

Analisa Jarak Antara Dua Silinder Berpenampang Ellip Terhadap Tekanan Aliran Udara Pada Dindingnya

Dewi Puspitasari¹, Kaprawi S.²

^{1,2} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang - Prabumulih Km 32, Ogan Ilir, Sumatera Selatan, Indonesia
dewipuspitasari@unsri.ac.id, kaprawi@unsri.ac.id

Abstrak

Silinder berpenampang ellip mempunyai tahanan tekanan yang lebih kecil dibanding dengan Silinder bulat, karena itu perlu dipelajari pengaruh jarak antar Silinder ellip terhadap tekanan aliran yang menabraknya. Silinder ellip ini aplikasinya dapat dirancang untuk alat penukar kalor. Studi ini memberikan pengaruh jarak antar Silinder ellip satu baris yang mempunyai *aspect ratio* bergerak dari 0,4 s.d. 1,0 terhadap tekanan aliran udara yang menabraknya. Luas dinding Silinder ellip adalah tetap untuk berbagai *aspect ratio* yang dipelajari dengan membuat panjang busur keliling ellip tetap. Penelitian dilakukan secara eksperimental di dalam sebuah *wind tunnel* dengan seksi uji 40 x 40 cm² dengan cara mengukur tekanan statis pada sekeliling dinding luar Silinder ellip dan kecepatan udara dengan jarak antar Silinder yang bervariasi. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa profil koefisien tekanan berbeda satu sama lain untuk jarak Silinder yang berbeda. Tekanan menurun dengan cepat pada jarak yang kecil dan setelah itu akan melambat pada jarak yang lebih besar. Dari hasil ini juga terlihat tekanan semakin menurun dengan *aspect ratio* yang semakin kecil.

Kata Kunci : Silinder ellip, koefisien tekanan, *aspect ratio*

1. Pengantar

Alat penukar kalor pada industri sebagian besar terdiri dari sekelompok Silinder berpenampang bulat seperti pada kondensor dan evaporator. Dalam perkembangannya, sudah mulai dipelajari kemungkinan menggunakan Silinder bentuk lain yang mempunyai pressure drop yang rendah namun dengan performansi termal yang lebih baik. Mousa dkk [1] telah mempelajari dua Silinder segitiga untuk mendapatkan kondisi yang baik dengan memvariasikan jarak longitudinal kedua Silinder tersebut. Silinder segiempat dengan *aspect ratio* (AR) yang bervariasi menunjukkan bahwa *pressure drop* naik seiring dengan naiknya AR [2]. Silinder segiempat sama sisi yang dipasang *extended solid triangulaire* pada daerah stagnasi yang telah dipelajari secara numerik oleh Prasenjit dkk [3] menghasilkan penurunan *drag*. Distribusi tekanan pada Silinder ellip yang dipasang didepan sebuah bidang lengkung dan dengan sudut serang yang berbeda diberikan secara eksperimental oleh Mahmoud dkk [4]. Tekanan berubah terhadap sudut serang dari Silinder dan tekanan minimum terjadi apabila sudut serang yang besar. Aliran menabrak

sebuah ellip sangat berhubungan erat dengan *drag* dan *lift*, seperti yang telah diuraikan oleh Taeibi dkk [5]. Tahanan tekanan Silinder bulat dapat dikurangi secara signifikan dengan memasang sebuah Silinder ellip yang sebagian dipotong dan dipasang di depan aliran, seperti yang telah ditunjukkan dari hasil eksperimental oleh Wawan dkk [6]. Pengaruh diameter Silinder bulat terhadap gaya dorong (*drag force*) sangat signifikan dan gaya ini mempengaruhi gaya tahan Silinder terhadap aliran [7]. Tekanan pada Silinder ellip tunggal dengan *aspect ratio* $\varepsilon = 0,25$ telah diuraikan oleh Wawan dkk [8]. Tekanan turun secara cepat mulai dari titik stagnasi sampai pada jarak sekitar 15° dan setelah itu variasi tekanannya kurang berarti. Hal ini juga telah dilakukan oleh Afdhal dkk [9] dengan menggunakan software CFD yang menghitung tekanan pada dinding Silinder ellip dengan beberapa variasi *aspect ratio*. Mereka menunjukkan bahwa semakin kecil *aspect ratio* maka semakin kecil koefisien tahanan akibat tekanan. Untuk beberapa studi aliran disekitar Silinder ellip tunggal tentang tahanan akibat tekanan maupun gesekan telah diuraikan [10,11].

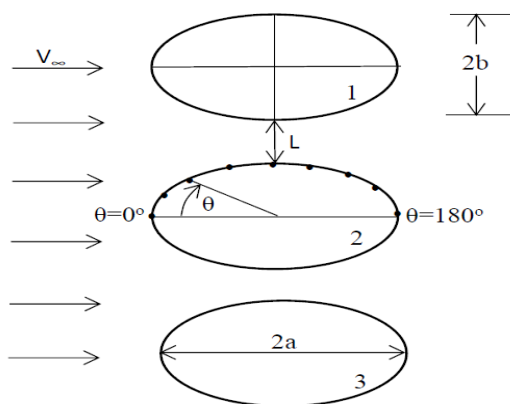
Silinder ellip yang disusun satu baris belum pernah diberikan oleh penulis terdahulu. Oleh karena itu pada studi ini diberikan pengaruh jarak antar Silinder ellip yang disusun satu baris terhadap tekanan pada permukaan dinding Silinder. Dengan demikian akan didapat kondisi jarak yang sangat berpengaruh.

2. Metode

Silinder ellip yang digunakan dan dipelajari mempunyai *aspect ratio* ($\epsilon = 2a/2b$) 0,4; 0,6; 0,8 dan 1 yang disusun dalam satu baris seperti terlihat pada Gambar.1. Jarak antar Silinder tak berdimensi ditulis $L^* = L/2b$. Adapun panjang sumbu ditunjukkan pada tabel 1 berikut:

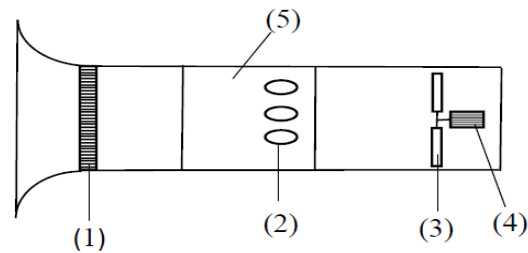
Tabel 1. Ukuran Silinder

ϵ	1,0	0,8	0,6	0,4
2a (mm)	60	65,5	73,7	84,3
2b (mm)	60	52,4	44,3	33,7



Gambar 1. Susunan Silinder ellip satu baris

Silinder ellip terbuat dari bahan Polyvinyl Chloride (PVC). Silinder 2 dipasang diantara Silinder 1 dan 3 yang sama ukurannya yang mana membentuk satu baris dan dipasang dalam seksi uji (5) dari *wind tunnel* 40 x 40 cm² (Gambar 2.). Pengukuran dilakukan pada dinding Silinder ellip (2) pada sudut θ bergerak dari 0° s.d 180° (Gambar 1) dan diameter lubang *taping* tekanan adalah 0,6 mm.



Gambar 2. Wind Tunnel

Didalam *wind tunnel* dipasang penyeragam aliran udara masuk (1) dan fan (3) dipasang diujung belakang saluran udara sehingga udara dihisap oleh fan berpengerak motor listrik (4) dan kemudian udara keluar. Udara dalam seksi uji diukur dengan *current meter* (kesalahan sekitar 1%) yang dipasang 15 cm di depan Silinder. Kecepatan udara dibuat konstan $V_\infty = 10$ m/s. Beda tekanan statis antara aliran di depan Silinder dan di permukaan Silinder 2 diukur dengan *digital differential manometer*. Pengukuran tekanan hanya dari posisi 0° s.d 180° pada dinding Silinder dengan alasan aliran dianggap simetris. Jarak antar Silinder, L , divariasikan dengan merubah posisi Silinder atas dan bawah saja.

Setelah tekanan diukur, maka dihitung koefisien tekanan dengan persamaan (1) berikut:

$$C_p = \frac{P_\theta - P_\infty}{1/2 \cdot \rho V_\infty^2} \quad (1)$$

Kemudian koefisien tahanan tekanan dihitung dengan persamaan (2) berikut :

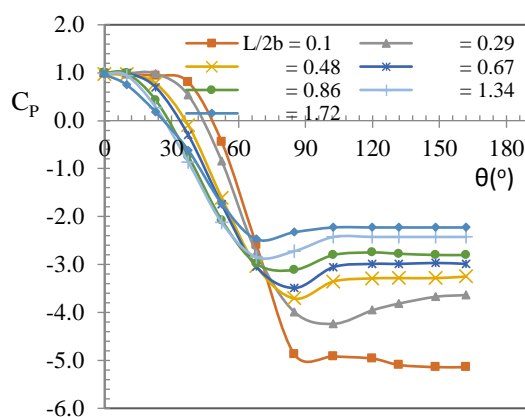
$$C_{D_p} = \int_0^\pi C_p \cdot \cos\theta \sqrt{1 - e^2 \cos^2\theta} \cdot d\theta \quad (2)$$

Dimana : $e = \sqrt{1 - \epsilon^2}$ adalah eksentrisitas
Dalam pengukuran, parameter yang diukur adalah beda tekanan, kecepatan udara dalam saluran, dan temperatur aliran udara yang mempengaruhi kerapatan udara dalam persamaan (1).

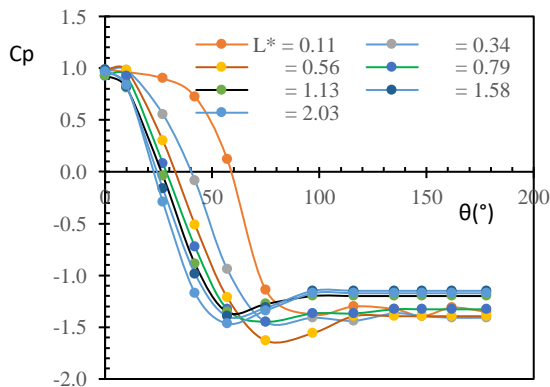
3. Hasil dan pembahasan

Dalam uraian berikut ini diberikan dua contoh distribusi koefisien tekanan pada Silinder ellip dengan *aspect ratio* $\epsilon = 0,8, 0,6$ dan 0,4 seperti terlihat pada Gambar 3, 4 dan 5. Dari gambar tersebut terlihat nilai koefisien

tekanan lebih cepat turun bila semakin kecil aspect ratio pada daerah depan Silinder ellip dan pada bagian belakang Silinder, tekanan semakin kecil dengan semakin naik aspect rasionya. Pengaruh jarak antar Silinder L^* terlihat bahwa tekanan cenderung mendekati konstan di daerah dekat stagnasi untuk jarak yang sangat kecil dan pada bagian belakang tekanan minimum dibanding jarak yang lebih besar. Ketika jarak L^* bertambah besar maka tekanan didepan lebih cepat turun dan dibelakang semakin naik.



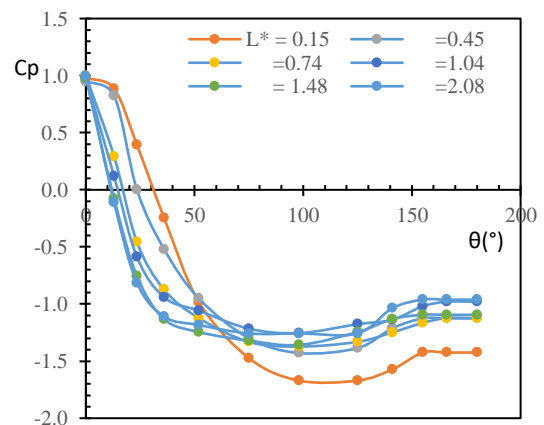
Gambar 3. Koefisien Tekanan untuk $\varepsilon = 0.8$



Gambar 4. Koefisien Tekanan untuk $\varepsilon = 0.6$

Koefisien drag tekanan total ditunjukkan pada Gambar 6 untuk aspect ratio mulai dari 0,4. Profil penurunan koefisien drag identik satu sama lain yang mana koefisien menurun secara cepat pada jarak yang kecil dan mulai melambat pada jarak yang semakin naik. Jarak mulai $L^* > 1$, pengaruhnya sudah kurang signifikan. Untuk aspect ratio $\varepsilon = 0,4$, pengaruh jarak sudah mulai kurang signifikan mulai dari $L^* \approx 1.0$ dan untuk aspect ratio yang semakin naik maka L^* semakin naik juga. Hal

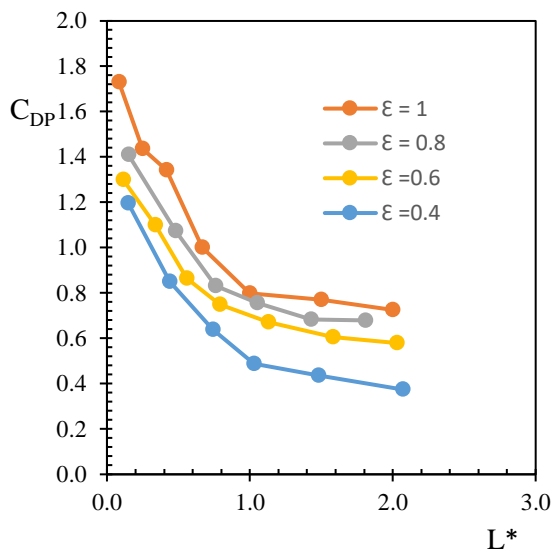
ini disebabkan oleh karena semakin besar tebal lapisan batas untuk aspect ratio yang semakin besar. Menjauhi daerah stagnasi, aliran diantara Silinder dipengaruhi oleh bentuk kedua dinding Silinder. Untuk ε yang kecil, perubahan terjadi dengan lambat oleh karena dinding Silinder ellip ini berubah secara lambat dalam arah aliran, akibatnya tekanan berubah juga secara lambat dan nilainya lebih kecil dari tekanan dinding Silinder berubah secara cepat (untuk ε yang tinggi). Perubahan kecepatan aliran berhubungan dengan perubahan tekanannya. Hal ini dapat dinyatakan dengan fenomena energi yang konstan pada garis aliran yang sama. Semakin besar perubahan penampang aliran maka semakin besar pula perubahan kecepatan dan tekanannya dalam arah aliran. Hal ini terjadi pada ε yang besar, sehingga tekanan semakin turun dan begitu pula dengan tekanannya sehingga menimbulkan daerah vakum yang lebih besar dan kecepatan menjadi tidak beraturan (*vortex*).



Gambar 5. Koefisien Tekanan untuk $\varepsilon = 0.4$

Didaerah dekat titik stagnasi ($\theta \approx 0^\circ$), untuk jarak yang dekat, L kecil : semakin turun ε maka akan semakin cepat turun tekanan. Hal ini disebabkan oleh karena perubahan penampang pada daerah tersebut dimana semakin turun ε semakin cepat terjadi perubahannya, tidak seperti halnya untuk nilai ε yang tinggi. Fenomena tekanan ini berhubungan dengan kecepatan aliran diantara Silinder yang merupakan proses perubahan energi aliran dari kecepatan menjadi tekanan. Untuk perubahan laluan aliran yang kecil maka

tekanan dan dan kecepatan terjadi perubahan yang kecil pula.



Gambar 6. Koefisien tahanan akibat tekanan

Perubahan bentuk profil koefisien tekanan terhadap jarak antar Silinder untuk semua aspect ratio praktis sama akan tetapi nilainya yang berbeda. Turunnya nilai C_{DP} dengan naiknya jarak, menunjukkan bahwa hambatan tekanan aliran semakin berkurang sehingga kehilangan energi aliran semakin turun. Pada $L^* \approx 1$, kelihatannya adalah batas yang optimal yaitu batas yang dapat dianggap pengaruhnya dapat diabaikan.

4. Kesimpulan

Dari uraian hasil dan pembahasan maka dapatlah disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- Tekanan semakin cepat turun untuk aspect ratio yang semakin kecil.
- Jarak sangat mempengaruhi koefisien drag tekanan untuk jarak antar Silinder yang kecil, dan jarak ini naik seiring dengan naiknya *aspect ratio*.

5. Daftar Pustaka

1. Mousa Farhadi, Kurosh Sedighi, Afshin Mohsenzadeh Korayem, *Effect of wall proximity of two staggered triangular cylinders on the transport process in a channel*. Engineering Science and Technology, an International Journal.
2. Toolthaisonga S., and Kasayapananda N., *Effect of attack angles on air side thermal and pressure drop of the cross flow heat exchangers with staggered tube arrangement*, Energy Procedia 34, 417 – 429, 2013.
3. Prasenjit Dey, Ajoy Kr. Das, *Numerical analysis of drag and lift reduction of square cylinder*, Engineering Science and Technology, an International Journal. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jestch.2015.05.007>.
4. Mahmoud S. MOSTAFA, Radwan KAMAL, and Mohamed GOBRAN, *Flow And Heat Transfer Characteristics Around An Elliptic Cylinder Placed In Front Of A Curved Plate*. Thermal Science: Vol. 18, No. 2, pp. 465-478, 2014.
5. Taeibi Rahni M., V. Esfahanian and M. Salari, V. Esfahanian and M. Salari. *Investigation of Flow Around a Confined Elliptical Cylinder Using the Lattice Boltzmann Method*, Middle-East Journal of Scientific Research 15 (1): 08-13, 2013. DOI: 10.5829/idosi.mejsr.2013.15.1.2628.
6. Wawan Aries Widodo, Triyogi Yuwono, P. Indiyono, Wasis Dwi Aryawan. *Pengendalian Aliran Pasif pada Silinder Sirkular dengan Inlet Disturbance Body Berbentuk Silinder Elip (AR = 1/4)*. Jurnal Teknik Mesin Vol. 11, No. 1, 1–11, 2009.
7. Monalisa Mallick and A. Kumar, *Study on Drag Coefficient for the Flow Past a Cylinder*, International Journal of Civil Engineering Research. Vol. 5, Number 4, pp. 301-306, 2014.
8. Wawan Aries Widodo, Triyogi Yuwono, *Stud I Tentang Karakteristik Aliran Melintasi Silinder Ellips (Ar=L/4) Tunggal Teriris Pada Sisi Depan*, Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII, Undip Semarang, 2009.
9. Afdhal Kurniawan Mainil, Fauzan Andreas, Helmizar. *Analisis Pengaruh Perbandingan Diameter Minor Dan Mayor Elips Terhadap Nilai Koefisien Drag Menggunakan Program CFD*, Jurnal Teknik Mesin Vol.2, No. 1, 56-64, 2012.

10. Kaprawi S., Dyos Santoso. Convective heat transfer from a heated elliptic cylinder at uniform wall temperature, International Journal Of Energy And Environment Vol. 4, Issue 1, 2013 pp.133-140.
11. Sivakumar P., Ram Prakash Bharti, Chhabra R.P.. Steady flow of power-law fluids across an unconfined elliptical cylinder. Chemical Engineering Science, 62, 1682-1702, 2007