

Analisis Komputasi Pengaruh Geometri Muka dan Kontrol Aktif Hisapan Terhadap Koefisien Hambatan Pada *Reversed Ahmed Model*

Rustan Tarakka^{1,*}, A. Syamsul Arifin P.² dan Yunus Fa Bate³

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea
Makassar, Indonesia

³Politeknik Saint Paul Sorong, Jl. R. A. Kartini No. 10 Sorong, Indonesia

*rustan_tarakka@yahoo.com

Abstrak

Disain bentuk kendaraan merupakan aspek yang sangat diperhatikan untuk mengoptimalkan *engine power* yang dihasilkan oleh kendaraan melalui proses pembakaran bahan bakar menjadi daya dorong, traksi dan stabilitas kendaraan pada saat bergerak dengan kecepatan tertentu. Secara umum, kendaraan yang bergerak akan mengalami hambatan aerodinamika yang diakibatkan oleh aliran fluida yang bersentuhan secara langsung dengan bodi kendaraan. Hambatan aerodinamika yang besar disebabkan oleh adanya penurunan tekanan dan separasi aliran yang terjadi di bagian belakang kendaraan. Metode teknik kontrol aktif hisapan memberikan suatu prospek yang sangat baik untuk mengontrol terjadinya separasi aliran yang memberikan efek positif terhadap pengurangan hambatan aerodinamika pada kendaraan otomotif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh geometri muka dan penggunaan kontrol aktif *hisapan* terhadap koefisien hambatan pada *reversed Ahmed model* dengan variasi sudut kemiringan pada bagian depan (ϕ). *Reversed Ahmed model* merupakan model uji yang digunakan pada penelitian ini dengan variasi sudut kemiringan pada bagian depan (ϕ) yaitu 25°, 30°, dan 35°. Penelitian dilakukan dengan pendekatan komputasi menggunakan model turbulensi *k-epsilon standard*. Kecepatan *upstream* dan *suction* yang digunakan adalah masing-masing 13.9 m/s dan 0.5 m/s. Hasil penelitian yang diperoleh mengindikasikan bahwa geometri muka dan penggunaan kontrol aktif hisapan pada *reversed Ahmed model* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap koefisien hambatan. Pengurangan koefisien hambatan terbesar terjadi dengan sudut kemiringan pada bagian depan (ϕ)=25° yaitu 14.09%.

Kata kunci : geometri muka, kontrol aktif hisapan, koefisien hambatan, *reversed Ahmed model*

Pendahuluan

Disain bentuk mobil merupakan aspek yang sangat diperhatikan untuk mengoptimalkan *engine power* yang dihasilkan oleh mobil melalui proses pembakaran bahan bakar menjadi daya dorong, traksi dan stabilitas mobil pada saat bergerak dengan kecepatan tertentu. Secara umum, mobil yang bergerak akan mengalami hambatan aerodinamika yang diakibatkan oleh aliran fluida yang bersentuhan secara langsung dengan bodi mobil. Hambatan aerodinamika yang besar disebabkan oleh adanya penurunan tekanan dan separasi aliran yang terjadi di bagian belakang mobil. Separasi aliran yang terjadi pada lapisan batas kecepatan aliran fluida dan permukaan padat dari mobil akan membentuk

aliran balik. Aliran fluida yang bergerak secara teratur akan terpecah pada saat terjadinya separasi aliran yang akan mengakibatkan penurunan tekanan aliran secara drastis yang akan menimbulkan hambatan aerodinamika (gaya drag). Pada penelitian-penelitian awal dalam bidang aerodinamika kendaraan, banyak menggunakan model kendaraan sederhana yang dapat menghasilkan fitur yang relevan pada aliran sekitar kendaraan nyata [1,2,3,4,5,6].

Berdasarkan ilmu dinamika fluida, metode untuk mengurangi hambatan aerodinamika pada kendaraan dapat dilakukan dengan cara mengontrol aliran fluida baik secara kontrol pasif ataupun kontrol aktif [7,8,9]. Metode teknik kontrol aktif yang umum dilakukan

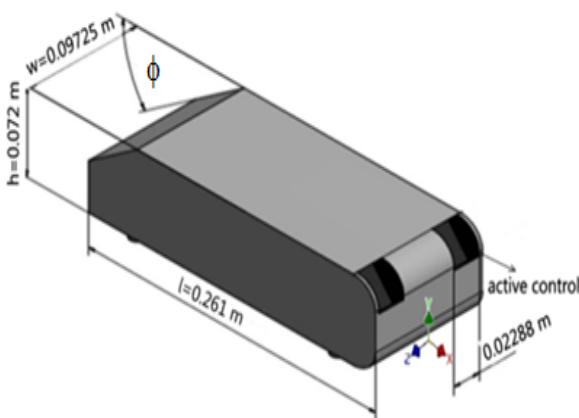
adalah metode *blowing* (hembusan) dan *suction* (hisapan) yang memberikan suatu prospek yang sangat baik untuk mengontrol terjadinya separasi aliran yang memberikan efek positif terhadap pengurangan hambatan aerodinamika pada kendaraan otomotif [10].

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh geometri muka dan kontrol aktif hisapan terhadap koefisien hambatan pada *reversed Ahmed model* dengan variasi sudut kemiringan pada bagian depan (ϕ) dengan menggunakan pendekatan komputasi.

Metodologi

Gambar 1 menunjukkan model uji yang digunakan dalam penelitian ini. Model uji tersebut merupakan model sebuah mobil keluarga (*van model*) yang dinamakan juga sebagai *reversed Ahmed model*. Modifikasi dilakukan agar model yang digunakan dapat mencerminkan bentuk kendaraan keluarga yang sesungguhnya. Pada penelitian ini diuji *reversed Ahmed model* dengan variasi sudut kemiringan pada bagian depan, (ϕ) masing-masing 25° , 30° dan 35° tanpa kontrol aktif aliran yang kemudian akan dibandingkan dengan *reversed Ahmed model* yang dilengkapi dengan kontrol aktif hisapan.

Model uji *reversed Ahmed model* mempunyai rasio geometri 0.25 dari model original *Ahmed body*. Karena itu model uji tersebut memiliki dimensi panjang $l=0.261$ m, dan tinggi $h=0.072$ m lebar $w=0.09725$ m seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Model uji *reversed Ahmed model*

Pendekatan komputasi pada penelitian ini menggunakan *software CFD fluent 6.3* dengan model turbulensi *k-epsilon standard* dengan persamaan seperti yang tampak pada Pers. 1 dan Pers. 2 [11].

- a. Energi Kinetik

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + P_k + P_b - \rho \epsilon - Y_M + S_k \quad (1)$$

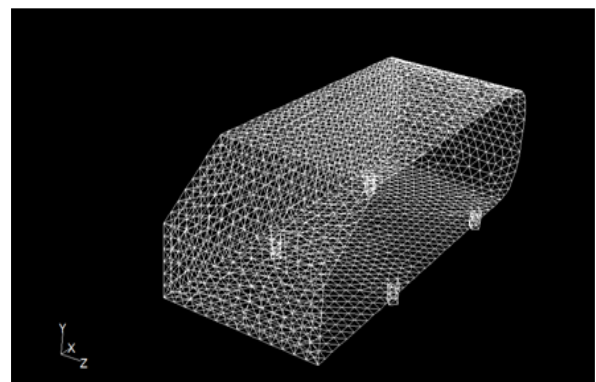
- b. Laju Disipasi

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \epsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \epsilon u_i) = \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{k} (P_k + C_{3\epsilon} P_b) - C_{2\epsilon} \rho \frac{\epsilon^2}{k} + S_\epsilon \quad (2)$$

Hubungan koefisien *drag* dengan gaya *drag* yang terjadi pada *bluff body* ditampilkan pada Pers. 3.

$$C_d = \frac{F_d}{\frac{1}{2} \rho V_\infty^2 S} \quad (3)$$

Pada proses awal, geometri model uji didefinisikan dalam bentuk domain komputasi kemudian dibuat menjadi tampilan grid (*mesh*) seperti yang terlihat pada Gambar 2



Gambar 2. Tampilan grid model uji

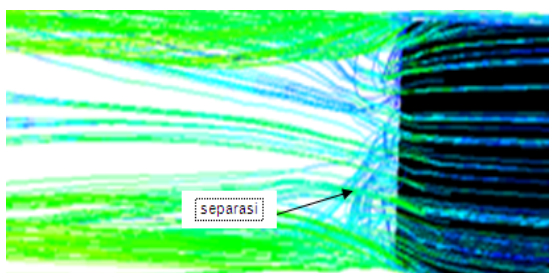
Untuk kondisi batas, antara lain kecepatan *upstream*, $U_0 = 13.9$ m/s, kecepatan kontrol aktif hisapan, $U_{sc} = 0.5$ m/s, kerapatan udara 1.225 kg/m³ dan viskositas 1.7894×10^{-5} kg/m-s. Medan aliran diasumsikan sebagai aliran tak mampu mampat (*incompressible flow*) dengan kondisi *steady state*.

Hasil dan Pembahasan

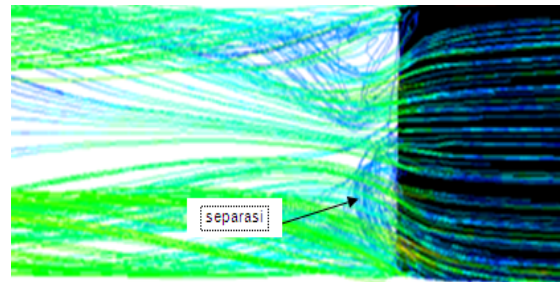
a. Medan Kecepatan

Gambar 3 memperlihatkan separasi aliran yang terjadi pada bagian belakang model uji *reversed Ahmed model* dengan sudut kemiringan bagian depan (ϕ) masing-masing 25° , 30° dan 35° . Separasi aliran tersebut disebabkan oleh karena fluida yang mengalir tidak dapat lagi mengikuti bentuk permukaan model uji. Adanya separasi aliran mengakibatkan terjadinya aliran balik pada bagian belakang pada masing-masing model uji yang membentuk olakan (*wake*). Disamping itu, olakan (*wake*) juga disebabkan karena adanya *vortex longitudinal* yang terjadi pada bagian tepi sisi belakang masing-masing model uji. Akibat adanya separasi aliran bagian tengah maka kecepatan aliran pada bagian tersebut akan menurun apabila dibandingkan dengan kecepatan aliran bagian tepi model uji. Hal ini menyebabkan fluida pada bagian tepi akan mengalir menuju bagian tengah sehingga terbentuk *vortex longitudinal*.

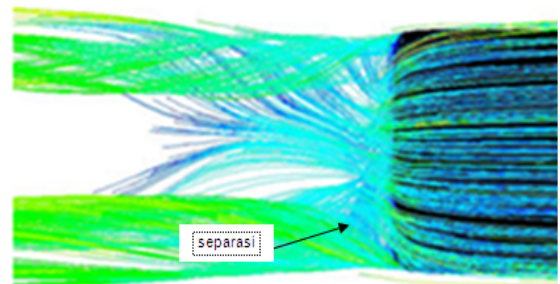
Gambar 4 menunjukkan fenomena yang sama pada masing-masing model uji dimana penambahan kontrol aktif hisapan menyebabkan berkurangnya daerah olakan (*wake*) dan *vortex* yang terbentuk pada bagian belakang model uji. Besarnya pengurangan daerah olakan (*wake*) pada bagian belakang masing-masing model uji berbeda-beda. Daerah olakan yang terlihat pada model uji $\phi=25^\circ$ lebih sedikit jika dibandingkan dengan model uji $\phi=30^\circ$ dan $\phi=35^\circ$. Hal ini mengindikasikan bahwa efek pengurangan daerah olakan dengan adanya penambahan kontrol aktif hisapan lebih optimal pada model uji dengan sudut kemiringan bagian depan $\phi=25^\circ$.



a) Model uji $\phi=25^\circ$

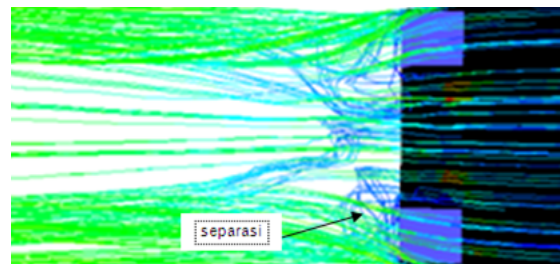


b) Model uji $\phi=30^\circ$

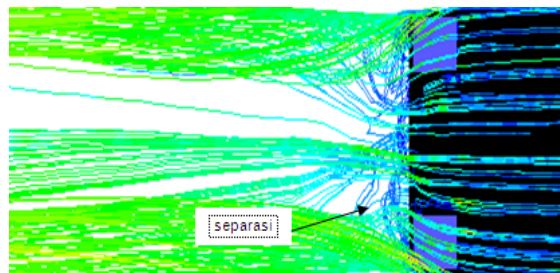


c) Model uji $\phi=30^\circ$

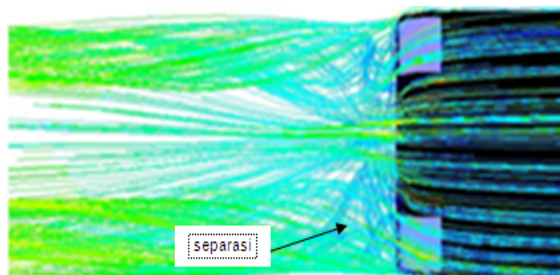
Gambar 3. *Pathline* kecepatan tanpa kontrol aktif aliran



a) Model uji $\phi=25^\circ$



b) Model uji $\phi=30^\circ$



c) Model uji $\phi=35^\circ$

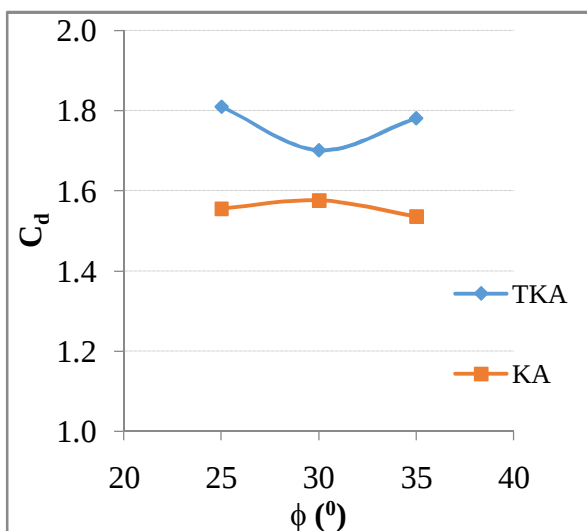
Gambar 4. *Pathline* kecepatan dengan kontrol aktif hisapan

b. Hambatan Aerodinamika

Tabel 1 dan Gambar 3 memperlihatkan koefisien hambatan pada masing-masing model uji dengan sudut kemiringan pada bagian depan $\phi=25^\circ$, $\phi=30^\circ$ dan $\phi=35^\circ$ yang diperoleh dengan pendekatan komputasi dengan kecepatan *upstream* $U_o=13,9$ m/s dan kecepatan *suction* $U_{sc}=0.5$ m/s.

Tabel 1. Koefisien hambatan (C_d) dengan kecepatan *upstream* $U_o=13,9$ m/s dan kecepatan *suction* $U_{sc}=0.5$ m/s

Koefisien hambatan, C_d					
Tanpa kontrol aliran			Dengan kontrol aktif hisapan, $U_{sc} = 0.5$ m/s		
25°	30°	35°	25°	30°	35°
1.81	1.70	1.78	1.56	1.58	1.54



Gambar 5. Hubungan koefisien hambatan (C_d) terhadap sudut kemiringan bagian depan model uji (ϕ)

Dari Tabel 1 dan Gambar 3, terlihat bahwa untuk model uji tanpa kontrol aliran koefisien hambatan terkecil terjadi pada model uji dengan sudut kemiringan pada bagian depan, $\phi=30^\circ$ sebesar 1.70. Sementara, untuk model uji dengan $\phi=25^\circ$ dan $\phi=35^\circ$ masing-masing 1.81 dan 1.78. Dengan penambahan kontrol aktif hisapan pada masing-masing model uji dengan kecepatan 0.5 m/s, diperoleh informasi bahwa koefisien hambatan mengalami penurunan dimana koefisien hambatan terkecil terjadi pada model uji

dengan sudut kemiringan pada bagian depan, $\phi=35^\circ$ sebesar 1.54. Sementara, untuk model uji dengan $\phi=25^\circ$ dan $\phi=30^\circ$ masing-masing 1.56 dan 1.58.

.Tabel 2. Pengurangan hambatan dengan kontrol aktif hisapan

Kecepatan <i>upstream</i> , U_o (m/s)	Pengurangan hambatan, (%)		
	Kecepatan kontrol aktif hisapan, $U_{sc}=0.5$ m/s		
	25°	30°	35°
13.9	14.09	7.39	13.75

Hasil pengurangan hambatan pada masing-masing model uji dengan sudut kemiringan pada bagian depan $\phi=25^\circ$, $\phi=30^\circ$ dan $\phi=35^\circ$ ditampilkan pada Tabel 2. Dari Tabel 2, diperoleh informasi bahwa pengurangan hambatan terbesar sebagai efek dari penerapan kontrol aktif hisapan terjadi pada pada model uji dengan $\phi=25^\circ$ sebesar 14.09%. Semetara, untuk mdoel uji dengan $\phi=30^\circ$ dan $\phi=35^\circ$ masing-masing 7.39% dan dan 13.75%. Hal tersebut bersesuaian dengan hasil yang diperoleh dari medan kecepatan. Selain itu, penerapan kontrol aktif hisapan yang diletakkan di bagian atas dari jendela belakang (*rear window*) pada geometri mobil *fastback* yang disederhanakan juga telah dilakukan Roumeas et al. (2009), dimana mampu menghilangkan separasi dan memperoleh pengurangan *drag* aerodinamis sebesar 17% [8].

Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi geometri muka dan penambahan kontrol aktif hisapan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap koefisien hambatan pada *reversed Ahmed model*.
2. Pengurangan hambatan terbesar sebagai efek dari penerapan kontrol aktif hisapan terjadi pada model uji dengan sudut kemiringan pada bagian depan, $\phi=25^\circ$ sebesar 14.09%

Referensi

- [1] Ahmed S.R., G. Ramm and G. Faltin., SAE paper, Detroit, Michigan, USA, 840300-01 (1984)
- [2] Hinterberger C., Villalba M. G. & Rodi W., Large eddy simulation of flow around the Ahmed body, Institute for Hydromechanics, University of Karlsruhe, Germany (2004)
- [3] Fares E., Unsteady flow simulation of the Ahmed reference body using a lattice Boltzmann approach, *Computers and Fluids*, 35 (2006) 940-950
- [4] Minguez M., Pasquetti R. & Serre E., High-order Large Eddy Simulation of Flow over the Ahmed Body” *Car Model*”, *Physics of Fluids*, 20 (2008)
- [5] Uruba V., and Hladík O., On the Ahmed Body Wake, *Colloquium Fluid Dynamics*, Institute of Thermomechanics AS CR, v.v.i., Prague (2009)
- [6] Conan B., Anthoine J., and Planquart P., Experimental aerodynamic study of a car-type bluff body, *Experimental in Fluids*, 50 (2011) 1273–1284
- [7] Gillieron, P., 2003, Detailed Analysis of the Overtaking Process, *J. Mech. Eng.*, 53 (2003) 1-17
- [8] Roumeas M., Gillieron P., and Kourta A., Drag Reduction by Flow Separation Control on a Car after Body, *International Journal for Numerical Method in Fluids*, 60 (2009) 1222-1240.
- [9] Harinaldi, Budiarso, Warjito, Engkos A Kosasih, **Tarakka R.**, Simanungkalit S.P, Active Technique by Suction to Control the Flow Structure over a Van Model, *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 7 (2012) 215-222
- [10] Fourrie G, Keirsbulck L., Labraga L. & Gillie´ron P., Bluff-body drag reduction using a deflector, *Experimental in Fluids*, 50 (2011) 385–395
- [11] User’s Guide Manual of Fluent 6.3, (2006)