

Pengaruh variasi jarak antar ring berbentuk segi empat pada permukaan silinder terhadap koefisien drag

Si Putu Gede Gunawan Tista^{1)*}, I Made Astika¹⁾, Ainul Ghurri¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Dalam aplikasi engineering banyak ditemukan peralatan yang menggunakan silinder seperti tiang penyangga jembatan, cerobong asap, tiang pancang pengeboran minyak lepas pantai dan sebagainya. Peralatan-peralatan tersebut mengalami hambatan udara setiap saat, yang menyebabkan kekuatan konstruksinya berkurang, akibat adanya *drag*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi jarak antar ring berbentuk segi empat pada permukaan silinder terhadap koefisien *drag*. Penelitian ini dilakukan pada *wind tunnel* (lorong udara) yang terdiri dari *blower* (untuk menghembuskan udara), pipa pitot, U tube manometer, *inclined* manometer, neraca digital, silinder dengan ring segi empat. Pada penelitian ini, dilakukan dengan memvariasikan Jarak antar ring yaitu 30 mm, 40 mm, 50 mm, 60 mm dan 70 mm. Silinder diletakkan vertikal dalam *wind tunnel* dengan diameter $D = 60$ mm. Gaya *drag* diperoleh dengan menggunakan neraca digital yang mencatat besarnya massa, kemudian dikalikan dengan percepatan gravitasi. Distribusi tekanan diperoleh dengan mengukur tekanan pada permukaan silinder menggunakan *inclined* manometer pada 36 titik dengan interval 10° . Hasil penelitian menunjukkan semakin besar jarak antar ring koefisien *drag* semakin besar. Koefisien *Drag* terendah terjadi pada jarak antar ring $L = 30$ mm atau $L/D = 0.50$, besarnya $CD = 0,606352$. Besarnya penurunan *drag* dibandingkan tanpa ring adalah 29,3 %.

Kata kunci: Silinder, ring segi empat, jarak antar ring, koefisien *drag*

Abstract

In many engineering applications there are many types of equipment that use cylinders, such as smoke chimney, bridge support column, etc. The equipment is undergoing drag due to the airflow that flows through it. The existence of the drag will reduce its lifetime. One of the efforts to reduce drag is to create a rectangular ring on the surface of the cylinder. The purpose of this study was to determine the effect of variations in the distance between the ring of a rectangular ring on the cylinder surface on the drag coefficient. This research was conducted in wind tunnel which consists of a blower (for blowing air), pitot pipe, U-tube manometer, inclined manometer, digital balance, cylinder with a rectangular ring. The research was carried out by varying the distance between the ring i.e. 30 mm, 40 mm, 50 mm, 60 mm and 70 mm, respectively. The cylinder is placed in a vertical wind tunnel with a diameter $D = 60$ mm. The drag force is obtained by using a digital balance that records the amount of mass, and then multiplied by the acceleration due to gravity. The pressure distribution is obtained by measuring the pressure in the cylinder surface using inclined manometer on 36 points with 10° intervals. The results showed that the greater the distance between the rings increased the drag coefficient. The lowest drag coefficient was achieved at the distance between ring $L = 30$ mm or $L/D = 0.50$, with the CD value = 0.606352; that is equivalent to 29.3% drag reduction.

Keywords: Cylinder, rectangular ring, space between ring, drag coefficient

1. Pendahuluan

Fenomena gerakan aliran fluida melintasi suatu benda (*bluff body*) memegang peranan sangat penting dalam aplikasi engineering seperti pada penukar kalor, pembakaran, alat transportasi, cerobong asap, dan bangunan. Dengan demikian penelitian fenomena aliran tersebut menjadi sangat penting jika dikaitkan dengan krisis energi yang melanda dunia dewasa ini.

Pola aliran berbeda-beda tergantung geometri *bluff body* seperti silinder, segi empat, dan plat. Aliran external 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 [1].

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. Dalam aplikasi engineering, banyak ditemukan peralatan yang menggunakan silinder seperti tiang penyangga jembatan, cerobong asap, tiang pancang pengeboran minyak lepas pantai dan sebagainya. Peralatan-peralatan tersebut, mengalami hambatan aliran udara setiap saat, sehingga akan membuat kekuatan konstruksi dari peralatan tersebut akan berkurang. Hal ini diakibatkan oleh adanya drag (gaya hambat) yang ditimbulkan oleh aliran udara, dimana arahnya searah dengan arah aliran. Oleh karena itu,

*Korespondensi: Tel./Fax.: 62 361 703321 /62 361 703321
E-mail: gunawan.tista@yahoo.com
©Teknik Mesin Universitas Udayana 2016

penelitian tentang pengurangan drag (gaya hambat) pada silinder penting untuk dilakukan.

Dalam penelitian ini silinder dipasang ring yang berpenampang segi empat, sehingga terjadi perubahan pola aliran pada silinder, diharapkan separasi aliran bisa ditunda, wake dibelakang silinder menjadi lebih sempit dan terjadi pengurangan drag pada silinder. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi jarak antar ring berbentuk segi empat pada permukaan silinder terhadap koefisien drag.

Penelitian untuk mengurangi drag pada silinder telah banyak dilakukan, karena kalau drag bisa dikurangi tentu akan menghemat energi. Lee, et al. [2], meneliti pengaruh pemasangan batang kontrol kecil pada upstream dari silinder dengan fokus pada karakteristik drag dan struktur aliran. Bilangan Reynolds 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 [3], 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 Reynolds 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 Reynolds. 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.

Lim & Lee [4], 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 $ReD = 7,8 \times 10^3 \sim 1,2 \times 10^5$ 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 $ReD = 1,2 \times 10^5$, dibandingkan silinder halus. Tetapi, pemasangan gelang O dengan diameter

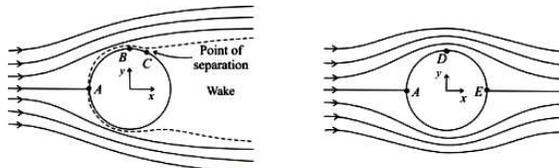
lebih besar dari pada $d = 0,067D$ hanya sedikit mengurangi drag.

Yajima & Sano [5], 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. Tista, SPGG [6], mengkaji aliran disekitar silinder dengan menempatkan batang segitiga sama sisi pada upstream dari silinder. Diameter silinder $D = 42$ mm, panjang sisi segitiga adalah 8 mm, bilangan Reynolds $Re = 1,81 \times 10^4$. Dilakukan 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 $L/D = 2,86$. Terjadi pengurangan koefisien drag pada saat diberi penghalang segitiga dibandingkan tanpa penghalang. Penurunan koefisien drag terbesar adalah pada jarak $L/D = 1,43$, besarnya penurunan koefisien drag adalah 85,25% dibandingkan tanpa penghalang.

Tista, SPGG [7], mengkaji aliran disekitar silinder dengan menambahkan ring berpenampang segi empat. Silinder yang dipasang ring dengan variasi sudut kemiringan ring 0° , 5° , 10° , 15° . Silinder diletakkan vertikal didalam wind tunnel, diameter silinder adalah 60 mm. Hasil penelitian menunjukkan terjadi pengurangan koefisien drag silinder yang dipasang ring dibanding tanpa ring. Penurunan koefisien drag terbesar terjadi pada sudut kemiringan ring 10° . Besarnya penurunan koefisien drag dibandingkan tanpa ring adalah 43,4%.

3. Dasar Teori

Aliran inkompresibel melintasi silinder dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Aliran melintasi silinder [8]

Pada Gambar 1.a. menunjukkan aliran viscous pada suatu silinder, streamlines adalah simetris. Titik A adalah titik stagnasi, selanjutnya terjadi boundary layer, dari titik A ke titik B terjadi kenaikan kecepatan yang berakibat penurunan tekanan, lalu titik B ke titik C terjadi penurunan kecepatan sehingga 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. Pada penelitian ini perhitungan koefisien tekanan digunakan persamaan berikut [1].

$$C_p = \frac{P - P_o}{\frac{1}{2} \rho U_o^2} \tag{1}$$

Dengan P = Tekanan permukaan (N/m²), P_o = Tekanan statis lingkungan (N/m²), U_o = Kecepatan aliran bebas (m/s), ρ = Densitas fluida (kg/m³).

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho U_o^2 A} \tag{2}$$

Dimana F_D = Gaya drag (N), ρ = Densitas udara (kg/m³), U_o = Kecepatan aliran udara bebas (m/s), A = Luas frontal (m²).

2. Metode Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah lorong udara (*wind tunnel*), pipa pitot, U manometer, *inclined* manometer, silinder dipasang ring, blower, timbangan digital. Adapun skema instalasi penelitian adalah seperti pada Gambar 2, sedangkan gambar benda uji ditunjukkan pada Gambar 3.

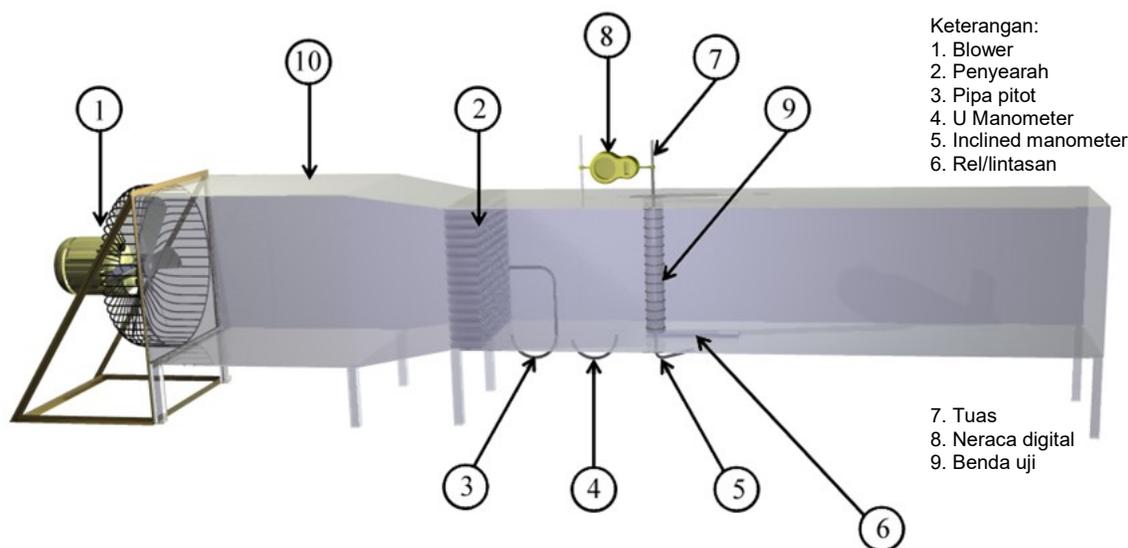
2.1. Cara kerja dan teknik pengambilan data

Setelah instalasi terpasang, pertama hidupkan blower (1), aliran udara yang dihembuskan mengalir dalam *wind tunnel*, melintasi penyearah (7) agar aliran udara dalam *wind tunnel* (2)

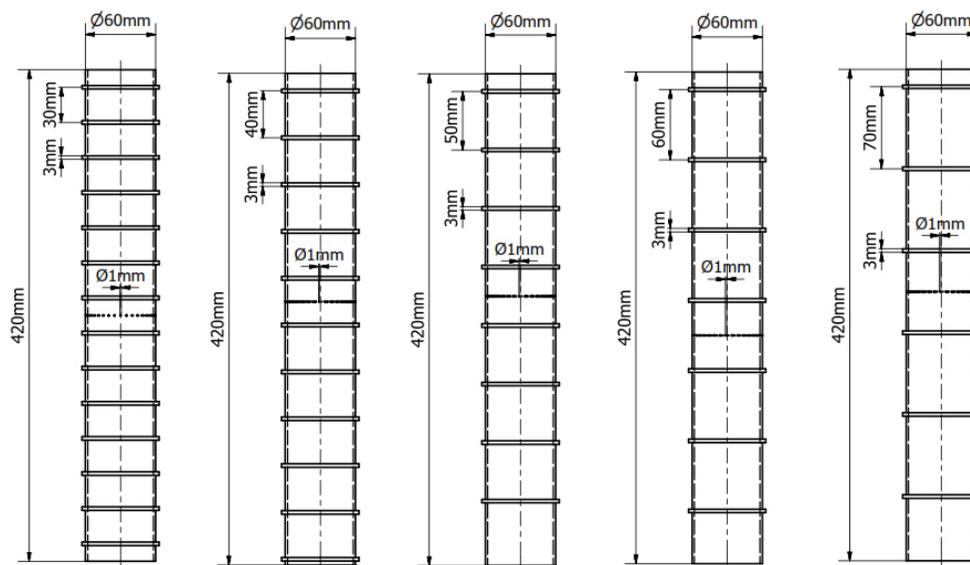
mengalir rata ke seluruh bagian dalam *wind tunnel*. Untuk mengukur kecepatan aliran udara digunakan pipa pitot (3) dengan diameter selang 2 mm yang membaca tekanan total, sedangkan alat ukur (4) yang dihubungkan dengan selang berdiameter 2 mm untuk mengukur tekanan statis (P_o) yang dibaca secara manual. Kecepatan udara bebas U_o diperoleh dari tekanan dinamik yakni selisih antara tekanan total dan tekanan statis.

Selanjutnya pengukuran tekanan statis pada permukaan silinder untuk mendapatkan harga koefisien tekanan (C_p), dimana untuk pengukuran tekanan pada permukaan silinder, silinder dilubangi sebanyak 36 titik dengan jarak antar lubang 10° dengan diameter lubang 1 mm dan dihubungkan dengan selang berdiameter 2 mm ke *inclined* manometer berdiameter 2 mm, untuk mengukur tekanan permukaan (P) digunakan alat ukur (5).

Untuk mengukur gaya *drag* (F_D) digunakan neraca digital. Aliran udara yang dihembuskan mengalir dalam *wind tunnel*, melintasi penyearah (7) agar aliran udara dalam *wind tunnel* mengalir uniform ke seluruh bagian dalam *wind tunnel*. Setelah melewati penyearah udara melintasi benda uji (10) yang pada bagian atas dan bawahnya sudah terpasang rel/lintasan (6), agar benda uji dapat bergerak setelah terkena hembusan udara, sehingga tuas (9) yang terpasang dibagian atas benda uji dapat mendorong neraca digital (8) yang terpasang pada bagian atas *wind tunnel*, lalu neraca digital akan mencatat besarnya massa, untuk mendapatkan besar gaya *drag* (F_D), maka massa dikalikan gravitasi.



Gambar 2. Skema instalasi penelitian



Gambar 3. Benda uji dengan variasi jarak antar alur 30 mm, 40 mm, dan 50 mm

2.1. Prosedur pengambilan data

Prosedur pengambilan data dilaksanakan setelah menentukan atau mengatur semua instrumen yang mendukung dalam proses pengambilan data. Langkah-langkah yang dilakukan meliputi:

- Meletakkan silinder pada posisi vertikal di dalam *wind tunnel*, yang dilakukan bertahap yaitu silinder tanpa ring dan silinder dengan ring.
- Menghidupkan blower.
- Setelah blower berjalan stasioner dilakukan pengambilan data.
- Pengambilan data distribusi tekanan pada, silinder tanpa ring dan dengan ring, dilakukan dengan mengambil data di permukaan silinder sebanyak 36 titik dengan interval 10° .
- Pengambilan data untuk mendapatkan gaya *drag* dilakukan dengan mencatat massa pada masing-masing silinder dengan neraca digital, baik silinder tanpa ring maupun silinder dengan ring.
- Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali pada setiap pengujian, baik silinder tanpa ring maupun dengan ring, dilakukan juga pengambilan data untuk kecepatan aliran bebas di depan dari saluran subsonik dan juga pengukuran tekanan statis lingkungan.

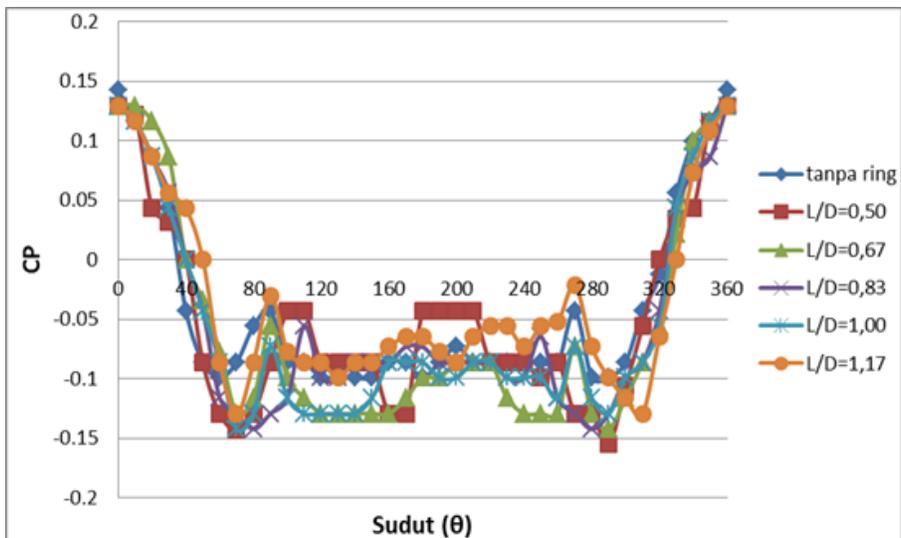
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian pada silinder dengan ring dan silinder tanpa ring, pada kecepatan aliran udara $U_o = 8,8$ m/s, dengan bilangan Reynolds $Re = 3.64 \times 10^4$ adalah seperti terlihat pada Gambar 4.

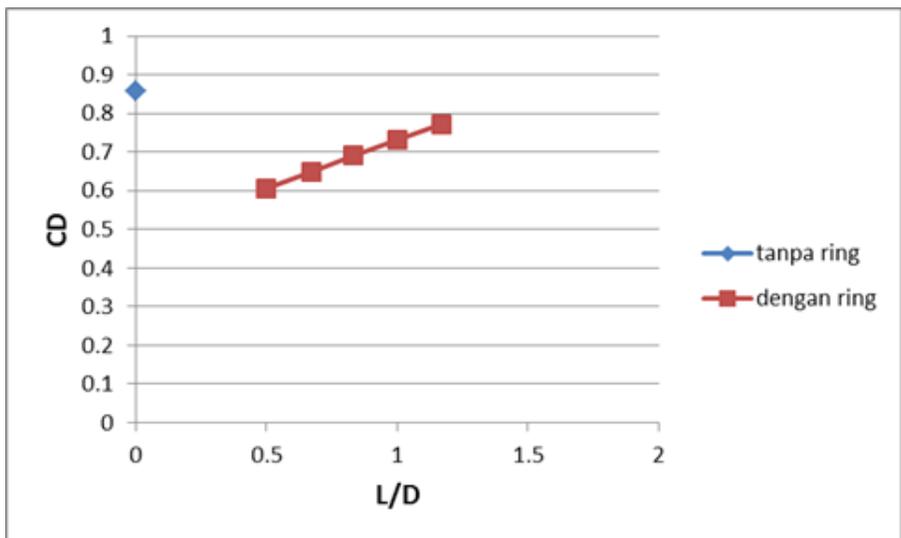
Gambar 4 menunjukkan grafik hubungan koefisien tekanan (CP) terhadap sudut silinder (θ) dengan variasi jarak antar ring yaitu $L/D = 0,50$,

0,60, 0,83, 1, dan 1,17 atau $L = 30$ mm, 40 mm, 50 mm, 60 mm dan 70 mm. Gambar 4 memperlihatkan distribusi tekanan yang terjadi pada aliran yang melintasi silinder baik tanpa ring maupun dengan ring. Aliran udara dari titik stagnasi (0°), tekanan terbesar karena kecepatan aliran meningkat sampai ($60^\circ - 70^\circ$), kemudian tekanan meningkat sampai terjadi separasi ($90^\circ - 110^\circ$). Semakin lambat terjadi separasi *drag* semakin rendah. Penambahan ring pada permukaan silinder menyebabkan separasi yang terjadi lebih lambat dari 90° menjadi 110° . Separasi aliran yang paling lambat terjadi pada jarak antar ring 30 mm atau $L/D = 0,50$.

Pada Gambar 5 disajikan grafik hubungan koefisien drag (CD) terhadap perbandingan jarak antar ring dengan diameter silinder (L/D), baik tanpa ring dan dengan ring yaitu $L/D = 0,50, 0,67, 0,83, 1, \text{ dan } 1,17$ atau $L = 30$ mm, 40 mm, 50 mm, 60 mm, 70 mm. Pada gambar 15 terlihat terjadi penurunan koefisien *drag* dengan penambahan ring pada permukaan silinder. Semakin besar jarak antar ring *drag* semakin meningkat. Hal ini disebabkan semakin kecil jarak antar ring kecepatan aliran semakin meningkat, momentum aliran ataupun energi kinetiknya bertambah yang dibutuhkan untuk mengatasi gesekan pada permukaan silinder. Semakin besar momentum aliran, maka separasi aliran semakin lambat sehingga *wake* yang terjadi dibelakang silinder menjadi lebih sempit. Oleh karena itu, perbedaan tekanan antara di depan dan dibelakang silinder menjadi lebih rendah, sehingga *drag* menjadi rendah. Penurunan *drag* terbesar terjadi pada $L/D = 0,50$ atau pada jarak antar ring $L = 30$ mm, besarnya $CD = 0.606352$. Besarnya penurunan *drag* dibandingkan tanpa ring adalah 29,3 %.



Gambar 4. Grafik hubungan koefisien tekanan (CP) terhadap sudut silinder (θ), dengan variasi jarak antar ring L/D=0,50, 0,60, 0,83, 1, 1,17 dan tanpa ring



Gambar 5. Grafik hubungan koefisien drag (CD) terhadap jarak antar alur (L/D) untuk silinder tanpa alur dan beralur

4. Simpulan

Dari hasil penelitian dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

1. Penambahan ring pada permukaan silinder mampu menurunkan koefisien drag.
2. Semakin besar jarak antar ring, koefisien drag semakin besar.

Daftar Pustaka

[1] 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.

[2] 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.

[3] Tsutsui, T. & T. Igarashi, *Drag Reduction of a Circular Cylinder in an Air-Stream*, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 90: 527-541, 2002.

[4] Lim, H.C. & .Lee S.J., *Flow Control of Circular Cylinder With O-Rings* .Fluid Dynamics Research, 35: 107 – 122, 2004.

- [5] Yajima, Y & O. Sano, *A Note On The Drag Reduction Of a Circular Cylinder Due To Double Rows Of Holes*. Fluid Dynamics Research, 18: 237 – 243, 1996.
- [6] Tista, SPGG., *Pengaruh Variasi Jarak Penghalang Berbentuk Segitiga Di Depan Silinder Terhadap Koefisien Drag*, Cakram, Vol. 3.No.1: Hal. 43 – 48, April 2009.
- [7] Tista, SPGG.,(2013), *Pengaruh Pemasangan Ring Berpenampang Segi Empat Dengan Posisi Miring Pada Permukaan Silinder Terhadap Koefisien Drag*, Prosiding Seminar Nasional Mesin dan Industri (SNMI),TM-23: 166-172, 2013.
- [8] Fox, R. W., *Introduction to Fluid Mechanics*. John Wiley & Sons, New York, 1985.