

ANALISA EKSPERIMENTAL PENGARUH JARAK DUA SILINDER BULAT TERHADAP TEKANAN DALAM ALIRAN UDARA

Kaprawi¹, Andi Hidayat²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Univeritas Sriwijaya
Jalan Raya Palembang-Prabumulih Km 32, Inderalaya 30662

Corresponding author : kaprawis@yahoo.com

ABSTRAK: Dalam alat penukar kalor, selinder yang digunakan sebagai tube penghantar panas berbentuk bulat Susunan selinder menentukan penurunan tekanan aliran masuk dan keluar alat penukar panas. Pada studi ini diberikan pengaruh jarak dua selinder yang disusun sejajar dan aliran menabraknya secara tegak lurus selinder terhadap tekanan dan koefisien dragnya. Penelitian ini dilakukan didalam sebuah wind tunnel dengan aliran udara laminer. Tekanan statik pada permukaan selinder yang saling berdekatan dengan selinder lainnya diukur dan memberikan koefisien drag tekanan. Hasil menunjukkan bahwa tekanan berpengaruh besar dalam jarak antar dua selinder lebih kecil dari satu kali dari diameternya. Jarak lebih besar dari satu kali diameternya sudah sangat kecil pengaruhnya terhadap koefisien drag. Pada jarak sekitar yang dekat sekali terjadi kenaikan koefisien drag dan akan mengecil pada jarak sama dengan nol.

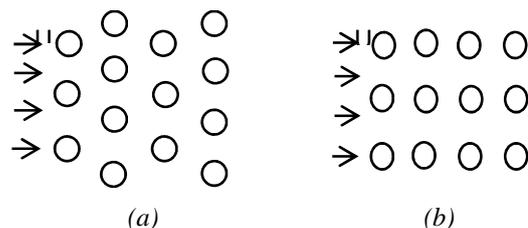
PENDAHULUAN

Salah satu bagian yang di pelajari dalam ilmu Mekanika Fluida adalah aliran melalui benda yang terendam fluida. Benda-benda yang dikelilingi seluruhnya oleh fluida dalam alirannya disebut aliran luar. Aliran-aliran yang melewati sebuah silinder memiliki medan-medan aliran yang lebih sederhana dibandingkan aliran yang melewati sebuah bentuk yang kompleks seperti pesawat terbang. Meskipun demikian benda yang bentuknya paling sederhana sekalipun menghasilkan aliran-aliran yang kompleks. Untuk benda tersebut, karakteristik alirannya sangat tergantung pada berbagai parameter seperti ukuran, kecepatan dan sifat fluida. Aplikasi aliran sekeliling selinder banyak ditemui pada alat penukar kalor. Dalam alat ini, penurunan tekanan aliran setelah keluar melalui pipa dalam penukar kalor menjadi penting untuk ditinjau oleh karena penurunan tekanan berarti ada hubungannya dengan energi fluida keluar. Energi yang tinggi dapat diartikan dengan tekanan statis yang tinggi dan sebaliknya.

Perkembangan bentuk selinder dari alat penukar kalor dan kondisi telah dikembangkan dan dipelajari. Kerugian tekanan aliran menabrak sebuah selinder bentuk benjol telah diberikan oleh Nouri et al. [1]. Mereka memberikan secara eksperimental bahwa penurunan tekanan adalah kecil dibandingkan dengan selinder bulat. Minter [2] mempelajari secara numerik pengaruh jarak dua selinder terhadap perpindahan panasnya yang mana untuk jarak kurang dari 1,2 dari diameter selinder memberikan perpindahan panas yang lebih besar, namun dalam studi ini tidak diberikan pengaruhnya terhadap

penurunan tekanan aliran. Pengaruh jarak antara dua selinder bulat sebesar 1,5 dari diameternya terhadap koefisien drag diberikan secara numerik oleh Jaeeui Cho et al. [3]. Untuk hal ini, koefisien drag sama besarnya dengan selinder tunggal. Penurunan tekanan untuk dua selinder bulat yang disusun secara segaris arah aliran menunjukkan penurunan yang kecil pada selinder yang terletak didepan sedangkan selinder yang terletak dibelakang selinder lainnya tekanannya sangat berpengaruh [4,8,9]. Ertan Buyruk [5] telah memberikan studi eksperimental pengaruh *blockage* yaitu pengaruh jarak dinding aliran terhadap diameter selinder yang disusun secara segaris tegak lurus dengan aliran. Hasil memberika pengaruh *blockage* tersebut terhadap distribusi koefisien tekanan sekeliling selinder. Pengaruh tekanan terhadap angka Reynolds aliran naik secara linier, seperti hal ini yang telah diberikan oleh Monalisa et al. [6]. Hal yang sama dilakukan oleh Shrish et al. [7] yang memberikan distribusi koefisien tekanan sekeliling selinder tunggal fungsi dari angka Reynolds.

Pada alat penukar kalor, ada beberapa jenis susunan pipa yang pada dasarnya ada dua jenis yaitu *in-line* dan *staggered*.



Gambar 1. Susunan pipa pada Alat penukar kalor (a) tipe *in-line* (b) tipe *staggered*.

Penurunan tekanan antara aliran masuk dan keluar ditentukan oleh beberapa faktor diantaranya adalah kerapatan atau jarak antar pipa tersebut dan kedua kondisi susunannya. Sebagaimana biasanya distribusi tekanan statisk pada dinding selinder ditunjukkan dengan koefisien tekanan yang diberikan oleh hubungan berikut :

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

Dimana :

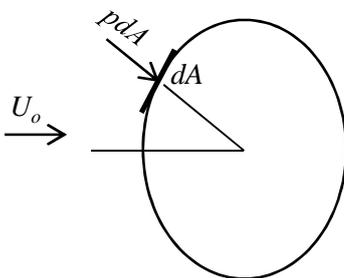
- D_p : Beda tekanan pada selinder dengan tekanan jauh dari selinder ($p_s - p_o$)
- U_o : Kecepatan aliran jauh dari dinding (m/s)
- ρ : Densitas aliran (kg/m^3)
- A : Luas permukaan selinder (m^2)

Koefisien drag merupakan suatu koefisien tahanan terhadap aliran dari suatu objek benda dan diberikan sebaagaai berikut :

$$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho U_o^2 A} \quad (2)$$

D : Gaya drag yang dinyatakan oleh hubungan berikut :

$$D = \int_0^{2\pi} p \cdot \cos \theta \cdot dA \quad (\text{Gambar 2})$$



Gambar 2. Gaya pada dinding selinder.

Berdasarkan studi pustaka yang telah diuraikan diatas maka dalam studi ini penulis memberikan pengaruh jarak antara dua selinder yang disusun satu baris dan aliran menabraknya secara melintang atau tegak lurus dengan selinder tersebut. Hal ini diberikan oleh karena belum ada penulis yang memberikan hal tersebut. Dari hasil ini akan terlihat

posisi selinder yang baik agar kerugian tekanan aliran yang relatif kecil. Studi dilakukan secara eksperimental didalam sebuah terowongan angin.

METODE DAN HASIL PENELITIAN

Penelitian dilakukan secara eksperimental didalam suatu terowongan angin. Dua pipa selinder bulat terbuat dari PVC memanjang dipasang secara horizontal didalam seksi uji ukuran 40 x 40 cm². Panjang dua pipa dan diameter luar pipa masing-masing 400 mm dan 60 mm dipasang dalam posisi sejajar (Gambar 3). Salah satu pipa tersebut dapat digerakkan agar dapat mengatur jarak dinding luar dari kedua pipa. Sedangkan salah satu pipa dipasang tetap posisinya dan pada permukaan pipa ini diukur tekanan statiknya. Pengukuran ini hanya dilakukan pada sebagian dinding saja dari sudut $\theta = 0^\circ - 180^\circ$ (Gbr 2) karena dengan asumsi bahwa permukaan yang saling berhadapan yang akan saling mempengaruhi tekanannya.



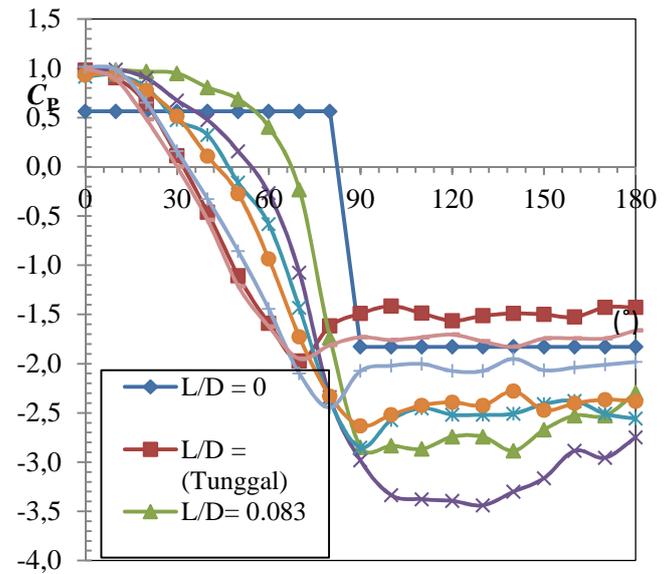
Gambar 3. Selinder di dalam Wind Tunnel

Permukaan pipa dilubangi dengan diameter 1 mm dan disambungkan dengan selang berukuran 8 mm ke digital manometer. Pengukuran tekanan dilakukan dengan LCD Differential Digital manometer HT 1890 dengan presisi dengan tingkat kesalahan $\pm 0.3\%$ yang mengukur perbedaan dua tekanan yang mana satu tekanan dihubungkan dengan pipa dan satu lagi dengan tekanan jauh dari pipa pada dinding seksi uji. Udara dalam terowongan angin digerakkan oleh fan yang dapat diatur putarannya dan kecepatan udara dalam seksi uji diukur dengan

Anemometer digital presisi 3%. Kecepatan angin dalam seksi uji dapat diatur 0 – 40 m/s. Jarak kedua pipa atau selinder uji ditentukan untuk jarak 0 mm, 2 mm, 5 mm dan seterusnya. Setiap kali jarak tertentu diukur kecepatan angin dalam terowongan, temperatur udara dalam seksi uji dan tekanan sekeliling permukaan selinder (0 s.d). Pada pengujian ini kecepatan udara pada rata-rata 11.43 m/s.

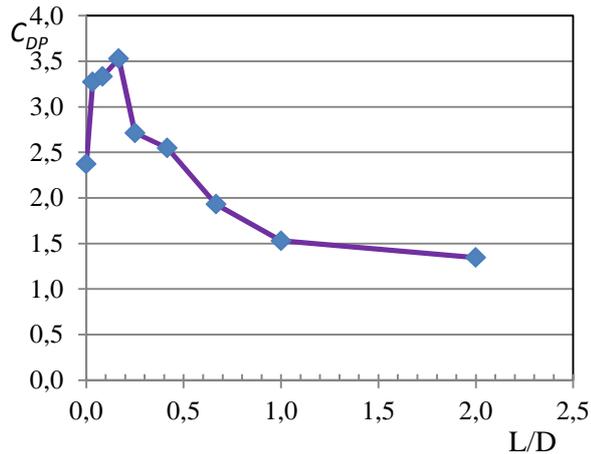
HASIL DAN PEMBAHASAN

Koefisien tekanan dan koefisien drag dihitung dengan rumus (1) dan (2). Hasil perhitungan ditunjukkan oleh Gbr. 4 yang memberikan nilai koefisien tekanan untuk beberapa jarak L/D serta sudut = 0 – 180°. Dari profil koefisien tekanan tersebut dapat dilihat bahwa untuk = 0° (daerah stagnasi) semua nilai koefisien adalah mendekati satu kecuali untuk L/D = 0. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh jarak selinder disekitar titik ini tidak ada, akan tetapi mulai sudut > 15° mulai terlihat perubahan tekanan sampai ke titik = 180°. Tekanan maksimum terjadi pada daerah dekat dengan daerah stagnasi dan tekanan ini lebih besar dari tekanan aliran jauh dari selinder oleh karena terjadi momentum yang maksimum dan terjadi perubahan arah kecepatan secara tiba-tiba. Tekanan mulai turun seiring dengan kenaikan sudut .. Hal ini disebabkan oleh kenaikan kecepatan dan di setelah daerah sekitar > 80° tekanan cenderung berfluktuasi pada suatu nilai. Untuk L/D = 0, tekanan pada daerah stagnasi lebih kecil dan tekanan ini praktis sama sampai sudut sekitar 80° dan setelah itu turun secara tiba-tiba dan konstan. Penurunan secara tiba-tiba ini disebabkan oleh karena daerah tersebut sudah berada dibelakang selinder yang mana udara tidak mengalir. Hal yang sama daerah didepan yang mana tekanan konstan karena tidak ada aliran. Untuk L/D tidak sama dengan nol, semakin dekat jarak kedua selinder semakin tinggi tekanan didepan selinder (> 0°) dan semakin turun pada daerah sekitar dibelakang selinder (> 90°). Dari Gbr terlihat bahwa tekanan terbesar di daerah depan selinder adalah untuk L/D = 0.083 dan tekanan terkecil dibelakang selinder terjadi untuk L/D = 0.17.



Gambar 4. Profil Koefisien tekanan

Pengaruh jarak antar selinder terhadap koefisien drag tekanan diberikan oleh Gambar 5 dibawah. Besar kecilnya koefisien drag tekanan menunjukkan besar kecil tahanan aliran atau energi aliran fluida semakin besar koefisien ini dari suatu objek aliran berarti pengukuran energi aliran fluida tersebut sehingga penurunan tekanan aliran besar. Pada jarak L/D = 0, maka tidak ada aliran yang melintas diantara dua selinder tersebut sehingga koefisien tekanan didepan selinder dan di belakang selinder konstan yang berubah secara drastis (Gbr. 4) dan nilainya sekitar 50% lebih besar dari tekanan jauh dari selinder yang mana hal ini berbeda bila ada aliran diantara dua selinder yang besarnya lebih besar lagi dari angka ini. Dengan demikian maka koefisien drag naik dan mencapai maksimum pada sekitar jarak L/D = 0.17 yang kemudian turun seiring dengan bertambahnya jarak. Penurunan ini menuju ke koefisien drag selinder tunggal atau jarak sangat jauh. Perlu dicata bahwa dalam penelitian ini angka Reynolds masihh dalam batas aliran laminer yang mana nilai angka Reynolds dalam penelitian ini adalah Re = 1006. Pengaruh jarak antar selinder yang terbaik dengan melihat koefisien drag tekanan adalh sekitar satu kali dari diameternya karena mulai dari dari titik ini koefisien drag sudah mengalami penurunan yang kecil dibandi dengan jarak lebih kecil dari satu kali diameternya.



Gambar 5. Pengaruh Jarak terhadap Koefisien *drag* tekanan

KESIMPULAN

Dalam studi yang telah dilakukan diatas yang memberikan pengaruh jarak antara dua selinder bulat yang berdiameter sama terhadap kerugian tekanan dalam aliran udara dan dari uraian diatas dapatlah disimpulkan bahwa untruk jarak tidak sama dengan nol maka daerah sekitar titik stagnasi tidak ada pengaruh secara lokal terhadap tekanannya, tetapi ketika jark menjauhinya maka penengaruh tekanan lokal mulai terjadi yang besar kecilnya tergantung dari jaraknya. Selain itu studi ini memberikan bahwa jarak yang terbaik antar pipa adalah satu kali diameternya. Dalam jarak kurang dari dari satu kali diameternya maka maka koefisien drag tekanan besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Nouri-Borujerdi A., Arash M. Lavasani, Pressure Loss and Heat Transfer Characterization of a Cam-Shaped Cylinder at Different Orientations, *Journal of Heat Transfer*, DECEMBER 2008, Vol. 130 / 124503.
- [2]. Minter Cheng, Fluid Flow And Heat Transfer Around Two Circular Cylinders In Side-By-Side Arrangement, *Proceedings of HT-FED04 2004 ASME Heat Transfer/Fluids Engineering Summer Conference July 11-15, 2004, Charlotte, North Carolina USA.*
- [3]. Jaeui Cho and Changmin Son, A numerical study of the fluid flow and heat transfer around a single row of tubes in a channel using immerse boundary method, *Journal of Mechanical Science and Technology* 22 (2008) 1808~1820.
- [4]. Sharman B., F. S. Lien; L. Davidson³ and C. Norberg⁴ Numerical predictions of low Reynolds Number _Ows Over Two Tandem Circular Cylinders, *International Journal For Numerical Methods In Fluids Int. J. Numer. Meth. Fluids* 2005; 47:423-447.
- [5]. Ertan Buyruk ,Heat Transfer and Flow Structures Around Circular Cylinders in Cross-Flow, *Tr. J. of Engineering and Environmental Science* 23,1999.
- [6]. Monalisa Mallick and A.Kumar, Study on Drag Coefficient for the Flow Past a Cylinder, *International Journal of Civil Engineering Research Volume 5 , Number 4 (2014), pp. 301-306.*
- [7]. Shrish Chandra Duve, Mahendra Kumar Agrawal, An Experimental Study of Pressure Coefficient and Flow Using Sub Sonic Wind Tunnel The Case of A Circular Cylinder *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Volume 4, Issue 2, February 2014.
- [8]. Lucas Teixeira da Silveira, Luiz Antonio Alcântara Pereira, Miguel Hiroo Hirata, The Effects of Interference Between Two Circular Cylinders Arranged In Tandem by Vortex Method, 18th International Congress of Mechanical Engineering , *Proceedings of COBEM 2005*, November 6-11, 2005, Ouro Preto, MG
- [9]. Triyogi Yuwono, Wawan Aries Widodo¹, Heru Mirmanto¹, and Fahmi Fahreza, Plane Wall Effect of Flow around Two Circular Cylinders in Tandem Arrangement, *The Journal for Technology and Science*, Vol. 22, No. 1, February 2011