

Pengaruh Variasi Jarak Antar Ring Berpenampang Setengah Lingkaran Pada Permukaan Silinder Terhadap Koefisien Drag

I Komang Wilantara, Si Putu Gede Gunawan Tista, I Gst. Ngr. Nitya Shantiarsa
Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Upaya yang dilakukan untuk mengurangi drag adalah dengan memanipulasi medan aliran fluida. Manipulasi aliran fluida dapat dilakukan secara pasif antara lain dengan menambahkan helical strake pada permukaan silinder, penambahan O-ring pada permukaan silinder, yang bertujuan untuk mengurangi gaya drag. Pada penelitian ini saya menambahkan ring berpenampang setengah lingkaran pada permukaan silinder yang bertujuan untuk memanipulasi medan aliran fluida sehingga mengurangi koefisien drag. Dalam penelitian ini pengujian dilakukan pada wind tunnel, yang terdiri dari blower, manometer, timbangan digital, pipa pitot, pipa silinder, dan ring berpenampang setengah lingkaran. Jarak antar ring divariasikan yaitu 30 mm, 40 mm, 50 mm, 60 mm dan 70 mm. Bilangan Reynolds berdasarkan diameter silinder utama ($D = 60$) adalah $Re = 3,8 \times 10^4$. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan koefisien drag dibandingkan tanpa variasi ring. Nilai koefisien drag paling rendah didapat dari variasi jarak antar ring 50 mm dengan nilai 0,369, dimana terjadi penurunan drag sebesar 24,38% dibandingkan dengan silinder tanpa ring.

Kata Kunci : Ring setengah lingkaran, Jarak Antar Ring, silinder, Koefisien drag, Pengurangan Drag.

Abstrack

Efforts are made to reduce drag is by manipulating the fluid flow. Manipulation of fluid flow can be done passively, among others, by adding a helical strake on the surface of the cylinder, adding a variation of the angle O-ring on the surface of the cylinder which aims to reduce the drag force. The purpose of this study was to analyze the effect of variations in the semi-circle on the surface of the cylinder on the drag coefficient. This study was conducted in a wind tunnel consisting of a blower, Pitot pipe, manometer, digital scales, cylinders, and ring visible semi-circle. Variations in distance between the ring of 30 mm, 40 mm, 50 mm, 60 mm and 70 mm. The Reynolds number based on cylinder diameter (60 mm) is $Re = 3,64 \times 10^4$. The results showed that a decline in the drag coefficient than without variation ring. Drag coefficient lowest value obtained from the variation distance between 50 mm ring with a value of 0.369, with drag reduced by 24.38% compared to the cylinder without a ring.

Keywords: Semi-Circle Ring, Spacing Ring, Style Inhibition, Cylinder, Drag, Drag Coefficient, Drag Reduction

1. Pendahuluan

Aerodinamika, sebagai salah satu cabang ilmu pengetahuan, mengalami perkembangan teknologi seperti cabang-cabang ilmu pengetahuan yang lain. Aerodinamika dapat diartikan sebagai cabang ilmu yang mempelajari interaksi antara aliran fluida dengan benda-benda solid yang bergerak secara relative di dalam aliran tersebut. Salah satu penerapan aerodinamika digunakan dalam rangka perancangan maupun peningkatan kemampuan pesawat terbang serta kendaraan yang bergerak lainnya, baik darat maupun air seperti mobil, maupun kapal laut dan lain-lainnya. Selain itu ilmu aerodinamika diterapkan juga pada bangunan-

bangunan statis seperti jembatan maupun gedung-gedung bertingkat.

Gerakan suatu fluida melintasi suatu benda (*bluff body*) memiliki peranan penting dalam aplikasi *engineering* seperti pada penukaran kalor. Aliran tersebut menjadi sangat penting jika dikaitkan dengan efisiensi perpindahan panas, pressure drop dan efisiensi energi. Aliran fluida yang melewati suatu benda berbeda-beda tergantung pada geometri *bluff body* seperti tiang penyangga jembatan berbentuk silinder. Hal ini disebabkan karena angin (udara bergerak) melewati tiang penyangga jembatan terutama yang berbentuk silinder akan mengakibatkan terjadi *vortex* (turbulen) di belakang tiang yang akan

memicu terjadinya getaran dan kelelahan pada suatu struktur.

Selain terjadi pada tiang penyangga jembatan, dalam aplikasi teknik, contohnya banyak sekali konstruksi yang menggunakan silinder, hal ini telah mendorong banyak peneliti untuk melakukan penelitian tentang aliran melintasi silinder. Oleh karena itu sampai saat ini penelitian aliran melintasi silinder tetap sebagai salah satu hal yang penting dalam mekanika fluida. Sehingga, penting untuk melakukan penelitian dengan silinder sebagai objek. Sebuah silinder digunakan dalam praktek memiliki gaya hambat (*drag*) dinamik yang besar akibat separasi aliran melintasi silinder tersebut.

Dalam upaya mengurangi gaya hambat (F_D) dari sebuah silinder, banyak metode yang telah dilakukan, seperti melakukan penelitian dengan menempatkan penghalang berbentuk segitiga di depan silinder dengan memvariasikan dimensi segitiga penghalang [10], Dan penelitian *drag* dengan menggunakan variasi diameter O-ring pada permukaan silinder dengan jarak yang sama, Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan koefisien *drag* dibandingkan tanpa variasi O-ring, dimana terjadi penurunan *drag* cukup besar dibandingkan dengan silinder tanpa O-ring [7].

Penelitian ini akan membahas suatu metode lain untuk mengurangi pada silinder dengan penambahan ring setengah lingkaran, sebagai salah satu usaha untuk memanipulasi medan aliran sehingga gaya hambat (*drag*) dapat dikurangi. Pada penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan jarak antar ring, sehingga didapat jarak antar ring yang terbaik menghasilkan *drag* terkecil.

Dalam hal ini ada permasalahan yang akan dikaji, yaitu :

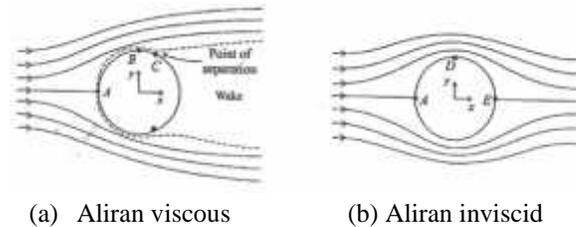
Bagaimana pengaruh variasi jarak antar ring berpenampang setengah lingkaran pada permukaan silinder terhadap koefisien *drag* (C_d).

Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Fluida kerja adalah udara
2. Kondisi udara di dalam *wind tunnel* tetap atau konstan
3. Gesekan pada rel / lintasan diabaikan
4. Diameter benda uji 60mm, panjang 420mm dan berat benda uji sama = 0,75 kg
5. Variasi jarak antar ring 30mm, 40mm, 50mm, 60mm, dan 70mm
6. Diameter ring 5mm

2. Dasar Teori

Aliran inkompresibel melintasi silinder dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Gambar Kualitatif Aliran Pada Suatu Silinder [3]

Gambar 1.a. menunjukkan aliran viscous pada suatu silinder, *streamlines* adalah simetri. 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*. 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 didepan dan dibelakang silinder berakibat makin besar gaya hambat 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 hambat pada silinder.

Pada penelitian ini perhitungan koefisien tekanan digunakan persamaan adalah [5] :

$$C_p = \frac{P_0 - P_s}{\frac{1}{2} \rho V_\infty^2} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan :

- P_o = Tekanan permukaan (N/m^2)
- P_s = Tekanan statis lingkungan (N/m^2)
- v = Kecepatan aliran udara bebas (m/s)
- = Densitas udara (kg/m^3)

Untuk mendapatkan koefisien *drag* (C_d), digunakan persamaan [6] :

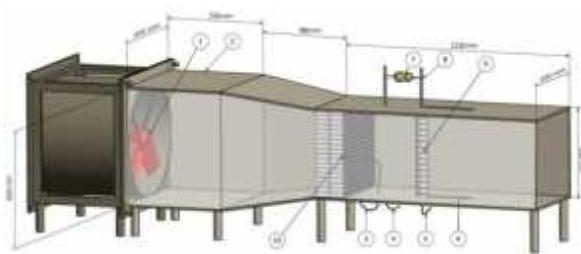
$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho V^2 A} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- F_D = Gaya drag (N)
- = Densitas udara (kg/m^3)
- V = Kecepatan aliran udara bebas (m/s)
- A = Luas frontal (m^2)

3. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan 1 unit *wind tunnel* dengan benda uji berupa silinder berdiameter 60 mm, ingin mengetahui bagaimana pengaruh gaya hambat dan koefisien drag yang terjadi pada silinder dengan berbagai variasi jarak ring berpenampang setengah lingkaran pada permukaan silinder. Ring dengan diameter 5 mm. Skema penelitian dapat dilihat pada gambar 2, dibawah ini.



Gambar 2. Skema Instalasi Penelitian

Keterangan :

- 1. Blower
- 2. Wind tunnel
- 3. Manometer (h1)
- 4. Manometer (h2)
- 5. Manometer (h3)
- 6. Rel/lintasan
- 7. Timbangan digital
- 8. Tuas
- 9. Benda uji
- 10. Penyearah

Setelah instalasi dipasang, dilakukan pengukuran kecepatan aliran dan tekanan udara lingkungan pertama blower (1) dihidupkan, aliran udara yang dihembuskan mengalir dalam *wind tunnel*,

melintasi penyearah (10) agar aliran udara dalam *wind tunnel* (2) mengalir rata keseluruhan bagian dalam *wind tunnel*. Setelah melewati penyearah udara masuk pipa pitot h1 (3) untuk pengukuran kecepatan aliran udara dengan diameter selang 2 mm yang membaca tekanan total. Setelah itu udara masuk manometer h2 (4) untuk pengukuran tekanan statis lingkungan (P_o). Yang dibaca secara manual.

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

Dilanjutkan dengan pengukuran gaya hambat (F_d) digunakan neraca digital (7). Aliran udara yang dihembuskan didalam *wind tunnel* melintasi penyearah (10) agar udara mengalir rata keseluruhan bagian dalam *wind tunnel*. Setelah melewati penyearah udara melintasi benda uji (9) yang pada bagian atas *wind tunnel* terpasang neraca digital dan bawahnya sudah terpasang rel/lintasan (6) agar benda uji dapat bergerak kebelakang setelah terkena hembusan udara, sehingga tuas (8) yang terpasang dibagian atas benda uji dapat mendorong timbangan (7) lalu neraca digital akan mencatat besarnya massa. Untuk mendapatkan besar gaya *drag* (F_d), maka massa dikalikan gravitasi. Matikan blower, lalu ulangi langkah diatas untuk pengujian pada variasi jarak ring berpenampang setengah lingkaran yaitu 30 mm, 40 mm, 50 mm, 60 mm dan 70mm

Prosedur Pengambilan Data

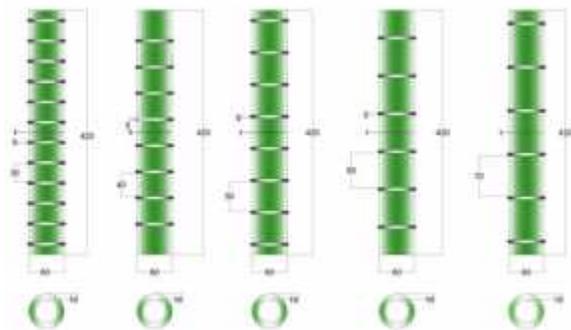
Prosedur pengambilan data dilaksanakan setelah menentukan atau mengatur semua instrument yang mendukung dalam proses pengambilan data.

Langkah – langkah yang diambil antara lain :

- 1. Pengambilan data awal untuk kecepatan aliran bebas didepan dari saluran subsonik dan juga pengukuran tekanan statis lingkungan
- 2. Meletakkan silinder pada posisi vertikal di dalam *wind tunnel*, yang dilakukan bertahap yaitu silinder tanpa variasi dan silinder dengan variasi jarak antar ring berpenampang setengah lingkaran mulai dari

- jarak antar ring 30 mm, 40 mm, 50 mm, 60 mm dan 70 mm.
- Hidupkan blower.
 - Setelah blower berputar stasioner dilakukan pengambilan data
 - Pengambilan data distribusi tekanan pada silinder tanpa variasi dan dengan variasi jarak antar ring, dilakukan dengan mengambil data di permukaan silinder sebanyak 36 titik dengan interval 10^0 .
 - Pengambilan data untuk mendapatkan gaya drag dilakukan dengan mencatat massa pada masing-masing silinder dengan neraca digital, baik silinder tanpa variasi dan silinder dengan variasi jarak antar ring
 - Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali, baik itu silinder tanpa variasi dan dengan variasi jarak ring.

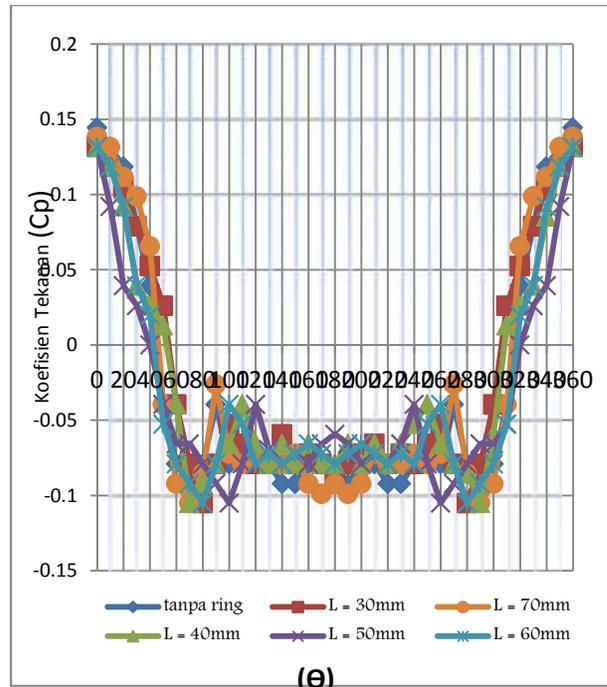
Gambar 3. Benda uji dengan variasi jarak antar ring yaitu : 30 mm, 40 mm, 50 mm, 60 mm dan 70 mm. Dibawah ini:



Gambar 3. Benda uji dengan variasi jarak antar ring yaitu : 30 mm, 40 mm, 50 mm, 60 mm dan 70 mm

4. Hasil dan Pembahasan

Untuk memudahkan dalam memahami perubahan data maka data ditampilkan bentuk grafik sejalan dengan variasi jarak antar ring dan tanpa ring ,pada gambar 4. Dibawah ini :



Gambar 4. Grafik Hubungan Kofisien Tekanan (Cp) Terhadap Sudut Silinder (θ) Tanpa Ring dan Dengan Variasi Jarak Antar Ring .

Gambar 4. merupakan grafik dari koefisien tekanan pada permukaan silinder (Cp) terhadap sudut silinder (θ) tanpa ring dan dengan variasi jarak antar ring.

Tanpa ring disimbulkan disini dapat dilihat pada $\theta = 0^\circ$ merupakan tekanan terbesar yang disebut titik *stagnasi* dengan nilai $C_p = 0,144617$. Setelah titik *stagnasi* tekanan sudah mulai turun pada 10° dengan nilai $C_p = 0,131595$ dan titik tekanan terendah pada sudut $\theta = 70^\circ$ dengan nilai $C_p = -0,092063$ akibat peningkatan kecepatan aliran udara , tekanan mulai cenderung naik pada sudut $\theta = 80^\circ$ dengan nilai $C_p = -0,0790249$ dan titik sparasi aliran terjadi pada sudut $\theta = 90^\circ$ dengan nilai $C_p = -0,03951$.

Simbul merupakan simbul dari jarak antar ring 30mm pada titik *stagnasi* pada sudut $\theta = 0^\circ$ dengan nilai $C_p = 0,131595$, setelah titik *stagnasi* tekanan cenderung mulai turun pada sudut $\theta = 10^\circ$ dengan nilai $C_p = 0,118537$ dan titik terendah pada sudut $\theta = 80^\circ$ dimana nilai $C_p = -0,1051$ Tekanan mulai cenderung naik pada sudut $\theta = 90^\circ$ dengan nilai $C_p = -0,07902$ dan titik separasi aliran terjadi pada sudut $\theta = 100^\circ$ dimana nilai $C_p = -0,06559$. Dimana akibat menurunnya kecepatan aliran merupakan titik

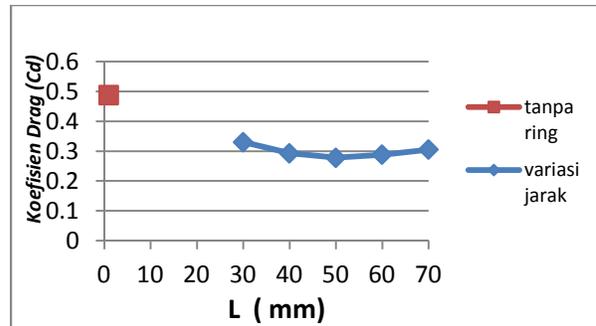
dimana terjadinya separasi aliran, disini dapat dilihat titik separasi bergeser dari sudut $\theta = 90^\circ$ pada silinder tanpa ring menjadi $\theta = 100^\circ$ setelah diberi ring. Titik separasi tertunda yang akan mengakibatkan areal *wake* yang terjadi dibelakang silinder lebih kecil, ini akibat pemasangan variasi jarak ring pada permukaan silinder.

Simbul \square merupakan simbol dari variasi jarak antar ring 40 mm pada titik *stagnasi* pada sudut $\theta = 0^\circ$ dengan nilai $C_p = 0,131595$, setelah titik stagnasi tekanan cenderung mulai turun pada sudut $\theta = 10^\circ$ dengan nilai $C_p = 0,118537$ dan titik terendah pada sudut $\theta = 70^\circ$ dimana nilai $C_p = -0,1051$ Tekanan mulai cenderung naik pada sudut $\theta = 100^\circ$ dengan nilai $C_p = -0,09206$ dan titik separasi aliran terjadi pada sudut $\theta = 110^\circ$ dimana nilai $C_p = -0,06559$. Yang merupakan titik separasi aliran.

Simbul \square merupakan simbol dari variasi jarak antar ring 50 mm pada titik *stagnasi* pada sudut $\theta = 0^\circ$ dengan nilai $C_p = 0,131595$, setelah titik stagnasi tekanan cenderung mulai turun pada sudut $\theta = 10^\circ$ dengan nilai $C_p = 0,092063$ dan titik terendah pada sudut $\theta = 100^\circ$ dimana nilai $C_p = -0,1051$. Tekanan mulai cenderung naik pada sudut $\theta = 110^\circ$ dengan nilai $C_p = -0,079025$, dan titik separasi aliran terjadi pada sudut $\theta = 120^\circ$ dimana nilai $C_p = -0,06559$, yang merupakan titik separasi aliran.

Simbul \ast merupakan simbol dari variasi jarak antar ring 60mm pada titik *stagnasi* pada sudut $\theta = 0^\circ$ dengan nilai $C_p = 0,131595$, setelah titik stagnasi tekanan cenderung mulai turun pada sudut $\theta = 10^\circ$ dengan nilai $C_p = 0,118537$ dan titik terendah pada sudut $\theta = 80^\circ$ dimana nilai $C_p = -0,1051$. Tekanan mulai cenderung naik pada sudut $\theta = 90^\circ$ dengan nilai $C_p = -0,07902$ dan titik separasi aliran terjadi pada sudut $\theta = 100^\circ$ dimana nilai $C_p = -0,052551$. Yang merupakan titik separasi aliran.

Simbul \bullet merupakan simbol dari variasi jarak antar ring 70mm pada titik *stagnasi* pada sudut $\theta = 0^\circ$ dengan nilai $C_p = 0,138291$, setelah titik stagnasi tekanan cenderung mulai turun pada sudut $\theta = 10^\circ$ dengan nilai $C_p = 0,131595$ dan titik terendah pada sudut $\theta = 70^\circ$ dimana nilai $C_p = -0,1051$. Tekanan mulai cenderung naik pada sudut $\theta = 80^\circ$ dengan nilai $C_p = -0,085346$, dan titik separasi aliran terjadi pada sudut $\theta = 90^\circ$ dimana nilai $C_p = -0,072307$, yang merupakan titik separasi aliran.



Gambar 5. Grafik Hubungan Koefisien Drag (Cd) Terhadap Jarak Antar Ring.

Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa dengan ditambahkan ring terjadi penurunan koefisien *drag*. Untuk variasi jarak antar ring terjadi penurunan *drag* dari 30mm sampai 50mm kemudian naik lagi sampai jarak antar ring 70mm. dengan ditambahkan ring, pada jarak antar ring udara mengalir melalui luasan yang sempit menyebabkan kecepatan aliran meningkat sehingga momentum aliran besar, untuk mengatasi gradient tekanan balik sehingga sparasi aliran ditunda. Untuk silinder tanpa ring memiliki nilai koefisien *drag* sebesar 0,488, untuk silinder dengan variasi jarak antar ring memiliki nilai koefisien *drag* masing-masing variasi jarak antar ring : 30mm = 0,441, 40mm = 0,39, 50mm = 0,369, 60mm = 0,383, dan 70mm = 0,406. Besarnya penurunan koefisien *drag* sebesar 24,385% dibandingkan tanpa ring.

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut : Dengan adanya penambahan ring setengah lingkaran pada permukaan silinder koefisien drag terjadi penurunan dibandingkan dengan silinder tanpa ring. Kofisien *drag* paling rendah terjadi pada variasi jarak antar ring dengan jarak 50mm dengan nilai CD = 0,369 dimana terjadi penurunan 24,385% dibandingkan dengan silinder tanpa ring yang mempunyai nilai koefisien *drag* = 0,488

Daftar Pustaka

- [1] 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.

- [2] Drag Force (Wikipedia, 22 Agustus 2015). **Koefisien Drag.** skripsi program sarjana, Universitas Udayana Bali.
- [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 Control Rod.* *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 69-71 (1997), 141-153.
- [5] Lee, S., & C. Park., *Redukcing The Drag an a Circular Cylinder by Upstream Instalation o small Control Rod,* *fluid Dynamics Research*, 34(2004): 233-250.
- [6] Lim, H.C.&Lee S.J., *Flow Control of Circular Cylinder With O-rings.* *Fluid Dynamics Reseach*, 35 (2004) : 107- 122
- [7] Suanjaya,(2014) **Pengaruh Variasi Diameter O-ring Pada Permukaan Silinder Terhadap**
- [8] Tsutsui, T. & T. Igarashi, 2002. **Drag Reduction o a Circular Cylinder in an Air-Stream,** *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics.*
- [9] H.-C. Lim, S. -J.Lee (2003), *PIV measurements of near wake behind a U-grooved cylinder,* *journal of fluid and structures* 18 (2003) 119-130.
- [10] Yudana, Putu. (2010) **Pengaruh Penghalang Berbentuk Segitiga dengan Variasi Dimensi Segitiga didepan Silinder Terhadap Koefisien Drag.** Skripsi Program Sarjana, Universitas Udayana. Bali.