

## PENGARUH PEMASANGAN *TAIL* DAN *FRONT BOAT* TERHADAP UNJUK KERJA AERODINAMIK PADA KENDARAAN SEDAN

Wiwik Sulistyono<sup>1)</sup>, Naif Fuhaid<sup>2)</sup>, Ahmad Farid<sup>3)</sup>

### ABSTRAK

Dalam era modern sekarang ini perkembangan industri otomotif untuk semua jenis kendaraan roda empat yang mulai memadati jalanan kota, dari kendaraan penumpang kecil hingga bus dan truk yang besar, pengurangan tahanan angin (*air drag*) yang ditandai dengan pengurangan koefisien tahanan (*drag Coeffisient*) adalah salah satu cara paling efisien untuk meningkatkan kecepatan kendaraan serta menghemat penggunaan bahan bakar. Pengurangan koefisien tahanan (*drag Coeffisient*) pada suatu kendaraan merupakan salah satu cara yang cukup efektif untuk menambah kecepatan dari kendaraan tersebut serta menghemat penggunaan bahan bakarnya. Pada penelitian ini gaya aerodinamik pada kendaraan mobil jenis sedan yang dievaluasi dengan melakukan penambahan *boat*. Parameter yang dibahas adalah kecepatan serta tekanan aliran udara disekeliling mobil sedan.

Penelitian menggunakan metode eksperimen, yaitu untuk menguji mobil standart yang dibandingkan dengan mobil dengan penambahan *tail boat*, *front boat*, *tail and front boat*. Adapun variable yang diukur dan dihitung adalah simpangan pada manometer ( $\Delta H$ ), kecepatan angin (m/s), gaya drag ( $\text{kg.m/s}^2$ ).

Berdasarkan hasil pengujian, analisa data dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan; 1) Semakin kecil koefisien gesek kendaraan ( $C_d$ ), maka besarnya gaya drag ( $F_d$ ) akan semakin kecil. 2) Jika gaya drag kendaraan ( $F_d$ ) kecil, maka kecepatan kendaraan akan semakin laju. 3) Bentuk kendaraan berpengaruh terhadap lajunya, semakin kecil bidang gesek terhadap udara maka hambatan laju kendaraan semakin kecil dan laju kendaraan akan semakin kencang.

**Kata kunci** : *tailboat*, *front boat*, *drag*, aerodinamik.

---

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Dalam perkembangan industri otomotif untuk semua jenis kendaraan roda empat, dari kendaraan penumpang kecil hingga bus dan truk yang besar, pengurangan tahanan angin (*air drag*) yang ditandai dengan pengurangan koefisien tahanan (*drag Coeffisient*) adalah salah satu cara paling efisien untuk meningkatkan kecepatan kendaraan serta menghemat penggunaan bahan bakar. Dalam dunia desain dan produksi kendaraan saat ini terutama mobil, pengujian koefisien tahanan menjadi salah satu hal penting yang harus dilakukan oleh industri. Kebutuhan informasi koefisien tahanan tersebut menjadi penting dalam usaha rekayasa teknologi untuk memproduksi kendaraan dengan konsumsi bahan bakar yang sehemat mungkin dengan pencapaian kecepatan kendaraan yang seoptimal mungkin.

Pengurangan koefisien tahanan (*drag Coeffisient*) pada suatu kendaraan merupakan salah satu cara yang cukup efektif untuk menambah kecepatan dari kendaraan tersebut serta menghemat penggunaan bahan bakarnya. Pada penelitian ini gaya aerodinamik pada kendaraan Mobil jenis sedan yang dievaluasi dengan melakukan penambahan *boat*. Parameter yang dibahas adalah kecepatan serta tekanan aliran udara disekeliling mobil sedan.

#### Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dalam skripsi ini adalah :

Untuk mengetahui pengaruh pemasangan *tail* dan *front boat* terhadap unjuk kerja aerodinamik pada kendaraan sedan.

### TINJAUAN PUSTAKA

#### Aerodinamika

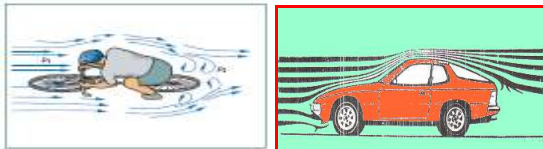
Suatu benda yang terbenam dalam fluida yang bergerak, atau sebaliknya benda tersebut bergerak terhadap fluida yang diam, akan mengalami suatu gaya. Gaya-gaya yang bekerja pada benda tersebut sering disebut gaya Aerodinamika. Gaya-gaya Aerodinamika yang bekerja pada benda berasal dari 2 sumber dasar ialah distribusi tekanan dan tegangan geser pada permukaan. Komponen gaya yang searah dengan aliran datang disebut tahanan (*drag*) dan komponen gaya yang tegak lurus terhadap arah aliran datang disebut gaya angkat (*lift*).

Pertimbangan Aerodinamika adalah penting dalam mendesain sebuah kendaraan, hal ini berhubungan dengan pengurangan koefisien tahanan (*drag Coeffisient*) pada suatu kendaraan yang merupakan salah satu cara yang efektif dalam penghematan bahan bakar. Terdapat 2 prinsip penting dalam mendesain suatu benda dengan tahanan rendah :

- Apabila benda tersebut panjang dan tipis, tahanannya berkaitan dengan friksi. Tahanan ini dapat dikurangi dengan menjaga aliran laminar sebanyak mungkin. Hal ini mengisyaratkan permukaan-permukaan yang halus.
- Apabila bentuk bendanya adalah tumpul, tahanannya (bilangan Reynolds tinggi) terutama tahanan bentuk. Gaya tahanan udara mempunyai arah yang berlawanan dengan arah gerak benda gaya tahanan tersebut akan terasa pengaruhnya jika benda bergerak pada kecepatan tinggi dengan luas permukaan benda yang besar.

Penyebab utama dari timbulnya gaya-gaya aerodinamis pada kendaraan adalah:

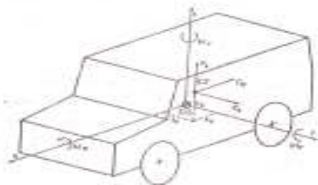
- adanya distribusi tekanan pada permukaan bodi kendaraan yang akan bekerja pada arah normal pada permukaan kendaraan
- adanya distribusi tegangan geser pada permukaan bodi kendaraan yang akan bekerja pada arah tangensial terhadap permukaan kendaraan.



Gambar 1 Gaya Aerodinamis

Apabila distribusi tekanan dan tegangan tersebut diintegrasikan maka :

- gaya angkat aerodinamis (*lift force*),
- gaya hambat aerodinamis (*drag force*)
- gaya samping aerodinamis (*side force*).
- gaya akibat pusaran udara (*turbulence force*)



Gambar 2 Distribusi tekanan dan tegangan (*lift, drag dan side force akan bekerja pada satu titik tekanan /centre of pressure*)

Hambatan ketika kendaraan berjalan :

1. Hambatan gelinding dari ban
2. Hambatan aerodinamik

$$H_u = \frac{k \cdot A \cdot V^3}{137} \dots \text{Persamaan (1)}$$

dimana:

$H_u$  = hambatan Udara (dk)

$k$  = koefisien

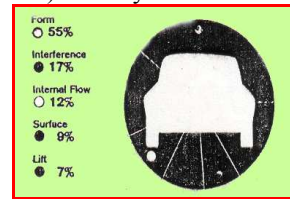
hambatan (konstanta) = 0,00182)

$A$  = luas efektif penampang kendaraan ( $m^2$ )

$V$  = kecepatan kendaraan (km/jam)

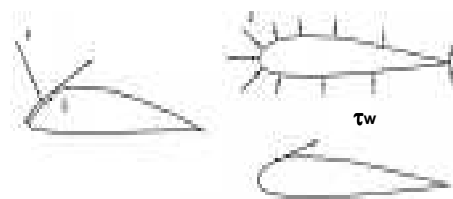
Distribusi hambatan aerodinamik kendaraan :

- *Form drag* (bentuk kendaraan) sebesar 55%.
- *Interference drag* (interference komponen-komponen yang terpasang pada kendaraan) besarnya 17%.
- *Surfacer drag* (bermacam-macam sambungan pada permukaan bodi kendaraan) besarnya 12%.
- *Lift drag* (gaya angkat pada mobil tersebut) besarnya 7%.



Gambar 3 Hambatan aerodinamik

Gaya aerodinamik dapat dinyatakan sebagai akibat aliran udara pada suatu permukaan dari suatu benda yang bersumber dari distribusi tekanan pada permukaan dan tegangan geser pada permukaan.



$$p = p(s) = \text{surface pressure distribution,}$$

$$\tau = \tau(s) = \text{surface shear distribution}$$

Gambar 4 Gaya-gaya penyebab gaya aerodinamik

Pada setiap titik mengalami perbedaan tekanan yang berbeda tergantung letak titik titik tersebut. Perbedaan ini mengakibatkan terjadinya distribusi tekanan yang berbedabeda pada permukaan sehingga mengakibatkan timbulnya gaya, yang dinamakan gaya aerodinamis. Sumber kedua adalah tegangan geser yang terjadi pada permukaan benda yang berasal dari efek gesekan fluida yang melawan bidang permukaan benda. Resultan distribusi  $P$  dan  $\tau_w$  pada setiap titik pada permukaan benda menghasilkan gaya  $R$ , dimana dapat diuraikan menjadi dua komponen gaya. Komponen-komponen gaya tersebut adalah komponen yang paralel dengan arah kecepatan  $V$ , dan komponen yang tegak lurus kecepatan  $V$ . Komponen gaya yang paralel dengan kecepatan bisa dinamakan *drag force* (gaya hambat) dan komponen gaya yang lainnya dinamakan *lift force* (gaya angkat).

Gaya aerodinamis yang terjadi pada benda meliputi *aerodinamics drag, aerodinamics lift dan aerodinamics side*. Selain menimbulkan

ketiga gaya tersebut, gaya aerodinamis juga menimbulkan momen pada benda yang terdiri dari *pitching moment*, *yawing moment*, dan *rolling moment*.

*Aerodinamics drag* merupakan gaya seret yang bekerja paralel terhadap arah aliran. *Drag force* ini merupakan gaya yang melawan gerak benda. Secara umum *drag force* ini terjadi akibat perbedaan tekanan antara bagian depan dan belakang benda. Besar *aerodinamics drag* dapat ditentukan dengan persamaan :

$$F_{AD} = F_D = 0,5 c_D \rho V^2 \dots\dots \text{Persamaan (2)}$$

Pada mulanya aspek *lift force* tidak terlalu diperhatikan, tetapi dengan semakin pesatnya kemajuan dibidang otomotif dimana kecepatan kendaraan yang semakin tinggi dapat menimbulkan masalah dalam hal stabilitas dan responsif kendaraan. Semakin cepat kendaraan melaju semakin sulit kendaraan dikendalikan.

Salah satu cara untuk mengendalikan stabilitas dan meningkatkan respon kendaraan adalah dengan cara memperkecil *lift force* yang terjadi.

Besar *lift force* dapat ditentukan dengan persamaan :

$$F_{AL} = F_L = 0,5 c_L \rho V^2 \dots\dots \text{Persamaan (3)}$$

*Aerodinamics side force* terjadi pada kendaraan karena kendaraan mengalami gaya akibat angin yang membentuk sudut terhadap lintasan kendaraan. Kondisi ini dapat terjadi akibat kendaraan berbelok atau memang karena ada hembusan angin yang membentuk sudut terhadap lintasan kendaraan. Gaya ini dapat mendorong kendaraan ke arah samping sehingga kendaraan akan mengalami *skid* ke samping. Dan apabila *side force* ini bekerja tidak pada titik pusat gravitasi akan menimbulkan *rolling moment* dan *yawing moment* yang berakibat kendaraan akan *rolling* atau *yawing*.

Besar *aerodinamics side force* dapat dicari dengan persamaan :

$$F_{AS} = F_S = 0,5 c_S \rho V^2 \dots\dots \text{Persamaan (4)}$$

Dimana :

$c_D$  = koefisien gaya hambat

$c_L$  = koefisien gaya angkat

$c_S$  = koefisien gaya samping

$\rho$  = massa jenis udara (  $\text{kg/m}^3$  )

$A_f$  = luas frontal (  $\text{m}^2$  )

$V$  = kecepatan relatif antara kendaraan dengan udara (  $\text{m/s}$  )

Ketiga gaya tersebut di atas bekerja pada titik pusat tekanan,  $C_p$  (*centre of pressure*) dan gaya-gaya ini menimbulkan momen aerodinamis akibat adanya jarak atau lengan antara titik pusat tekanan dengan titik pusat gravitasi,  $CG$  (*centre of gravity*). Besar momen yang dihasilkan sebagai berikut :

$$M_R = 0,5 \cdot C_R \cdot A_f \cdot \rho \cdot V^2 \cdot I \dots\dots \text{Persamaan (5)}$$

$$M_Y = 0,5 \cdot C_Y \cdot A_f \cdot \rho \cdot V^2 \cdot I \dots\dots \text{Persamaan (6)}$$

$$M_P = 0,5 \cdot C_P \cdot A_f \cdot \rho \cdot V^2 \cdot I \dots\dots \text{Persamaan (7)}$$

dimana :

$M_R$  = koefisien momen *rolling*

$M_Y$  = koefisien momen *yawing*

$M_P$  = koefisien momen *pitching*

$I$  = panjang karakteristik (  $\text{m}$  )

### **Coeffisient of drag (cd)**

*Coeffisient of drag* ( $cd$ ) adalah koefisien hambatan aerodinamik yang dipengaruhi oleh faktor bentuk dan kehalusan permukaan kendaraan  $cd$  dari sebuah mobil dapat dianggap sebagai beban aero terhadap gerakan maju. Semakin besar nilai  $cd$  maka semakin besar pula hambatan aerodinamiknya. Bentuk bodi kendaraan yang mempunyai nilai  $cd$  yang kecil dikatakan sebagai *stream line* yang mengikuti arah aliran udara yang melewati permukaan bodinya. Besarnya nilai  $cd$  dapat ditentukan dari percobaan terhadap model kendaraan didalam suatu alat pengujian wind tunnel (terowongan angin).

$Cd$  atau *Coefficient of Drag* merupakan satuan dari nilai hambatan udara dari suatu benda yang bergerak. Kebanyakan satuan  $Cd$  dibuat untuk mengukur nilai hambatan udara kendaraan yang bergerak cepat seperti pesawat, mobil, dan motor. Para desainer kendaraan khususnya kendaraan *sport* harus memutar otaknya agar memperoleh nilai hambatan yang sekecil mungkin, hal ini dilakukan agar mesin kendaraan tidak perlu mengeluarkan tenaga lebih untuk membelah angin, maka hal itu akan membuat konsumsi BBM menjadi lebih irit. Untuk mobil F1  $Cd$  yang bisa diperoleh sekitar 0,7 sampai 1,1  $Cd$ . Semakin besar kendaraan, maka semakin besar pula nilai hambatan udara. Berikut adalah rumus untuk menghitung *Coefficient of Drag* sebuah kendaraan

$$Cd = \frac{D}{\rho V^2 A/2} \dots\dots \text{Persamaan (8)}$$

$Cd$  : koefisien *drag*

$D$  : gaya *drag* (  $\text{kg.m/s}^2$  )

$\rho$  : massa jenis fluida (  $\text{kg/m}^3$  )

$V$  : kecepatan fluida (  $\text{m/s}$  )

$A$  : luasan yang mewakili daerah tegak lurus dengan aliran (  $\text{m}^2$  )

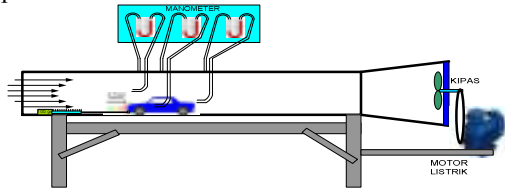
### **METODE PENELITIAN**

Variabel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Variabel bebas yaitu. Standart, *Tail boat*, *Front boat*, *Tail and Front boat*.
- Variabel terikat yaitu Simpangan pada Manometer ( $\Delta H$ ), Kecepatan Angin (  $\text{m/s}$  ), Gaya Drag (  $\text{kg.m/s}^2$  ).

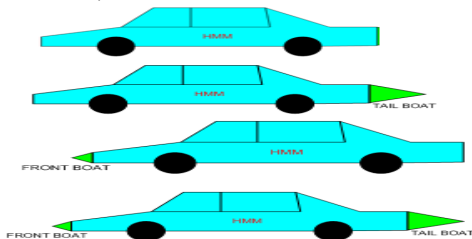
**Model Alat Bantu Pengujian**

1. Terowongan angin dengan sumber blower dan kipas.



Gambar 5 Wind Tunnel dan Tabung pitot

2. Model mobil (Tanpa Boat dan dengan Front & Tail Boat).



Gambar 6 Jenis Boat

3. Tabung pitot untuk pengukuran statis dan dinamis.
4. Stop watch.
5. Sumber dan pengarah asap.
6. Kamera.

**Prosedur Pengambilan Data**

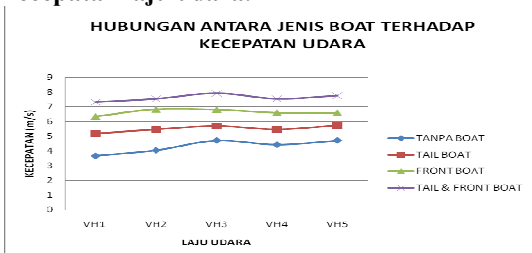
Proses pengambilan data untuk uji drag adalah sebagai berikut :

- a. Set peralatan *Wind Tunnel* dan pasang beban.
- b. Hidupkan Kipas hisap dan tentukan kecepatan hisapnya.
- c. Catat simpangan pada alat ukur dari berbagai bentuk *boat* serta dengan sedan kondisi tanpa *boat*. Tabulasikan datanya.
- d. Matikan Kipas.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dari hasil pengujian dan perhitungan dapat dilihat pada gambar/grafik berikut:

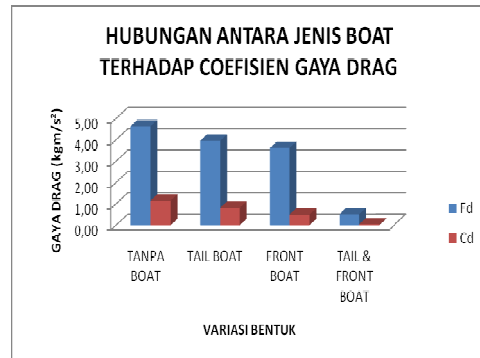
**Pengaruh hubungan antara jenis boat terhadap kecepatan laju udara.**



Gambar 7 Grafik pengaruh hubungan antara jenis boat terhadap kecepatan laju udara.

Pada grafik di atas diperoleh data kecepatan udara tipe tanpa boat pada  $H1 = 3,66$  m/s merupakan yang paling rendah karena hambatan luas bidangnya yang tegak lurus terhadap aliran udara besar, kecepatan udara tipe tail boat pada  $H1 = 5,18$  m/s terjadi kenaikan karena bentuk tail dibelakang mengurangi gaya turbulen, kecepatan udara tipe front boat pada  $H1 = 6,34$  m/s karena front boat mengurangi bidang tegak lurus sekaligus membelah udara sehingga hambatannya turun dan kecepatan udara pada tail dan front boat pada  $H3 = 7,32$  m/s merupakan yang tertinggi karena kombinasi tail dan front boat. Jadi setiap penambahan pemasangan boat, menyebabkan laju kecepatan udara semakin bertambah.

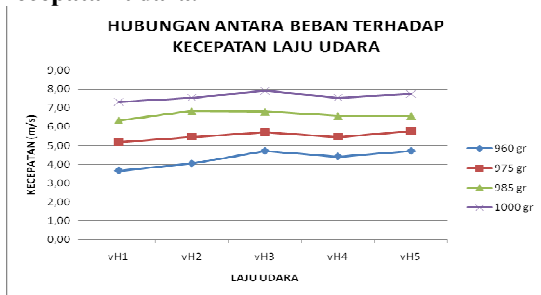
**Pengaruh hubungan antara jenis boat terhadap gaya drag**



Gambar 8 Grafik pengaruh hubungan antara jenis boat terhadap gaya drag

Pada grafik di atas menunjukkan tanpa boat memiliki gaya drag tertinggi  $4,63$  kgm/s<sup>2</sup> karena bidang hambatnya luas, pemasangan tail boat saja dan front boat saja menyebabkan koefisien dan gaya drag menjadi semakin turun. Sedangkan pada pemasangan tail dan front boat menghasilkan koefisien dan gaya drag menjadi kecil  $0,51$  kgm/s<sup>2</sup>. Sedang koefisien gesek ter besar pada tanpa boat  $1,15$  dan yang terkecil pada kombinasi front dan tail boat sebesar  $0,04$ . Jadi semakin kecil bidang gesek yang tegak lurus maka memiliki koefisien gesek kecil, keuntungannya gaya drag semkin kecil ,hambatan berkurang laju kendaraan semakin kencang.

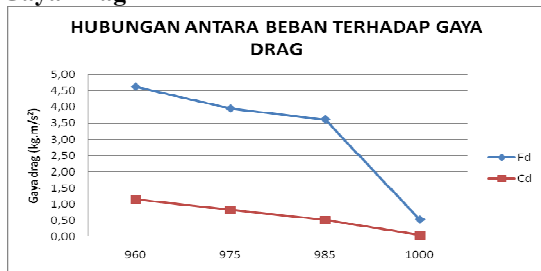
**Pengaruh hubungan antara beban terhadap kecepatan udara.**



Gambar 9 Grafik pengaruh hubungan antara beban terhadap kecepatan laju udara.

Pada grafik di atas beban 960gr kecepatan laju gas H1= 3,66 m/det, beban 975gr kecepatan laju gas H1= 5,18 m/det, beban 985gr kecepatan laju gas H1= 6,34 m/det, beban 1000gr kecepatan laju gas H1= 7,32 m/det. Jadi semakin besar beban kendaraan kecepatan laju gas semakin tinggi.

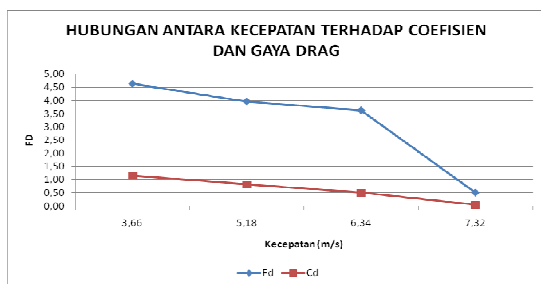
**Pengaruh Hubungan Antara Beban Terhadap Gaya Drag**



Gambar 10 Grafik pengaruh hubungan antara beban terhadap gaya drag

Dari grafik di atas menunjukkan pada beban 960gr besarnya gaya drag 4,63 kg.m/s<sup>2</sup> dengan koefisien 1,15. Pada beban 975gr dan 985gr besarnya gaya drag menurun seiring dengan turunnya koefisien. Akan tetapi pada beban 1000gr besarnya gaya drag turun hingga 0,51 m/s<sup>2</sup> dengan koefisien 0,04. Jadi besarnya penambahan beban berpengaruh terhadap koefisien dan gaya drag.

**Pengaruh hubungan antara kecepatan terhadap gaya drag.**



Gambar 11 Grafik pengaruh hubungan antara kecepatan terhadap gaya drag.

Dari grafik hubungan antara kecepatan terhadap koefisien dan gaya drag di atas menunjukkan terjadi kenaikan kecepatan pada setiap penurunan koefisien dan gaya drag. Pada kecepatan 3,66 m/s gaya drag tertinggi 4,63 kgm/s<sup>2</sup> karena hambatan geseknya besar. Pada kecepatan 7,33m/s gaya drag nya kecil 0,04kgm/s<sup>2</sup>. Jadi kecepatan akan berbanding terbalik terhadap gaya drag artinya kecepatannya semakin bertambah gaya dragnya semakin kecil.

**Pembahasan**

Dari pemaparan 5 grafik di atas menunjukkan hubungan antara jenis boat terhadap kecepatan udara dalam pipa ukur, jenis boat terhadap gaya drag, beban terhadap kecepatan udara, beban terhadap gaya drag dan kecepatan terhadap gaya drag di atas menunjukkan terjadinya kenaikan kecepatan ketika gaya dragnya diturunkan. Turunnya gaya drag diperoleh dari penurunan koefisien gesek kendaraan. Untuk menurunkan koefisien gesek maka perlu adanya perubahan bentuk kendaraan dengan pemasangan tail dan front boat pada kendaraan. Pada sisi depan terdapat front boat yang akan mengurangi gaya drag dengan membelah aliran udara ke samping kiri dan kanan. Di sisi belakang terdapat tail boat dengan bentuknya yang menyerupai buritan kapal, dapat memperkecil turbulensi udara. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kerugian penurunan kecepatan kendaraan akibat gaya gesek udara (gaya drag) ketika kendaraan melaju.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil pengujian, analisa data dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin kecil koefisien gesek kendaraan (Cd),maka besarnya gaya drag (Fd) akan semakin kecil.
2. Jika gaya drag kendaraan (Fd) kecil, maka kecepatan kendaraan akan semakin laju.
3. Bentuk kendaraan berpengaruh terhadap lajunya, semakin kecil bidang gesek terhadap udara maka hambatan laju kendaraan semakin kecil dan laju kendaraan akan semakin kencang.

**DAFTAR PUSTAKA**

Anderson, John D. *Fundamentals of Aerodynamics*. New York : Mc Graw Hill. 1986.

Apsley, D; Wind Tunnel; Hidraulic 2.

Hollman, JP; Metode Pengukuran Teknik;  
Penerjemah Ir. E. Jasji, M. Sc; Edisi  
Keempat; Erlangga; Jakarta; 1985.

Pope, Alan M.S. *Wind Tunnel Testing, 2nd ed.*  
New York : John Wiley & Sons, Inc. 1961.

White, Frank M; 1991; Mekanika Fluida; Edisi  
Kedua; Erlangga; Jakarta\_\_\_\_; Wind Tunnel  
Activities; Tufts University

<http://willycar.wordpress.com/2008/12/26/cd-coefficient-of-drag/>

[http://www.staff.uny.ac.id/.../Pert%20%25263  
\\_Aspek%20Perancangan](http://www.staff.uny.ac.id/.../Pert%20%25263_Aspek%20Perancangan)

*(1)-Aerodinamika.ppt*

[http://en.wikipedia.org/wiki/Drag\\_coefficient](http://en.wikipedia.org/wiki/Drag_coefficient)

[http://www.princeton.edu/~asmits/Bicycle\\_web  
/bicycle\\_aero.html](http://www.princeton.edu/~asmits/Bicycle_web/bicycle_aero.html)