

# Pengaruh Variasi Jarak Penghalang Berbentuk Segitiga di Depan Silinder Terhadap Koefisien *Drag*

Si Putu Gede Gunawan Tista

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Badung

e-mail: guntista@me.unud.ac.id

---

## 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 dilakukan dengan menempatkan penghalang berbentuk segitiga di depan silinder. Tujuan penelitian ini adalah menganalisa pengaruh variasi jarak penghalang berbentuk segitiga di depan silinder terhadap drag. Dalam penelitian ini pengujian dilakukan pada wind tunnel, yang terdiri dari blower, pipa pitot, manometer, pipa silinder, dan segitiga penghalang. Penempatan penghalang dilakukan pada jarak  $L/D = 1,19$ ,  $L/D = 1,43$ ,  $L/D = 1,67$ ,  $L/D = 1,9$ ,  $L/D = 2,14$ ,  $L/D = 2,38$ ,  $L/D = 2,62$ , dan  $L/D = 2,86$  terhadap silinder dengan panjang sisi segitiga adalah 8 mm. Bilangan Reynolds berdasarkan diameter silinder ( $D = 42$  mm) adalah  $Re = 1.81 \times 10^4$ . 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 koefisien drag penurunan koefisien drag tertinggi adalah pada jarak  $L/D = 1,43$  yaitu sebesar 0,0188 yang berarti besarnya penurunan drag adalah 85,25% dibandingkan dengan tanpa penghalang.

Kata kunci: Segitiga penghalang, Jarak penghalang, Separasi, Pengurangan drag.

## Abstract

# Influence of Blocker Distance Variations in form of Triangle in Front of Cylinder toward Drag Coefficient

One of the ways to reduce energy consumption on the air plane and the other bluff bodies are by decreasing the drag. Drag is closely related to the flow separation. The earlier separation, then the drag will increase more. Based on the fact the effort to decrease drag is conducted by manipulating the field of fluid flow. Stream manipulation was done by installing Triangle obstacle in front of cylinder. The purpose of this research is to analyze the effect of various distance triangle obstacle in front of cylinder on drag. The present experiment was done by placing triangle rod in front of the cylinder. In the present research, the experiment was conducted in the wind tunnel, which consisted of blower, pitot pipe, manometer, cylinder pipe, and triangle rod. The triangle was positioned at  $L/D = 1.19$ ,  $L/D = 1.43$ ,  $L/D = 1.67$ ,  $L/D = 1.9$ ,  $L/D = 2.14$ ,  $L/D = 2.38$ ,  $L/D = 2.62$ , and  $L/D = 2.86$  by upstream from the cylinder. The triangle was 8 mm uniform side. The Reynolds number based on the cylinder diameter ( $D = 42$  mm) was  $Re = 1.81 \times 10^4$ . The research results showed that the triangle rod could decrease the drag of cylinder. Coefficient drag for cylinder without triangle rod was 0.1276 while the biggest decrease of coefficient of drag with triangle rod was happened at  $L/D = 1.43$  which was 0.0188. It means that the drag of cylinder with triangle rod was 85.25% lower than the cylinder alone.

Key words: Triangle obstacle, Obstacle distance, Separation, Drag reduction.

---

## 1. Pendahuluan

Fenomena gerakan aliran fluida melintasi suatu benda (bluff body) memegang peranan penting dalam aplikasi engineering seperti pada penukar kalor, pembakaran, dan alat transportasi. Sebagai contoh, dalam dunia transportasi seperti pesawat udara, mobil atau kapal laut. Apabila *drag* yang besar dapat dikurangi maka energi yang dibutuhkan untuk bergerak

dapat diperkecil, sehingga banyak sekali bahan bakar dapat dihemat [7].

Dalam aplikasi teknik, banyak sekali konstruksi yang menggunakan silinder, hal ini telah mendorong banyak peneliti untuk melakukan penelitian tentang aliran melintasi silinder. Oleh karenanya, sampai saat ini penelitian aliran melintasi silinder tetap sebagai salah satu yang penting dalam mekanika fluida

[1]. Sehingga, penting untuk melakukan studi dengan silinder sebagai obyek.

Aliran eksternal *viscous* yang mengalir melalui silinder akan mengalami stagnasi, lapisan batas, separasi (pemisahan) dan *wake* di belakang 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.

Pada umumnya, teknik pengontrolan aliran fluida pada benda tumpul (*bluff body*) diklasifikasikan dalam dua jenis, yaitu metode pengontrolan pasif dan aktif. Metode pengontrolan aktif mengontrol aliran fluida dengan cara mensuplai energi dari luar seperti penambahan hembusan jet, sedangkan metode pengontrolan pasif mengontrol aliran fluida dengan cara memodifikasi bentuk *bluff body* dengan cara menempatkan alat tambahan seperti batang pengontrol atau dengan menempelkan elemen tambahan ke *bluff body* untuk menambah kekasaran permukaan. Metode pengontrolan aktif memerlukan peralatan yang kompleks untuk mensuplai energi dari luar kepada aliran. Oleh karena itu, metode pengontrolan pasif lebih mudah untuk diaplikasikan.

Besarnya pengaruh dari parameter – parameter diatas menarik penulis untuk melakukan penelitian terhadap variasi jarak penghalang berbentuk segitiga di depan silinder. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa pengaruh variasi jarak penghalang berbentuk segitiga di depan silinder terhadap *drag*.

Beberapa 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  $Re = 20000$ . Diameter batang kontrol diubah-ubah dari 4 sampai 8, sedangkan panjang jarak puncak  $L$  adalah 45, 50, 55, 60, 62.5, 65, 70, 90, 105, dan 120 mm. Pengurangan koefisien *drag* dari silinder utama adalah 29% dari kasus tanpa batang kontrol. Maksimum pengurangan koefisien total *drag* dari seluruh sistem meliputi silinder utama dan batang kontrol sekitar 25% pada rasio jarak puncak  $L/D = 1,833$  dengan diameter batang kontrol  $d/D = 0,233$ .

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. Jarak antara sumbu silinder dan batang,  $L$  adalah 50 – 120 mm. Angka Reynold

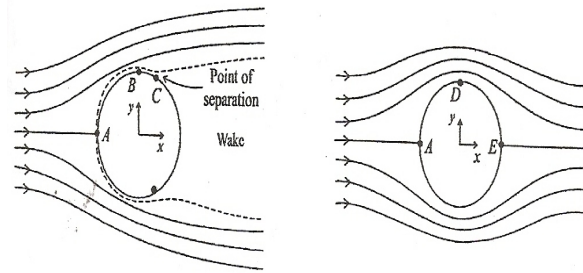
didasarkan pada  $D$  rentang dari  $1,5 \times 10^4$  sampai  $6,2 \times 10^4$ . Terjadi dua pola aliran dengan dan tanpa *vortex shedding* dari batang. Pola aliran berubah tergantung pada diameter batang, posisi, dan angka Reynold. Kondisi optimum dari pengurangan *drag* adalah pada  $d/D = 0,25$ ,  $L/D = 1,75 - 2,0$ . Pada kondisi ini *vortex* tidak tumpah dari batang dan lapisan geser dari batang menempati muka depan dari silinder. Pengurangan total *drag* yang meliputi *drag* dari batang adalah 63% dibandingkan dengan yang satu silinder.

Bouk, dkk (1998), lakukan studi eksperimental menggunakan sili 1 kecil sebagai pengontrol pasif untuk mengukur 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).

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Aliran Melintasi Silinder

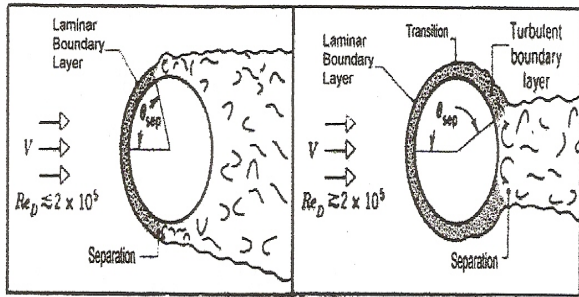
Aliran inkompresibel melintasi silinder dapat dilihat pada Gambar 1.



(a) Aliran Viscous (b) Aliran Inviscid  
Gambar 1. Kualitatif aliran pada suatu silinder

Gambar 1.a. menunjukkan aliran viscous pada suatu silinder, *streamlines* adalah simetris. Titik A adalah titik stagnasi yang 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*. Diantara titik-titik atau tempat-tempat pemisahan *boundary layer* terjadi suatu kawasan yang disebut dengan *wake*. Makin besar *wake* makin besar terjadi perbedaan gaya didepan dan dibelakang silinder berakibat makin besar gaya seret aliran silinder terhadap silinder. Aliran *inviscid* di Gambarkan pada Gambar 1b. 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**

Karena 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 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  $\theta \approx 140^\circ$ .

**2.2. Koefisien Drag**

*Drag* yaitu hambatan dari aliran pada suatu benda. *Drag* ini merupakan hambatan dari gerakan suatu benda dan hambatan ini dapat terjadi juga pada dinding pipa tempat mengalirnya fluida. Energi harus diberikan untuk mengatasi *drag* serta untuk mempertahankan gerakan relatif antara benda dan aliran fluida serta untuk menghambat terjadinya deformasi pada suatu benda yang disebabkan *drag*.

Perbedaan antara tekanan tinggi di daerah stagnasi di depan dengan tekanan di daerah belakang memberikan sumbangan seretan yang besar, yang disebut *drag* tekanan. Ini ditambahkan pada integrasi tegangan geser atau *drag* gesekan benda tadi yang lebih rendah, dengan kata lain koefisien drag dapat dibagi dalam dua macam :

1. Koefisien drag yang disebabkan oleh perbedaan tekanan antara bagian di depan dan di belakang bodi di sebut *pressure drag*.
2. Koefisien drag yang disebabkan oleh gesekan permukaan bodi dengan fluida disebut *friction drag*

Persamaan koefisien drag pada suatu penghalang [6] :

$$C_D = C_{D, \text{tek}} + C_{D, \text{gesekan}} \quad (1)$$

Untuk  $C_D$ , gesekan karena kecil diabaikan maka :

$$C_D = \frac{\text{Drag}}{\frac{1}{2} \rho U^2 A} \quad (2)$$

Keterangan :

Drag = Gaya drag (N)

- $\rho$  = Densitas fluida ( $\text{kg/m}^3$ )
- $U$  = Kecepatan aliran (m/s)
- $A$  = Luas penghalang ( $\text{m}^2$ )

Sedangkan persamaan koefisien tekanan adalah [5]:

$$C_p = \frac{P - P_o}{\frac{1}{2} \rho U_o^2} \quad (3)$$

Dengan :

- $P$  = Tekanan permukaan ( $\text{N/m}^2$ )
- $P_o$  = Tekanan statik lingkungan ( $\text{N/m}^2$ )
- $U_o$  = Kecepatan aliran bebas (m/s)
- $\rho$  = Densitas fluida ( $\text{kg/m}^3$ )

Koefisien drag yang bekerja pada silinder utama diperoleh dengan mengintegrasikan tekanan permukaan pada silinder [5]:

$$C_D = \int \frac{(P - P_o) dA}{\frac{1}{2} \rho U_o^2 DC} \quad (4)$$

Dengan :

- $P$  = Tekanan permukaan silinder ( $\text{N/m}^2$ )
- $P_o$  = Tekanan statik ( $\text{N/m}^2$ )
- $C$  = Panjang silinder (m)
- $D$  = Diameter silinder (m)
- $U_o$  = Kecepatan aliran bebas (m/s)
- $\rho$  = Densitas fluida ( $\text{kg/m}^3$ )

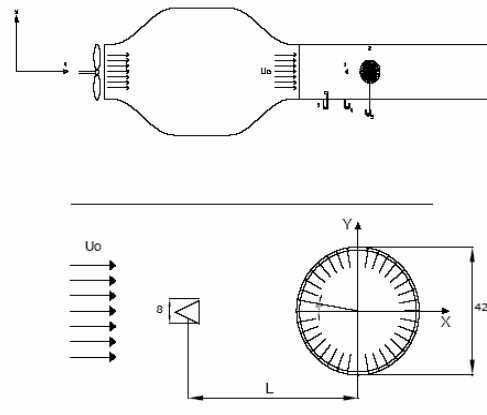
**3. Metode Penelitian**

**3.1. Alat Uji**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah:

1. Lorong Udara (wind tunnel)
2. Pipa Pitot
3. Manometer
4. Segitiga Penghalang
5. Silinder
6. Blower

Adapun susunan alat uji pada Gambar 3.



**Gambar 3. Susunan Alat Uji**

Keterangan :

1. Penghalang berbentuk segitiga
2. Silinder utama
3. Pitot pengukur tekanan total
4. Manometer tekanan statis
5. Manometer tekanan permukaan sekeliling silinder

### 3.2. Cara Kerja Dan Teknik Pengambilan Data

Aliran udara yang dihembuskan oleh blower mengalir dalam wind tunnel dan melintasi segitiga penghalang yang memiliki panjang sisi 8 mm dan mengenai silinder utama yang berdiameter 42 mm.

Permukaan silinder utama dilubangi sebanyak 36 lubang dengan diameter 1 mm, dan dihubungkan dengan selang berdiameter 2 mm ke manometer U berdiameter 2mm.

Untuk mengukur tekanan permukaan (P) (alat ukur 5). Pembacaan manometer dilakukan secara manual.

Kecepatan aliran udara wind tunnel diukur dengan pipa pitot (3) dengan diameter pipa 2 mm yang membaca tekanan total, sedangkan alat ukur (4) yang dihubungkan dengan selang berdiameter 2 mm untuk mengukur tekanan statis ( $P_0$ ) yang juga dibaca secara manual.

Kecepatan udara bebas  $U_0$  diproses dari tekanan dinamik yakni selisih antara tekanan total dan tekanan statik.

### 3.3. 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 utama dan segitiga penghalang pada posisi  $y = 10$  mm 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 penghalang berbentuk segitiga dalam arah horizontal, dilakukan dengan mengambil data pada permukaan silinder utama dengan interval  $10^\circ$ , juga pengambilan data kecepatan aliran bebas di depan dari saluran subsonik demikian juga dengan pengukuran tekanan statik.

## 4. Hasil Dan Pembahasan

Hasil penelitian dengan kecepatan aliran udara bebas  $U_0 = 6.248$  m/s, pada bilangan Reynold =  $1.81 \times 10^4$  dapat dibuatkan grafiknya.

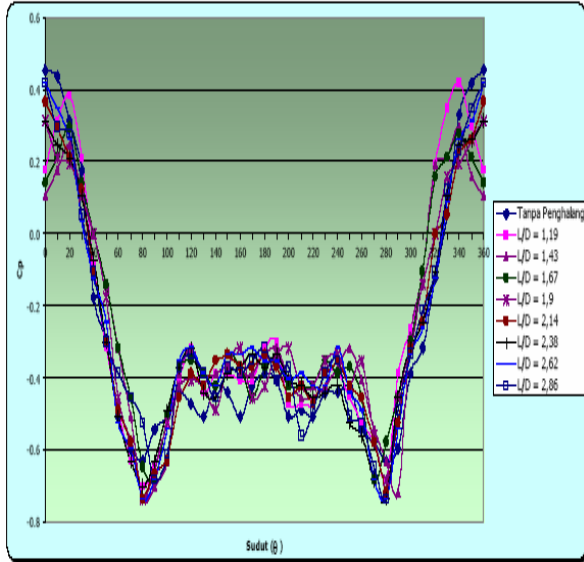
Gambar 4. adalah distribusi koefisien tekanan ( $C_p$ ) pada sekeliling permukaan silinder baik dengan

penghalang segitiga maupun tanpa penghalang segitiga. Simbol ( $\blacklozenge$ ) adalah merupakan tanpa penghalang, disini dapat dilihat pada sudut  $\theta = 0^\circ$  merupakan tempat tekanan terbesar pada titik stagnasi dengan  $C_p = 0,45614$  setelah titik stagnasi tekanan cenderung turun sampai pada sudut  $\theta = 80^\circ$  yang merupakan titik tekanan minimum dengan  $C_p = -0,63158$  akibat peningkatan kecepatan aliran pada titik stagnasi rendah. Kemudian tekanan kembali meningkat sampai sudut  $\theta = 110^\circ$  yang merupakan titik separasi aliran dengan  $C_p = -0,4386$ . selanjutnya dapat dilihat nilai masing-masing koefisien tekanan ( $C_p$ ) untuk silinder yang diberi penghalang berbentuk segitiga sama sisi dari bahan kayu yang permukaannya dihaluskan pada jarak yang divariasikan.

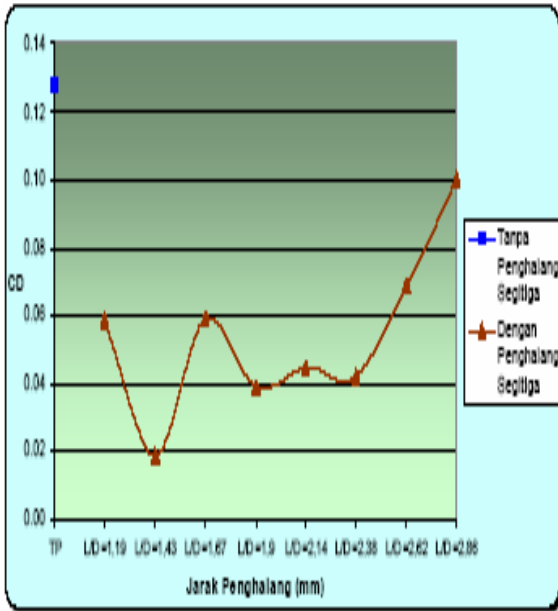
Pada simbol ( $\blacksquare$ ) yaitu pada jarak penghalang  $L/D = 1,19$  terlihat pada sudut  $\theta = 0^\circ$  nilai  $C_p = 0,17544$  yaitu lebih kecil dari  $C_p$  pada silinder tanpa penghalang, kemudian tekanan permukaan mulai naik sampai pada titik maksimum yaitu pada sudut  $\theta = 20^\circ$  dengan  $C_p = 0,38596$ , titik ini juga merupakan titik stagnasi aliran, titik stagnasi bergeser dari sudut  $\theta = 0^\circ$  pada silinder tanpa penghalang menjadi sudut  $\theta = 20^\circ$  karena penempatan penghalang segitiga yang menyebabkan separasi dan efek *backflow* dibelakang segitiga penghalang yang menimbulkan pengaruh yang sangat signifikan untuk silinder dibelakangnya. Setelah tekanan permukaan mencapai nilai maksimum kemudian turun lagi sampai pada titik minimum yakni pada sudut  $\theta = 80^\circ$  dengan nilai penurunan permukaan mencapai nilai  $C_p = -0,70175$ .

Setelah melewati titik ini tekanan mulai naik kembali sampai nilai tekanan permukaan mencapai nilai  $C_p = -0,31579$  pada sudut  $\theta = 120^\circ$ . Titik ini juga merupakan titik dimana terjadinya separasi aliran akibat menurunnya kecepatan aliran, disini dapat dilihat bahwa titik separasi aliran bergeser dari sudut  $\theta = 110^\circ$  pada tanpa penghalang menjadi sudut  $\theta = 120^\circ$  merupakan tanda bahwa separasi aliran tertunda yang mengakibatkan lebih kecilnya area *wake* dibelakang silinder akibat penempatan penghalang berbentuk segitiga.

Simbol ( $\blacktriangle$ ) yaitu jarak penghalang  $L/D = 1,43$  dapat dilihat bahwa  $C_p = 0,10526$  pada sudut  $\theta = 0$  kemudian tekanan permukaan mulai naik sampai pada titik maksimum yaitu pada sudut  $\theta = 20^\circ$  dengan nilai  $C_p = 0,24561$  yang merupakan titik stagnasi, titik stagnasi tetap sama jika dibandingkan dengan penghalang  $L/D = 1,19$  yaitu sudut  $\theta = 20^\circ$ , setelah koefisien tekanan mencapai nilai maksimum kemudian turun lagi sampai pada titik minimum yaitu sudut  $\theta = 80^\circ$  dengan penurunan koefisien tekanan mencapai  $C_p = -0,73684$ , lalu tekanan mulai naik kembali sampai nilai tekanan permukaan silinder mencapai nilai  $C_p = -0,31579$  pada sudut  $\theta = 120^\circ$  yang merupakan titik separasi aliran.



**Gambar 4. Grafik Hubungan Koefisien Tekanan terhadap sudut silinder( $\theta$ ) dengan tanpa penghalang dan dengan variasi jarak segitiga penghalang.**



**Gambar 5. Grafik Hubungan Koefisien Drag terhadap Jarak Penghalang .**

Simbol (●) yang merupakan jarak penghalang  $L/D = 1,67$  tekanan permukaan silinder pada sudut  $\theta = 0^\circ$  nilai  $C_p = -0,14035$  selanjutnya tekanan mulai meningkat sampai pada tekanan maksimum yaitu pada sudut  $\theta = 20^\circ$  dengan  $C_p = 0,29825$  yang merupakan titik stagnasi, setelah melewati titik ini tekanan mengalami penurunan sampai pada sudut  $\theta = 90^\circ$  dengan nilai  $C_p = -0,68421$  yang merupakan titik

minimum untuk koefisien tekanan permukaan pada jarak penghalang  $L/D = 1,67$ , setelah itu tekanan kembali naik sampai sudut  $\theta = 120^\circ$  dengan  $C_p = -0,35088$  yang merupakan titik separasi yang telah bergeser dibandingkan dengan tanpa penghalang. Selanjutnya untuk simbol (\*) pada jarak penghalang  $L/D = 1,9$  tekanan stagnasi kembali keposisi sudut  $\theta = 0^\circ$  dengan  $C_p = 0,31579$  yaitu titik stagnasi, disini dapat dilihat bahwa titik stagnasi telah kembali kepada posisi seperti tanpa penghalang segitiga, setelah titik ini tekanan mengalami penurunan sampai titik minimum yaitu  $C_p = -0,73684$  pada posisi sudut  $\theta = 80^\circ$  yang kemudian tekanan meningkat lagi hingga mencapai nilai  $C_p = -0,40351$  pada sudut  $\theta = 120^\circ$  yang merupakan titik separasi aliran. Pada jarak penghalang  $L/D = 2,14$  yaitu simbol (●) pada sudut  $\theta = 0^\circ$  seperti halnya  $L/D = 1,9$  nilai koefisien tekanan tinggi karena merupakan titik stagnasi aliran dengan  $C_p = 0,36824$  yang kemudian turun sampai pada sudut  $\theta = 80^\circ$  dengan nilai  $C_p = -0,73684$  yang merupakan nilai koefisien tekanan minimum, lalu nilai koefisien tekanan kembali naik hingga mencapai sudut  $\theta = 120^\circ$  dengan  $C_p = -0,38596$  yang merupakan titik separasi aliran. Untuk silinder dengan jarak penghalang  $L/D = 2,38$  dengan simbol (+) nilai  $C_p = 0,31579$  pada sudut  $\theta = 0^\circ$  yang juga merupakan titik stagnasi aliran, lalu koefien tekanan turun sampai sudut  $\theta = 80^\circ$  dengan nilai  $C_p = -0,70175$  yang merupakan nilai koefisien tekanan minimum dimana terjadi kecepatan aliran yang maksimum untuk jarak penghalang  $L/D = 2,38$ , setelah melewati titik ini tekanan naik hingga mencapai sudut  $\theta = 120^\circ$  dengan nilai  $C_p = -0,31579$  yang merupakan titik separasi aliran. Pada silinder dengan jarak  $L/D = 2,62$  atau simbol (-) pada titik pengukuran sudut  $\theta = 120^\circ$  nilai  $C_p = 0,42105$  titik ini merupakan titik stagnasi setelah melewati titik ini tekanan terus menurun sampai pada sudut  $\theta = 80^\circ$  dengan nilai  $C_p = -0,73684$  yang kemudian naik hingga mencapai sudut  $\theta = 120^\circ$  dengan nilai  $C_p = -0,31579$  sebagai titik separasi aliran. Pada simbol (□) yang merupakan silinder dengan jarak penghalang  $L/D = 2,86$  nilai  $C_p$  pada sudut  $\theta = 0^\circ$  cenderung bernilai sama dengan jarak penghalang  $L/D = 2,62$  yaitu  $C_p = 0,42105$  yang merupakan titik dengan tekanan maksimum, kemudian tekanan terus turun hingga sudut  $\theta = 80^\circ$  dengan nilai  $C_p = -0,68421$  yaitu titik dengan tekanan terendah pada permukaan silinder, lalu nilai koefisien tekanan kembali naik hingga mencapai sudut  $\theta = 120^\circ$  dengan nilai  $C_p = -0,33333$  yang merupakan titik separasi aliran.

Pada Gambar 5. terlihat bahwa dengan pemasangan penghalang dengan variasi jarak  $L/D = 1,19, L/D = 1,43, L/D = 1,67, L/D = 1,9, L/D = 2,14, L/D = 2,38, L/D = 2,62$  dan  $L/D = 2,86$  terhadap silinder menyebabkan berubahnya pola aliran yang

melintasi silinder, hal ini menegaskan bahwa pemasangan segitiga pada silinder utama telah mempengaruhi karakteristik lapisan batas aliran pada permukaan silinder. Pada penghalang  $L/D = 1,67$  terjadi peningkatan koefisien *drag* yang cukup signifikan dibandingkan dengan penghalang  $L/D = 1,43$ , ini kemungkinan disebabkan terjadinya pola aliran turbulen yang cukup besar yang menyebabkan tekanan yang meningkat dan lebih tinggi pada area *wake* dibandingkan  $L/D = 1,43$ . dari Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa penurunan koefisien *drag* terbesar terjadi pada jarak penghalang  $L/D = 1,43$  dengan nilai koefisien *drag* ( $CD$ ) = **0.0188** dengan prosentasi penurunan koefisien *drag* terhadap tanpa penghalang sebesar **85,27%**.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan adanya segitiga penghalang nilai koefisien *drag* mempunyai kecenderungan turun dibandingkan dengan tanpa penghalang segitiga.
2. Semakin jauh jarak penghalang segitiga dari silinder nilai koefisien *drag* mempunyai kecenderungan untuk naik.
3. Koefisien *drag* terkecil adalah penghalang segitiga dengan jarak  $L/D = 1,43$  dengan nilai koefisien *drag* ( $CD$ ) = 0,0188 yang berarti penurunan koefisien *drag* sebesar 85,25% dibandingkan dengan tanpa penghalang.

## Daftar Pustaka

- [1] Bouak, F., and Lemay, J, 1998, *Passive Control of the Aerodynamics Forces Acting on a Circular Cylinder, Experimental Thermal and Fluid 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*, Ameche, 212.
- [3] Fox, Robert W, McDonald. 1994, *Introduction to Fluid Mechanics*. New York: John Wiley & Sons, INC.
- [4] Incropera, F. P. & D. P. Dewitt. 1981, *Fundamental of Heat and mass Transfer*, John Wiley & Sons, New York.
- [5] Lee, S., & C. Park, 2004, *Reducing The Drag on a Circular Cylinder by Upstream Installation of a Small Control Rod*, Fluid Dynamics Research, 34:233-250.
- [6] White, F.M, 1999. *Fluid Mechanics*, McGraw-Hill, Inc. New York
- [7] Tsutsui, T. & T. Igarashi, 2002. Drag Reduction of a Circular Cylinder in an Air-Stream, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **90**: 527-541.