

**M6-021 Pengaruh Penempatan Penghalang Berbentuk Silinder Di Depan Silinder Utama  
Dengan Variasi Diameter Penghalang Terhadap koefisien Drag**

**Si Putu Gede Gunawan Tista**

*Jurusan Teknik Mesin – Universitas Udayana  
Kampus Bukit Jimbaran Bali*

**ABSTRAK**

*Salah satu cara untuk menghemat energi pada alat transportasi seperti kendaraan bermotor, pesawat udara, adalah dengan mengurangi drag. Drag erat hubungannya dengan separasi aliran, semakin cepat terjadi separasi maka drag semakin meningkat. Oleh karena itu, upaya yang dilakukan untuk mengurangi drag adalah dengan memanipulasi medan aliran fluida, yaitu dengan menempatkan penghalang berbentuk silinder di depan silinder utama. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa pengaruh penempatan penghalang berbentuk silinder di depan silinder utama dengan variasi diameter penghalang terhadap koefisien drag.*

*Dalam penelitian ini eksperimen dilakukan pada wind tunnel, yang terdiri dari blower, pipa pitot, manometer, pipa silinder utama, dan batang silinder penghalang. Bilangan Reynold berdasarkan silinder utama ( $D = 32 \text{ mm}$ ) adalah  $Re = 3.42 \cdot 10^4$ . Diameter penghalang di variasi dari  $d = 4, 5, 6, 7, \text{ dan } 8 \text{ mm}$ , sedangkan jarak penghalang adalah  $L = 55 \text{ mm}$ . Distribusi tekanan diperoleh dengan mengukur tekanan permukaan silinder pada 36 titik dengan interval  $10^\circ$ . Data yang diukur adalah Tekanan permukaan silinder, Tekanan statis, dan kecepatan aliran udara*

*Hasil menunjukkan bahwa pengurangan drag maksimum adalah 77,5% dibandingkan dengan tanpa penghalang, terjadi pada  $d/D = 0.25$ .*

*Kata Kunci : Pengurangan Drag, Penghalang silinder, diameter silinder.*

**ABSTRACT**

*One of the ways to preserve energy on the device transportation as motorized vehicle, air plane is by decreasing the drag. Drag is closely related to the flow separation, the faster the separation, then the drag will increase more. Because of that, the effort conducted to decrease drag is by manipulating a fluid flow field, that is by installing cylindrical obstacle in front of the main cylinder. The purpose of this research is to analyze the effect of installing cylindrical obstacle in front of the main cylinder by various obstacle diameter on the drag coefficient.*

*In this research, the experiment was conducted in the wind tunnel, which consists of blower, pitot pipe, manometer, main cylinder pipe, and bar cylinder. The Reynold number based on main cylinder ( $D = 32 \text{ mm}$ ) is  $Re = 3.42 \cdot 10^4$ . The obstacle diameter was varied from  $d = 4, 5, 6, 7, \text{ and } 8 \text{ mm}$ , whereas its distance is  $L = 55 \text{ mm}$ . Pressure distribution is achieved by measuring the cylinder surface on 36 spots with interval of  $10^\circ$ . The measured data was pressure of cylinder surface, static pressure, and airflow speed*

*The result show that maximum drag reduction that is 77.5%, than if it is without obstacle, occur at  $d/D = 0.25$ .*

*Keyword : drag reduction, cylinder obstacle, obstacle diameter.*

## Pendahuluan

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

Suatu benda yang bergerak dalam fluida *viscous*, gaya *drag* (gaya hambat) dan gaya *lift* (gaya angkat) erat hubungannya dengan separasi aliran ( Chew *et al.*, 1997). 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 dunia transportasi seperti pesawat udara, kendaraan bermotor, atau kapal laut, *drag* yang besar dihindari, karena energi atau tenaga yang dibutuhkan untuk bergerak menjadi besar. Oleh karena itu, kemampuan untuk memanipulasi medan aliran adalah merupakan teknologi yang sangat penting.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa pengaruh penempatan penghalang berbentuk silinder di depan silinder utama dengan variasi diameter penghalang terhadap koefisien *drag*.

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.

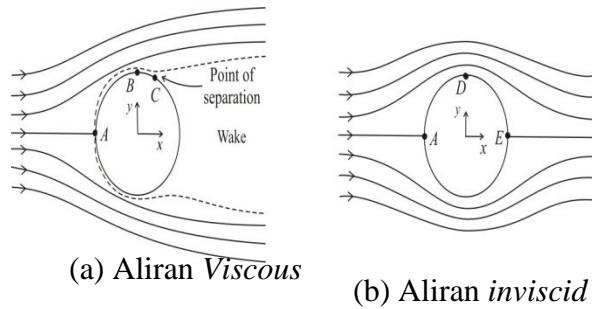
**Igarashi (1997)**, Mengkaji aliran sekitar Prisma segiempat dengan menempatkan batang kecil di depan prisma (*upstream*). Panjang sisi prisma  $D$  adalah 30 mm dan bilangan Reynold  $Re$  adalah  $3,2 \times 10^4$ . Pada jarak kritis  $G_c = D + 4,5d$ , *vortex* dari batang hilang. *Drag* dari prisma 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 diamater silinder. Pengurangan *drag* luar biasa didapat untuk bermacam-macam sudut serang. Besarnya pengurangan *drag* adalah 40% dibandingkan dengan silinder halus.

**Sutardi & Ching (1999)**, mengkaji pertumbuhan lapisan batas turbulen di belakang sebuah alur melintang yang berpenampang bujur sangkar. Dari hasil kajian ini diperoleh hasil bahwa ada suatu lonjakan tegangan geser pada lokasi sedikit di belakang alur melintang. Di belakang lonjakan tegangan geser itu kemudian disusul dengan penurunan tegangan geser yang lebih rendah dari nilai pada kasus permukaan halus (tanpa alur). Selanjutnya, tegangan geser itu kembali seperti halnya pada permukaan halus. Dari hasil integrasi tegangan geser pada dinding ( $\tau_w$ ) sepanjang permukaan uji, diperoleh hasil bahwa terjadi kenaikan gaya seret sebesar  $\pm 1\%$  untuk kasus lapis batas turbulen dengan  $R_\theta = 1000$ . Untuk kasus  $R_\theta = 3000$ , integrasi tersebut menunjukkan bahwa gaya seret yang terjadi pada permukaan yang beralur sama besar dengan gaya seret yang terjadi pada permukaan halus.

## Dasar Teori

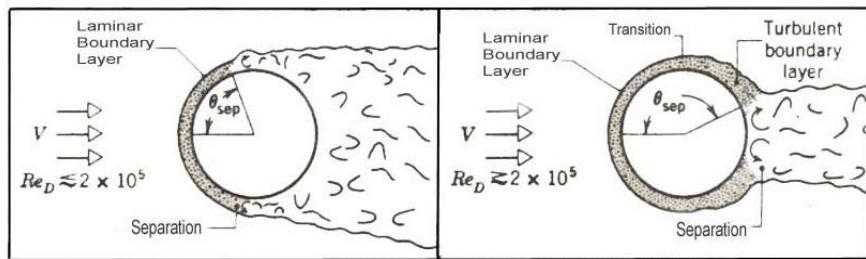
Aliran inkompresibel melintasi silinder dapat dilihat pada gambar 1.



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

Gambar 1.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  $PC > PB$ . 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 laminer, 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 laminer, 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  $\theta \approx 140^\circ$ .

Pada penelitian ini perhitungan koefisien tekanan digunakan persamaan (Lee, *et al.*, 2004):

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

dengan :

$P$  = Tekanan permukaan ( $N/m^2$ )

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

$U_o$  = Kecepatan aliran bebas ( $m/s$ )

$\rho$  = Densitas udara ( $kg/m^3$ )

Koefisien drag yang bekerja pada silinder utama diperoleh dengan mengintegralkan tekanan permukaan pada silinder (Lee, *et al.*, 2004) :

$$C_d = \int \frac{(P - P_o) dA}{\frac{1}{2} \rho U_o^2 D C} \quad (2)$$

dengan :

$P$  = Tekanan permukaan silinder ( $N/m^2$ )

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

$C$  = Panjang silinder ( $m$ )

$D$  = Diameter silinder ( $m$ )

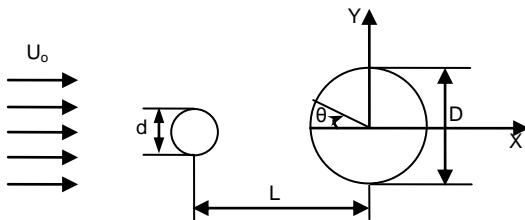
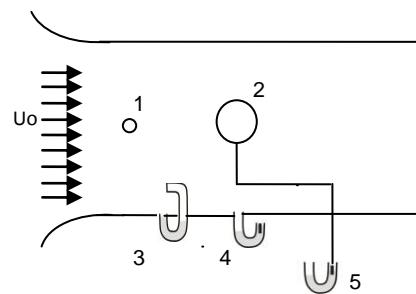
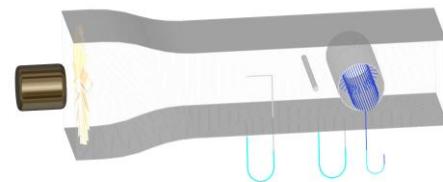
$U_o$  = Kecepatan aliran bebas ( $m/s$ )

$\rho$  = densitas udara ( $kg/m^3$ )

## METODE PENELITIAN

### ALAT UJI

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : lorong udara (wind tunnel), pipa pitot, manometer, silinder utama, silinder penghalang, dan blower. Adapun susunan alat uji adalah seperti pada gambar 1.



Gambar 2. Pengukuran Pada Wind Tunnel

Keterangan gambar :

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

## Cara Kerja Dan Teknik Pengambilan Data

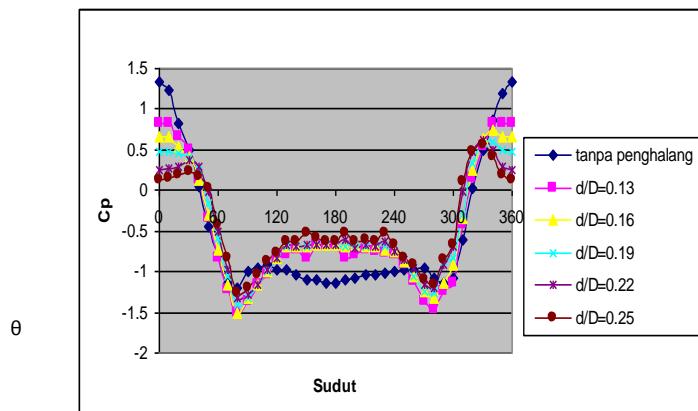
Aliran udara yang dihembuskan oleh blower mengalir dalam *wind tunnel* dan melintasi silinder penghalang dengan variasi diameter 4, 5, 6, 7, 8 mm dan mengenai silinder utama berdiameter 32 mm. Permukaan silinder utama dilubangi sebanyak 36 lubang dengan diameter lubang 1 mm, dan dihubungkan dengan selang berdiameter 2 mm ke manometer U berdiameter 6 mm, 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 ( $P_o$ ) 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

Pertama aliran udara bebas di set sebesar  $U_o = 15.492$  m/s. Kemudian dilakukan pengambilan data distribusi tekanan pada permukaan silinder utama dengan interval  $10^\circ$  tanpa penghalang dan dengan penghalang.

## Hasil Dan Pembahasan

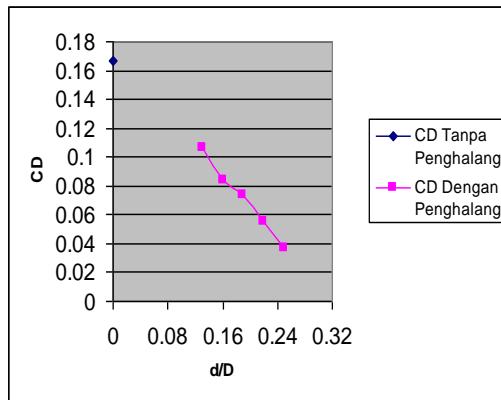
Hasil penelitian dengan kecepatan udara bebas  $U_o = 15.492$  m/s dengan bilangan Reynold  $Re = 3.42 \times 10^4$  adalah seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Grafik Hubungan Koefisien tekanan ( $C_p$ ) terhadap Sudut Silinder ( $\theta$ )

Pada gambar 1. menunjukkan hubungan koefisien tekanan ( $C_p$ ) terhadap sudut silinder ( $\theta$ ), dengan tanpa penghalang dan penghalang, pada diameter masing-masing  $d/D=0.13, 0.16, 0.19, 0.22, 0.25$ . Terlihat terjadi penurunan tekanan yang lebih tajam dibandingkan dengan tanpa penghalang, tekanan stagnasi tidak lagi pada sumbu silinder tetapi sudah bergeser sesuai dengan besarnya diameter penghalang. Titik separasi juga berubah antara dengan penghalang dan tanpa penghalang. Pada tanpa penghalang separasi terjadi kira-kira pada sudut  $120^\circ$  sedangkan dengan penghalang separasi bisa ditunda, terjadi pada sudut  $140^\circ$  sampai  $160^\circ$  dari diameter penghalang  $d/D=0.13$  sampai  $d/D=0.25$ . Hal ini disebabkan dengan adanya

penghalang akan timbul vortek-vortek yang mampu meningkatkan kecepatan aliran atau momentum aliran meningkat sehingga separasi bisa ditunda dan wake dibelakang silinder menjadi lebih sempit.



Gambar 3. Grafik Hubungan Koefisien Drag (CD) terhadap diameter Penghalang (d/D).

Pada gambar 2 menunjukkan hubungan koefisien drag (CD) terhadap diameter penghalang (d/D). Terlihat semakin besar diameter penghalang koefisien drag semakin kecil. Hal ini disebabkan semakin besar diameter penghalang semakin besar vortek yang dihasilkan sehingga kecepatan aliran atau momentum aliran menjadi lebih besar dan separasi bisa ditunda. Koefisien drag terkecil terjadi pada diameter  $d/D=0.25$ . Besarnya penurunan koefisien drag yang memakai penghalang dibandingkan dengan tanpa penghalang adalah 77.5%.

## Kesimpulan

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

1. Adanya penghalang mampu menurunkan koefisien drag
2. Semakin besar diameter penghalang semakin kecil koefisien drag yang dihasilkan.

## 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] Fujisawa, N., K. Ikemoto, & K. Nagaya, Vortex Shedding Resonance From a Rotationally Oscillating Cylinder, *Journal of Fluids and Structures*, 12: (1998)1041-1053.
- [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(1997), 141 – 153.

## SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN (SNTTM) - VIII

---

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-14 Agustus 2009*

- [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 Reseach* , 34(2004): 233-250.
- [7] Sutardi & C. Y. Ching, Pertumbuhan Lapis Batas Turbulen Di Belakang Sebuah Alur Melintang Yang Berpenampang Bujur Sangkar, *Jurnal Teknik Mesin ITS*, 26 (3)(1999): 162-168
- [8] 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.
- [9] Yajima, Y & O. Sano, 1996. A Note On The Drag Reduction Of a Circular Cylinder Due To Double Rows Of Holes, *Fluid Dynamics Research*, 18(1996): 237 – 243.