

ANALISIS CFD PENYEMPURNAAN PENGGUNAAN PENGARAH ANGIN TERHADAP PENGURANGAN GAYA *DRAG* PADA MOBIL BARANG BAK TERTUTUP

CFD ANALYSIS TO IMPROVEMENT THE USE OF WIND DIRECTORS ON BOX TRUCK FOR DRAG REDUCTION

Shova Alfian*

Program Studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional Bandung
shovaalfian@gmail.com

INFO ARTIKEL

Diterima: 01 September 2022

Direvisi: 03 Desember 2022

Disetujui: 16 Desember 2022

Kata Kunci:

Aerodinamika, *Drag*, CFD

ABSTRAK

Aerodinamika merupakan salah satu faktor yang dapat meningkatkan efisiensi konsumsi bahan bakar. Semakin kecil koefisien *drag* maka semakin efisien kendaraan tersebut. Kondisi saat ini masih banyak ditemukan penggunaan/pemasangan pengarah angin tanpa memperhitungkan fungsi dan manfaatnya serta masih belum ada regulasi yang mengatur secara detail dalam menggunakan pengarah angin. Maka perlu dilakukan penelitian ini dengan tujuan mengetahui manfaat penggunaan pengarah angin yang tepat agar dapat menurunkan nilai koefisien *drag* serta diharapkan penelitian ini bisa diterapkan dalam penggunaan pengarah angin. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan tiga jenis model pada kecepatan terendah 20 km/jam dan tertinggi 80 km/jam. Hasil simulasi pada truk dengan mobil pengarah angin lebih rendah 40 cm, truk dengan pengarah angin atas dan truk full pengarah angin menggunakan perangkat lunak *ansys workbench*, menunjukkan bahwa truk full pengarah angin memiliki nilai *Cd* paling kecil. Terjadi penurunan nilai *cd* dari model truk pengarah angin lebih rendah 40 cm ke model truk full pengarah angin. Namun untuk menunjukkan hasil yang lebih akurat, perlu dilakukan uji jalan serta aliran fluida dialirkan dari empat sisi.

ABSTRACT

*Aerodynamics is one of the factors that can increase the efficiency of fuel consumption. The smaller the drag coefficient, the more efficient the vehicle. The current condition is that there are still many uses/installations of wind guides without taking into account the functions and benefits and there is still no regulation that regulates in detail the use of wind guides. So it is necessary to do this research with the aim of knowing the benefits of using the right wind guide in order to reduce the value of the drag coefficient and it is hoped that this research can be applied in the use of a wind guide. This research was conducted using three types of models at the lowest speed of 20 km/hour and the highest speed of 80 km/hour. The simulation results on trucks with 40 cm lower wind guides, trucks with upper wind guides and trucks with full wind guides using *ansys workbench* software, show that full wind driven trucks have the smallest *Cd* value. There was a decrease in the value of the *cd* from the 40 cm lower wind-directed truck model to the full wind-directed truck model. However, to show more accurate results, it is necessary to conduct a road test and flow of fluid from four sides.*

Keywords:

Aerodynamics, Drag, CFD

*Corresponding author: shovaalfian@gmail.com

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kemajuan teknologi dan peralihan penggunaan sumber energi sesuai target pada rencana Umum Energi Nasional (RUEN) yaitu penggunaan Energi Baru Terbarukan (EBT) pada tahun 2025 dan 2050 masing masing sebesar 23% dan 31% dari total kebutuhan energi nasional (Republik Indonesia, 2017) [1]. Membuat para produsen otomotif menciptakan berbagai macam model, terutama pada inovasi bodi kendaraan untuk meningkatkan efisiensi. Selain mobil baru, mobil yang sudah beroperasi juga dituntut untuk meningkatkan efisiensi melalui

aerodinamika. Sesuai pada Peraturan Pemerintah No. 55 tahun 2012 tentang Kendaraan yang salah satu isinya mewajibkan kendaraan menggunakan pengarah angin.

Pengarah angin sangat mempengaruhi aerodinamika kendaraan, karena aerodinamika merupakan salah satu faktor yang dapat meningkatkan efisiensi konsumsi bahan bakar. Semakin kecil koefisien *drag* maka semakin efisien kendaraan tersebut. Oleh karena itu diperlukan perhitungan gaya-gaya yang akan terjadi pada kendaraan dan desain yang teliti pada saat perancangan pengarah angin. Aerodinamika kendaraan mempengaruhi beberapa kondisi antara lain: gaya tahanan udara (*drag*), gaya angkat (*lift*), dan gaya samping

(*side force*), serta momen tukik/angguk (*bouncing*) dan momen guling (*rolling*) [2].

Kondisi saat ini masih banyak ditemukan penggunaan/pemasangan pengarah angin tanpa memperhitungkan fungsi dan manfaatnya serta masih belum ada regulasi yang mengatur secara detail dalam menggunakan pengarah angin. Gambar 1 merupakan salah satu contoh penggunaan pengarah angin yang belum maksimal.



Gambar 1. Truk dengan pengarah angin yang belum maksimal.

Tujuan yang melatar belakangi penelitian ini antara lain mengetahui tentang penggunaan pengarah angin yang tepat agar dapat menurunkan nilai koefisien *drag* serta diharapkan penelitian ini bisa diterapkan dalam penggunaan pengarah angin.

B. Tinjauan Pustaka

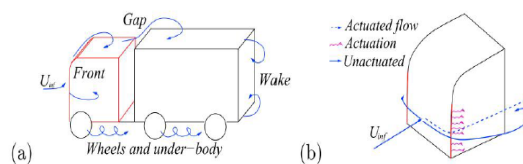
1. Aerodinamika

Aerodinamika mobil merupakan suatu pergerakan fluida yang dapat mempengaruhi pergerakan dari mobil tersebut. Secara umum gaya yang terjadi saat mobil berjalan antara lain gaya hambat (*drag force*), gaya angkat (*lift force*), gaya samping (*side force*). Pada mobil, bagian yang pengaruhnya sangat besar terhadap gaya hambat adalah bagian depan serta bagian atap mobil. Karena pada bagian tersebut merupakan bagian yang mengalirkan udara dari depan sampai ke belakang. Diperkirakan aerodinamika pada mobil yang lebih efektif sekitar 3-4% untuk menghemat bahan bakar serta 10% untuk mengurangi *drag* [3].

Diharapkan melalui studi *computational fluid dynamics* (CFD) dapat menggambarkan dengan tepat pola aliran sesuai dengan hasil eksperimen. Metode CFD telah dilakukan pengujian untuk membuktikan bahwa metode ini biasa digunakan dalam pendekatan untuk menyelesaikan masalah. Simulasi menggunakan komputer dapat menghemat waktu dan biaya [4].

Mengoptimalkan aerodinamika pada mobil melalui penelitian simulasi secara numerik. Untuk mengurangi gaya hambat pada mobil dapat dilakukan dengan cara yaitu mengurangi area yang dapat terjadi *flow separation* dan *stagnasi* aliran pada bagian mobil. Ada empat yang menjadi

sumber utama hambatan aliran dapat dilihat pada Gambar 2, yaitu roda dan bagian bawah mobil, bagian belakang, celah antara traktor dan trailer, serta pemisahan bagian depan [5].



Gambar 2. (a) Sumber utama hambatan pada truk, (b) Pemisahan pilar-A dan efek aktuasi [5].

C. Persamaan Dasar Dinamika Fluida pada CFD

Persamaan dasar yang digunakan pada CFD antara lain persamaan energi, momentum serta kontinuitas. Ketiga persamaan tersebut merupakan lanjutan dari prinsip dasar fisika yaitu, hukum kekekalan massa, hukum *newton* dan hukum kekekalan energi. Dalam menentukan dasar gerak fluida langkah-langkah yang dilakukan antara lain memilih prinsip dasar akan digunakan kemudian menerapkannya dalam pemodelan di simulasi [6].

D. Aliran Eksternal

Aliran ini adalah aliran yang melintasi kontur bodi dan berada pada aliran fluida tanpa memiliki batasan. Aliran ini juga tidak dibatasi oleh permukaan benda tetapi seakan-akan permukaan benda yang dibatasi oleh aliran fluida tersebut. Beberapa fenomena yang muncul akibat adanya aliran fluida yang bersinggungan dengan permukaan benda antara lain [7]:

a. *Boundary layer*

Boundary layer adalah lapisan tipis pada permukaan padat yang terletak dekat permukaan kontur yang kecepatannya tidak seragam karena tegangan geser yang diakibatkan oleh viskositas.

b. Aliran *nonviscous* dan *viscos*

Aliran *nonviscous* merupakan aliran yang memiliki gradien kecepatan atau tegangan gesernya mendekati nol. Sedangkan aliran *viscous* adalah aliran yang pengaruh dari viskositasnya akan mengikuti tegangan geser antara partikel fluida dengan permukaan padat yang dilaluinya.

c. Separasi aliran

Separasi aliran adalah peristiwa yang terjadi pada *boundary layer*. Hal ini akan mengakibatkan aliran berbalik arah. Proses munculnya separasi aliran adalah karena aliran fluida yang bergesekan secara terus menerus dan mengakibatkan perubahan gaya gesek, yang akan mengakibatkan berkurangnya momentum aliran sampai dimana momentum berpisah terpisah dari permukaan benda.

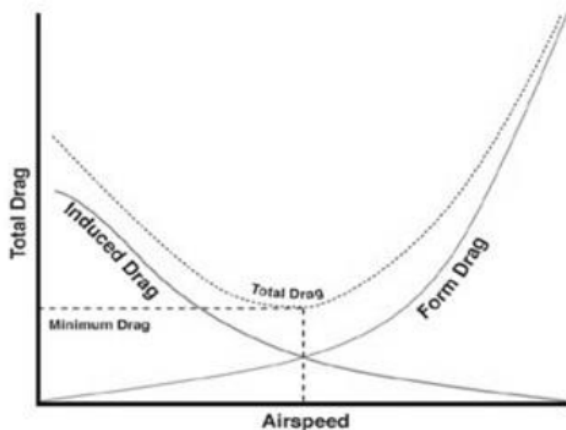
d. Gelembung separasi

Separasi jenis ini adalah separasi yang menyentuh kembali fluida yang telah terseparasi ke permukaan bodi. Separasi ini dimulai dari terpisahnya *boundary*

layer laminar dari permukaan bodi kemudian fluida yang terseparasi terdorong lagi oleh *free stream* dan memaksa kembali bersentuhan dengan permukaan bodi.

E. Gaya Hambat

Gaya hambat (*drag*) adalah gaya yang bekerja berlawanan arah dengan arah pergerakan kendaraan dan bekerja pada arah horizontal dari kendaraan. Desain dari kendaraan sangat mempengaruhi gaya hambat pada kendaraan tersebut dan juga sangat menentukan nilai performansi aerodinamika. Setiap jenis kendaraan memiliki perbedaan nilai gaya hambat. Tegangan geser pada permukaan benda yang bersentuhan dengan fluida akan menyebabkan *skin friction drag*. Hal ini terjadi karena adanya gesekan *viskos* pada lapisan batas (*boundary layer*). Tahanan ini sangat dipengaruhi oleh tingkat kehalusan sebuah permukaan. Sedangkan akibat dari tekanan pada benda yang bergerak melewati fluida adalah *friction drag*. Salah satu fungsi *pressure drag* adalah untuk mendefinisikan *drag* yang terjadi pada benda yang diakibatkan oleh tahanan terhadap fluida, dapat dilihat pada Gambar 3 [2].



Gambar 3. Pengaruh kecepatan terhadap total drag [2].

Luas area (*frontal area*) juga sangat mempengaruhi besarnya nilai gaya hambat, semakin besar luas area maka semakin besar juga gaya hambat yang dihasilkan, atau sebaliknya [2].

Berikut adalah persamaan dari gaya hambat:

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho V^2 A \quad (1)$$

Dimana :

F_D : Gaya hambat (Newton)

C_D : Koefisien *drag*

ρ : Massa jenis udara (kg/m³)

V : Kecepatan (m/s)

A : Luas *frontal area* (m²)

F. Computational Fluid Dynamics (CFD)

Computation fluid dynamics adalah salah satu dari cara menggunakan perangkat komputer untuk menghasilkan informasi atau karakteristik tentang aliran fluida. Cara ini dihasilkan dari menggabungkan berbagai ilmu, antara lain matematika, ilmu computer, teknik dan fisika. Ilmu-ilmu tersebut digunakan sebagai dasar pemodelan dan proses dalam simulasi aliran fluida. Prinsip penggunaannya adalah dengan metode perhitungan khususnya pada fluida. Sebuah dimensi, luas dan volume melalui metode komputasi komputer dapat dilakukan perhitungan pada tiap-tiap elemennya.

Dasar dari konsep ini telah banyak digunakan pada industri desain dunia. Hal ini dikarenakan metode ini dapat mengurangi biaya eksperimen, waktu eksperimen dan desain *engineering* tahap yang dilakukan menjadi lebih singkat. Beberapa hal lain yang menjadi dasar penggunaan CFD adalah pemahaman dalam memahami aliran fluida dari hasil simulasi berupa grafik, vektor, kontur bahkan animasi [8].

G. Kebaruan Penelitian

Sudah banyak penelitian terdahulu terkait pengaruh angin. Namun belum ada penelitian yang sesuai dengan kondisi lapangan khususnya yang beroperasi di Indonesia. Berikut tabel perbandingan beberapa penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan.

1) Penelitian Terdahulu

- a. Penelitian Kim, J. J., dkk dari Pohang *University of Science and Technology* pada tahun 2017 dengan judul *Bio-inspired cab-roof fairing of heavy vehicles for enhancing drag reduction and driving stability*. Aspek yang dikaji *Desain Cab-roof fairing* (CRF) dengan meniru bentuk tubuh depan luar singa laut pada kendaraan 15 ton dan 5 ton menggunakan metode uji terowongan angin yang dilengkapi sistem pengukur hambatan [9];
- b. Penelitian McTavish dan McAuliffe pada 2021 dengan judul *Improved aerodynamic fuel savings predictions for heavy-duty vehicles using route-specific wind simulations*. Aspek yang dikaji simulasi menggunakan model pada traktor dan trailer dengan teknologi pengurang hambatan, traktor dan trailer dengan bak muatan sesuai ketinggian, traktor dan trailer dengan ketinggian bak muatan setengah serta traktor dan trailer tanpa bak muatan. Menggunakan metode Pengujian terowongan angin dengan tambahan perangkat lunak HDV (*heavy duty vehicles*) [10];
- c. Penelitian oleh Wahyudi dkk dari Universitas PGRI Banyuwangi pada tahun 2014 dengan judul Pengaruh Bentuk Pengarah Angin (*Deflector*) Terhadap Karakteristik Aerodinamis Kendaraan Niaga (*Truck*). Aspek yang dikaji Pengaruh Bentuk Pengarah Angin (*Deflector*) Terhadap Karakteristik Aerodinamis

Kendaraan Niaga tanpa deflektor dan dengan 3 variasi deflektor yaitu Cekung Datar Cembung. Menggunakan metode Pengujian dilakukan di terowongan angin berukuran penampang 40 cm x 40 cm dengan panjang 300 cm. Dengan kecepatan angin yang divariasikan oleh kipas angin sebesar 1,9; 2,31 dan 3,23 m/dt [11].

2) Kebaruan Penelitian B

- a. Perbedaan dari penelitian Kim, J. J., dkk aspek yang akan dikaji pengaruh angin tidak berbentuk tubuh bagian depan singa laut dan menambahkan pengaruh angin di sisi kabin, terdapat perbedaan dimensi antara kabin dengan bak muatan, pengujian dilakukan pada kecepatan 80 km/jam, 60 km/jam, 40 km/jam, 20 km/jam serta disimulasikan menggunakan perangkat lunak *ansys workbench*;
- b. Perbedaan dari penelitian McTavish dan McAuliffe, aspek yang dikaji truk yang diuji tidak memiliki kap mesin dibagian depan, menutup celah antara kabin dengan bak muatan, terdapat perbedaan dimensi antara kabin dengan bak muatan, Pengujian dilakukan pada kecepatan 80 km/jam, 60 km/jam, 40 km/jam, 20 km/jam serta disimulasikan menggunakan perangkat lunak *ansys workbench*;
- c. Perbedaan dari penelitian Wahyudi dkk dari Universitas PGRI Banyuwangi, aspek yang dikaji tinggi pengaruh angin sama dengan tinggi bak muatan, penambahan pengaruh angin pada bagian sisi kabin, terdapat perbedaan dimensi antara kabin dengan bak muatan, pengujian dilakukan pada kecepatan 80 km/jam, 60 km/jam, 40 km/jam, 20 km/jam serta disimulasikan menggunakan perangkat lunak *ansys workbench*.

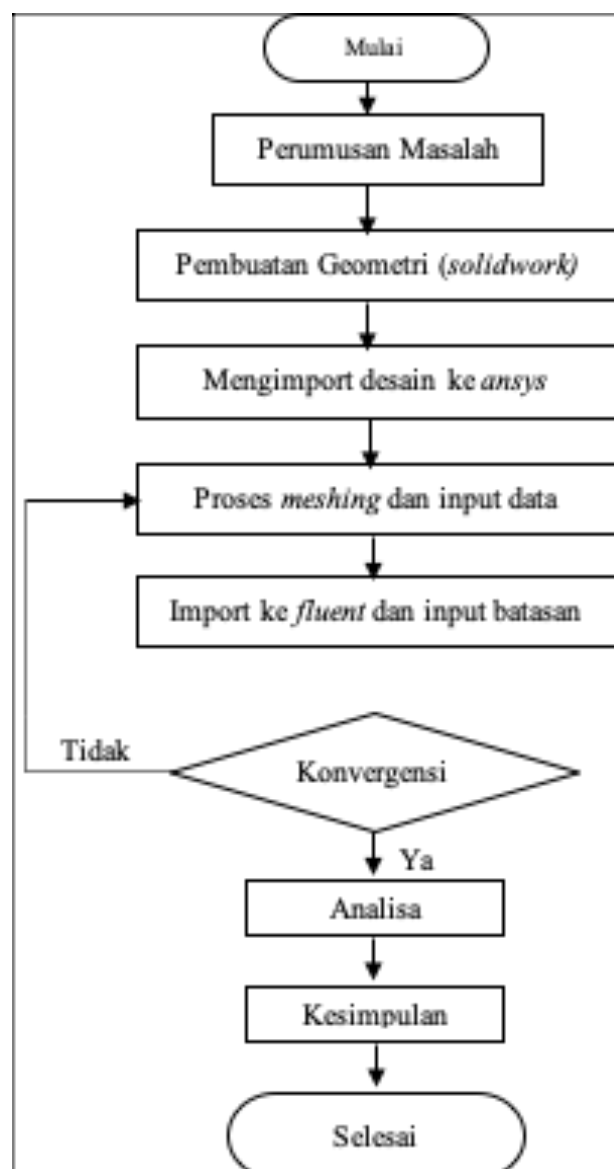
II. METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan untuk mencapai tujuan dari penelitian ini yaitu melakukan simulasi sistem menggunakan *Software ANSYS Workbench* untuk mengetahui dinamika fluida pada kendaraan serta perhitungan matematika. Langkah-langkah dalam penelitian ini yaitu: Langkah I : penentuan bentuk pengaruh angin dan jenis kendaraan sesuai dengan kondisi dilapangan. Langkah II : pemodelan kendaraan tanpa dan dengan pengaruh angin sesuai dengan rencana simulasi menggunakan *solidwork*. Langkah III : pegujian menggunakan *ansys workbench* dengan ketentuan hanya fluida yang bergerak sesuai dengan rencana kecepatan dan kendaraan tetap diam. Output dari *ansys workbench* berupa nilai dari *pressure contour*, *velocity vector* dan koefisien *drag*.

A. Alur Penelitian

Alur proses dan tahapan dari penelitian ini seperti pada Gambar 4. Tahapan penelitian diawali dari perumusan masalah yang terdiri dari kondisi kendaraan dilapangan

beserta kajian terhadap penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Selanjutnya pemodelan kendaraan kemudian di import ke *ansys workbench*. Tahapan selanjutnya adalah simulasi, pengambilan data hasil simulasi, analisis data serta pengambilan kesimpulan



Gambar 4. Diagram alur penelitian.

B. Pemodelan simulasi

Bentuk/model dari kendaraan yang akan disimulasikan pada penelitian ini mengikuti kondisi kendaraan dilapangan dengan pengaruh angin yang kurang maksimal. Dengan parameter sebagai berikut: pertama disimulasikan pada kecepatan 20, 40, 60, 80 km/jam, memiliki perbedaan lebar antara bak muatan dengan kabin sebesar 30 cm pada bagian kiri dan kanan serta hanya menggunakan bentuk pengaruh angin cembung.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Dimensi Kendaraan

Pembuatan desain truk menggunakan *software solidwork*. Dengan dimensi dari truk dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1.
DIMENSI TRUK YANG AKAN DISIMULASIKAN.

No.	Parameter	Ukuran (mm)
1	Lebar	2500
2	Panjang	12000
3	Tinggi	3790
4	Julur Depan	1280
5	Julur Belakang	3540
6	Jarak Sumbu I-II	5830
7	Jarak Sumbu II-III	1350

B. Batasan-batasan Simulasi

Batasan-batasan dalam simulasi ini bertujuan untuk menggambarkan kondisi objek simulasi yang mendekati kondisi sebenarnya. Data-data dalam batasan berdasarkan informasi data yang sudah ditentukan maupun data yang diasumsikan. Berikut batasan-batasan yang digunakan pada simulasi ini dapat dilihat Tabel 2:

TABEL 2
BATASAN-BATASAN SIMULASI

No	Menu	Keterangan
1	Size mesh	Body of influence 0,1 / truk 0,03
2	Domain body	Tinggi (2xP truk) panjang (7x P truk [12])
3	Geometri	Full fluida
4	Aliran	Steady
5	Viscous	SST (<i>shear stress transport</i>)
6	Kecepatan	Sama dengan kecepatan pada inlet udara
7	Outlet	Tidak ada tekanan
8	Frontal area	8,8186 m ²
9	Temperatur	Konstan
10	Densitas	1,225kg/m ³
11	Hasil simulasi	Gaya <i>drag</i> dan koefisien <i>drag</i>
12	Metode	Simple
13	Simulasi	Dimulai dari input
14	Iterasi	250

C. Hasil Simulasi

Dari simulasi ini akan diketahui beberapa kondisi yaitu *pressure contour*, *velocity vector* dan koefisien *drag*. Sehingga dapat menjadi bahan analisa terhadap peningkatan efisiensi penggunaan bahan bakar. Berikut hasil dari simulasi yang dilakukan.

1. *Pressure contour*

Dari hasil simulasi dapat dilihat penurunan *pressure contour* dari truk tanpa pengarah angin yang semakin mengecil jika truk tersebut menambahkan pengarah angin. *Pressure contour* berfungsi untuk menunjukkan bagian bodi truk yang mendapatkan tekanan paling tinggi dan paling rendah dari aliran fluida dapat dilihat pada Tabel 3.

TABEL 3.
RANGKUMAN PRESSURE CONTOUR HASIL SIMULASI.

No	Bentuk Truk	Kecepatan	Pressure Contour (Pa)	
			Maksimal	Minimal
1.	Pengaruh angin - 40 cm tinggi total	20 km/jam	2.017e+01	-5.740e+01
		40 km/jam	7.017e+01	-2.251e+02
		60 km/jam	1.808e+02	-5.380e+02
		80 km/jam	3.179e+02	-9.712e+02
2.	Pengaruh angin atas	20 km/jam	1.973e+01	-1.036e+02
		40 km/jam	8.157e+01	-4.318e+02
		60 km/jam	1.798e+02	-9.976e+02
		80 km/jam	3.285e+02	-1.678e+03
3.	Full pengarah angin	20 km/jam	1.940e+01	-7.375e+01
		40 km/jam	7.778e+01	-3.005e+02
		60 km/jam	1.748e+02	-7.023e+02
		80 km/jam	3.110e+02	-1.197e+03

Sesuai dengan Tabel 3 *pressure contour* menunjukkan hasil simulasi pada kecepatan 80 km/jam truk dengan full pengarah angin memiliki nilai *pressure contour* maksimal sebesar 3.110e+02 Pa, sedangkan truk pengarah angin lebih rendah 40 cm sebesar 3.179e+02 Pa, hal ini dikarenakan truk full pengarah angin dapat membelokkan aliran fluida sesuai dengan bentuk dari truk tersebut. Truk yang menggunakan pengarah angin memiliki koefisien *drag* lebih kecil dibandingkan truk tanpa pengarah angin [8], karena desain pengarah angin yang dapat mengurangi perbedaan lebar dan ketinggian antara kabin dengan bak tertutup dapat menjadi media untuk aliran fluida melintasi truk tanpa mengalami perubahan kecepatan yang besar. Begitupula pada simulasi truk di kecepatan 20, 40, 60 km/jam.

2. *Velocity vector*

Salah satu fungsi dari *velocity vector* adalah untuk mengetahui kondisi aliran fluida disekitar truk. Dari hasil simulasi yang dirangkum pada tabel 4, aliran fluida yang melintasi truk dimulai dari depan truk dengan pengarah angin lebih rendah 40 cm, terlihat dengan jelas terjadi benturan antara fluida dengan bodi kendaraan, sedangkan pada kondisi truk dengan menggunakan pengarah angin bagian atas hingga menggunakan full pengarah angin, aliran fluida dapat dibelokkan mengikuti kontur dari bodi truk. Hal itu juga dapat dilihat dari bagian belakang truk, truk tanpa pengarah angin memiliki daerah *wake* yang lebih luas dibandingkan dengan model truk lainnya. Daerah *wake* muncul karena akibat dari aliran fluida yang tidak dapat mengikuti bentuk bodi kendaraan. Daerah ini memiliki tekanan yang rendah. *Wake* merupakan akibat dari separasi *boundary layer* dibelakang bodi yang memiliki tekanan rendah dimana momentum alirannya tidak mencukupi [7]. Nilai *velocity vector* dapat dilihat di Tabel 4.

TABEL 4.
VELOCITY VECTOR HASIL SIMULASI

No	Bentuk Truk	Kecepatan	Velocity Vector (m/s)	
			Maksimal	Maksimal
1.	Pengaruh angin - 40 cm tinggi total	20 km/jam	9.507e+00	0
		40 km/jam	1.899e+01	0
		60 km/jam	2.907e+01	0
		80 km/jam	3.888e+01	0
2.	Pengaruh Angin Atas	20 km/jam	1.181e+01	0
		40 km/jam	2.410e+01	0
		60 km/jam	3.658e+01	0
		80 km/jam	4.785e+01	0
3.	Full Pengaruh Angin	20 km/jam	1.040e+01	0
		40 km/jam	2.105e+01	0
		60 km/jam	3.203e+01	0
		80 km/jam	4.212e+01	0

3. Koefisien drag

Koefisien *drag* yang dihasilkan pada setiap kondisi bergantung terhadap beberapa variable yaitu, gaya *drag*, kecepatan fluida, luas *frontal* dan *densitas*. Setiap mendesain kendaraan, koefisien *drag* merupakan salah satu faktor yang diperhitungkan karena akan mempengaruhi performa kendaraan tersebut. Hasil dari simulasi dapat dilihat pada Tabel 5.

TABEL 5.
KOEFSIEN DRAG HASIL SIMULASI

No	Bentuk Truk	Kecepatan	Gaya	Koefisien
			Drag (N)	Drag
1.	Pengaruh angin - 40 cm tinggi total	20 km/jam	110.30	0.6630
		40 km/jam	438.27	0.6573
		60 km/jam	1019.09	0.6797
		80 km/jam	1729.57	0.6485
2.	Pengaruh Angin Atas	20 km/jam	79.57	0.4782
		40 km/jam	327.85	0.4917
		60 km/jam	730.58	0.4873
		80 km/jam	1321.22	0.4954
3.	Full Pengaruh Angin	20 km/jam	72.33	0.4347
		40 km/jam	289.58	0.4343
		60 km/jam	664.72	0.4433
		80 km/jam	1192.36	0.4471

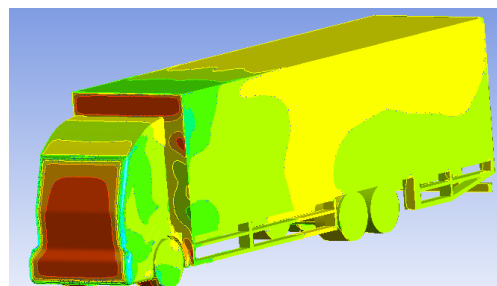
Dari hasil simulasi menggunakan CAD *Ansys Workbench* untuk truk semua model pada simulasi kecepatan 20, 40, 60 dan 80 km/jam dapat disimpulkan bahwa penggunaan pengarah angin akan menurunkan gaya *drag* dan koefisien *drag*. Serta kendaraan dengan pengarah angin lebih aerodinamis dibandingkan kendaraan tanpa pengarah angin [8].

4. Analisa tekanan

Pada hasil simulasi yang dilakukan menunjukkan perbedaan warna. Terdapat beberapa warna dimulai dari warna yang menunjukkan tekanan terbesar sampai terkecil.

Warna tersebut dimulai dari merah, *orange*, kuning, hijau muda, hijau tua, biru muda dan biru tua.

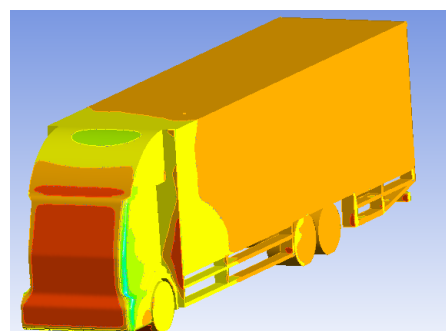
- a. Truk dengan pengarah angin lebih rendah 40 cm dari tinggi total



Gambar 5. *Pressure countur* truk dengan pengarah angin lebih rendah 40 cm pada kecepatan 20 km/jam.

Hasil simulasi yang terlihat pada Gambar 6 menunjukkan pada saat fluida melintasi bagian depan kabin, fluida gagal mengikuti bentuk bodi dengan baik hal ini ditandai dengan nilai *pressure* yang tinggi sebesar 19 Pa. Setelah melintasi bagian depan kabin, fluida menuju bagian pengarah angin, fluida berhasil mengikuti bentuk bodi, di daerah ini nilai *pressure* turun paling rendah sebesar -8 Pa. *Pressure* kembali naik saat melintasi bagian depan atas box. Hal ini terjadi karena bagian ini memiliki bentuk yang tidak melandai, pada daerah ini nilai *pressure* naik menjadi 20 Pa. Gelembung separasi terjadi pada bagian atas depan box. Yang diakibatkan oleh fluida yang gagal mengikuti bagian depan atas box dipaksa kembali mengikuti bentuk bodi oleh *free stream* nilai *pressure* pada daerah ini sebesar -13.5 Pa. Nilai *pressure* kembali naik hingga -4 Pa pada bagian belakang truk. Bagian yang menjadi daerah munculnya *wake*. Sedangkan pada bagian sisi truk, *pressure* terbesar terjadi pada bagian depan samping box yaitu sebesar -2.5 Pa. dan *pressure* terkecil terjadi pada bagian sisi kabin sebesar -12.5 Pa. Pada simulasi kecepatan 40, 60, 80 km/jam hanya terjadi perubahan nilai terbesar dan terkecil. Hal ini diakibatkan oleh perubahan kecepatan fluida tanpa diikuti oleh perubahan bentuk bodi.

- b. Truk dengan pengarah angin atas

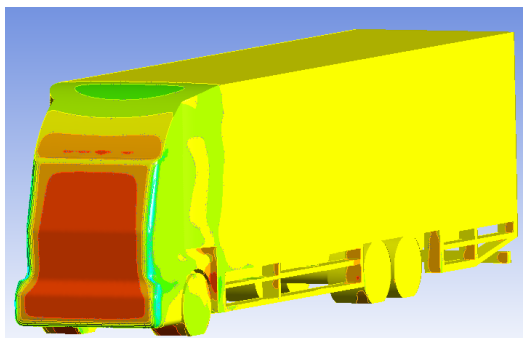


Gambar 6. *Pressure Countur* truk dengan pengarah angin atas pada kecepatan 20 km/jam.

Dari hasil simulasi sesuai pada Gambar 7 menunjukkan nilai *pressure* tertinggi terjadi pada bagian depan kabin truk dengan nilai sebesar 19 Pa. Setelah fluida melewati kabin truk, nilai *pressure* mengalami penurunan hingga -2 Pa pada bagian pengarah angin atas depan. *Pressure* kembali turun pada bagian atas pengarah angin hingga -18 Pa. Kemudian naik kembali pada bagian atas box sebesar -2.5 Pa. Hingga pada bagian belakang truk sebesar -4 Pa. Hal ini diakibatkan fluida yang berbenturan pada bagian depan kabin gagal mengikuti bentuk bodi kemudian berhasil kembali mengikuti bentuk bodi setelah melewati bagian depan pengarah angin hingga bagian atas box. Sedangkan saat melewati sisi kabin mengalami peningkatan hingga -4 Pa. Kemudian *pressure* kembali naik pada bagian samping depan box hingga 14 Pa. Dan kembali melandai pada sisi box pada nilai -2.5 Pa. Kondisi diakibatkan fluida gagal mengikuti bentuk bodi, karena bentuknya tidak melandai yang mengakibatkan tekanan terbesar pada bagian ini.

Selanjutnya hasil simulasi pada model ini tidak terjadi perubahan *countur*, melainkan perubahan nilai *pressure* yang semakin tinggi dan semakin mengecil karena bertambah besar tekanan yang diakibatkan meningkatnya kecepatan dari fluida.

c. Truk full pengarah angin



Gambar 7. *Pressure countur* truk full angin pada kecepatan 20 km/jam.

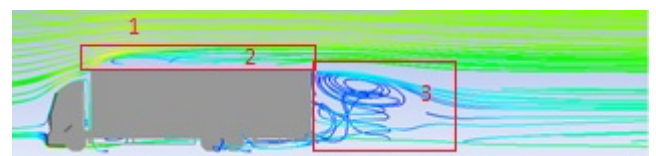
Gambar 8 merupakan kondisi *pressure countur* hasil dari simulasi. Truk dengan model ini memiliki sedikit kemiripan dengan jenis truk pengarah angin atas. Hal ini disebabkan bentuk dari bodi bagian atas kedua model tidak mengalami perubahan. Pada jenis ini tekanan di bagian depan kabin sebesar 19 Pa, pada bagian depan kabin tengah kaca ke atas sebesar 15 Pa. Sedangkan pada bagian pengarah angin sebesar 8 Pa. Untuk bagian atas box sebesar -2 Pa dan terakhir bagian belakang truk sebesar -3 Pa. Hasil simulasi pada sisi truk menunjukkan bahwa fluida sedikit mengalami benturan yaitu pada bagian pengarah angin samping dengan nilai sebesar -1.5 Pa hal ini mengalami peningkatan dari bagian sisi kabin sebesar -11 Pa dikarenakan pada bagian sisi kabin terjadi gelembung separasi yang ditimbulkan efek dari bentuk bagian depan kabin. Separasi adalah terpisahnya

aliran fluida dari permukaan bodi yang diawali gesekan secara menerus pada fluida [7]. Fluida kembali mengikuti bodi pada awal bagian pengarah angin samping sehingga pada bagian ini tekanannya mengalami peningkatan. Sedangkan pada sisi box tekanan sebesar -3 Pa, pada bagian ini fluida kembali dapat mengikuti bentuk dari bodi truk hingga akhir dari truk.

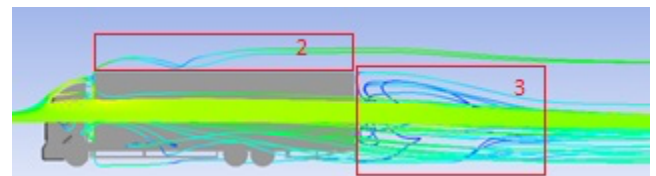
Hasil simulasi dengan model ini pada kecepatan berikutnya hanya menunjukkan meningkat dan menurunnya nilai dari tekanan.

5. Analisa aliran fluida

Hasil dari simulasi dapat dilihat pada gambar 9, 10, 11 dan 12. Pada masing-masing gambar menunjukkan masing2 kondisi aliran. Point 1 menunjukkan *streamline* diatas truk, point 2 menunjukkan *boundary layer* dan point 3 menunjukkan area *wake*.



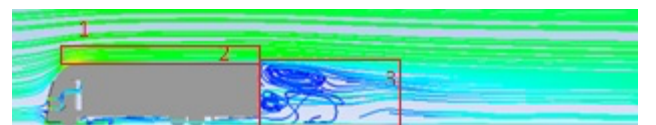
Gambar 8. Tampak samping aliran fluida di sisi atas dan bawah pada truk pengarah angin lebih rendah 40 cm.



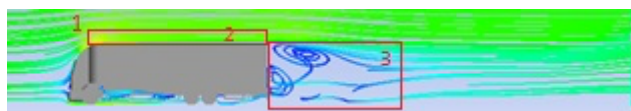
Gambar 9. Tampak samping aliran fluida di sisi kiri truk pengarah angin lebih rendah 40 cm.

Pada Gambar 9 dan 10 menunjukkan aliran fluida pada truk pengarah angin lebih rendah 40 cm, terlihat aliran fluida mengalir tidak beraturan disekitar truk. Hal ini menunjukkan bahwa truk dengan model ini kurang mampu membuat fluida mengalir dengan baik. Bagian truk yang membuat fluida bergerak tidak beraturan adalah bagian atas kabin dan box atas depan. Bagian ini memecah fluida untuk bergerak ke atas dan kebawah truk. Serta sebagian fluida yang masuk ke celah antara kabin dan box.

Sedangkan pada model truk dengan pengarah angin atas, aliran fluida lebih teratur tetapi dibandingkan dengan truk full pengarah angin, truk pengarah angin atas memiliki daerah *wake* yang lebih luas. Kondisi fluida yang melintasi truk model ini dapat dilihat di Gambar 11 dan Gambar 12.



Gambar 10. Aliran fluida pada truk dengan pengarah angin atas.



Gambar 11. Aliran fluida pada truk dengan full pengarah angin.

Truk dengan full pengarah angin dapat dengan mudah merubah pergerakan udara untuk mengikuti bentuk dari bodi truk. Sedangkan pada truk pengarah angin lebih rendah 40 cm ditemukan banyak titik benturan dengan aliran udara karena aliran udara tersebut kesulitan melewati bagian kabin dan box sisi depan. Hal ini terjadi karena bentuk dari kabin dan box bagian depan kurang aerodinamis serta pengarah angin yang tidak sama tinggi dengan box menyebabkan aliran udara terputus dalam mengikuti kontur bodi. Pada gambar *velocity vector* diatas, warna biru menunjukkan daerah *wake*. Semakin besar daerah *wake* maka semakin banyak udara yang gagal mengikuti kontur bodi truk. Semakin besar pula nilai koefisien *drag*. [13] Jika daerah *wake* dapat dikurangi, maka *drag* juga akan berkurang. Semakin aerodinamis kendaraan maka semakin sedikit daerah *wake*.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak *ansys workbench* pada kecepatan truk 20, 40, 60, 80 km/jam dengan model pengarah angin lebih rendah 40 cm memiliki nilai gaya *drag* 110.30 N, 438.27 N, 1019.09 N dan 1729.57 N dan nilai gaya *drag* truk dengan pengarah angin atas sebesar 79.57 N, 327.85 N, 730.58 N, 1321,22 N sedangkan truk full pengarah angin sebesar 72.33 N, 289.58 N, 664.72 N, 1192,36 N, maka dapat disimpulkan bahwa truk full pengarah angin memiliki nilai gaya *drag* paling kecil. Terjadi penurunan nilai gaya *drag* sebesar 31 % dari model truk pengarah angin lebih rendah 40 cm ke model truk full pengarah angin. Namun untuk menunjukkan hasil yang lebih akurat, perlu dilakukan uji jalan serta aliran fluida dialirkan dari empat sisi.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] A. E. Setyono and B. F. T. Kiono, "Dari energi fosil menuju energi terbarukan: potret kondisi minyak dan gas bumi indonesia tahun 2020 - 2050," *Jurnal Energi Baru & Terbarukan*, Vol. 2, No. 3, pp. 154-162, 2021.
- [2] A. Yusuf, *Analisa aerodinamika dan optimasi body mobil smart EV generasi tiga dengan menggunakan pemodelan CFD tiga dimensi*, Surakarta: Universitas Sebelas Maret, 2017.
- [3] A. Capone and G. P. Romano, "Investigation on the effect of horizontal and vertical deflectors on the near-wake of a square-back car model," *Jurnal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics*, vol. 185, pp. 57-64, 2019.
- [4] R. Setiawan, A. R. Putra and V. P. Fahraini, "Simulasi proses bending ARM rear brake dengan variasi kecepatan pembebanan terhadap stress material menggunakan ANSYS," *Barometer*, vol. 5, no. 2, pp. 261-266, 2020.
- [5] G. Minelli, E. A. Hartono, V. Chernoray, L. Hjelm and S. Krajnovic, "Aerodynamic flow control for a generic truck cabin using synthetic jets," *Jurnal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics*, vol. 168, pp. 81-90, 2017.
- [6] M. Nawawi, *Analisa computational fluid dynamics (CFD) terhadap pengaruh inclining keel pada hambatan dan kecepatan kapal ikan*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2015.
- [7] T. D. Hasugian, *Simulasi aerodinamika pada mobil listrik nogogeni dengan menggunakan software ansys fluent*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [8] M. Yamin and Suhandono, "Analisis aerodinamika deflektor pada truk menggunakan software berbasis computational fluid dynamics (CFD)," pp. 1-32, 2014.
- [9] J. J. Kim, J. Hong and S. J. Lee, "Bio-inspired cab-roof fairing of heavy vehicles for enhancing drag reduction and driving stability," *International Journal of Mechanical Sciences*, Vols. 131-132, pp. 868-879, 2017.
- [10] S. McTavish and B. McAuliffe, "Improved aerodynamic fuel savings predictions for heavy-duty vehicles using route-specific wind simulations," *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics*, vol. 210, pp. 1-17, 2021.
- [11] Wahyudi, G. Rubiono and H. Mujianto, "Pengaruh bentuk pengarah angin (Deflector) terhadap karakteristik aerodinamis kendaraan niaga (Truck)," *Jurnal Rotor*, vol. 7, no. 1, pp. 1-5, 2014.
- [12] Damjanovic, Darko, Kozak, Drazan, Ivandic, Zeljko, Kokanovic and Mato, "Car design as a new conceptual solution and CFD-analysis in purpose of improving aerodynamics," pp. 1-9, 2015.
- [13] m. a. Kurniawan and A. g. Wailanduw, "Karakteristik aliran pada kendaraan menyerupai MPV dengan penambahan rear spoiler," *JTM*, vol. 3, pp. 261-270, 2014.