

Suction Active Control Application on Vehicle Models with Variation of Front Geometry

Rustan Tarakka^{1,*}, Nasaruddin Salam¹ dan Jalaluddin Haddada¹

¹Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin – Makassar

*Korespondensi: rustan_tarakka@yahoo.com

Abstract. Fluid flow behavior around a solid body (bluff body) can be engineered by providing flow control either passive or active. Fluid undergoing friction with the surface of the object will undergo change direction. As a result fluid flow undergoes a separation causing a decrease in pressure on the back and implies an increase in aerodynamic resistance. To overcome the phenomena, bluff bodies can be provided fluid flow active controls that will change the flow pattern around the object. This study aimed to analyze the effect of suction active control on vehicle model with variation of front geometry. The vehicle model used as the test model was a reversed Ahmed model with variations of slant angle on the front (ϕ) i.e. 25°, 30°, and 35°. A computational approach was deployed in this study by using CFD fluent 6.3 software. The upstream velocity used is 16.7 m/s, while the suction velocity is 0.5 m/s. The results obtained provide information that the application of suction active control suction on the vehicle model gives a significant effect on the reduction of aerodynamic drag. The greatest aerodynamic drag reduction occurs with the slope angle at the front (ϕ) = 35° i.e. 14.74%.

Abstrak. Perilaku aliran fluida sekitar benda solid (*bluff body*) dapat direkayasa dengan memberikan kontrol aliran baik kontrol pasif maupun aktif. Fluida yang mengalir mengalami gesekan dengan permukaan benda sehingga daerah di sekitar permukaan akan mengalami perubahan arah. Akibatnya aliran fluida mengalami separasi yang menyebabkan penurunan tekanan pada bagian belakang dan berimplikasi pada peningkatan pada hambatan aerodinamika. Untuk menghilangkan fenomena tersebut maka *bluff body* dapat diberikan kontrol aktif aliran fluida yang akan merubah pola aliran sekitar benda tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kontrol aktif *suction* pada model kendaraan dengan variasi geometri muka. Model kendaraan yang digunakan sebagai model uji adalah *reversed Ahmed model* dengan variasi *slant angle* pada bagian depan (ϕ) yaitu 25°, 30°, dan 35°. Pendekatan komputasi digunakan pada penelitian ini dengan menggunakan *software CFD fluent 6.3*. Kecepatan *upstream* yang digunakan adalah 16.7 m/s, sementara kecepatan *suction* yaitu 0.5 m/s. Hasil penelitian yang diperoleh memberikan informasi bahwa aplikasi kontrol aktif *suction* pada model kendaraan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pengurangan hambatan aerodinamika. Pengurangan hambatan aerodinamika terbesar terjadi dengan sudut kemiringan pada bagian depan (ϕ)=35° yaitu 14.74%.

Kata kunci: hambatan aerodinamika, komputasi, model kendaraan, suction

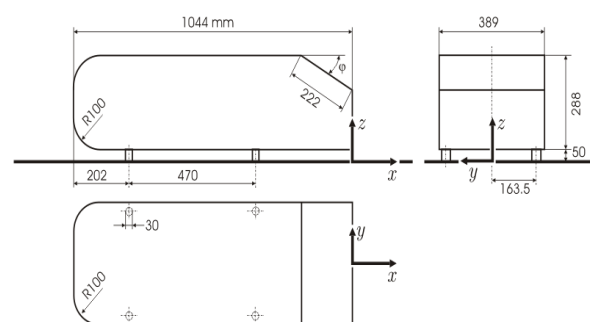
© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Banyak penelitian [1-6] menggunakan model Ahmed seperti yang tampak pada Gambar 1 sebagai referensi model paling umum untuk mobil berjenis *bluff body* karena bentuknya yang cukup sederhana namun diyakini dapat mencapai tingkat akurasi yang memadai pada simulasi aliran dengan mempertahankan fitur yang relevan, penting dan praktis dari *body* mobil tersebut.

Perilaku aliran fluida sekitar benda solid (*bluff body*) dapat direkayasa dengan memberikan kontrol aliran baik kontrol pasif maupun aktif. Fluida yang mengalir mengalami gesekan dengan permukaan benda sehingga daerah di sekitar permukaan akan mengalami perubahan arah. Akibatnya aliran fluida mengalami separasi yang menyebabkan penurunan tekanan pada bagian belakang dan berimplikasi

pada peningkatan pada hambatan aerodinamika. Untuk menghilangkan fenomena tersebut maka *bluff body* dapat diberikan kontrol aktif aliran fluida yang akan merubah pola aliran sekitar benda tersebut.



Gambar 1. Model Ahmed body [7]

Secara umum, teknik kontrol aliran yang telah dikembangkan dapat dibedakan menjadi 4 berdasar-

kan konfigurasi dan tujuannya. Salah satunya adalah melakukan kontrol aliran dengan aktuasi sepanjang dinding *downstream* dimana separasi terjadi, seperti dengan tiupan, hisapan, atau sintetik jet. Teknik ini bisa menjadi strategi kontrol yang efisien, tetapi harus disesuaikan dengan aliran *upstream* [8].

Brunn A. et al, melakukan penelitian secara numerik dan eksperimental tentang kontrol aktif pada model kendaraan generik (*generic car model*) menggunakan disain dasar *Ahmed model* yang mempunyai ukuran $\frac{1}{4}$ dari geometri *Ahmed body* original dengan tujuan untuk mengurangi *drag* aerodinamika total dari model tersebut. Dua *Ahmed model* yang berbentuk 3D yang diinvestigasi, mempunyai sudut kemiringan pada bagian belakang 25° dan 35° [9].

Roumeas et al., juga melakukan penelitian secara numerik tentang pengurangan *drag* dengan mengontrol separasi aliran pada bagian belakang kendaraan. Simulasi dilakukan dengan menggunakan metode *Lattice Boltzmann 3D* dengan model turbulensi *k-epsilon RNG*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pengaruh dari *suction* (hisapan) memberikan efek *reattachment* pada aliran yang terseparasi pada dinding bidang miring *Ahmed body*. Dengan adanya *reattachment* tersebut mengakibatkan efek positif dalam pengurangan *drag* [10]. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis aplikasi kontrol aktif *suction* pada model kendaraan dengan variasi geometri muka (ϕ) dengan menggunakan pendekatan komputasi.

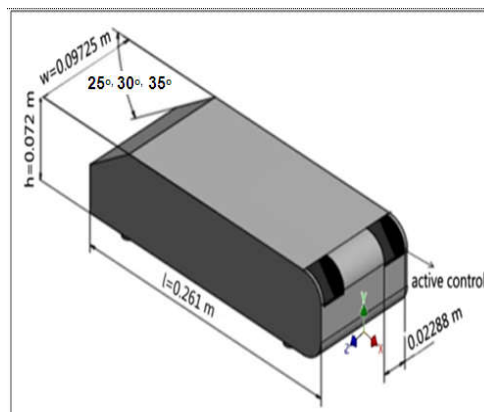
Metode Penelitian

Pada penelitian ini dipergunakan model kendaraan *reversed Ahmed model* dengan variasi geometri muka yang mempunyai sudut kemiringan, (ϕ) masing-masing 25° , 30° dan 35° . Ketiga model kendaraan tersebut dilengkapi dengan kontrol aktif berupa *suction*.

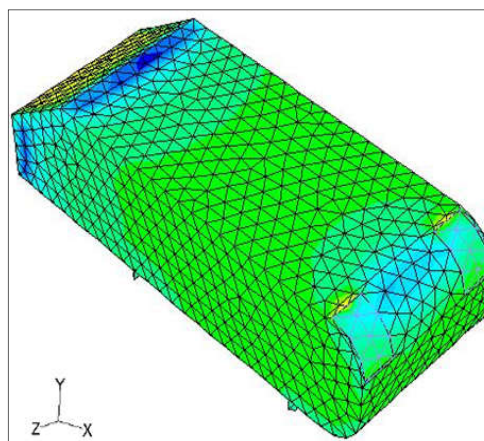
Model kendaraan *reversed Ahmed model* yang digunakan pada penelitian ini mempunyai rasio geometri 0.25 dari model original *Ahmed body* diperlihatkan pada gambar 2. Karena itu, model kendaraan tersebut mempunyai dimensi panjang $l = 0.261$ m, tinggi, $h = 0.072$ m dan lebar $w = 0.09725$ m.

Pada penelitian ini digunakan pendekatan komputasi dengan *software CFD fluent 6.3* [11] dimana model turbulensi yang dipakai adalah *k-epsilon standard*. Grid (*mesh*) model kendaraan *reversed Ahmed model* ditampilkan pada gambar 3. Sementara, kondisi batasnya adalah kecepatan *upstream*, $U_0 = 16.7$ m/s, kecepatan *suction*, $U_{sc} = 0.5$ m/s, kerapatan udara 1.225 kg/m³ dan viskositas 1.7894

$\times 10^{-5}$ kg/m-s. Medan aliran diasumsikan sebagai aliran tak mampu mampat (*incompressible flow*) dengan kondisi *steady state*.



Gambar 2. Model kendaraan *reversed Ahmed model*



Gambar 3. Grid (*mesh*) model kendaraan

Hasil dan Pembahasan

Nilai koefisien hambatan aerodinamika pada model kendaraan tanpa kontrol aktif aliran dengan kecepatan *upstream*, $U_0 = 16.7$ m/s diberikan pada tabel 1.

Tabel 1. Koefisien hambatan aerodinamika pada model kendaraan tanpa kontrol aktif aliran dengan kecepatan *upstream*, $U_0 = 16.7$ m/s

No	Model kendaraan (ϕ)	Koefisien hambatan aerodinamika, c_d
1	25°	1.7752
2	30°	1.6709
3	35°	1.7556

Dari tabel 1 diperoleh informasi bahwa koefisien hambatan aerodinamika terkecil terjadi pada model kendaraan dengan sudut kemiringan pada bagian depan (ϕ) adalah 30° sebesar 1.6709. Sementara, pada ϕ 25° dan 35° masing-masing 1.7752 dan 1.7556.

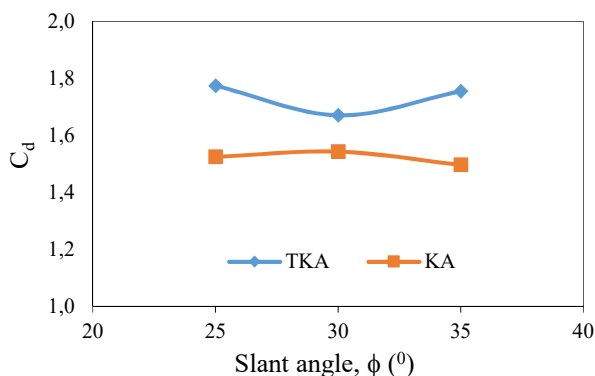
Penerapan *suction* pada bagian belakang model kendaraan dengan kecepatan 0.5 m/s memberikan

nilai koefisien hambatan aerodinamika seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Koefisien hambatan aerodinamika model kendaraan dengan kontrol aktif aliran *suction* dengan kecepatan, $U_{sc} = 0,5$ m/s dan kecepatan *upstream*, $U_o = 16.7$ m/s

No	Model kendaraan (ϕ)	Koefisien hambatan aerodinamika, C_d
1	25°	1.5248
2	30°	1.5434
3	35°	1.4968

Dari tabel 2, diperoleh informasi bahwa koefisien hambatan terkecil terjadi pada model kendaraan dengan kemiringan pada bagian depan (ϕ) adalah 35°. Sementara, pada ϕ 25° dan 30° masing-masing 1.5248 dan 1.5434.



Gambar 4. Hubungan koefisien hambatan aerodinamika terhadap sudut kemiringan model kendaraan

Hubungan koefisien hambatan aerodinamika terhadap sudut kemiringan pada model kendaraan ditunjukkan pada gambar 4. Informasi yang diperoleh dari gambar 4 menunjukkan bahwa dengan penerapan kontrol aktif aliran berupa *suction* pada bagian belakang dari 3 (tiga) model kendaraan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pengurangan koefisien hambatan aerodinamika.

Tabel 3. Pengurangan hambatan aerodinamika model kendaraan dengan kontrol aktif aliran *suction* dengan kecepatan, $U_{sc} = 0,5$ m/s dan kecepatan *upstream*, $U_o = 16.7$ m/s

No	Model kendaraan (ϕ)	Pengurangan hambatan aerodinamika, %
1	25°	14.11
2	30°	7.63
3	35°	14.74

Pengurangan hambatan aerodinamika terbesar sebagai efek penerapan kontrol aktif berupa *suction* dengan kecepatan *suction* $U_{sc} = 0.5$ m/s dan kecepatan *upstream* $U_o = 16.7$ m/s. terjadi pada model kendaraan dengan ϕ 35° sebesar 14.74%. Sementara, pada model kendaraan dengan ϕ 25° dan

30° masing-masing 14.11% dan 7.63%. Besarnya pengurangan hambatan aerodinamika pada model uji dengan sudut kemiringan bagian depan 35° sebagai dampak pengaplikasian kontrol aktif *suction* yang mampu menaikkan koefisien tekanan pada bagian belakang model kendaraan. Peningkatan koefisien tekanan pada bagian belakang model kendaraan tersebut akan mengakibatkan penurunan hambatan aerodinamika. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini, juga sejalan dengan hasil penelitian yang diperoleh Roumeas et al., dimana penerapan kontrol aktif hisapan yang diletakkan di bagian atas dari jendela belakang (*rear window*) pada geometri mobil *fastback* yang disederhanakan mampu menghilangkan separasi dan memperoleh pengurangan *drag* aerodinamis sebesar 17% [12].

Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Aplikasi kontrol aktif *suction* pada model kendaraan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pengurangan hambatan aerodinamika.
2. Pengurangan hambatan aerodinamika terbesar terjadi dengan sudut kemiringan pada bagian depan (ϕ)=35° yaitu 14.74%.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai oleh Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi melalui skema Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2017, dengan Kontrak Penelitian Nomor : 2774/UN4.21 /LK23/2017 tanggal 4 Mei 2017.

Referensi

- [1] Lienhart, H., Stoots, C. and Becker, S., 2002. Flow and turbulence structures in the wake of a simplified car model (Ahmed model), Numerical and Experimental Fluid.
- [2] Hinterberger, C., Villalba, M. G. & Rodi W., 2004. Large eddy simulation of flow around the Ahmed body, Institute for Hydromechanics, University of Karlsruhe, Germany.
- [3] Franck, G. & D'Elia, J., CFD modeling of the flow around the Ahmed vehicle model, <http://www.cimec.org.ar>.
- [4] Fares, E., 2006. Unsteady flow simulation of the Ahmed reference body using a lattice Boltzmann approach, Computers and Fluids, Vol. 35 Hal. 940-950.

- [5] Uruba, V. and Hladík, O., 2009. On the Ahmed body wake, *Colloquium Fluid Dynamics*, Institute of Thermomechanics AS CR, v.v.i., Prague.
- [6] Conan, B., Anthoine, J. and Planquart, P., 2011. Experimental aerodynamic study of a car-type bluff body, *Experimental in Fluids*, Vol. 50 Hal. 1273–1284.
- [7] Ahmed, S.R., Ramm G. and Faltin, G., 1984. SAE paper, Detroit, Michigan, USA, 840300-01.
- [8] Aider, J., Beaudoin, J. and Wesfreid, J.E., 2009. Drag and lift reduction of a 3D bluff-body using active vortex generator, *Journal of Experimental Fluids*, Vol. 9 Hal. 365-379.
- [9] Brunn, A. dkk., 2007. Active Drag Control for a Generic Car Model, *Active Flow Control*, NNFM. 95 Hal. 247–259.
- [10] Roumeas, M., Gillieron, P. and Kourta, A., 2009. Analysis and control of the near-wake flow over a square-back geometry, *Computers & Fluids*, Vol. 38 Hal. 60–70.
- [11] Anonim, 2006. User's Guide Manual of Fluent 6.3.
- [12] Roumeas, M., Gillieron, P. and Kourta, A., 2009. Drag reduction by flow separation control on a car after body, *International Journal for Numerical Method in Fluids*, Vol. 60 Hal. 1222-1240.