

Bidang: Teknik Manufaktur Industri Agro Topik: Perancangan Sistem Termal&Aerodinamika

ANALISIS TINGKAT LANJUT KOEFISIEN HAMBATAN PADA DESAIN BODI KENDARAAN TIPE *CONCEPT CAR MODEL PICK-UP* MENGUNAKAN CFD *FLUENT*

Muh. Nurul Haq Amaluddin
Politeknik ATI Makassar
noeroelhaq@atim.ac.id

ABSTRAK

Pengembangan desain bodi kendaraan merupakan salah satu upaya untuk mengurangi besarnya hambatan aerodinamika pada kendaraan, dalam hal ini jenis kendaraan roda empat. Konsep desain kendaraan yang bisa menghasilkan hambatan aerodinamika yang kecil, akan mengoptimalkan engine power yang dihasilkan oleh kendaraan tersebut. Hasil desain kendaraan yang mampu menghasilkan pola aliran fluida yang teratur di sekitar kendaraan akan memberikan efek positif terhadap hambatan aerodinamika pada kendaraan. Penelitian ini merupakan analisis lanjutan dari rancangan kendaraan *concept car model* pertama yang dimodifikasi menjadi model kedua (*Pick-Up*) dengan tujuan mendapatkan konsep desain bodi kendaraan yang aerodinamis serta memiliki koefisien hambatan yang rendah/kecil 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 *concept car model* kedua yang diuji, digunakan skala 1:1 dengan asumsi ukuran desain dalam kondisi sebenarnya. Dalam penelitian ini juga dilakukan pengujian dengan kecepatan angin yang bervariasi yaitu 11 m/s, 22 m/s dan 28 m/s. Hal tersebut dilakukan agar didapatkan nilai koefisien hambatan yang valid. Selanjutnya, dari hasil simulasi didapat bahwa nilai koefisien hambatan pada desain kendaraan tipe *concept car model* kedua sebesar 0,37. Hal ini menunjukkan sekali lagi bahwa nilai koefisien hambatan desain *concept car model pick-up* termasuk dalam kategori baik dengan memperlihatkan adanya pengaruh bentuk bodi terhadap nilai koefisien hambatan yang dihasilkan pada kendaraan tersebut.

Kata kunci: *Concept car*, modifikasi *pick-up*, gaya drag, aerodinamika, ansys .

ABSTRACT

The development of vehicle body design is one of the efforts to reduce the magnitude of aerodynamic resistance in vehicles, in this case the type of four-wheeled vehicle. The design concept of the vehicle, which can produce small aerodynamic resistance, will optimize the engine power generated by the vehicle. The result of the vehicle design that is able to produce a regular fluid flow pattern around the vehicle will have a positive effect on aerodynamic resistance in the vehicle. This study is a follow-up analysis of the design of the first model concept car vehicle which was modified into the second model (*Pick-Up*) with the aim of obtaining a vehicle body design concept that is aerodynamic and has a low / small resistance coefficient to minimize large engine work so as to save fuel use, as well as show the influence of body shape on the value of the resulting resistance coefficient. This simulation method is carried out using software based on fluid dynamics computing, namely Ansys 16.0. In the simulation of the second model concept car tested, a 1:1 scale was used assuming the design size in actual conditions. In this study, tests were also carried out with varying wind speeds of 11 m / s, 22 m / s and 28 m / s. This is done in order to obtain a valid resistance coefficient value. Furthermore, from the simulation results, it was obtained that the value of the resistance coefficient in the design of the second model concept car type vehicle was 0.37. This shows once again that the value of the coefficient of resistance of the concept car pick-up model design is included in the good category by showing the influence of the body shape on the value of the resulting resistance coefficient on the vehicle.

Keywords: Concept car, pick-up modification, drag force, aerodynamic, ansys.

PENDAHULUAN

Pelepasan gas beracun ke udara serta pemborosan energi yang berasal dari suatu kendaraan pada umumnya dapat diminimalisir. Salah caranya adalah dengan mendesain bentuk kendaraan yang aerodinamis. Hal ini berkaitan dengan semakin berkurangnya energi fosil sedangkan tingkat konsumsi bahan bakar semakin tinggi. Pemanasan global (global warming) juga merupakan suatu isu dunia secara umum 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, 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.

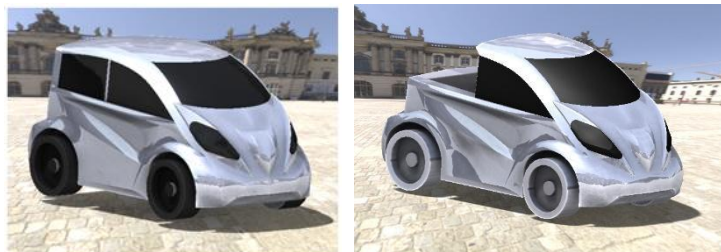
Perilaku aliran fluida pada sebuah benda dipengaruhi secara langsung oleh geometri benda. Untuk menggambarkan fenomena fisik aliran pada sebuah kendaraan digunakan model kendaraan. Salah satu model geometris kendaraan yang sering digunakan adalah model Ahmed body. Model Ahmed body merupakan bentuk yang 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].

Penelitian ini, merupakan investigasi tingkat lanjut yang berupa modifikasi terhadap hasil desain kendaraan concept car, dengan tujuan agar konsep desain ini dapat menjadi konsep multifungsi yang dapat diterapkan/ diproduksi di tengah masyarakat. Selanjutnya dilakukan analisa terhadap nilai koefisien hambatan dengan menggunakan jenis model kedua hasil desain concept car, yang telah dibuktikan memiliki pengaruh besar terhadap performa kendaraan.

METODE PENELITIAN

Pembuatan Model

Model kedua ini merupakan hasil modifikasi dari model pertama (2021). 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. Perbandingan model pertama dan kedua concept car ditunjukkan pada Gambar 1. Model yang telah dibuat menggunakan Solidworks, selanjutnya di import ke Ansys Workbench 16.0 Modeler [9].



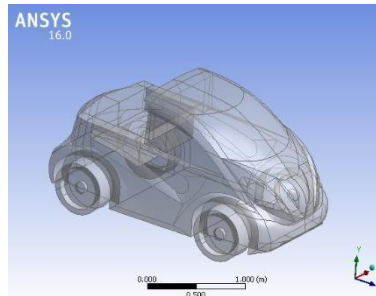
Gambar 1. Model pertama (full body) dan kedua (*pick-up*)

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

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

Dimana D gaya hambat, Cd koefisien hambatan, ρ densitas/massa jenis, u kecepatan fluida, A luas karakteristik/ frontal area.

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



Gambar 2. Import geometri model

Computational Domain

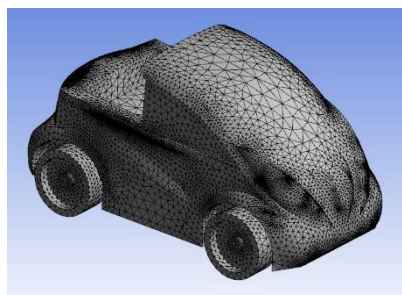
Daerah komputasi (*computational domain*) analisis CFD pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3 berikut. Dimensi computational domain dinyatakan dalam L, dimana L adalah panjang dari kendaraan yang akan disimulasikan.



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,

$\mu = 1.7894 \times 10^{-5}$ kg/m-s dengan model turbulensi k-epsilon Realizable, yang merupakan model turbulensi 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.

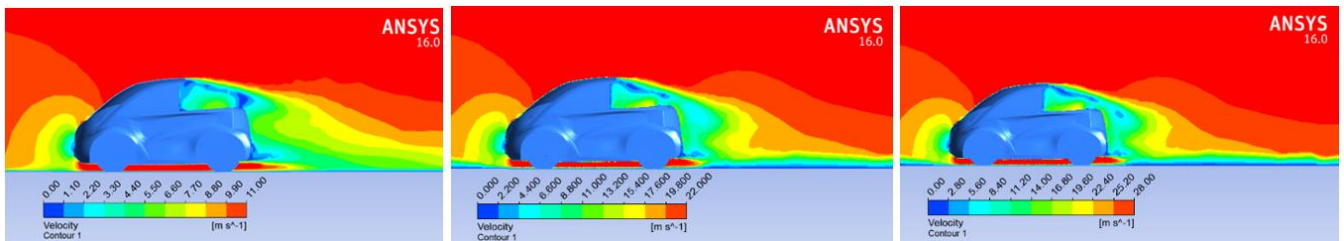
HASIL DAN PEMBAHASAN

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 $U_0 = 11$ m/s, 22 m/s dan 28 m/s.



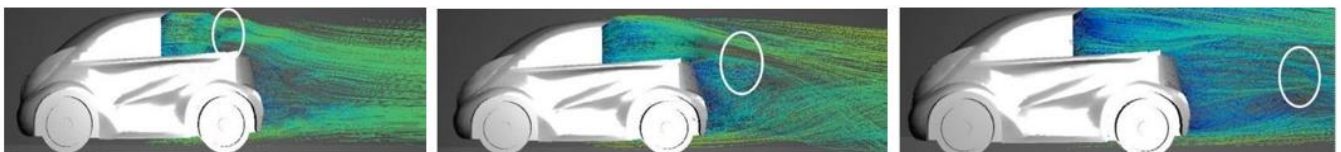
Gambar 4. Kontur kecepatan upstream model pada kecepatan $U_0 = 11$ m/s; $U_0 = 22$ m/s; $U_0 = 28$ m/s

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.

Pada kecepatan upstream 11 m/s, separasi aliran dimulai tepat di ujung bagian atas bodi model. Hal tersebut ditandai dengan perubahan warna kontur yang berarti adanya perubahan nilai kecepatan upstream. Dengan adanya separasi ini menyebabkan munculnya penurunan kecepatan, penurunan kecepatan yang terlihat pada kecepatan 11 m/s, terjadi di bagian pick-up hingga melewati sedikit ujung pickup. Pada kecepatan upstream 22 m/s, nampak masih terlihat penurunan kecepatan dibagian pickup namun tidak sebesar penurunan kecepatan pertama. Begitu pula pada kecepatan upstream 28 m/s, pola penurunan kecepatan yang terjadi hampir sama dengan penurunan kecepatan kedua. Penurunan kecepatan senantiasa terjadi pada daerah yang disana terjadi pula separasi aliran. Jadi, secara keseluruhan di daerah pick-up terlihat perubahan kecepatan aliran, disebabkan karena aliran udara tidak dapat dengan cepat mengalir mengikuti bentuk permukaan mobil dan bagian pick-up kebelakang tidak terkena langsung udara dari depan. Sehingga hal tersebut menyebabkan penurunan kecepatan aliran pada daerah pick-up kebelakang.

(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 pada setiap kecepatan garis pathline membentuk daerah olakan pada bagian belakang Model 2. Daerah olakan yang terbentuk ditandai dengan lingkaran putih. Pada kecepatan 11 m/s tampak jelas olakan terjadi di daerah pickup. Dan pada dasarnya secara visual (kasat mata) pada tiap pertambahan kecepatan menunjukkan adanya perbedaan, yaitu letak daerah olakan. Begitu pula pada kecepatan 22 m/s dan 28 m/s, dimana tampak jelas bahwa olakan dan separasi pada setiap pertambahan kecepatan tersebut semakin jauh dari belakang model 2. 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].

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. Sedangkan daerah gangguan di sekeliling mobil akan memiliki kecepatan relatif dari partikel yang sangat bervariasi dibanding kecepatan aktual kendaraan. Sehingga dapat dikatakan bahwa gerakan dari partikel yang terletak jauh dari kendaraan akan memiliki kecepatan relatif sama dengan kecepatan mobil.

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 model uji dengan variasi kecepatan yang telah ditentukan, ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Koefisien hambatan model uji

Velocity (m/s)	Drag coefficient (Cd)
11	0.387
22	0.375
28	0.373

Tabel 1 memperlihatkan bahwa koefisien hambatan aerodinamika terkecil terjadi pada model uji dengan nilai Cd sebesar 0.373, 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

Hasil simulasi terhadap penentuan nilai koefisien tekanan pada hasil rancangan bodi kendaraan tipe *concept car* menggunakan software Fluent. Diperoleh nilai koefisien tekanan pada kecepatan tertinggi 28 m/s, sebesar -0.373. tidak jauh berbeda dengan hasil koefisien drag model pertama yaitu 0,332 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 ketiga 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, "Vehicle Body Shape Analysis of Tricycles for Reduction in Fuel Consumption," *Innovative Systems Design and Engineering*, 5(1): 91-99. 2014.
- [3] Cengel, and Cimbala. *Fluid Mechanics Fundamentals and Applications*, New York: McGraw-Hill, 2006.

- [4] Ahmed S.R., G. Ramm and G. Faltin, *SAE paper*, Detroit, Michigan, USA, 840300-1,1984.
- [5] L. Dumas, "CFD-based Optimization for Automotive Aerodynamics," *Springer Berlin Heidelberg*, Universite' Pierre et Marie Curie, pp. 191-215 , 2008.
- [6] Song, K.S., Kang, S.O., Jun, S.O. et al., "Aerodynamic design optimization of rear body shapes of a sedan for drag reduction," *International Journal of Automotive Technology*, 13(6): 905-914. 2012.
- [7] M. M. Jadhav, S. S. Patel, D. V. Shah, and A. N. Patel, "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, "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. *Fundamentals of Fluid Mechanics*, 5th edition. New York: John Wiley & Co, 2002.
- [11] M. Rouméas, P. Gilliéron And A. Kourta, "Separated flow around the rear window of a simplified car geometry," *Journal of fluids engineering*, 130(2):191-215. 2008.
- [12] R. Bammidi, and B. V. R. Murty, " 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. 2014.