

Analisis komputasi pengaruh geometri muka terhadap koefisien hambatan aerodinamika pada model kendaraan

Rustan Tarakka^{1)*}, A. Syamsul Arifin P.¹⁾, Yunus¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin
Jalan Perintis Kemerdekaan Km 10, Tamalanrea Makassar 90245

Abstrak

Secara umum, kendaraan yang bergerak dengan kecepatan tertentu akan mengalami hambatan aerodinamika yang dipengaruhi oleh faktor bentuk dan aliran udara yang bersentuhan secara langsung pada permukaan kendaraan. Hambatan aerodinamika disebabkan oleh adanya penurunan tekanan dan separasi aliran yang terjadi pada bagian belakang kendaraan. Aliran udara yang bergerak secara teratur akan terpecah ketika terjadi separasi aliran sehingga menyebabkan terjadinya penurunan tekanan secara drastis dan akan menimbulkan hambatan aerodinamika. Pengembangan desain kendaraan merupakan salah satu upaya meminimalisir besarnya hambatan aerodinamika pada kendaraan. Konsep desain kendaraan dengan hambatan aerodinamika yang minimal akan mengoptimalkan *engine power* yang dihasilkan oleh kendaraan. Desain kendaraan dengan pola aliran fluida yang teratur di sekitar kendaraan akan memberikan efek positif terhadap hambatan aerodinamika pada kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hambatan aerodinamika pada model kendaraan dengan sudut kemiringan pada bagian depan yang berbeda. Model uji yang digunakan pada penelitian ini adalah *reversed Ahmed body* dengan variasi sudut kemiringan pada bagian depan 25°, 30°, dan 35°. Pendekatan komputasi menggunakan *software CFD Fluent 6.3* dengan model turbulensi *k-epsilon standard*. Kecepatan *upstream* diset pada kecepatan 13.9 m/s. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa koefisien hambatan aerodinamika terkecil adalah 1,7012 yang terjadi pada model kendaraan dengan sudut kemiringan pada bagian depan 30°.

Kata kunci: CFD, geometri muka, hambatan aerodinamika

Abstract

In general, if vehicles moving at a certain speed will have aerodynamic drag that influenced by the form factor and air flow on the surface of the vehicle. Aerodynamic drag caused by the pressure drop and flow separation that occurs at the rear of the vehicle. The air flow moving regularly will split when occurs the flow separation thus causing a pressure drop drastically and will cause aerodynamic drag. Development of vehicle design is one way to minimize the amount of aerodynamic drag on the vehicle. Concept of the vehicle design with minimal aerodynamic drag that would optimize engine power produced by the vehicle. Vehicle design with a pattern of fluid flow that regularly around the vehicle will give a positive effect to the aerodynamic drag on the vehicle. The research objective is to analyze the aerodynamic drag with different slant angle at the front of the vehicle model. The test model used in the research is reversed Ahmed body with variation of the slant angle at the front. The variations of the slant angle of the test model are 25°, 30°, and 35°. The computational approach used CFD software fluent 6.3 with k-epsilon standard turbulence model. The upstream velocity set to 13.9 m/s. The results showed that the smallest aerodynamic drag coefficient close to 1.7012 which occurred on the vehicle model with a slant angle at the front is 30°.

Keywords: CFD, front geometry, aerodynamic drag

1. Pendahuluan

Dunia otomotif berkembang sangat pesat sebagai dampak kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk memenuhi kebutuhan masyarakat khususnya di bidang *transportasi*. Hal ini ditandai dengan semakin meningkatnya produksi mobil dunia untuk memenuhi permintaan pasar yang tinggi. Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat penjualan mobil yang sangat tinggi dan terus meningkat setiap tahunnya. Produsen mobil seperti Toyota, Suzuki, Daihatsu, Mitsubishi dan lain lain berkompetisi dalam menghasilkan produk terbaik dengan melakukan berbagai perubahan yang inovatif. Jenis mobil yang diproduksi sangat beraneka ragam baik dari segi

desain model, ukuran, kapasitas mesin maupun merknya. Jenis mobil yang paling banyak diminati di Indonesia adalah kendaraan keluarga (*family van*) atau yang biasa disebut *Multi Purpose Vehicle (MPV)*. Jenis ini memiliki kapasitas mesin yang besar dengan bentuk (*body*) yang kurang memperhatikan aspek aerodinamika. Akibatnya pada saat kendaraan tersebut digunakan akan mengalami hambatan aerodinamika besar. Untuk mengatasi besarnya hambatan aerodinamika pada kendaraan maka salah satu inovasi yang dilakukan oleh produsen mobil adalah inovasi pada aspek desain bentuk mobil. Desain bentuk mobil merupakan aspek yang sangat diperhatikan untuk mengoptimalkan *engine power* yang dihasilkan

*Korespondensi: Tel./Fax.: 62 8114214217/ -
E-mail: rustan_tarakka@yahoo.com
©Teknik Mesin Universitas Udayana 2016

oleh mobil melalui proses pembakaran bahan bakar menjadi daya dorong, traksi dan stabilitas mobil pada saat bergerak dengan kecepatan tertentu. Sebuah produk kendaraan penumpang dengan hambatan aerodinamika yang minimal sangat menjanjikan untuk menarik minat para konsumen dan meningkatkan penjualan. Dalam konteks ini para konsumen dapat menekan konsumsi bahan bakar sehingga biaya operasional kendaraan lebih murah.

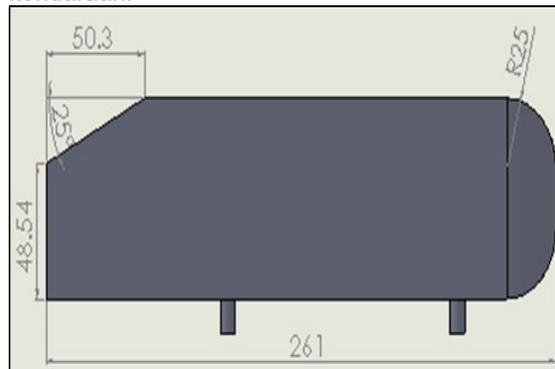
Perilaku aliran fluida pada sebuah benda dipengaruhi secara langsung oleh geometri benda. Untuk menggambarkan fenomena fisik aliran pada sebuah kendaraan digunakan model kendaraan. Salah satu model geometris kendaraan yang sering digunakan adalah model *Ahmed body*. Model *Ahmed body* merupakan bentuk yang paling baik dalam penyerderhanaan bentuk kendaraan untuk menganalisis hambatan aerodinamika [1]. Modifikasi model *Ahmed body* original dengan memberikan sudut kemiringan 25° dan 35° terhadap bidang horisontal pada bagian belakang melalui pendekatan numerik dan eksperimen memberikan hasil penurunan hambatan aerodinamika [2, 3]. Sementara, penelitian secara eksperimen tentang aerodinamika kendaraan jenis bluff body dengan menggunakan particles image velocimetry (PIV) dan oil visualization telah dilakukan oleh Conan B., et al. [4]. Penelitian dilakukan untuk memahami secara mendalam perilaku aliran di sekitar *Ahmed body* dan menginterpretasikan perubahan koefisien drag. Model *Ahmed body* yang digunakan pada penelitian ini diberikan variasi sudut kemiringan bagian belakang sebesar 10° , 20° , 25° , 30° , 40° . Koefisien drag yang diperoleh jika dibandingkan dengan hasil model *Ahmed body* orisinal menunjukkan bahwa pada sudut kemiringan 10° dan 20° tidak mengalami perubahan yang signifikan. Pada sudut kemiringan 20° dan 30° menunjukkan perbedaan sekitar 50% dimana koefisien drag yang diperoleh mengalami perubahan dari 0,27 menjadi 0,40 yang terjadi pada sudut 30° . Dan koefisien drag yang diperoleh hampir konstan pada sudut kemiringan di atas 30° .

Untuk mengetahui pengaruh geometri muka terhadap koefisien hambatan aerodinamika pada model kendaraan maka dilakukan penelitian dengan model uji *reversed Ahmed body* dengan variasi sudut kemiringan pada bagian depan dengan menggunakan pendekatan komputasi.

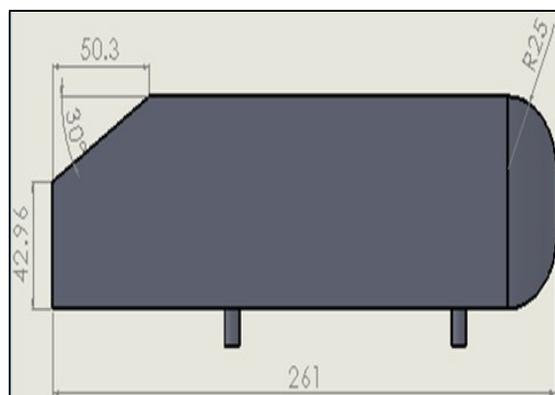
2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini, model uji yang digunakan adalah *reversed Ahmed body* dengan variasi sudut kemiringan pada bagian depan masing-masing 25° , 30° dan 35° . Model uji *reversed Ahmed body* mempunyai rasio geometri 0.25 dari model original *Ahmed body*. Karena itu model uji tersebut memiliki dimensi panjang $l=0.261\text{m}$, dan tinggi $h=0.072\text{ m}$ lebar $w=0.09725\text{ m}$ seperti yang

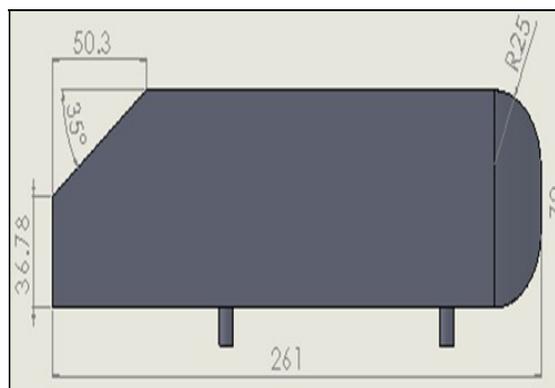
terlihat pada Gambar 1a – 1c. Pemilihan desain *reversed Ahmed body* didasari oleh bentuknya yang sederhana tetapi mencapai tingkat akurasi yang memadai pada simulasi aliran fluida pada kendaraan.



a. Model uji dengan $\theta=25^\circ$



b. Model uji dengan $\theta=30^\circ$

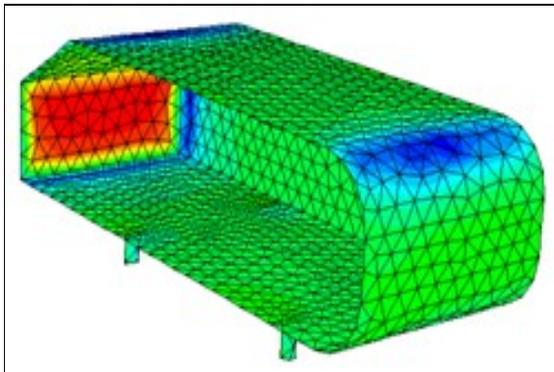


c. Model uji dengan $\theta=35^\circ$

Gambar 1. Model uji reversed Ahmed body

Pendekatan komputasi digunakan pada penelitian ini dimana diaplikasikan *software CFD Fluent 6.3* [5] dengan model turbulensi *k-epsilon standard* untuk menganalisis pengaruh variasi sudut kemiringan bagian depan terhadap karakteristik medan aliran dan hambatan aerodinamika pada model uji. Pada proses awal, geometri model uji didefinisikan dalam bentuk domain komputasi kemudian dibuat menjadi

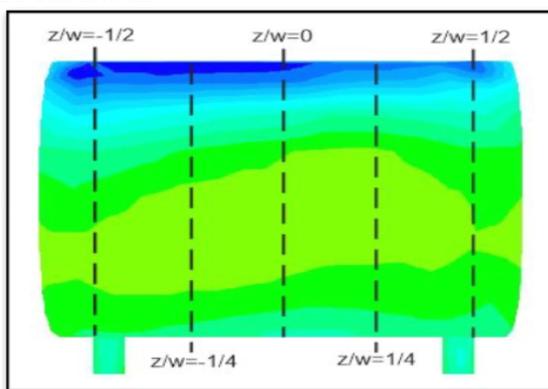
tampilan grid (*mesh*) seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan grid model uji

Untuk kondisi batas (*boundary condition*), antara lain kecepatan *upstream*, $U_0 = 13.9$ 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*.

Koordinat pengambilan data karakteristik distribusi tekanan di bagian belakang model uji dilakukan pada 5 titik yang berbeda, yaitu $z/w = -1/2, -1/4, 0, 1/2$ dan $1/4$, seperti pada Gambar 3. Pada sumbu vertikal (y/h), pengambilan data setiap lokasi z/w dilakukan sebanyak 9 titik. Pada tahap akhir akan ditampilkan hasil-hasil penghitungan berupa nilai numerik setiap variabel, seperti distribusi tekanan dan koefisien hambatan aerodinamika.



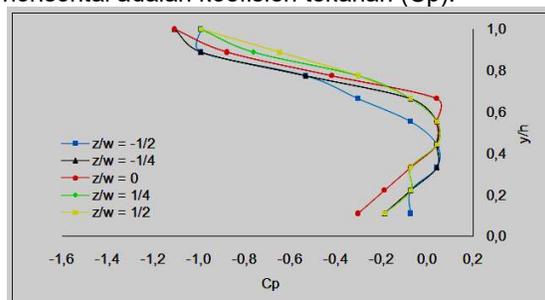
Gambar 3. Lokasi pengambilan data pada metode komputasi

3. Hasil dan Pembahasan

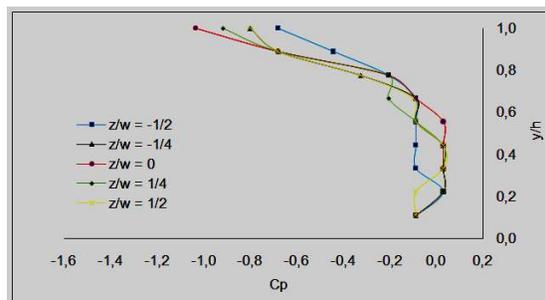
3.1. Distribusi tekanan

Gambar 4a – 4c menunjukkan distribusi koefisien tekanan (C_p) yang terjadi pada bagian belakang pada setiap model kendaraan dengan kecepatan *upstream* 13.9 m/s. Gambar 4a – 4c memperlihatkan koefisien tekanan pada setiap model uji dengan sudut kemiringan pada bagian depan masing-masing $25^\circ, 30^\circ$ dan 35° . Pola yang ditampilkan dalam bentuk grafik y/h terhadap koefisien tekanan. Dimana sumbu vertikal adalah

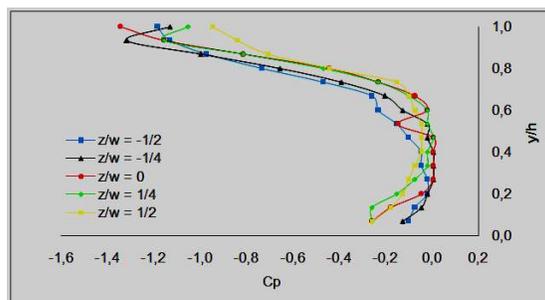
y/h yang menunjukkan perbandingan antara tinggi grid dengan tinggi model uji, sementara sumbu horizontal adalah koefisien tekanan (C_p).



a. Koefisien tekanan (C_p) pada model uji 25°



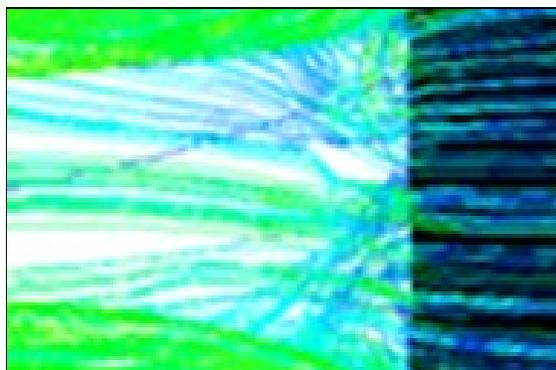
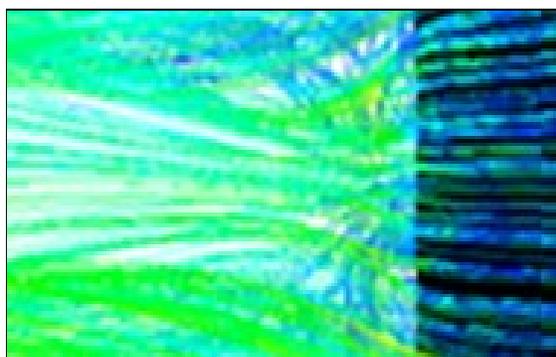
b. Koefisien tekanan (C_p) pada model uji 30°



c. Koefisien tekanan (C_p) pada model uji 35°

Gambar 4. Distribusi koefisien tekanan pada bagian belakang model uji

Distribusi koefisien tekanan dalam arah z/w , dimana z/w adalah perbandingan antara lebar grid dengan lebar model uji. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa pada $y/h = 0.6$ sampai $y/h = 1$ terjadi penurunan tekanan pada masing-masing model uji. Hal ini menunjukkan bahwa koefisien tekanan minimal terjadi pada sisi atas bagian belakang model kendaraan. Hal ini disebabkan karena pada koordinat tersebut mulai terjadi separasi aliran, dimana aliran udara yang mengalir di sepanjang permukaan model uji tidak mampu mengikuti bentuk atau kontur model uji pada bagian belakang. Hal tersebut akan menyebabkan terbentuknya aliran balik di bagian belakang model uji sehingga mengakibatkan penurunan distribusi tekanan. Nilai minimum distribusi tekanan dari masing-masing model uji ditampilkan pada Tabel 1.

a. Pathline kecepatan model uji 25⁰b. Pathline kecepatan model uji 30⁰c. Pathline kecepatan model uji 35⁰**Gambar 5. Pathline kecepatan pada bagian belakang model uji**

Dari tabel 1 diperoleh informasi bahwa nilai minimum distribusi koefisien tekanan pada setiap model uji terjadi pada $y/h=1$, dimana posisi tersebut adalah bagian tepi atas sisi belakang masing masing model uji. Distribusi koefisien tekanan terbesar terjadi pada model uji dengan sudut kemiringan bagian depan 30⁰ yakni -1.0349. Sementara koefisien tekanan pada model uji dengan sudut kemiringan bagian depan 25⁰ dan 35⁰ masing-masing -1.1071 dan -1,3420.

Adanya perbedaan nilai distribusi koefisien tekanan tersebut diperjelas melalui gambar pathline kecepatan pada bagian belakang masing-masing model uji seperti tampak pada Gambar 5. Pathline kecepatan adalah garis jejak atau garis lintasan aliran fluida pada masing-masing model

uji sehingga terlihat pola aliran udara yang terjadi pada masing-masing model uji. Pada gambar 5a – 5c memperlihatkan bahwa aliran udara pada model uji dengan sudut kemiringan bagian depan 25⁰ dan 35⁰ mengalami olakan yang lebih besar jika dibandingkan dengan model uji dengan sudut kemiringan bagian depan 30⁰. Olakan yang lebih besar tersebut disebabkan oleh adanya separasi aliran dengan tekanan yang rendah pada bagian belakang model uji yang menyebabkan distribusi koefisien tekanan menjadi rendah. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Roumeas M., et al., dimana separasi aliran yang terjadi pada bagian belakang model uji akan menyebabkan olakan dan penurunan tekanan [6].

Tabel 1. Nilai minimum distribusi koefisien tekanan

Model Uji	K. Tekanan Cp	y/h	z/w
$\theta=25^0$	-1,1071	1	-1/4 dan 0
$\theta=30^0$	-1,0349	1	0
$\theta=35^0$	-1,3420	1	0

3.2. Hambatan aerodinamika

Nilai koefisien hambatan aerodinamika yang diperoleh pada setiap model uji berbeda-beda. Perbedaan tersebut disebabkan oleh adanya perbedaan distribusi koefisien tekanan pada bagian belakang masing-masing model uji. Kondisi yang berbeda tersebut akan menimbulkan nilai koefisien hambatan aerodinamika yang berbeda pula pada masing-masing model uji. Hal ini menunjukkan bahwa besarnya sudut kemiringan bagian depan dari masing-masing model uji akan mempengaruhi koefisien hambatan aerodinamika model uji. Besarnya koefisien hambatan aerodinamika pada masing-masing model uji ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Koefisien hambatan aerodinamika

Model Uji	Koef. Hambatan Cd
$\theta=25^0$	1,8100
$\theta=30^0$	1,7012
$\theta=35^0$	1,7806

Tabel 2 memperlihatkan bahwa koefisien hambatan aerodinamika terkecil terjadi pada model uji dengan sudut kemiringan pada bagian depan 30⁰ sebesar 1.7012. Sementara koefisien hambatan aerodinamika pada model uji dengan sudut kemiringan pada bagian depan 25⁰ dan 35⁰ masing-masing 1,8100 dan 1,7806. Hasil ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Conan B., et al., dimana pada sudut kemiringan 30⁰ bagian belakang pada modifikasi model *Ahmed body* diperoleh koefisien hambatan aerodinamika terbesar [4]. Demikian pula dengan penelitian yang dilakukan oleh Fourrie G., et.al, dimana koefisien hambatan aerodinamika terbesar juga terjadi pada sudut kemiringan 30⁰ [7].

4. Simpulan

Variasi sudut kemiringan pada bagian depan model uji *reversed Ahmed body* memberikan efek pada hasil analisis komputasi pengaruh geometri muka terhadap koefisien hambatan aerodinamika. Hal ini terlihat dari hasil komputasi dimana koefisien hambatan aerodinamika yang diperoleh pada setiap model uji berbeda-beda. Hal tersebut disebabkan karena adanya perbedaan distribusi koefisien tekanan yang terjadi pada setiap model uji. Koefisien hambatan aerodinamika terkecil diperoleh sebesar 1,7012 pada model uji dengan sudut kemiringan bagian depan 30° . Untuk memperoleh hasil analisis yang lebih akurat maka perlu dilakukan validasi terhadap hasil komputasi melalui metode eksperimen.

Daftar Pustaka

- [1] Ahmed S.R., G. Ramm and G. Faltn, *SAE paper*, Detroit, Michigan, USA, 840300-1, 1984.
- [2] Guilmineu E., *Computational study of flow around a simflifield car body*, Journal of wind engineering and industrial aerodynamics, 96, pp. 1207-1217, 2007.
- [3] Krentel D., Muminovic R, Brunn A., Nitsche W., and King R., 2010, *Application of active flow control on generic 3D car models*, R. King (Ed.): Active flow control II, NNFM 108, pp. 223–239, 2010.
- [4] Conan B., Anthoine J., and Planquart P., *Experimental aerodynamic study of a car-type bluff body*, Experimental in fluids, 50, pp. 1273–1284, 2011.
- [5] User's guide manual of fluent 6.3 , September 2006.
- [6] Rouméas M., Gilliéron P. And Kourta, *Separated flow around the rear window of a simplified car geometry*, Journal of fluids engineering, 130, 2008.
- [7] Fourrie G., Keirsbulk L., Labraga L. and Gilieron P., *Bluff body drag reduction using a deflector*, Experimental fluids, 50, pp. 385-395, 2010.