



STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI JARAK GAP (G/D) PADA SILINDER SIKULAR YANG TERSUSUN SECARA TANDEM TERHADAP KARAKTERISTIK ALIRAN

Muhammad Khamdan Hanafi¹⁾, Novi Indah Riani^{2*)}, Aini Lostari³⁾, R. Yudi Hartono⁴⁾

^{1,2,3,4)}Universitas Qomaruddin, Jl. Raya Bungah No.1, Kec. Bungah, Kab. Gresik, Jawa Timur Kode Pos 61152

e-mail: noviindahriani@gmail.com

ABSTRAK

Aliran melintasi suatu bluff body salah satunya adalah bentuk silinder sirkular yang banyak dijumpai dalam aplikasi engineering. Ketika melintasi suatu susunan silinder maka aliran tersebut akan membentuk pola (pattern) tertentu hal ini berdampak terhadap karakteristik aerodinamika dari silinder didalam susunan tersebut. Saat melintasi bodi aliran akan membentuk suatu pola aliran (flow pattern) yang sesuai dengan geometri kontur bodi dan juga menimbulkan gaya – gaya aerodinamika, untuk mengetahui tekanan aliran pada silinder sirkular secara tandem. Penambahan pengganggu yang diletakkan di depan silinder sirkular bertujuan untuk mempercepat aliran dari laminar ke turbulen sehingga separasi aliran bisa ditunda lebih lambat sehingga pressure drag yang dihasilkan lebih kecil Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental dengan menggunakan dua buah silinder sirkular disusun secara tandem berdiameter (D) 25 mm dengan variasi G/D 0, 1, 2, 3 dan dua buah bodi pengganggu berbentuk square di depan masing-masing silinder berdimensi 4 mm. Posisi sudut pengganggu konstan sebesar 30o dan jarak gap 0,4 mm. Bilangan Reynolds berdasarkan silinder yang digunakan yaitu 2,3x10⁴. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan distribusi koefisien tekanan (Cp) koefisien drag pressure (Cdp) dan velocity profile dibelakang benda uji. Hasil menunjukkan bahwa yang terbaik pada variasi G/D 2 dengan nilai 0.22137 pada silinder upstream.

Kata Kunci: Variasi Jarak Gap, Silinder Sirkular Tersusun Tandem, Square Disturbance Body, Karakteristik Aliran

ABSTRACT

One of the flows across a bluff body is a sirkular cylindrical shape that is commonly found in engineering applications. When crossing a cylinder arrangement, the flow will form a certain pattern, this has an impact on the aerodynamic characteristics of the cylinders in the arrangement. When crossing the body, the flow will form a flow pattern that is in accordance with the geometry of the body contour and also causes aerodynamic forces, to determine the flow pressure on the sirkular cylinder in tandem. The addition of a disruptor placed in front of the circular cylinder aims to accelerate the flow from laminar to turbulent so that flow separation can be delayed more slowly so that the resulting pressure drag is smaller the research method used is experimental using two cylinders The circular is arranged in tandem with a diameter (D) of 25 mm with variations of G/D 0, 1, 2, 3 and two square-shaped disruptor bodies in front of each cylinder with dimensions of 4 mm. The position of the constant disruptor angle is 30o and the gap distance is 0.4 mm. Reynolds' number based on the cylinder used is 2.3x10⁴. This study aims to obtain the distribution of pressure coefficient (Cp), drag pressure coefficient (Cdp) and velocity profile behind the test specimen. The results showed that it was best in the G/D 2 variation with a value of 0.22137 on the upstream cylinder.

Keywords: Gap Distance Variation, Tandem Arranged Circular Cylinder, Square Disturbance Body, Flow Characteristics

1. Pendahuluan

Fenomena aliran pada bluff body berperan penting dalam dunia otomotif, arsitektur, maupun industri. Karakteristik aliran bluff body yang meliputi separasi aliran,

vortex shedding maupun wake di belakang bluff body dapat mempengaruhi kecepatan, distribusi tekanan maupun drag yang dihasilkan oleh aliran yang melintasinya. Saat melintasi bodi aliran akan membentuk suatu pola aliran (flow pattern)

yang sesuai dengan geometri kontur bodi dan juga menimbulkan gaya – gaya aerodinamika, seperti gaya angkat (*lift force*) dan hambatan (koefisien *drag*) sehingga *lift force* mengakibatkan terjadinya efek getaran pada konstruksi sehingga dapat mengurangi kekuatan material tersebut, sementara *drag force* (gaya tarik) dikaitkan dengan aliran yang dapat menghambat atau memperkecil momentum aliran tersebut. Gaya – gaya aerodinamika pada silinder sirkular terjadi sebagian besar karena dipengaruhi dan didominasi tekanan (*pressure forces*), sedangkan pengaruh aliran (*viscous forces*) akan semakin kecil, terutama pada bilangan Reynolds yang cukup tinggi.

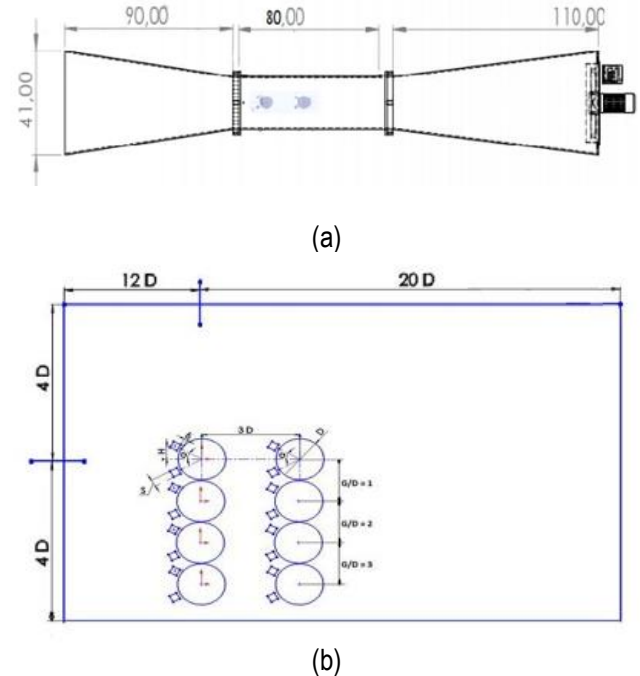
Penelitian tentang pengaruh silinder *downstream* terhadap karakteristik aliran silinder sirkular *upstream* menggunakan *square disturbance body* tersusun tandem telah diteliti oleh Rina dan Ardhy pada tahun 2018. Penelitian ini memvariasikan dua silinder sirkular yang tersusun tandem dengan diameter (*D*) 25 mm dengan jarak antar silinder (*L/D*) 1.5; 2; 2.5; 3; 3.5; 4. Adapun hasil penelitian ini mendapatkan hasil bahwa penambahan silinder *downstream* memberikan kontribusi dalam mengurangi gaya *drag* pada silinder *upstream* dengan menggunakan *square disturbance body*. Pengaruh *wake* pada daerah belakang silinder *upstream* terhadap silinder sirkular akan berkurang dengan meningkatnya rasio *L/D*. Interaksi *wake* di belakang silinder *upstream* terhadap silinder *downstream* terjadi pada konfigurasi *L/D* 1.5 – 3 dan pengurangan gaya *drag* maksimum terjadi pada konfigurasi *L/D* 3 [1].

Berikut penelitian yang dilakukan oleh Daman dan Widodo (2014) tentang studi numerik 2D-URANS untuk mengetahui pengaruh jarak gap *inlet disturbance body* dan permukaan silinder *upstream* terhadap karakteristik aliran melintas dua silinder sirkular tersusun tandem, dengan memvariasikan sudut 30° dan 60° pada gap 0,6 mm maka yang dihasilkan koefisien *drag* yang paling rendah pada sudut *Inlet Disturbance Body* (IDB) 60° [2]. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Nirwana dan Widodo (2022) studi numerik pengaruh bodi pengganggu terhadap karakteristik aliran melintas silinder sirkular yang tersusun tandem, dengan memvariasikan jarak antara kedua silinder (*L/D*) 3; 4; dan 5 serta variasi penambahan bodi pengganggu pada sudut 30° dan 60°. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya reduksi gaya hambat dengan penambahan bodi pengganggu pada sudut 30° adalah sebesar 38,5%. Sedangkan pada silinder *downstream* reduksi gaya hambat dengan penambahan bodi pengganggu pada sudut 60° sebesar 37,1% [3].

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dengan penambahan pengaruh jarak gap *inlet disturbance body* (IDB) pada permukaan silinder *upstream* terhadap karakteristik aliran yang melintas dua silinder sirkular yang tersusun tandem dengan memvariasikan sudut 30° pada gap 0,4mm maka dihasilkan koefisien *drag* yang paling rendah pada sudut *inlet disturbance body*, sehingga pada penelitian ini akan dilakukan pengurangan gaya hambat terhadap distribusi tekanan, profil kecepatan aliran dan pengurangan koefisien *drag* pada silinder sirkular.

2. Metode

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen di Laboratorium Mekanika Fluida, Universitas Qomaruddin. Benda uji yang digunakan berupa dua buah silinder sirkular yang disusun secara tandem dengan penambahan *Square Disturbance Body* (SDB) pada bagian *upstream* masing-masing silinder sirkular. Berikut ini merupakan desain pada penelitian ini:



Gambar 1. Instalasi Penelitian (a) Tampak Samping (b) Detail Instalasi Silinder Sirkular Secara Tandem

Keterangan:

- D = Diameter silinder 25 mm
- s = Panjang SDB 4 mm
- θ = Sudut SDB 30°
- 3D = Jarak *center to center* antar silinder utama 75 mm
- a = Tinggi *center* antar silinder 7,45 mm
- b = Jarak *center to center* antar silinder 14,9 mm
- g = Gap antar pengganggu ke silinder 0,4 mm
- G/D = Variasi 0, 1, 2, 3.

Dalam penelitian ini, nilai *blockage ratio* terbesar terdapat pada variasi sudut SDB (θ) = 30° sebesar 12,5%. Adapun perhitungan nilai *blockage ratio* yaitu:

$$\text{Blockage Ratio} = \frac{h}{a} \times 100\%$$

Dimana:

d = Diameter benda uji selebar *tes section*

h = Lebar *tes section*

$$\text{Blockage Ratio} = \frac{25 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \times 100\%$$

$$= 12,5\%$$

Dimana:

- 25 mm = Nilai diameter silinder sirkular
 200 mm = Nilai h

Sedangkan *wind tunnel* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 2. *Wind tunnel*

Berikut ini merupakan spesifikasi *wind tunnel*:

- Jenis = *Subsonic*
- Panjang keseluruhan = 2850 mm
- Panjang *test section* = 800 mm
- Lebar *test section* = 200 mm
- Tinggi *test section* = 200 mm

Sedangkan alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain:

- Pitot Tube**
 Berfungsi untuk mengukur kecepatan pada saat kalibrasi dalam keadaan *freestream* dan mengukur kecepatan pada bagian belakang benda uji.



Gambar 3. *Pitot tube*

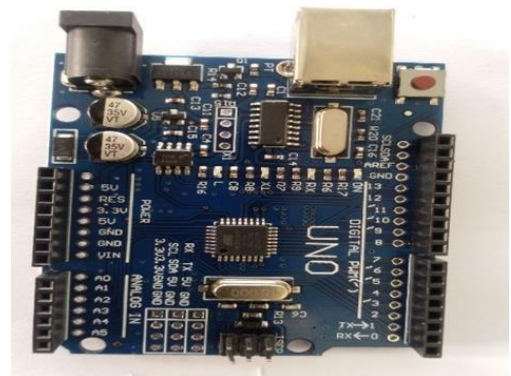
- Manometer Digital**
 Adalah alat ukur dengan tekanan digital yang canggih dan banyak digunakan saat ini, alat ini berfungsi untuk mengukur tekanan dan tekanan diferensial (mengukur tekanan yang berbeda). Manometer ini juga dapat digunakan untuk mengukur gas dan udara.



Gambar 4. Manometer Digital

Spesifikasi manometer digital yang digunakan:

- Display: LCD Backlight
 - Psi Range: 2000; Resolution: 0.001
 - kPa Range: 13,79; Resolution: 0.01
 - Accuracy: 0,3% FSO (25C)
 - Repeatability: 0,2% (Max. +/-0,5%FSO)
 - Linearity / Hysteresis: 0.29%FSO
 - Max. Pressure: 10 Psi
 - Response Time: 0,5s Typical
 - Low Battery Indicator: Yes
 - Over Range Indicator: Err.1
 - Under Range Indicator: Err.2
 - Operating Condition: 0-50C / 32-122F
- Arduino UNO**
 Adalah sebuah board mikrontroler yang didasarkan pada Atmega328 (datasheet). Tegangan pengoperasiannya adalah 5 V sedangkan tegangan *input* yang digunakan oleh Arduino yaitu 7 – 12 V. Batas tegangan *input* adalah 6 – 20 V. Jumlah pin *input* dan *output* yaitu 14 pin, dimana 6 pin itu tersebut bisa digunakan sebagai *output* PWM (*Pulse Widht Modulation*). Jumlah pin *input* analog sebanyak 6 pin (A0 – A5). Arus DC tiap pin I/O yaitu 40 mA dan arus DC tiap pin 3.3 V 50 mA.



Gambar 5. Arduino UNO

- Inverter**
 Inverter merupakan alat yang digunakan untuk mengatur kecepatan aliran putaran pada blower dan bisa diatur dari 0 – 50 Hz.



Gambar 6. Inverter

Spesifikasi inverter:

1. AC 220V 1Phase Input
 2. AC 220V 1Phase Output
 3. 5A Current Output
 4. 0-400 Hz frequency Output
 5. Multi-segment run
 6. Hight Performance and Low Noise
 7. 1x Analog Input 0-10V / 0-20mA
 8. 6x Digital Input
5. Blower ventilator
Blower berfungsi untuk menghisap udara dari dalam diffuser kemudian melepaskannya ke udara bebas.



Gambar 7. Blower

Spesifikasi yang digunakan adalah:

1. Ukuran: 10 inch (250 mm)
 2. - Daya: 300watt
 3. - Voltage: 220 V 1 phase
 4. - Kecepatan: 2900 Rpm
 5. - Flow rate: 45m³/menit
 6. - Tekanan: 300 Pa
6. *Filler gauge*
Filler Gauge merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur celah antara silinder silikular dan batang pengganggu.



Gambar 8. *Filler gauge*

7. Termometer ruangan
Termometer ruangan berfungsi untuk mengukur suhu yang ada didalam ruangan sebelum melakukan proses pengambilan data.



Gambar 9. Termometer

Langkah selanjutnya adalah proses *pre-test*, dimana sebelum melakukan pengambilan data, perlu dilakukan kalibrasi alat ukur maupun *test section*. Berikut ini merupakan langkah - langkah kalibrasi, antara lain:

1. Pemasangan instalasi untuk keadaan *free stream* (aliran bebas) tanpa benda uji.
2. *Pitot tube* di pasang pada dinding yang tersambung pada Arduino UNO.
3. Kemudian mengatur *inverter* dengan kecepatan 0-50 Hz dengan interval 15, 20, 25, 30, 40, 50 Hz.
4. Selanjutnya mengambil data tekanan dan kecepatan aliran yang didapatkan dari *pitot tube*.
5. Data - data yang telah diperoleh tersebut akan dijadikan grafik hubungan antara arus kecepatan *inverter* dengan kecepatan aliran.

Selanjutnya proses pengambilan data sebagai berikut:

1. Mempersiapkan peralatan dan memasang benda uji yang digunakan untuk melakukan penelitian.
2. Mengukur temperatur pada udara didalam ruangan saat pengujian (temperatur dan tekanan atmosfer).
3. Memasang benda uji pada pada saluran *wind tunnel*, yaitu dua buah silinder sirkular berdiameter $D = 25$ mm yang disusun secara tandem dengan G/D 0, 1, 2, 3

kemudian bodi pengganggu dengan sisi (s) = 4 mm dengan jarak pengganggu antar silinder 0,4mm yang diletakkan pada sudut 30⁰ pada bagian *upstream*.

4. Menghidupkan *wind tunnel* dengan mengatur kecepatan blower secara perlahan menggunakan *inverter* agar mencapai kondisi *steady*.
5. Mengukur tekanan disepanjang permukaan silinder yang dipasang *pressure tap* menggunakan *pitot tube*.
6. Mencatat nilai kecepatan aliran yang diperoleh dari pembacaan *pitot tube* menggunakan Arduino UNO.
7. Mematikan blower dan mengatur kembali instalasi eksperimen.
8. Mengulangi langkah pengambilan data pada tiap variasi G/D. Adapun parameter - parameter yang diambil saat melakukan pengambilan data antara lain:
 - a. Temperatur udara dan tekanan atmosfer
 - b. Massa jenis udara
 - c. Viskositas udara

Hasil pengambilan data yang telah dilakukan selanjutnya akan diolah dan dihitung kedalam rumus-rumus sebagai berikut:

- a. Data hasil pengukuran :
Pengukuran yang diambil pada penelitian ini meliputi:
 1. Tekanan statis, tekanan dinamis, dan kecepatan aliran pada saat *freestream* atau tanpa benda uji.
 2. Distribusi tekanan kontur pada masing-masing silinder (diambil tiap 5°).
- b. Data hasil perhitungan:
Koefisien *drag* dibagi menjadi dua, yaitu:
 - a. *Pressure drag* dimana nilainya diperoleh dari adanya pengaruh tekanan
 - b. Tegangan geser dimana nilainya diperoleh berdasarkan tegangan geser pada dinding *test sections*. Namun untuk penelitian kali ini tegangan geser tidak diteliti.

Berikut perhitungan koefisien *pressure drag* (C_{DP}) didapatkan dari nilai distribusi tekanan (C_p) dari hasil pengintegrasian koefisien tekanan kontur permukaan silinder (C_p).

$$C_{Dp} = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} C_p(\theta) \cos(\theta) d\theta \quad \dots(1)$$

Sedangkan untuk mendapatkan harga koefisien *pressure drag* (C_{DP}) dapat diselesaikan dengan metoda numerik *aturan Simpson 1/3 segmen berganda* yang dirumuskan pada persamaan berikut:

$$I = (b - a) \frac{f(x_0) + 4 \sum_{i=1,3,5}^{n-1} f(x_i) + 2 \sum_{i=2,4,6}^{n-2} f(x_n)}{3n} \quad \dots(2)$$

Dimana:

b = 2 π dan a = 0, f(x₀) = C_p (0) cos (0) dan f(x_n) = C_p (2 π) cos (2 π) untuk menyelesaikan persamaan tekanan dinamis.

b = h dan a = 0, f(x₀) = u (y₀) dan f(x_n) = u(y_n) untuk menyelesaikan persamaan koefisien tekanan (C_p).

f (x_i) adalah perkalian dari fungsi data gasal dimana i = 1,3,5 ...n-1.

f (x_j) adalah perkalian dari fungsi data genap dimana j = 2,4,6n-2.

n = jumlah data

Integrasi yang digunakan untuk mendapatkan koefisien *pressure drag* adalah integrasi numerik metode Simpson 1/3. Persamaan umumnya adalah sebagai berikut:

$$\frac{1}{2} \int_a^b y(x) dx = \frac{b-a}{2x3n} \{y_0 + 2(y_2 + \dots + y_{n-2}) + 4(y_1 + \dots + y_{n-1}) + y_n\} \quad \dots(3)$$

Sehingga

$$C_{Dp} = \frac{b-a}{2x3n} \{y_0 + 2(y_2 + \dots + y_{n-2}) + 4(y_1 + \dots + y_{n-1}) + y_n\} \quad \dots(4)$$

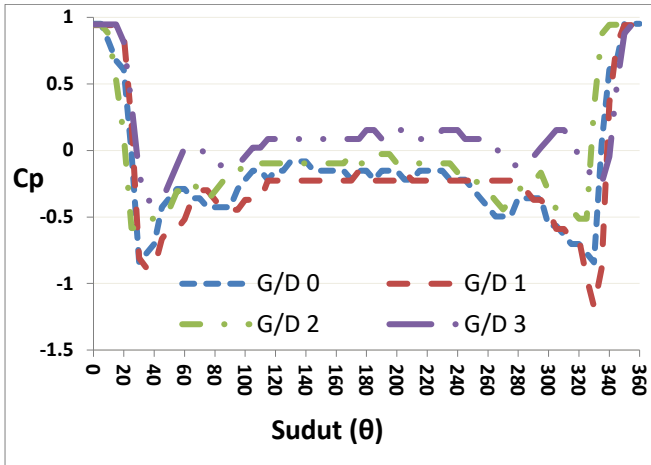
Dimana:

a	= sudut awal
	= 0
b	= sudut akhir
	= 2 π
n	= 72 (360° : 5°)
y ₀	= data pertama
2(y ₂ + ... + y _{n-2})	= jumlah data genap
4(y ₁ + ... + y _{n-1})	= jumlah data ganjil
y _n	= data terakhir

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari pengukuran yang didapat dari eksperimen berupa pengukuran tekanan kontur pada permukaan dua buah silinder yang tersusun secara tandem meliputi pengukuran tekanan statis dan tekanan stagnasi *freestream*, tekanan stagnasi dan statis permukaan silinder *upstream* maupun *downstream* dengan *Square disturbance body* (SDB), serta pengukuran kecepatan aliran pada bagian belakang benda uji yang tersusun secara tandem dengan variasi jarak antar silinder. Hasil pengukuran tersebut diolah sehingga memperoleh hasil distribusi tekanan pada permukaan silinder *upstream* dan *downstream*, koefisien *drag* silinder *upstream* maupun *downstream*, dan profil kecepatan di daerah belakang untuk susunan silinder yang tersusun secara tandem.

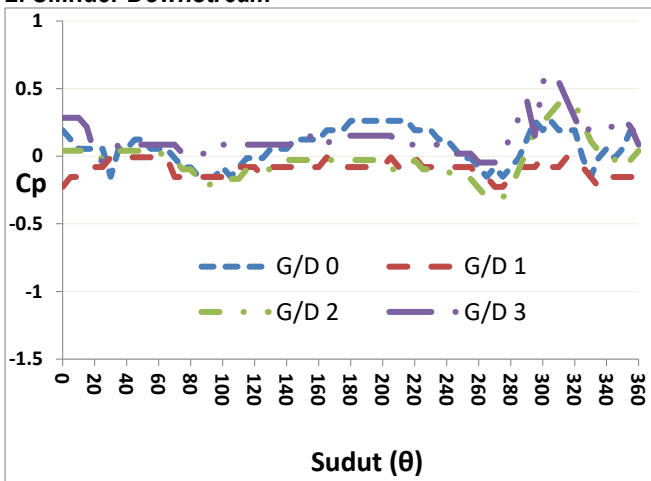
1. Silinder Upstream G/D



Gambar 10. Perbandingan Grafik Silinder Upstream square disturbance body (SDB) Variasi G/D 0, 1, 2, 3.

Berikut distribusi tekanan pada permukaan silinder *upstream* untuk semua variasi menunjukkan titik stagnasi tepat berada disudut 0° dengan nilai yang mendekati 1. Setelah titik stagnasi kemudian tekanan mengalami percepatan yang ditandai dengan menurunnya grafik koefisien tekana secara drastis hingga tekanan ini memiliki kecepatan yang maksimum yang ditandai dengan nilai distribusi tekanan yang paling rendah. Sehingga nilai koefisien tekanan terendah terjadi pada variasi G/D 1 dengan nilai -0,0883 pada kontur 40° disilinder bagian atas dan di kontur 330° bagian bawah dengan nilai -1,175. Sedangkan tekanan maksimum terletak pada variasi G/D 3 dengan nilai 0,020 pada kontur 60° bagian atas dan kontur 315° bagian bawah dengan nilai 0,086.

2. Silinder Downstream

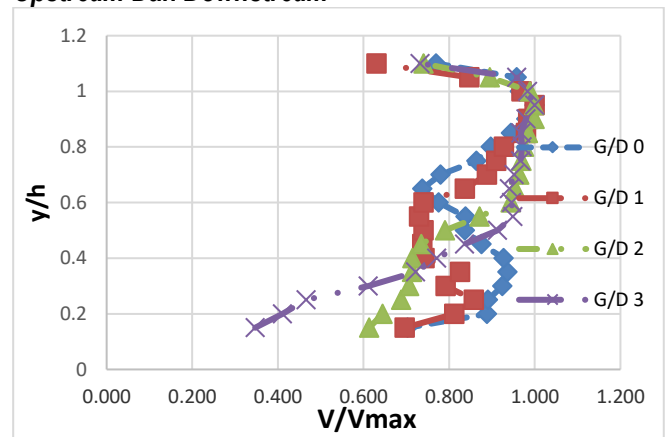


Gambar 11. Perbandingan Grafik Silinder Downstream square disturbance body (SDB) Variasi G/D 0, 1, 2, 3

Selanjutnya pada gambar 4.10 menunjukkan bahwa semua variasi G/D pada silinder *upstream* titik stagnasi berada pada sudut 0°. Kemudian titik stagnasi tekanan mengalami

percepatan yang ditandai dengan menurunnya grafik koefisien tekanan secara ekstrim hingga tekanan memiliki kecepatan yang maksimum ditandai dengan nilai distribusi tekanan koefisien yang rendah. Perbedaan masing-masing variasi G/D terlihat koefisien tekanan terendah pada variasi G/D 2 pada kontur 90° dengan nilai -0,236 disisi atas dan di sisi bawah terletak pada jarak G/D 1 pada sudut kontur 335 dengan nilai -0,226. Sedangkan nilai koefisien maksimum terletak pada variasi G/D 0 pada kontur 55° dengan nilai 0,086 sisi atas dan pada sisi bawah terletak pada G/D 3 dengan sudut kontur 310° dengan nilai 0,550.

3. Distribusi Profil Kecepatan Aliran Dibekalng Silinder Upstream Dan Downstream



Gambar 12. Perbandingan Grafik Semua Profil kecepatan Aliran variasi G/D 0, 1, 2, 3.

Berikut mengenai disribusi profil kecepatan dibelalang konfigurasi silinder yang diperoleh secara eksperimen. Hasil distribusi pada profil kecepatan menunjukkan bahwa konfigurasi silinder tandem dengan *inlet disturbance body (IDB)* 30° pada variasi G/D 3 terjadi momentum yang terbesar ditandai dengan nilai V/Vmax yang paling rendah yaitu 0.347. Hal ini disebabkan karena aliran yang melintas silinder *downstream* hampir sama dengan karakteristik aliran melintasi silinder tunggal sehingga *wake* yang terjadi merupakan *wake* dari silinder *downstream*. Sedangkan jarak yang lebih sempit dari *wake* terjadi dari silinder *upstream* yang melingkupi silinder *downstream*. Sedangkan lebar *wake* tersempit terjadi pada G/D 0.

4. Koefisien Pressure Drag Silinder Tersusun Tandem

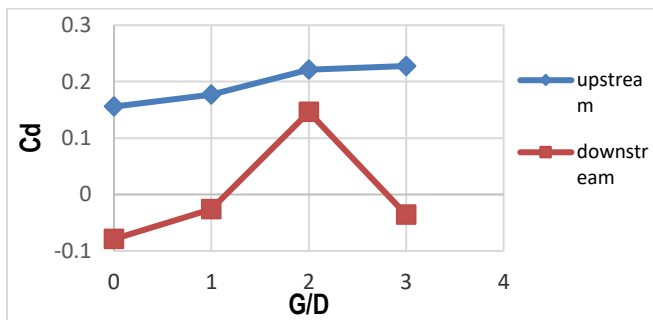
Pada penelitian ini juga menghitung nilai koefisien *drag pressure* yang dihasilkan secara eksperimen untuk mengetahui pada berapakah jarak yang menghasilkan nilai koefisien *drag pressure* terkecil hingga mampu mereduksi gaya *drag* yang lebih baik. Contoh perhitungan nilai koefisien *drag* pada variasi G/D 0 dengan SDB 30° sebagai berikut:

$$C_{Dp} = \frac{b-a}{2 \times 3n} \{y_0 + 2(y_2 + \dots + y_{n-2}) + 4(y_1 + \dots + y_{n-1}) + y_n\}$$

$$= \frac{2\pi-0}{2x(3x72)} (0,952 + 2f + 4f + 0,9517)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{6,28}{432} (0,952 + 2,1431 + \\
 &6,6632 + 0,9517 \\
 &= 0,1558
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan pembahasan mengenai pengaruh penambahan *square disturbance body* (SDB) pada konfigurasi tandem maupun pengaruh variasi G/D 0, 1, 2, 3. Pada penelitian ini untuk menghitung nilai *coefisien pressure drag* secara eksperimen untuk mengetahui nilai terkecil dan nilai terbesar yang mereduksi gaya *drag*. Besarnya koefisien *drag* terhadap bilangan Reynolds bisa dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini sebagai berikut: Hasil yang didapat pada dua silinder sirkular secara tandem berdasarkan bilangan Re $2,3 \times 10^4$.



Gambar 13. Grafik Koefisien Drag Pressure Pada Silinder Upstream dan Downstream

Berdasarkan pada grafik diatas bisa dilihat nilai koefisien *drag* terkecil terletak pada variasi G/D 0 dengan nilai -0.079 pada silinder *downstream*, sedangkan koefisien drag terbesar terletak pada variasi G/D 3 dengan nilai 0.2277 pada silinder *upstream*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian mengenai pengaruh penambahan Square Disturbance Body (SDB) terhadap karakteristik aliran fluida yang melintasi dua buah bodi silinder sirkular yang tersusun secara tandem yang telah dilakukan dengan eksperimen dapat disimpulkan bahwa:

1. Distribusi koefisien tekanan yang terbesar terjadi pada susunan silinder yang tersusun tandem dengan variasi G/D 3 pada bagian atas dan G/D 1 pada bagian bawah menggunakan Re $2,3 \times 10^4$ dengan nilai masing-masing sebesar 0,020 dan 0,086. Sedangkan distribusi koefisien tekanan yang terendah terjadi pada variasi G/D 1 pada bagian atas dengan nilai -0,0883 dan pada bagian bawah dengan nilai -1,175.
2. Profil kecepatan aliran maksimum didapatkan pada variasi G/D 0 dengan nilai 12,22 m/s dan kecepatan terendah pada variasi G/D 3 dengan nilai 5,28 m/s.
3. Karakteristik aliran yang terjadi pada dua buah bodi silinder sirkular menunjukkan bahwa penambahan SDB dengan variasi G/D dapat mempengaruhi nilai koefisien *drag*. Adapun koefisien *drag* terkecil diperoleh G/D 0 untuk bagian silinder *downstream* yang terbaik dengan nilai -0.079. Sedangkan pada

bagian *upstream* reduksi koefisien yang terbesar pada variasi G/D 3 dengan nilai 0.2277.

Ucapan Terimakasih

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Qomaruddin Gresik atas segala dukungannya sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan lancar.

Daftar Pustaka

- [1] Bibliography Hariyadi, S. (N.D.). Analisis Perbandingan Velocity Dan Shear Stress Perkembangan Boundary Layer Flat Plate Menggunakan Turbulent Model K-E (Standard, Realizable, Rng).
- [2] Daman, A. A., & Widodo, W. A. (2014, Oktober). pengaruh penambahan inlet Disturbance body terhadap karakteristik aliran silinder sirkular secara tandem. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIII (SNTTM XIII)*.
- [3] Fox, R. W., dkk. (2003). *Introduction to Fluid Mechanics*. Colombia: Jhon Wiley & Sons, INC.
- [4] Gamayel, A. (2014, Mei). Pengaruh Pemasangan Bluff Body Terhadap Karakteristik Pembakaran Biobriket. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 53-60.
- [5] Ghofar, A. M. (2018). Pemilihan Sudut Pasang Airfoil Naca 2412 Pada Tail Uav Male Dengan Menggunakan Software Berbasis Computational Fluid Dynamic Untuk Memperoleh Gaya Angkat Optimal. Yogyakarta.
- [6] Hasugian, T. D. (2018). Simulasi Aerodinamika Pada Mobil Listrik Nogogeni Dengan Menggunakan Software Ansys Fluent (*Doctoral dissertation*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- [7] Munson, B. R., Young, D. F., & Okiishi, T. H. (2005). *Mekanika Fluida*. Jakarta.
- [8] Rina, & Ardhy, S. (2018, Oktober). Pengaruh silinder *downstream* terhadap karakteristik aliran silinder *upstream* menggunakan *square disturbance body* tersusun tandem. *Jurnal Energi dan Manufaktur Vol. 11 No. 2*, 58-61.
- [9] Rina; Sumiati, Ruzita; Ardiansyah. (2018, Oktober). Reduksi Gaya Drag Silinder Sirkular dengan Penambahan Square Disturbance Body Melalui Simulasi Numerik 2D Unsteady-RANS pada. *Jurnal Sistem Mekanik dan Termal*, 43-49.
- [10] Sani. (2016). Studi eksperimen karakteristik aliran melintasi silinder sirkular berpengganggu *prisma* segitiga, *prisma* segiempat dan silinder sirkular. Surabaya.
- [11] Wijanarko, D. V., & Widodo, W. A. (2012, September). Studi numerik karakteristik aliran melintasi silinder sirkular tunggal dengan bodi pengganggu berbentuk silinder sirkular pada saluran sempit berpenampang bujur sangkar. *Jurnal Teknik ITS*.