

ANALISIS DAMPAK PEMASANGAN SILINDER PENGGANGGU I-650 TERHADAP GAYA DRAG DARI SILINDER SIRKULAR

Moch Yana Reynaldi¹, Gunawan Sakti², Bayu Dwi Cahyo³

^{1,2,3}Politeknik Penerbangan Surabaya, Jl. Jemur Andayani I/73, Surabaya 60236

Email: mochyanareynaldi01@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini berfokus kepada upaya penurunan gaya drag dengan penempatan silinder pengganggu tipe- I-650 pada area arah aliran datang. Karakteristik aerodinamika daripada silinder utama dan pengganggunya dimodelkan secara 2D dengan menggunakan Ansys Fluent pada aliran laminar. Upaya penurunan gaya drag dilakukan dengan diameter silinder utama $D=60$ mm, dengan tipe silinder pengganggu I-65 0 dengan jarak antar titik pusat kedua silinder adalah $s/D=1.375$ dan Reynold number $Re = 3.79 \times 10^4$ pada kecepatan $U = 10$ m/s. Hasil dari penelitian ini mampu menunjukkan performa aerodinamika yang lebih baik, dengan membandingkan beberapa parameter ukur antara silinder tunggal dan silinder dengan pengganggu.

Kata Kunci: Silinder tipe I-650 , Aerodinamika,, *Reynold Number*

Abstract

This research that focuses on reducing the drag force of a cylinder pipe by placing a type-I 65 disturbing cylinder in the area of the direction of the incident flow. The aerodynamic characteristics of the main cylinder and its disturbance were modeled in 2D using Ansys Fluent on laminar flow. Efforts to reduce the drag force are carried out with the diameter of the main cylinder $D=60$ mm, with the disturbance cylinder type I-650 with the distance between the center points of the two cylinders $s / D = 1.375$ and the Reynold number $Re = 3.79 \times 10^4$ at the speed $U = 10$ m / s. The results of this study are able to show better aerodynamic performance, by comparing several measuring parameters between single cylinder and cylinder with disturbance.

Keywords: *Cylinder type I-650 , Aerodynamics, Reynold Number*

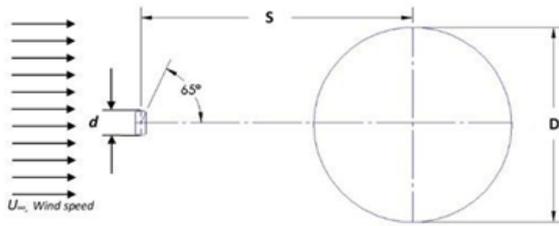
PENDAHULUAN

Metode Penelitian pada sebuah aliran udara yang melewati silinder perlu dilakukan. Perbedaan materi studi yang berbeda menunjukkan bahwa aliran ini memiliki banyak aplikasi teknik dan masih menghadirkan salah satu tantangan utama dalam aerodynamic. Sebagai contoh pada pesawat udara dapat diterapkan pada heat exchanger, air conditioning system, engine oil cooler, dan susunan hydraulic hoses pada shockstrut non-retractable landing gear. Selain itu, penampang melintang pipa kapiler engine oil cooler mempunyai geometri identik dengan sebuah silinder sirkuler dengan pengaturan pada jarak dan diameternya akan menurunkan pressure drag yang lebih rendah sehingga memberikan keuntungan secara aerodinamis. Penelitian ini berfokus pada upaya penurunan pressure drag pada silinder sirkuler pada kondisi Reynold number $Re = 3.79 \times 10^4$. Jarak antar silinder diatur konstan sebesar $1,375D$, dengan D merupakan diameter silinder utama. Objek penelitian adalah sebuah silinder pengganggu tipe I- 65° dengan diameter $0.125D$ dan sebuah silinder utama. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Computational Fluid Dynamics untuk melakukan komputasi dan analisis numerik. Dalam eksperimen yang dilakukan oleh Triyogi dkk. (2009), dilakukan dengan menggunakan silinder tipe I dengan sudut irisan $\theta_s = 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 53^\circ, \text{ dan } 65^\circ$ yang diletakkan di depan silinder sirkuler dengan jarak $S/d = 1.375$ dalam wind tunnel pada Reynold number $Re = 5.3 \times 10^4$ dan kecepatan udara dijaga pada 14 m/s , dihasilkan bahwa penempatan silinder kecil di depan silinder sirkuler lebih efektif dalam mengurangi gaya drag dibanding dengan silinder sirkuler tunggal tanpa kontrol pasif. Adanya silinder kecil tipe I, sirkuler atau irisan ($\theta_s = 0-65^\circ$) di depan silinder sirkuler

besar cenderung menunda separation point di bagian atas dan bawah silinder sirkuler. Sebagai kontrol pasif, silinder kecil tipe I- 65° ($\theta_s = 0-65^\circ$) mempercepat transisi dari laminar menuju turbulent layer. Silinder tipe I- 65° memberikan pengurangan drag terbesar di antara semua silinder yang digunakan dalam investigasi tersebut. Drag pada susunan tandem menggunakan silinder tipe I- 65° bernilai 0.52 kali dari drag silinder tunggal. Hal ini menunjukkan bahwa silinder kecil tipe I- 65° sebagai kontrol pasif pada posisi susunan sejajar $\alpha = 0^\circ$ adalah yang paling efektif untuk mengurangi drag pada silinder sirkuler besar di antara kontrol pasif silinder yang digunakan dalam percobaan tersebut. Fluida yang mengalir melewati permukaan objek lalu aliran partikel di sekeliling permukaan objek akan bergerak lebih lambat karena disebabkan gaya gesek, sehingga kecepatan aliran partikel di sekeliling objek akan bernilai nol. Sedangkan aliran partikel lain akan berinteraksi, sehingga kecepatan aliran yang menjauh dari objek akan semakin cepat. Hal ini disebabkan oleh shear stress yang meningkat. Karena shear stress memengaruhi kecepatan pada setiap layer, layer tersebut dinamakan boundary layer. Efek dari shear stress memiliki peran penting dalam flow characteristic di sekeliling objek adalah konsep dari boundary layer. Koefisien drag dari sebuah objek bisa dikurangi dengan menambahkan objek kontrol pasif di depan atau di belakang objek. (Widodo dkk, 2017).

METODE

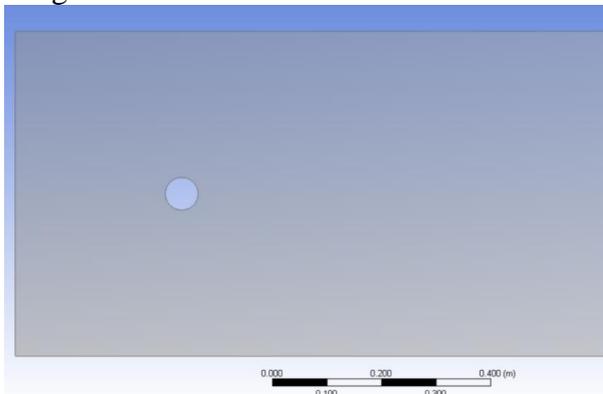
Berikut ini adalah data dari sebuah aliran udara yang melintasi silinder dengan memasang silinder tipe I di depan objek. Dalam penelitian ini yang menjadi objek adalah analisis aliran udara yang melewati silinder pengganggu.



dengan Memasang Silinder Tipe-I
 Keterangan :

- D : Diameter silinder utama
- d : diameter silinder pengganggu (0.125 D)
- S : Jarak antara pusat silinder utama dan silinder pengganggu (1.375 D)
- U : kecepatan udara (10 m/s)

Parameter yang dimasukkan pada tahap ini adalah pada kecepatan inlet yaitu *velocity inlet* sebesar 10 m/s dengan *Reynold number* 3.79×10^4 , jarak pusat antar silinder sebesar 1.375 D atau sama dengan 82.5 mm.



Teknik Pengumpulan Data Dan Instrumen Penelitian

Studi Pustaka

Metode Studi Pustaka adalah segala usaha yang dilakukan oleh peneliti untuk menghimpun informasi yang relevan dengan topik atau masalah yang akan atau sedang diteliti. Informasi yang didapat dari buku-buku ilmiah, laporan penelitian, karangan-karangan ilmiah, tesis, peraturan-peraturan, ketetapan-ketetapan, ensiklopedia dan sumber-sumber tertulis baik tercetak maupun elektronik yang tersedia untuk menunjang analisis yang akan dilakukan dalam pemecahan masalah.

Studi pustaka yang dilakukan meliputi peraturan dan persyaratan guna meninjau ulang hal-hal yang dianggap

menyebabkan timbulnya masalah, panduan dan acuan tentang pengertian yang terdapat dalam pembahasan masalah, termasuk penjabaran atas judul dari masalah yang diangkat disertai beberapa pendapat dari para ahli yang disunting dari berbagai sumber.

Dalam penelitian ini, studi pustaka digunakan untuk menganalisis karakteristik aliran udara yang melewati silinder pada heat exchanger ketika diberi pengganggu berupa silinder kecil tipe I-65⁰.

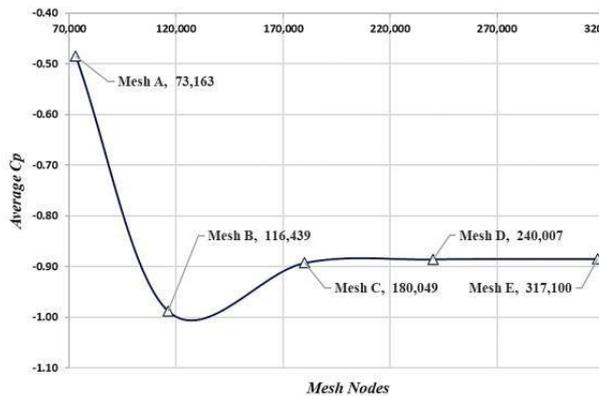
Grid Independence

Studi *grid independence* dilaksanakan pada silinder dengan menempatkan pipa silinder penghalang (*drag*) tipe I-65⁰. Studi ini dilakukan untuk membandingkan kerapatan meshing mulai dari renggang hingga rapat yang hasil simulasinya akan dibandingkan dengan penelitian lainnya yang telah divalidasi. Adapun hasil dari beberapa meshing ditampilkan pada contoh tabel 3.1, jenis *meshing* yang digunakan adalah *meshing* C dengan jumlah *node* sebanyak 180049.

Tabel 3.1 Tabel Hasil Variasi *Meshing*

Meshing	Node	Skewness Max <0,9	Aspect Ratio AVE/MAX <4 (CD)	Inflation Layer
Meshing A	73163	0,67	2,21	20
Meshing B	116430	0,62	1,75	20
Meshing C	180049	0,77	1,20	20
Meshing D	240007	0,70	1,13	20
Meshing E	317110	0,75	1,12	20

Berikut adalah gambar *Grid Independence* simulasi numerik dengan *Coefficient Drag* (CD :



Dari grafik gambar dapat diambil simpulan bahwa semakin banyak nodes yang dibuat dengan quality mesh yang baik maka akan menghasilkan nilai yang semakin konstan dan tidak ada perubahan signifikan.

Penggunaan meshing C dilakukan setelah membandingkan kualitas antara meshing A, B, C, D, dan E. Pada meshing C, D, dan E, nilai rata-rata Cp cenderung konstan. Dengan pertimbangan jika semakin banyak nodes yang dihasilkan dalam proses meshing akan memengaruhi kinerja komputer dan lamanya waktu yang dibutuhkan selama proses, maka meshing C akan digunakan pada penelitian ini

ANSYS Fluent Solver Setup

Semua simulasi yang ditunjukkan dalam penelitian ini menggunakan *software* ANSYS Fluent 2020 R1. Berdasarkan literatur yang dijadikan acuan, persamaan URANS (*Unsteady Reynold-Average Navier Stokes*) diselesaikan dengan menggunakan SIMPLE (*Semi-Implicit Method for Pressure-Linked Equations*).

Prosedur simulasi secara menyeluruh khususnya model *turbulent* yang digunakan sudah divalidasi dengan perbandingan beberapa hasil eksperimen untuk silinder. Hasilnya menunjukkan adanya kesepakatan yang baik antara hasil CFD dan eksperimen untuk target fungsi *Boundary Condition* ketika menggunakan model *k-ε* dengan *enchanced wall function*.

Boundary conditions untuk simulasi diambil dari data eksperimen. Hal ini termasuk kecepatan udara *inlet* yaitu 12 m/s. Tekanan *outlet* dijaga

constant pada tekanan atmosferik. Dinding silinder *zero rotational velocity relative* setara dengan aliran udara.

Instrumen Penelitian

1. Perangkat Kerja (*Hardware*)

Dalam proses penelitian berupa aplikasi *ANSYS Fluent* ditunjang oleh perangkat berupa laptop ROG WIN10 64 BIT dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel Spesifikasi Perangkat Penunjang

Penelitian

No	Nama	Spesifikasi
1.	CPU	Intel Core i7-8750H
2.	OS	Windows 10
3.	Mem	8 GB
4.	Stora	1TB FireCuda SSHD
5.	Displ	15.6", Full HD (1920 x
6.	Graph	AMD Radeon Vega 8

2. Perangkat Lunak (*Software*)

Adapun *software* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) *Notepad* untuk *plot* pipa silinder.
- 2) Ms. Excel untuk pembuatan tabel.
- 3) *Software* ANSYS Fluent 2020 R1 untuk mensimulasikan hasil dari desain yang telah dibuat.

Metode Numerik

Berikut beberapa prosedur simulasi numerik yang akan dilaksanakan pada penelitian ini :

1. Simulasi numerik menggunakan *Software* ANSYS Fluent 2020 R1
2. Kondisi batas dibuat dua dimensi (2D) pada menu desain *modeler*
3. *Input solver setup* pada *fluent*

4. Perhitungan iterasi pada pipa silinder dengan
5. Hasil simulasi numerik menggunakan variasi kecepatan inlet 10 m/s dengan *Reynold number* $3,79 \times 10^4$
6. Model geometri yang sudah valid dipertahankan dengan adanya pemasangan kontrol pasif *bluff body* tipe I-65⁰.
7. Perhitungan iterasi pada geometri dengan kontrol pasif *bluff body* tipe I-65⁰.

Teknik Analisis Data

Melalui teknik analisis data dengan analisa data kualitatif ini, diharapkan peneliti dapat menggambarkan dengan jelas mengenai permasalahan tentang *Aerodynamic*.

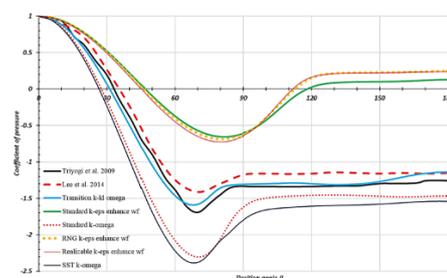
Berdasarkan penjelasan pada bab I, maka dibutuhkan teknik analisi data yang dapat menguraikan secara tepat permasalahan yang harus diteliti sehingga mampu mengantarkan peneliti pada penyelesaian masalah yang diharapkan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengungkapkan fakta, keadaan, fenomena, variabel dan keadaan yang terjadi saat penelitian berjalan dan menyuguhkan apa adanya. Langkah-langkah yang digunakan untuk pengambilan data yaitu sebagai berikut :

1. Memasang benda uji berupa silinder tipe I dengan *bluff body*.
2. Ambil data sampel dari menentukan *drag* dengan metode ANSYS FLUENT.
3. Menempatkan objek silinder dengan sudut potong 65⁰.
4. Analisa nilai koefisien *drag*

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL ANALISIS TURBULENCE MODEL

Hasil dari pada simulasi silinder sirkuler ini untuk setiap variasi *turbulence model* ditunjukkan pada gambar 4.1. Dari gambar tersebut secara kualitatif menunjukkan bahwa *turbulence model* yang mampu mendekati data eksperimental adalah *transition k-kl omega*. Masing-masing *turbulence model* diuji dengan *Reynold number* $Re = 5.3 \times 10^4$ dengan kecepatan aliran udara *freestream* $U_{\infty} = 10$ m/s. Hal tersebut dilakukan guna mendapat kondisi simulasi beserta hasil numerik yang mampu mendekati eksperimental sehingga dapat dinyatakan valid dan digunakan untuk simulasi selanjutnya.

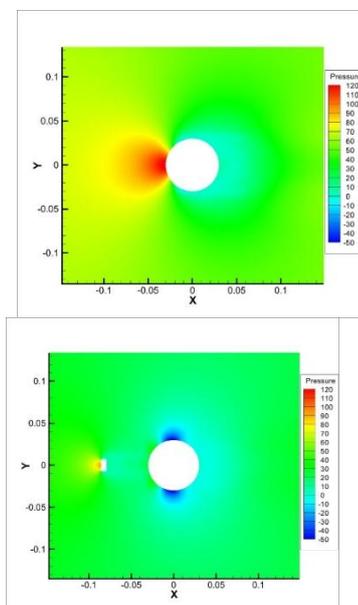


Setelah diperoleh konfigurasi *mesh* dan *turbulence model* yang valid selanjutnya dilaksanakan simulasi dengan metode yang sama untuk

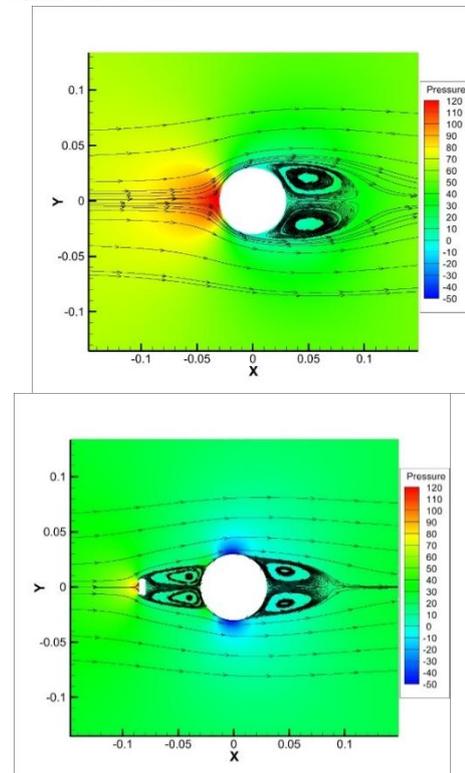
variabel penelitian instalasi silinder sirkuler tipe I-65⁰ *upstream* silinder utama pada jarak $S/D = 1.375$, Reynolds number $Re = 3.79 \times 10^4$.

Pressure Contour

Perbandingan kontur tekanan antara silinder tunggal sebelum dan sesudah pemasangan silinder I-65⁰ *upstream* silinder utama dapat ditunjukkan pada gambar 4.2. Kontur tekanan ini memperlihatkan adanya perbedaan tekanan di area *upstream* dan *downstream* di mana area yang berwarna merah menunjukkan tekanan yang tinggi yaitu di area aliran datang atau *upstream* dan area dengan warna biru menunjukkan area bertekanan rendah yaitu di area arah aliran pergi atau *downstream*. Perbedaan tekanan antara area *downstream* dan area *upstream* inilah yang disebut sebagai *pressure drag*.



Hasil analisis kualitatif dari kontur tekanan ini adalah adanya penyempitan area bertekanan rendah dan area bertekanan tinggi masing-masing pada area *downstream* dan *upstream* silinder utama sebagai dampak penempatan silinder I-65⁰ sebagai kontrol pasif aliran *upstream* silinder utama. Sehingga penempatan silinder I-65⁰ terbukti mampu menurunkan *pressure drag* pada silinder utama.



menunjukkan *overlay streamline* aliran yang melewati silinder tunggal dan silinder dengan penempatan *bluff body* tipe I-65⁰. Pada konfigurasi silinder tunggal *freestream* aliran akan jatuh tepat di *stagnation point* dinding lingkaran depan dan mengalami stagnasi. Untuk aliran di sekitarnya yang mengalir di permukaan dinding silinder disebut *laminar boundary layer*. Karena adanya *adverse pressure gradient* aliran tersebut mulai kehilangan momentum dan terseparasi lepas dari permukaan dinding silinder untuk membentuk *turbulent boundary layer*. Aliran ini akan membentuk *wake* di belakang silinder, di mana pada gambar 4.3 *wake area* mempunyai tekanan yang rendah. Sebagai akibatnya terjadi perbedaan

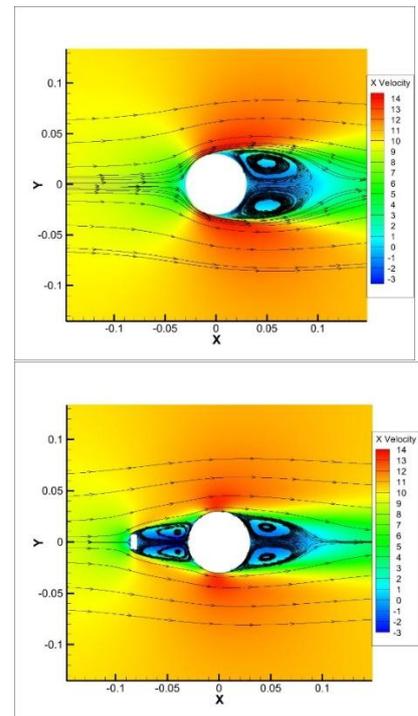
tekanan yang besar antara area *downstream* dengan area *upstream* sehingga *pressure drag* membesar.

Dengan adanya penempatan silinder I-65⁰ akan melepaskan *shear layer* yang akan mengalami *re-attachment* pada dinding permukaan silinder, sehingga separasi aliran akan sedikit tertunda kebelakang menyebabkan luas pembentukan *wake* di area *downstream* yang bertekanan rendah semakin menyempit. Selain itu juga area diantara

silinder utama dan silinder I-65⁰ akan mengalami penurunan tekanan dan mengakibatkan selisih tekanan antara area *downstream* dengan area *upstream* silinder utama akan mengalami penurunan, maka *pressure drag* turun.

Gambar di bawah ini menunjukkan *overlay streamline* aliran udara pada kontur kecepatan untuk kedua konfigurasi yang diuji pada $Re = 5.3 \times 10^4$. Area yang berwarna biru menunjukkan area dengan kecepatan rendah dan adanya *backflow* terindikasi dengan adanya arah *streamline* dan kecepatan negatif. Pertimbangan kontur kecepatan ini memperkuat adanya fenomena separasi yang tertunda sebagai akibat dari penempatan silinder tipe I-65⁰ *upstream* silinder utama. Pada daerah *reattachment* kecepatan udara semakin rendah, sampai dengan aliran *laminar sublayer*-nya,

kemudian kecepatan udara kembali meningkat ketika terseparasi dari dinding silinder utama.

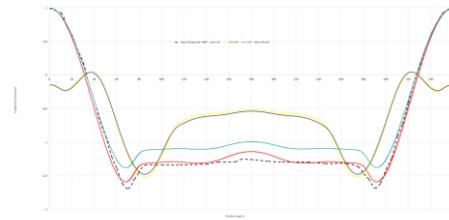


Gambar 4.2. menunjukkan distribusi tekanan pada dinding silinder tunggal dan silinder dengan penempatan *bluffbody* tipe I-65⁰ pada Reynolds Number $Re = 3.79 \times 10^4$. Dari hasil simulasi numerik ini ditemukan bahwa dengan bilangan Reynold tersebut distribusi tekanan pada silinder tunggal masih mendekati data eksperimen dari *Triyogi et al.* 2009. Dengan adanya silinder tipe I-65⁰ menurunkan *coefficient of pressure* di area *upstream* dan menaikannya pada area *downstream*. Grafik distribusi koefisien tekanan ini juga dapat digunakan untuk menentukan titik *reattachment* dan *separation* di

permukaan dinding silinder utama pada kedua eksperimen yang dilakukan.

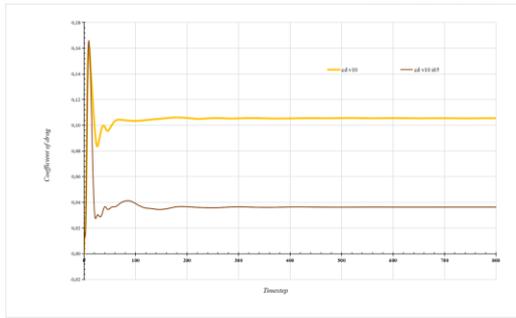
Dari grafik dapat terlihat bahwa hasil eksperimen dengan Reynolds Number $Re = 3.79 \times 10^4$ baik pada silinder utama sebelum dan sesudah ditambahkan silinder pengganggu menghasilkan nilai *coefficient of pressure* yang hampir berimpit dengan hasil eksperimen Triyogi et al. 2009. Titik *reattachment* untuk konfigurasi silinder tandem berada masing-masing di derajat $\theta = 35^\circ$ dan $\theta = 325^\circ$. Untuk titik separasi ditentukan dengan distribusi koefisien tekanan yang konstan karena *laminar boundary layer* sudah terseparasi dari permukaan silinder untuk membentuk *turbulence boundary layer*. Dari grafik ini, titik separasi silinder tunggal terjadi pada posisi $\theta = 85^\circ$ dan $\theta = 275^\circ$, sedangkan untuk silinder tandem tipe I-65⁰ *separation point* terjadi pada posisi $\theta = 120^\circ$ dan $\theta = 240^\circ$. Sehingga dapat disimpulkan dengan penempatan silinder pengganggu tipe I-65⁰ dengan diameter $d/D = 0.125$ mampu menunda titik separasi masing-masing sejauh 35° ke arah *downstream*. Selain itu, dari grafik ini juga dapat menunjukkan adanya penurunan selisih nilai distribusi koefisien tekanan antara bagian *upstream* silinder dan bagian *downstream* silinder. Sehingga penempatan silinder tipe I-65⁰ ini

mampu menurunkan nilai *pressure of drag*.

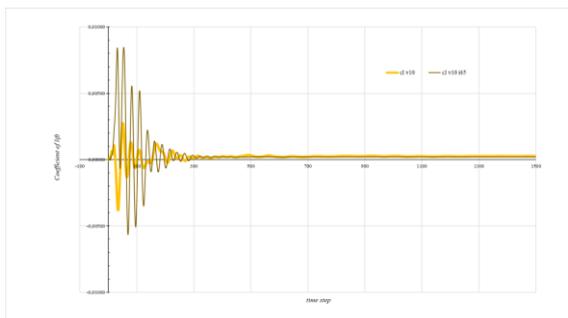


Perbandingan *Coefficient of Lift* dan *Coefficient of Drag*

Gambar 4.3 menunjukkan adanya penurunan terhadap *coefficient of drag* pada konfigurasi silinder tandem jika dibandingkan dengan silinder tunggal. Fluktuasi nilai CD dari kedua susunan silinder terjadi ketika *timestep* kurang dari 100 pada silinder tunggal dan *timestep* di bawah 200 untuk silinder dengan pengganggu tipe I-65⁰. Untuk silinder tunggal, nilai CD mulai stabil pada *timestep* 100 dan seterusnya dengan nilai rata-rata 0,1. Sedangkan untuk silinder dengan pengganggu nilai CD mulai stabil pada *timestep* 200 dan seterusnya dengan nilai rata-rata 0,035. Dari gambar ini disimpulkan bahwa penempatan silinder I-65⁰ *upstream* silinder utama cenderung menurunkan *coefficient of drag* menjadi sekitar tiga kali lipat lebih kecil jika dibandingkan dengan konfigurasi silinder tunggal pada Reynolds number $Re = 3.79 \times 10^4$.



Gambar 4.4 menunjukkan grafik perbandingan nilai *coefficient of lift* untuk susunan silinder tunggal dan silinder tandem tipe I-65⁰. Dari gambar ini terlihat bahwa penempatan silinder tipe I-65⁰ menghasilkan peningkatan pada nilai *coefficient of lift* pada konfigurasi silinder tunggal. Fluktuasi nilai CL dari kedua susunan silinder terjadi ketika *timestep* kurang dari 700 pada silinder tunggal dan *timestep* di bawah 500 untuk silinder dengan pengganggu tipe I-65⁰. Untuk silinder tunggal, nilai CL mulai stabil pada *timestep* 700 dan seterusnya. Sedangkan untuk silinder dengan pengganggu tipe I-65⁰ nilai CL mulai stabil pada *timestep* 500 dan seterusnya.



Tabel 4.1 menunjukkan hasil simulasi *transient* untuk masing-masing koefisien drag dan koefisien lift pada $Re = 3.79 \times 10^4$.

Kedua konfigurasi silinder masing-masing diambil nilai rata-rata secara menyeluruh 1500 *timestep* dan setiap rentang 100 *timestep* kemudian ditentukan perubahan *coefficient of drag* dan *lift* dalam persentase. Nilai rata-rata *coefficient of drag* konfigurasi silinder dengan instalasi *bluffbody* I-65⁰ pada rentang *timestep* 0-1500, menunjukkan adanya penurunan menjadi 32% dibandingkan silinder tunggal. Sedangkan nilai rata-rata *coefficient of lift* konfigurasi silinder dengan instalasi *bluffbody* I-65⁰ pada rentang *timestep* 0-1500, menunjukkan adanya peningkatan sebesar 51% dibandingkan silinder tunggal.

PENUTUP

Simpulan

Berikut hasil simulasi dan analisis perubahan nilai koefisien *drag* dan *lift* pada silinder tandem dengan menempatkan silinder pengganggu tipe I-65⁰ di area *upstream* dengan bilangan *Reynold* $Re = 3.79 \times 10^4$ diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Model viscosity transtition k-kl-omega (3 equations) adalah pemodelan dalam simulasi yang paling mendekati eksperimen Triyogi et al. (2009) dengan kondisi bilangan *Reynold* $Re = 5.3 \times 10^4$.
2. Dari hasil simulasi dapat diketahui bahwa pada silinder pengganggu tipe I-65⁰ dapat mengurangi *drag* pada kondisi bilangan *Reynold* $Re = 5.3 \times 10^4$

tetapi hasil yang berbeda akan didapat ketika eksperimen dilakukan dengan bilangan *Reynold* $Re = 3.79 \times 10^4$.

3. Pada grafik CP, terlihat bahwa nilai perubahan CP pada bilangan *Reynold* $Re = 3.79 \times 10^4$ sangat dekat dengan nilai CP simulasi dengan *Reynold* $Re = 5.3 \times 10^4$ baik pada percobaan susunan silinder tunggal maupun silinder tandem dengan pengganggu tipe I-65°. Baik titik separation maupun re-attachment yang terjadi pada silinder tunggal dengan atau tanpa silinder pengganggu tipe I-65o posisinya hampir mirip dengan selisih yang sangat kecil terhadap posisi titik-titik tersebut pada saat kondisi eksperimen diberikan nilai bilangan *Reynold* $Re = 5.3 \times 10^4$.
4. Pemasangan silinder pengganggu I-65° mengakibatkan peningkatan nilai CD dan CL dengan rata-rata masing-masing sebesar 352% dan -712%.

Saran

1. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya memiliki banyak variasi parameter dan variabel bebas untuk dikaji. Pengembangan dapat diberikan

dengan variasi perbandingan ukuran silinder utama dengan silinder pengganggu, tipe fluida yang mengalir, serta posisi dan sudut silinder pengganggu terhadap silinder utama.

2. Diharapkan untuk melakukan kajian yang lebih mendalam mengenai faktor-faktor yang memengaruhi perbedaan sifat dan hasil penelitian (CP, CL, dan CD) dalam kondisi input satu variabel dengan variabel lainnya.
3. Diharapkan untuk memperbanyak studi literatur sebagai rujukan dan pembanding dalam penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ANDERSON, J. D. (2017). *Fundamentals of aerodynamics*.
- [2] ANSYS Fluent Inc. 2013. *ANSYS Fluent Meshing User's Guide. U.S.A.*
- [3] Bertin, J. J.; Smith, M. L. (2001). *Aerodynamics for Engineers* (edisi ke-4th).
- [4] Catalano, Pietro & Wang, Meng & Iaccarino, Gianluca & Moin, Parviz. (2003).
- [5] Chung, T. (2002). *Computational Fluid Dynamics*. Cambridge: Cambridge
- [6] Djoeli Satrijo, *Dinamika Kendaraan Modul I*, Semarang: Fakultas Teknik
- [7] E.L. Houghton, P.W. Carpenter, Steven H. Collicott, Daniel T. Valentine,

PROSIDING
SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2021

ISSN : 2548 – 8112 eISSN: 2622-8890

- Chapter 1 - Basic Concepts and Definitions, Aerodynamics for Engineering Students (Sixth Edition), Butterworth-Heinemann, 2013, Pages 1-68, ISBN*
- [8] Igarashi, Tamotsu & Shiba, Yoshihiko. (2006). *Drag Reduction for D-Shape and I-Shape Cylinders. Jsme International Journal Series B-fluids and Thermal Engineering - JSME INT J SER B. 49. 1036-1042.*
- [9] Mainil Afdhal, K. (2012). *Analisis Pengaruh Perbandingan Diameter Minor Dan Mayor Elips Terhadap Koefisien Drag Menggunakan Program Cfd.* Institut Teknologi Padang.
- [10] Muhajir, K. J. T. M. (2012). *Pengaruh Viskositas terhadap Aliran Fluida Gas- Cair melalui Pipa Vertikal dengan Perangkat Lunak Ansys Fluent 13.0.* Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
- [11] Munson, B. R., Young, D. F., & Okiishi, T. H. (2006). *Fundamentals of fluid mechanics. Hoboken, NJ, J. Wiley & Sons. Numerical simulation of the flow around a circular cylinder at high* Prentice Hall. ISBN 0-13-064633-4. OCLC 47297603. *Reynold numbers. International Journal of Heat and Fluid Flow. 24. 463-*
- [12] Rr. Sri Poernomo Sari. 2013. *Distribusi Temperatur Aliran Fluida Dan Analisis Nilai Koefisien Perpindahan Panas Konveksi Pada Heat Exchanger Tipe Counterflow* Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma
- [13] Tsutsui, T. & Igarashi, T.. (2002). *Drag reduction of a circular cylinder in an air-stream. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics - J WIND ENG IND AERODYN. 90. 527-541. 10.1016/S0167-University Press. doi:10.1017/CBO9780511606205. Univesitas Diponegoro, 1999.*
- [14] White, Frank M. 1999. *Fluid mechanics.* Boston, Mass: WCB/McGraw-Hill.
- [15] Wijanarko, Diastian & Widodo, Wawan. (2013). *Studi Numerik Karakteristik Aliran Melintasi Silinder Sirkular Tunggal Dengan Bodi Pengganggu Berbentuk Silinder Sirkular Pada Saluran Sempit Berpenampang Bujur Sangkar.*
- [16] Yuwono, Triyogi & Suprayogi, D & Spirda, E. (2009). *Reducing the drag on a circular cylinder by upstream installation of an I-type bluff body as passive control. Proceedings of The Institution of Mechanical Engineers Part C-journal of Mechanical Engineering Science - PROC INST MECH ENG C-J MECH E. 223. 2291-2296. 10.1243/09544062JMES1543.*