinder. Dalam penelitian ini pengujian dilakukan pada wind tunnel, yang terdiri dari blower, pipa pitot, manometer, pipa silinder, dan segitiga penghalang. Penempatan penghalang divariasikan pada arah vertikal posisi $y = 0$, $y = 5$ mm, $y = 10$ mm, $y = 15$ mm, sedangkan posisi penghalang pada arah horizontal pada jarak 60 mm terhadap silinder dengan panjang sisi segitiga adalah 8 mm. Distribusi tekanan diperoleh dengan mengukur tekanan permukaan silinder pada 36 titik dengan interval 10° . Data yang diukur adalah tekanan permukaan silinder, tekanan statis, dan kecepatan aliran fluida. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan drag pada saat diberi penghalang segitiga dibandingkan dengan tanpa diberi penghalang segitiga. Nilai koefisien drag untuk silinder tanpa diberi penghalang yaitu 0.1276. Sedangkan dari variasi jarak penghalang pada arah vertikal diperoleh penurunan koefisien drag tertinggi adalah pada posisi $y = 0$ yaitu sebesar 0,0186. Besarnya penurunan drag pada posisi ini adalah 85,45% dibandingkan dengan tanpa penghalang.

Kata kunci: Segitiga penghalang, separasi aliran, jarak penghalang, pengurangan drag

Abstract

One of the ways to reduce energy consumption an airplane and the other bluff body is by decreasing the drag. The drag is closely related to the flow of separation. The early separation, then the drag will increase. Based on the fact the effort to decrease drag is conducted by manipulating the field of fluid flow. The stream manipulation can be done passively, for example, by attaching a fin at the bluff body, by making a hole on the bluff body, enhancing spiral at the bluff body and placing a smaller barrier, on front of bluff body. The experiment was done by placing a triangle rod on front of the cylinder. In the present research the experiment was conducted in a wind tunnel, which consisted of a blower, a pitot pipe, a manometer, a main cylinder pipe, and a triangle rod. The triangle was variation vertical positioned at $y = 0$ mm, $y = 5$ mm, $y = 10$ mm, $y = 15$ mm. while the position of barrier in the horizontal direction at 60 mm distance towards the cylinder with the triangle side length was 8 mm. Pressure distribution was measured on 36 points at the cylinder surface with an interval of 10° . The measured data was the pressure of cylinder surface, the static pressure, and the airflow speed. The research results showed that the triangle rod could decrease the drag of the main cylinder. The Coefficient drag for the cylinder without the triangle rod was 0, 1276 while the variation of barrier in the vertical direction obtained the biggest decrease of the coefficient of the drag with the triangle rod happened at position $y = 0$, which was 0, 0186. The magnitude of the drag reduction in this position was 85, 45% compared without barrier.

Keywords: Triangle barrier, flow separation, barrier distance, drag reduction

1. Pendahuluan

Mekanika Fluida sangat berkaitan dengan dunia *engineering*. Penelitian terhadap fenomena aliran fluida yang melintasi suatu benda (*bluff body*) menjadi sangat penting karena memegang peranan seperti pada penukar kalor, pembakaran, dan alat transportasi. Apalagi dikaitkan dengan krisis energi yang melanda dunia dewasa ini.

Dalam dunia transportasi seperti pesawat udara, mobil, atau kapal laut, drag yang besar dihindari, karena energi atau tenaga yang dibutuhkan untuk bergerak menjadi besar. Sebagai contoh jika drag dari mobil dan bangunan dapat dikurangi maka banyak biaya bahan bakar dan material bisa dihemat [7].

Pola atau struktur aliran berbeda-beda tergantung geometri *bluff body* seperti silinder, segiempat, dan plat. Dalam aplikasi teknik, banyak sekali konstruksi

yang menggunakan silinder. Aliran eksternal *viscous* yang mengalir melalui silinder akan mengalami stagnasi, lapisan batas, separasi (pemisahan) dan wake dibelakang silinder. Untuk benda yang bergerak dalam fluida *viscous*, gaya drag (gaya hambat) dan gaya *lift* (gaya angkat) erat hubungannya dengan separasi aliran [2].

Adanya separasi aliran akan menyebabkan timbulnya wake di belakang silinder yang mengakibatkan *drag* (hambatan). Semakin cepat terjadinya separasi aliran, wake akan semakin lebar sehingga *drag* semakin besar. Oleh karena itu, diperlukan penelitian tentang metode-metode pengontrolan fluida yang bertujuan untuk menunda separasi aliran external fluida *viscous* yang mengalir melalui silinder agar *drag* dapat diperkecil.

Salah satu cara yang dilakukan untuk mengurangi drag pada silinder adalah dengan metode

*Korespondensi: Tel./Fax.: 081999202039
E-mail: Gunawan_tista@yahoo.com

pengontrolan pasif, yaitu dengan mengontrol aliran fluida. Pada penelitian ini akan dilakukan dengan menambah penghalang berbentuk segitiga di depan silinder yang berfungsi untuk memecah aliran fluida sehingga aliran yang mengenai silinder menjadi lebih turbulen. Momentum fluida dalam lapisan batas turbulen lebih besar daripada lapisan batas laminar, maka kemampuannya untuk melawan tegangan geser lebih besar sehingga akan lebih mampu untuk menunda terjadinya separasi.

Berbagai penelitian tentang drag yang mendukung penelitian ini antara lain:

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%.

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 Reynold 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.

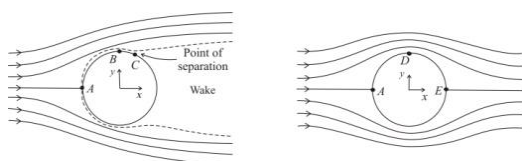
Igarashi (1997), Mengkaji aliran sekitar Prisma segiempat dengan menempatkan batang kecil di depan prisma (*upstream*). Panjang sisi prisma D adalah 30 mm dan bilangan Reynold Re adalah $3,2 \times 10^4$. Pada jarak kritis $G_c = D + 4,5d$, *vortex* dari batang hilang. *Drag* dari prisma menurun sekitar 50% pada $G > G_c$ dan 70% pada $G \leq G_c$.

Yajima & Sano (1996), Mengkaji aliran sekitar silinder dengan melubangi sepanjang silinder dalam dua baris yang dibuat melintang diameter silinder. Pengurangan *drag* luar biasa didapat untuk bermacam-macam sudut serang. Besarnya pengurangan *drag* adalah 40% dibandingkan dengan silinder halus.

Bouk, at al. (1998), melakukan studi eksperimental menggunakan silinder kecil sebagai pengontrol pasif untuk mengurangi gaya *drag* pada silinder utama. Hasil eksperimental mereka menunjukkan bahwa rata-rata penurunan gaya hambat maksimum sekitar 48% relatif terhadap silinder tunggal (tanpa pengontrol pasif).

Dasar Teori

Aliran inkompresibel melintasi silinder dapat dilihat pada gambar 1.

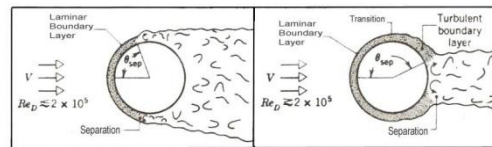


(a) Aliran *Viscous* (b) Aliran *inviscid*

Gambar 1. Gambar Kualitatif aliran pada suatu silinder (Fox, 1985)

Pada Gambar1.a menunjukkan aliran *viscous* pada suatu silinder, *streamlines* adalah simetris. Titik A adalah titik stagnasi dan selanjutnya terjadi *boundary layer*. Dari titik A ke titik B terjadi kenaikan kecepatan yang berakibat penurunan tekanan dan selanjutnya dari titik B ke titik C terjadi penurunan kecepatan yang berarti terjadi kenaikan tekanan $P_C > P_B$. Di titik C momentum aliran tidak mampu melawan tegangan geser sehingga menyebabkan pecahnya *boundary layer*. Titik C disebut dengan *point of separation*. Di antara titik-titik atau tempat-tempat pemisahan *boundary layer* terjadi suatu kawasan yang disebut dengan *wake*. Makin besar *wake* makin besar terjadi perbedaan gaya di depan dan di belakang silinder berakibat makin besar gaya seret aliran terhadap silinder. Aliran *inviscid* digambarkan pada gambar 1.b. terlihat bahwa *streamlines* simetris, terjadi slip pada permukaan silinder dan perbedaan besar kecilnya kecepatan aliran ditunjukkan oleh rapat longgarnya *streamlines* yang ada dan juga tidak terjadi *wake* sehingga tidak terjadi gaya seret pada silinder.

Pengaruh turbulensi pada separasi aliran yang melintasi silinder dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh turbulensi pada separasi (Incropera & DeWitt, 1981).

Karena momentum fluida dalam lapisan batas turbulen lebih besar dari pada lapisan batas laminar, maka kemampuannya untuk melawan tegangan geser lebih besar sehingga akan lebih mampu untuk menunda yang menyebabkan separasi, itu layak untuk mengharapkan transisi. Jika $Re_D \leq 2 \times 10^5$, lapisan batas tetap laminar, dan separasi terjadi pada $\theta \approx 80^\circ$. Tetapi, jika $Re_D \geq 2 \times 10^5$, terjadi transisi lapisan batas, dan separasi ditunda sampai $\theta \approx 140^\circ$.

2. Metode Penelitian

Beberapa persamaan yang digunakan dalam perhitungan koefisien drag:

2.1. Rumus Koefisien Tekanan (C_p)

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

Dengan:

P = Tekanan permukaan (N/m^2)

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

U_o = Kecepatan aliran bebas (m/s)

ρ = Densitas fluida (kg/m^3)

2.2. Koefisien drag yang bekerja pada silinder diperoleh dengan mengintegalkan tekanan permukaan pada silinder (Lee, et al., 2004) :

$$C_D = \int \frac{(P-P_o)dA}{\frac{1}{2}\rho U_o^2 DL} \quad (2)$$

Dengan:

P = Tekanan permukaan silinder (N/m²)

P_o = Tekanan statik lingkungan (N/m²)

L = Panjang silinder (m)

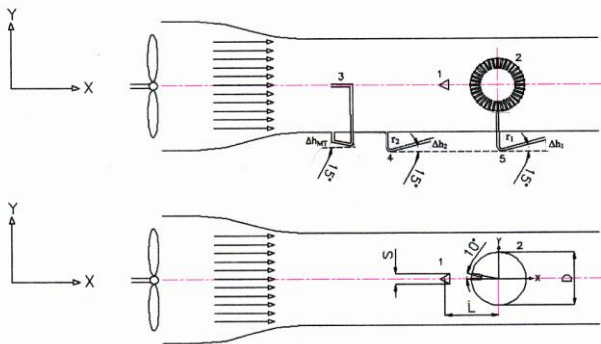
D = Diameter silinder (m)

U_o = Kecepatan aliran bebas (m/s)

ρ = Densitas fluida (kg/m³)

2.3. Skema Instalasi Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : lorong udara (*wind tunnel*), pipa pitot, U manometer, inclined manometer, silinder, segitiga penghalang, blower. Adapun skema instalasi penelitian adalah seperti pada gambar 1.



Gambar 3. Skema instalasi penelitian

Keterangan Gambar 3.1. :

1. Penghalang berbentuk segitiga
 2. Silinder
 3. Pitot pengukur tekanan total
 4. Manometer tekanan statis
 5. Manometer tekanan permukaan silinder
- L = Jarak segitiga penghalang dengan silinder
D = Diameter silinder
S = Sisi segitiga penghalang

Cara Kerja dan Teknik Pengambilan data

Aliran udara yang dihembuskan oleh blower mengalir dalam *wind tunnel* dan melintasi penghalang berbentuk segitiga sama sisi dan mengenai silinder. Silinder yang digunakan pipa PVC jenis AW, Permukaan silinder dilubangi sebanyak 36 lubang dengan diameter 1 mm, dan dihubungkan dengan selang berdiameter 2 mm ke *inclined manometer*. Pemasangan *pressure tube* dilakukan pada keliling silinder pada bagian tengah. Posisi tiap titik dari *pressure tube* berjarak 10° dari titik pusat, sehingga akan diperoleh 36 titik *pressure tube* pada silinder.

Untuk mengukur tekanan permukaan (P) (alat ukur 5), pembacaan manometer dilakukan secara manual. Kecepatan aliran udara *wind tunnel* diukur dengan pipa pitot (3) yang membaca tekanan total, sedangkan alat ukur (4) yang dihubungkan dengan selang berdiameter 2 mm untuk mengukur tekanan statis (P_o) yang juga dibaca secara manual.

Kecepatan udara bebas U_o diproses dari tekanan dinamik yakni selisih antara tekanan total dan tekanan statik.

Prosedur Pengambilan Data

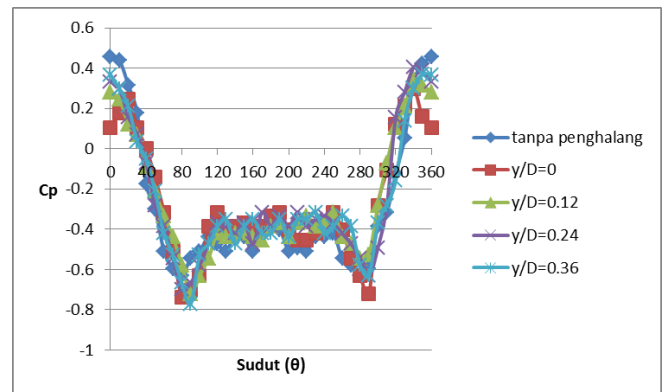
Prosedur pengambilan data dilaksanakan setelah menentukan atau mengatur semua instrumen yang mendukung dalam proses pengambilan data.

Langkah-langkah yang diambil antara lain :

1. Meletakkan silinder dan segitiga penghalang di dalam *wind tunnel* di depan dari saluran subsonik.
2. Menghidupkan blower
3. Setelah blower berjalan stasioner dilakukan pengambilan data
4. Pengambilan data distribusi tekanan dengan variasi jarak ke arah vertikal, dilakukan dengan mengambil data pada permukaan silinder.
5. Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali pada setiap posisi pengujian baik tanpa penghalang maupun dengan penghalang segitiga. Dilakukan juga pengambilan data untuk kecepatan aliran bebas di depan dari saluran subsonik dan juga pengukuran tekanan statik.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian pada silinder dengan ring penampang bulat dan segi empat, kecepatan aliran udara U_o = 8,8 m/s, dengan bilangan Reynolds Re = 3.64 x 10⁴ adalah seperti terlihat pada gambar berikut.

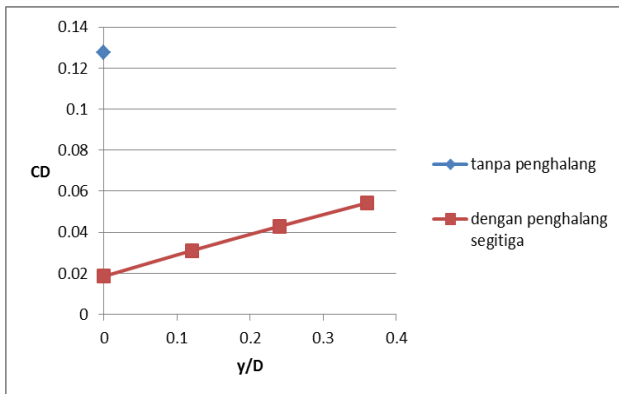


Gambar 4. Grafik hubungan koefisien tekanan (Cp) terhadap sudut (θ).

Pada gambar 4. Menunjukkan grafik hubungan koefisien tekanan (Cp) terhadap sudut silinder (θ), tanpa penghalang dan dengan penghalang segitiga yang jaraknya divariasikan pada arah vertikal yaitu pada y/D = 0, 0.12, 0.24 dan 0.36. Penurunan tekanan yang terjadi sangat tajam yang menunjukkan terjadi peningkatan kecepatan aliran setelah mengenai penghalang segitiga. Titik stagnasi tidak selalu pada sumbu silinder tapi berubah sesuai dengan variasi jarak ke arah vertikal. Titik separasi berubah sesuai dengan jarak penghalang ke arah vertikal. Titik separasi pada tanpa penghalang segitiga adalah 110° sedangkan dengan penghalang berubah menjadi 120°. Perubahan titik separasi ini disebabkan oleh aliran yang setelah mengenai penghalang segitiga

terjadi percepatan aliran yang meningkatkan momentum aliran untuk mengatasi gesekan pada permukaan silinder.

Untuk grafik hubungan koefisien drag terhadap jarak ke arah vertikal ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik hubungan koefisien drag (CD) terhadap jarak vertikal y/D .

Pada gambar 5. Menunjukkan hubungan koefisien drag (CD) terhadap perbandingan jarak vertikal dengan diameter silinder (y/D) dengan penghalang dan tanpa penghalang segitiga. Terlihat bahwa terjadi penurunan drag dibandingkan tanpa penghalang. Semakin besar jarak vertikal dari sumbu silinder koefisien drag semakin besar. Hal ini disebabkan pada jarak vertikal yang semakin jauh dari sumbu silinder terjadi ketidakseimbangan aliran yang diterima silinder, dimana pada salah satu bagian terjadi kehilangan energi kinetik yang cukup besar. Oleh karena itu, momentum aliran tidak mampu mengatasi gesekan yang terjadi, sehingga separasi aliran terjadi di awal dan wake dibelakang silinder menjadi besar yang menyebabkan beda tekanan di depan dan di belakang silinder menjadi besar. Selanjutnya perbedaan tekanan di depan dan dibelakang silinder yang besar ini menyebabkan drag besar. Penurunan koefisien drag terbesar terjadi jarak vertikal $y/D = 0$ yaitu besarnya $CD = 0.01856$. Besarnya penurunan koefisien drag dibandingkan dengan tanpa penghalang segitiga adalah 85.45 %.

4. Simpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Adanya penghalang segitiga mampu menurunkan koefisien drag
2. Semakin jauh jarak penghalang segitiga pada arah vertikal dari sumbu silinder semakin besar koefisien dragnya.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana yang telah menyediakan tempat dan fasilitas untuk melakukan penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] Bouak, F, and Lemay, J, *Passive Control of the Aerodynamics Forces Acting on a Circular Cylinder*, Experimental Thermal and Fluid Science, 16, pp. 112-121,1998.
- [2] Chew, Y T., L S Pan, & T S Lee, *Numerical Simulation Of The Effect Of a Moving Wall On Separation Of Flow Past a Symmetrical Aerofoil*, ImechE, 212.1997.
- [3] Fox, R. W., *Introduction To Fluid Mechanics*, John Wiley & Sons, New York, 1985.
- [4] Igarashi, T., *Drag Reduction Of a Square Prism by Flow Control Using a Small Rod*, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 69 – 71, 141 – 153, 1997.
- [5] Incropera, F. P. & D. P. DeWitt. 1981. *Fundamentals Of Heat And Mass Transfer*, John Wiley & Sons, New York, 1981.
- [6] Lee, S., S. Lee, & C. Park, *Reducing The Drag On a Circular Cylinder by Upstream Installation Of a Small Control Rod*, *Fluid Dynamics Research*, 34: 233-250, 2004.
- [7] Tsutsui, T. & T. Igarashi, *Drag Reduction of a Circular Cylinder in an Air-Stream*, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 90(2002): 527-541.
- [8] Yajima, Y & O. Sano, *A Note On The Drag Reduction Of a Circular Cylinder Due To Double Rows Of Holes*, *Fluid Dynamics Research*, 18(1996): 237 – 243. 1996.

