

Analysis of Aerodynamic Drag on Egrecif Etanol Vehicle Model

Nasaruddin Salam^{1*}, Rustan Tarakka¹ dan Fikri Fausi Takdir²

¹Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

²Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

*Corresponding author: nassalam.unhas@yahoo.co.id

Abstract. The shape of the vehicle body is one of the various aspects (engine, transmission, steering, suspension, brakes, electricity, and aesthetics) that affect vehicle performance. The shape of the vehicle body is closely related to aerodynamic loads. To be able to reduce and eliminate these implications, modification of geometry is necessary. By modifying the geometry of the *egrecif ethanol* vehicle model, it is expected less generation of aerodynamic drag. This study aims to analyze aerodynamic drag on *egrecif ethanol* vehicle models. The research method used is computational and experimental methods. In the computing approach Fluent software is used. Meanwhile, in the experimental approach the load cell is used to validate the results obtained in the computational approach. The results show that the separation at the rear of the modified *egrecif ethanol* vehicle model has decreased when compared to the *egrecif ethanol* vehicle model without modification. The biggest reduction in aerodynamic drag obtained by modifying the *egrecif ethanol* vehicle model with a computational approach is 51.68%, while the experimental approach the drag value is 55.63%.

Abstrak. Bentuk bodi kendaraan merupakan salah satu dari berbagai aspek (*engine*, transmisi, kemudi, suspensi, rem, kelistrikan, dan estetika) yang mempengaruhi performa kendaraan. Bentuk bodi kendaraan berkaitan erat dengan beban aerodinamika. Untuk dapat mereduksi dan mengeliminasi implikasi-implikasi tersebut, maka diperlukan modifikasi geometri. Dengan memodifikasi geometri model kendaraan *egrecif ethanol* diharapkan mampu menghasilkan hambatan aerodinamika yang kecil. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hambatan aerodinamika pada model kendaraan *egrecif ethanol*. Metode penelitian yang digunakan adalah metode komputasi dan eksperimen. Pada pendekatan komputasi dipergunakan *software fluent*. Sementara, pada pendekatan eksperimen dipergunakan *load cell* untuk memvalidasi hasil yang diperoleh pada pendekatan komputasi. Hasil yang diperoleh memperlihatkan bahwa separasi di bagian belakang model kendaraan *egrecif ethanol* yang dimodifikasi mengalami pengurangan bila dibandingkan dengan model kendaraan *egrecif ethanol* tanpa modifikasi. Pengurangan hambatan aerodinamika terbesar yang diperoleh dengan memodifikasi model kendaraan *egrecif ethanol* dengan pendekatan komputasi adalah 51,68%, sementara dengan pendekatan eksperimen yaitu 55,63%.

Kata kunci: Hambatan aerodinamika, Model *egrecif ethanol*, separasi aliran.

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Keseimbangan aerodinamika pada kendaraan tidak terlepas dari adanya separasi aliran dan gaya drag padat membentuk suatu medan aliran yang dikarakterisasi oleh suatu distribusi tekanan dan kecepatan yang berkaitan erat dengan timbulnya fenomena seperti separasi aliran, gaya drag dan gesekan kulit [1]

Gaya gaya Aerodinamika yang bekerja pada benda berasal dari 2 sumber dasar ialah distribusi tekanan dan tegangan geser pada permukaan. Komponen gaya yang searah dengan aliran datang disebut tahanan (*drag*) dan komponen gaya yang tegak lurus terhadap arah aliran datang disebut gaya angkat (*lift*). Penyebab utama dari timbulnya gaya-gaya aerodinamis pada kendaraan adalah:

- 1) adanya distribusi tekanan pada permukaan bodi kendaraan yang bekerja pada arah normal pada permukaan kendaraan
- 2) adanya distribusi tegangan geser pada permukaan bodi kendaraan yang bekerja pada arah tangensial terhadap permukaan kendaraan.

Bentuk bodi kendaraan merupakan salah satu dari berbagai aspek (*engine*, transmisi, kemudi, suspensi, rem, kelistrikan, dan estetika) yang mempengaruhi performa kendaraan. Bentuk bodi kendaraan berkaitan erat dengan beban aerodinamika. Untuk dapat mereduksi dan mengeliminasi implikasi-implikasi tersebut, maka diperlukan modifikasi geometri. Dengan memodifikasi atau mendesain ulang geometri diharapkan mampu menghasilkan gaya hambat

(drag) yang semakin kecil sehingga penggunaan bahan bakar dan produksi gas buang dapat diminimalisir. Banyak penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan desain optimal [2,3].

Penelitian mengenai aliran fluida yang melewati berbagai bentuk body mobil telah banyak dilakukan. Manan Desai dkk melakukan penelitian tentang gaya aerodinamika mobil secara eksperimen dan komputasi. Hasil nilai kritis *drag coefficient* (C_d) yang diperoleh pada eksperimen adalah 0.40, sementara secara komputasi adalah 0.55 [4]. Damjanovic melakukan simulasi karakteristik aerodinamika mobil. Hasilnya dengan perubahan desain akan menghasilkan aliran udara yang lebih bagus saat melintasi mobil sehingga mobil akan menjadi lebih stabil dan menambah traksi [5].

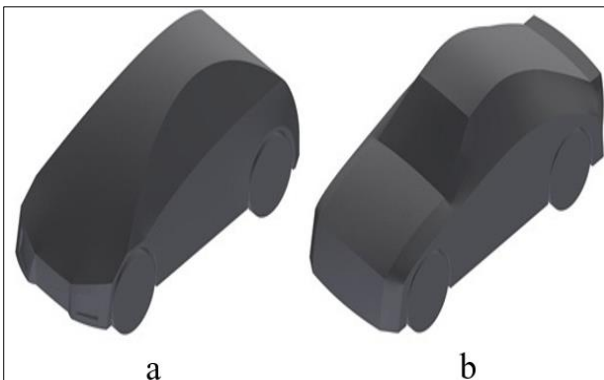
Koefisien drag didefinisikan dengan menggunakan luas karakteristik A yang mungkin berbeda tergantung pada bentuk bodi [6] :

$$C_D = \frac{\text{drag}}{\frac{1}{2} \rho v^2 A}$$

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis hambatan aerodinamika pada model kendaraan *egrecif etanol* melalui metode komputasional dan eksperimenal.

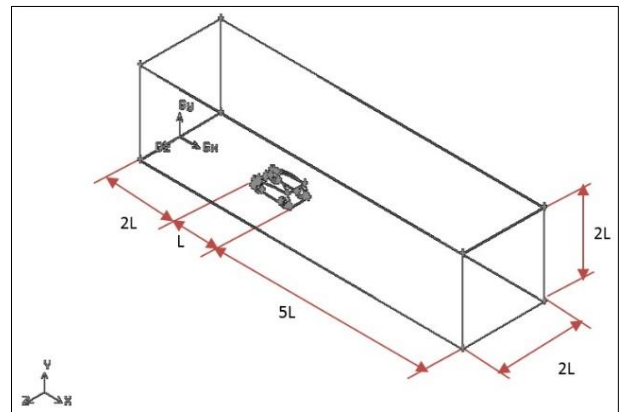
Metode Penelitian

Model uji. Model uji yang digunakan pada penelitian ini adalah model model *egrecif etanol* dan modifikasi *egrecif etanol*. Model kendaraan *egrecif etanol* merupakan salah satu kendaraan yang diperlombakan pada ajang Kontes Mobil Hemat Energi 2015. Model uji *egrecif etanol* yang digunakan mempunyai rasio geometri 1:30 dari model original. Karena itu model uji tersebut memiliki dimensi panjang $l=102.2$ mm, dan tinggi $h=43.9$ mm lebar $w=39.9$ mm seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Disain model uji : a) agrecif etanol, b) modifikasi agrecif etanol

Pendekatan Komputasi. Penelitian dengan pendekatan komputasi adalah penelitian yang dilakukan dengan menggunakan komputer untuk menghasilkan informasi tentang bagaimana fenomena yang terjadi pada objek yang diteliti. Adapun *software* yang digunakan pada metode penelitian komputasi yaitu dengan menggunakan *software Fluent 6.3.26*. Komputasi domain pada penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Komputasi domain

Kecepatan *upstream* yang diberikan pada masing-masing model uji yaitu 5.56 m/s, 8.33 m/s, 11.11 m/s dan 13.89 m/s. Model turbulensi yang digunakan adalah *k-epsilon standard*. Adapun jenis meshing yang digunakan adalah jenis *tet/hybrid* dengan tipe *tgrid* dengan *mesh volume* yang dihasilkan sekitar 1.6 juta.

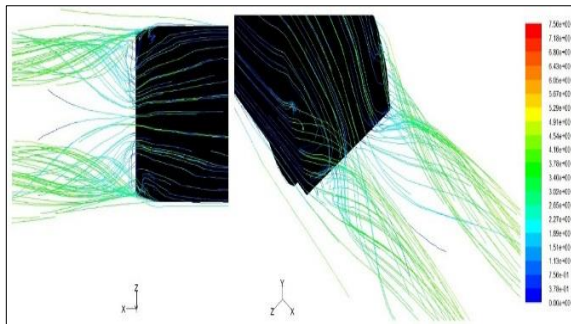
Pendekatan Eksperimen. Untuk memvalidasi hasil penelitian yang diperoleh dari pendekatan komputasional, maka dilakukan pengujian secara eksperimenal. Kecepatan *upstream* yang diberikan pada model uji yang ditempatkan pada seksi uji *wind tunnel sub-sonic* adalah sama dengan yang diberikan pada pendekatan komputasional yaitu 5.56 m/s, 8.33 m/s, 11.11 m/s dan 13.89 m/s. Pengukuran gaya aerodinamika dilakukan dengan menggunakan *loadcell*. Instalasi pengujian diperlihatkan pada Gambar 3.



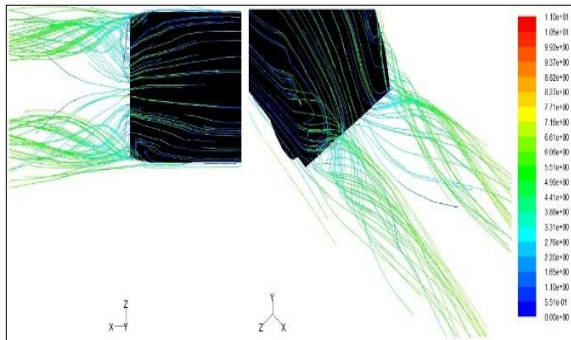
Gambar 3. Instalasi pengujian pada *wind tunnel sub-sonic*

Hasil dan Pembahasan

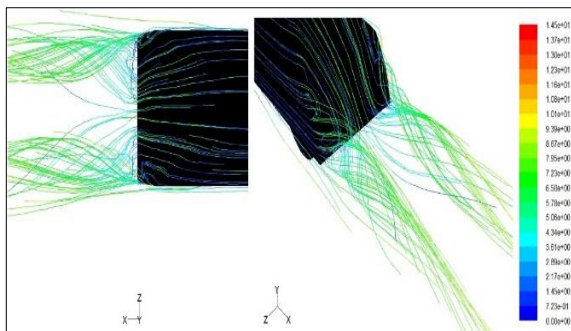
Gambar 4 menunjukkan *pathline* kecepatan pada model *egrecif etanol* dengan kecepatan *upstream* yang diberikan adalah 5.56 m/s, 8.33 m/s, 11.11 m/s dan 13.89 m/s. Dari Gambar 4 diperoleh informasi bahwa separasi terlihat pada bagian belakang *egrecif etanol*. Separasi aliran yang terjadi pada bagian belakang model *egrecif etanol* mengakibatkan adanya aliran balik sehingga olakan (*wake*) terbentuk. Separasi aliran terjadi karena fluida tidak dapat mengalir mengikuti bentuk permukaan *egrecif etanol*. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Roumeas M et al, 2008 dimana separasi aliran yang terjadi pada bagian belakang model akan menyebabkan olakan [7]. Fenomena olakan pun juga berkontribusi dalam menentukan drag tekanan yang akhirnya mempengaruhi performa kendaraan tersebut [8].



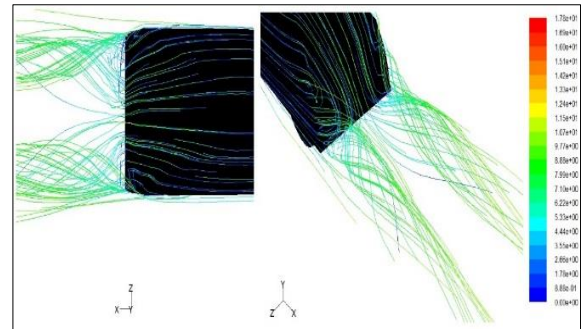
a. Kecepatan *upstream*, $v = 5.56$ m/s



b. Kecepatan *upstream*, $v = 8.33$ m/s



c. Kecepatan *upstream*, $v = 11.11$ m/s

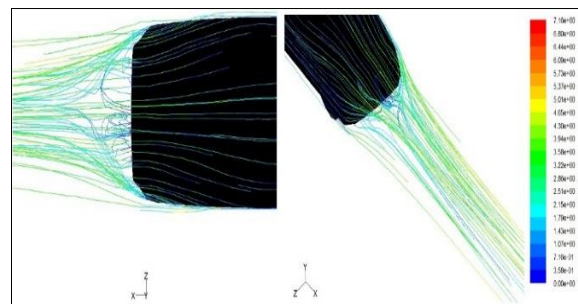


d. Kecepatan *upstream*, $v = 13.89$ m/s

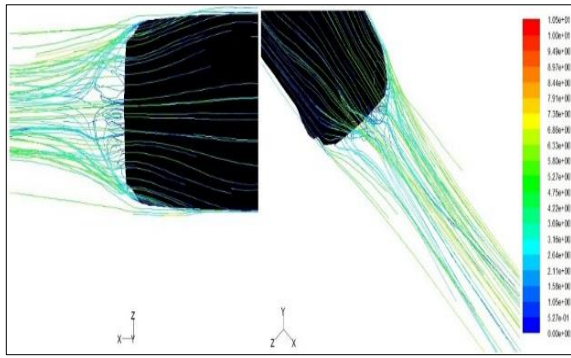
Gambar 4. *Pathline* kecepatan dengan variasi kecepatan *upstream* pada model *egrecif etanol*

Sementara, pada Gambar 5 memperlihatkan *pathline* kecepatan pada model modifikasi *egrecif etanol* dengan kecepatan *upstream* yang diberikan adalah 5.56 m/s, 8.33 m/s, 11.11 m/s dan 13.89 m/s. Informasi yang diperoleh dari Gambar 5 menunjukkan bahwa terdapat pengurangan separasi aliran pada bagian belakang model modifikasi *egrecif etanol* jika dibandingkan dengan model *egrecif etanol*. Hal ini mengindikasikan bahwa faktor bentuk memberikan pengaruh yang signifikan terhadap terjadinya separasi aliran pada bagian belakang suatu model kendaraan.

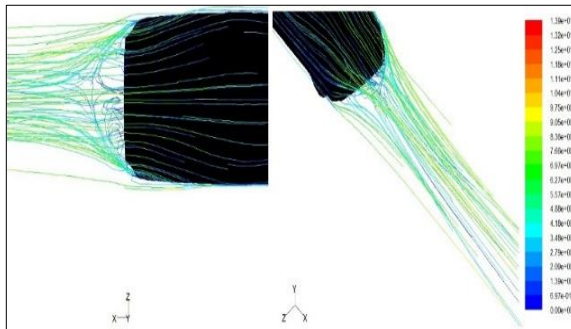
Hasil koefisien hambatan aerodinamika untuk model *egrecif etanol* secara komputasi ditampilkan pada Tabel 1. Sementara, untuk model modifikasi *egrecif etanol* dirangkum pada Tabel 2. Dari Tabel 1 dan Tabel 2 diperoleh informasi bahwa untuk 4 (empat) kondisi kecepatan *upstream*, terlihat bahwa koefisien hambatan aerodinamika yang diperoleh pada model modifikasi *egrecif etanol* lebih kecil jika dibandingkan dengan model *egrecif etanol*. Koefisien hambatan aerodinamika terkecil yang diperoleh pada model *egrecif etanol* sebesar 1.1224 dengan kecepatan *upstream* 13.89 m/s. Sementara, pada model modifikasi *egrecif etanol* sebesar 0.5423 juga dengan kecepatan *upstream* 13.89 m/s.



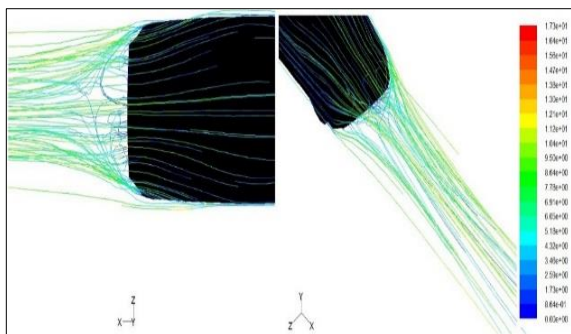
a. Kecepatan *upstream*, $v = 5,56$ m/s



b. Kecepatan *upstream*, $v = 8,33$ m/s



c. Kecepatan *upstream*, $v = 11,11$ m/s



d. Kecepatan *upstream*, $v = 13,89$ m/s

Gambar 5. Pathline kecepatan dengan variasi kecepatan *upstream* pada model modifikasi *egrecif etanol*

Tabel 1. Hasil koefisien hambatan aerodinamika model *egrecif etanol* (komputasi)

| No. | v (m/s) | F_d (N) | Re_L | C_d |
|-----|-----------|-----------|----------|--------|
| 1 | 5.56 | 0.04215 | 37176.88 | 1.6296 |
| 2 | 8.33 | 0.07969 | 55765.32 | 1.3693 |
| 3 | 11.11 | 0.12767 | 74353.76 | 1.2340 |
| 4 | 13.89 | 0.18144 | 92942.20 | 1.1224 |

Tabel 2. Hasil koefisien hambatan aerodinamika model modifikasi *egrecif etanol* (komputasi)

| No. | v (m/s) | F_d (N) | Re_L | C_d |
|-----|-----------|-----------|----------|--------|
| 1 | 5.56 | 0.02138 | 38869.33 | 0.8325 |
| 2 | 8.33 | 0.03893 | 58303.99 | 0.6737 |
| 3 | 11.11 | 0.06081 | 77738.66 | 0.5920 |
| 4 | 13.89 | 0.08705 | 97173.32 | 0.5423 |

Pada pendekatan eksperimental, hasil koefisien hambatan aerodinamika untuk model *egrecif etanol* diberikan pada Tabel 3. Dari Tabel 3, diperoleh informasi bahwa koefisien hambatan aerodinamika terkecil diperoleh pada kecepatan *upstream* 13.89 m/s sebesar 1.1055. Sementara, hasil koefisien hambatan aerodinamika untuk model modifikasi *egrecif etanol* diperlihatkan pada Tabel 4. Dari Tabel 4, terlihat bahwa koefisien hambatan aerodinamika terkecil sebesar 0.4905 terjadi juga pada kecepatan *upstream* 13.89 m/s.

Tabel 3. Hasil koefisien hambatan aerodinamika model *egrecif etanol* (eksperimen)

| No. | v (m/s) | F_d (N) | Re_L | C_d |
|-----|-----------|-----------|----------|--------|
| 1 | 5.56 | 0.03897 | 37176.88 | 1.5067 |
| 2 | 8.33 | 0.07858 | 55765.32 | 1.3503 |
| 3 | 11.11 | 0.11662 | 74353.76 | 1.1272 |
| 4 | 13.89 | 0.17871 | 92942.20 | 1.1055 |

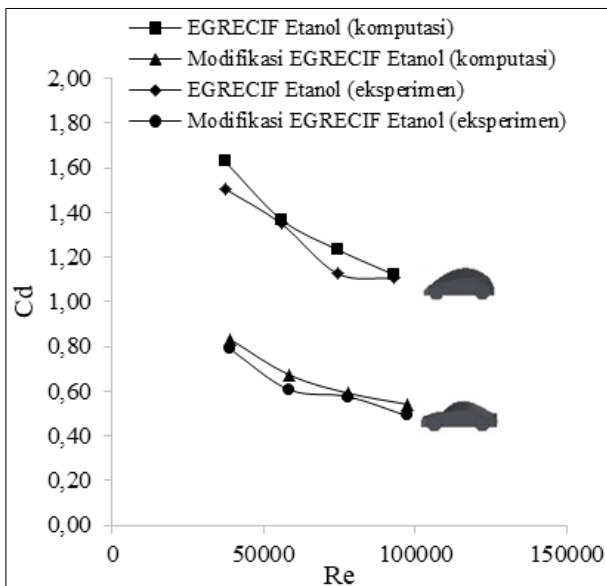
Tabel 4. Hasil koefisien hambatan aerodinamika model modifikasi *egrecif etanol* (eksperimen)

| No. | v (m/s) | F_d (N) | Re_L | C_d |
|-----|-----------|-----------|----------|--------|
| 1 | 5.56 | 0.02026 | 38869.33 | 0.7889 |
| 2 | 8.33 | 0.03510 | 58303.99 | 0.6074 |
| 3 | 11.11 | 0.05920 | 77738.66 | 0.5763 |
| 4 | 13.89 | 0.07873 | 97173.32 | 0.4905 |

Hasil koefisien hambatan aerodinamika yang diperoleh pada kedua model uji untuk pendekatan komputasional dan eksperimental juga diperlihatkan pada Gambar 6. Gambar 6 memperlihatkan hubungan antara koefisien hambatan aerodinamika (C_d) terhadap bilangan *Reynolds* (Re). Dari Gambar 6, diperoleh informasi bahwa semakin besar bilangan *Reynolds* yang diberikan maka semakin kecil pula koefisien hambatan aerodinamika yang diperoleh. Hal tersebut disebabkan karena hubungan antara koefisien hambatan aerodinamika dengan bilangan *Reynolds* adalah berbanding terbalik. Pada penelitian ini, koefisien hambatan aerodinamika terkecil terjadi pada kecepatan *upstream* terbesar yaitu 13.89 m/s yang bersesuaian dengan bilangan *Reynolds* sebesar 92942.20 pada model *egrecif etanol* dan sebesar 97173.32 pada model modifikasi *egrecif etanol*.

Nilai pengurangan koefisien hambatan aerodinamika untuk pendekatan komputasional diberikan pada Tabel 5. Dari Tabel 5, diperoleh informasi bahwa pengurangan hambatan aerodinamika terbesar diperoleh pada kecepatan *upstream* 13.89 m/s 51.68%. Sementara untuk pendekatan eksperimental, nilai pengurangan

koefisien hambatan aerodinamika dirangkum pada Tabel 6. Dari Tabel 6, terlihat bahwa pengurangan hambatan aerodinamika terbesar diperoleh pada kecepatan *upstream* 13.89 m/s sebesar 55.63%.



Gambar 6. Hubungan koefisien hambatan aerodinamika (C_d) terhadap bilangan Reynolds (Re)

Tabel 5. Pengurangan koefisien hambatan aerodinamika (C_d) dengan pendekatan komputasional

| v (m/s) | C_d | | Pengurangan C_d (%) |
|---------|----------------|---------------------------|-----------------------|
| | Egrecif etanol | Modifikasi egrecif etanol | |
| 5,56 | 1,6296 | 0,8325 | 48,91 |
| 8,33 | 1,3693 | 0,6737 | 50,80 |
| 11,11 | 1,2340 | 0,5920 | 52,03 |
| 13,89 | 1,1224 | 0,5423 | 51,68 |

Tabel 6. Pengurangan koefisien hambatan aerodinamika (C_d) dengan pendekatan eksperimental

| v (m/s) | C_d | | Pengurangan C_d (%) |
|---------|----------------|---------------------------|-----------------------|
| | Egrecif etanol | Modifikasi egrecif etanol | |
| 5,56 | 1,5067 | 0,7889 | 47,64 |
| 8,33 | 1,3503 | 0,6074 | 55,02 |
| 11,11 | 1,1272 | 0,5763 | 48,87 |
| 13,89 | 1,1055 | 0,4905 | 55,63 |

Adapun hasil hambatan aerodinamika, baik yang diperoleh secara komputasi maupun eksperimen menunjukkan kecenderungan yang sama. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini juga sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Siregar M.R & Ambarita H, (2012) dimana

modifikasi geometri kendaraan memberikan dampak yang cukup besar terhadap hambatan aerodinamika kendaraan yang mampu mereduksi koefisien hambatan aerodinamika serta mengurangi konsumsi bahan bakar [9]. Selain itu, juga sejalan dengan penelitian terdahulu yang mengungkapkan bahwa semakin aerodinamis geometri kendaraan, hambatannya cenderung lebih kecil atau lebih stabil [10].

Kesimpulan

1. Separasi di bagian belakang model kendaraan *egresif etanol* yang dimodifikasi mengalami pengurangan bila dibandingkan dengan model kendaraan *egrecif etanol* tanpa modifikasi.
2. Pengurangan hambatan aerodinamika terbesar yang diperoleh dengan memodifikasi model kendaraan *egrecif etanol* dengan pendekatan komputasi adalah 51,68%, sementara dengan pendekatan eksperimen yaitu 55,63%.

Penghargaan

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kapala Laboratorium Mekanika Fluida Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin yang mengizinkan dan memfasilitasi penelitian ini.

Referensi

- [1] Subagyo, Rachmat, 2012. Kaji Eksperimental Karakteristik Aliran Eksternal Pada Benda Tumpul Segiempat Dengan Ujung Muka Ellips. Jurnal Teknologi Technoscintia, Vol. 4 No. 2 Februari 2012, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.
- [2] Bellman M et al, 2009. Numerical Drag Reduction Studies of Generic Truck Models Using Active Flow Control. Mechanical, Aerospace and Structural Engineering Department, Washington University in St. Louis. 39th AIAA Fluid Dynamics Conference.
- [3] Hassan et al, 2013. Numerical Study on Aerodynamic Drag Reduction of Racing Cars. Procedia Engineering 90 (2014) 308-313. 10th International Conference on Mechanical Engineering, ICME 2013.
- [4] Desai, M., Channiwala, S. A., dan Nagarsheth, H. J., 2008. Experimental and Computational Aerodynamic Investigations of a Car, Issue 4, Volume 3, October 2008. Mechanical Engineering Department Sardar Vallabhbhai

National Institute of Technology (SVNIT).
India.

- [5] Damjanović, D., Kozak, D., Ivandrić, Ž., dan Kokanović, M., 2010. Car Design As A New Conceptual Solution And CFD Analysis In Purpose Of Improving Aerodynamics. Josip Juraj Strossmayer University of Osijek. Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod. Croatia.
- [6] Cengel Y.A, Cimbala, 2006. Fluid Mechanics, Fundamentals and Applications. McGraw Hill. New York.
- [7] Roumeas M., Gillieron P., & Kourta A., 2008. Drag reduction by flow separation control on a car after body. Int. J. Numer. Meth. Fluids.
- [8] Krishnani, Pramod Nari. 2006. CFD Study Of Drag Reduction Of A Generic Sport Utility Vehicle. Mumbai: Mumbai University.
- [9] Siregar M.R & Ambarita H, 2012. Analisis koefisien drag pada mobil hemat energi ,“Mesin USU“ dengan menggunakan perangkat lunak CFD. Jurnal e-Dinamis, Volume 3, No.3 Desember 2012. ISSN 2338-1035.
- [10] Suswanto B & Finahari N, 2013. Studi pengaruh model mobil dan variasi kecepatan angin terhadap gaya drag. Widya Teknika Vol. 20 No.1 : Maret 2013. ISSN 1411-0660 : 14-9