

Pengaruh Silinder *Downstream* terhadap Karakteristik Aliran Silinder *Upstream* Menggunakan *Square Disturbance Body* Tersusun Tandem

Rina^{1,2)*}, Sanny Ardhy³⁾

^{1,3)} Program Studi Teknik Mesin Universitas Dharma Andalas, Jl. Sawahan No. 103A, Padang, Indonesia

²⁾ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang, Kampus Limau Manis, Padang, Indonesia

naskah masuk 29/08/2018; diterima 15/09/2018; terbit 29/10/2018

doi: 10.24843/JEM.2018.v11.i02.p05

Abstrak

Fluida yang mengalir di sekitar *bluff body* silinder sirkular, akan menimbulkan gaya-gaya aerodinamika salah satunya gaya *drag*. *Drag* sangat tidak diinginkan untuk keselamatan struktur *body*. Reduksi gaya *drag* dilakukan dengan mengontrol medan aliran seperti meningkatkan kekasaran permukaan, mengiris silinder dengan sudut iris tertentu, dan menempatkan pengganggu di sisi *upstream* silinder. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh silinder *downstream* terhadap karakteristik aliran silinder *upstream* menggunakan *square disturbance body* yang disusun tandem pada saluran sempit. Geometri yang digunakan adalah dua silinder sirkular yang disusun tandem berdiameter (D) 25 mm dengan variasi jarak antar silinder (L/D) 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4. *Square Cylinder* sebagai *body* pengganggu ditempatkan pada sisi *upstream* silinder utama berdiameter 4 mm. Posisi sudut pengganggu (α) 30°, dan jarak *gap* ($d=0.4\text{mm}$). *Reynolds number* berdasarkan diameter silinder, yaitu $Re_D 2,32 \times 10^4$. Penelitian ini dilakukan secara numerik 2D *Unsteady-RANS* menggunakan CFD software FLUENT 6.3.26 dengan model *viscous Turbulence Model Shear-Stress-Transport (SST) k- ω* . Parameter yang diamati adalah koefisien *pressure* (C_p), Koefisien *drag pressure* (C_{dp}) dan visualisasi aliran berupa *velocity pathline*. Hasilnya menunjukkan bahwa Penambahan silinder *downstream* memberikan kontribusi dalam pengurangan gaya *drag* pada silinder *upstream* menggunakan *square disturbance body*. Pengaruh *wake* silinder *upstream* terhadap silinder *downstream* berkurang dengan meningkatnya rasio L/D. Interaksi *wake* silinder *upstream* terhadap silinder *downstream* terjadi pada konfigurasi L/D 1,5 – 3. Pengurangan gaya *drag* optimum terjadi pada konfigurasi L/D 3.

Kata kunci: Silinder sirkular, *square disturbance body*, tandem, koefisien *pressure*, koefisien *drag pressure*, *unsteady*

Abstract

The fluid flows around the circular cylinder bluff body will produce aerodynamic forces, one of which is the drag force. Drag is very undesirable for the safety of the body structure. Reduction of drag force is carried out by controlling the flow field such as increasing the surface roughness, slicing the cylinder with a certain iris angle, and placing the disturbance on the upstream side of the cylinder. This purpose of the study is to see the effect of downstream cylinders on the flow characteristics of upstream cylinders using a square disturbance body arranged tandem in a narrow channel. The geometry used is two circular cylinders arranged in tandem diameter (D) 25 mm with a variation of distance between cylinders (L / D) 1.5; 2; 2.5; 3; 3.5; 4. Square Cylinder as a disturbing body is placed on the side of the main cylinder upstream with a diameter of 4 mm. The position of the disturbing angle (α) is 30°, and the gap distance ($d = 0.4\text{mm}$). Reynolds number is based on cylinder diameter, ie $Re_D 2.32 \times 10^4$. This research was carried out numerical 2D *Unsteady-RANS* using a FLUENT 6.3.26 CFD software with viscous Turbulence model *Shear-Stress-Transport (SST) k- ω* model. Parameters observed were pressure coefficient (C_p), drag pressure coefficient (C_{dp}) and flow visualization in the form of velocity pathline. The results show that the addition of a downstream cylinder contributes to the reduction of the drag force on the upstream cylinder using a square disturbance body. The wake influence of upstream cylinder to downstream cylinder decreasing with increasing the ratio of L/D. The interaction of wake cylinder upstream to downstream cylinder occurs at L/D 1.5 - 3. The optimum for the drag force reduction occurs at L/D 3.

Keywords: Circular cylinder, *square disturbance body*, tandem arrangement, Pressure coefficient, coefficient drag pressure, *unsteady*

1. Pendahuluan

Beberapa aplikasi teknik menggunakan bentuk dasar *bluff body* silinder sirkular, seperti sistem perpipaan, struktur penyangga anjungan lepas pantai dan dermaga jembatan. Ketika silinder dialiri fluida, akan menimbulkan gaya *drag* yang begitu besar dan ini sangat merugikan. Telah banyak penelitian dilakukan dalam pengurangan gaya *drag* ini diantaranya dengan meningkatkan kekasaran permukaan, mengiris silinder dengan sudut iris tertentu, menambahkan pengganggu pada sisi *upstream* silinder atau menambahkan silinder *downstream* di belakangnya yang disusun secara tandem.

Lee,dkk [1] melakukan penelitian dalam pengurangan gaya *drag* menggunakan silinder sirkular tunggal dengan sebuah *control rod* yang ditempatkan di sisi *upstream*. Ia bervariasi jarak longitudinal (L/D) antara geometri *body* dengan silinder utama, dan rasio dimensi kedua *body* (d/D). Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa rasio d/D pada L/D yang sama dalam mereduksi gaya *drag* terjadi hingga $d/D=0,233$. Jika rasio d/D lebih besar dari angka tersebut maka efektifitas dalam mereduksi gaya *drag* menjadi berkurang. Putra [2] dan Rina,dkk [3] menggunakan dua buah *square disturbance body* yang ditempatkan di sisi *upstream* silinder sirkular pada sudut tertentu. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa

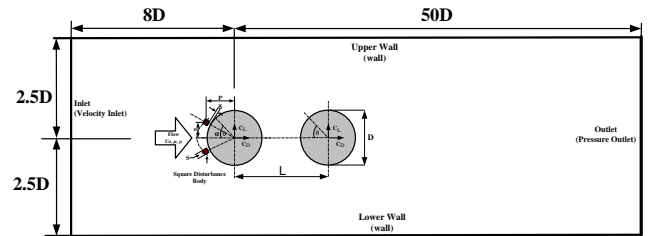
*Korespondensi:
E-mail: rinaz2986@gmail.com

penempatan pengganggu di sisi *upstream* silinder sirkular memberikan kontribusi dalam pengurangan gaya *drag*. Nilai optimum dalam pengurangan gaya *drag* terdapat pada sudut pengganggu $\alpha=30^\circ$. Alam,dkk [4], melakukan penelitian dengan memvariasikan jarak silinder *upstream* dan silinder *downstream*. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa terjadi *bistable flow* pada konfigurasi L/D 3, dan pencapaian pengurangan gaya *drag* terjadi pada sudut kontur $\alpha=30^\circ$ sebesar 67%. Daloglu [5] menggunakan dua buah geometri *body* sirkular silinder dan *square* silinder. Di sisi *upstream*, divariasikan dua buah geometri, yaitu silinder sirkular dan *square* silinder. Sementara di sisi *downstream* tetap menggunakan silinder sirkular. Variasi jarak antar silinder $1 < S/d < 10$. Hasilnya menunjukkan bahwa variasi jarak antar silinder memberikan pengaruh terhadap reduksi gaya *drag* dengan rasio 1-1,5. Informasi lain bahwa *square* silinder mempunyai *pressure drop* lebih besar dari pada silinder sirkular. Kemudian Daman, dkk [6] melakukan penelitian menggunakan dua buah silinder sirkular yang disusun tandem dengan variasi L/D 1,5 - 4. Silinder *upstream* diberikan dua buah *body* pengganggu sirkular dengan sudut 60° . Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa reduksi gaya *drag* hanya terjadi pada silinder *downstream* sedangkan pada silinder *upstream* kenaikan nilai koefisien *drag* maksimum terjadi sekitar 22% dari silinder tunggal. Dan konfigurasi optimum dalam pengurangan gaya *drag* terjadi pada L/D 1,5.

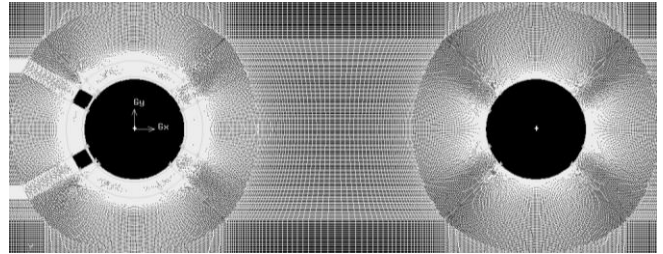
Dari beberapa penelitian tersebut, pembahasan tentang pengaruh silinder *downstream* terhadap karakteristik aliran silinder *upstream* menggunakan pengganggu *square* silinder pada sudut 30° yang tersusun tandem belum dibahas, sehingga perlu dibahas lebih lanjut dengan menampilkan kontur visualisasi aliran pada simulasi numerik menggunakan CFD *software* FLUENT 6.3.26.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui simulasi numerik menggunakan *software* Fluent CFD 2D *Unsteady-RANS*. Dua buah geometri *body* disimulasikan berbentuk silinder sirkular dengan diameter *upstream* dan *downstream* (D) 25 mm, dimensi pengganggu *square cylinder* (d) 4 mm, *gap* dari permukaan silinder *upstream* (δ) 0,4 mm pada sudut pengganggu (α) 30° . Variasi jarak silinder *upstream* dan *downstream* (L/D) 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4. *Reynolds Number* berdasarkan diameter silinder, yaitu Re_D $2,32 \times 10^4$ dengan model *viscous Turbuence Model Shear-Stress-Transport (SST) k- ω* . Domain simulasi numerik dapat dilihat pada gambar 1, dan *meshing* ditunjukkan pada gambar 2. Kondisi batas sisi *inlet* adalah *velocity inlet* dan sisi *outlet* adalah *pressure outlet*.



Gambar 1. Domain simulasi numerik



Gambar 2. Meshing quadrilateral map

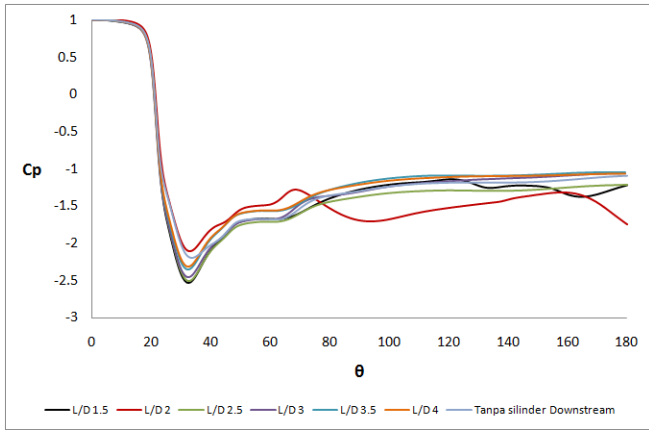
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Distribusi Tekanan Silinder *Upstream*

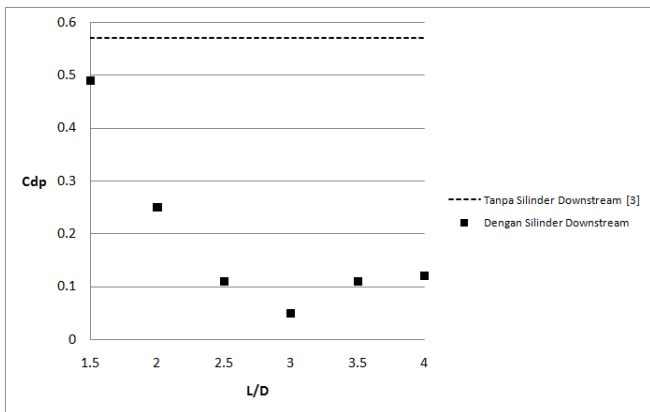
Plot grafik distribusi tekanan silinder *upstream* dapat dilihat pada gambar 3. Dari plot tersebut terlihat bahwa dari semua konfigurasi termasuk silinder dengan pengganggu tanpa silinder *downstream* di belakangnya, umumnya menunjukkan trend grafik yang sama. Setelah titik stagnasi, aliran mulai mengalami akselerasi pada sudut 22° . Hal ini terjadi karena adanya *gap* (δ) dari permukaan silinder *upstream* (*blockage effect*). Namun terjadinya deselerasi dan separasi pada masing-masing konfigurasi mengalami perbedaan. Trend grafik (deselerasi dan separasi) hampir sama terjadi pada variasi L/D 2,5; 3; 3,5; dan 4, dimana titik separasi terjadi sekitar sudut 90° . Sedangkan pada L/D 1,5 dan 2 menunjukkan trend grafik yang bergelombang. Hal ini menandakan bahwa terbentuknya dua buah *peak* sepanjang permukaan silinder *upstream* ($0^\circ - 180^\circ$), yaitu pada sudut 50° & 120° untuk L/D 1,5 dan 70° & 160° untuk L/D 2. Adanya *peak* menandakan terbentuknya *separation bubble* dan terjadinya *reattachment* yang menyebabkan separasi tertunda lebih ke belakang, seperti yang dijelaskan pada penelitian sebelumnya oleh Rina [3]. Kecepatan maksimum diantara semua variasi L/D terjadi pada konfigurasi L/D 1,5. Untuk konfigurasi tanpa silinder *downstream*, separasi sudah terjadi pada sudut 85° .

3.2. Koefisien *Drag Pressure* Silinder *Upstream*

Gambar 4 menunjukkan perbandingan grafik Koefisien *drag pressure* silinder menggunakan *square disturbance body* dengan silinder *downstream* dan tanpa silinder *downstream*. Dari gambar dapat dilihat bahwa penambahan silinder *downstream* memberikan kontribusi yang lebih besar dalam pengurangan gaya *drag*. Hal ini dapat dilihat dari nilai C_{dp} yang dihasilkan untuk keseluruhan variasi L/D berada dibawah nilai C_{dp} tanpa silinder *downstream* ($C_{dp}=0,57$). Pengurangan gaya *drag* optimum terjadi pada konfigurasi L/D 3 dengan nilai C_{dp} 0,05.



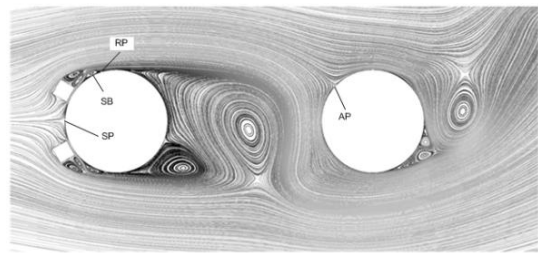
Gambar 3. Distribusi tekanan silinder *upstream*



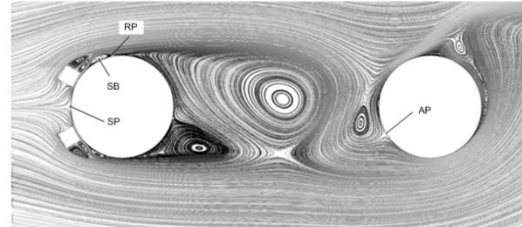
Gambar 4. Koefisien *Drag Pressure* silinder *upstream*

3.3. Visualisasi Aliran (Velocity Pathline)

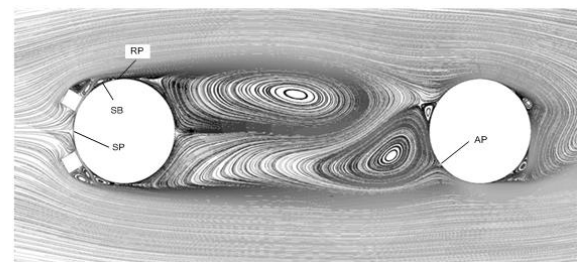
Gambar 5 merupakan visualisasi aliran berupa *velocity pathline*. Titik stagnasi ditunjukkan oleh simbol SP (*Stagnation Point*), Titik *Attachment* ditunjukkan oleh simbol AP (*Attachment Point*), *Separation bubble* ditunjukkan oleh simbol SB dan *Reattachment point* ditunjukkan oleh simbol RP.



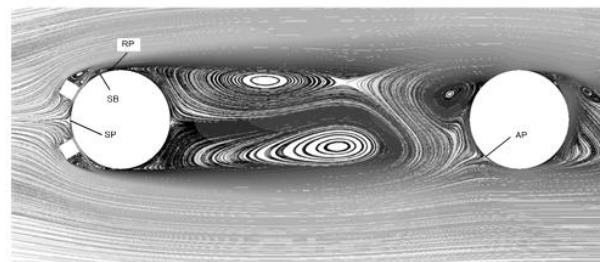
(c)



(d)

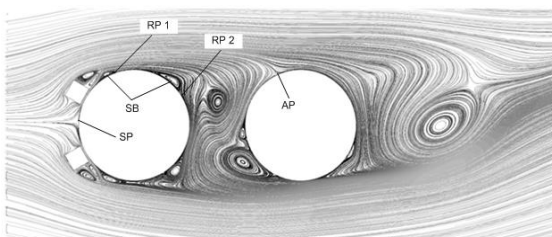


(e)

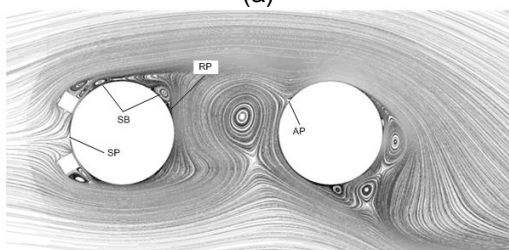


(f)

Gambar 5. *Velocity Pathline* pada L/D: (a) 1,5; (b) 2; (c) 2,5; (d) 3; (e) 3,5; (f) 4



(a)



(b)

Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa pada L/D 1,5 dan 2 terbentuk dua buah *separation bubble* di sepanjang permukaan silinder *upstream* (0° - 180°). *Separation bubble* terjadi akibat adanya *adverse pressure* yang dipengaruhi oleh kelengkungan kontur permukaan silinder. Namun karena adanya *shear layer* yang terlepas dari body pengganggu yang berinteraksi dengan *boundary layer* pada permukaan silinder sirkular, menambah momentum untuk aliran kembali *attach* pada permukaan silinder sirkular *upstream* yang ditandai dengan simbol RP1 (gambar 5 a). Namun karena *wake* silinder *upstream* melingkupi silinder *downstream* lalu terdesak ke bagian belakang silinder *upstream* sehingga terbentuk lagi *separation bubble* kira-kira pada sudut kontur 120° untuk L/D 1,5 dan 160° untuk L/D 2 (gambar 5a dan 5b). Aliran mengalami *attachment* pada bagian atas silinder *downstream*.

Sedangkan pada L/D 2,5 – 4, menunjukkan bentuk visualisasi aliran seperti tanpa penambahan silinder *downstream* pada penelitian sebelumnya Rina [3]. Jarak antar silinder *upstream* dan *downstream*

yang sudah mulai cukup jauh, mengakibatkan interaksi *wake* silinder *upstream* terhadap silinder *downstream* juga mulai berkurang. Hal ini ditunjukkan pada konfigurasi L/D 3,5 dan 4 dengan nilai Cdp yang mulai mengalami peningkatan (gambar 4). Untuk aliran pada silinder *downstream* bentuknya hampir sama dengan silinder tunggal, akan tetapi titik stagnasi masih bergeser dari sudut kontur 0°.

4. Simpulan

Penelitian mengenai pengaruh penambahan silinder *downstream* terhadap silinder *upstream* menggunakan pengganggu *square disturbance body* yang disusun tandem telah dilakukan secara numerik. Dari pembahasan tersebut dapat disimpulkan bahwa:

1. Penambahan silinder *downstream* memberikan kontribusi dalam pengurangan gaya *drag* pada silinder *upstream* menggunakan *square disturbance body*.
2. Interaksi *wake* silinder *upstream* terhadap silinder *downstream* terjadi pada konfigurasi L/D 1,5 – 3.
3. Pengurangan gaya *drag* optimum terjadi pada konfigurasi L/D 3.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ristekdikti yang telah memberikan dukungan financial terhadap penelitian ini. Kemudian ucapan terima kasih kepada Politeknik Negeri Padang yang telah memberikan izin menggunakan laboratorium Komputer selama melakukan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Lee, Sang-Soon., Lee, Sang-Ik., Park, Cheol-Woo, *Reducing the drag on a circular cylinder by upstream installation of a small control rod*, Fluid dynamics research Vol. 34, 233-250, 2004
- [2] Putra, R.P, *Reduksi gaya hambat pada silinder sirkular dan reduksi pressure drop pada saluran sempit berpenampang bujur sangkar dengan menggunakan batang pengganggu berbentuk square cylinder*. Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2013.
- [3] Rina., Widodo, W. A, *Simulasi Numerik Aliran di Sekitar Circular Cylinder dengan Dua Square Cylinder sebagai Disturbance Body pada Saluran Sempit*. *Thermofluid VI*. 29 April 2014, Yogyakarta, Indonesia. Hal. 111-116, 2014
- [4] Alam, M.D., Sakamoto. H., Moriya, M, *Reduction of fluid forces acting on a single circular cylinder and two circular cylinders by using tripping rods*. *Jurnal of fluids and structures* Vol. 18, 347-366, 2003.
- [5] Daloglu, A, *Pressure drop in a channel with cylinders in tandem arrangement*. *International Communication in Heat and Mass Transfer* 35, 76-83, 2008

- [6] Daman, A. A. A., Widodo, W. A, *Pengaruh Penambahan Inlet Disturbance Body Terhadap Karakteristik Aliran Melintasi Silinder Sirkular Tersusun Tandem*. *Thermofluid VI*. 29 April 2014, Yogyakarta, Indonesia. Hal. 79-84, 2014.



Rina menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Mesin di Universitas Negeri Padang tahun 2012. Pendidikan magister Teknik Mesin diselesaikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2014 dengan area riset tentang Computational Fluid Dynamics.

Saat ini bekerja sebagai dosen di Program Studi Teknik Mesin Universitas Dharma Andalas dan Politeknik Negeri Padang. Bidang penelitian utama yang digeluti adalah Computational Fluid Dynamics (CFD).