

**STUDI NUMERIK PENGURANGAN GAYA *DRAG* PIPA SILINDER
PADA *HEAT EXCHANGER* DENGAN MENEMPATKAN PIPA
SILINDER TIPE I-53⁰
NUMERICAL INVESTIGATION OF DRAG FORCE REDUCTION ON
THE HEAT EXCHANGER WITH PLACEMENT OF I-53⁰ TYPE
CYLINDER**

Verdian Kurniawan¹, Gunawan Sakti², Bambang Junipitoyo³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Pesawat Udara, Fakultas Teknik Penerbangan, Politeknik Penerbangan Surabaya
Jl. Jemur Andayani I/73, Surabaya 60236
Email: verdiankurniawan9@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini adalah penelitian dasar yang menitik beratkan pada upaya penurunan gaya drag pada sebuah pipa silinder 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-53⁰ dengan jarak antar titik pusat kedua silinder adalah $1.2 \leq s/D \leq 1.4$ dan *Reynold number* $Re = 5.3 \times 10^4$ pada kecepatan $U_{\infty} = 14$ m/s. Simulasi numerik menggunakan variasi turbulent model *k-epsilon* (2eq), *k-omega* (2eq) dan *transition k-kl-omega* (3eq).

Hasil dari pelitian ini diharapkan mampu menunjukkan performa aerodinamika yang lebih baik, dengan membandingkan beberapa parameter ukur antara silinder tunggal dan silinder dengan pengganggu. Parameter ukur yang dianalisa adalah *coefficient of pressure*, *distribution* tekanan disekitar dinding silinder utama, *coefficient of lift*, *coefficient of drag* dan visualisasi kontur kecepatan dan tekanan.

Kata kunci : silinder tipe I-53⁰, *bluff body*, *coefficient of lift*, *coefficient drag*, CFD

Abstract

This study is basic research that focused on reducing drag forces on a cylindrical pipe in a heat exchanger with the placement of a bluff body I-53⁰ type cylinder upstream of the main cylinder. The aerodynamic characteristics of the main cylinder and the cylinder with bluff body I-53⁰ cylinder type are modeled within 2D by using ANSYS Fluent[®] at the laminar flow.

The drag-reducing is made on the geometry within diameter $D = 60$ mm, where the distance between the center to center of the cylinders is $1.2 \leq s/D \leq 1.4$ and Reynolds number $Re = 5.3 \times 10^4$ at free stream velocity =14 m/s. The numerical simulations using variations of the turbulent models *k-epsilon* (2eq), *k-omega* (2eq) dan *transition k-kl-omega* (3eq).

The output of this study is expected to gain better aerodynamic performance by comparing some parameters in measure between a single-cylinder and a bluff body. The measured parameters analyzed are the coefficient of pressure, the pressure distribution around the main cylinder wall, the coefficient of lift, the coefficient of drag, and the visualization of the velocity and pressure contours.

Keywords: cylinder type I-53⁰, *bluff body*, *coefficient of lift*, *coefficient drag*, CFD

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Aliran yang di sekitar lingkaran silinder telah mengalami upaya penelitian yang luas dalam berbagai ilmu teknik. Pembelajaran yang berbeda menunjukkan bahwa konfigurasi aliran ini memiliki banyak aplikasi teknik dan masih menghadirkan salah satu tantangan utama dalam *aerodynamic*. Sebagai contoh *heat exchanger Right Pack* atau *Left Pack Air Conditioning system* pada pesawat terbang. Kerugian dari pada susunan silinder yang berdekatan pada *heat exchanger* adalah adanya *pressure drop*. Penelitian ini fokus pada upaya penurunan *pressure drag* pada silinder-silinder *heat exchanger* dengan menentukan titik optimal jarak antar pipa silinder. Dalam contoh terakhir, orang sering menempatkan batang seng atau plat sebagai perlindungan anodic untuk menutup kolom, dimana batang seng atau plat memiliki diameter yang lebih kecil dari kolom. Dalam hal ini, setidaknya ada dua aspek yang dapat didiskusikan yaitu: perlindungan bahan dan *aerodynamic*. Dalam hal *aerodynamic* ini, interaksi antara dua silinder yang sangat menarik untuk dipelajari. Oleh karena itu, masih penting untuk terus mempelajari pengaturan lingkaran silinder sebagai subjek penelitian, seperti yang dilaporkan dalam artikel ini.

Namun, itu tidak mudah untuk mendapatkan *shear layer* dan kontaminasi dalam aliran fluida yang menumpuk di permukaan silinder pada pipa *heat exchanger*. Kontrol aliran udara disekitar badan tebing (*bluff body*) sangat penting dan menarik untuk teknik *aerodynamic*. Penelitian menginvestigasi tentang kontrol aliran ini dan mengusulkan dua metode kontrol aliran baru. Metode pertama mengendalikan lapisan silinder yang dipisahkan dari badan gertakan (*bluff body*),

dan kedua permukaan kontrol yang mengalir disekitar badan gertakan (*bluff body*) dengan memasang batang kecil di bagian hulu (*upstream*) dari badan gertakan (*bluff body*).

Cairan yang mengalir melintasi profil silinder tegak akan menghasilkan gaya hambat, yang sering kali berlawanan arah. Ukuran gaya *drag* dipengaruhi oleh beberapa parameter, salah satunya adalah *coefficient drag* [CD] pada *heat exchanger*. Salah satu cara untuk mengurangi gaya hambat pada silinder utama adalah dengan menambahkan silinder kecil di depan silinder utama, yang disebut silinder kontrol pasif. Percobaan telah dilakukan dengan cara itu, yaitu dapat mengurangi koefisien *drag* 48% dibandingkan dengan tanpa kontrol pasif. Hal ini juga dilakukan dengan variasi bilangan Reynolds sebagai koefisien tekanan *minimum* [CP] dimana CP min menjadi lebih rendah.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disajikan diatas, maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik aliran diantara dua silinder mempengaruhi *pressure drop*?
2. Bagaimana jarak optimal dua pipa silinder pada *heat exchanger*?

Batasan Masalah

Pada penelitian ini diberikan beberapa batasan masalah sehingga tidak menyimpang dari hasil yang diharapkan

1. Variasi kecepatan *velocity Inlet* 14 m/s.
2. Aliran udara bersifat *compressible flow* dan *steady flow*.
3. Diameter pegganggu 53⁰.
4. Diabaikan perpindahan panas.
5. *Study numerik* dilakukan dengan cara *steady flow*.

6. *Pressure drop* dari *heat exchanger* secara keseluruhan tidak di perhitungkan.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menerapkan *basic research* karakteristik aliran udara pada silinder untuk mengurangi *drag* pada *heat exchanger* di pesawat.
2. Ikut berperan dalam perkembangan IPTEK secara nasional sebagai wujud amanah Tri Dharma Bhakti.

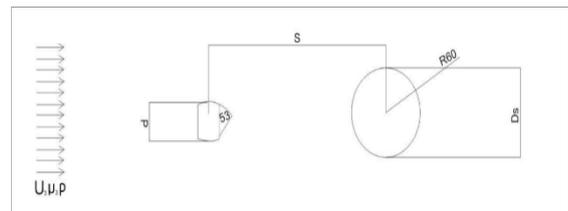
Teori Penunjang

Heat exchanger adalah suatu alat yang memungkinkan perpindahan panas dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Pada pesawat udara *heat exchanger* berfungsi untuk mendinginkan udara yang berasal dari kompresor utama (*primary compressor*) dan kompresor kedua (*secondary compressor*). Dalam hal ini *primary compressor* adalah kompresor pada mesin *turbo fan*, sedangkan *secondary compressor* adalah kompresor pada *air conditioning pack*. Media pendingin pada *heat exchanger* adalah udara luar (*ram air*). Tipe *heat exchanger* yang digunakan adalah dual *heat exchanger* yang terdiri atas dua bagian, yaitu *primary cores* dan *secondary cores*. Keduanya didesain *counterflow* yang terdiri atas plat pipih dan sirip (*fin*).

METODE PENELITIAN

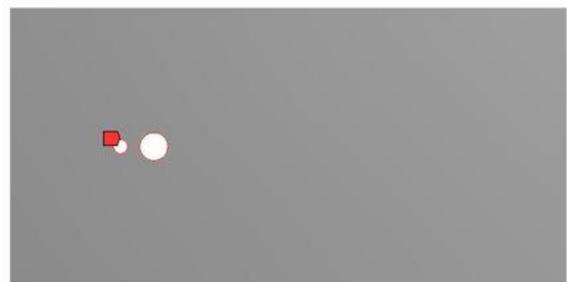
Objek Penelitian

Berikut ini adalah data dari sebuah aliran udara yang melintasi silinder dengan memasang silinder tipe I didepan objek dengan sudut perpotongan. Dalam penelitian ini yang menjadi objek adalah menganalisa aliran udara yang melewati silinder pengganggu.



Gambar 1. Metode aliran udara yang melintas dengan silinder pengganggu

Boundary Condition, Parameter yang dimasukkan pada tahap ini adalah pada kecepatan *inlet* yaitu *velocity inlet* sebesar 14 m/s dengan Reynold number 5.3×10^4 dengan menggunakan diameter pengganggu 53^0 .



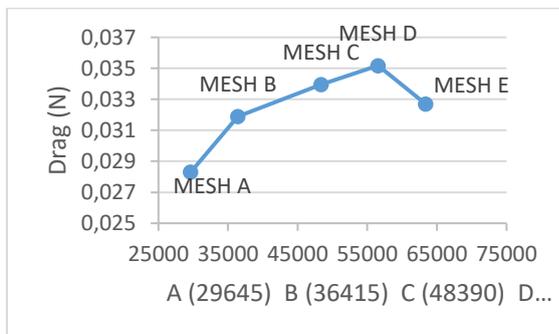
Gambar 2. *Boundary condition*

Grid Independency

Studi *grid independency* dilaksanakan pada silinder dengan menempatkan pipa silinder penghalang (*drag*) tipe I-53⁰. Studi ini dilakukan untuk membandingkan kerapatan *meshing* mulai dari renggang hingga rapat yang hasil simulasinya akan dikomparasi dengan penelitian lainnya yang telah divalidasi. Adapun hasil dari beberapa *meshing* ditampilkan pada contoh tabel 1, jenis *meshing* yang digunakan adalah *meshing D* dengan jumlah *node* sebanyak 56556.

Tabel 1. Hasil meshing

Meshing	Node	Skewness Max <0,9	Aspect Ratio AVE/MA X <4 (Cd)	Inflation Layer
Meshing A	29645	0,5	1,0	20
Meshing B	36415	0,55	1,0	20
Meshing C	48390	0,55	1,0	20
Meshing D	56556	0,55	1,0	20
Meshing E	63382	0,56	1,0	20



Gambar 3. Hasil numerik Grid independency

Semua simulasi yang ditunjukkan dalam penelitian ini menggunakan software ANSYS AIM 18.2. Berdasarkan literature 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 turbulensi 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-C* dengan *enchanced wall function*.

Boundary conditions untuk simulasi diambil dari data eksperimen. Hal ini

termasuk kecepatan udara *inlet* yaitu 14 m/s. Tekanan *outlet* dijaga *constant* pada tekanan atmosferik. Dinding silinder *zero rotational velocity relative* setara dengan aliran udara.

Bilangan Reynold (*Reynold Number*)

Bilangan Reynold adalah rasio antara gaya inersia (v_{sp}) terhadap gaya viskos yang mengkuantifikasikan hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu. Bilangan Reynold ini digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik aliran yang berbeda, seperti jenis aliran laminar, transisi dan turbulen, dimana karakteristik aliran ini akan mempengaruhi besar perpindahan panas konveksi yang terjadi

$$Re = \frac{vL\rho}{\mu}$$

Keterangan:

v_s - kecepatan fluida.

L - panjang karakteristik.

μ - viskositas absolut fluida dinamis.

ν - viskositas kinematik fluida: $\nu = \mu / \rho$,

ρ - kerapatan (densitas) fluida.

Tinjauan Pustaka

Y Triyogi, at all (2009)^[1], Kecepatan *freestream* terowongan angin dijaga konstan pada 14 m/s sesuai dengan $Re = 5.3 \times 10^4$ (berdasarkan diameter d dan kecepatan *freestream*). Profil kecepatan di belakang silinder sirkular diukur dengan sebuah pipa silinder distribusi *Pressure Coefficient* C_p di sekitar silinder sirkular pada $Re = 5.3 \times 10^4$ untuk tujuh sudut potong yang berbeda dari pada silinder kecil ($\theta_s = 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 53^\circ, \text{ dan } 65^\circ$), dan jarak antara titik tengah dua silinder dijaga konstant pada $S/d = 1.375$. Hasilnya menunjukkan distribusi C_p hampir simetris untuk seluruh silinder kecil yang dites. Nilai

CP pada wilayah depan sangat dekat dengan nol atau nilainya negatif.

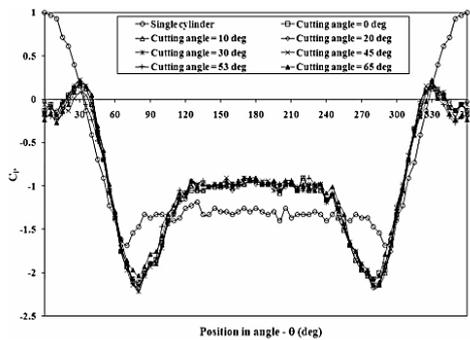


Fig.2 Pressure coefficient distribution around the circular cylinder for various cutting angle at $Re = 5.3 \times 10^4$

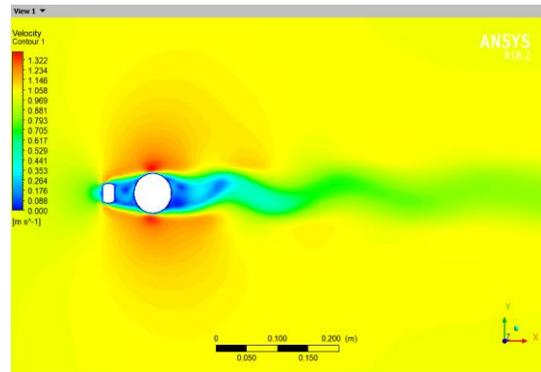
Gambar 4. Hasil numerik *Coefficient Pressure*.

Tamotsu Igarashi (2006)^[2], Baru-baru ini, dilaporkan bahwa gaya hambat (*drag*) berkurang sebesar 50% dan 25% untuk bentuk lingkaran silinder, dengan masing-masing memotong pada sudut yang melingkar $\theta_f = 53^\circ$ di depan permukaan batang tebing (*bluff bodies*) *heat exchanger*. Namun di dalam distribusi tekanan, pada *Strouhal number* dan pola aliran tidak jelas. Dengan metode pengurangan *drag* di atas adalah topik unik dibandingkan dengan topik yang lain untuk *bluff body* yang menggunakan lingkaran tepi dan memotong tepian

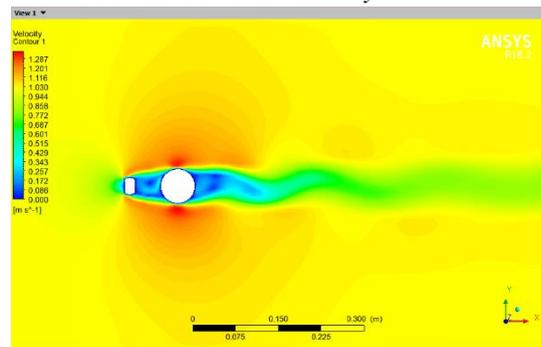
T.Tsutsui (2002)^[3], Penelitian tentang fenomena aliran fluida yang melintasi permukaan luar pipa *heat exchanger* di pesawat tumbuh dengan cepat. Konsep lapisan batas berhasil mengungkap beberapa jawaban untuk pengaruh tegangan geser memainkan peran penting pada karakteristik hambatan di sekitar objek. Sebagai contoh, beberapa penelitian telah dilakukan bahwa fluida mengalir melalui silinder sirkular tunggal, yang dimodifikasi menjadi silinder bentuk-D atau silinder bentuk-I. Selain itu, ini juga merupakan contoh, yaitu fluida mengalir melalui lebih dari satu silinder dengan ukuran berbeda dan mengatur tandem

HASIL DAN PEMBAHASAN

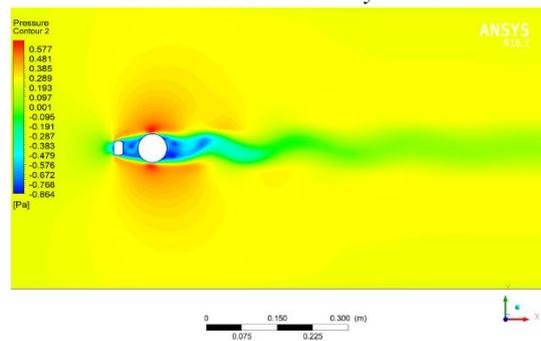
Dari hasil simulasi silinder tipe I-53⁰ dapat menampilkan kontur sebaran tekanan dan kontur sebaran kecepatan yang mengalir di sekitar pipa *heat exchanger* pada berbagai pengaruh jarak (S/D) sehingga dapat mengetahui tekanan untuk pengurangan gaya *drag* yang terjadi pada pipa *heat exchanger*.



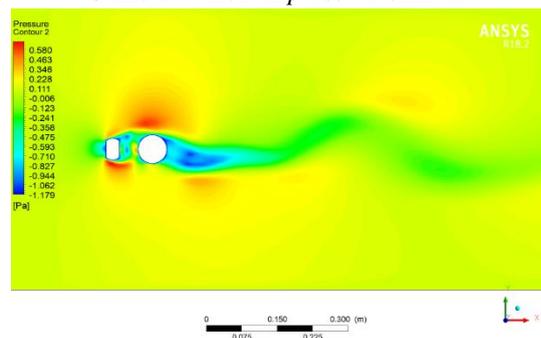
Gambar 5. Kontur *velocity* silinder



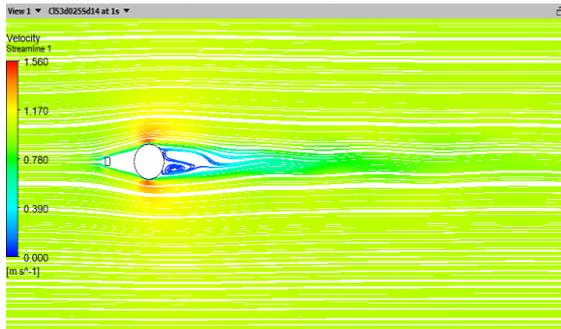
Gambar 6. Kontur *velocity* silinder



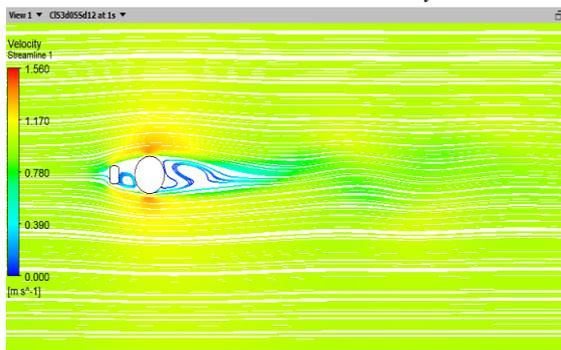
Gambar 7. Kontur *pressure* silinder



Gambar 8. Kontur *pressure* silinder



Gambar 9. Kontur *transient velocity* silinder



Gambar 10. Kontur *transient velocity* silinder

Dari Gambar 5 sampai gambar 10 menunjukkan bahwa ciri-ciri yang tampak untuk mengindikasikan hasil secara kualitatif adalah sebagai berikut :

1. Daerah bertekanan tinggi di bagian silinder penghalang I-53⁰ pada pipa silinder *heat exchanger*.
2. Silinder penghalang tipe I-53⁰ menyebabkan titik *shear layer* bergeser sedikit kebelakang.
3. Perubahan aliran udara pada variasi jarak silinder penghalang tipe I-53⁰.

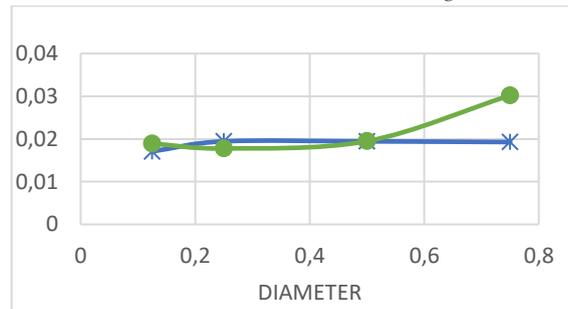
Hasil Penelitian

Dari data hasil simulasi telah didapatkan nilai *drag*. Maka dapat kita hitung koefisien *drag* dari masing-masing variasi jarak dan diameter *cylinder* pengganggu. Berikut adalah perhitungan rumus koefisien *drag* yang hasilnya akan penulis sajikan dalam bentuk tabel

Tabel 2. Hasil koefisien *drag*.

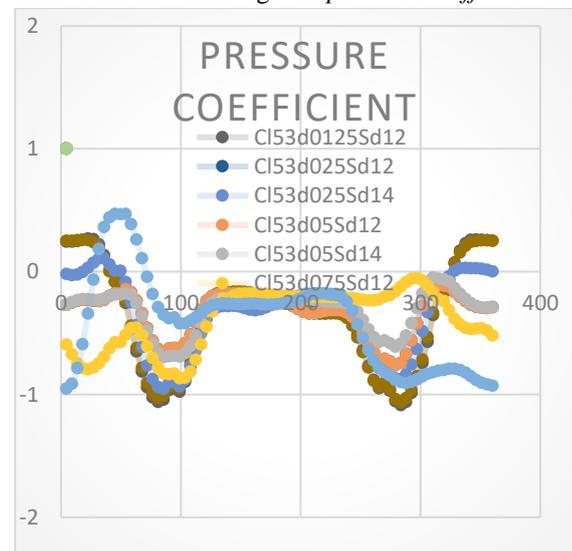
Koefisien <i>Drag</i> Silinder tipe I-53 ⁰				
Jarak	diameter			
	0.125	0.25	0.5	0.75
1.2	0,000089	0,000010124	0,000010124	0,0001004
1.4	0,00009857	0,000009258	0,000010151	0,0001573

Tabel 3. Grafik koefisien *drag*.



Hasil data *coefficient Pressure* simulasi silinder yang di tambahkan silinder pengganggu tipe I-53⁰ di depannya dengan variasi jarak dan diameter silinder pengganggu sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil nilai grafik *pressure coefficient*.



PENUTUP

Simpulan

Berikut hasil simulasi dan analisa pada pengurangan gaya *drag* pipa silinder pada *heat exchanger* dengan menempatkan pipa silinder tipe I-53⁰ terhadap berbagai variasi jarak yang dapat diambil kesimpulan

sebagai berikut:

1. Dari hasil simulasi dapat diketahui bahwa pada silinder pengganggu tipe I-53 dapat mengurangi *drag* paling efisien adalah pada diameter (D/d) 0,75 dengan jarak (S/d) 1,4.
2. Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa model silinder tipe I-53 dengan variasi jarak 1,2 dan jarak 1,4 menunjukkan kenaikan *drag* terhadap diameter namun tidak signifikan tipe penghalang lainnya.
3. Pada silinder tipe I-53 dengan variasi jarak 1,2 maupun jarak 1,4 diameter tidak mempengaruhi kenaikan *drag* terhadap diameter pengganggu.
4. Dari hasil simulasi ini dapat menunjukkan perbedaan karakteristik *drag* pada model variasi jarak yang sudah ditentukan.

Saran

1. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya lebih bervariasi dalam hal parameter-parameter yang akan dikaji, dan lebih bervariasi juga dalam penentuan variabel bebas dari penelitian.
2. Diharapkan dalam penelitian selanjutnya bisa menggunakan variasi baru untuk model silinder dengan penghalang tipe yang berbeda

DAFTAR PUSTAKA

[1] Yuwono, Triyogi & Suprayogi, D & Spirida, E.. *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* .(2009).

[2] Igarashi, Tamotsu & Shiba, Yoshihiko. *Drag Reduction for D-Shape and I-Shape Cylinders. Jsme International Journal Series B-fluids and Thermal Engineering* (2006).

[3] Tsutsui, T. & Igarashi, T..*Drag reduction of a circular cylinder in an air-stream. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* (2002).

[4] Munson, B. R., Young, D. F., & Okiishi, T. H. *Fundamentals of fluid mechanics. Hoboken, NJ, J. Wiley & Sons.*(2006).

[5] Muhajir,. *Pengaruh Viskositas terhadap Aliran Fluida Gas-Cair melalui Pipa Vertikal dengan Perangkat Lunak Ansys Fluent 13.0.* Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang (2012).

[6] ANSYS Inc. *ANSYS Fluent Meshing User's Guide. U.S.A* (2013).

[7] Rr. Sri Poernomo Sari. *Distribusi Temperatur Aliran Fluida Dan Analisis Nilai Koefisien Perpindahan Panas Konveksi Pada Heat Exchanger Tipe Counterflow* Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarm (2013)