

## ANALISIS KOEFISIEN HAMBATAN PADA DESAIN BODI KENDARAAN TIPE *CONCEPT CAR* MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK CFD FLUENT

Muh. Nuruh Haq Amaluddin<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Teknik Manufaktur Industri Agro, Politeknik ATI Makassar, Jl Sunu No.220, Kec.Tallo Kota Makassar, 90221

\*Email noeroelhaq@atim.ac.id

Diterima: 07 04 2022

Direvisi: 10 05 2022

Disetujui: 25 07 2022

### ABSTRAK

Salah satu pengembangan pada suatu kendaraan adalah desain bodi mobil. Desain mobil tidak hanya ditinjau dari faktor estetika, namun juga berdasarkan bentuk keaerodinamisan bodinya. 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 menghasilkan rancangan kendaraan *concept car* yang aerodinamis serta memiliki koefisien hambatan yang rendah untuk meminimalisir kerja *engine* yang besar sehingga dapat menghemat penggunaan bahan bakar, serta menunjukkan pengaruh bentuk bodi terhadap nilai koefisien hambatan yang dihasilkan. Metode simulasi ini dilakukan menggunakan *software* yang berbasis komputasi dinamika fluida yaitu Ansys 16.0. Dalam simulasi terhadap hasil desain kendaraan tipe *concept car* yang diuji, digunakan skala 1:1 dengan asumsi ukuran desain dalam kondisi sebenarnya. Dalam penelitian ini juga dilakukan pengujian dengan kecepatan angin yang berbeda yaitu 11 m/s, 22 m/s dan 28 m/s. Hal tersebut dilakukan agar didapatkan nilai koefisien hambatan yang valid. Dari hasil simulasi didapat bahwa nilai koefisien hambatan pada desain kendaraan tipe *concept car* sebesar 0,32. Hal ini menunjukkan nilai koefisien hambatan desain *concept car* termasuk dalam kategori baik serta memperlihatkan adanya pengaruh bentuk bodi terhadap nilai koefisien hambatan yang dihasilkan pada kendaraan tersebut.

**Kata kunci:** aerodinamika, CFD, ansys, gaya drag, *concept car*

### ABSTRACT

*One of the development in a vehicle, is a car body design. The design of the car not only in terms of aesthetic factors, but also on the basis of the shape aerodynamic body. Development of vehicle design is one of the effort to minimize the magnitude of the drag on the vehicle aerodynamics. The vehicle concept design with minimal drag aerodynamics will optimize engine power that is generated by the vehicle. The design of the vehicle with a regular pattern of fluid flow around the vehicle will give a positive effect towards the barriers on the vehicle aerodynamics. This research aims to produce a aerodynamic draft vehicle concept car and has a low resistance coefficient to minimize the engine working so it can save on fuel use, as well as showing the influence of the body shape of the resulting drag coefficient. This simulation is carried out using a method of software-based computational fluid dynamics is Ansys 16.0. In the simulation result against types of vehicle design concept car tested, used a scale of 1:1 assuming the size of the actual design. In this study also done testing with different velocity that is 11 m/s, 22 m/s, and 28 m/s. Things are done so that obtained a valid drag coefficient value. Simulation results obtained from that value the drag coefficient on the design type vehicle concept car is 0.32 Result shows the values of the drag coefficient concept car design included in the category as well, as showed the influence of the body shape of the resulting drag coefficient on the vehicle.*

**Keywords:** aerodynamic, cfd, ansys, drag force, concept car.

## PENDAHULUAN

Salah satu upaya yang dilakukan untuk menekan pemborosan energi dan pelepasan gas CO<sub>2</sub> ke udara pada suatu kendaraan adalah dengan mendesain bentuk kendaraan yang aerodinamis. Hal ini berkaitan dengan semakin berkurangnya energi fosil sedang konsumsi bahan bakar semakin tinggi. Pemanasan global (*global warming*) juga merupakan suatu isu dunia yang dipicu oleh kerusakan lapisan ozon oleh gas buang [1]. Salah satu acuan pengembangan pada suatu mobil adalah pada bentuk bodinya. Bentuk bodi kendaraan merupakan salah satu dari berbagai aspek (*engine*, transmisi, kemudi, suspensi, rem, kelistrikan, dan estetika) yang mempengaruhi performa sebuah kendaraan. Bentuk bodi kendaraan berkaitan erat dengan beban aerodinamika. Salah satu jenis beban aerodinamika adalah *drag force*. *Drag force* ini merupakan gaya yang sifatnya menghambat arah laju kendaraan. Bentuk bodi kendaraan yang aerodinamis dapat berpengaruh pada berkurangnya pemakaian bahan bakar serta dapat meminimalisir gaya-gaya yang menghambat laju kendaraan dan juga resiko kegagalan operasional. Salah satunya dalam hal ini adalah kecelakaan pada saat kendaraan beroperasi [2].

Gaya *drag* tekanan atau sering disebut *drag* tekanan adalah bagian dari *drag* yang langsung disebabkan oleh tekanan pada sebuah benda. *Drag* ini sering disebut sebagai *drag* bentuk karena ketergantungan yang sangat kuat pada bentuk benda. *Drag* tekanan merupakan fungsi dari besarnya tekanan dan orientasi arah elemen permukaan dimana gaya tekanan tersebut bekerja [3]. Sebagian besar informasi yang tersedia mengenai *drag* pada sebuah benda merupakan hasil dari eksperimen yang banyak dilakukan dengan terowongan angin, dan peralatan-peralatan lainnya untuk mengukur *drag* model-model yang diskalakan begitu pula dengan menggunakan simulasi komputer. Data-data ini dapat dinyatakan dalam bentuk tak berdimensi dan hasilnya dapat dibandingkan dengan tepat untuk perhitungan *prototype*.

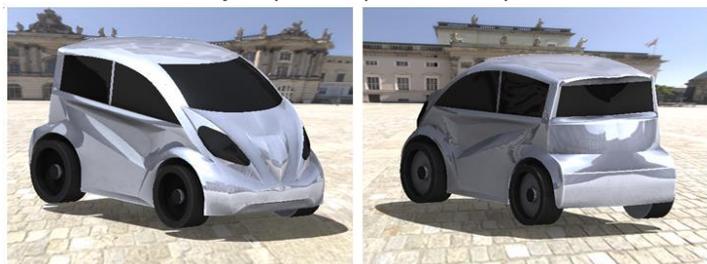
Perilaku aliran fluida pada sebuah benda dipengaruhi secara langsung oleh geometri benda. Untuk menggambarkan fenomena fisik aliran pada sebuah kendaraan digunakan model kendaraan. Salah satu model geometris kendaraan yang sering digunakan adalah model *Ahmed body*. Model *Ahmed body* merupakan bentuk yang digunakan dalam penyerderhanaan bentuk kendaraan untuk menganalisis hambatan aerodinamika [4]. Beberapa penelitian lain yang berkaitan dengan aerodinamika kendaraan juga telah dilakukan, diantaranya; Analisis lanjutan mengenai aerodinamika model kendaraan umum [5]. Riset pengaruh bentuk bodi bagian depan salah satu tipe mobil sedan terhadap aerodinamika kendaraan [6]. Adapula analisis aerodinamika pada mobil jenis penumpang (*simplified passenger vehicle*) untuk melihat interaksi aliran udara disekitar bodi kendaraan [7]. Kemudian, penelitian tentang analisis performansi *drag* pada bodi kendaraan tipe sedan menggunakan CFD [8].

Pada studi ini, investigasi dilakukan untuk menganalisis nilai koefisien hambatan yang memiliki pengaruh besar terhadap performa kendaraan, dengan menggunakan jenis model hasil desain *concept city car* dengan tema hemat energi dan ramah lingkungan.

## METODE PENELITIAN

### Pembuatan Model

Dalam melakukan simulasi menggunakan CFD dan sebelum menghitung nilai koefisien drag suatu model, langkah awal yang harus dilakukan adalah membuat model. Model yang dibuat menggunakan aplikasi Solidworks. Dalam hal ini kendaraan dibuat dengan satu model, dimana model *concept car* ditunjukkan pada Gambar 1. Model yang telah dibuat menggunakan Solidworks, selanjutnya di *import* ke Ansys Workbench 16.0 *Modeler* [9].



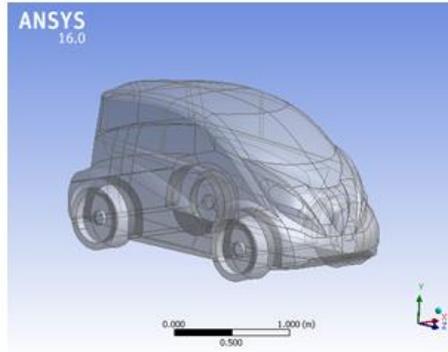
**Gambar 1.** Hasil pembuatan model desain tampak depan & belakang

Adapun untuk menghitung nilai koefisien *drag* pada hasil desain ini menggunakan rumus sebagai berikut [10]:

$$C_d = \frac{D}{0,5 \times \rho \times u^2 \times A} \quad (1)$$

Dimana D gaya hambat,  $C_d$  koefisien hambatan,  $\rho$  densitas/massa jenis,  $u$  kecepatan fluida, A luas karakteristik/ *frontal area*.

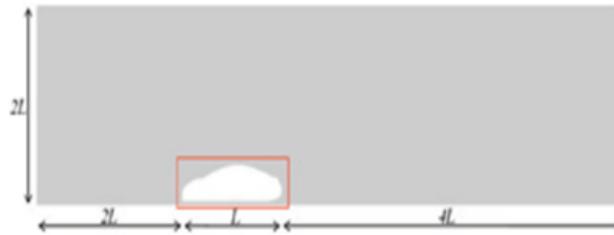
Berikut ini adalah hasil impor model desain kedua kendaraan pada *Software geometry modeler* Ansys 16.0.



Gambar 2. Import geometri model

### Computational Domain

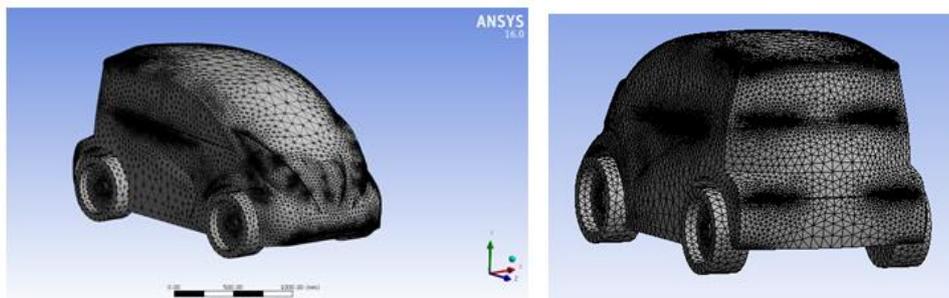
Daerah komputasi (*computational domain*) analisis CFD pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3 berikut. Dimensi *computational domain* dinyatakan dalam L, dimana L adalah panjang dari kendaraan yang akan disimulasikan.



Gambar 3. Computational domain

### Meshing

Model kemudian dimesh pada *mesh builder*. *Meshing* menggunakan dua metode. Pertama, *mesh* otomatis dengan bentuk *tri element* dengan elemen paling kecil 1 mm dan rasio pertumbuhan 1.2. Kedua, *meshing* menggunakan fitur *inflation* untuk membentuk lapisan batas pada permukaan bodi dan didapatkan bentuk mesh yang terbaik dan memudahkan perhitungan (iterasi).



Gambar 3. Computational domain

### Kondisi Batas (*Boundary Conditions*)

Kondisi batas (*boundary condition*) yang diterapkan dalam pendekatan komputasi studi ini adalah : (1) Kondisi batas yang digunakan pada daerah perhitungan dibagi atas beberapa bagian yaitu; atas, bawah, samping, simetri, depan dan belakang. (2) Pada batas depan dimasukkan kecepatan seragam dengan besar yang divariasikan untuk setiap simulasi yaitu 11 m/s, 22 m/s, dan 28 m/s. (3) Pada bagian atas, belakang dan samping merupakan kondisi batas tekanan keluar dengan tekanan yang sama dengan tekanan atmosfer. (4) Fluida yang digunakan adalah udara dengan kerapatan,  $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$  dan viskositas,  $\mu = 1.7894 \times 10^{-5} \text{ kg/m-s}$  dengan model turbulensi *k-epsilon Realizable*, yang merupakan model turbulen yang paling sering digunakan dalam analisis aerodinamika. Fluent memilih harga-harga ini sebagai default untuk material udara. Pada tahap akhir akan ditampilkan hasil penghitungan berupa nilai numerik setiap variabel, yaitu koefisien hambatan aerodinamika..

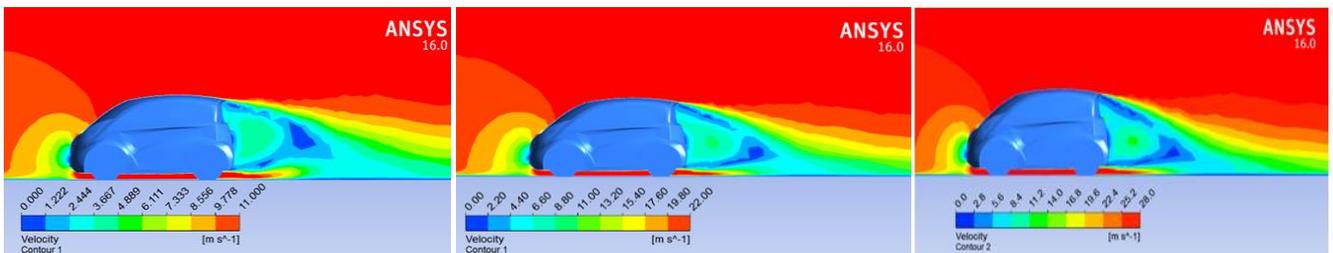
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Medan Aliran

Hasil simulasi pada bagian ini memperlihatkan kontur kecepatan dan pola aliran *streamlines* udara di sekitar bodi model uji.

#### (a) Kontur Kecepatan

Hasil simulasi yang ditampilkan pada Gambar 4, menunjukkan kontur kecepatan aliran udara *upstream* pada bodi model uji. Untuk kontur kecepatan ini, tingkat kecepatan *upstream* yang diperlihatkan untuk model adalah  $U_0 = 11 \text{ m/s}$ ,  $22 \text{ m/s}$  dan  $28 \text{ m/s}$ .



**Gambar 4.** Kontur kecepatan *upstream* model pada kecepatan  $U_0 = 11 \text{ m/s}$ ;  $U_0 = 22 \text{ m/s}$ ;  $U_0 = 28 \text{ m/s}$

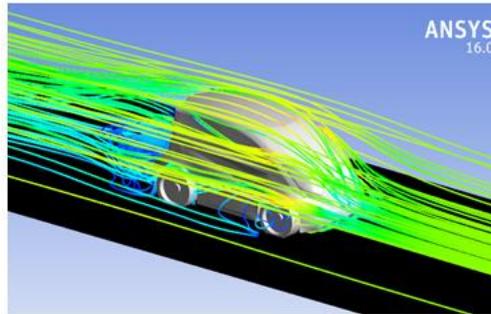
Gambar 4 menunjukkan karakteristik kecepatan yang tampilannya difokuskan pada bagian depan dan khusus pada bagian belakang model. Hal tersebut dilakukan mengingat pengaruh drag yang muncul, rata-rata disebabkan oleh pola aliran udara yang terjadi dibelakang bodi kendaraan. Perbedaan kontur kecepatan disesuaikan pada hasil analisis dengan kecepatan *upstream* 11,1 m/s, 22,2 m/s dan 27,8 m/s.

Penurunan kecepatan pertama terjadi pada daerah bagian depan model. Hal tersebut terjadi karena laju kecepatan udara yang rendah pada titik stagnasi, hal disebabkan karena pada titik tersebut terdapat suatu tahanan angin, dimana bentuk dari ujung depan mobil yang cenderung tegak lurus tanpa ada lekukan kemiringan dapat mengakibatkan gaya hambat laju kecepatan angin yang besar. Sehingga, perilaku ini tentunya akan muncul pada setiap mobil yang melewati fluida (udara). Kontur kecepatan pada bagian belakang kendaraan ditunjukkan dengan perubahan warna kontur pada ujung atas bagian belakang model. Hal ini menunjukkan bahwa pada bagian tersebut telah terjadi perubahan kecepatan aliran udara. Yaitu terjadi penurunan kecepatan. Kontur kecepatan pada kecepatan *upstream* 11 m/s, nampak terlihat daerah terjadinya penurunan kecepatan yang drastis pada bagian belakang kendaraan. Hal ini terjadi ketika kecepatan udara relatif rendah pada daerah tersebut. Penurunan kecepatan juga terjadi juga disebabkan karena pada bagian belakang model tidak langsung terkena aliran udara dari depan. Sedangkan pada kecepatan *upstream* 22 m/s, besarnya penurunan kecepatan berkurang dibanding dengan pada saat kecepatan sebelumnya, dan pada saat kecepatan *upstream* 28 m/s, penurunan kecepatan yang terjadi semakin kecil.

#### (b) Pola Aliran

*Streamlines* merupakan garis-garis yang tersusun sedemikian rupa di dalam medan kecepatan, sehingga setiap saat garis-garis tersebut akan searah dengan aliran disetiap titik di dalam medan aliran tersebut. Sehingga,

*streamline* akan membentuk pola aliran udara pada sekeliling mobil. Berikut pola aliran yang terjadi disekitar bodi model uji ditunjukkan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Pola aliran udara di sekitar model

Pada Gambar 5 di atas, terlihat bahwa aliran udara mengalir dengan baik di sekitar bodi model, sedangkan separasi aliran hanya terjadi pada belakang mobil yang mengakibatkan adanya olakan terbentuk. Separasi aliran terjadi karena fluida tidak dapat mengalir mengikuti bentuk permukaan mobil. Struktur olakan yang terbentuk pada bagian belakang selain disebabkan oleh separasi aliran juga dipengaruhi oleh adanya *vortex longitudinal* yang muncul pada bagian tepi samping dan sisi belakang mobil.

Hasil simulasi pola aliran pada model uji memberikan Gambaran bahwa *streamlines* pada jarak jauh dari mobil akan membentuk pola yang sejajar dan tidak terganggu (terlihat pada garis aliran bagian depan model), sedangkan *streamlines* yang berada disekitar mobil akan membentuk pola aliran yang sangat kompleks dikarenakan bentuk kendaraan itu sendiri, sehingga disekeliling mobil akan terdapat daerah gangguan aliran udara. Sehingga dapat dikatakan bahwa gerakan dari partikel yang terletak jauh dari kendaraan akan memiliki kecepatan relatif sama dengan kecepatan mobil. Sedangkan daerah gangguan di sekeliling mobil akan memiliki kecepatan relatif dari partikel yang sangat bervariasi dibanding kecepatan aktual kendaraan.

Olakan yang terjadi pada belakang kendaraan pada dasarnya disebabkan oleh adanya separasi aliran dengan tekanan yang rendah yang terjadi dekat dengan bagian belakang model uji. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Roumeas M., et al., dimana separasi aliran yang terjadi pada bagian belakang model uji akan menyebabkan terjadi olakan pada daerah tersebut [11].

### Hambatan aerodinamika

Nilai koefisien hambatan aerodinamika yang diperoleh pada setiap model uji berbeda-beda. Hal ini tersebut disebabkan oleh pengaruh dari bentuk bodi masing-masing model uji akan mempengaruhi koefisien hambatan aerodinamika (*drag coefficient*) model uji. Besarnya koefisien hambatan aerodinamika yang didapatkan dari hasil komputasi pada masing-masing model uji ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Koefisien hambatan model uji

<b>Velocit y (m/s)</b>	<b>Drag coefficient (Cd)</b>
11	0.345
22	0.339
28	0.328

Tabel 1 memperlihatkan bahwa koefisien hambatan aerodinamika terkecil terjadi pada model uji dengan nilai Cd sebesar 0.328, pada kecepatan maksimal yang yaitu 28 m/s. Hasil ini menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan terhadap bentuk bodi kendaraan terhadap nilai koefisien drag yang dihasilkan. Hasil ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Bammidi et al., dimana uji nilai koefisien drag pada salah kendaraan

jenis mini car (*hatch-back*) diperoleh koefisien hambatan aerodinamika yang lebih besar melebihi nilai Cd model uji [12]. Hal ini pula menunjukkan bahwa bentuk dari bodi kendaraan sangat berpengaruh terhadap aerodinamika dan nilai koefisien drag yang akan dihasilkan pada kendaraan tersebut.

### KESIMPULAN

Penentuan nilai koefisien tekanan pada hasil rancangan bodi kendaraan tipe *concept car* menggunakan *software* Fluent. Dari hasil simulasi diperoleh nilai koefisien tekanan pada kecepatan tertinggi 28 m/s, sebesar -0.328. Dimana dengan nilai koefisien tekanan ini menggambarkan bodi dari rancangan model tipe *concept car* lebih aerodinamis jika dibandingkan dengan hasil penelitian-penelitian sebelumnya. Terlebih lagi model yang diuji merupakan hasil murni desain bodi kendaraan tanpa mengambil model pabrikan. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang analisis simulasi ini dengan adanya modifikasi terhadap bodi model uji untuk membandingkan hasil koefisien hambatan yang dihasilkan terhadap nilai yang diperoleh saat ini

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] "World Energy Outlook 2015", *Executive Summary, China and India insights, International Energy Agency IEA*, 2015.
- [2] M. Chidiebere, A. S. Christopher, B. G. Oladeji, O. Joseph, and D. David. 2014. Vehicle Body Shape Analysis of Tricycles for Reduction in Fuel Consumption. *Innovative Systems Design and Engineering*, 5(1): 91-99.
- [3] Cengel, and Cimbala. 2006. *Fluid Mechanics Fundamentals and Applications*, New York: McGraw-Hill
- [4] Ahmed S.R., G. Ramm and G. Faltin, *SAE paper*, Detroit, Michigan, USA, 840300-1, 1984.
- [5] L. Dumas. 2008. CFD-based Optimization for Automotive Aerodynamics. *Springer Berlin Heidelberg, Universite' Pierre et Marie Curie*, pp. 191-215
- [6] Song, K.S., Kang, S.O., Jun, S.O. et al. 2012. Aerodynamic design optimization of rear body shapes of a sedan for drag reduction. *International Journal of Automotive Technology*, 13(6): 905-914.
- [7] M. M. Jadhav, S. S. Patel, D. V. Shah, and A. N. Patel, 2017. Computational Study Of Air Flow Interactions And Drag Reduction Techniques In Simplified Passenger Vehicle. *International Journal of Technical Research and Applications*, 9(43): 37-42. 2017.
- [8] P.N.Selvaraju, K.M.Parammasivam, Shankar, and G.Devaradjane. 2015. Analysis Of Drag and Lift Performance In Sedan Car Model Using CFD. *National Conference On Recent Trends And Developments In Sustainable Green Technologies*, (7): 429-435. 2015.
- [9] "ANSYS Workbench User's Guide", Ansys Inc., Release 14.0, 2011.
- [10] Munson, and Bruce. 2002. *Fundamentals of Fluid Mechanics*, 5th edition. New York: John Wiley & Co
- [11] M. Rouméas, P. Gillieron And A. Kourta, 2008. Separated flow around the rear window of a simplified car geometry. *Journal of fluids engineering*, 130(2):191-215.
- [12] R. Bammidi, and B. V. R. Murty, 2014. Ansys-CFX Analysis on a Hatch-Back Car with Wheels and without Wheels. *International Journal Of Research In Aeronautical And Mechanical Engineering*, 2(6): 28-39.