

## **Desain Awal dan Analisa *Computational Fluid Dynamics* (CFD) Aliran Fluida Cair yang Melewati Objek Silinder Terbelah**

### ***Preliminary Design and Computational Fluid Dynamics (CFD) Analysis of Liquid Fluid Flow Through a Split Cylindrical Object***

Fauzan Baananto<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta 9 Malang, Indonesia

\*Corresponding author: [f.baananto@polinema.ac.id](mailto:f.baananto@polinema.ac.id)

Diterima: 18-10-2023

Disetujui: 01-11-2023

Dipublikasikan: 11-12-2023

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



#### **Abstrak**

Komputasi Dinamika Fluida atau biasa disebut dengan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) merupakan metode untuk menyelesaikan permasalahan bidang teknik terutama dalam kasus aliran fluida, perpindahan panas dan berbagai fenomena fluida yang berhubungan seperti reaksi kimia. Pada penelitian pemodelan CFD ini bertujuan sebagai desain awal untuk mengetahui pengaruh dari aliran fluida yang melewati objek silinder yang terbelah. Terdapat tiga elemen utama dalam pemrograman CFD untuk menyelesaikan permasalahan aliran fluida yang melewati objek silinder terbelah ini, yaitu: (1) *Pre-processor* (2) *Solver* dan (3) *Post-processor* yang prosedur tersebut digunakan pada penelitian ini. Nilai aliran pada sisi inlet sebesar 0,0001 m/s atau dalam kondisi  $Re \leq 5$  atau dalam kondisi aliran laminar. Fluida yang digunakan dalam penelitian ini adalah fluida air dengan densitas 1,2 kg/m<sup>3</sup>. Kemudian *grid system* atau *meshing* yang dihasilkan adalah 21535 nodes dan 21194 elements. Kesimpulan dari penelitian ini menghasilkan bahwa pusaran aliran yang terjadi pada objek silinder terbelah lebih kecil jika dibandingkan dengan objek silinder, namun pusaran aliran yang terjadi masih lebih besar jika dibandingkan dengan objek persegi.

**Kata Kunci:** CFD, Aliran, Fluida, Silinder

#### **Abstract**

*Computational Fluid Dynamics* is a method for solving engineering problems, especially in cases of fluid flow, heat transfer and various related fluid phenomena such as chemical reactions. This CFD research aims as preliminary design to determine the effect of fluid flow passing through a split cylindrical object. There are three main elements in CFD programming to solve the problem of fluid flow through a split cylindrical object, (1) *Pre-processor* (2) *Solver* and (3) *Post-processor* which is the procedure used in this research. The flow value on the inlet side is 0.0001 m/s or in conditions  $Re \leq 5$  or in laminar flow conditions. The fluid used in this research is water with a density of 1.2 kg/m<sup>3</sup>. Then the resulting grid system or meshing is 21535 nodes and 21194 elements. The conclusion of this research is that the flow vortex that occurs in a split cylindrical object is smaller when compared to a cylindrical object, but the flow vortex that occurs is still larger when compared to a square object.

**Keywords:** CFD, Flow, Fluid, Cylinder

#### **1. Pendahuluan**

Komputasi Dinamika Fluida atau biasa disebut dengan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) merupakan metode untuk menyelesaikan permasalahan bidang teknik (Versteeg and

Malalasekera 2007) terutama dalam kasus aliran fluida, perpindahan panas dan berbagai fenomena fluida yang berhubungan seperti reaksi kimia (Çengel and Cimbala, n.d.; Mukhtar et al. 2023; Mulyadi et al. 2023). Penyelesaian persoalan aliran fluida dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan atur yang terdiri dari persamaan kekekalan massa, momentum dan energi (Firman 2008; Aldori et al 2022; Hasibuan et al. 2023). Pengkajian oleh (Ghia, Ghia, and Shin 1982) tentang formulasi kecemasan stream-function 2-D, persamaan Navier-Stokes tak mampat digunakan untuk meneliti keefektifan metode multi grid implicit dalam penyelesaian perhitungan aliran dengan Reynolds tinggi.

Beberapa peneliti dalam beberapa dekade ini meneliti tentang aliran fluida yang melewati objek silinder (Braza, Chassaing, and Ha Minh 1986), (Saiki and Biringen 1996), tidak hanya berpengaruh signifikan terhadap teori di dalam bidang akademik, tetapi juga berpengaruh terhadap aplikasi di dunia industri seperti mesin *heat exchanger*, pondasi jembatan, dan sistem produksi di laut lepas.

Pada penelitian pemodelan CFD ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari aliran fluida yang melewati objek silinder yang terbelah. Parameter yang sangat mempengaruhi dalam penelitian ini adalah bilangan *Reynold (Re)*. Model persamaan Navier-Stokes tak tunak, menggunakan Metode Volume Hingga atau *Finite Volume Method (FVM)* dalam formulasi variabel primitif.

## 2. Metode

Dalam peneletian ini, pemodelan dilakukan dengan beberapa tahapan dengan memperhatikan hasil eksperimental yang telah dilakukan sebelumnya. Tujuan utama dengan menggunakan *tools* CFD di dalam penelitian ini adalah mendapatkan model aliran fluida yang melewati objek silinder terbelah. *Tools* CFD yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan ANSYS Fluent dengan mengikuti tahapan yang sudah dijelaskan pada landasan teori sebelumnya. Keterangan dimensi pada Gambar 1.(a) dapat dilihat pada tabel di bawah ini. Dimensi dari objek silinder diambil dari penelitian sebelumnya (Pachpute, Premachandran, and Talukdar 2015). Kemudian *grid system* atau *meshing* yang dihasilkan adalah 21535 *nodes* dan 21194 *elements*.

**Tabel 1.** Dimensi domain komputasi

Keterangan	Dimensi [m]
D13	1.0
H11	5.0
H9	20.0
V10	10.0
V12	5.0
V7	0.1
V8	0.1

Persamaan atur dalam kondisi laminar pada penelitian ini menggunakan persamaan massa, kontinuitas, dan momentum. Persamaan konservasi massa dituliskan dengan keseimbangan massa yang terjadi pada elemn fluida, dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \partial x \partial y \partial z) = \frac{\partial \rho}{\partial t}(\partial x \partial y \partial z) \quad (1)$$

Persamaan kontinuitas yang digunakan adalah sebagai berikut:

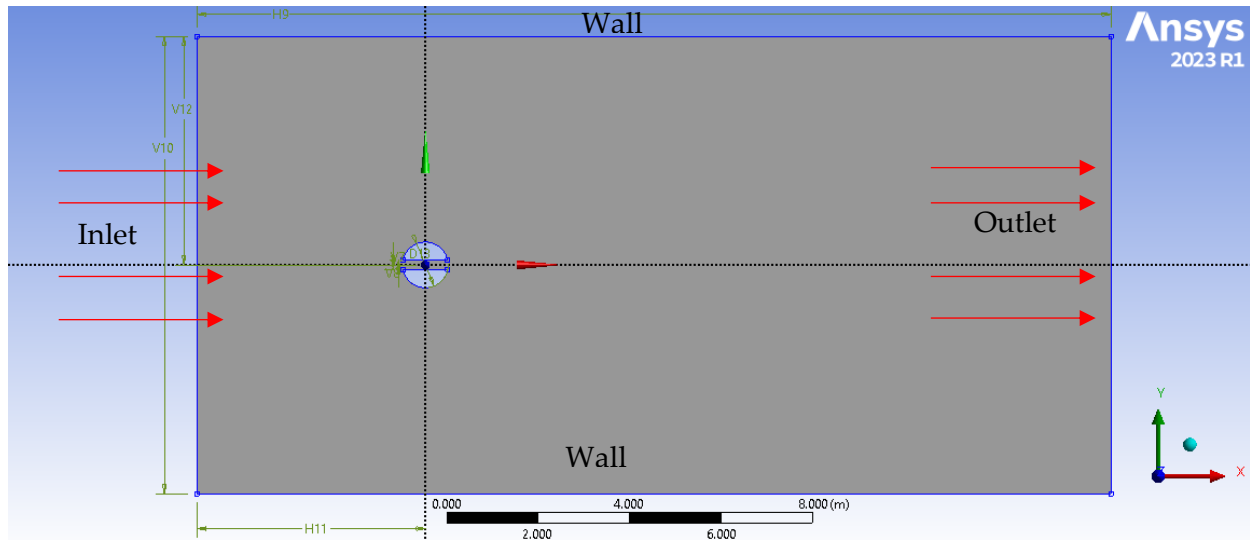
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i) = 0 \quad (2)$$

Persamaan momentum yang digunakan adalah sebagai berikut:

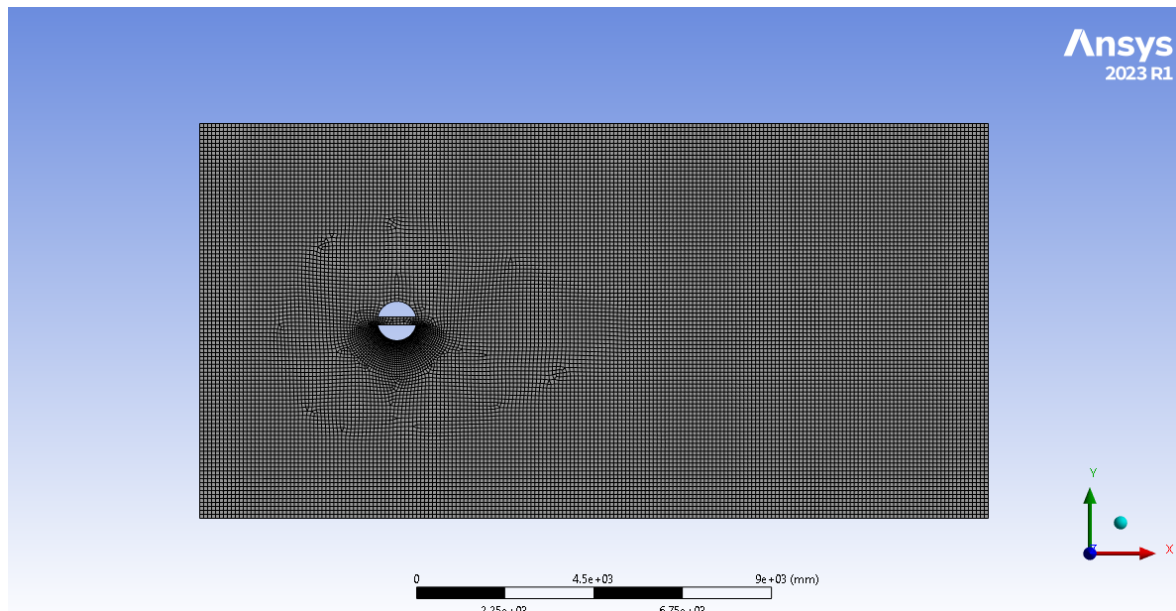
$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i u_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_i} + F_i \quad (3)$$

Dimana  $\tau_{ij}$  adalah tegangan *viscous* dan  $F_i$  adalah *body Force* (gravitasi)

$$\tau_{ij} = \mu \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{ij} \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \right) \quad (4)$$



(a)

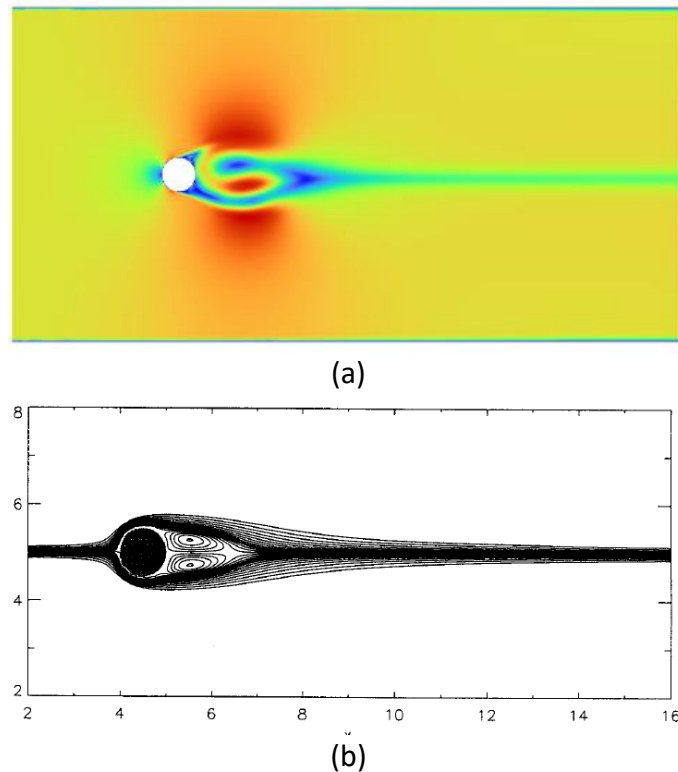


(b)

**Gambar 1.** Konfigurasi aliran dan *grid system* untuk 2D aliran dasar (a) Skematik Domain Geometri Komputasi 2D (b) *Grid System* dari Objek Silinder Terbelah

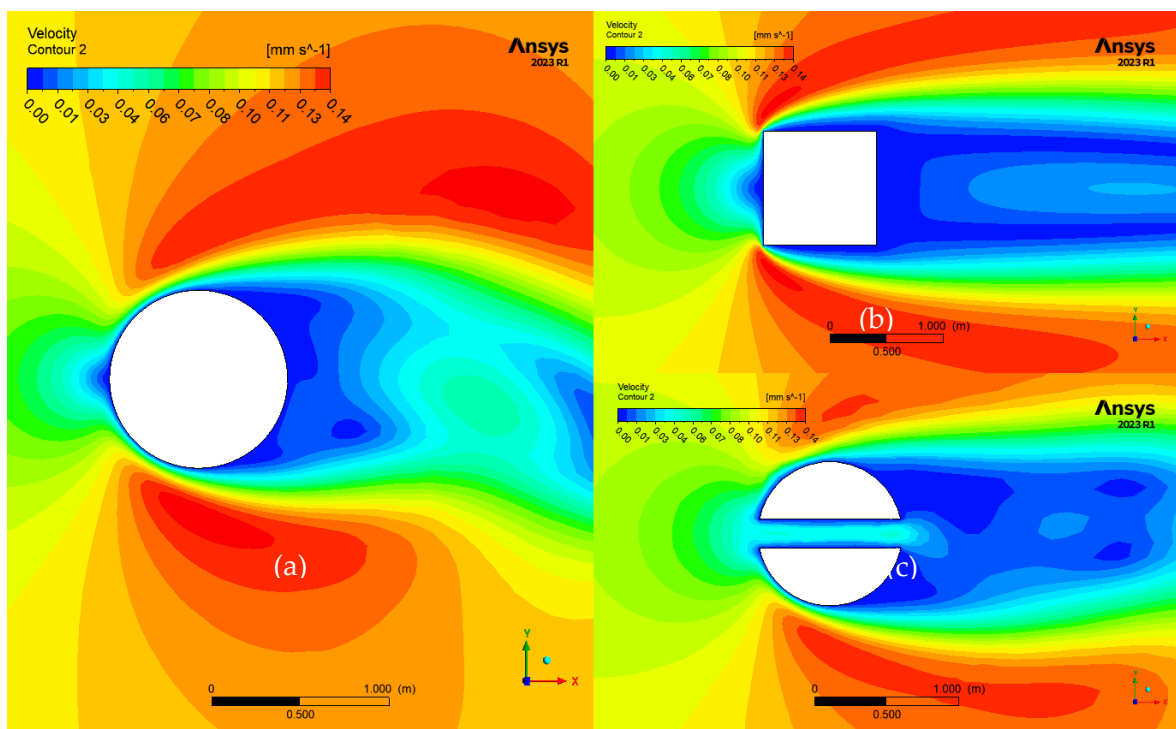
### 3. Hasil dan Pembahasan

Gambar 1.(a) menunjukkan skematik domain geometri pada penelitian ini. Pada gambar tersebut terdapat juga kondisi batas yang digunakan dalam penelitian ini. Nilai aliran pada sisi inlet sebesar 0,0001 m/s atau dalam kondisi  $Re \leq 5$  atau dalam kondisi aliran laminar. Fluida yang digunakan dalam penelitian ini adalah fluida air dengan densitas  $1,2 \text{ kg/m}^3$ .



**Gambar 2.** Validasi (a) Penelitian (Saiki and Biringen 1996) Mandiri dengan (b) Penelitian (Saiki and Biringen 1996)

Validasi hasil pemodelan CFD dapat dilihat pada Gambar 2.(a), dimana peneliti melakukan secara mandiri penelitian yang dilakukan (Saiki and Biringen 1996) dengan membandingkan hasil *contour* kecepatan geometri yang sama dengan penelitian (Saiki and Biringen 1996) seperti pada gambar 2.(b). Hasil validasi tersebut menunjukkan kesesuaian yang identik, sehingga dapat disimpulkan bahwa metode yang digunakan dalam penelitian ini memiliki akurasi yang baik untuk menyelesaikan kasus aliran fluida yang mengalir melewati objek silinder terbelah.



**Gambar 3.** Plot *contour* pada objek (a) Silinder (b) Persegi (c) Silinder Terbelah

Pada Gambar 3.(a) merupakan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan (Saiki and Biringen 1996) yang mengalir secara laminar. Penelitian tersebut menghasilkan pusaran aliran tepat di belakang silinder. Sedangkan pada gambar 3.(b) merupakan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Park and Yang 2016). Aliran yang mengalir secara laminar juga terjadi pada penelitian (Park and Yang 2016) yang tidak menghasilkan pusaran aliran di belakang persegi. Pusaran aliran terjadi juga pada aliran laminar dengan objek silinder terbelah yang ditunjukkan pada gambar 3.(c). Akan tetapi, pusaran aliran yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan objek silinder.

Pusaran aliran tersebut dapat disebut sebagai turbulensi yang terjadi pada aliran. Jika turbulensi semakin besar, maka akan menghambat aliran fluida yang mengalir di dalam saluran tersebut. Sehingga objek dengan silinder terbelah akan mempunyai profil pusaran aliran yang lebih kecil jika dibandingkan dengan objek silinder, namun jika dibandingkan dengan objek persegi, pusaran aliran yang terjadi lebih besar.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh pengaruh dari bentuk objek terhadap aliran fluida yang mengalir. Pada bilangan  $Reynold \leq 5$  dan dengan menggunakan fluida cair sebagai fluida yang mengalir di dalam saluran, penelitian ini menghasilkan aliran yang laminar, tetapi di belakang objek terjadi pusaran aliran. Kesimpulan dari penelitian ini menghasilkan bahwa pusaran aliran yang terjadi pada objek silinder terbelah lebih kecil jika dibandingkan dengan objek silinder, namun pusaran aliran yang terjadi masih lebih besar jika dibandingkan dengan objek persegi.

#### Daftar Pustaka

- Aldori, Yopan Rahmad, dan Reno Pangestu. 2022. "Analisa Perilaku Aliran Panas Pada Permukaan Desain Heatsink Dengan Menggunakan Software ANSYS". IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA) 1 (2):11-17. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v1i2.24>.
- Braza, M., P. Chassaing, and H. Ha Minh. 1986. "Numerical Study and Physical Analysis of the Pressure and Velocity Fields in the near Wake of a Circular Cylinder." Journal of Fluid Mechanics 165: 79–130. <https://doi.org/10.1017/S0022112086003014>.
- Çengel, Yunus A, and John M Cimbala. n.d. "Fluid Mechanics Fundamentals and Applications Fourth Edition".
- Firman Tuakia. 2008. Dasar-Dasar CFD Menggunakan Fluent. INFORMATIKA.
- Ghia, U, K N Ghia, and C T Shin. 1982. "High-Re Solutions for Incompressible Flow Using the Navier-Stokes Equations and a Multigrid Method\*." JOURNAL OF COMPUTATIONAL PHYSICS. Vol. 48.
- Hasibuan, Joel Davidson, dan Jufrizal Jufrizal. 2023. "Pemodelan Numerik Perpindahan Panas Pada Dinding Ruang Bakar Boiler Menggunakan Software Engineering". IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA) 2 (2):81-90. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v2i2.47>.
- Mukhtar, Agus, Rifki Hermana, Oki Prio, Hisyam Ma'mun, dan Aan Burhanudin. 2023. "Pemodelan Dan Simulasi Perambatan Panas Dan Laju Aliran Udara Pada Mesin Penetas Telur Statis Menggunakan Computational Fluid Dynamics Software". IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA) 2 (2):9-18. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v2i2.55>.
- Mulyadi, Mulyadi, dan Tony Siagian. 2023. "Studi Awal Pemodelan Aerodinamika Sayap Pesawat Tanpa Awak Kecepatan Rendah". IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA) 2 (2):47-53. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v2i2.60>.
- Pachpute, Sharad, B. Premachandran, and Prabal Talukdar. 2015. "A Numerical Study of Combined Forced Convection and Gas Radiation from a Circular Cylinder in Cross

- Flow.” Heat Transfer Engineering 36 (2): 135–51.  
<https://doi.org/10.1080/01457632.2014.909180>.
- Park, Doohyun, and Kyung Soo Yang. 2016. “Flow Instabilities in the Wake of a Rounded Square Cylinder.” Journal of Fluid Mechanics 793 (April): 915–32.  
<https://doi.org/10.1017/jfm.2016.156>.
- Saiki, E M, and S Biringen. 1996. “Numerical Simulation of a Cylinder in Uniform Flow: Application of a Virtual Boundary Method.” JOURNAL OF COMPUTATIONAL PHYSICS. Vol. 123.
- Versteeg, H K, and W Malalasekera. 2007. “An Introduction to Computational Fluid Dynamics Second Edition.” [www.pearsoned.co.uk/versteeg](http://www.pearsoned.co.uk/versteeg).