

PENELITIAN PENGARUH VARIASI PROFIL *CAP TRUCK* HINO FL 235 JW TERHADAP KOEFISIEN DRAG

Febio Novanto Sulistiono¹⁾, Sutrisno²⁾
Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra^{1,2)}
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Indonesia^{1,2)}
Phone: 0062-31-8439040, Fax: 0062-31-8417658^{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*.

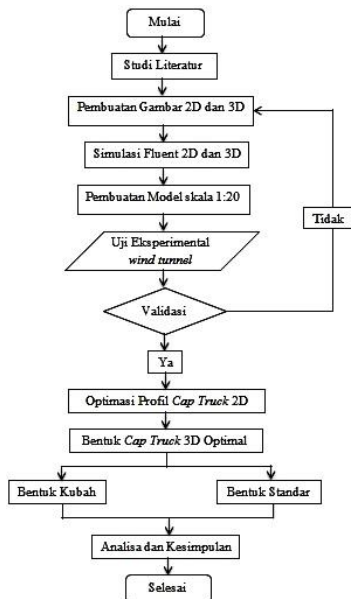
Penggunaan alat pengukuran gaya drag pada uji *wind tunnel* menggunakan perancangan pembuatan mekanisme pengukuran gaya drag yang sudah ada. Hartanto [3].

Tujuan penelitian dalam tugas akhir ini adalah membandingkan 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.

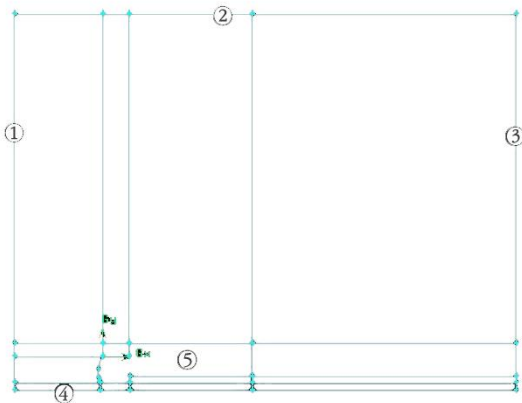
2. Metodologi

Metode yang akan digunakan untuk melaksanakan perencanaan ini berdasarkan pada *flow chart* berikut:



Gambar 2.1 Flowchart penelitian

Pembuatan kontur bodi dua dimensi truk Hino FL 235 JW dengan skala 1:1 menggunakan *software* solidworks. Dengan bantuan *software* gambit, planar surface dimeshing. Meshing berupa quad map agar lebih mudah konvergen dalam proses iterasi.



Gambar 2.2 *Boundary condition* planar surface truk Hino FL 235 JW

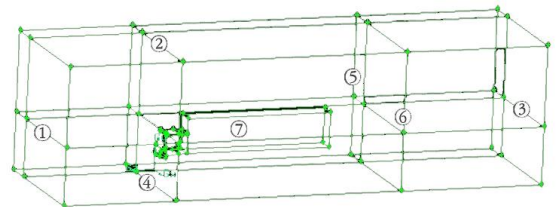
Untuk *boundary conditions* pada gambar 2.2, garis nomor 1 berupa *velocity inlet*, untuk garis nomor 2 berupa *symmetry*, garis nomor 3 berupa *outflow*, untuk garis nomor 4 atau garis jalan raya berupa *wall* dan garis nomor 5 atau bodi berupa *wall*.

Untuk parameter setting simulasi dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Parameter simulasi dua dimensi

Grid	Check		
	Scale	Grid was created in	mm
Define	Models	Viscous	Standart 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

Dalam 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. Sebelum dilanjutkan ke 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 2.3 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.

Pada uji eksperimen menggunakan objek berupa miniatur truk Hino FL 235 JW skala 1:20 dan *frontal area* benda ujinya adalah 0,021 m², sehingga benda uji telah memenuhi syarat *frontal area* maksimum *blockage ratio*.



Gambar 2.4 Miniatur truk Hino FL 235 JW skala 1:20

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

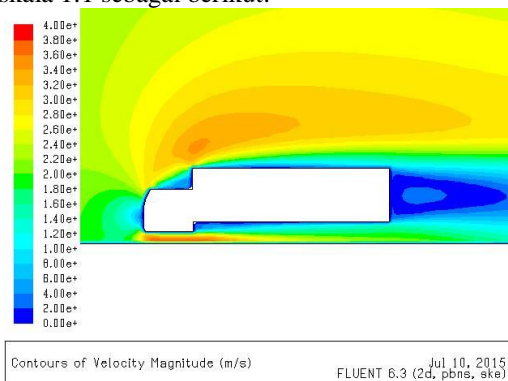
- Wheelbase : 405 mm
- Panjang : 600 mm
- Lebar : 120 mm
- Tinggi : 200 mm
- Diameter roda : 58 mm

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 Pembahasan

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



Gambar 3.1 Display contour truk Hino FL 235 JW skala 1:1

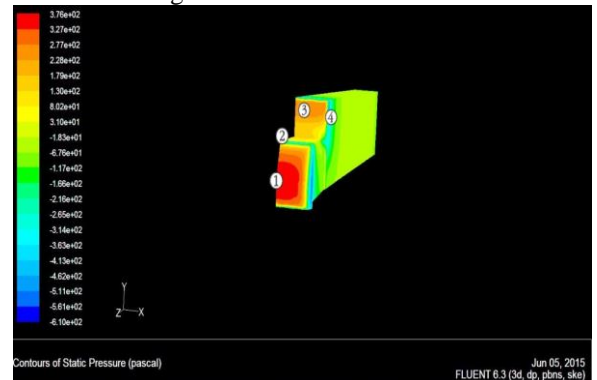
Dari hasil simulasi dua dimensi truk Hino FL 235 JW ini memiliki hasil gaya drag sebesar 1390,52 N pada kecepatan 22 m/s. Dengan menggunakan persamaan aerodinamika maka dapat ditentukan koefisien drag dari truk Hino FL 235 JW.

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

$$1390,52 = \frac{1}{2} 1,255.22,2 \text{ m}^2.3,760. C_d$$

$$C_d = 1,22$$

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



Gambar 3.2 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*.

Dari 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.

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

$$3,73 = \frac{1}{2} 1,255.22,2 \text{ m}^2.0,0105. C_d$$

$$C_d = 1,2$$

Pada uji eksperimen menggunakan *wind tunnel balance* sebagai pengukur massa dan didapat hasil dari 3 kali percobaan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil percobaan nilai massa

V (m/s)	Percobaan I (gram)	Percobaan II (gram)	Percobaan III (gram)	Rata-Rata (gram)
16	757	752	732	747
18	985	983	972	980
20	1220	1219	1212	1217
22	1484	1482	1474	1480
24	1770	1765	1757	1764
26	2080	2079	2066	2075
28	2410	2406	2405	2407
30	2770	2768	2760	2766

Gaya berat (*weight*):

$$F = m \cdot g \dots\dots\dots(2)$$

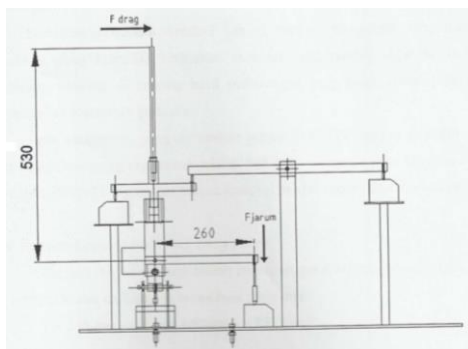
$$F = \frac{747 \cdot 9,8}{1000}$$

$$F = 7,32 \text{ N}$$

Setelah mendapatkan hasil dari persamaan (2), maka hasil gaya dapat dimasukkan kedalam tabel 3.2.

Tabel 3.2 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



Gambar 3.3 Kesetimbangan momen *wind tunnel balance*

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

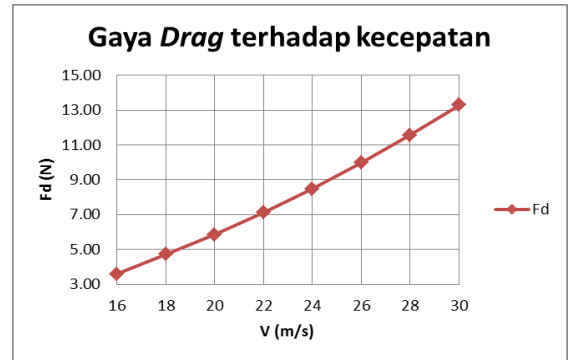
$$F_t \cdot l_2 = F_d \cdot l_1 \dots\dots\dots(4)$$

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

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

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

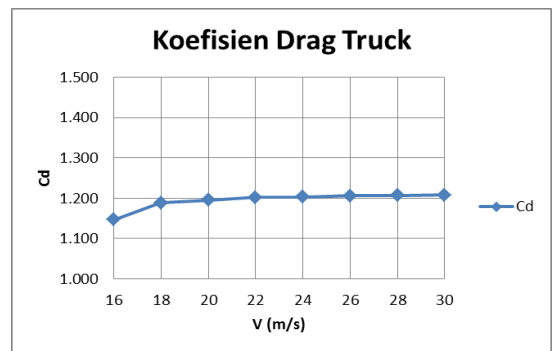
Hasil dari persamaan (4) maka ditemukan gaya drag dari bodi bus dan dapat dilihat pada grafik berikut ini.



Grafik 3.1 Gaya drag terhadap kecepatan

Pada grafik 3.1 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.



Grafik 3.2 Koefisien drag terhadap kecepatan

Pada grafik 3.2 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.

Tabel 3.3 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

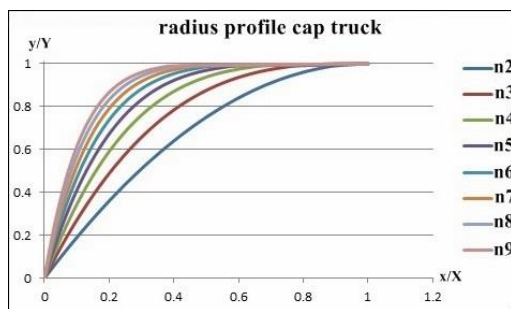
Setelah validasi model, maka optimasi dilakukan. Optimasi dilakukan dengan menentukan radius profil *cap truck* menggunakan rumus *profile boundary layer internal*:

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

Dimana:

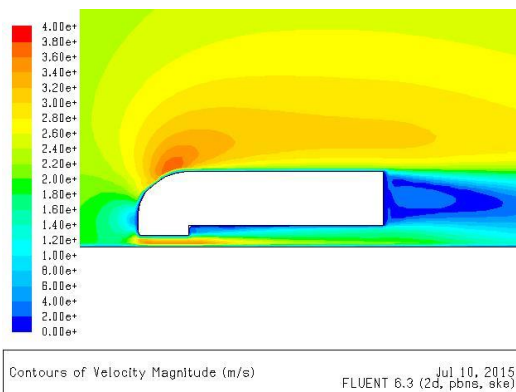
$\frac{1}{n}$ = Grafik sebagai radius profil terhadap *cap truck* dengan nilai $n2, n3, n4, n5, n6, n7, n8, n9$.

Beberapa varian radius profil pada *cap truck* seperti grafik pada grafik 3.3 dibawah:



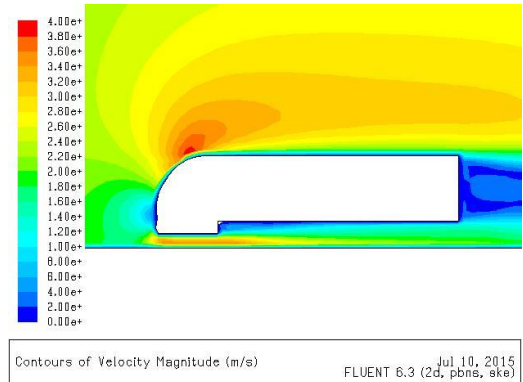
Grafik 3.3 radius profil *cap truck*

Hasil dari gambar beberapa varian radius profil akan dihasilkan kelengkungan pada *cap truck* nilai grafik $n2, n3, n4, n5, n9$ yang sudah ditentukan. *Iterate* menggunakan *software ansys fluent* hingga *convergen*.



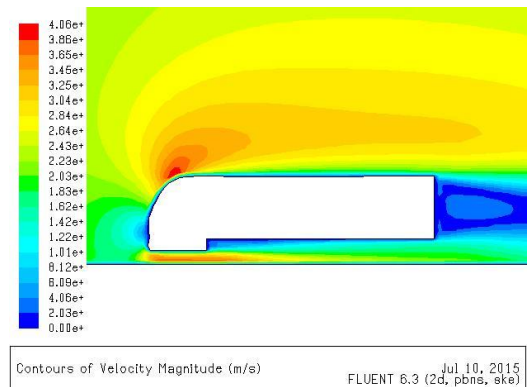
Gambar 3.4 Hasil simulasi kontur *cap truck* dengan nilai grafik $n2$

Dari hasil simulasi dua dimensi $n2$ 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 pada gambar 3.4.



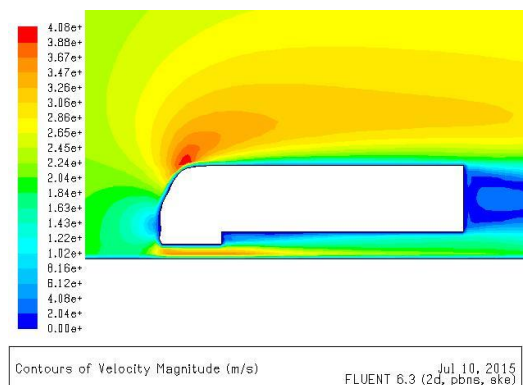
Gambar 3.5 Hasil simulasi kontur *cap truck* dengan nilai grafik $n3$

Dari hasil simulasi dua dimensi $n3$ 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 pada gambar 3.5.



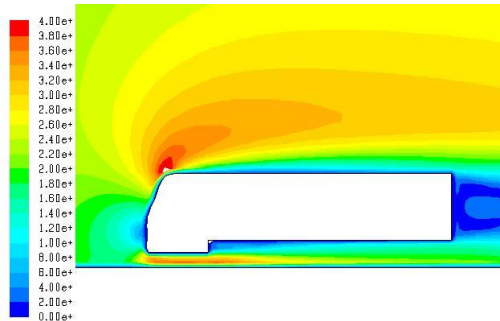
Gambar 3.6 Hasil simulasi kontur *cap truck* dengan nilai grafik $n4$

Dari hasil simulasi dua dimensi $n4$ 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 pada gambar 3.6.



Gambar 3.7 Hasil simulasi kontur *cap truck* dengan nilai grafik $n5$

Dari hasil simulasi dua dimensi **n5** 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 pada gambar 3.7.



Gambar 3.8 Hasil simulasi kontur *cap truck* dengan nilai grafik **n9**

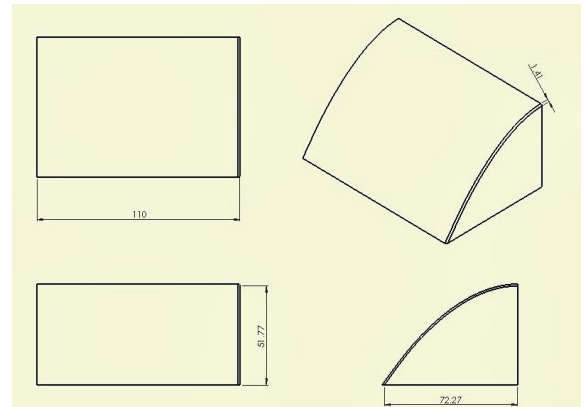
Dari hasil simulasi dua dimensi **n9** didapat gaya drag sebesar 1454,83 N pada kecepatan 22 m/s. Untuk menghitung koefisien dragnya maka digunakan persamaan (1) dan dihasilkan koefisien drag sebesar 1,281 pada gambar 3.8.

Tabel 3.4 Perbandingan simulasi dua dimensi *cap truck* dengan nilai grafik (**n**)

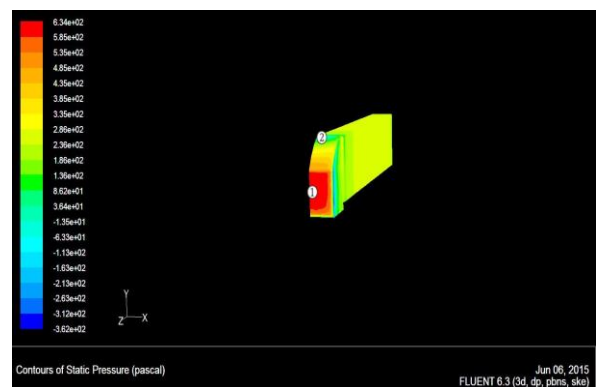
Simulasi 2D dengan nilai grafik (n)	V (m/s)	Koefisien drag
n2	22	0,983
n3	22	1,052
n4	22	1,069
n5	22	1,139
n9	22	1,281

Dari hasil simulasi dua dimensi *cap truck* dengan nilai grafik (**n2**) yang dipilih sebagai optimasi profil *cap truck* dalam bentuk grafik radius.

Pembuatan bentuk *cap truck* tiga dimensi menggunakan nilai grafik (**n2**) yang sudah dipilih dalam bentuk standar dan kubah yang ditempatkan pada atas kepala truk Hino sebagai *cap truck* pada *software* Gambit.



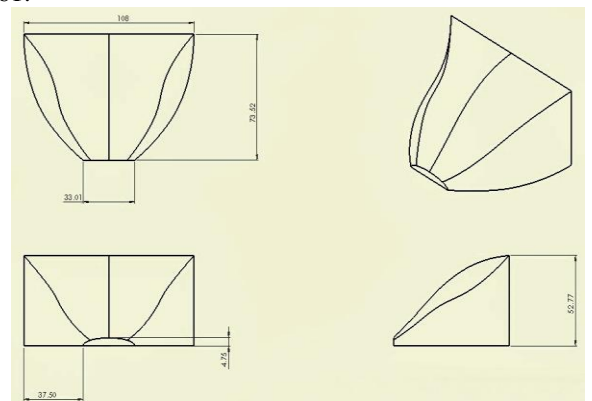
Gambar 3.9 Ukuran *cap truck* standar dengan nilai grafik **n2**



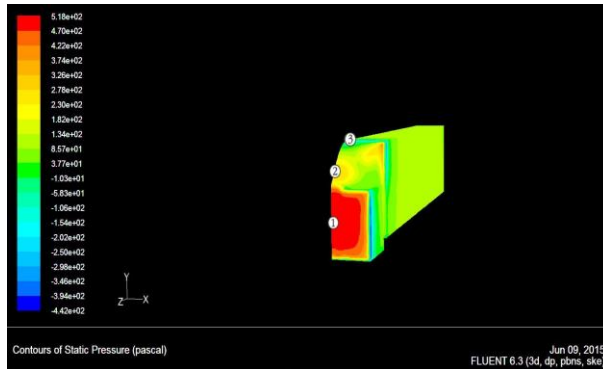
Gambar 3.10 Hasil simulasi tiga dimensi *cap truck* standar dengan nilai **n2**

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 didapat gaya drag sebesar 2,98 N pada kecepatan 22 m/s. Untuk menghitung koefisien dragnya maka digunakan persamaan (1) dan dihasilkan koefisien drag sebesar 0,961.



Gambar 3.11 Ukuran *cap truck* kubah dengan nilai grafik **n2**



Gambar 3.12 Hasil simulasi tiga dimensi *cap truck* kubah dengan nilai n_2

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 mulai berkurang hingga pada area (3) dikatakan bahwa tekanan turun, kecepatan aliran mulai naik pada daerah *attach*.

Dari hasil simulasi tiga dimensi *cap truck* kubah didapat gaya drag sebesar 2,97 N pada kecepatan 22 m/s. Untuk menghitung koefisien dragnya maka digunakan persamaan (1) dan dihasilkan koefisien drag sebesar 0,958.

Tabel 3.5 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%.

Daftar Pustaka

- Barnard, R. H. (2009). *Road vehicle aerodynamic design: An introduction*. St Albans: MechAero.

- Clancy, L.J. (1975). *Aerodynamics*. New York: Jhon 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.