

## STUDY EXPERIMENTAL PENGARUH PEMASANGAN MODEL *SIDE SKIRT* TERHADAP *COEFISIEN DRAG* DAN *GAYA DRAG*

Arif Wahyu Budiarto<sup>1)</sup>, Suriansyah<sup>2)</sup>, Muhammad Agus Sahbana<sup>3)</sup>

### ABSTRAK

Untuk memenuhi kebutuhan transportasi darat yang semakin meningkat, perkembangan teknologi salah satunya ditandai dengan semakin beragamnya produk kendaraan yang ada di pasaran. Perkembangan ini juga mengarah pada penyempurnaan desain bentuk mobil yang Aerodinamis untuk mengurangi gaya gesek udara yang dapat menambah kestabilan kendaraan saat melaju.

Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemasangan side skirt dan model side skirt manakah yang paling stabil dalam menerima hambatan dari berbagai arah. Pengujian dilakukan dengan empat model side skirt yaitu Tanpa *side skirt*, model side skirt I, model *side skirt* II, model side skirt III dengan empat kali pengulangan di setiap modelnya. Variabel bebas adalah kondisi yang mempengaruhi munculnya suatu gejala. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah kecepatan angin, beban, luasan alat uji. Variabel terikat adalah himpunan sejumlah gejala yang memiliki pula sejumlah aspek atau unsur di dalamnya, yang berfungsi menerima atau menyesuaikan diri dengan kondisi variabel lain. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah Jenis Side Skirt dan Simpangan pada Manometer ( $\Delta H$ ), *coefisient drag* (cd), *gaya drag* (fd).

Dari hasil penelitian model tanpa side skirt memiliki *coefisient drag* (cd) 0,02 menghasilkan *gaya drag* (fd) sebesar 1,55 kg m/s<sup>2</sup>, untuk model side skirt I memiliki *coefisient drag* (cd) sebesar 0,11 menghasilkan *gaya drag* (fd) 6,21 kg m/s<sup>2</sup>, model side skirt II memiliki nilai *coefisient drag* (cd) 0,19 menghasilkan *gaya drag* (fd) 11,6 kg m/s<sup>2</sup>. Dan model *side skirt* III memiliki nilai *coefisient drag* (cd) 0,22 menghasilkan *gaya drag* (fd) sebesar 13,97 kg m/s<sup>2</sup>. Penelitian ini dapat disimpulkan pemasangan side skirt berpengaruh terhadap *gaya drag*. Semakin besar nilai *coefisient drag* (cd) yang dimiliki model *side skirt*, maka semakin besar *gaya drag* yang di dapat.

**Kata kunci :** *wind tunnel*, Aerodinamis, model *Side Skirt*, *coefisient drag*, *Gaya drag*.

### PENDAHULUAN

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 Coefisien*) 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 Coefisien*) 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 side skirt. Parameter yang dibahas adalah kecepatan serta tekanan aliran udara disekeliling mobil sedan.

Untuk dapat memahami akan peningkatan pola pikir tersebut perlu dilakukan suatu pengkajian serta

penelitian agar kita mengetahui akan kebenaran ilmu pengetahuan dan teknologi yang didukung dengan sistem komputerisasi yang kita pelajari. Akan tetapi seiring kita melihat kemajuan ilmu dan teknologi yang didukung dengan sistem komputerisasi dalam penelitian tidak didukung disertai dengan komponen uji secara optimal, guna mendapatkan data yang sesuai dengan teori yang nantinya akan dipergunakan alat uji wind tunnel. Dimana data yang dihasilkan selalu ada perbedaan nilai, meskipun perbedaannya tidak terlalu besar. Akan tetapi sedikit banyak sangat berpengaruh terhadap analisa selanjutnya. Walaupun tidak semua komponen pada alat uji coba tidak bekerja secara optimal.

### Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh pemasangan side skirt pada kendaraan model sedan terhadap *coefisient drag* (cd).
2. Mengetahui besarnya *gaya drag* (fd) dari setiap model-model side skirt.

### TINJAUAN PUSTAKA

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

*Coeffisient of drag* (cd) adalah koefisien hambatan aerodinamik yang dipengaruhi oleh faktor bentuk dan kehalusan permukaan kendaraan *cd* dari

1) Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Widyagama Malang

2) dan 3) Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Widyagama Malang

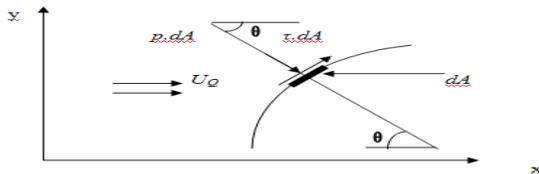
sebuah mobil dapat dianggap sebagai beban aero terhadap gerakan maju. Semakin besar nilai  $c_d$  maka semakin besar pula hambatan aerodinamiknya. Bentuk bodi kendaraan yang mempunyai nilai  $c_d$  yang kecil dikatakan sebagai bentuk aerodinamis dimana bentuknya adalah *stream line* yang mengikuti arah aliran udara yang melewati permukaannya. Besarnya nilai  $c_d$  dapat ditentukan dari percobaan terhadap model kendaraan didalam suatu alat pengujian *wind tunnel* (terowongan angin).

$C_d$  atau *Coefficient of Drag* merupakan satuan dari nilai hambatan udara dari suatu benda yang bergerak. Kebanyakan satuan  $C_d$  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  $C_d$  yang bisa diperoleh sekitar 0,7 sampai 1,1  $C_d$ . Semakin besar kendaraan, maka semakin besar pula nilai hambatan udara. Berikut adalah rumus untuk menghitung *Coefficient of Drag* sebuah kendaraan :

$$C_d = \frac{D}{\rho V^2 A / 2} \dots \text{Persamaan (1)}$$

**Perhitungan**

Benda yang terbenam dalam aliran fluida yang bergerak (*immersed bodies*) akan mengalami gaya-gaya akibat interaksi dengan fluida. Gaya yang ditimbulkan ini akibat adanya *normal stresses* (tegangan normal dan *shear stress* (tegangan geser) yang disebabkan oleh viskositas fluida. Pada aliran 2 dimensi, gaya-gaya yang sejajar dengan aliran fluida disebut *drag forces* (gaya hambat). Gaya hambat yang terjadi dapat berupa *skin friction drag* ( $F_{Df}$ ) yaitu gaya hambat akibat gaya geser yang timbul sebagai akibat adanya viskositas (tegangan geser antara fluida dan permukaan benda) dan *pressure drag* ( $F_{Dp}$ ) yaitu gaya hambat akibat gaya tekan yang tegak lurus terhadap permukaan benda. Resultan dari *friction drag* dan *pressure drag* ini disebut sebagai *profile drag* (gaya hambat total).



Gambar 1. Profil gaya drag

Resultan dari tegangan geser dan distribusi tekanan akan menghasilkan komponen gaya-gaya sebagai berikut :

$$dF_x = (p.dA). \cos \theta + (\tau.dA). \sin \theta \dots \text{Persamaan (2)}$$

$$dF_y = (-p.dA). \sin \theta + (\tau.dA). \cos \theta \dots \text{Persamaan 2.1}$$

Komponen gaya ke arah sumbu-x adalah gaya hambat. Maka gaya hambat yang terbentuk dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$F_D = F_{Df} + F_{Dp} \dots \text{Persamaan (3)}$$

$$F_D = \int \cos \theta . (p.dA) + \int \sin \theta . (\tau.dA) \dots \text{Persamaan (4)}$$

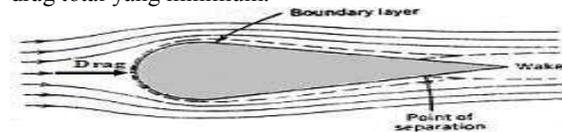
Gaya hambat biasa diekspresikan dalam bilangan tak berdimensi yaitu koefisien drag ( $C_D$ ) yang didefinisikan sebagai total *drag force* dibagi dengan

$$\frac{1}{2} . \rho . U_{\infty}^2 . A \text{ atau } C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} . \rho . U_{\infty}^2 . A} \dots \text{Persamaan (5)}$$

dimana :

- $C_D$  : coefisient drag
- $F_D$  : gaya drag, satuan kg m/s<sup>2</sup>
- $\rho$  : massa jenis fluida, satuan kg/m<sup>3</sup>
- $U_{\infty}$  : kecepatan fluida, satuan m/s
- $A$  : luasan yang mewakili daerah tegak lurus dengan aliran, satuan m<sup>2</sup>

*Streamline body* digunakan dengan tujuan untuk mengurangi *adverse pressure gradient* dibelakang titik *maximum thickness* dari *body*, yang akan menyebabkan terjadinya penundaan titik separasi, penyempitan daerah *wake* dan akan mengurangi gaya drag yang terjadi. Tetapi penambahan bentuk *streamline body* menyebabkan penambahan *surface area* dari *body* tersebut, hal ini menyebabkan *skin friction drag* bertambah. Maka hanya penambahan *streamline* yang optimum yang akan memberikan gaya drag total yang minimum.



Gambar 2 Sreamline body

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

Profil kecepatan aliran fluida di sekitar bodi benda uji aerodinamis dihitung berdasarkan persamaan Bernoulli dengan menggunakan tabung pitot sebagai berikut

$$p + \frac{1}{2} \rho V^2 + \rho gh = \text{konstan} \dots \text{Persamaan 2.8}$$

Dimana :

- $p$  = tekanan
- $V$  = kecepatan
- $h$  = elevasi
- $\rho$  = densitas
- $g$  = percepatan gravitasi

Dengan memposisikan tabung pada aliran dan mengukur beda tekanan maka kecepatan dapat diukur secara akurat. Persamaan Bernoulli sepanjang aliran pada tabung dari arah hulu sampai ujung Pitot menunjukkan bahwa tabung mengukur tekanan titik stagnasi. Sehingga untuk menentukan kecepatan  $V_e$ , harus mengetahui nilai densitas, dan beda tekanan ( $p_0 - p_e$ ). Beda tekanan ini biasanya dapat diukur langsung dari alat ukur tekanan statik yang diletakkan pada dinding saluran atau pada permukaan benda uji [McMahon, et. Al; 2002].

Pengukuran kecepatan aliran diawali dengan pengukuran densitas udara, yaitu dari persamaan gas ideal [Hollman, JP; 1985; 270]:

$$p = \rho RT \dots \text{Persamaan (6)}$$

Dimana :  $p$  = tekanan udara luar

$T$  = temperatur udara luar

$R$  = konstanta gas =  $287 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Viskositas udara dihitung dengan hukum Sutherland [Apsley, D; halaman 1] :

$$\frac{\mu}{\mu_0} = \left(\frac{T}{T_0}\right)^{3/2} \left(\frac{T_0 + S}{T + S}\right) \dots \text{Persamaan (7)}$$

Dimana untuk udara  $T_0 = 273 \text{ K}$ ,  $\mu_0 = 1,71 \times 10^{-5} \text{ kg}^{-1} \text{ dt}^{-1}$ ,  $S = 110,4 \text{ K}$ . Dari pengukuran tekanan maka dapat ditentukan besar kecepatan luarnya [Apsley, D; halaman 2] :

$$\frac{1}{2} \rho U^2 = p_0 - p_e \dots \text{Persamaan (8)}$$

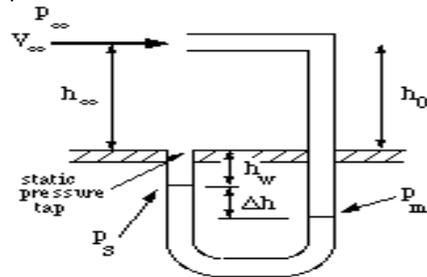
Distribusi kecepatan juga direlasikan dengan angka Reynold :

$$R_e = \frac{\rho DU}{\mu} \dots \text{Persamaan (9)}$$

dimana :  $D$  = diameter hidrolis

$U$  = kecepatan rata-rata

$\mu$  = viskositas kinematik



Gambar 3 Skema tabung Pitot

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

Tekanan statis pada suatu penampang saluran adalah sama dengan tekanan pada dinding untuk suatu saluran lurus. Sedangkan tekanan stagnasi (tekanan total) adalah tekanan yang diukur pada daerah dimana aliran fluida diperlambat hingga nol dengan proses perlambatan tanpa gesekan.

Pada pengukuran tekanan stagnasi, tekanan diukur pada kecepatan yang diperlambat tanpa gesekan sampai kecepatannya ( $V_0$ ) adalah nol dan pada pengukuran yang dilakukan tidak terdapat perbedaan ketinggian sehingga  $z_0 = z$  maka persamaan Bernoulli di atas menjadi :

$$p_0 = \frac{p}{\rho} + \frac{V^2}{2} \dots \text{Persamaan (10)}$$

dimana :  $p$  : tekanan statis

$p_0$  : tekanan stagnasi

Tekanan dinamis merupakan selisih antara tekanan stagnasi dengan tekanan statis, sehingga :

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 = p_0 - p \dots \text{Persamaan (11)}$$

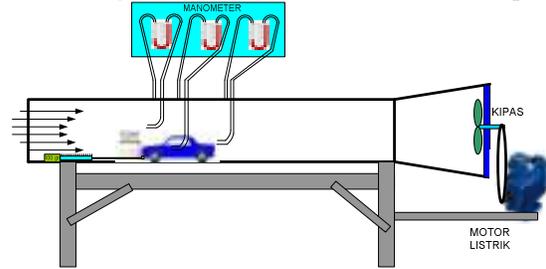
## METODE PENELITIAN

Variabel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Variabel bebas yaitu Kecepatan Angin (m/s), Beban (gr).
- Variabel terikat yaitu Jenis Side Skirt dan Simpangan pada Manometer ( $\Delta H$ ), coefisient drag (cd), gaya drag (fd).

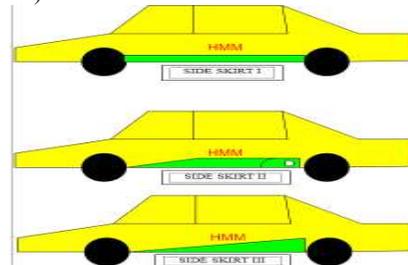
## Model Alat Bantu Pengujian

1. Terowongan angin dengan sumber blower dan kipas



Gambar 4. Wind Tunnel dan Tabung pitot

2. Model mobil (Tanpa Side Skirt dan dengan Side Skirt)



Gambar 5 Jenis Side Skirt

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

## 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 side skirt serta dengan sedan kondisi tanpa side skirt. Tabulasikan datanya.
- d. Matikan Kipas.

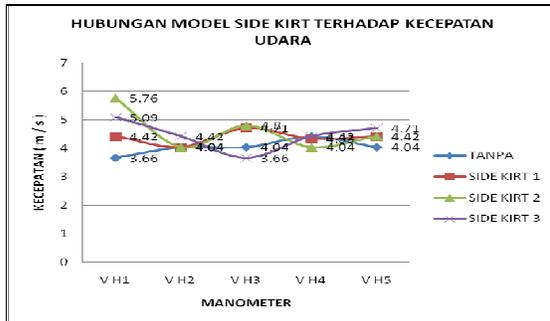
Proses pengambilan data untuk uji pola aliran adalah sebagai berikut :

- a. Pasang pipa pengarah asap pada lantai terowongan, buatlah asap dan stabilkan.

- Hidupkan kipas dan rekam aliran asap yang melalui model mobil selama 5 menit.
- Ulangi proses untuk model side skirt yang lain.
- Ubah data video menjadi data gambar dengan cara sebagaimana dijelaskan pada modul visualisasi aliran fluida.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

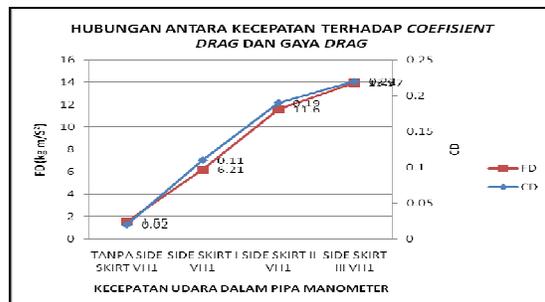
### Pengaruh Hubungan Antara Model Side Skirt Terhadap Kecepatan Udara Manometer



Gambar 6 Grafik Pengaruh Hubungan Antara Model Side Skirt Terhadap Kecepatan Udara manometer

Pada gambar grafik 6 kecepatan udara pada model tanpa side skirt VH1= 3,66 m / s, model side skirt I VH 1= 4,42 m / s, model side skirt II VH 1 =5,76 m / s, dan model side skirt III =5,09 m / s, jadi dengan penambahan side skirt dapat menambah laju kecepatan udara artinya hambatan laju kendaraan semakin kecil. ini dipengaruhi dari bentuk geometri dari setiap model side skirt.

### Pengaruh Hubungan Antara Kecepatan Udara Terhadap Coefisient Drag dan Gaya Drag

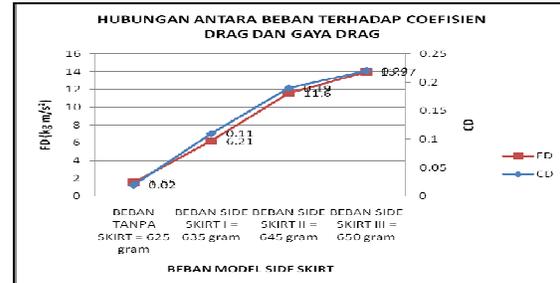


Gambar 7 Grafik Hubungan Antara Kecepatan Udara Terhadap Coefisient drag dan Gaya Drag

Dari grafik hubungan antara kecepatan terhadap koefisien dan gaya drag di atas menunjukkan terjadinya gaya drag terbesar pada pemasangan Side Skirt III yaitu 13,97 kg m/s<sup>2</sup> dibandingkan model Side Skirt II hanya mempunyai gaya drag sebesar 11,6 kg m/s<sup>2</sup>, ini dipengaruhi karena terjadi aliran fluida yang melewati side skirt menuju bagian roda belakang kendaraan lebih beraturan, sehingga mobil akan mengalami tegangan gesek yang menekan bidang

bawah mobil yang mengakibatkan mobil akan melaju dengan stabil di kecepatan tinggi. Sedangkan untuk model Side Skirt I dan Tanpa Side Skirt memiliki Fdrag kecil mobil akan cenderung ringan dan tidak stabil disaat melaju karena mengalami gaya angkat ke atas ( gaya lift ).

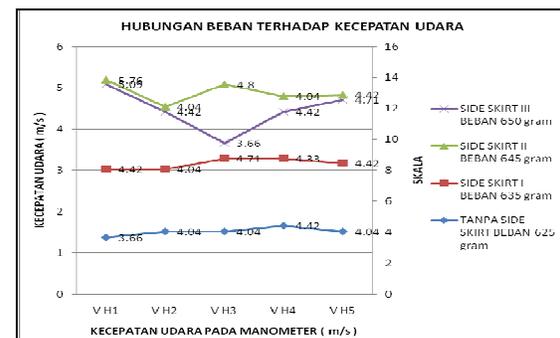
### Pengaruh Hubungan Antara Beban Terhadap Coefisient Drag dan Gaya Drag



Gambar 8 Grafik Hubungan Antara Beban Terhadap Coefisient Drag dan Gaya Drag

Dengan beban yang tinggi dan coefisien drag tinggi maka gaya drag yang dihasilkan besar. Ini dipengaruhi tekanan gesek yang dihasilkan yang besar karena pengaruh penambahan model dari side skirt. bentuk side skirt 3 dengan beban kendaraan 650 gram setelah ditambahkan side skirt dan memiliki coefisien drag besar dibandingkan model lain maka gaya drag nya pun akan besar, artinya mobil akan stabil saat berjalan karena mempunyai gaya tahanan kebawah atau gaya drag. dan sebaliknya mobil yang memiliki gaya tahanan (F drag) kecil maka akan mengalami Gaya angkat dan kendaraan akan cenderung tidak stabil (oling) .

### Pengaruh Hubungan antara Beban Terhadap Kecepatan Udara

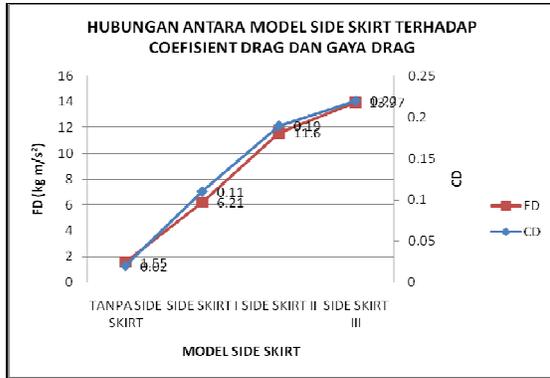


Gambar 9 Grafik Pengaruh Hubungan antara Beban Terhadap Kecepatan Udara

Gambar grafik diatas model tanpa side skirt nilai beban 625 gram memiliki kecepatan laju gas H1= 3,66 m/det, model side skirt I nilai beban 635gram memiliki kecepatan laju gas H1= 4,42 m/s, model side skirt II nilai beban 645 gram memiliki kecepatan laju gas H1= 5,76 m/s, dan model side skirt III nilai beban

650 gram memiliki kecepatan laju gas  $H1 = 5,09 \text{ m/s}$ , Hal ini menunjukkan dengan adanya penambahan side skirt beban kendaraan akan meningkat dan mempengaruhi laju kecepatan udara akan semakin bertambah karena bentuk side skirt yang aerodinamis mempunyai nilai coefficient drag yang kecil mampu memberikan gaya drag yang maksimal pada bagian bidang kendaraan.

**Pengaruh Hubungan Antara Model Side Kirt Terhadap Coefisient Drag dan Gaya Drag**



Gambar 10 Grafik Pengaruh Hubungan Antara Model Side Skirt Terhadap Coefisient dan Gaya Drag

Pada gambar Grafik diatas dapat disimpulkan semakin besar nilai coefisient drag ( cd ) maka semakin kecil gaya drag cenderung kendaraan akan mengalami gaya lift ( gaya ke angkat ).dan semakin kecil nilai coefisient drag maka gaya drag ( Fd ) yang dihasilkan semakin kecil ,ini dipengaruhi bentuk dari model side skirt yang aerodinamis mampu menambah gaya tekan kendaraan terhadap bidang jalan. Jadi dengan memilih model side skirt yang mempunyai nilai coefisient drag yang besar maka akan menghasilkan Gaya Drag yang besar. begitu pula sebaliknya dengan memilih bentuk side skirt yang memiliki nilai coefisient drag yang kecil maka gaya drag yang di hasilkan akan Kecil dan mempengaruhi mobil akan cenderung oling.

**Pembahasan**

Dari gambar-gambar Grafik diatas menunjukkan hubungan antara Model side skirt terhadap kecepatan udara, kecepatan terhadap coefisient dan gaya drag, beban terhadap coefisient drag, beban terhadap kecepatan udara, dan model side skirt terhadap coefisient dan gaya drag. Nilai cd terbesar tanpa side skirt  $cd = 0,02$  memiliki  $Fd = 1,55 \text{ kg m/s}^2$ , model side skirt I  $cd = 0,11$  memiliki  $Fd = 6,21 \text{ kg m/s}^2$ , model side skirt II  $cd = 0,19$  memiliki  $Fd = 11,6 \text{ kg m/s}^2$ , model side kirt III  $cd = 0,22$  memiliki  $Fd = 13,97 \text{ kg m/s}^2$ . Ini menunjukkan bahwa penelitian pengaruh pemasangan side skirt berpengaruh terhadap gaya drag. model yang memiliki nilai coefisient drag yang besar akan menghasilkan gaya drag yang besar. hal ini dapat membantu meningkatkan gaya rekat atau gaya tekan terhadap bidang dan memaksimalkan tingkat kestabilan saat kendaraan melaju. hal ini dipengaruhi semakin

aerodinamis yang dihasilkan dari model side skirt maka semakin maksimal gaya drag yang dihasilkan semakin stabil saat melaju. disamping itu juga dapat mengurangi gaya angkat ( lift ) yang menyebabkan mobil oling saat melaju.

**KESIMPULAN**

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

1. Besar nya F drag dipengaruhi besar nya coefisient drag dari model atau bentuk side skirt yang terpasang pada kendaraan sedan .
2. Model Tanpa skirt memiliki Gaya drag ( Fd ) yang rendah sebesar  $1,55 \text{ kg m/s}^2$  dan model memiliki nilai coefisient drag rendah sebesar  $0,02$  artinya dengan memilih model side skirt yang memiliki nilai coefisient drag yang besar justru akan menambah gaya drag yang mengakibatkan kendaraan mengalami gaya rekat yang tinggi pada saat melaju.
3. Gaya drag ( Fd ) yang maksimal dimiliki model Side Skirt III dengan nilai coefisien drag sebesar  $0,22$  dan memiliki gaya drag sebesar  $13,97 \text{ kg m/s}^2$  yang artinya dengan model bentuk side kirt III kendaraan akan mengaalami gaya tekan yang besar. Hal ini membantu kestabilan mobil pada saat melaju karena udara yang melewati pada daerah side kirt diteruskan pada body kendaraan yang meningkatkan gaya rekat terhadap bidang jalan.
4. Dengan penambahan side skirt yang aerodinamis ditandai dengan nilai coefisient drag yang kecil maka akan diperoleh gaya drag yang maksimal pada kendaraan model sedan.

**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. Jasjfi, M. Sc; Edisi Keempat; Erlangga; Jakarta; 1985.  
 Pope, Alan M.S. *Wind Tunnel Testing, 2rd ed*. New York : John Wiley & Sons, Inc. 1961.  
 White, Frank M; 1991; Mekanika Fluida; Edisi Kedua; Erlangga; Jakarta \_\_\_\_; Wind Tunnel Activities; Tufs University  
<http://willycar.wordpress.com/2008/12/26/cd-coefficient-of-drag/>  
[http://www.staff.uny.ac.id/.../Pert%20%25263\\_Aspek%20Perancangan\(1\)-Aerodinamika.ppt](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)