

Computational Study on the Analysis of Blowing Application Towards Flow Fields on Vehicle Models with Variations on Front Geometry

Rustan Tarakka^{1,*}, Nasaruddin Salam², Jalaluddin³, Muhammad Ihsan⁴

^{1,2,3}Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

⁴Sekolah Tinggi Teknik Baramuli, Pinrang

*Corresponding author: rustan_tarakka@yahoo.com

Abstract. The application of blowing is one of engineering efforts in term of active flow control around bluff body. This research aims to analyze the effect of active control by blowing on vehicle models with varied frontal geometry. Vehicle model in question is reversed Ahmed model with 25°, 30°, and 35° slant angles. Computational application used in this research is CFD Fluent 6.3. Applied upstream velocity used was 16.7 m/s while blowing speed was set on 0.5 m/s. The results of research show that vehicle models with $\theta=30^\circ$ and $\theta=35^\circ$ slant angle underwent larger wake than that of vehicle model with $\theta=25^\circ$. The application of active control by blowing on the vehicle model is resulting in the reduction of wake on vehicle models with $\theta=35^\circ$ slant angle which is significantly larger than that of vehicle model with $\theta=25^\circ$ and $\theta=30^\circ$.

Abstrak. Aplikasi *blowing* merupakan salah satu upaya rekayasa aktif untuk mengendalikan aliran di sekitar *bluff body*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kontrol aktif *blowing* pada model kendaraan dengan variasi geometri muka. Model kendaraan yang digunakan sebagai model uji adalah *reversed Ahmed body* dengan variasi kemiringan muka kendaraan yaitu 25°, 30°, dan 35°. Pendekatan komputasi digunakan pada penelitian ini dengan *software CFD Fluent 6.3*. Kecepatan *upstream* yang digunakan adalah 16.7 m/s, sementara kecepatan *blowing* yang diterapkan dalam penelitian ini adalah 0.5 m/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aliran udara pada model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai $\theta=30^\circ$ dan $\theta=35^\circ$ mengalami olakan yang lebih besar jika dibandingkan model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai $\theta=25^\circ$. Dengan aplikasi *blowing* maka model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai $\theta=35^\circ$ mengalami pengurangan olakan yang lebih besar jika dibandingkan model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai $\theta=25^\circ$ dan $\theta=30^\circ$.

Keywords: *blowing*, komputasi, medan aliran, model kendaraan

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Berbagai disain aerodinamis kendaraan telah dirintis untuk mengurangi hambatan aerodinamis yang pada gilirannya akan memberi kontribusi penghematan konsumsi bahan bakar [1]. Lazimnya, industri otomotif lebih tertarik pada kontrol pasif berdasarkan perubahan bentuk. Namun, karena modifikasi bentuk sangat dibatasi oleh beberapa faktor, industri otomotif belakangan merubah fokus pada kontrol aktif aliran sebagai salah satu teknik yang dikembangkan untuk mengurangi hambatan aerodinamis pada kendaraan. Salah satu teknik yang dikembangkan untuk mengurangi hambatan aerodinamis pada kendaraan adalah penerapan kontrol aktif aliran. Pada awalnya banyak penelitian dasar mengenai sistem kontrol aktif untuk pemisahan aliran turbulen dengan teknik *blowing* atau *suction* difokuskan pada aplikasi pada pesawat terbang. Namun, teknik ini juga dianggap dapat dikembangkan dalam disain kendaraan di mana dapat secara signifikan meningkatkan kinerja aerodinamis kendaraan yang bergerak dengan

dampak yang dapat diabaikan pada geometri kendaraan.

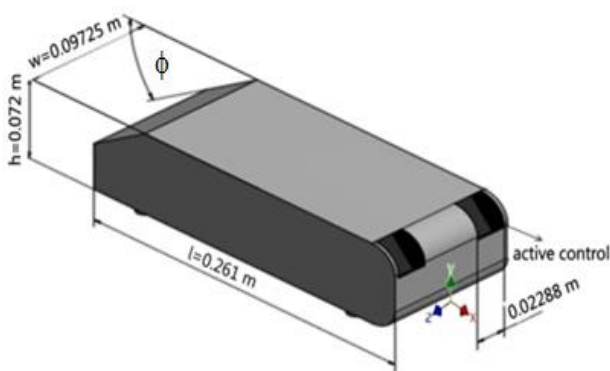
Model kendaraan *Ahmed body* merupakan salah satu bentuk yang paling sederhana dan lazim dikaji [2-5]. Beberapa penelitian menggunakan *model Ahmed body* untuk mengkaji medan aliran dengan berbagai pendekatan, antara lain Large Eddy Simulation (LES) [6-9]. Model *Ahmed body* yang dimodifikasi menerapkan aliran pada arah yang berlawanan, yang dalam hal ini disebut *reversed Ahmed body* [10]. Kajian lain yang membahas mengenai hambatan aerodinamis [11]. Penerapan kontrol aktif dengan tiupan juga telah dibahas dalam beberapa makalah [12-13] dengan menggunakan model *Ahmed body*.

Banyak penelitian menunjukkan kontrol aktif untuk pemisahan aliran turbulen memberikan prospek alternatif yang sangat baik untuk mengurangi hambatan aerodinamis pada kendaraan. Sistem kontrol aktif membutuhkan sumber energi eksternal untuk mengontrol aliran di sekitar body kendaraan tanpa mengganggu bentuknya, misalnya teknik penghambusan yang diterapkan pada profil

ONERA-D dapat menggeser atau bahkan menghilangkan pemisahan aliran [14]. Dalam penelitian lain, simulasi numerik 3D berdasarkan metode Lattice Boltzmann pada model kendaraan *Ahmed body* telah dilakukan [15]. Hasilnya dapat digunakan untuk mengembangkan dan mendefinisikan pedoman parameter kontrol aktif untuk meningkatkan kinerja aerodinamis kendaraan [16]. Sementara itu, Bruneau dkk [17] melakukan penelitian dengan menggabungkan teknik kontrol aktif dan pasif untuk mengurangi koefisien drag di sisi belakang model Ahmed dengan bentuk belakang persegi, di mana diperoleh pengurangan drag hingga 30%. Kourta dan Gillieron [18] juga melakukan penelitian tentang penerapan kontrol aktif aliran pada kendaraan dan mendapat nilai pengurangan drag hingga 30% dan pengurangan konsumsi bahan bakar rata-rata hingga 2,4 liter per 100 km di jalan. Harinaldi dkk [19] juga melakukan penelitian dalam kontrol aktif aliran secara komputasi, dan menyatakan bahwa penerapan kontrol aktif dengan tiupan dapat mengurangi hambatan aerodinamis *reversed Ahmed body* hingga 14.38%.

Metode Penelitian

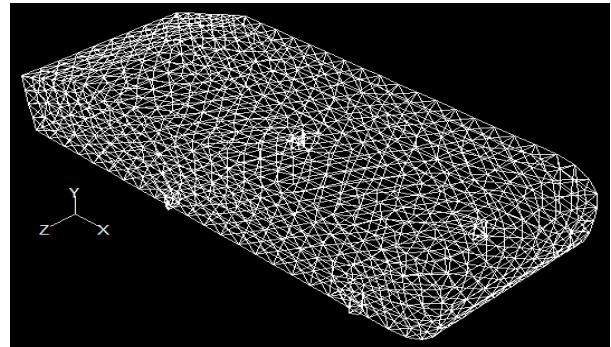
Model uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah *reversed Ahmed body*. Pada penelitian ini, model kendaraan *reversed Ahmed body* diuji dengan variasi geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan, (ϕ) masing-masing 25° , 30° dan 35° tanpa kontrol aktif aliran dan dengan model kendaraan yang dilengkapi dengan kontrol aktif *blowing*.



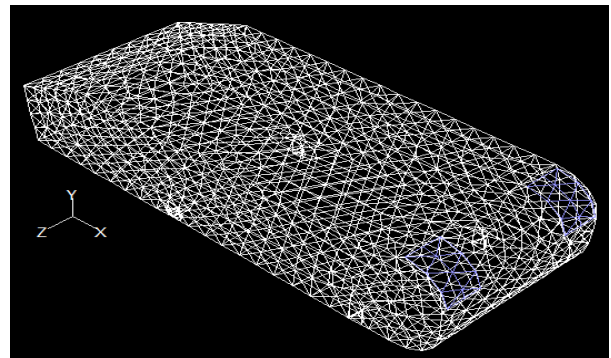
Gambar 1. Disain model uji (*reversed Ahmed body*)

Disain model uji yang diperlihatkan pada Gambar 1 yang digunakan pada penelitian ini memiliki rasio geometri 0.25 dari model original *Ahmed body*. Karena itu model uji tersebut mempunyai dimensi panjang $l=0.261$ m, tinggi $h=0.072$ m dan lebar $w=0.09725$ m.

Pendekatan komputasi pada penelitian ini menggunakan *software CFD fluent 6.3* [9] dengan model turbulensi *k-epsilon standard*. Grid (*mesh*) model uji tanpa kontrol aliran dan dengan kontrol aktif *blowing* diberikan pada Gambar 2. Kecepatan *upstream*, U_0 dan kecepatan *blowing*, U_{bl} yang digunakan masing-masing 16.7 m/s dan 0.5 m/s.



a. Tanpa kontrol aktif aliran



b. Dengan kontrol aktif *blowing*

Gambar 2. Tampilan grid model uji

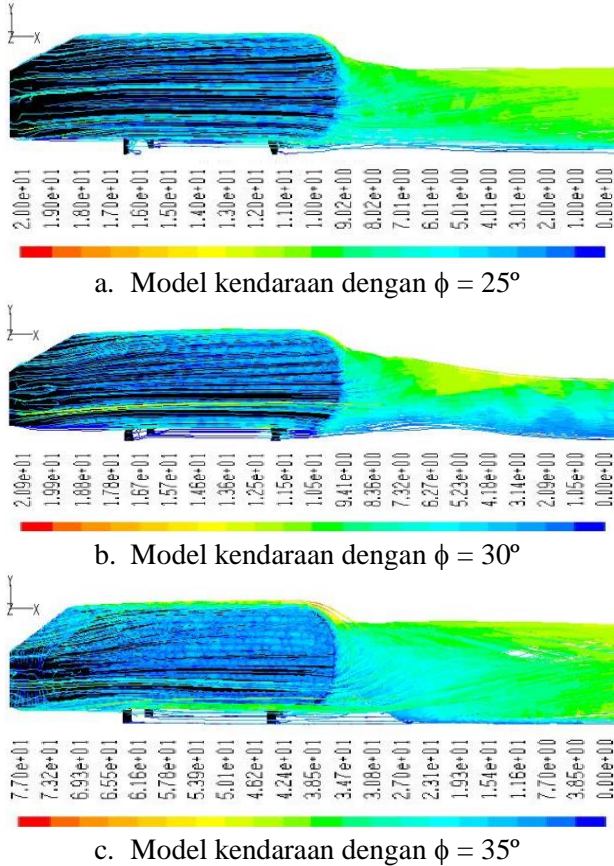
Hasil dan Pembahasan

a. Tanpa kontrol aktif aliran

Pathline kecepatan tanpa kontrol aliran dengan kecepatan *upstream* 16,7 m/s diperlihatkan pada Gambar 3. Dari Gambar 3 tersebut, diperoleh informasi bahwa pada bagian belakang model kendaraan terjadi pemisahan aliran yang berdampak pada timbulnya aliran balik pada bagian belakang pada ketiga model uji dengan ϕ , masing-masing 25° , 30° dan 35° yang membentuk olakan. Selain itu, olakan yang terbentuk juga disebabkan karena pada bagian tepi sisi belakang masing-masing model kendaraan terjadi *vortex longitudinal*, dimana fluida pada bagian tepi akan mengalir menuju bagian tengah yang kecepatan aliran pada bagian tersebut akan menurun apabila dibandingkan dengan kecepatan aliran bagian tepi pada model kendaraan. Pemisahan aliran yang terjadi disebabkan karena fluida yang mengalir

tidak dapat lagi mengikuti bentuk permukaan model kendaraan [10].

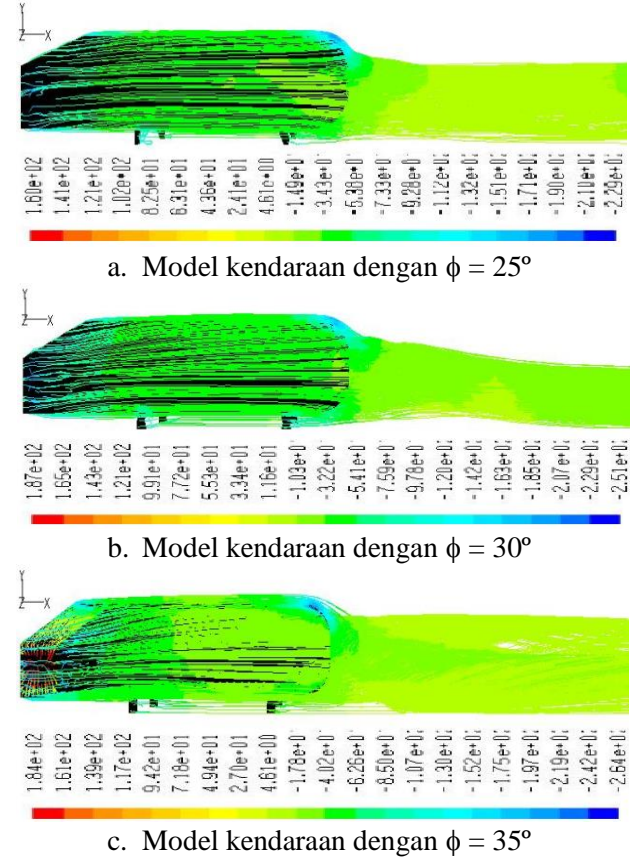
Pada kecepatan *upstream* 16,7 m/s dengan variasi geometri muka model kendaraan memperlihatkan adanya perbedaan *pathline* kecepatan pada bagian belakang masing-masing model kendaraan seperti yang terlihat pada Gambar 3 (a-c). *Pathline* kecepatan merupakan garis jejak atau garis lintasan aliran fluida pada masing-masing model kendaraan sehingga tampak pola atau struktur aliran udara yang mengalir pada masing-masing model kendaraan.



Gambar 3. *Pathline* kecepatan pada bagian belakang model kendaraan tanpa kontrol aliran dengan kecepatan *upstream*, $U_o = 16.7$ m/s.

Aliran udara pada model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan 30° dan 35° seperti yang terlihat pada Gambar 3(b-c) mengalami olakan yang lebih besar jika dibandingkan model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan 25° (Gambar 3a). Olakan yang besar tersebut disebabkan karena adanya pemisahan aliran yang berdampak pada penurunan tekanan pada bagian belakang model kendaraan. Hal tersebut juga terkonfirmasi pada Gambar 4, dimana terlihat *pathline* tekanan statik pada bagian belakang model kendaraan tanpa kontrol aliran dengan kecepatan

upstream, $U_o = 16.7$ m/s. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Roumeas M., et al 2008, dimana separasi aliran yang terjadi pada bagian belakang model kendaraan akan menyebabkan olakan dan penurunan tekanan [16].



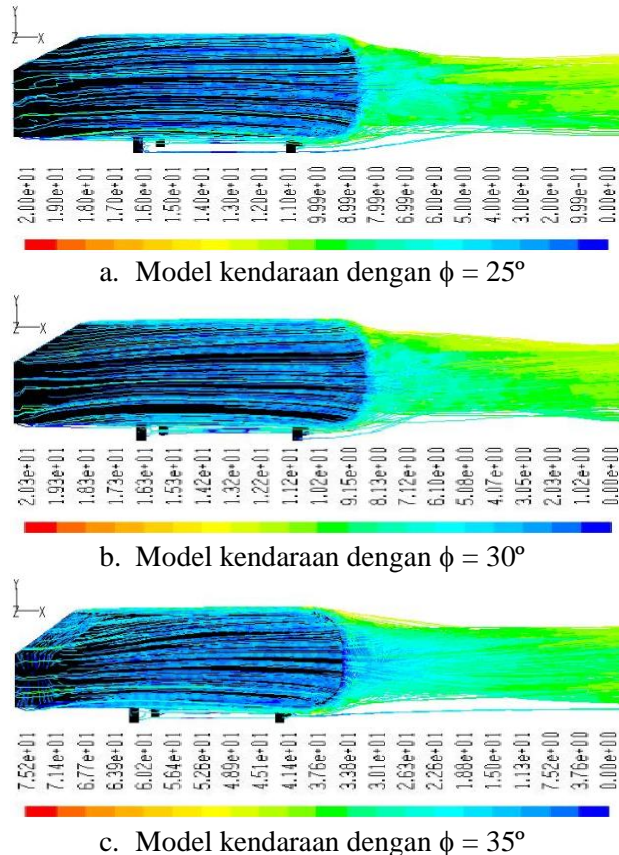
Gambar 4. *Pathline* tekanan statik pada bagian belakang model kendaraan tanpa kontrol aliran dengan kecepatan *upstream*, $U_o = 16.7$ m/s

b. Dengan kontrol aktif *blowing*

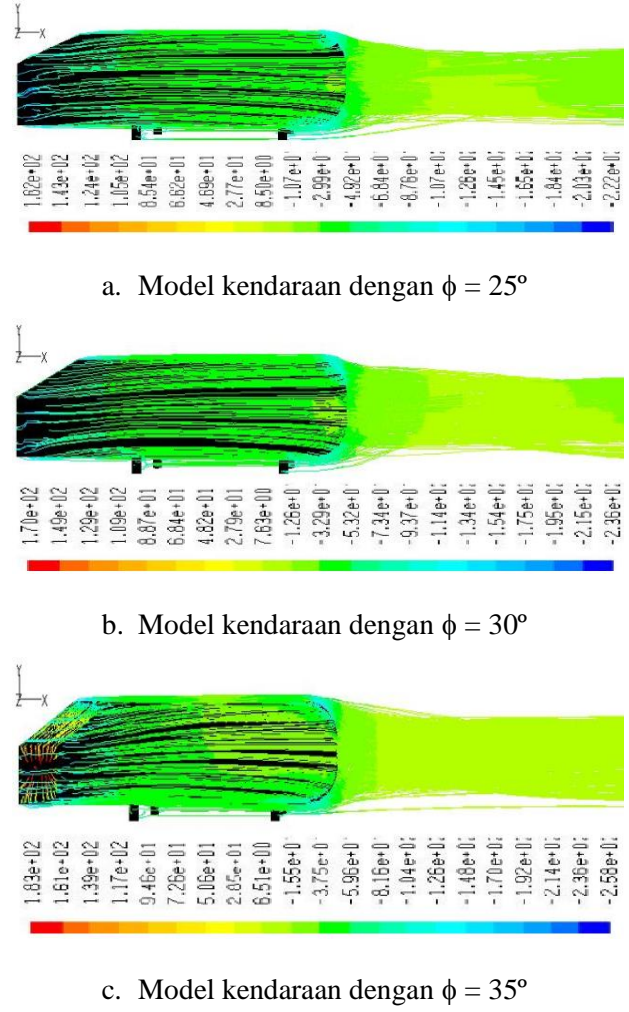
Penempatan *blowing* dengan kecepatan 0.5 m/s pada kedua sisi samping bagian atas belakang pada masing-masing model kendaraan dengan variasi geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap medan kecepatan aliran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Dari Gambar 5 tersebut, terlihat bahwa dengan penambahan *blowing* maka olakan (*wake*) dan *vortex* yang terjadi pada model kendaraan tanpa kontrol dapat dikurangi atau dipindahkan menjauhi model kendaraan. Akibat olakan yang telah dipindahkan menjauhi model kendaraan maka kecepatan aliran udara pada bagian belakang model kendaraan akan meningkat. Hal ini disebabkan adanya tambahan energi berupa aliran fluida yang mempengaruhi

olakan (*wake*) yang terjadi pada bagian belakang model kendaraan.

Fenomena yang sama terlihat pada masing-masing model kendaraan dengan kecepatan *upstream* $U_o=16.7$ m/s seperti yang ditampilkan pada Gambar 5 dimana dengan penambahan *blowing* menyebabkan berkurangnya daerah olakan dan *vortex* yang terbentuk pada bagian belakang model kendaraan. Besarnya pengurangan daerah olakan (*wake*) pada bagian belakang masing-masing model kendaraan berbeda-beda. Berdasarkan dari Gambar 5, terlihat bahwa model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan 35° mengalami pengurangan olakan yang lebih besar jika dibandingkan model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan 25° dan 30° . Hal tersebut menunjukkan bahwa efek pengurangan daerah olakan dengan adanya penambahan *blowing* lebih optimal pada model kendaraan dengan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan 35° . Hasil ini juga terkonfirmasi pada Gambar 6, yaitu *pathline* tekanan statik pada bagian belakang model kendaraan dengan kecepatan *blowing* dan *upstream*, masing-masing $U_{bl}=0.5$ m/s dan $U_o = 16.7$ m/s.



Gambar 5. *Pathline* kecepatan pada bagian belakang model kendaraan dengan kecepatan *blowing* dan *upstream*, masing-masing $U_{bl}=0.5$ m/s dan $U_o = 16.7$ m/s.



Gambar 6. *Pathline* tekanan statik pada bagian belakang model kendaraan dengan kecepatan *blowing* dan *upstream*, masing-masing $U_{bl}=0.5$ m/s dan $U_o = 16.7$ m/s.

Kesimpulan

1. Variasi geometri muka memberikan pengaruh yang signifikan terhadap medan kecepatan pada bagian belakang model kendaraan dengan $\theta=25^\circ, \theta=30^\circ$ dan $\theta=35^\circ$ pada bagian depan.
2. Aliran udara pada model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan 30° dan 35° mengalami olakan yang lebih besar jika dibandingkan model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan 25° .
3. Penempatan *blowing* pada kedua sisi samping bagian atas belakang pada model kendaraan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap medan kecepatan, dimana olakan (*wake*) dan *vortex* yang terjadi pada model kendaraan tanpa kontrol dapat dikurangi atau dipindahkan menjauhi model kendaraan.

4. Dengan aplikasi *blowing* maka model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan 35° mengalami pengurangan olakan yang lebih besar jika dibandingkan model kendaraan dengan geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan 25° dan 30° .

Penghargaan

Penelitian ini dibiayai oleh Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi melalui skema Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2018, dengan Kontrak Penelitian Nomor : 1579/UN4.21/PL.00.00/2018 tanggal 21 Maret 2018.

Referensi

- [1] Kassim, Z. M. and Filippone, A., 2010, Fuel Savings on a Heavy Vehicle via Aerodynamic Drag Reduction, *Transp. Res., Pt. D*, 15, pp. 275–284.
- [2] Ahmed, S.R., Ramm, G., Faltin, G., 1984, Some salient features of the time averaged ground vehicle wake. SAE Paper 840300
- [3] Brunn, A., Nitsche, W., 2006, Active control of turbulent separated flows over slanted surfaces. *Int. J. Heat and Fluid Flow* 27, 748–755
- [4] Brunn, A., Wassen, E., Sperber, D., Nitsche, W., Thiele, F., 2007, Active drag control for a generic car model. In: *Notes on Numerical Fluid Mechanics and Multidisciplinary Design*, vol. 95/2007, pp. 247–259
- [5] Lienhart, H., Becker, S., 2003, Flow and turbulent structure in the wake of a simplified car model. SAE Paper 2003-01-0656
- [6] Krajnović, S., Davidson, L., 2005, Flow around a simplified car, part 1: Large eddy simulation. *ASME: Journal of Fluids Engineering* 127, 907–918
- [7] Krajnović, S., Fernandes, J., 2008, LES of the flow around a 2-dimensional vehicle model with active flow control. In: *ERCOFTAC WORKSHOP, Direct and Large-Eddy Simulations*, Trieste - Italy, September 8-10, vol. 7
- [8] Minguéz, M., Pasquetti, R., Serre, E., 2008, High-order large-eddy simulations of flow over the Ahmed body car model. *Physics of Fluids* 20, 095101
- [9] Minguéz, M., Pasquetti, R., Serre, E., 2009, Spectral vanishing viscosity stabilized les of the ahmed body turbulent wake. *Communications in computational physics* 5(2-4), 635–648
- [10] Harinaldi, Budiarmo, Tarakka, R., dan Simanungkalit, S. P., 2013, Effect of active control by blowing to aerodynamic drag of bluff body van model- *International Journal of Fluid Mechanics Research*
- [11] Littlewood, R.P. dan Passmore, M.A., 2012, Aerodynamic drag reduction of a simplified squareback vehicle using steady blowing. *Experiments in Fluids*, 53(2), pp.519-529
- [12] Mestiri, R., Ahmed-Bensoltane, A., Keirsbulck, L., Aloui, F., Labraga, L., 2014, Active Flow Control at the Rear End of a Generic Car Model Using Steady Blowing, *Journal of Applied Fluid Mechanics*, Vol. 7 Issue 4, p565-571. 7p.
- [13] Roumeas, M., Gillieron, P., and Kourta, A., 2009, Analysis and Control of the Near-Wake Flow over a Square-Back Geometry, *Comp. Fluids*, 38, pp. 60–70.
- [14] Ivanic, T., dan Gillieron, P., 2005, Reduction of the Aerodynamic Drag Due to Cooling System: An Analytical and Experimental Approach, SAE Pap. 2005-01-1017
- [15] Fares, E., 2006, Unsteady Flow Simulation of the Ahmed Reference Body using a Lattice Boltzmann Approach, *Comp. Fluids*, 35, pp. 940–950.
- [16] Roumeas, M., Gillieron, P., and Kourta, A., 2008, Separated Flow around the Rear Window of a Simplified Car Geometry, *J. Fluids Eng.*, 11, No. 2, pp. 021101(1–10).
- [17] Bruneau, C. H., Creuse, E., Depeyras, D., Gillieron, P., and Mortazavi, I., 2010, Coupling Active and Passive Techniques to Control the Flow past the Square Back Ahmed Body, *Comp. Fluids*, 39, pp. 1875–1892.
- [18] Kourta, A. and Gillieron, 2009, P., Impact of the Automotive Aerodynamic Control on the Economics Issues, *J. Appl. Fluid Mech.*, 2, pp. 69–75.
- [19] Harinaldi, Budiarmo, Tarakka, R., dan Simanungkalit, S. P., 2011, Computational Analysis of Active Flow Control to Reduce Aerodynamics Drag on a Van Model, *Int. J. Mech. Mechatron. Eng., IJMME-IJENS*, 11, No. 3, pp. 24–30.