

ANALISIS KOMPUTASI PENGARUH GEOMETRI MUKA TERHADAP KOEFISIEN HAMBATAN AERODINAMIKA PADA MODEL KENDARAAN

Yunus

Jurusan Mesin Otomotif, Politeknik TEDC Bandung

Email: yunus.sq@gmail.com

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 untuk meminimalisir besarnya hambatan aerodinamika pada kendaraan. Konsep desain model kendaraan dengan hambatan aerodinamika yang minimal akan mengoptimalkan engine power yang dihasilkan oleh engine. 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 250, 300, dan 350. Pendekatan komputasi menggunakan software CFD fluent 6.3 dengan model turbulensi k-epsilon standard. Kecepatan upstream diatur 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 300.

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 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 variation of the slant angle of the test model are 250, 300, and 350. 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 300.

Keywords: CFD, the front geometry, aerodynamic drag

I. 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, Mitzubishi 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 yang 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 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 (Muson B., 2002). 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 (Ahmed S.R., G. Ramm and G. Falin, 1984). 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 (Guilmineu E., 2007 dan Krentel D., et al., 2010). Sementara, penelitian secara eksperimen tentang aerodinamika kendaraan jenis bluff body dengan menggunakan particles image velocimetry dan oil visualization dilakukan oleh Conan B., et. al (2011). 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* original 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.

II. LANDASAN TEORI

Aerodinamika terdiri dari kata Aero dan dynamic, dalam bahasa Yunani berarti udara dan gaya gerak sehingga hambatan aerodinamika dapat didefinisikan sebagai suatu hambatan yang terjadi karena adanya benda yang bergerak dalam udara atau sebaliknya. Aerodinamika menjadi sangat penting karena berkaitan dengan gaya hambat (*drag*) yang akan mempengaruhi kecepatan suatu kendaraan (Muson B., 2002). Gaya *drag* (D), dirumuskan dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$D = C_D \frac{\rho U^2}{2} A \dots\dots\dots 1$$

Dimana:

- D : Gaya hambat (drag)
- C_D : Koefisien drag

$$0,5(C_D \rho U_o^2) \text{ Tekanan dinamis arus bebas (Pa)}$$

A : Luas karakteristik (m²)

Hambatan aerodinamika atau drag pada benda yang bergerak melalui fluida diakibatkan oleh tekanan dan tegangan geser permukaan benda. Besarnya pressure drag sangat dipengaruhi oleh bentuk benda sehingga drag tekanan disebut form drag. Pressure drag adalah bentuk paling umum yang digunakan untuk mendefinisikan drag pada benda yang disebabkan oleh resistansi fluida untuk mengubah aliran saat mengisi ruang di belakang benda yang menimbulkan perbedaan tekanan aliran upstream dan down stream (Muson B., 2002). Hal menyebabkan tekanan total pada bagian belakang lebih rendah daripada bagian depan sehingga memunculkan tarikan ke arah belakang. Secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$C_p = \frac{2F_D}{\rho U_\infty^2 A} = \frac{2(P - P_\infty)}{\rho U_\infty^2}$$

Dimana:

- C_p : Koefisien Tekanan
- F_D : Gaya drag (N)
- ρ : Massa jenis udara (kg/m³)
- P_∞ : Tekanan upstream (Pa)
- P : Tekanan permukaan model uji (Pa)
- U_∞ : Kecepatan udara (m/s)

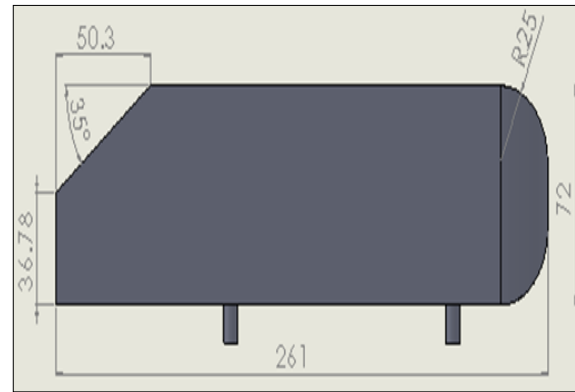
Adanya separasi aliran sekitar kendaraan akan menimbulkan aliran balik (*wake*) yang mengakibatkan tekanan rendah khususnya bagian belakang kendaraan. Semakin cepat terbentuknya proses separasi aliran maka daerah *wake* yang terbentuk akan semakin besar dan menjadi penyebab utama rendahnya tekanan di bagian belakang kendaraan. Fenomena *Wake* yang terbentuk dibelakang kendaraan telah menjadi kajian yang menarik di bidang ilmu dinamika fluida. Dari tinjauan dinamika fluida, metode untuk mengurangi aliran balik (*wake*) untuk meningkatkan tekanan dapat dilakukan dengan memodifikasi aliran secara lokal, memindahkan atau menunda posisi separasi serta mengurangi berkembangnya zona resirkulasi di bagian belakang kendaraan. Metode tersebut dapat dilakukan dengan mengontrol aliran di sekitar kendaraan dengan menerapkan sistem kontrol aktif aliran.



Gambar 1. Pola aliran udara di permukaan kendaraan
<https://www.google.com/search?q=a+hambatan+aerodinamika+mobil> (2022)

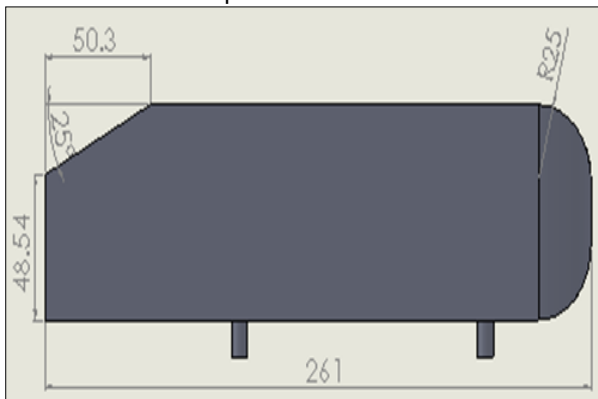
III. METODE PENELITIAN

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 $l=0.261\text{m}$, tinggi $h=0.072\text{m}$ lebar $w=0.09725\text{m}$ seperti yang terlihat pada gambar 2(a-c). Pemilihan disain *reversed Ahmed body* didasari oleh bentuknya yang sederhana tetapi mencapai tingkat akurasi yang memadai pada simulasi aliran fluida pada kendaraan.

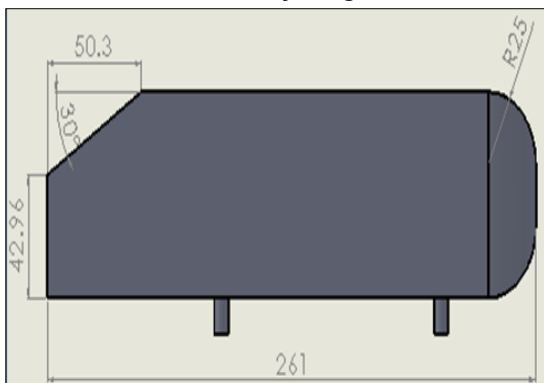


c. Model uji dengan $\theta=35^\circ$
 Gambar 2. Model uji *reversed Ahmed body*

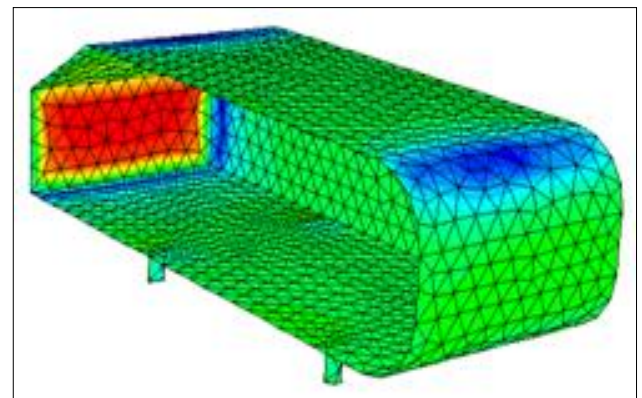
Pendekatan komputasi yang digunakan pada penelitian ini adalah aplikasi *software CFD fluent 6.3* dengan model turbulensi *k-epsilon standard* untuk menganalisis pengaruh variasi sudut kemiringan bagian depan terhadap karakteristik medan aliran dan hambatan aerodinamika pada model uji (User's guide manual of fluent 6.3, September 2006). Pada proses awal, geometri model uji didefinisikan dalam bentuk domain komputasi kemudian dibuat menjadi tampilan grid (*mesh*) seperti yang terlihat pada gambar 3.



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

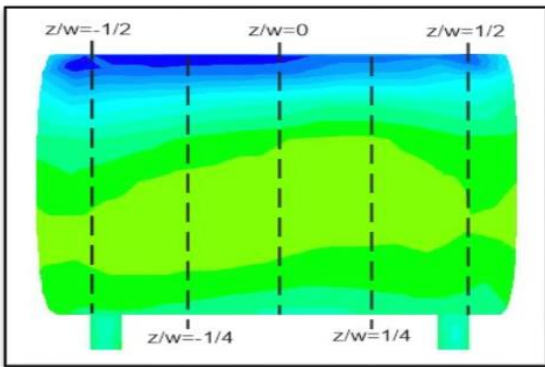


b. Model uji dengan $\theta=30^\circ$

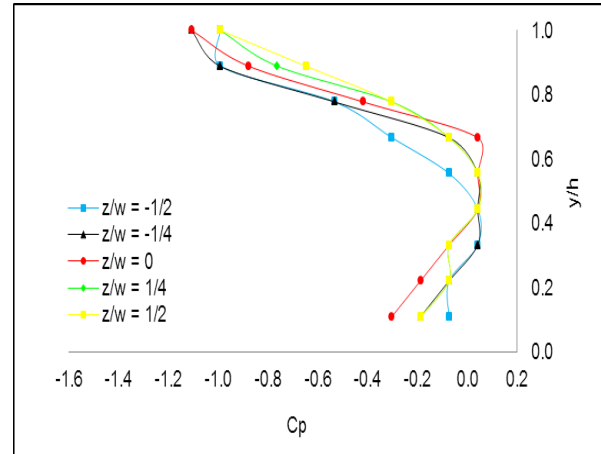


Gambar 3. Tampilan grid model uji

Untuk kondisi batas (*boundary condition*), antara lain kecepatan *upstream*, $U_0 = 13.9\text{ m/s}$, kerapatan udara 1.225 kg/m^3 dan viskositas $1.7894 \times 10^{-5}\text{ kg/m}\cdot\text{s}$. 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) lima titik yang berbeda, yaitu $z/w = -1/2, -1/4, 0, 1/2$ dan $1/4$. 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 4. Lokasi pengambilan data metode komputasi

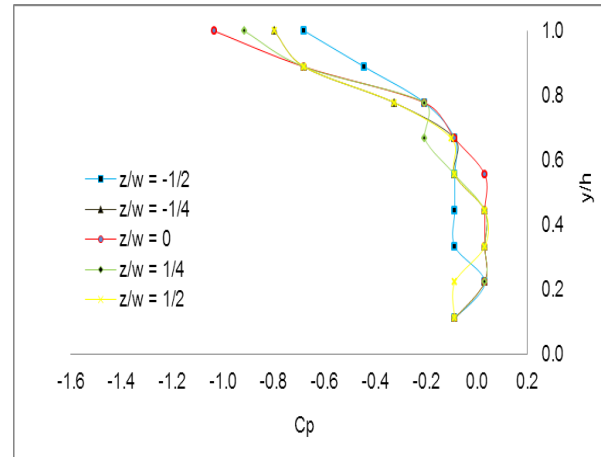


a. Koefisien tekanan (C_p) pada model uji 25°

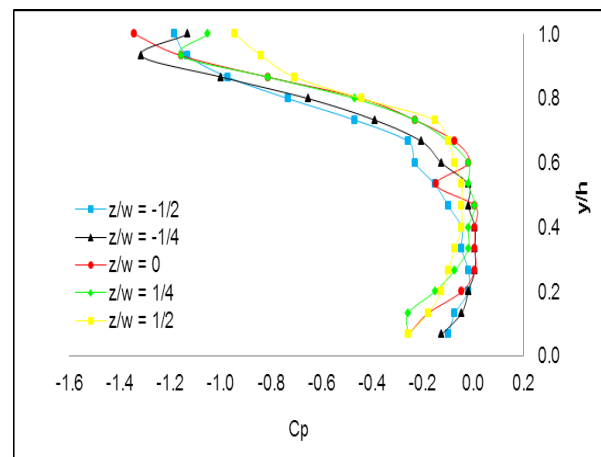
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Distribusi Tekanan

Pada gambar 5(a-c) menunjukkan distribusi koefisien tekanan (C_p) yang terjadi pada bagian belakang pada setiap model kendaraan dengan kecepatan *upstream* 13.9 m/s. Gambar 5(a-c) memperlihatkan koefisien tekanan pada setiap model uji dengan sudut kemiringan pada bagian depan masing-masing 25° , 30° 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 horisontal adalah koefisien tekanan (C_p). Distribusi 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.

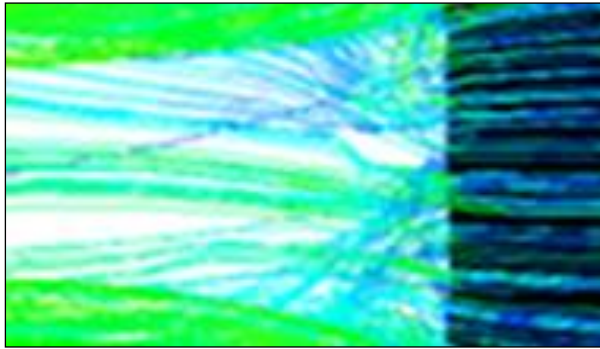


b. Koefisien tekanan (C_p) pada model uji 30°

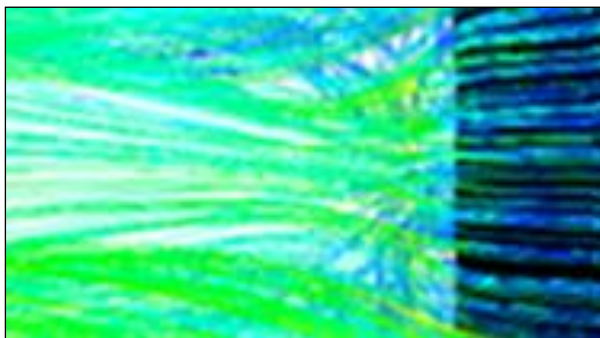


c. Koefisien tekanan (C_p) pada model uji 35°

Gambar 5. Distribusi koefisien tekanan pada bagian belakang model uji



a. Pathline kecepatan model uji 25°



b. Pathline kecepatan model uji 30°



c. Pathline kecepatan model uji 35°

Gambar 6 Pathline kecepatan 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 30° yakni -1.0349. Sementara koefisien tekanan pada model uji dengan sudut kemiringan bagian depan 25° dan 35° masing-masing -1.1071 dan -1,3420.

Tabel 1. Nilai minimum distribusi koef. tekanan

Model Uji	Koef. Tekanan C_p	y/h	z/w
-----------	---------------------	-------	-------

$\theta=25^\circ$	-1.1071	1	-1/4 dan 0
$\theta=30^\circ$	-1.0349	1	0
$\theta=35^\circ$	-1,3420	1	0

Adanya perbedaan nilai distribusi koefisien tekanan tersebut diperjelas melalui gambar pathline kecepatan pada bagian belakang masing-masing model uji seperti tampak pada gambar 6. 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 6(a-c) memperlihatkan bahwa aliran udara pada model uji dengan sudut kemiringan bagian depan 25° dan 35° mengalami olakan yang lebih besar jika dibandingkan dengan model uji dengan sudut kemiringan bagian depan 30°. 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., (2008) dimana separasi aliran yang terjadi pada bagian belakang model uji akan menyebabkan olakan dan penurunan tekanan. Fenomena ini akan akan berpengaruh terhadap adanya hambatan aerodinamika pada yang signifikan pada masing masing model uji.

b. 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, dimana hasil ini merupakan data empiris yang diperoleh pada penelitian ini.

Tabel 2. Koefisien hambatan aerodinamika

Model Uji	Koef. hambatan aerodinamika C_d
$\theta=25^\circ$	1.8100
$\theta=30^\circ$	1.7012
$\theta=35^\circ$	1.7806

Tabel 2 menunjukkan bahwa koefisien hambatan aerodinamika terkecil terjadi pada model uji dengan sudut kemiringan pada bagian depan 30° sebesar 1.7012. Sementara koefisien hambatan aerodinamika pada model uji dengan sudut kemiringan pada bagian depan 25° dan 35° masing-masing 1.8100 dan 1.7806. Hasil ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh

Conan B., et al. (2011), dimana pada sudut kemiringan 30° bagian belakang pada modifikasi model *Ahmed body* diperoleh koefisien hambatan aerodinamika terbesar. Demikian pula dengan penelitian yang dilakukan oleh Fourrier G., et al., (2010), dimana koefisien hambatan aerodinamika terbesar juga terjadi pada sudut kemiringan 30° . Untuk memperoleh hasil analisis yang lebih akurat maka perlu dilakukan validasi terhadap hasil komputasi melalui metode eksperimen.

V. KESIMPULAN

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 pada model uji dengan sudut kemiringan bagian depan 30° sebesar 1.7806. Penelitian lebih lanjut hambatan aerodinamika pada kendaraan dapat dilakukan dengan menerapkan kontrol pasif dan kontrol aktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed S.R., G. Ramm and G. Faltin, *SAE paper*, Detroit, Michigan, USA, 840300-1, 1984
- Conan B., Anthoine J., and Planquart P., *Experimental aerodynamic study of a car-type bluff body*, *Experimental in fluids*, 50, pp. 1273–1284, 2011.
- Fourrier G., Keirsbulk L., Labraga L. and Gillieron P., *Bluff body drag reduction using a deflector*, *Experimental fluids*, 50, pp. 385-395, 2010
- Guilmineu E., *Computational study of flow around a simplified car body*, *Journal of wind engineering and industrial aerodynamics*, 96, pp. 1207-1217, 2007.
- 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
- Muson, B., 2002, *Mekanika Fluida Jilid II*. Jakarta: Erlangga
- Rouméas M., Gilliéron P. And Kourta, *Separated flow around the rear window of a simplified car geometry*, *Journal of fluids engineering*, 130, 2008.
- User's guide manual of fluent 6.3 , September 2006
<https://www.google.com/search?q=a.hambatan+aerodinamika+mobil> (Diakses tanggal 18 Juli 2022)