

Analisis Perbandingan Aerodinamika pada Struktur Lingkaran dan Segitiga Sama Sisi

Sudarmanto Jayanegara*¹, Baso Riadi Husda²

^{1,2}Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar

e-mail: *sudarmanto@unm.ac.id, Baso.riadi@unm.ac.id

Abstrak

Studi ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan aerodinamika antara struktur ruang berbentuk lingkaran dan segitiga dalam konteks aliran udara. Melalui simulasi Komputasi Dinamika Fluida (CFD) dan pengujian wind tunnel, penelitian ini menganalisis karakteristik aliran udara di sekitar kedua bentuk ruang tersebut. Dalam hal ini pula bertujuan untuk membantu dan memahami pengaruh bentuk geometris terhadap performa aerodinamika, termasuk distribusi aliran udara dan resistansi. Metodologi simulasi CFD dari kedua bentuk untuk mengetahui model kecepatan aliran yang terbentuk dan pengujian di wind tunnel dengan parameter kecepatan aliran udara yang ditetapkan untuk kondisi sesuai standar. Hasil simulasi menunjukkan variasi aliran udara di sekitar permukaan kedua bentuk dengan profil kecepatan yang berbeda tergantung pada geometri serta hasil pengujian di wind tunnel menunjukkan hasil perbedaan resistansi yang berbeda pula dari kedua geometri. Hasil analisis dari kedua cara tersebut dapat diterapkan dalam berbagai bidang termasuk desain kendaraan, struktur dan peralatan lain yang memerlukan performa aerodinamika yang optimal. Studi ini menunjukkan bahwa perbandingan aerodinamika antara bangun ruang lingkaran dan segitiga memiliki implikasi penting dalam pengembangan teknologi aerodinamika di masa depan.

Kata kunci—Aerodinamika, Wind Tunnel, Lingkaran, Segitiga, Kecepatan Aliran

Abstract

This study aims to analyze the aerodynamic comparison between circular and triangular space structures in the context of airflow. Through computational fluid dynamics (CFD) simulations and wind tunnel testing, this study analyzes the characteristics of airflow around the two forms of space. In this case it also aims to assist and understand the influence of geometric shapes on aerodynamic performance, including airflow distribution and resistance. CFD simulation methodology of both forms to find out the flow velocity model formed and tested in a wind tunnel with airflow velocity parameters set for standard conditions. The simulation results show variations in airflow around the surfaces of the two shapes with different velocity profiles depending on the geometry and the test results in the wind tunnel show different resistance results for the two geometries. The results of the analysis from these two methods can be applied in various fields including the design of vehicles, structures and other equipment that require optimal aerodynamic performance. This study shows that the aerodynamic comparison between circular and triangular geometric shapes has important implications for the development of aerodynamic technology in the future.

Keywords—Aerodynamics, Wind Tunnel, Circle, Triangle, Flow Velocity

1. PENDAHULUAN

Dalam ilmu rekayasa dan desain, pemahaman tentang sifat aerodinamika merupakan aspek penting dalam pengembangan berbagai jenis kendaraan dan struktur. Dalam Upaya untuk meningkatkan efisiensi, kecepatan, dan kinerja berbagai jenis kendaraan, bangunan, dan peralatan canggih yang ada disekitar manusia. Aerodinamika juga sebagai ilmu yang membahas

tentang interaksi antara benda dengan aliran udara serta memiliki peran dalam menyediakan wawasan yang diperlukan untuk merancang produk dengan performa yang unggul. Olehnya itu interaksi antara benda dengan aliran udara ini sangat dipengaruhi dari bentuk geometris objeknya [3,6].

Dalam konteks ini, bentuk geometris yang digunakan ialah bangun ruang lingkaran dan segitiga. Kedua bangun ruang ini adalah bentuk geometris yang sangat umum digunakan dalam berbagai aplikasi teknik dan desain. Secara umum baik lingkaran maupun segitiga memiliki karakteristik yang mempengaruhi cara aliran udara berinteraksi dengan permukaannya. Penelitian tentang aerodinamika bangun ruang lingkaran dan segitiga memiliki implikasi yang luas dalam bidang keteknikan dan desain seperti pesawat, kendaraan darat, serta struktur bangunan yang secara keseluruhan akan terekspos pada beban angin. Sehingga dengan adanya penelitian dalam membandingkan aerodinamika bangun ruang lingkaran dan segitiga memiliki nilai penting dalam pengembangan teknologi yang lebih canggih dan efisien [11].

Meskipun banyak penelitian telah mengkaji karakteristik aerodinamika dari bentuk-bentuk geometris ini secara terpisah, namun perbandingan langsung antara lingkaran dan segitiga dalam hal performa aerodinamika masih memerlukan eksplorasi yang lebih mendalam. Penelitian ini menggunakan Komputasi Dinamika Fluida (CFD) melalui software ANSYS yang ingin melihat profil kecepatan yang terbentuk dan memahami bagaimana aliran udara berperilaku di sekitar kedua geometris tersebut [1,2,7,10,13]. Selain itu pula dilakukan pengujian di wind tunnel sesuai dengan standar yang ditentukan seperti ASME PTC 16, ISO 5801 dan lain sebagainya yang biasa digunakan secara umum. Pengujian di wind tunnel ini hanya pengambilan resitansi (perbedaan tekanan) dari ke dua bangun ruang tersebut.

Secara umum inti dari penelitian adalah memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang perbedaan-perbedaan kritis seperti distribusi aliran udara, karakteristik tekanan dan performa gaya aerodinamika antara lingkaran dan segitiga [13]. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran dasar bagi para desainer, peneliti dan insinyur dalam mengembangkan desain yang lebih efisien dan inovatif.

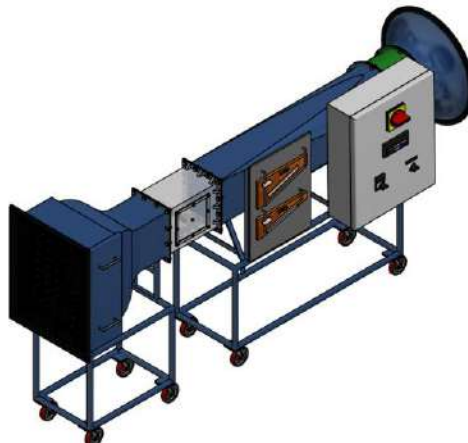
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan merancang benda uji yaitu bangun ruang lingkaran dan segitiga yang masing-masing memiliki panjang yang sama sebesar 20,5 cm. Selanjutnya metode yang digunakan adalah ekperimental dengan menggunakan alat uji di laboratorium mekanika fluida yaitu wind tunel. Ke dua bangun ruang ini terbuat dari kayu yang akan ditempatkan dalam ruang uji. Aliran fluida yang mengalir memiliki kecepatan sebesar 30 m/s dan 40 m/s dengan pengambilan sampel data setiap 5 menit [9]. Kecepatan aliran fluida diukur dengan

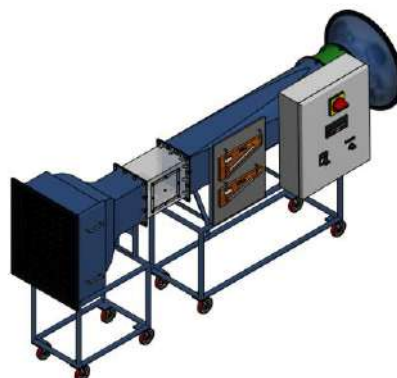
pembacaan alat ukur digital pembawaan alat uji dan menggunakan flow meter, sedangkan perbedaan tekanan yang terbentuk akibat aliran fluida yang mengenai benda uji diukur menggunakan manometer yang terpasang diantara benda uji yaitu pada kecepatan aliran masuk dan kecepatan aliran keluar. Serta juga uji coba dengan simulasi dengan menggunakan software aplikasi ANSYS. Gambar 1 merupakan alat pengujian wind tunnel horizontal yang digunakan untuk menguji bangun ruang lingkaran dan segitiga [5]. Gambar 2 adalah benda uji bangun ruang lingkaran sedangkan gambar 3 adalah benda uji bangun ruang segitiga sama sisi.



Gambar 1. Wind Tunnel



Gambar 2. Pengujian Lingkaran



Gambar 3. Pengujian Segitiga sama sisi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan tekanan terukur dengan benda uji bangun ruang lingkaran dan segitiga sama sisi dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 1 Hasil pengukuran perbedaan tekanan untuk kecepatan 30 m/s pada lingkaran

30 m/s					
Waktu (detik)	$\Delta P1$ (mmH20)	$\Delta P2$ (mmH20)	$\Delta P3$ (mmH20)	$\Delta P4$ (mmH20)	$\Delta P5$ (mmH20)
5	2,6	2,6	2,5	2,7	2,6
10	2,7	2,7	2,7	2,6	2,7
15	2,8	2,8	2,7	2,8	2,8
20	2,8	2,7	2,8	2,8	2,8
JUMLAH					2,7

Tabel 2 Hasil pengukuran perbedaan tekanan untuk kecepatan 40 m/s pada lingkaran

40 m/s					
Waktu (detik)	$\Delta P1$ (mmH20)	$\Delta P2$ (mmH20)	$\Delta P3$ (mmH20)	$\Delta P4$ (mmH20)	$\Delta P5$ (mmH20)
5	5,2	5,2	5,3	5,2	5,2
10	5,3	5,4	5,3	5,3	5,3
15	5,2	5,2	5,2	5,3	5,2
20	5,2	5,3	5,2	5,2	5,2
JUMLAH					5,2

Tabel 3 Hasil pengukuran perbedaan tekanan untuk kecepatan 30 m/s pada segitiga sama sisi

30 m/s					
Waktu (detik)	$\Delta P1$ (mmH20)	$\Delta P2$ (mmH20)	$\Delta P3$ (mmH20)	$\Delta P4$ (mmH20)	$\Delta P5$ (mmH20)
5	3,2	3,3	3,2	3,2	3,3
10	3,3	3,3	3,3	3,2	3,3

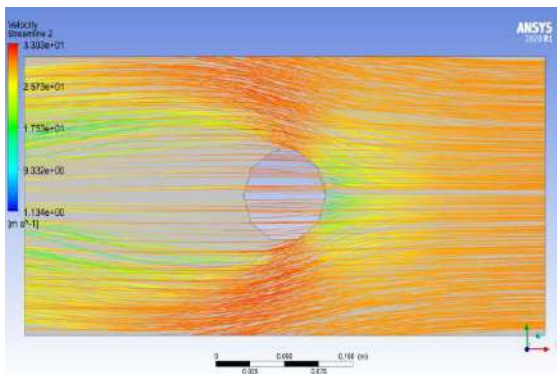
15	3,2	3,3	3,2	3,3	3,2
20	3,2	3,3	3,3	3,2	3,2
JUMLAH					3,3

Tabel 4 Hasil pengukuran perbedaan tekanan untuk kecepatan 40 m/s pada segitiga sama sisi

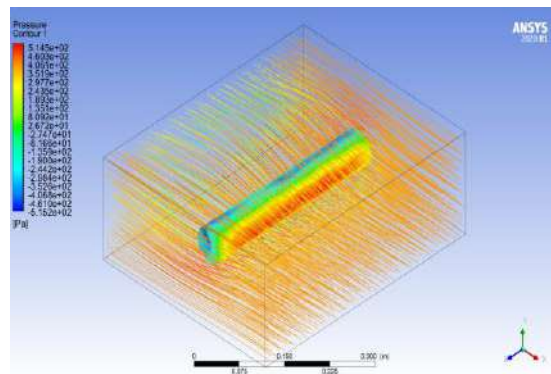
40 m/s					
Waktu (detik)	$\Delta P1$ (mmH20)	$\Delta P2$ (mmH20)	$\Delta P3$ (mmH20)	$\Delta P4$ (mmH20)	$\Delta P5$ (mmH20)
5	8,8	8,8	8,7	8,7	8,8
10	8,7	8,8	8,8	8,8	8,8
15	8,8	8,8	8,9	8,7	8,7
20	8,7	8,7	8,7	8,8	8,8
JUMLAH					8,8

Dari keempat tabel diatas dengan kecepatan aliran 30 m/s dan 40 m/s pada masing-masing bangun ruang lingkaran dan segitiga sama sisi dapat dilihat bahwa kecepatan aliran berpengaruh dengan tekanan yang dihasilkan. Hasil tekanan yang diperoleh dari variasi kecepatan 30 m/s dan 40 m/s pada masing-masing kedua bangun ruang tersebut meningkat seiring dengan kecepatan yang diberikan. Jika dilihat dari table diatas terlihat pula bahwa tekanan itu berbanding lurus terhadap kecepatan aliran. Hal ini disebabkan karena aliran fluida yang mengenai permukaan kedua benda uji tersebut mengakibatkan terjadinya koefisien drag [4]. Koefisien drag meningkat seiring dengan besarnya luas penampang benda uji yang dialiri fluida. Jika kecepatan aliran fluida besar yang mengenai luas penampang benda uji maka akan mengakibatkan terjadinya koefisien drag yang besar pula [8]. Untuk lingkaran menghasilkan tekanan yang lebih kecil dibandingkan dengan segitiga sama sisi yakni untuk masing-masing 30 m/s dan 40 m/s sebesar 2,7 mmH₂O dan 5,2 mmH₂O sedangkan untuk segitiga sama sisi sebesar 3,3 m/s dan 8,8 m/s. Lebih besarnya tekanan yang dihasilkan untuk bangun ruang segitiga dari pada bangun ruang lingkaran karena bentuk struktur luas penampang segitiga sama sisi yang di aliri fluida dengan kecepatan tertentu adalah profil dari segitiga sama sisi berbentuk Siluet yang artinya laus penampang dari segitiga sama sisi cenderung lebih tajam dan memiliki sudut-sudut lebih lancip bila dibandingkan bangun ruang lingkaran yang memiliki luas penampang yang bulat dan berbentuk kurva.

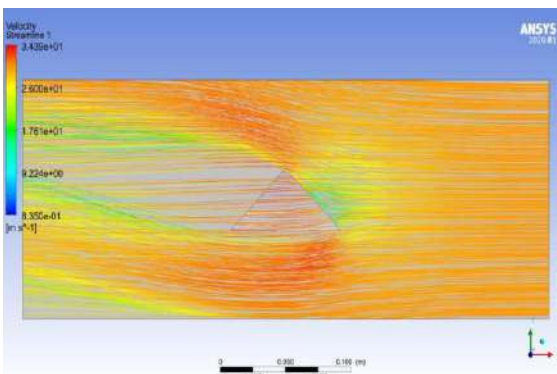
Selain itu pula, hasil pengambilan data pada wind tunnel maka dilakukan pula simulasi dengan menggunakan aplikasi ANSYS seperti yang terlihat pada gambar 4 [7]. Diperlihatkan bahwa kecepatan aliran (streamlines) untuk ke dua bangun tersebut memiliki tekanan yang berbeda. Untuk bangun ruang segitiga sama sisi menghasilkan tekanan yang lebih besar daripada bangun ruang lingkaran. Hal ini selaras dengan hasil pengambilan data yang terukur pada wind tunel. Untuk lingkaran, tekanan pada permukaannya akan dipengaruhi oleh bentuknya yang simetris. Aliran fluida datang tegak lurus ke permukaan lingkaran, maka tekanan akan merata di sekitar seluruh lingkaran. Ini karena aliran fluida akan terpecah di sekitar lingkaran dan berkumpul di belakangnya. Ini menghasilkan distribusi tekanan yang konstan di sekitar seluruh lingkaran (seperti pada gambar 4A2). Sedangkan segitiga sama sisi menghasilkan tekanan yang lebih besar dibandingkan lingkaran karena bentuk yang kurang simetris sehingga aliran fluida yang mengenai permukaannya di bagian sudutnya akan membuat gejolak aliran yang besar (seperti pada gambar 4B2). Selain bentuk permukaan benda uji, hal mempengaruhi besar tekanan ialah viskositas fluida.



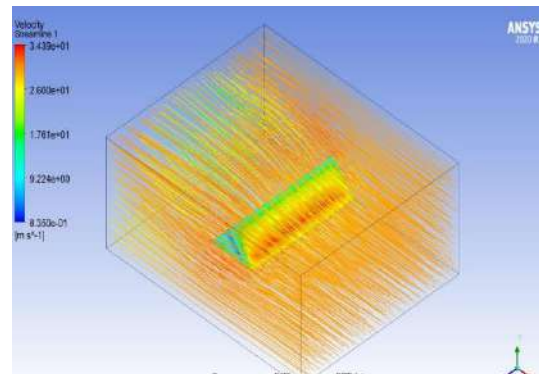
(A1)



(A2)



(B1)



(B2)

Gambar 4. Profil Kecepatan Aliran dan Tekanan simulasi ANSYS, (A1,A2) Lingkaran dan (B1,B2) Segitiga sama sisi

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dengan variasi kecepatan yang dilakukan setiap 5 menit untuk benda uji bangun ruang lingkaran dan segitiga pada alat *wind tunnel* serta dilakukan simulasi aerodinamika dengan menggunakan aplikasi software ANSYS maka dapat disimpulkan bahwa perbandingan antara bangun ruang lingkaran dan segitiga sama sisi menghasilkan tekanan yang paling besar pada bangun ruang segitiga sama sisi. Meskipun kecepatan aliran fluida di variasikan pada ke dua bangun ruang tersebut, Bangun segitiga sama sisi tetap menghasilkan tekanan yang besar dibandingkan dengan lingkaran. Hal ini selaras dengan simulasi ANSYS yang dapat dilihat bahwa bangun ruang segitiga menghasilkan tekanan aliran yang lebih besar dibandingkan bangun ruang lingkarang.

6. SARAN

Sebaiknya untuk penelitian mendatang tentang perbandingan aerodinamika antara bangun ruang lingkarang dan segitiga sama sisi menggunakan variasi geometri yaitu meneliti bentuk-bentuk sudut tumpul pada segitiga sama sisi atau pada lingkaran dengan variasi radius.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alvarez. Antonio J., Felix Nieto., Kenny K.C.S. Kwok., Santiago Hernandez. 2023. *A Simplified CFD Approach For Bluff-Body Aerodynamics Under Small Scale Free Stream Turbulent Flow*. Volume 24. Journal Of Wind Engineering And Industrial Aerodynamics.
- [2] Baghaei, Daemei et al. 2019. Study on wind aerodynamic and flow characteristics of triangular - shaped tall buildings and CFD simulation in order to assess drag coefficient. *Ain Shams Engineering Journal* 10 (2019) 541–548
- [3] Bertin, John J., dan Russel M. Cummings. *Aerodynamics For Engineers Fifth Edition*. ISBN-10: 0-13-235521-3. Pearson Education International. London.
- [4] Brown, C dan Davis, M. 2020. *The Impact of Wind Tunnel Testing on Aircraft Desing*. Proceedings of the International Conference on Aerospace Engineering, 45-53. New York.
- [5] Chandrala, Monir., Abhishek Choubey, dan Bharat Gupta. 2012. *Aerodynamics Analysis Of Horizontal Axis Wind Turbine Blade*. Vol 2, Issue 6. ISSN : 2248-9622. International Journal Of Engineering Research and Applications (IJERA).
- [6] D. Anderson, JR. John. 2017. *Fundamentals of Aerodynamics, Sixth Edition*. ISBN 978-1-259-12991-9. McGraw-Hill Education, 2 Penn Plaza, New York.
- [7] Derlyartha, dan Muhammad Ade. 2023. *Analisis Aliran Fluida Variasi Model Ahmed Body Car Menggunakan Ansys Fluent*. Universitas Islam Malang.
- [8] Hospodár, P., Drábek, A., Prachar, A. 2022. Aerodynamic Design and Strength Analysis of the Wing for the Purpose of Assessing the Influence of the Bell-Shaped Lift Distribution. *Article Aerospace*, 9, 13. [https:// doi.org/10.3390/aerospace9010013](https://doi.org/10.3390/aerospace9010013)
- [9] Husda. Riadi Husda, Sudarmanto Jayanegara, Muhammad Agung, Hasbullah. 2023. *Pengaruh Variasi Kecapatn Aliran Fluida Terhadap Tekanan Pada Bangun Lingkaran Di Ruang Uji Wind Tunnel*. Vo. 7. Issue 1. Patria Artha Technological Journal.
- [10] Sam, Jhon, Joshua., Tony Suryo Utomo. 2017. Analisis Aerodinamika *Body Mobil Hemat Energi Antawirya Residual-Sat Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics*. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, Vol. 5, No. 1
- [11] Tarakka, R. et al. 2022. Pengaruh Penerapan Kontrol Pasif Aliran Pada Analisis Komputasi Hambatan Aerodinamika Model Kendaraan. *Prosiding SNTTM XX*, 13 Oktober 2022
- [12] Yi Li., Yi Zhu., Fu-bin Chen., dan Qiu-Sheng Li. 2023. *Aerodynamics Loads Of Tapered Tall Buildings : Insight From Wind Tunnel Test and CFD*. Volume 56. Structures.
- [13] Zainul, Rahardian. 2018. *Desain Geometri Sel PV*. Pp. 1-161. ISBN 978-602-50881-7-9. Berkah Prima. Padang.