

PROSIDING
SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2021
ISSN : 2548 – 8112 eISSN: 2622-8890

**STUDI NUMERIK PENGURANGAN GAYA DRAG PADA TANDEM
PIPA KAPILER DENGAN PENGGANGGU SILINDER I-65⁰**

Gunawan Abdillah Munawar¹, Gunawan Sakti², Aulia Regia Soekindra Putra³
^{1,2,3} Politeknik Penerbangan Surabaya, Jl. Jemur Andayani 1 No 73, Surabaya, 60236
Email: Gunawanabdilah94@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini adalah penelitian dasar yang menitik beratkan pada upaya penurunan gaya drag sebuah pipa kapiler pada sebuah *Heat Exchanger* dengan penempatan silinder pengganggu 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-65⁰ dengan jarak antar titik pusat kedua silinder adalah $s/D=1.4$ dan *Reynold number* $Re = 3.03 \times 10^4$ pada kecepatan $V=8$ m/s.

Penelitian berikut ini menggunakan *bluff body cylinder* berbentuk I 65⁰ dan pipa kapiler sebagai *cylinder* pengganggunya. Silinder pengganggu ini diletakkan tegak lurus terhadap vector kecepatan aliran bebas. Dalam metode penelitian ini diharapkan mampu mengurangi gaya *drag*.

Dari Penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa nilai nilai perubahan C_p pada bilangan *Reynold* $Re= 3.03 \times 10^4$ sangat dekat dengan nilai C_p simulasi dengan *Reynold* $Re= 5.3 \times 10^4$ pada percobaan susunan silinder tandem dengan pengganggu tipe I-65⁰. Pemasangan silinder pengganggu I-65⁰ mengakibatkan penurunan nilai C_D rata-rata menjadi 32% dari nilai awal dan meningkatkan rata-rata C_L sebesar 51% dari nilai awal.

Kata kunci: *bluff body, cylinder I-65⁰, Reynolds number, drag, pipa kapiler.*

Abstract

This research is a basic research that focuses on reducing the drag force of a capillary tube on an Heat Exchanger by placing a distracting cylinder in the area of the direction of the incoming 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 distracting cylinder type I-65⁰ with the distance between the center points of the two cylinders $s / D = 1.4$ and Reynold number $Re = 3.03 \times 10^4$ at a speed of $V = 8$ m / s

The following research uses a bluff body cylinder in the form of I 650 and a capillary tube as the distracting cylinder. This distracting cylinder is placed perpendicular to the free flow velocity vector. This research method is expected to result with reduction of the drag force.

From the research that have been carried out, it can be concluded that the value of the C_p change at Reynolds number $Re= 3.03 \times 10^4$ is very close to the simulation C_p value with Reynold $Re= 5.3 \times 10^4$ in the tandem cylinder arrangement experiment with type I-65⁰ disturbance. Installation of the I-65⁰ intrusion cylinder resulted in a decrease in the average C_D value to 32% from the initial value and an increase in the average C_L by 51% from the initial value

Keywords: *bluff body, cylinder I-65⁰, Reynolds number, drag, capillary tube,.*

PENDAHULUAN

Bluff body adalah sebuah bangun

geometri yang memiliki hambatan udara yang tinggi sehingga ketika diberikan aliran fluida dengan kecepatan tinggi dan menyebabkan terbentuknya *vortex*. *Vortex* adalah pusaran aliran fluida bertekanan rendah dan bersifat turbulenta. *Vortex* terjadi di daerah downstream sehingga area tersebut memiliki tekanan rendah. Karena terjadi perbedaan tekanan di daerah aliran datang dan keluar, maka terjadilah *pressure drag* yang menyebabkan *pressure drop*. Dalam pipa lurus, penurunan tekanan ini sebagian besar disebabkan oleh *Friction Effect*, sedangkan pada tikungan, penurunan tekanan disebabkan oleh kombinasi *Friction Effect*, *Secondary Flow*, dan *Separation* (Crawford, N. M., et al, 2005).

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi *pressure drag* menurut Triyogi et. al, (2009) yaitu dengan mengontrol *shear layer* yang terseparasi dari *bluff body* dengan menempatkan *small rod* pada aliran datang dari *bluff body* dan metode lainnya berupa perubahan pola aliran tergantung pada diameter *rod* dan *Reynolds number*. Lee et. al (2004) mengemukakan dua teknik untuk mengontrol aliran sehingga gaya aerodinamik *drag* pada *bluff body* dapat berkurang yaitu kontrol aktif dan kontrol pasif, di mana kontrol aktif didefinisikan sebagai metode kontrol aliran dengan memberikan energi eksternal melalui sebuah eksitasi akustik atau *jet blowing*. Sedangkan kontrol pasif adalah metode kontrol aliran dengan modifikasi bentuk bodi atau memasang peralatan tambahan seperti *control rod* atau elemen kasar pada bodi tersebut. Dari kedua metode kontrol aliran tersebut kontrol pasif membutuhkan peralatan mekanis yang rumit sebagai suplai *external power* ke dalam aliran.

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).

Penelitian ini berfokus pada upaya penurunan *pressure drag* pada silinder sirkuler pada kondisi Reynolds number $Re = 3.03 \times 10^4$. 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 $\theta_s = 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 53^\circ$, dan 65° yang diletakkan di depan silinder sirkular 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 sirkular lebih efektif dalam mengurangi gaya drag dibanding dengan silinder sirkular tunggal tanpa kontrol pasif. Adanya silinder kecil tipe I, sirkular atau irisan ($\theta_s = 0-65^\circ$) di depan silinder sirkular besar cenderung menunda *separation point* di bagian atas dan bawah silinder sirkular. Sebagai kontrol pasif, silinder kecil tipe-I ($\theta_s = 0-65^\circ$) 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 sirkular besar di antara kontrol pasif silinder yang digunakan dalam percobaan tersebut.

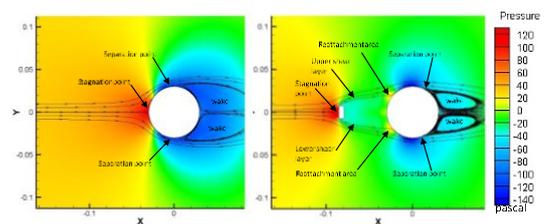
Seperti penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Penelitian ini menggunakan variasi terbaru dalam penelitiannya dan belum pernah dilakukan sebelumnya oleh para peneliti. Penelitian ini menganalisa sebuah masalah baru yang berjudul, “Studi Numerik Pengurangan Gaya *Drag* Pada Tandem Pipa Kapiler Dengan Pengganggu Silinder I-65°”.

Pada gambar 1.1 menunjukkan kontur tekanan yang terjadi di sekitar silinder utama sebelum dan sesudah diberi silinder pengganggu tipe I-65°. Terlihat pada gambar sebelah kiri, daerah upstream silinder utama bertekanan tinggi (ditunjukkan dengan warna merah) dan daerah downstream bertekanan sangat rendah (ditunjukkan dengan warna biru gelap) sebelum adanya silinder pengganggu sehingga selisih tekanan kedua daerah tersebut bernilai tinggi. Sedangkan dari gambar sebelah kanan yaitu silinder pengganggu diletakkan di depan silinder utama, tekanan di daerah upstream silinder utama menjadi lebih rendah (ditunjukkan dengan warna hijau dan kuning) dan di daerah downstream tekanan menjadi tidak terlalu rendah (ditunjukkan dengan warna biru terang) dibandingkan dengan kondisi awal silinder utama tanpa pemasangan pengganggu sehingga terlihat bahwa selisih tekanan di area depan dan silinder utama berkurang. Dengan kondisi dan latar belakang demikian maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Kontrol pasif bluff body tipe I-65° sebagai pengganggu yang ditempatkan di depan silinder, akan melepaskan shear layer yang jatuh atau mengalami reattachment di permukaan dinding silinder dan menyebabkan terbentuknya

boundary layer di sekitar permukaan silinder. Shear layer yang datang dari upstream bluff body ini mempercepat transisi dari aliran laminar dan menunda titik separasi di sekitar silinder menyebabkan area wake menyempit.

2. Penyempitan luasan wake akan meningkatkan tekanan udara di area downstream silinder utama. Sementara itu wake dari silinder pengganggu tipe I-65° menyebabkan penurunan tekanan area upstream sehingga selisih tekanan upstream dan downstream semakin kecil, menyebabkan pressure drag berkurang.



Gambar 1 Perbandingan kontur tekanan di sekitar silinder sirkular sebelum dan sesudah pemasangan silinder pengganggu I-65° Pada $Re = 5.3 \times 10^4$

Pada penelitian ini diberikan beberapa batasan masalah sehingga tidak menyimpang dari hasil yang diharapkan. Adapun batasan masalah yang bisa dirumuskan sebagai berikut :

1. Prosedur numerik dua dimensi 2D dengan ANSYS 18.2 digunakan sebagai alat ukur, divalidasi dengan data eksperimental Triyogi et al. (2009)^[1]
2. Berkaitan dengan identifikasi dari masalah diatas, penulis akan membatasi permasalahan dalam suatu ruang lingkup terbatas sebagai berikut:
 - a) Silinder utama dengan Diameter (60 mm) dan silinder pengganggunya dengan Sudut Potong (I)=65° .
 - b) Variasi kecepatan *Velocity inlet* yaitu 8 m/s
 - c) Variasi jarak menggunakan S/D= 1.375D Yaitu 82,5 mm
 - d) Bilangan untuk *Reynolds Number* adalah 3.03×10^4 .
 - e) Diameter pengganggu: $1/8D=7,5$ mm.
 - f) *Transfer heat* dan *material fluid*

diabaikan.

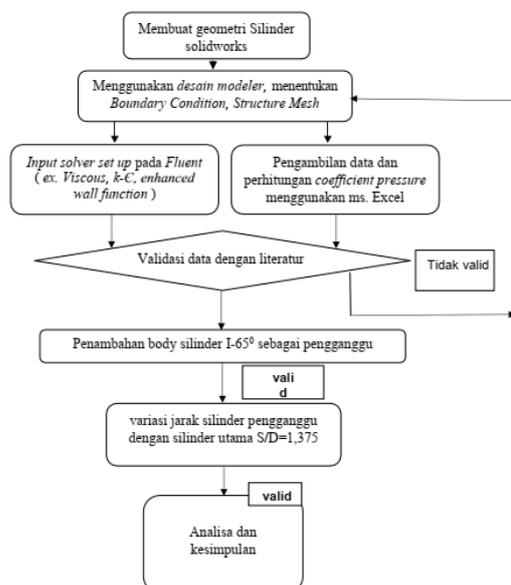
- g) Aliran udara bersifat *steady flow*.
- h) Nilai *pressure drop* tidak dihitung.

Tujuan dari penelitian ini dapat dijabarkan sebagai sebagai berikut:

1. Mengembangkan model *bluff body* sebagai kontrol pasif aliran, melalui pendekatan komputasi/analisis numerik dan verifikasi serta validasi metode numerik dengan data eksperimental, sehingga model tersebut menjadi dasar dalam menentukan titik optimal dalam upaya mengurangi koefisien drag dan pressure drag secara aerodinamika.
2. Fenomena fisik yang berkaitan dengan aliran pada silinder *bluff body* tipe I-65⁰ pengaruh *shear layer* yang muncul darinya.
3. Identifikasi parameter-parameter yang berkontribusi pada perubahan nilai pressure drag pada silinder utama
4. Validasi metode numerik dengan menentukan kualitas *mesh*, nilai aspek rasio dan *skewness*, nilai *y+* dan membandingkan parameter ukur distribusi tekanan di permukaan silinder antara data eksperimental dengan data numerik. Menganalisis kontur tekanan dan kontur kecepatan dan *streamline* aliran untuk analisis aliran di area dekat dinding silinder dan *bluff body*.

METODE

Model Penelitian Desain Penelitian

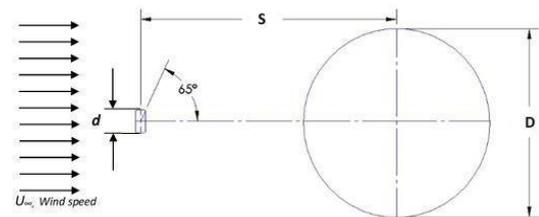


Gambar 2 Desain Penelitian

Objek Penelitian

Dalam penelitian ini yang menjadi objek utama adalah menganalisis sebuah aliran udara yang melewati benda pengganggu silinder sirkular yang dapat mengurangi *bluff body* sebagai objek utama. Peneliti menggunakan silinder sirkular yang diletakkan di depan silinder utama. Berikut

Contoh gambar:



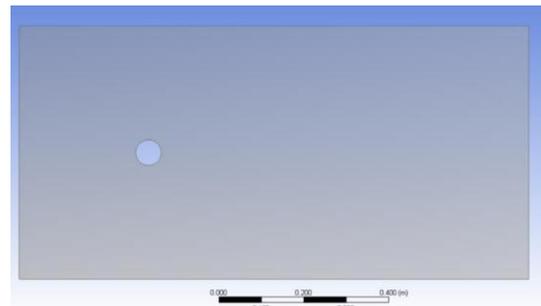
Gambar 3 aliran udara yang melintas di silinder dengan memasang silinder tipe i

Keterangan :

- D : Diameter silinder utama (60 D)
- d : diameter silinder pengganggu (0,125 D)
- S : Jarak antara pusat silinder utama dan silinder pengganggu (1,375 D)
- U : kecepatan udara (8 m/s)

Boundary Condition

Parameter dalam penelitian ini yaitu memasukan data kecepatan aliran dari inlet sebesar 8 m/s dan menggunakan reynolds number 3.03×10^4 ditambah silinder pengganggu nya yaitu silinder I-65⁰.



Gambar 4 Boundary Condition Mesh

Teknik Pengumpulan Data Dan Instrumen Penelitian Grid Indepency

Penelitian tentang *grid indepency* memasukkan data silinder dengan menempatkan pipa silinder sirkular dan pipa kapiler. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan dari kerapatan saat meshing berlangsung. Dimulai dari renggang sampai rapat dan hasil simulasi

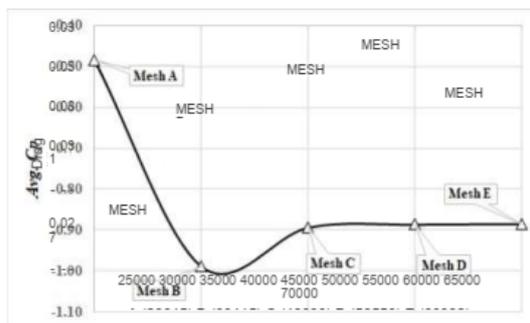
meshing akan digabung dengan penelitian lainnya yang telah divalidasi. Peneliti telah menemukan hasil dari beberapa perbandingan meshing saat dilakukan. Peneliti menggunakan *meshing C* pada tabel 1 yang memiliki *node* sebesar 180049.

Tabel 1 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	116439	0,62	1,75	20
Meshing C	180049	0,77	1,20	20
Meshing D	240007	0,70	1,13	20
Meshing E	317100	0,56	1,12	20

Penggunaan *meshing C* dilakukan setelah membandingkan kualitas antara *meshing A, B, C, D, dan E*. Pada *meshing C, D, dan E*, nilai rata-rata C_p 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.

Setelah proses *meshing* peneliti langsung memasukkan data *grid independence* dari Ms. Excel dengan hasil:



Gambar 5 *Grid Independence* simulasi numerik dengan *coefficient drag (CD)*

Dari grafik gambar 3.4 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.

ANSYS Fluent Setup Solver

Selama penelitian ini berlangsung, software yang digunakan dalam penelitian ini adalah ANSYS AIM 18.2. literature yang di jadikan acuan persamaan yaitu URANS (*Unsteady Reynold Average Navier- Stokes*) diselesaikan menggunakan SIMPLE (*Semi-Implicit Method for Pressure-Linked Equations*).

Pada pengaplikasian *Boundary condition*, kecepatan aliran udara *inlet* yang digunakan sebesar 16 m/s. Tekanan *outlet* dijaga agar *constant* pada tekanan atmosferik. Menggunakan dinding silinder *zero rotational velocity relative* setara dengan aliran udara yang masuk.

Studi Penelitian

1. Perangkat Kerja (*Hardware*)

Selama proses penelitian berlangsung, peneliti menggunakan aplikasi Ansys yang didukung oleh laptop Asus ROG STRIX 3 9th Gen . Berikut adalah spesifikasinya:

Tabel 2 spesifikasi dari perangkat hardware selama penelitian Tabel 3.2 Spesifikasi laptop

NO	Nama	Spesifikasi
1.	OS	Windows 10 Home
2.	CPU	intel(R)core(TM) I7-9750H CPU@2.60GHZ
3.	Storage	SSD 512 GB
4.	Memory	RAM 8 GB DDR4 2666 MHZ
5.	Display	15,6 inci (1920x1080) IPS-level 120 Hz
6.	Graphics	Nvidia GeForce GTX 1650 4 GB GDDR6

2. *Software* (Perangkat Lunak)

Selain menggunakan hardware, pendukung lain nya yaitu software sebagai berikut:

- Software* ANSYS AIM 18.2 sebagai desain utama selama penelitian.
- Ms.Word untuk mengetik data
- Ms.Excel untuk memasukkan data dalam tabel

Studi Numerik

1. Prosedur simulasi numerik

Berikut ini adalah prosedur dari simulasi numerik yang digunakan selama penelitian dilakukan:

- Penelitian menggunakan *software*

- pendukung yaitu ANSYS AIM 18.2
- b) Menggunakan 2D untuk desain
 - c) Melakukan perhitungan itisasi
 - d) Menginput Solver setup pada fluent
 - e) Perhitungan iterasi pada geometri dengan silinder I-65⁰ ataupun tandem pipa kapiler
 - f) Hasil perhitungan divalidasi dari yang paling identic dengan data literatur
 - g) Model geometri yang sudah valid ditambah dengan silinder I-65⁰

Metode Pengambilan data

Pengambilan data numerik menggunakan software ANSYS

fluent 18.2 cara pengambilan data sebagai berikut :



Gambar 6 Software ANSYS 18.2

1. Langkah pertama yaitu *Install/Pasang Software ANSYS 18.2* pada PC/Laptop yang telah di rekomendasikan.
2. Jalankan Software pada PC/Laptop dengan spesifikasi yang telah di rekomendasikan.



Gambar 7 tampilan awal/home pada Software ANSYS 18.2

3. Pilih fluid flow atau yang telah diberi tanda panah pada gambar3.6 dan klik start



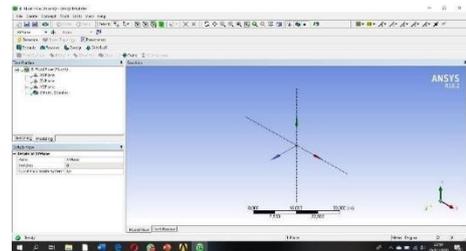
Gambar 8 Halaman *Study* pada Software ANSYS

4. Klik dan tarik *fluid flow (fluent)* ke dalam papan *project*
5. Klik kanan pada *geometry* pada kotak *project*
6. Selanjutnya klik kiri pada geometri pilih edit geometri *in DesignModeler*



Gambar 9 DesignModeler Anslys 18.2

7. Klik symbu Z untuk menentukan bidang yang ingin dibuat geometri



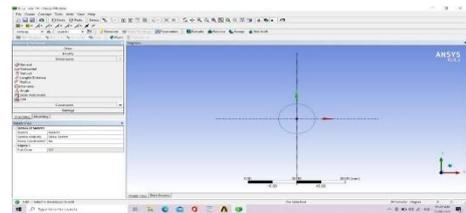
Gambar 10 geometry setup Software ANSYS

8. Klik *new sketch* untuk membuat geometri



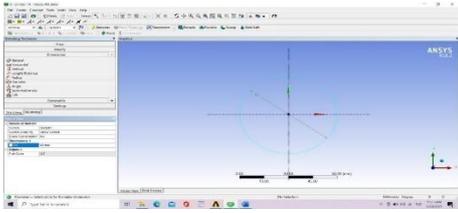
Gambar 11 geometry setup Software ANSYS 18.2

9. Klik sketching pada toolbar
10. Pilih circle pada draw yang berada di toolbar
11. Klik pada titik pusat papan gambar dan tarik ke arah luar



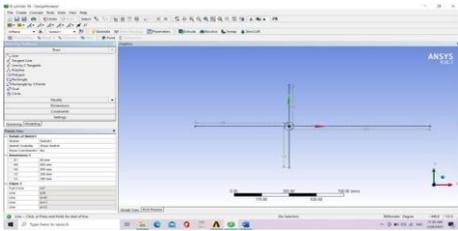
Gambar 12 Menggambar silinder utama

12. Tentukan diameter yang berada di *dimension* pada toolbar (60 mm)



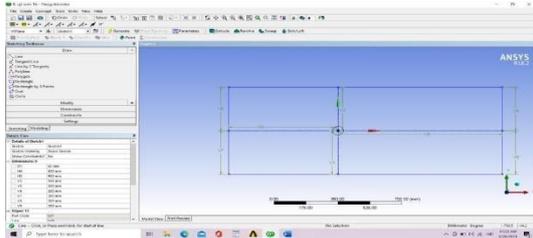
Gambar 13 Memberi ukuran pada silinder utama

13. Buat gambar garis bantu untuk menggambar *boundary* dengan ukuran 10D dari pusat lingkaran ke depan, 15D ke belakang, 5D masing-masing ke atas dan ke bawah lingkaran.



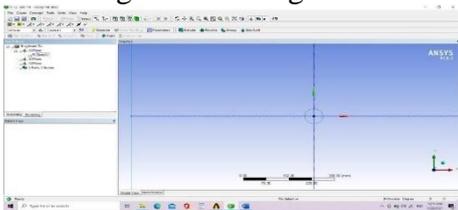
Gambar 14 Membuat garis bantu untuk *boundary*

14. Buat persegi panjang sebagai *boundary* sesuai ukuran garis bantu tersebut



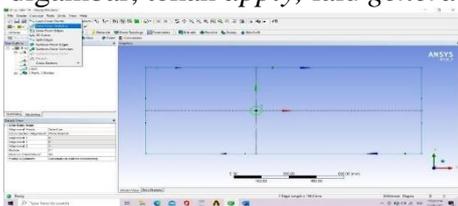
Gambar 15 *Boundary* berupa persegi panjang

15. Masuk ke bagian Modeling



Gambar 16 Bagian Modeling

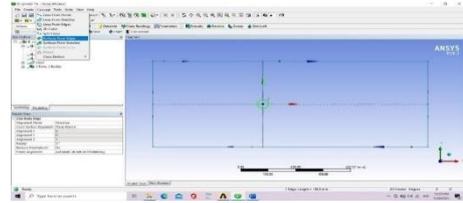
16. Klik *Concept*, pilih *Lines from Sketches*, pilih semua garis yang sudah digambar, tekan *apply*, lalu *generate*.



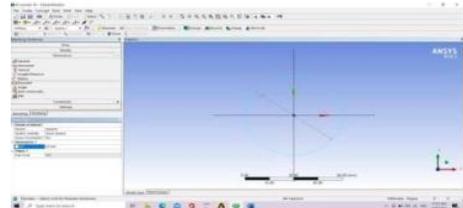
Gambar 17 *Lines from Sketches*

17. Buat surface dengan klik *Concept*, pilih

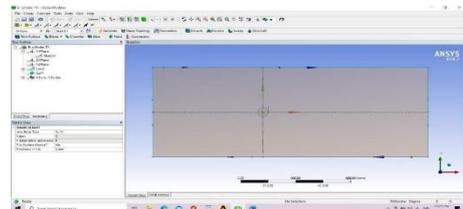
Surfaces from Edges, pilih semua *edges* yang sudah dibuat, klik *apply*, lalu *generate*.



Gambar 18 Membuat *Surfaces from Edges*



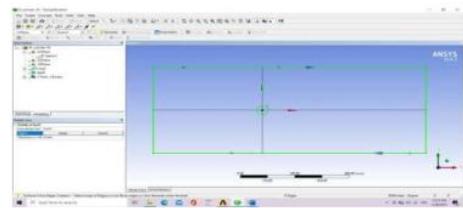
Gambar 19 *Select* semua *Bodies*



Gambar 20 *Surfaces* setelah di-*generate*

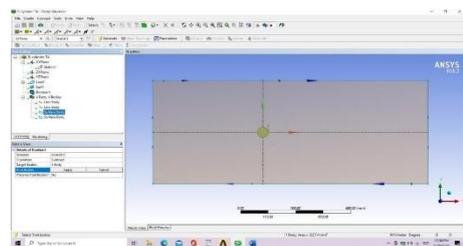
18. Buat *Surface* pada *boundary* berlubang di bagian silinder dengan melakukan *Boolean* sehingga menjadi *boundary* dan *cylinder*. Klik *Create* lalu pilih *Boolean*.

19. Pilih *Subtract* pada *Operation*, pilih *surface* dari *boundary* sebagai *target bodies*.



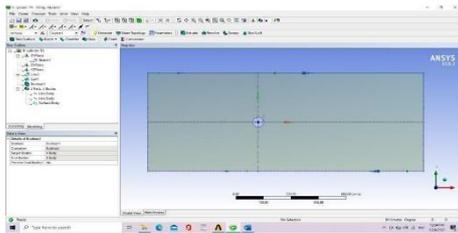
Gambar 21 *Boundary* sebagai *target bodies*

20. Pilih *Surface* dari silinder sebagai *tool bodies*.



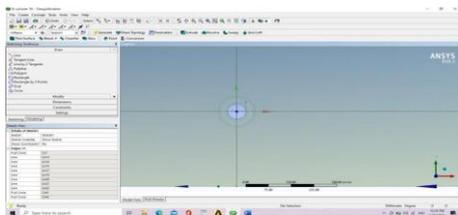
Gambar 22 Silinder sebagai *tool bodies*

21. Klik *apply* dan *generate*.

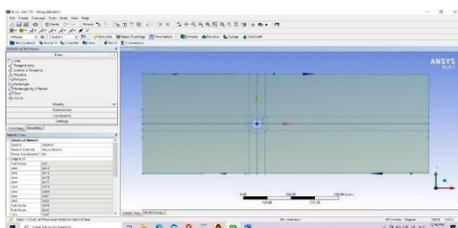


Gambar 23 Hasil *subtract* dari *Boolean*

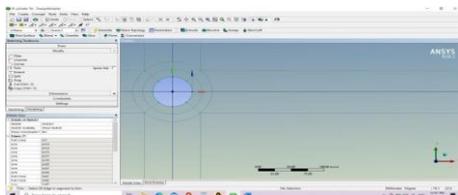
22. Pilih batas-batas *boundary* dan masukan nama pada geometri (depan *inlet*, atas bawah *wall*, belakang *outlet*, dan lingkaran sebagai *cylinder*).
23. Kembali ke tab *Sketching*, lalu buat garis bantu berupa dua lingkaran yang lebih besar dan satu pusat dengan lingkaran utama, dan garis-garis yang memotong lingkaran paling luar untuk membantu detail *meshing*.



Gambar 24 Garis bantu lingkaran yang lebih besar

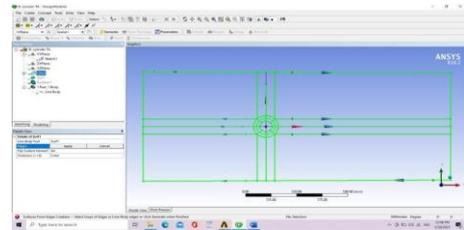


Gambar 25 Garis bantu yang digambar

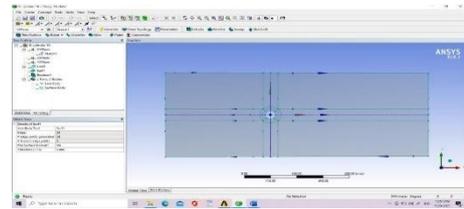


Gambar 26 Garis bantu di sekitar lingkaran

24. Masuk ke bagian *modeling*, klik pada *Lines*, pilih *Edit Selection*, lalu pilih semua garis yang ada di gambar. Setelah terpilih (garis menjadi hijau), klik *apply* lalu *generate*.

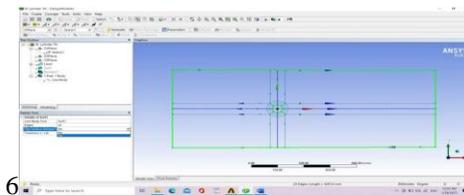


Gambar 27 *Edit Selection* pada *Lines*



Gambar 28 *Lines* baru terbentuk

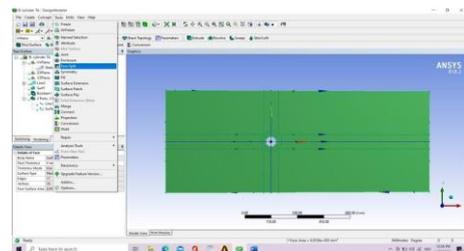
25. Pada bagian *Surfaces*, klik kanan, pilih *Edit Selection*. Pilih *Edges* dari dinding *boundary* dan silinder utama, lalu klik *apply* dan *generate*.



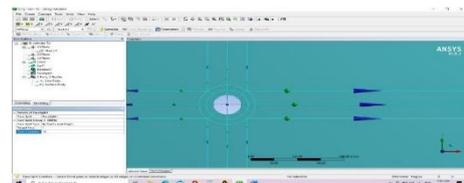
6

Gambar 29 Mengedit *Surfaces*

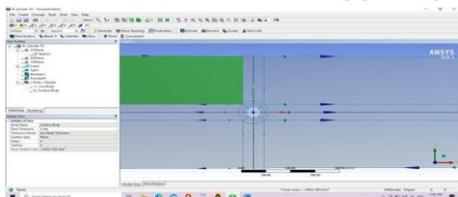
26. Klik *Tools* lalu pilih *Face Split*, pilih semua daerah yang ada di dalam *boundary*, kecuali silinder. Klik *apply* lalu *generate*.



Gambar 30 Opsi *Face Split*

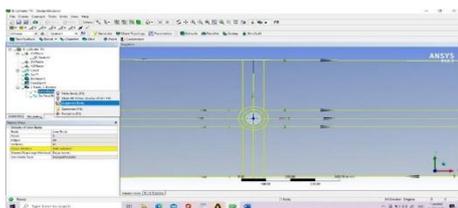


Gambar 31 Setelah *apply Face Split*

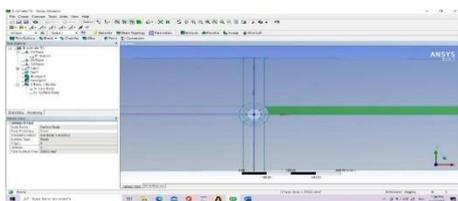


Gambar 32 Setelah generate Face Split

27. Klik kanan pada *Line Body*, pilih *suppress body*.

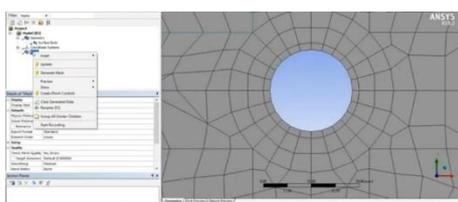


Gambar 33 Suppress Body



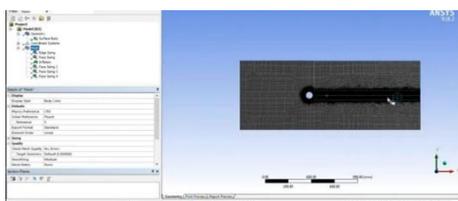
Gambar 34 Setelah Generate Suppress Body

28. Simpan geometri dalam bentuk file. Setelah membuat geometri selanjutnya membuat *mesh*
 29. Kembali ke *project* kolom
 30. Klik *meshing* pada *project* kolom
 31. Klik *mesh* pada kolom *toolbar*

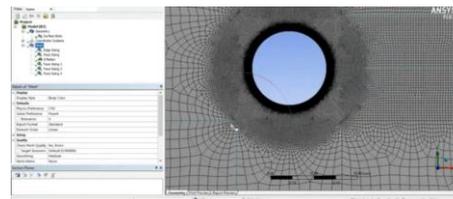


Gambar 35 meshing setup Software ANSYS 18.2

32. Klik kanan dan klik *insert* dan selanjutnya klik *sizing*
 33. Selanjutnya klik geometri yang ingin di *sizing*
 34. Setelah semua geometri ter-*sizing* klik *generate mesh*



Gambar 36 meshing setup



Gambar 37 Detail meshing di sekitar silinder

35. Setelah itu kembali ke kolom *project*
 36. Masuk ke bagian *Setup*, input double precision dan 2D.
 37. Lanjutkan ke bagian *Solution*. Check mesh lalu input jenis flow transient.
 38. Masukkan model energy *Viscous (k-kl-omega 3 equation)*, material berupa udara (*air*) dengan nilai *density* (ρ) = 1,1726 kg/m³ dan *dynamic viscosity* (μ) = 1,8586 x 10⁻⁵ kg/m.s
 39. Memasukkan *Operating conditions* dengan *operating pressure* sebesar 101325 pascal.
 40. Masukkan *Solution* yaitu menggunakan *discretization standard* untuk *pressure, second-order. upwind* untuk momentum, *Pressure Velocity Coupling* adalah COUPLE.
 41. Masukkan *Initialize* yang dihitung dari *velocity inlet* pada pilihan *hybrid initialization*.

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 analisis 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 65° .

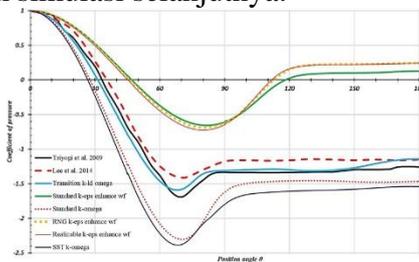
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Berikut ini akan dipaparkan data terkait hasil penelitian terhadap silinder sirkuler dalam kondisi sebelum dan pemasangan silinder pengganggu tipe I- 65° di depan silinder utama. Data akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik perbandingan CL, CD, Cp.

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* $U_{\infty} = 14$ 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.



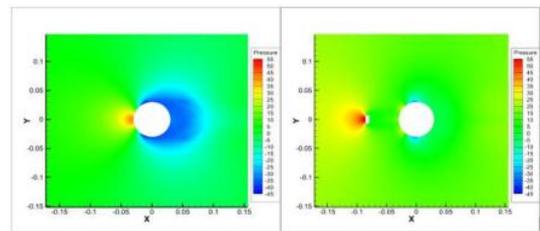
Gambar 38 Performa *turbulence model* silinder tunggal pada $Re=5.3 \times 10^4$ dengan aliran udara *freestream* $U_{\infty} = 14$ m/s untuk distribusi *coefficient of pressure* di sekitar dinding silinder.

Setelah diperoleh konfigurasi *mesh* dan *turbulence model* yang valid selanjutnya dilaksanakan simulasi dengan metode yang sama untuk variabel penelitian instalasi silinder sirkuler tipe I- 65° *upstream* silinder utama pada jarak $S/D = 1.375$, Reynolds number $Re = 3.03 \times 10^4$.

Pressure Contour

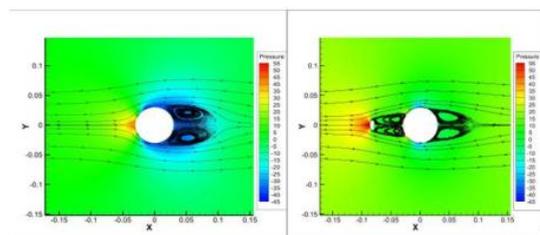
Perbandingan kontur tekanan antara silinder tunggal sebelum dan sesudah pemasangan silinder I- 65° *upstream*

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*.



Gambar 38 Kontur tekanan silinder tunggal (kiri) dan silinder dengan pemasangan pengganggu silinder tipe I- 65° (kanan) untuk $Re = 3.03 \times 10^4$, dengan jarak antar pusat $S/D = 1.3$

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- 65° sebagai kontrol pasif aliran *upstream* silinder utama. Sehingga penempatan silinder I- 65° terbukti mampu menurunkan *pressure drag* pada silinder utama.



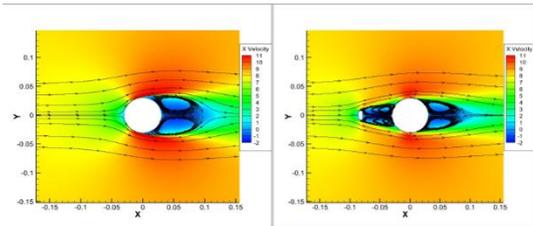
Gambar 39 Streamline kontur tekanan silinder tunggal (kiri) dan silinder dengan pemasangan pengganggu silinder tipe I- 65° (kanan) untuk $Re = 4.54 \times 10^4$, dengan jarak antar pusat $S/D = 1.375$

Gambar 39 menunjukkan overlay streamline aliran yang melewati silinder tunggal dan silinder dengan penempatan bluf body tipe I- 65° . 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.

Velocity Contour

Gambar 40 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.



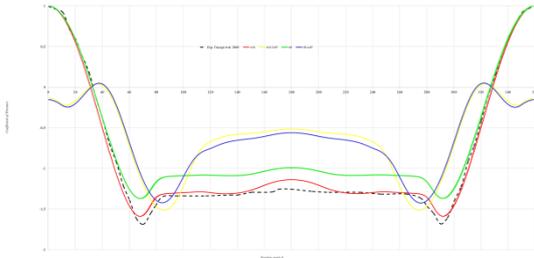
Gambar 40 Streamline kontur kecepatan silinder tunggal (kiri) dan silinder dengan pemasangan pengganggu silinder tipe I-65 (kanan) untuk $Re = 4.54 \times 10^4$, dengan jarak antar pusat $S/D = 1.3$

Perbandingan Coefficient of Pressure

Gambar 41. menunjukkan distribusi tekanan pada dinding silinder tunggal dan silinder dengan penempatan *bluffbody* tipe I-65⁰ pada Reynolds Number $Re = 3.03 \times 10^4$. Dari hasil simulasi numerik ini ditemukan bahwa dengan bilangan Reynold tersebut distribusi tekanan pada silinder tunggal masih mendekati data eksperimental 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 $Re = 3.03 \times 10^4$ 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 $\theta = 35^0$ dan $\theta = 325^0$. 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 $\theta = 85^0$ dan $\theta = 275^0$, sedangkan untuk silinder tandem tipe I-65⁰ *separation point* terjadi pada posisi $\theta = 120^0$ dan $\theta = 240^0$. Sehingga dapat disimpulkan dengan penempatan silinder

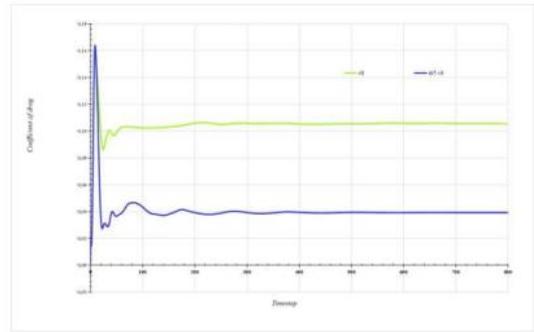
pengganggu tipe I-65⁰ dengan diameter $d/D = 0.125$ mampu menunda titik separasi masing-masing sejauh 35¹ ke arah *downstream*. Selain itu, dari grafik ini juga dapat menunjukkan adanya penurunan selisih nilai distribusi koefisien tekanan antara bagian *upstream* silinder dan bagian *downstream* silinder. Sehingga penempatan silinder tipe I-65⁰ ini mampu menurunkan nilai *pressure of drag*.



Gambar 41 Grafik *coefficient of pressure* terhadap *position angle* untuk silinder tunggal dan silinder dengan pengganggu I-65⁰, pada $Re = 3.03 \times 10^4$.

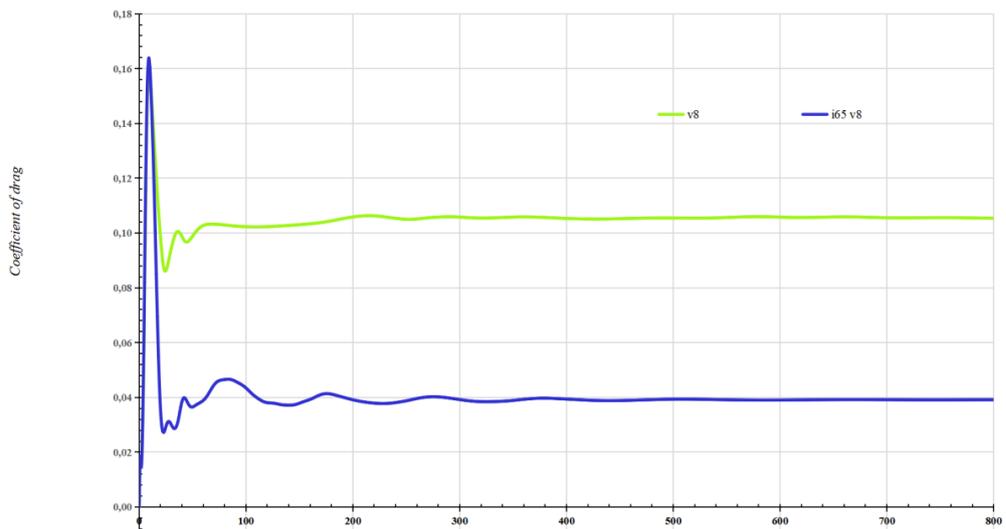
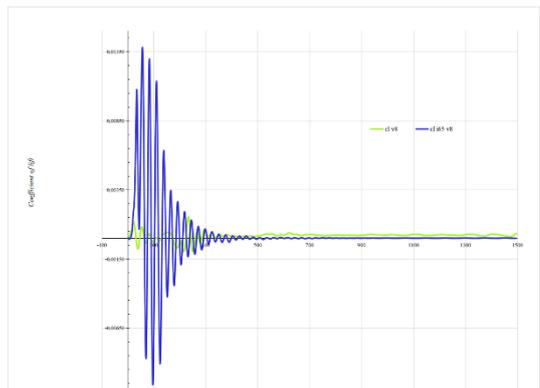
Perbandingan Coefficient of Lift dan Coefficient of Drag

Gambar 42 menunjukkan adanya kenaikan 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 0.35. Dari gambar ini disimpulkan bahwa penempatan silinder I-65⁰ *upstream* silinder utama cenderung meningkatkan *coefficient of drag* kurang lebih **sebe** dibandingkan tunggal pada 10^4 .



Gambar 42 Grafik perubahan *coefficient of drag* terhadap *timestep* silinder tunggal dan silinder tandem pada $Re = 3.03 \times 10^4$

Gambar 43 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 100 pada silinder tunggal dan *timestep* di bawah 200 untuk silinder dengan pengganggu tipe I-65⁰. Untuk silinder tunggal, nilai CL mulai stabil pada *timestep* 100 dan seterusnya. Sedangkan untuk silinder dengan pengganggu tipe I-65⁰ nilai CL mulai stabil pada *timestep* 200 dan seterusnya.



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-65¹ pada rentang *timestep* 0-1500, menunjukkan adanya peningkatan sebesar 321% 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 1514% dibandingkan silinder tunggal.

Tabel 4 Nilai *coefficient of drag* dan *coefficient of lift* untuk simulasi silinder tunggal dan silinder tandem tipe I-65¹ pada $Re = 3.03 \times 10^4$

Time Step	C _D Average		Δ%	C _L Average		Δ%
	Silinder tunggal	Silinder I-65 ⁰		Silinder tunggal	Silinder I-65 ⁰	
0-1500	0.105	0,039846565	38	0.000192	0,000221835	115
0-100	0.1	0,049721792	50	0.000159	0,002653485	1668
100-200	0.103348	0,039355179	38	-0.0000092	0,000484408	-5290
200-300	0.105703	0,038983303	37	0.00000412	-3,38585E-05	-82
300-400	0.105641	0,039069959	37	0.000219	6,33419E-06	3
400-500	0.105285	0,039060927	37	0.000132	2,8276E-05	21
500-600	0.105665	0,03917599	37	0.000248	5,98349E-06	2
600-700	0.105751	0,039155005	37	0.000269	9,97342E-06	4
700-800	0.105538	0,039131799	37	0.000215	9,90448E-06	5
800-900	0.10546	0,039146602	37	0.000214	8,86937E-06	4
900-1000	0.105601	0,039133954	37	0.000247	1,12265E-05	5
1000-1100	0.105707	0,039138704	37	0.000227	1,03995E-05	5
1100-1200	0.105619	0,039142182	37	0.000231	8,45991E-06	4
1200-1300	0.105559	0,039144392	37	0.000229	1,03804E-05	5
1300-1400	0.105604	0,039144731	37	0.000234	1,00394E-05	4
1400-1500	0.105638	0,039143514	37	0.000225	7,2688E-06	3

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* $Re = 3.03 \times 10^4$ 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* $Re = 3.03 \times 10^4$.
3. Pada grafik CP, terlihat bahwa nilai perubahan CP pada bilangan *Reynold* $Re = 3.03 \times 10^4$ 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-65⁰. Baik titik separation maupun re-attachment yang terjadi pada silinder tunggal dengan atau tanpa silinder pengganggu tipe I-65⁰ 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-65⁰ 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

PROSIDING
SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2021
ISSN : 2548 – 8112 eISSN: 2622-8890

- [1] Anderson. (2010). *Boundary Layer*.
[2] ANSYS Inc. 2013. *ANSYS Fluent Meshing User's Guide*. U.S.A.
[3] Diastian dan Wawan. (2013). Studi Numerik Karakteristik Aliran Melintasi Silinder Sirkular Tunggal Dengan Bodi Pengganggu Berbentuk Silinder Sirkular Saluran Sempit Berpenampang Bujur Sangkar. Jurusan Teknik Mesin: Institut Teknologi Sepuluh November. Pp 40.
[4] Dolphin51 (2015) Koefisien lift penjelasan koefisien lift
[5] Dwisantoso D. (2011). Berat Jenis, 12–19.
[6] Gaya dorong (*Thrust*) Pengertian Gaya *Thrust* Gaya berat (*weight*) Penjelasan Gaya *Weight* Gaya Hambat (*drag*) Penjelasan Gaya *Drag*
[7] Hirsch, C. (2007). *Numerical Computation of Internal and External Flows*.
[8] Igarashi, T. (1981). *Characteristics Of The Flow Around Two Circular Cylinders Arranged in Tandem*. 1st report. *Bulletin of JSME*, 24 (188), 323-331.
[9] Ilmu aviasi 2015
[10] Lubis, M. M. (2012). Analisis Aerodinamika Airfoil NACA 2412 pada Sayap Pesawat Model Tipe Glider dengan Menggunakan Software Berbasis *Computational Fluid Dynamic* untuk Memperoleh Gaya Angkat maksimum. *Jurnal e-Dinamis*, II(2), pp. 24.
[11] Mirna Sari. (2018). Optimasi *Coefficient Lift (Cl) Single Slotted Flap* dan *Double Slotted Flap* pada Pesawat N219 Menggunakan Simulasi *Computational Fluid Dynamic*. Fakultas Teknik. Universitas Jember. Pp. 7-8.
[12] Powerplant. (2009). *Aviation Maintenance Technician Series*. Chapter 11.
[13] Si Putu Gede Gunawan Tista. (2010). Pengaruh Penempatan Penghalang Berbentuk Silinder Pada Posisi Vertikal Dengan Variasi Jarak Horizontal Di Depan Silinder Utama Terhadap Koefisien *Drag*. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. Vol. 4 No.2. Pp 162.
[14] Tris Sugiarto. (2010). Analisa Karakteristik Airfoil Naca 4412 Dengan Metode *Wind Tunnel*. Intuisi Teknologi dan Seni.
[15] Tsutsui, T. & Igarashi, T. (2002). *Drag reduction of a circular cylinder in an air-stream*. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamic – J WIND ENG IND AERODYN*. 90. 527541 10.1016/S0167-6105(01)00199-4.