



KAJIAN AERODINAMIKA PROFIL *CAP TRUCK* HINO FL35JW

Sutrisno¹⁾, Febio Novanto Sulistiono²⁾

Prodi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra^{1,2)}

Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia^{1,2)}

Phone: +62-31-8439040, Fax: +62-31-8417658^{1,2)}

E-mail: febionovanto@gmail.com¹⁾, tengsutrisno@petra.ac.id²⁾

ABSTRAK

Penggunaan Truk sebagai alat transportasi barang antar propinsi di Indonesia sangatlah banyak, hal ini diperlihatkan populasi truk yang terjadi di jalan PANTURA (pantai utara jawa). Bentuk truk tersebut selalu terindikasi memiliki hambatan aliran yang besar, ketika dikemudi dengan kecepatan tinggi sangat rentan terjadinya kondisi unstable sehingga rentan terjadinya kecelakaan. Selain itu dampak hambatan aliran yang besar menyebabkan penggunaan BBM semakin boros, penelitian sebelumnya menyatakan bahwa dengan mereduksi hambatan aliran dapat menghemat BBM sebesar 6,9%. Oleh karena itu dibutuhkan penelitian tentang bentuk *Cap Truck* yang dapat mereduksi hambatan aliran. Penelitian ini menggunakan profil $X(x) = 1 - (y/Y)^{1/n}$ disesuaikan dengan profil kecepatan pada aliran internal, dimana n divariasikan dari 2 sampai dengan 9. Analisa dilakukan dengan menggunakan paket komersial Computational Fluid Dynamic (CFD) dengan bentuk 2D pada keadaan tunak. Validasi hasil simulasi dibandingkan dengan hasil eksperimen di lorong angin. Sedangkan validasi dilakukan uji wind tunnel dengan model skala 1:20 dengan variabel kecepatan antara 16 m/s hingga 30 m/s. Salah satu kendala dalam validasi ini adalah reynold number, pengujian tidak dapat mencapai reynold number yang sesungguhnya karena keterbatasan kecepatan wind tunnel. Hasil penelitian didapatkan bahwa profil *Cap Truck* yang terbaik mereduksi hambatan aliran terjadi pada nilai $n=2$. Reduksi hambatan aliran yang terjadi sebesar 20 % dari kondisi truk tanpa *Cap*. Bentuk *cap truck* juga sangat berpengaruh dalam menurunkan koefisien hambat, untuk *cap truck* bentuk standar dengan bentuk kuba memiliki perbedaan penurunan sebesar 0,1%. Karena *cap truck* bentuk kuba memiliki bentuk kelengkungan yang sedemikian rupa sehingga aliran streamline.

Kata kunci: Truk, Aerodinamika, Gaya Drag, Cd, Otomotif.

1. PENDAHULUAN

Pada dunia desain dan produksi otomotif semua kendaraan memiliki nilai koefisien drag (C_d) dan frontal area (A). Koefisien drag dan frontal area sangat mempengaruhi gaya drag. Clancy[2]. Semakin besar nilai koefisien drag dan luas frontal area akan membuat tahanan terhadap laju gerak maju kendaraan menjadi terhambat. Hucho[4]. Contohnya pada kendaraan yang memiliki frontal area yang besar seperti truk tronton ketika melaju pada kecepatan tinggi akan lebih terhambat oleh gaya gerak dari depan sehingga truk mendapat gaya drag dan membuat kendaraan kurang stabil. Tjitro & Aria[5].

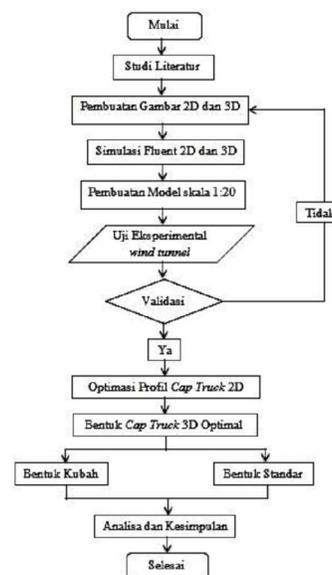
Truk tronton di Indonesia sebagian besar jarang menggunakan *cap truck*. Topi truk atau yang disebut *cap truck* itu sendiri merupakan aksesoris yang digunakan di atas kepala truk seperti topi, berfungsi untuk membantu mengurangi gaya drag gerak dari depan saat truk melaju pada kecepatan tinggi. Dari uraian diatas dapat dirumuskan beberapa permasalahan yaitu pembuatan profil *cap truck* belum memiliki literatur yang benar. Selain itu pembuatan profil *cap truck* belum memiliki drag aliran yang kecil.

Walaupun varian profil *cap truck* sudah cukup beragam. Namun ukuran varian profil *cap truck* ini tidak memiliki literatur yang benar dan hanya digunakan sebagai aksesoris pada truk saja. Profil *cap truck* yang digunakan pun juga belum tentu menghasilkan aerodinamik yang baik. Barnard[1]. Uji eksperimen menggunakan miniatur truk dengan skala 1:20 di *wind tunnel*. Penggunaan alat pengukuran gaya drag pada uji *wind tunnel* menggunakan perancangan pembuatan mekanisme pengukuran gaya drag yang sudah ada. Hartanto[3]. Tujuan penelitian dalam tugas akhir ini adalah memban-

dingkan perbedaan profil lengkungan *cap truck* terhadap koefisien drag dan membuat desain *cap truck* yang aerodinamik. Manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah menyimpulkan hasil profil *cap truck* yang paling baik dalam desain *cap truck* dan efisiensi bahan bakar semakin baik.

2. METODOLOGI

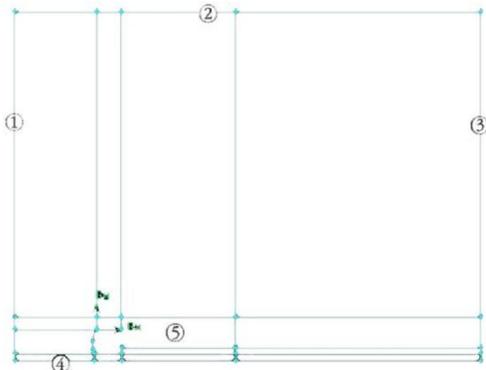
Metode yang akan digunakan untuk melaksanakan perencanaan ini berdasarkan pada *flow chart*, seperti dipaparkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart penelitian

Proses ini diawali dengan pembuatan kontur bodi dua dimensi truk Hino FL 235 JW dengan skala 1:1 menggunakan *software solidworks*. Setelah itu proses ini dilanjutkan dengan bantuan *software gambit* dalam pembuatan *meshing*. Jenis *meshing* yang digunakan berupa *quad map* agar lebih mudah konvergen dalam proses iterasi.

Untuk *boundary conditions* pada Gambar 2, garis nomor 1 berupa *velocity inlet*, untuk garis nomor 2 berupa *symmetry*, garis nomor 3 berupa *outflow*, untuk garis nomor 4 atau garis jalan raya berupa *wall* dan garis nomor 5 atau bodi berupa *wall*. Kondisi ini disesuaikan dengan pengujian pada lorong angin.



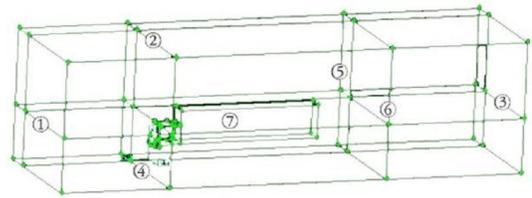
Gambar 2. *Boundary condition* planar surface truk Hino FL 235 JW

Untuk parameter setting simulasi dapat dilihat pada Tabel 1 terdiri dari skala, model viscous, *control solution* serta kriteria konvergensi. Parameter ini didapatkan berdasarkan nilai dari validasi antara simulasi dengan hasil eksperimen. Parameter ini merupakan acuan pada hasil numerik yang telah dilakukan dalam proses validasi, yang akan dibahas dalam hasil dan analisa.

Tabel 1. Parameter simulasi dua dimensi

Grid	Check		
	Scale	Grid was created in	mm
Define	Models	Viscous	Standard k-epsilon
	Operating conditions	Reference pressure location	X : max (m) , Y : min (m)
	Boundary conditions	Zone : Velocity inlet	Velocity Magnitude : 22 m/s
Solve	Controls Solution	SIMPLE	Pressure : Standard Momentum : First Order Turbulent Kinetic Energy : First Order Turbulent Dissipation Rate : First Order
	Initialize	Initialize	Compute from : Velocity inlet
	Monitors	Residual	Options : Print dan Plot
		Criteria Convergence	10^{-3}
Iterate		Number of iterations	1000

Simulasi fluent bodi tiga dimensi truk akan dibuat setengah bagian agar mempermudah dalam *meshing*. Setengah dari bodi tiga dimensi truk tersebut akan mewakili dari simulasi ini, agar dapat menghemat *resource computation*. Sebelum dilanjutkan proses simulasi *fluent*, tiga dimensi truk Hino FL 235 JW harus dimeshing dengan *software Gambit* pada daerah dekat *wall body*. Meshing menggunakan tipe *tri-pave* dan daerah agak menjauh menggunakan *quad-pave* karena *quality* meshing dibawah 0,9.



Gambar 3. Tiga dimensi truk Hino FL 235 JW di *software Gambit*

Pada *face* nomor 1 berupa *velocity inlet*, untuk *face* nomor 2, 5, 6 berupa *symmetry*, untuk *face* nomor 3 berupa *outflow*, untuk *face* nomor 4 berupa *wall* dan *face* nomor 7 berupa *wall* sebagai bodi bus. Sedangkan pada proses eksperimen digunakan objek berupa miniatur truk Hino FL 235 JW skala 1:20 dan *frontal area* benda ujinya adalah 0,021 m², dipaparkan pada Gambar 4. Tinggi benda uji ini telah memiliki syarat terhadap nilai *blockage rasio* dibawah 10%.

Spesifikasi miniatur truk Hino FL 235 JW skala 1:20:

- Wheelbase : 405 mm
- Panjang : 600 mm
- Lebar : 120 mm
- Tinggi : 200 mm
- Diameter roda : 58 mm

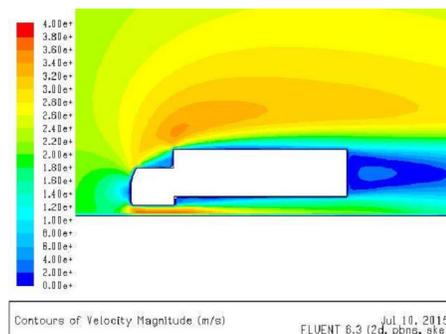


Gambar 4. Miniatur truk Hino FL 235 JW skala 1:20

Lintasan dipasang pada *test section wind tunnel* sedangkan gaya drag truk diukur menggunakan *wind tunnel balance*. Untuk sudut serang atau *yawing* disetting tegak lurus dengan arah angin *wind tunnel*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan kecepatan bervariasi antara 16 m/s hingga 30 m/s. Setelah validasi selesai, optimasi dilakukan membuat profil *cap truck* dua dimensi dengan persamaan rumus *profile boundary layer internal*, dan bentuk *cap truck* tiga dimensi optimal. Kecepatan disamakan yaitu 22 m/s.

3. HASIL DAN ANALISA

Hasil dari simulasi dua dimensi truk Hino FL 235 JW skala 1:1 dipaparkan pada Gambar 5 kontur kecepatan disekitar bodi truck.



Gambar 5. Display contour truk Hino FL 235 JW skala 1:1



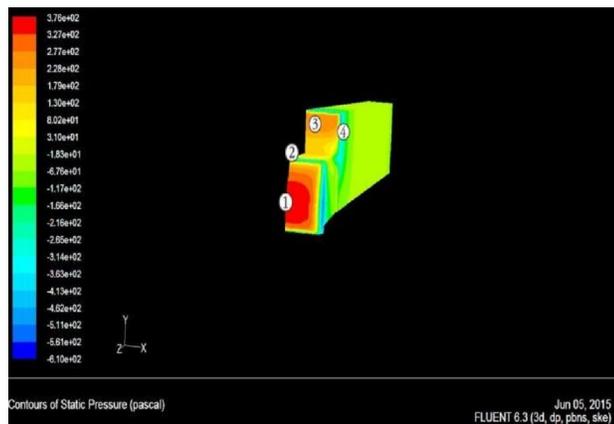
Dari hasil simulasi dua dimensi truk Hino FL 235 JW ini memiliki hasil gaya drag sebesar 1390,52 N pada kecepatan 22 m/s. Dengan menggunakan persamaan aerodinamika maka dapat ditentukan koefisien drag dari truk Hino FL 235 JW.

$$F_d = \frac{1}{2} \rho v^2 A_f C_d \quad (1)$$

$$1390,52 = \frac{1}{2} 1,255 \cdot 22,2^2 \cdot 3,760 \cdot C_d$$

$$C_d = 1,22$$

Hasil dari simulasi tiga dimensi truk Hino FL 235 JW skala 1:20 sebagai berikut.



Gambar 6. Display Contours Pressure truk Hino FL 235 JW

Diketahui bahwa area yang berwarna merah adalah tekanan stagnasi (1) pada bagian depan truk dimana kecepatan aliran 0, sehingga tekanan maksimum pada titik tersebut. Selanjutnya pada area attach (2) tekanan melemah. Mulai mendekati area (3) tekanan mulai bertambah, kecepatan aliran berkurang. Setelah melewati area (3) pada area (4) dikatakan bahwa tekanan turun, kecepatan aliran mulai naik pada daerah attach.

Hasil simulasi tiga dimensi truk Hino FL 235 JW ini memiliki hasil gaya drag sebesar 3,73 N pada kecepatan 22 m/s. Penggunaan persamaan aerodinamika maka dapat ditentukan koefisien drag dari truk Hino FL 235 JW.

$$F_d = \frac{1}{2} \rho v^2 A_f C_d \quad (2)$$

$$3,73 = \frac{1}{2} 1,255 \cdot 22,2^2 \cdot 0,0105 \cdot C_d$$

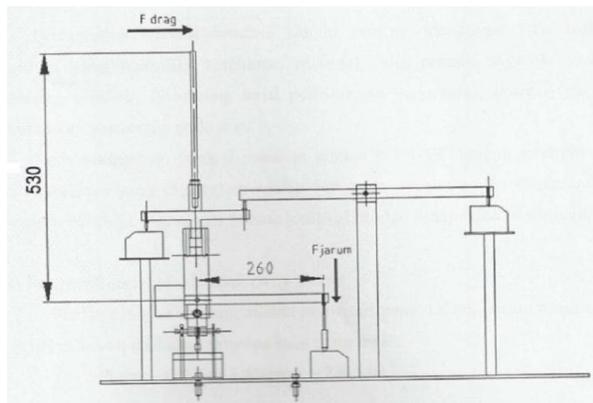
$$C_d = 1,2$$

Setelah mendapatkan hasil dari persamaan (2), maka hasil gaya dapat dimasukkan kedalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil gaya timbangan

Gaya timbangan drag (N)	
V (m/s)	F (N)
16	7.32
18	9.60
20	11.93
22	14.50
24	17.29
26	20.34
28	23.59
30	27.11

Sedangkan pada gambar ditunjukkan alat pengukur Gaya Drag dengan menggunakan wind tunnel balance.



Gambar 7. Kesetimbangan momen wind tunnel balance

Sehingga kekekalan momen dititik pusat didapatkan dengan persamaan dibawah ini:

$$\Sigma M_t = \Sigma M_d \quad (3)$$

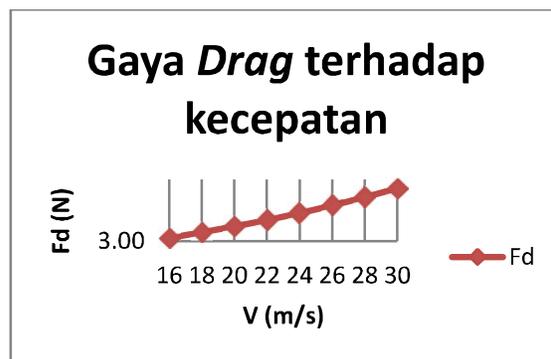
$$F_t \cdot l_2 = F_d \cdot l_1 \quad (4)$$

$$F_d = \frac{F_t \cdot l_2}{l_1}$$

$$F_d = \frac{7,32 \cdot 0,26}{0,53}$$

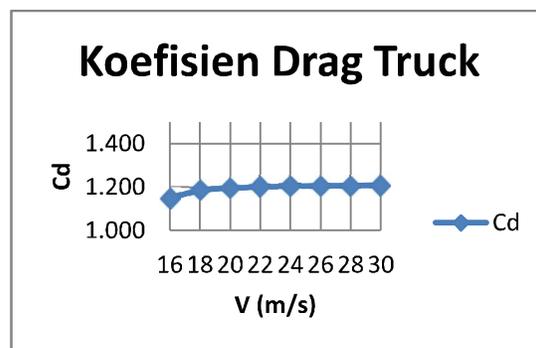
$$F_d = 3,59 \text{ N}$$

Hasil dari persamaan (4) maka ditemukan gaya drag dari bodi bus dan dapat dilihat pada grafik berikut ini.



Gambar 8. Grafik gaya drag terhadap kecepatan

Pada Gambar 8 gaya drag meningkat seiring bertambahnya kecepatan. Pada saat kecepatan 22 m/s, gaya drag yang dihasilkan adalah 7,12 N. Untuk menghitung koefisien drag dari miniatur truk Hino ini, maka menggunakan persamaan (1) pada variasi kecepatan dan frontal area 0,0210 m².



Gambar 9. Grafik koefisien drag terhadap kecepatan

Pada Gambar 9 koefisien drag memiliki pengaruh sedikit sekali pada kecepatan sehingga koefisien drag dapat dijadikan acuan perbandingan dari aerodinamika suatu kendaraan. Pada saat kecepatan 22 m/s, koefisien drag miniatur truk Hino FL 235 JW sebesar 1,202. Adanya perbedaan sedikit dari koefisien drag antara simulasi dua dimensi, simulasi tiga dimensi, dan eksperimen, dikarenakan pada simulasi 3 dimensi beberapa aksesoris diabaikan seperti grille, roda dan validasi dinyatakan. Hasil perbandingan eksperimen dan model simulasi 2D, 3D dipaparkan pada Tabel 3, sehingga parameter pada simulasi dinyatakan dapat digunakan untuk memprediksi fenomena aliran.

Tabel.3. Hasil perbandingan metode simulasi dan eksperimen

Metode	Skala	V (m/s)	Gaya Drag (N)	Koefisien Drag
Eksperimen	1:1	22	7.12	1.20
2D	1:20	22	1390.52	1.22
3D	1:20	22	7.47	1.20

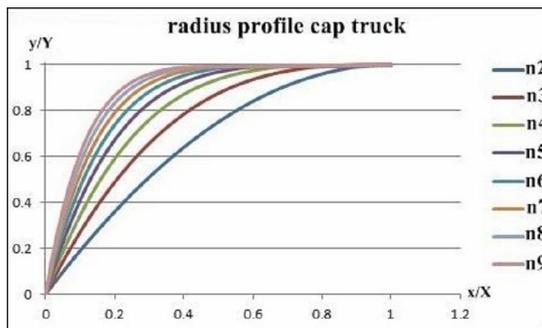
Setelah validasi model, maka optimasi dilakukan. Optimasi dilakukan dengan menentukan radius profil *cap truck* menggunakan rumus *profile boundary layer internal*:

$$\frac{u}{U} = \left(1 - \frac{y}{n}\right)^{\frac{1}{n}}$$

Dimana:

$\frac{1}{n}$ = Grafik sebagai radius profil terhadap *cap truck* dengan nilai $n_2, n_3, n_4, n_5, n_6, n_7, n_8, n_9$.

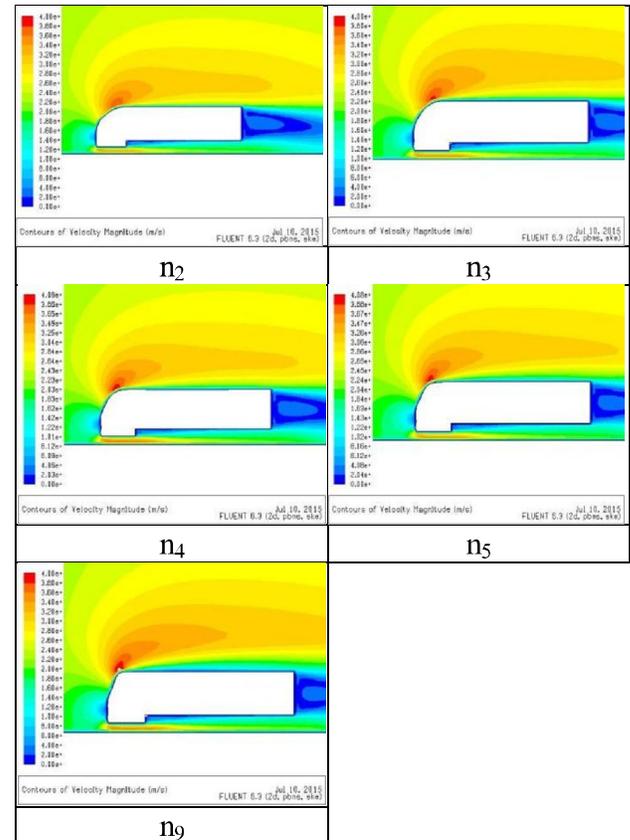
Beberapa varian radius profil pada *cap truck* seperti grafik pada Gambar 10.



Gambar 10. Radius profil *cap truck*

Hasil dari gambar beberapa varian radius profil akan dihasilkan kelengkungan pada *cap truck* nilai grafik n_2, n_3, n_4, n_5, n_9 yang sudah ditentukan. *Interate* menggunakan *software ansys fluent* hingga *convergen*. Dari hasil simulasi dua dimensi n_2 didapat gaya drag sebesar 1116,54 N pada kecepatan 22 m/s. Untuk menghitung koefisien dragnya maka digunakan persamaan (1) dan dihasilkan koefisien drag sebesar 0,983. Dari hasil simulasi dua dimensi n_3 didapat gaya drag sebesar 1195,15 N pada kecepatan 22 m/s. Untuk menghitung koefisien dragnya maka digunakan persamaan (1) dan dihasilkan koefisien drag sebesar 1,05. Dari hasil simulasi dua dimensi n_4 didapat gaya drag sebesar 1213,82 N pada kecepatan 22 m/s. Untuk menghitung koefisien dragnya maka digunakan persamaan (1) dan dihasilkan koefisien drag

sebesar 1,069. Hasil simulasi dua dimensi n_5 didapat gaya drag sebesar 1293,73 N pada kecepatan 22 m/s. Untuk menghitung koefisien dragnya maka digunakan persamaan (1) dan dihasilkan koefisien drag sebesar 1,139. Hasil simulasi dua dimensi n_9 didapat gaya drag sebesar 1454,83 N pada kecepatan 22 m/s. Untuk menghitung koefisien dragnya maka digunakan persamaan (1) dan dihasilkan koefisien drag sebesar 1,281.



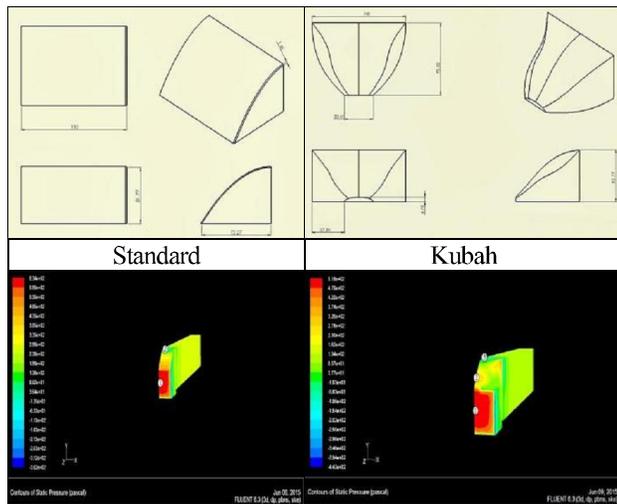
Gambar 11. Hasil simulasi kontur *cap truck* pada setiap profil.

Pada Tabel 4 diperlihatkan hasil koefisien drag pada setiap profil kelengkungan dari *Cap Truck*. Dari hasil simulasi dua dimensi *cap truck* dengan nilai grafik (n_2) yang dipilih sebagai optimasi profil *cap truck* dalam bentuk grafik radius. Pembuatan bentuk *cap truck* tiga dimensi menggunakan nilai grafik (n_2) yang sudah dipilih dalam bentuk standar dan diubah yang ditempatkan pada atas kepala truk Hino sebagai *cap truck*.

Tabel 4. Perbandingan simulasi dua dimensi *cap truck* dengan nilai grafik (n)

Simulasi 2D dengan nilai grafik (n)	V (m/s)	Koefisien drag
n_2	22	0,983
n_3	22	1,052
n_4	22	1,069
n_5	22	1,139
n_9	22	1,281

Bentuk *cap truck* yang digunakan pada analisa lanjutan beserta dengan hasil simulasinya dipaparkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Ukuran *cap truck* standar dan kubah dengan nilai grafik n_2

Diketahui bahwa area yang berwarna merah adalah tekanan stagnasi (1) pada bodi truk dimana kecepatan aliran 0, sehingga tekanan maksimum pada titik tersebut. Selanjutnya tekanan mulai berangsur-angsur lemah mendekati area *attach* (2), sehingga dapat dikatakan bahwa tekanan akan turun pada daerah *attach*. Dari hasil simulasi tiga dimensi *cap truck* standar dan kubah didapat gaya drag sebesar 2,98 N dan 2,97 N pada kecepatan 22 m/s. Untuk menghitung koefisien dragnya maka digunakan persamaan (1) dan dihasilkan koefisien drag sebesar 0,961 pada standard dan 0,958 pada kubah.

Tabel 5. Perbandingan simulasi tiga dimensi kontur *cap truck* dengan nilai grafik n_2

Simulasi 3D Kontur <i>Cap Truck</i> dengan nilai grafik (n_2)	V (m/s)	Koefisien drag	% Penurunan drag
Bentuk Standar	22	5,97	20%
Bentuk Kubah	22	5,95	20,1%

4. KESIMPULAN

Dari pengujian yang dilakukan (simulasi *fluent*, dan uji koefisien drag) dapat disimpulkan bahwa, nilai grafik persamaan profil n_2 memiliki nilai koefisien drag terendah (0,983). Maka untuk pemilihan optimasi *cap truck* dengan nilai grafik persamaan profil n_2 yang dipilih sebagai radius profil terhadap *cap truck*.

Selanjutnya *cap truck* dibuat dalam bentuk standar, bentuk kubah, dan disimulasikan menggunakan *ansys fluent* dengan kecepatan 22 m/s. Dengan menggunakan *cap truck* nilai grafik n_2 dalam bentuk standart koefisien drag turun sebesar 20%, sedangkan dalam bentuk kubah koefisien drag turun sebesar : 20,1%. Ternyata penurunan koefisien drag untuk *cap truck* bentuk kubah dengan *cap truck* bentuk standar tidak signifikan, sebesar : 0,1%. Penggunaan kubah pada model 3D pada penelitian ini tidak tampak. Hal ini disebabkan penelitian ini tidak melibatkan penggunaan sudut belok pada kendaraan *Cap Truck*.

DAFTAR PUSTAKA

- Barnard, R. H. (2009). *Road vehicle aerodynamic design: An introduction*. St Albans: MechAero.
- Clancy, L.J. (1975). *Aerodynamics*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Hartanto, A. S. (2005). *Perancangan dan pembuatan mekanisme pengukuran gaya angkat dan gaya hambat untuk terowongan angin*. Bachelor thesis, Petra Christian University.
- Hucho, Wolf-Heinrich. (1987). *Aerodynamics of Road Vehicles*. London: Butterworths.
- Tjitro, S., & Aria, W. A. (1999). *Perbaikan Karakteristik Aerodinamika pada Kendaraan Niaga*. Jurnal Teknik Mesin, 1(2), 108-115.