

STUDI KOEFISIEN DRAG PADA VARIASI BODI DAN POSISI DEFLEKTA BUS

Yonathan Setiawan¹⁾, 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 : yonathan.setiawan1@gmail.com¹⁾, tengsutrisno@petra.ac.id²⁾

ABSTRAK

Masyarakat pada umumnya menggunakan transportasi massal sebagai mobilisasi baik antar kota maupun antar propinsi. Hal inilah yang mempengaruhi perkembangan karoseri dalam pembuatan bodi bus seperti deflekta bus. Oleh karena itu, penelitian ini membandingkan koefisien drag pada 3 model bodi bus dari sebuah karoseri kemudian dilanjutkan dengan optimasi posisi deflekta dan kondensor AC. Metode penelitian yang dilakukan simulasi 2 dimensi, untuk pengambilan model terbaik dan simulasi 3 dimensi untuk validasi uji wind tunnel menggunakan model skala 1:20 dan variabel kecepatan antara 16 m/s hingga 30 m/s dengan reynold number antara $6,1 \times 10^5 - 1,15 \times 10^6$. Selanjutnya optimasi posisi deflekta dan kondensor menggunakan simulasi 2 dimensi. Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa model yang terbaik dari karoseri laksana adalah model discovery. Hal ini terlihat bahwa memiliki koefisien drag terkecil yaitu 0,74 dibandingkan model all new legacy dan new proteus. Hasil optimasi menunjukkan bahwa posisi yang terbaik adalah deflekta pada posisi di depan dan kondensor AC di belakang dengan koefisien drag sebesar 0,72 dan terjadi penurunan 3 % dari koefisien drag desain asal model discovery.

Kata kunci: bodi, aerodinamika, deflekta, koefisien drag, kondensor, bus.

1. Pendahuluan

Pada era sekarang ini, banyak perusahaan karoseri membuat bentuk bodi bus sedemikian rupa sesuai dengan estetika. Akan tetapi literatur tentang posisi deflekta bus sulit ditemukan, padahal banyak sekali tipe-tipe bodi bus yang saat ini sering dibuat oleh perusahaan - perusahaan karoseri. Contohnya diantara lain, bodi irizar, new marcopolo, scorpion king, evonext, evobus, tourismo, luxobus, discovery, euroliner, jetbus, legacy dan masih banyak lainnya. Banyak persepsi perusahaan otobus yang memesan bodi bus pada karoseri mengetahui bahwa deflekta bus hanya untuk model saja. Padahal pada persamaan model deflekta truk berpengaruh terhadap koefisien drag. Menurut persamaan Clancy[1] dengan adanya pengurangan koefisien drag dan *frontal area* yang tetap maka pengaruh gaya drag menjadi berkurang. Semakin berkurangnya gaya drag tersebut tentu sangat mempengaruhi konsumsi bahan bakar. Watts[5] menyatakan bahwa konsumsi bahan bakar dapat berkurang sebesar 6,9% dengan optimasi bentuk deflektor pada kepala truk. Selain itu, bus sekarang dapat melaju diatas kecepatan 80 km/h sehingga aerodinamika pada bus seharusnya diperlukan dalam desain bodi bus. Menurut Tjitro&Aria[4] aerodinamika mulai berpengaruh diatas kecepatan 80 km/h atau 22 m/s. Salah satunya adalah posisi deflekta bus yang terletak pada atap bus.

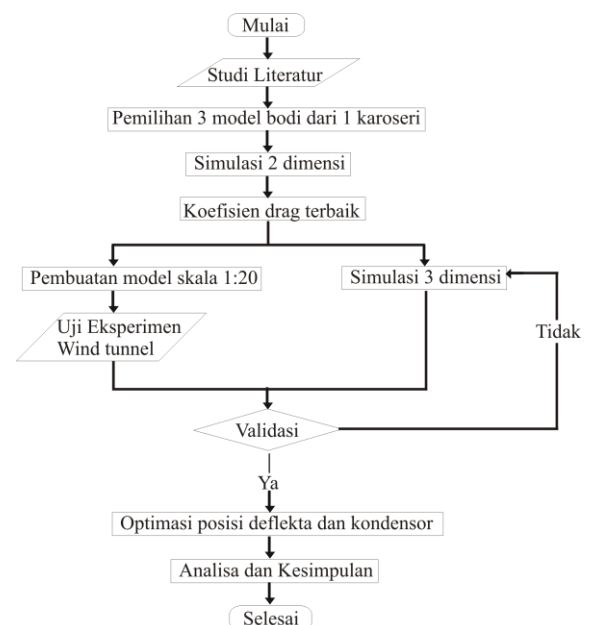
Dari latar belakang ini maka penelitian ini memiliki tujuan membandingkan koefisien drag dari bodi bus serta mengetahui dan membandingkan koefisien drag dari variasi posisi deflekta bus.

Penelitian ini adalah mengurangi energi dan beban mesin bus akibat gaya hambat, menambah keseimbangan

dan stabilitas bus pada saat kecepatan tinggi dan menjadi literatur studi dalam desain bodi bus. Validasi akan menggunakan wind tunnel dan simulasi 3 dimensi. Wind tunnel yang digunakan tipe *subsonic open circuit* yang merupakan perancangan dari Raharjo[3]. Untuk mengukur gaya drag digunakanlah *wind tunnel balance* yang merupakan perancangan Hartanto[2].

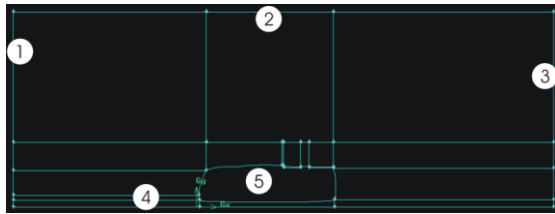
2. Metodologi

Berikut flowchart dari metodologi penelitian bus yang dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Flowchart penelitian

Bodi yang dipilih dari karoseri Laksana adalah New Proteus, Discovery, dan All new legacy sky. Untuk menentukan model terbaik maka perlu dilakukan perbandingan koefisien drag dengan menggunakan software ANSYS Fluent metode simulasi 2 dimensi dan software gambit.



Gambar 2.2 Kontur 2 dimensi di software gambit

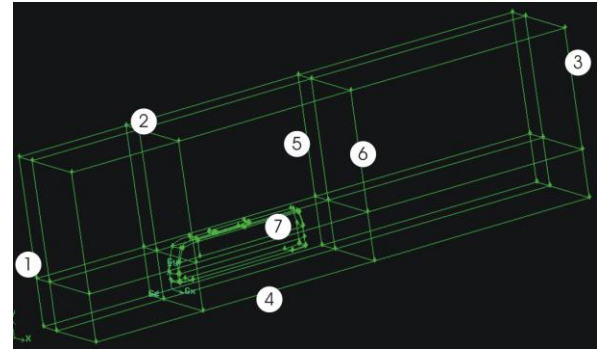
Untuk domain simulasi pada gambar 2.2, garis nomor 1 berupa *velocity inlet*, untuk garis nomor 2 berupa *symmetry*, garis nomor 3 berupa *outflow*, untuk garis nomor 4 atau garis jalan raya berupa *wall* dan garis nomor 5 atau bodi berupa *wall*. Untuk parameter setting simulasi dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Parameter simulasi 2 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

Setelah ditentukan model terbaik berdasarkan hasil simulasi 2 dimensi dengan hasil koefisien drag yang paling kecil maka selanjutnya perlu dilakukan validasi model berupa simulasi 3 dimensi menggunakan ANSYS Fluent dan uji eksperimen menggunakan *subsonic wind tunnel open circuit*.

Simulasi 3 dimensi hanya diwakilkan dengan setengah dari luas penampang model untuk mempermudah kinerja komputer dalam menjalankan simulasi. Simulasi menggunakan software gambit dengan domain simulasi sebagai berikut.



Gambar 2.3 Kontur 3 dimensi di software gambit

Pada gambar 2.3, 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 bus skala 1:20.



Gambar 2.4 Miniatur bus skala 1:20

Spesifikasi miniatur bus ini sebagai berikut :

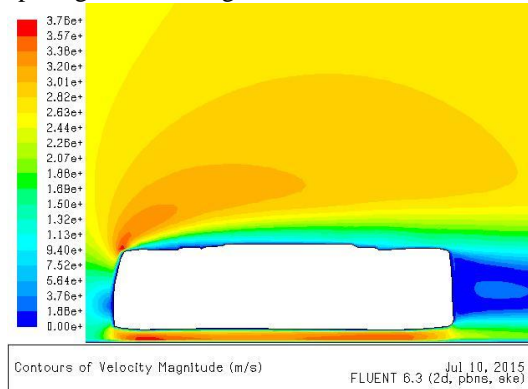
- Wheelbase : 300 mm
- Panjang : 600 mm
- Lebar : 125 mm
- Tinggi : 160 mm
- Diameter roda : 58 mm

Lintasan dipasang pada *test section wind tunnel* sedangkan gaya drag bus 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, maka optimasi dilakukan dengan berbagai variasi posisi deflekt dan kondensor AC pada atap bus. Optimasi dilakukan dengan menggunakan ANSYS Fluent metode 2 dimensi. Untuk memudahkan analisa maka kecepatan disamakan yaitu 22 m/s.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari simulasi 2 dimensi dari 3 model bus dapat dilihat pada gambar 3.1 – gambar 3.3.



Gambar 3.1 Display contour model new proteus

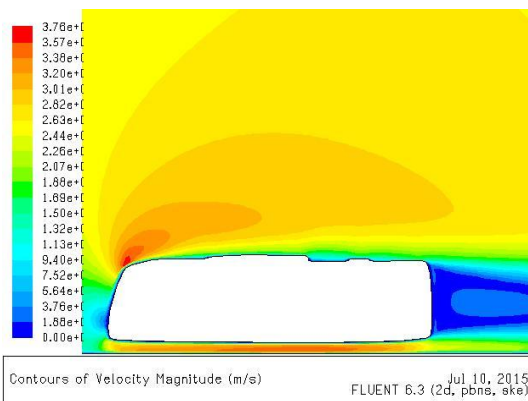
Model new proteus ini memiliki hasil gaya drag sebesar 940,70 N pada kecepatan 22 m/s. Dengan menggunakan persamaan aerodinamika maka dapat ditentukan koefisien drag dari model new proteus

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

$$940,70 = \frac{1}{2} 1,225 \cdot 22,2^2 \cdot 3,005 \cdot C_d$$

$$C_d = 1,03$$

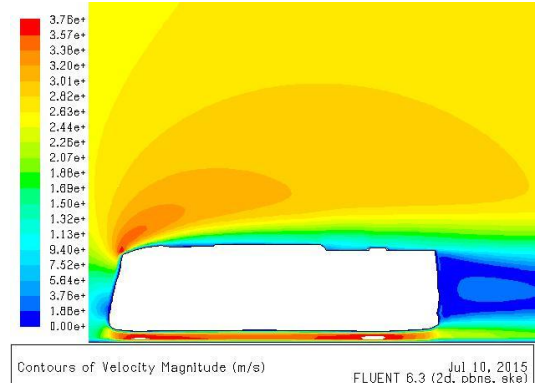
Sedangkan model discovery hasil dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut ini



Gambar 3.2 Display contour model discovery

Model discovery memiliki hasil gaya drag sebesar 671,63 N pada kecepatan 22 m/s. Dengan menggunakan persamaan (1) maka hasil koefisien drag model discovery adalah 0,74

Untuk model terakhir yaitu all new legacy sky dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3.3 Display contour model all new legacy

Model ketiga yaitu model all new legacy memiliki gaya drag sebesar 905,39 N pada kecepatan 22 ms/s. Dengan menggunakan persamaan (1) maka koefisien drag dari model all new legacy sebesar 0,96.

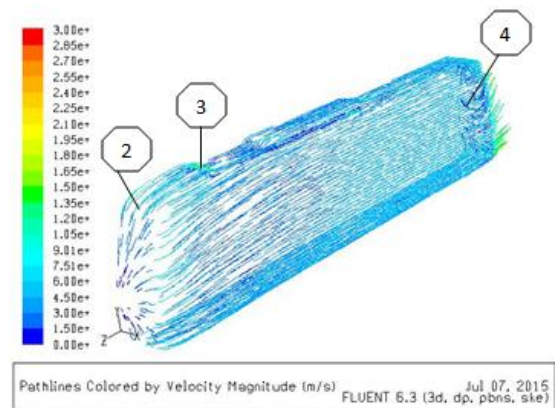
Untuk hasil perbandingan maka dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Hasil perbandingan 3 model bus

Model	F_d (N)	A_f (m ²)	C_d
New Proteus	940,70	3,005	1,03
Discovery	671,63	2,963	0,74
All new legacy sky	905,39	3,113	0,96

Untuk validasi model terpilihlah model discovey sebagai model terbaik karena memiliki koefisien drag paling rendah dibandingkan model lainnya.

Untuk hasil simulasi 3 dimensi model bus discovery dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.4 Display pathlines model discovery

Dapat dilihat pada gambar 3.4 pada daerah yang ditunjuk nomor 2 alirannya mengalami akselerasi dimana kecepatannya meningkat setelah sebelumnya mengalami stagnasi kecepatannya nol. Pada daerah yang ditunjuk nomor 3, kecepatan menjadi turun dan tekanan juga turun karena terjadi separasi aliran. Pada daerah yang ditunjuk nomor 4, terjadi vortex pada belakang bus.

Hasil gaya drag dari 3 dimensi model discovery ini adalah 1,93 N dengan frontal area 0,01015 m² pada kecepatan 22 m/s.

Dengan menggunakan persamaan (1) maka dapat ditentukan koefisien drag nya sebesar $0,675 \approx 0,68$.

Pada uji eksperimen menggunakan *wind tunnel balance* sebagai pengukur massa dan didapat hasil dari 3 kali percobaan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Hasil percobaan nilai massa

Massa (gram)				
V (m/s)	Percobaan I	Percobaan II	Percobaan III	Rata-Rata
16	431	430	437	432.67
18	551	550	548	549.67
20	675	682	680	679.00
22	823	827	822	824.00
24	988	982	987	985.67
26	1171	1172	1169	1170.67
28	1364	1370	1340	1358.00
30	1560	1560	1561	1560.33

Dari data percobaan rata-rata yang dilihat dari hasil massa, maka perlu mencari gaya timbangan dengan menggunakan persamaan (2).

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

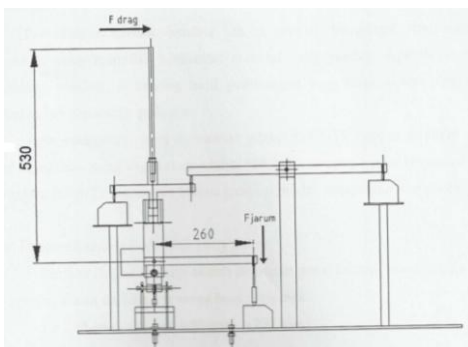
$$F = \frac{432,67 \cdot 9,8}{1000}$$

$$F = 4,24 \text{ N}$$

Setelah mendapatkan hasil dari persamaan (2), maka hasil gaya dapat dimasukkan kedalam tabel 3.3.

Tabel 3.3 Hasil gaya timbangan

Gaya timbangan drag (N)	
V (m/s)	F (N)
16	4.24
18	5.39
20	6.65
22	8.08
24	9.66
26	11.47
28	13.31
30	15.29



Gambar 3.5 *wind tunnel balance*

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

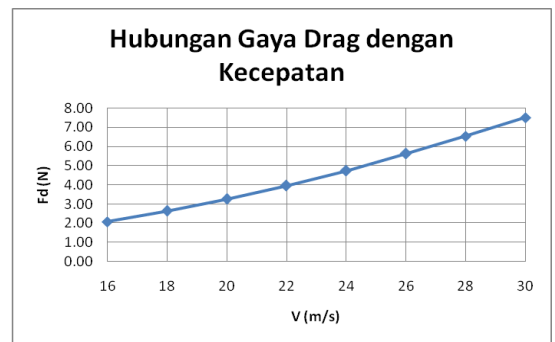
$$F_t \cdot l_2 = F_d \cdot l_1 \dots\dots\dots(4)$$

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

$$F_d = \frac{4,24 \cdot 0,26}{0,53}$$

$$F_d = 2,08 \text{ N}$$

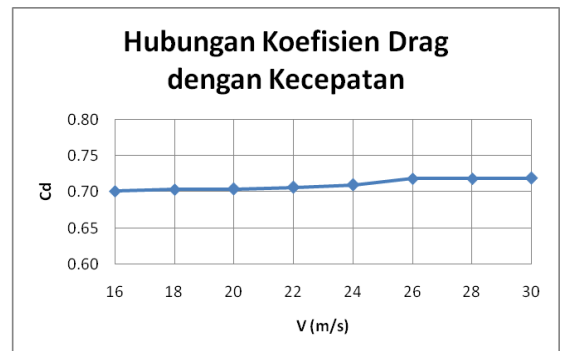
Hasil dari persamaan (4) maka ditemukan gaya drag dari bodi bus dan dapat dilihat pada grafik berikut ini.



Gambar 3.6 Grafik gaya drag terhadap kecepatan

Pada grafik 3.6 gaya drag meningkat seiring bertambahnya kecepatan. Pada saat kecepatan 22 m/s, gaya drag yang dihasilkan adalah 3,961 N

Untuk menghitung koefisien drag dari miniatur bus ini, maka menggunakan persamaan (1) pada variasi kecepatan dan *frontal area* 0,0199 m².



Gambar 3.7 Grafik koefisien drag terhadap kecepatan

Pada grafik 3.7 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 bus sebesar 0,706.

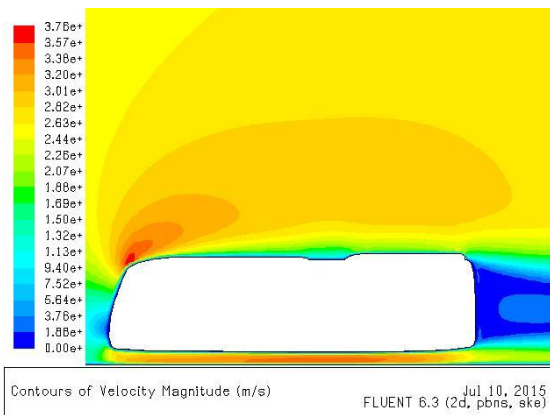
Tabel 3.4 Hasil perbandingan validasi model discovery

Metode	Skala	V (m/s)	Frontal Area (m ²)	Gaya Drag (N)	Koefisien Drag
Simulasi 2 dimensi	1:1	22	2,963	671,63	0,74
Simulasi 3 dimensi	1:20	22	0,0101	1,932	0,68
Eksperimen	1:20	22	0,0199	3,961	0,70

Perbedaan koefisien drag antara simulasi 3 dimensi dengan eksperimen disebabkan oleh akesoris yang diabaikan seperti *grille*, roda dan lain lain untuk mempermudah simulasi.

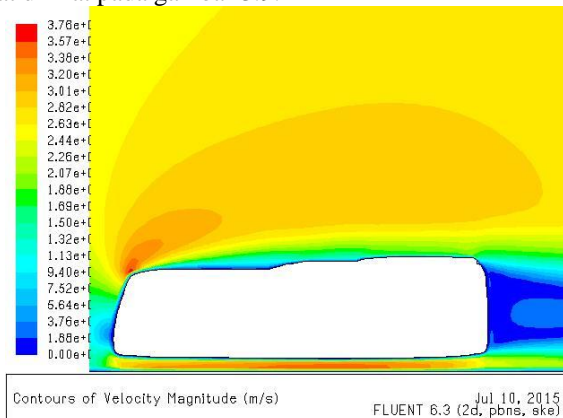
Optimasi dilakukan dengan merubah posisi deflekta dan kondensor pada atap bus. Variasi posisi ini akan dibandingkan dengan menggunakan software ANSYS Fluent metode 2 dimensi.

Variasi posisi deflekta dan kondensor dapat dilihat pada gambar 3.8 – pada gambar 3.10.



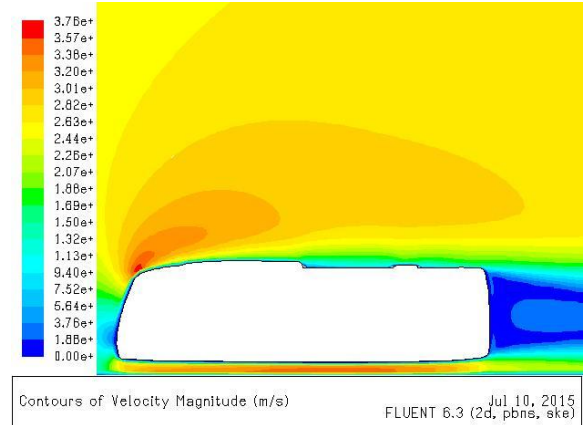
Gambar 3.8 *Display contour* posisi kondensor di belakang

Dari hasil simulasi 2 dimensi didapat gaya drag sebesar 653,24 N pada kecepatan 22 m/s. Untuk menghitung koefisien dragnya maka digunakan persamaan (1) dan dihasilkan koefisien drag sebesar 0,72. Pada optimasi deflekta dan kondensor dibelakang dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 *Display contour* posisi deflekta dan kondensor di belakang

Pada gambar 3.9, optimasi posisi deflekta dan kondensor di belakang, gaya drag yang dihasilkan sebesar 741,65 N pada kecepatan 22 m/s. Sehingga didapatkan koefisien drag sebesar 0,82 menggunakan persamaan (1). Selanjutnya optimasi posisi kondensor di depan yang dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 *Display contour* posisi kondensor di depan

Pada gambar 3.10, gaya drag dari optimasi posisi ini adalah 686,93 N pada kecepatan 22 m/s. Untuk mendapatkan koefisien dragnya maka digunakan persamaan (1). Hasil perhitungan menggunakan persamaan (1), koefisien dragnya sebesar 0,76. Untuk memudahkan pengolahan data maka dibuatlah tabel 3.5 sebagai hasil dari perbandingan optimasi deflekta dan kondensor AC.

Tabel 3.5 Perbandingan optimasi dan penurunan Cd

Variasi	Fd	Cd	% Penurunan drag
Standar / Normal	671.63	0.74	0%
Kondensor belakang	653.24	0.72	-3%
Deflekta dan Kondensor belakang	741.65	0.82	11%
Kondensor depan	686.93	0.76	3%

4. Kesimpulan

Model terbaik dari karoseri laksana adalah model Discovery yang memiliki koefisien drag terkecil diantara 2 model lainnya yaitu 0,74. Hal itu disebabkan karena *frontal area* discovery merupakan terkecil diantara model lainnya yaitu 2,963 m².

Untuk optimasi, posisi deflekta terbaik adalah berada pada posisi di depan sesuai dengan standar discovery sedangkan *kondensor air conditioning* berada pada posisi di belakang. Posisi terbaik inilah mendapat penurunan koefisien drag sebesar 0,02 atau sebesar 3 % dari posisi standar.

Daftar Pustaka

1. Clancy, L.J. (1975). *Aerodynamics*. New York: Jhon Wiley and Sons, Inc.
2. Hartanto, A. S. (2005). *Perancangan dan pembuatan mekanisme pengukuran gaya angkat dan gaya hambat untuk terowongan angin*. Bachelor thesis, Petra Christian University.
3. Raharjo, I. (2005). *Perancangan dan pembuatan terowongan angin*. Bachelor thesis, Petra Christian University.
4. Tjitro, S., & Aria, W. A. (1999). *Perbaikan Karakteristik Aerodinamika pada Kendaraan Niaga*. Jurnal Teknik Mesin, 1(2), 108-115.
5. Watts, A. (2009, November 5). *Semi-truck Boat Tail Improves Fuel Efficiency 7.5%*, 16 Desember 2014, <http://wattsupwiththat.com/2009/11/05/semi-truck-boat-tail-improves-fuel-efficiency-7-5/>