

PENGARUH PENEMPATAN PENGHALANG BERBENTUK SEGITIGA DI DEPAN SILINDER DENGAN VARIASI DIMENSI SEGITIGA PENGHALANG TERHADAP KOEFISIEN DRAG

Si Putu Gede Gunawan Tista, I Putu Yudana
Jurusan Teknik Mesin – Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran Bali
Email:Gunawan_tista@yahoo.com

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 segitiga di depan silinder. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa pengaruh penempatan penghalang berbentuk segitiga di depan silinder dengan variasi dimensi segitiga penghalang terhadap koefisien drag.

Dalam penelitian ini eksperimen dilakukan pada wind tunnel, yang terdiri dari blower, pipa pitot, inclined manometer, pipa silinder, dan batang segitiga penghalang. Bilangan Reynold berdasarkan silinder ($D = 42$ mm) adalah $Re = 1.81 \times 10^4$. Dimensi segitiga penghalang di variasi dari 4, 5, 6, 7, 8 dan 9 mm (dimensi sisi segitiga sama sisi), sedangkan jarak penghalang adalah $L = 60$ 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 udara

Hasil menunjukkan bahwa pengurangan drag maksimum adalah 86,7% dibandingkan dengan tanpa penghalang, terjadi pada $S/D = 0.19$.

Kata Kunci : Pengurangan Drag, Penghalang segitiga, dimensi segitiga penghalang.

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 segitiga di depan silinder dengan variasi dimensi segitiga 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



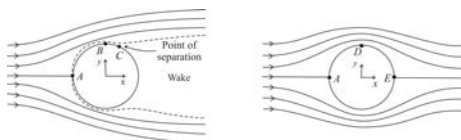
depan prisma (*upstream*). Panjang sisi prisma D adalah 30 mm dan bilangan Reynold Re adalah $3,2 \times 10^4$. Pada jarak kritis $G_c = D + 4,5d$, *vortex* dari batang hilang. *Drag* dari prisma menurun sekitar 50% pada $G > G_c$ dan 70% pada $G \leq G_c$.

Yajima & Sano (1996), Mengkaji aliran sekitar silinder dengan melubangi sepanjang silinder dalam dua baris yang dibuat melintang diameter 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 (τ_w) sepanjang permukaan uji, diperoleh hasil bahwa terjadi kenaikan gaya seret sebesar $\pm 1\%$ untuk kasus lapis batas turbulen dengan $Re_\theta = 1000$. Untuk kasus $Re_\theta = 3000$, 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.



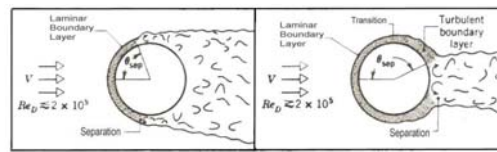
(a) Aliran *Viscous* (b) Aliran *inviscid*

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 $P_C > P_B$. 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 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 lingkungan (N/m^2)
- U_o = Kecepatan aliran bebas (m/s)
- ρ = Densitas udara (kg/m^3)

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

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



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)

ρ = densitas udara (kg/m^3)

- Inclined manometer tekanan permukaan sekeliling silinder

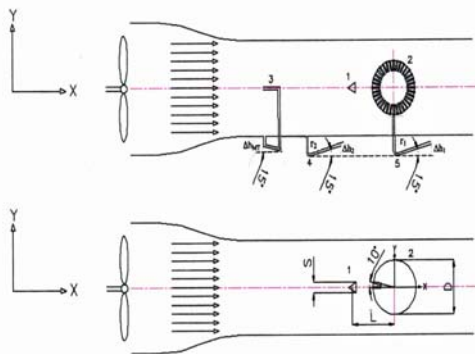
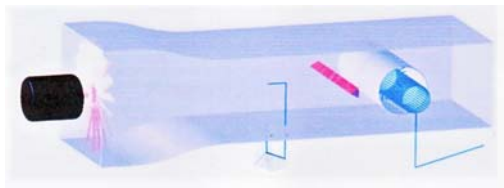
Cara Kerja Dan Teknik Pengambilan Data

Aliran udara yang dihembuskan oleh blower mengalir dalam *wind tunnel* dan melintasi segitiga penghalang dengan variasi sisi segitiga sama sisi 4, 5, 6, 7, 8, dan 9 mm dan mengenai silinder berdiameter 42 mm. Permukaan silinder dilubangi sebanyak 36 lubang dengan diameter lubang 1 mm, dan dihubungkan dengan selang berdiameter 2 mm ke inclined manometer, 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 lingkungan (P_o) yang juga dibaca secara manual. Kecepatan udara bebas U_o diproses dari tekanan dinamik yakni selisih antara tekanan total dan tekanan statik.

Metode Penelitian

Alat Uji

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : lorong udara (wind tunnel), pipa pitot, inclined manometer, silinder, silinder penghalang, dan blower. Adapun susunan alat uji adalah seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Pengukuran Pada *Wind Tunnel*

Keterangan gambar :

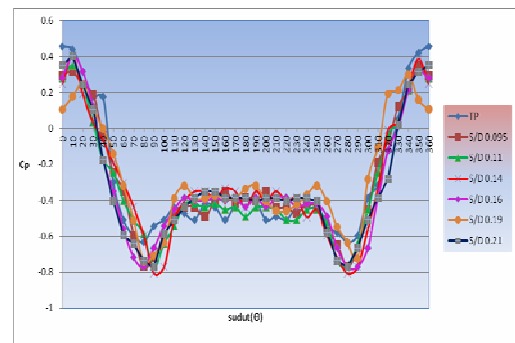
- Penghalang berbentuk segitiga
- Silinder
- Pitot pengukur tekanan total
- Inclined manometer tekanan statis lingkungan

Prosedur Pengambilan Data

Pertama aliran udara bebas di set sebesar $U_o = 6.2479$ m/s. Kemudian dilakukan pengambilan data distribusi tekanan pada permukaan silinder utama dengan interval 10° tanpa penghalang dan dengan penghalang.

Hasil Dan Pembahasan

Hasil penelitian dengan kecepatan udara bebas $U_o = 15.492$ m/s dengan bilangan Reynold $Re = 1.81 \times 10^4$ adalah seperti terlihat pada gambar berikut.

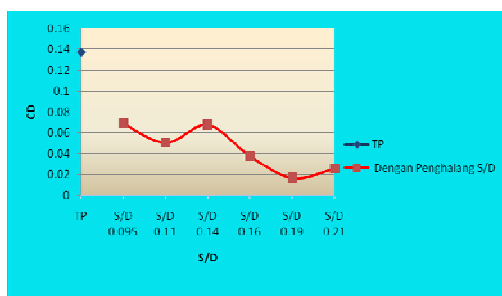


Gambar 4. Grafik Hubungan Koefisien tekanan (C_p) terhadap Sudut Silinder (θ)

Pada gambar 4. menunjukkan hubungan koefisien tekanan (C_p) terhadap sudut silinder (θ), dengan tanpa penghalang dan penghalang, pada dimensi sisi segitiga sama sisi masing-masing $S/D=0.095, 0.11, 0.14, 0.16, 0.19, 0.21$. Terlihat terjadi penurunan tekanan yang lebih tajam dibandingkan



dengan tanpa penghalang, tekanan stagnasi tidak lagi pada sumbu silinder tetapi sudah bergeser sesuai dengan besarnya sisi segitiga penghalang. Titik separasi juga berubah antara dengan penghalang dan tanpa penghalang. Pada tanpa penghalang separasi terjadi kira-kira pada sudut 120° sedangkan dengan penghalang separasi bisa ditunda, terjadi pada sudut 130° sampai 140° dari sisi segitiga penghalang $S/D=0.095$ sampai $S/D=0.21$. Hal ini disebabkan dengan adanya penghalang menyebabkan timbul wake didepan silinder yang memungkinkan aliran melintas silinder jauh dibelakang sehingga separasi bisa ditunda dan wake dibelakang silinder menjadi lebih sempit.



Gambar 5. Grafik Hubungan Koefisien Drag (CD) terhadap sisi segitiga Penghalang (S/D).

Pada gambar 5. menunjukkan hubungan koefisien drag (CD) terhadap sisi segitiga penghalang (S/D). Terlihat semakin besar segitiga penghalang koefisien drag semakin kecil. Hal ini disebabkan semakin besar segitiga penghalang semakin besar wake didepan silinder dan tekanan stagnasi bergeser ke posisi sudut silinder yang lebih besar sehingga aliran yang melintasi silinder mampu menempuh sudut silinder yang lebih besar dimana separasi aliran jauh dibelakang silinder yang menyebabkan wake dibelakang silinder menjadi lebih sempit. Pada $S/D=0.14$ terlihat terjadi peningkatan koefisien drag, hal ini disebabkan vortek-vortek yang terlalu kecil timbul dibelakang silinder sehingga tekanan dibelakang silinder rendah. Pada $S/D=0.21$ koefisien drag meningkat, hal ini disebabkan oleh kehilangan energi kinetik ataupun momentum aliran yang cukup besar pada dimensi segitiga yang lebih besar dan juga aliran yang mengenai silinder sedikit sehingga momentum aliran pada saat melintasi silinder kecil. Koefisien drag terkecil terjadi pada diameter $S/D=0.19$. Besarnya penurunan koefisien drag yang memakai penghalang dibandingkan dengan tanpa penghalang adalah 86.7%.

Kesimpulan

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

1. Adanya penghalang mampu menurunkan koefisien drag
2. Semakin besar segitiga penghalang semakin kecil koefisien drag yang dihasilkan. Namun pada $S/D=0.21$ dan $S/D=0.19$ koefisien drag mengalami peningkatan.

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] Fox, R. W., Introduction To Fluid Mechanics, John Wiley & Sons, New York, 1985.
- [3] 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.
- [4] Incropera, F. P. & D. P. DeWitt. 1981. Fundamentals Of Heat And Mass Transfer, John Wiley & Sons, New York, 1981.
- [5] 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(2004): 233-250.
- [6] 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
- [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, 1996. A Note On The Drag Reduction Of a Circular Cylinder Due To Double Rows Of Holes, *Fluid Dynamics Research*, 18(1996): 237 – 243.

