

SIMULASI CFD PADA TRUK STANDAR DENGAN BAK TERBUKA DAN TERTUTUP

Abdul Muis, Delfman Bill Paus Bugis, Khairil Anwar, Muchsin

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako
Jl. Soekarno Hatta Km.9 Tlp. (0451) 422611- 422355
Email: amuis19@gmail.com

ABSTRACT: *CFD Simulation on Standard Truck with Open and Closed Box.* The aerodynamic load in the vehicle will affect the stability and fuel consumption in operation. One way to overcome this is to reduce the coefficient drag, which is correlated with the aerodynamic drag force on the vehicle. This study aims to determine the drag coefficient and the airflow characteristics of standard trucks using open and closed boxes. The results show that the truck with a closed box produces a lower drag coefficient than the open box truck. The Closed box truck has an average drag coefficient, 20.1% lower than the open box. The flow visualization of the streamline that formed on the two trucks shows that the dominant turbulence and flow separation in the open box truck affects the drag coefficient results.

Keywords : *CFD, Simulation Fluent, Coefficient of Resistance, Drag Coefficient.*

1. PENDAHULUAN

Truk merupakan salah satu kendaraan yang mengalami fenomena aerodinamis yang disebabkan karena adanya gerakan relatif udara sepanjang bentuk body truk. Geometri, luas penampang dan kecepatan laju kendaraan merupakan bagian penting pada fenomena aerodinamis yang terjadi.

Beban udara yang terjadi pada kendaraan truk dapat mempengaruhi kestabilan kendaraan dan konsumsi bahan bakar. Salah satu cara untuk mengefisienkan laju aliran udara yang terjadi serta mengurangi konsumsi bahan bakar adalah memperkecil koefisien tahanan (coefficient of drag) pada kendaraan. Nilai koefisien tahanan (coefficient of drag) truk memiliki nilai yang sangat besar. Hal ini membuat para praktisi dan akademisi industri otomotif melakukan penelitian untuk mengurangi hambatan (drag) dan konsumsi bahan bakar pada kendaraan truk.

Untuk mengetahui karakteristik aliran udara dan tahanan yang terjadi pada truk standar yang merupakan kendaraan niaga populer di Indonesia, maka penulis merasa perlu melakukan simulasi CFD dengan menggunakan model jenis truk ini baik yang menggunakan bak terbuka maupun dengan bak tertutup.

KOEFISIEN TAHANAN/HAMBAT

Koefisien tahanan (Drag Coefficient) memiliki pengaruh yang besar terhadap gerak benda termasuk pada kendaraan karena memiliki kontribusi besar terhadap gaya hambat yang terjadi. Gaya hambat menimbulkan gesekan pada kendaraan sehingga berpengaruh pada daya yang dihasilkan. Hal inilah yang membuat para ahli dan praktisi otomotif berusaha terus menerus mencari solusi untuk mengurangi koefisien hambat pada kendaraan.

Drag Coefficient merupakan aspek aerodinamika yang sangat penting karena dapat mempengaruhi kecepatan maksimum serta konsumsi bahan bakar pada kendaraan. Faktor hambatan atau tahanan aerodinamika pada kendaraan dapat dikurangi dengan merubah parameter-parameter kendaraan. Parameter yang mempengaruhi tahanan aerodinamika pada kendaraan dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Parameter bentuk, yaitu bentuk dari kendaraan itu sendiri seperti bentuk depan, atap termasuk penunjangnya, bentuk belakang, bentuk samping, dan bentuk bawah kendaraan.

2. Parameter fungsional, yaitu bagian yang diperlukan pada kendaraan seperti kaca spion, radiator dll.
3. Parameter posisi, yaitu posisi kendaraan terhadap aliran udara seperti sudut datang, jarak dengan permukaan tanah dan beban kendaraan.

Hubungan anantara gaya hambat dan koefisien tahanan dapat diperlihatkan dalam persamaan berikut:

$$C_D = \frac{F_D}{0.5 \rho A_F V^2}$$

dimana:

C_D = Koefisien tahanan

F_D = Gaya Hambat

ρ = Densitas Udara

A_F = Luas Penampang

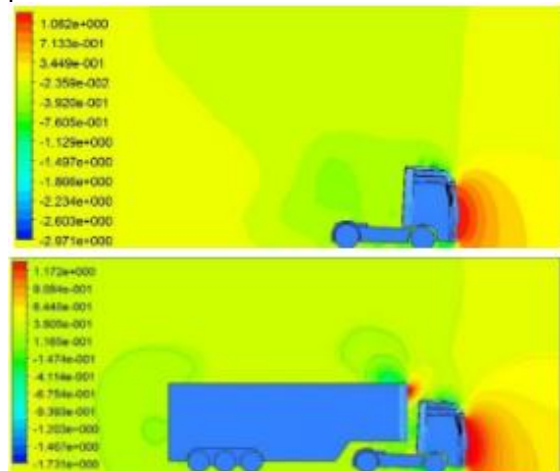
V = Kecepatan relatif benda terhadap udara

METODE CFD

Metode CFD (Computational Fluid Dynamics) adalah metode perhitungan dengan sebuah kontrol dimensi, luas dan volume dengan memanfaatkan bantuan komputasi komputer untuk melakukan perhitungan pada tiap-tiap elemen pembagiannya. Metode CFD dapat menganalisis simulasi distribusi pola aliran udara dan temperatur di dalam maupun di luar pada suatu benda agar menghasilkan aliran udara dan suhu yang baik atau dapat diterima dalam merancang suatu bangunan sesuai standar. Metode ini menggunakan analisis numerik yaitu control volume sebagai elemen dan integrasi persamaan-persamaan yang terdiri atas persamaan keseimbangan massa, momentum energi, sehingga menyelesaikan persamaan untuk benda dua atau tiga dimensi lebih cepat.

Beberapa penelitian yang menggunakan metode CFD untuk menentukan koefisien drag dari kendaraan, diantaranya sebagai berikut. Bayindirli, dkk (2015) melakukan investigasi numerik terhadap truk dan kombinasi trailer. Penelitian ini menghasilkan koefisien rata-rata pada truk sebesar 0,649 pada kecepatan 10 m/s, 15 m/s, 20 m/s dan 27 m/s dan menghasilkan koefisien drag rata-rata pada kombinasi trailer sebesar 0,776 pada kecepatan yang sama. Dalam hal ini koefisien drag meningkat sebesar 19,59% pada kombinasi truk dan trailer. Prasanjit, dkk (2013) melakukan penelitian untuk membandingkan truk menggunakan deflector dan tanpa deflector terhadap sudut yaw 0°,

5°, 10°. Pada penelitiannya menyatakan bahwa aliran udara pada truk yang menggunakan deflector lebih teratur dibandingkan truk tanpa menggunakan deflector. Malca, dkk (2015) melakukan analisis CFD terhadap 2 model deflector pada kendaraan truk dan tanpa menggunakan deflector. Penelitian ini menghasilkan koefisien drag rata-rata truk tanpa deflector sebesar 1,082, deflector 1 sebesar 0,9915 dan deflektor 2 sebesar 0,9252 pada kecepatan 60 km/h dan 120 km/h. Disimpulkan bahwa penggunaan deflector 2 memiliki koefisien drag paling kecil dengan persentase penurunan sebesar 15%.



Gambar 1. Koefisien tekanan pada truk dan kombinasi truk dan trailer (Bayindirli, 2015)

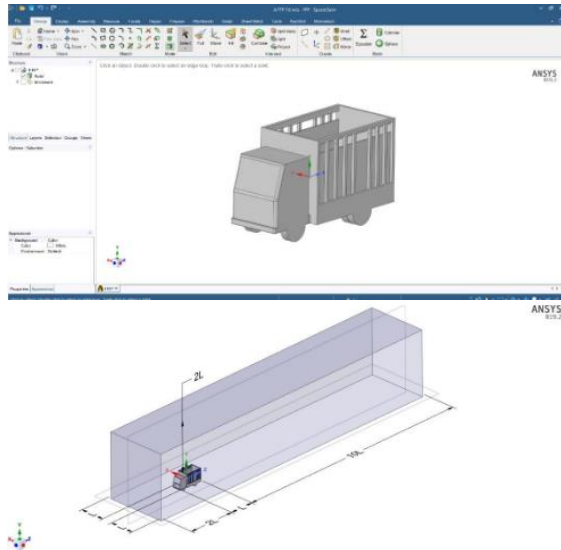
2. METODE PENELITIAN

Analisis CFD dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Ansys Fluent Release 19.2. Autodesk Inventor 2017 digunakan untuk membangun prototipe model tiga-dimensi. Perangkat PC yang dipakai berprosesor Intel Core i5 dengan RAM 16 GB.

Tahap pemodelan geometri yaitu proses pemodelan geometri dan penentuan bentuk bidang batas (tunnel) yang melingkupi objek kendaraan truk yang akan di analisis. Model desain yang sudah dibuat pada Autodesk Inventor 2017 di import ke Ansys Fluent untuk digunakan pada proses simulasi CFD.

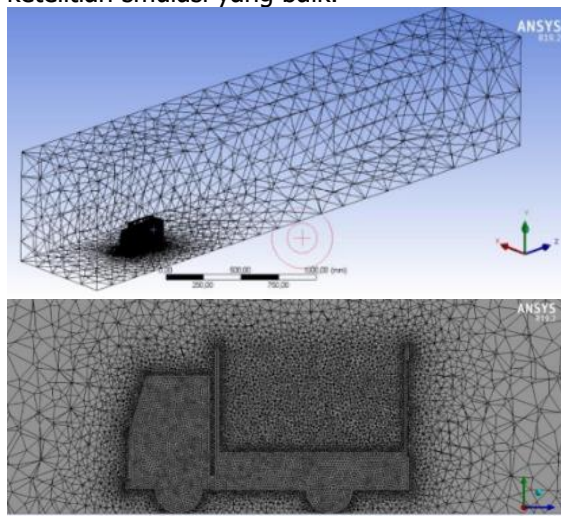
Secara eksperimental, pengujian aerodinamika umumnya dilakukan pada sebuah terowongan angin, namun dalam simulasi CFD terowongan angin tersebut dibuat dalam bentuk virtual bersama dengan model benda yang akan terlibat dalam pengujian. Pada pengujian ini menggunakan model dengan perbandingan 1:15 dari bentuk aslinya. Panjang model truk (L) = 300 mm, jarak antara model ke sisi depan = 2L, jarak antara model ke sisi belakang = 10L, untuk

tinggi = 2L dan lebar kiri dan kanan masing-masing L. Sisi depan dikategorikan sebagai *inlet*, sisi belakang sebagai *outlet* dan sisi kiri, kanan, atas dan bawah dikategorikan sebagai *wall*.



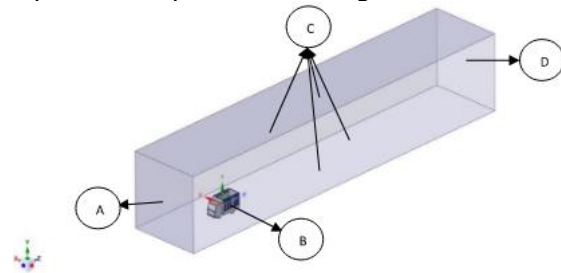
Gambar 2. Geometri truk dan terowongan angin (*tunnel*) virtual

Ukuran mesh yang diterapkan pada model akan mempengaruhi ketelitian analisis CFD. Semakin kecil ukuran mesh pada model, maka hasil yang didapatkan akan semakin teliti, tetapi membutuhkan daya komputasi dan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan mesh yang memiliki ukuran lebih besar. Oleh karena itu, besar ukuran mesh harus diatur sedemikian rupa sehingga diperoleh hasil yang teliti dan sesuai dengan daya komputasi. Dari optimasi yang dilakukan, diperoleh ukuran mesh 2,5 mm pada model kendaraan truk telah dapat digunakan untuk memperoleh ketelitian simulasi yang baik.



Gambar 3. Pengembangan meshing pada model

Penentuan kondisi batas pada model diperlihatkan pada tabel dan gambar berikut.



Kondisi Batas	Jenis	Nilai
A. Sisi depan	<i>Velocity Inlet</i>	Divariasikan 7,6 ; 13 ; 20,1 ; 27,3 m/s untuk semua model
B. Model Truk	Wall	-
C. Sisi atas, bawah, kiri dan kanan	Wall	-
D. Sisi Belakang	<i>Pressure Outlet</i>	0 Pa

Gambar 4. Kondisi batas yang digunakan pada model

Proses simulasi CFD diatur dengan menggunakan data yang diperlihatkan pada tabel berikut.

Aspek	Pengaturan
<i>Model Solver</i>	<i>Pressure-Based, Absolute, Steady</i>
<i>Model Viscous</i>	<i>k-epsilon Standar</i>
<i>Fluid</i>	<i>Air with constant density, $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$</i>
<i>Reference Values</i>	<i>Compute from inlet, Area = 0,0195 m², Length = 0.3 m</i>
<i>Report Definitions</i>	<i>Drag Coefficient</i>
<i>Initialization</i>	<i>Standard, Velocity Inlet</i>
<i>Run Calculation</i>	<i>Number of iteration = 250</i>

Untuk mengetahui tingkat ketelitian sekaligus sebagai validasi perangkat lunak CFD yang digunakan, maka terlebih dahulu telah dilakukan simulasi CFD dengan menggunakan model benda uji kubus. Koefisien tahanan pada benda uji ini telah diketahui dari pengujian ekperimental dan juga telah dipublikasikan secara luas. Hasil simulasi yang diperoleh telah menunjukkan kesesuaian yang baik dengan hasil ekperimental yang ada.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi CFD dilakukan untuk mengetahui koefisien tahanan dan karakteristik aliran udara di sekitar truk. Simulasi yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan 2 model truk, yang menggunakan bak terbuka dan bak tertutup. Kecepatan aliran udara masing-masing pada 7,6 m/s, 13 m/s, 20,1 m/s dan 27,3 m/s. Pemilihan kecepatan ini merujuk

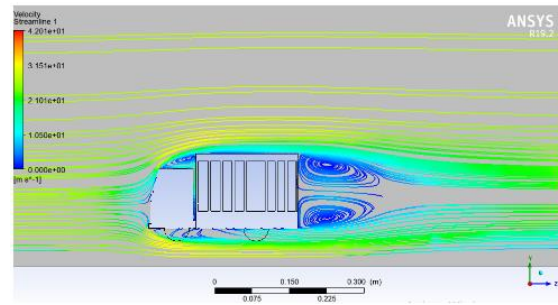
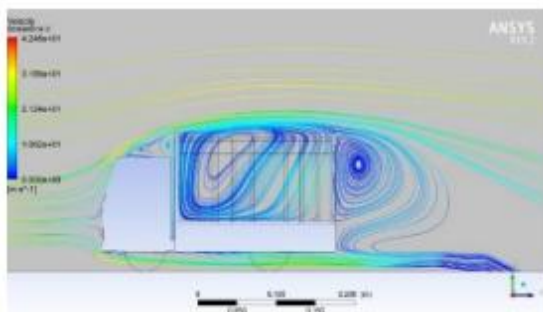
pada pengujian eksperimental yang dilakukan oleh Ridwan (2020).

Koefisien tahanan (Cd) yang dihasilkan pada setiap kecepatan pengujian diperlihatkan pada tabel berikut.

Kecepatan Udara	Koefisien Tahanan (Cd)	
	Truk Bak Tertutup	Truk Bak Terbuka
7,6 m/s	0,58295894	0,75674248
13 m/s	0,59064007	0,74979347
20,1 m/s	0,58903366	0,74966902
27,3 m/s	0,58357459	0,75065604

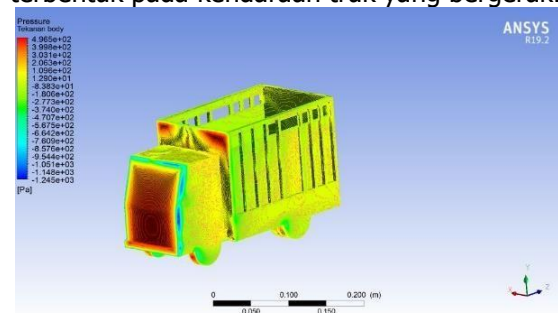
Koefisien tahanan rata-rata dari truk bak tertutup dan terbuka secara berurutan adalah 0,58655181 dan 0,75065604. Hasil ini merepresentasikan bahwasanya truk dengan bak tertutup memiliki keunggulan dalam hal mengurangi kerugian aerodinamis yang ditimbulkan saat digunakan. Truk dengan bak tertutup memiliki rata-rata koefisien tahanan lebih rendah 21,8% dari yang menggunakan bak terbuka.

Hasil visualisasi aliran di sekitar truk menunjukkan bahwasanya *streamline* kecepatan pada truk dengan bak terbuka dan tertutup memiliki perbedaan cukup signifikan. Garis *streamline* pada truk bak terbuka akan cenderung terjadi olakan di dalam bak yang juga memicu terjadinya separasi aliran. Berbanding terbalik pada truk bak tertutup, garis yang terbentuk cenderung mengalir mulus hingga ke tepi bak. Namun pada daerah setelah bak, keduanya memiliki kecenderungan yang sama pada *streamline* yang terbentuk. Pada keduanya memperlihatkan timbulnya separasi aliran tepat di belakang bak truk. Separasi aliran yang terjadi di dalam dan dibelakang bak mempengaruhi koefisien tahanan kendaraan yang dihasilkan.



Gambar 5. Garis kecepatan streamline pada bak terbuka (atas) dan pada bak tertutup (bawah)

Kontur tekanan yang terjadi pada kedua truk bak terbuka dan tertutup memperlihatkan kondisi yang cenderung mirip. Bagian muka kepala truk dan bak bagian atas terlihat menerima tekanan yang terbesar dibandingkan bagian yang lain. Hal ini dikarenakan bagian tersebut menghadap ke arah aliran udara secara frontal. Tekanan yang terjadi merepresentasikan tahanan udara yang terbentuk pada kendaraan truk yang bergerak.



Gambar 6. Tekanan udara yang terbentuk pada truk bak terbuka

Hasil penelitian yang diperoleh mengindikasikan bahwasanya truk dengan bak terbuka memiliki gaya hambat yang lebih besar dibandingkan dengan bak tertutup jika keduanya digunakan pada kondisi operasi yang sama. Hal ini juga akan berimbas pada pemakaian bahan bakar pada kedua truk, dimana jumlah bahan bakar yang digunakan akan proporsional dengan gaya hambat yang terjadi pada kendaraan yang beroperasi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan berikut.

Truk standar dengan bak tertutup memiliki koefisien tahanan yang lebih rendah dibandingkan dengan truk standar dengan bak terbuka jika beroperasi pada kondisi yang sama. Hasil ini juga mengindikasikan bahwasanya gaya hambat udara pada truk dengan bak tertutup akan lebih rendah dari truk dengan bak terbuka. Hal tersebut akan

berkorelasi dengan pemakaian bahan bakar yang akan dikonsumsi oleh kedua truk saat pengoperasiannya, dimana gaya hambat akan proporsional dengan konsumsi bahan bakar kendaraan.

Untuk mengurangi koefisien tahanan dan gaya hambat udara pada kendaraan maka penting untuk menekan timbulnya separasi aliran dan daerah tekanan frontal pada kendaraan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bayindirli C, Akansu Y.E, Salman M.S, Colak D. 2015. "The Numerical Investigation of Aerodynamic Structures of Truck and Trailer Combinations", *International Journal of Automotive Engineering and Technologies* Vol. 4, Issue 3, pp. 139 – 145.
- Prasanjit Das, Tsubokura M, Matsuuki T, Oshima N, Kitoh K. 2013. "Large eddy simulation of the flow-field around a full-scale heavy-duty truck", *Procedia Engineering* 56 (2013) 521–530.
- Malca C, Alves M, Mateus A. 2015, "Aerodynamic Analysis of a Frontal Deflector for Vehicles", *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial and Mechatronics Engineering* Vol:9 No:1.
- Ridwan M.S. 2021. "Studi Eksperimental Optimasi Fairing Pada Kendaraan Truk", Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, UNTAD.