

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENAMBAHAN BACK SPOILER MODEL
NACA 0015 TERHADAP KARAKTERISTIK AERODINAMIKA PADA MOBIL
MERCEDES BENZ SLK 320**

Syamsuri¹

ABSTRACT

Generally a vehicle moving against fluid stream will get aerodynamic force. A vehicle must have a high performance to be up against aerodynamic force, these forces will effect its response and stability especially when the vehicle running fast. Stability parameter is determined by the value of lift coefficient or C_L of vehicle. In addition, it is also expected to have minimum drag coefficient or C_D . The value of both coefficients can be described through flow characteristics around the vehicle.

Aerodynamic force is most affected by drag force and lift force that dependent to the vehicle contour. The aerodynamic performance can be controlled by modifying the characteristic of the vehicles, either one is modifying vehicle body. This study learns adding naca 0015 back spoiler to the Mercedes Benz slk 320. A model type sedan of 1 : 18 scale is tested on wind tunnel under conditions velocity flow 8 m/s, 10 m/s, 12 m/s, 14 m/s, 16 m/s, 18 m/s and angle of airfoil 0° , 5° , 10° , 15° , 20° , 25° . by adding naca 0015 back spoiler to the Mercedes Benz SLK 320 vehicle will reduce the drag force and lift force so it gets a better characteristic aerodynamic performance. Pressure distribution of the flow was observed centre line of upper and beside right and left of the model vehicle. Result of the experiment indicated that instalment of spoiler NACA 0015 did not influence significantly the pressure distribution on the model. And the result of this research shows that additional accessory has a unique effect on the aerodynamic force.

Keywords : Drag, Lift, Nodal

INTISARI

Secara umum kendaraan yang melawan arah aliran fluida akan mengalami gaya aerodinamik. Performansi tinggi pada kendaraan dibutuhkan dalam menghadapi gaya aerodinamis, dimana gaya-gaya aerodinamis ini akan mempengaruhi kestabilan dan respon kendaraan terutama saat kendaraan melaju makin cepat. Parameter stabilitas ini ditentukan diantaranya oleh harga-harga koefisien lift atau C_L yang dimiliki oleh kendaraan tersebut. Selain itu diharapkan pula harga koefisien drag atau C_D yang minimal. Harga kedua koefisien ini dapat dijelaskan melalui karakteristik aliran yang terjadi disekeliling kendaraan. Gaya aerodinamik kendaraan yang sangat berpengaruh adalah gaya hambat dan gaya angkat yang dipengaruhi oleh bentuk kendaraan. Performan aerodinamik kendaraan dapat dikendalikan dengan mengatur karakteristik kendaraan, salah satunya adalah dengan mengatur bentuk kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh pemasangan spoiler model NACA 0015 pada mobil Mercedes Benz SLK 320. Model kendaraan jenis sedan sebagai model eksperimen dengan skala 1 : 18 di uji pada *wind tunnel* pada kondisi kecepatan aliran 8 m/s, 10 m/s, 12 m/s, 14 m/s, 16 m/s, 18 m/s dan sudut penempatan airfoil 0° , 5° , 10° , 15° , 20° , 25° . Dengan memasang spoiler model NACA 0015 pada mobil Mercedes Benz SLK 320 akan didapat koefisien gaya hambat dan koefisien gaya angkat yang makin kecil sehingga mampu memperbaiki karakteristik aerodinamika kendaraan. Distribusi tekanan yang terjadi diamati pada *center line* permukaan model kendaraan bagian atas dan samping kiri dan samping kanan kendaraan. Hasil percobaan menunjukkan bahwa dengan pemasangan spoiler model NACA 0015 relatif tidak berpengaruh terhadap distribusi tekanan yang terjadi pada model. Dan hasil penelitian menunjukkan penambahan asesoris menimbulkan akibat yang unik pada gaya aerodinamis.

Kata kunci : Gaya hambat, Gaya angkat, 73 nodal

¹ Jurusan Teknik Mesin ITATS Surabaya

PENDAHULUAN.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi telah mempengaruhi segala produk termasuk diantaranya adalah kemajuan yang dialami dalam bidang industri otomotif. Industri otomotif berkembang seiring dengan perkembangan sarana transportasi yang menjadi tuntutan untuk menunjang pertumbuhan ekonomi.

Dalam perkembangannya, masyarakat semakin selektif dalam memilih kendaraan yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan. Maka produsen mobil harus terus-menerus meningkatkan kualitas produknya dengan cara melakukan inovasi terhadap produknya agar dapat bersaing di pasaran. Seperti yang terlihat saat ini banyak sekali mobil yang ditawarkan dengan keunggulan teknologi yang dimiliki baik dalam segi jenis, model atau bentuk kendaraan.

Salah satu aspek yang sangat penting dalam otomotif dan paling dipertimbangkan masyarakat dalam memilih kendaraan adalah *performance* atau unjuk kerja dari mobil tersebut. Performa dari suatu produk otomotif telah dihitung diatas kertas pada tahap perancangannya, namun karena proses perancangan adalah proses yang iteratif, maka diperlukan perhitungan performa berulang kali untuk dapat menciptakan suatu produk yang berkualitas.

Salah satu performa yang penting pada suatu kendaraan adalah kemampuan suatu kendaraan untuk melakukan percepatan, melawan hambatan angin (*drag*), melawan gesekan ban dengan jalan, melawan gaya tahanan dan kemungkinan untuk membawa suatu beban.

Ada beberapa gaya hambat pada mobil (Sutantra,2001):

1. Hambatan bentuk
2. Hambatan pusaran
3. Hambatan tonjolan
4. Hambatan aliran dalam

Performa atau unjuk kerja kendaraan dituntut untuk memiliki kestabilan tinggi. Artinya, jika kendaraan tersebut berjalan dengan kecepatan tinggi ia tidak "melayang". Indikasi "melayang" pada kendaraan dapat diketahui dari besar kecilnya koefisien lift atau *lift coefficient* (C_L). Jika kendaraan tersebut memiliki

koefisien lift yang besar maka sifat melayangnya besar atau cenderung tidak stabil pada saat berjalan, sebaliknya jika koefisien lift kecil maka sifat melayangnya kecil atau cenderung stabil pada saat berjalan. Selain koefisien lift, setiap kendaraan juga mempunyai koefisien drag atau *drag coefficient* (C_D) yang berbeda-beda (Grummy, 2002).

Dalam kemajuan bidang aerodinamik, akan menjadi jelas bahwa ada parameter-parameter yang menyertai gaya dan momen aerodinamik. Ada gaya-gaya berdimensi dan koefisien tak berdimensi, jika ρ dan V_∞ adalah densitas dan kecepatan daerah *freestream* yang jauh dari bodi. Parameter tersebut dapat didefinisikan sebagai tekanan dinamis yaitu

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_\infty^2 \dots\dots\dots(1)$$

Kendaraan bermotor yang sedang berjalan mempunyai dua bidang kontak yaitu terhadap udara dan terhadap jalan atau tanah. Kendaraan yang sedang berjalan akan bergerak relatif terhadap jalan. Apabila udara diam yaitu pada keadaan tidak ada angin maka kendaraan akan memiliki kecepatan relatif yang sama terhadap jalan dan udara.

Sedangkan bila ada gerakan udara yang relatif terhadap jalan yaitu ada udara yang berhembus, maka kendaraan akan memiliki perbedaan relatif terhadap jalan dan udara. Didalam pendekatan terhadap aerodinamika kendaraan diasumsikan tidak ada angin yang berhembus (atmosfir sebagai kesatuan dengan tanah) dan kecepatan kendaraan dianggap konstan.

Pada kendaraan yang bergerak dekat dengan tanah, permukaan atas kendaraan memiliki kelengkungan lebih besar dibandingkan dengan permukaan bawah kendaraan, sebagai akibatnya jarak yang ditempuh aliran udara pada permukaan atas lebih panjang dibandingkan permukaan bawah pada periode waktu yang sama. Hal ini menyebabkan aliran udara pada permukaan atas mengalir lebih cepat daripada permukaan bawah kendaraan sehingga tekanan permukaan atas lebih rendah dibandingkan dengan permukaan bawah kendaraan.

Pada kendaraan, kecepatan aliran udara pada bagian bawah juga dipe-

ngaruhi oleh profil mesin bagian bawah dan kekasaran permukaan. Adanya tonjolan profil mesin pada bagian bawah akan menyebabkan separasi aliran sehingga kecepatan aliran rendah dan tekanan semakin tinggi.

Pada kecepatan tinggi, gaya-gaya aerodinamis dapat menyebabkan hal yang serius dalam mengontrol dan mereduksi stabilitas pada tingkat yang membahayakan. Gaya-gaya lift pada awal mula mobil racing digunakan dapat ditiadakan dengan menggunakan spoiler dan pengaruhnya pada gaya hambat (Hall, 1970)

Hasil pengujian pengaruh kemiringan *rear spoiler* terhadap *drag bluff body* kendaraan land cruiser tahun 1992, terlihat bahwa pemasangan *rear spoiler* dengan sudut kemiringan tertentu pada model kendaraan dapat mengurangi gaya hambat dan koefisien drag dengan angka Reynold yang sama (Karim, 20-03).

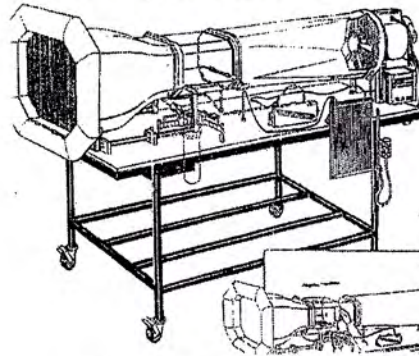
Pengukuran distribusi tekanan pada *centre line* dari permukaan atas model kendaraan, maka diperoleh distribusi tekanan depan dan belakang kendaraan (Bearman, 1980).

Dalam suatu pengujian dikenal ada dua jenis pengukuran yaitu pengukuran langsung, dimana hasil pengukuran dapat langsung dibaca dan pengukuran tidak langsung, dimana diperlukan suatu proses lanjutan yaitu penjabaran dan penalaran terhadap hasil pengukuran untuk memperoleh besaran yang dimaksud.

Pada percobaan di terowongan angin untuk mendapatkan harga gaya hambat dan gaya angkat, cara ini disebut pengukuran langsung karena harganya sudah dapat dibaca langsung pada alat ukur. Cara lain yang dipakai yaitu cara tidak langsung, cara ini dipakai untuk mencari *pressure coefficient*, data diperoleh dari manometer yang kemudian diproses dulu dengan perumusan tertentu yang kemudian baru diperoleh data pengukuran yang diinginkan.

Percobaan ini dimaksudkan agar profil kendaraan dapat diuji dalam skala model. Pengujian kendaraan pada pengukuran sebenarnya cukup sulit dan membutuhkan biaya yang besar. Tetapi sudah barang tentu kondisi saat pengujian

diusahakan mendekati kenyataan. Terowongan angin yang digunakan adalah circuit wind tunnel yaitu jenis terowongan angin dimana udara dialirkan dalam terowongan tidak dapat disirkulasikan melainkan langsung dilepas ke udara bebas setelah melalui *test section*.



Gambar1. Wind tunnel

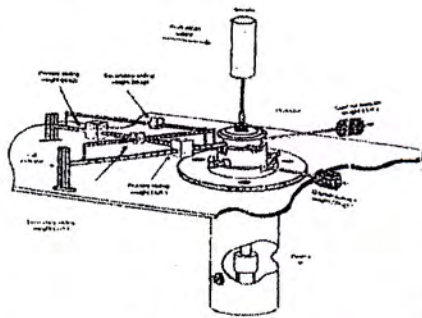
Terdiri dari dua buah batang berskala pada posisi tegak lurus yaitu sebuah batang dengan posisi aksial wind tunnel dan satu lagi pada posisi arah normal. Konstruksi kedua batang ini dihubungkan dengan sebuah base yang merupakan titik sendi pergerakan suatu poros yang dilengkapi dengan *key slot*, *protector*, dan *locking screw*. Untuk penempatan suatu model dihubungkan dengan suatu batang, dimana pada ujung bawahnya terdapat *key shaft* agar posisi tidak berputar dan diperkuat dengan *locking screw*.

Pada masing-masing batang berskala terdapat *primary sliding weight* dan *secondary sliding weight* yang berguna untuk mendapatkan posisi balance pada indicator nul. Besar gaya hambat dapat dibaca pada batang yang searah dengan wind tunnel, sedangkan untuk gaya angkat dibaca pada batang yang tegak lurus dengan arah aliran wind tunnel. Skala pada batang berskala ini telah dikalibrasi ke satuan Newton.

Barometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan udara bebas didalam ruangan dan ketinggian tertentu diatas permukaan laut. Manometer yaitu alat yang digunakan untuk mengukur tekanan udara dengan jalan mengukur perbedaan permukaan fluida dalam tube manometer, alat ini dipasang dan dihubungkan langsung dengan aliran

udara di terowongan angin, dan digunakan peneliti untuk mendapatkan data tekanan lokal, stagnasi dan statis.

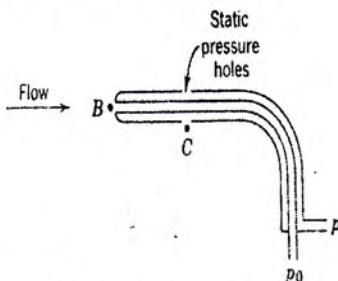
Sedangkan termometer digunakan untuk mengukur temperatur, dalam hal ini thermometer digunakan untuk mengukur temperatur udara yang berada di sekitar ruangan percobaan. Hal ini dilakukan karena kondisi aliran udara bebas didalam open circuit wind tunnel sama dengan kondisi aliran udara bebas dalam ruangan yang ditempati



Gambar 2. Wind tunnel balance

Merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk mengukur tekanan aliran udara, pertama digunakan oleh Henry Pitot yang berupa tabung yang berbentuk L. Umumnya alat ini untuk mengetahui tekanan total dan tekanan statis.

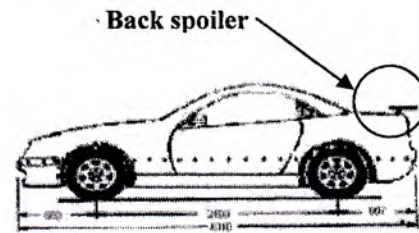
Standar pitot tube ditunjukkan pada gambar 3, Orifice pada lubang B untuk membaca total head, orifice ini dihubungkan ke manometer, perbedaan tekanan akan terlihat, dan dari sini tekanan pada udara bebas dapat dihitung. Sedangkan untuk lubang C untuk mengetahui tekanan static.



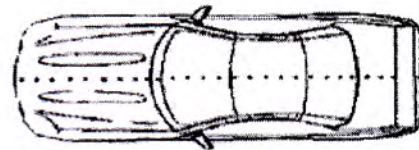
Gambar 3. Pitot static tube standard

Hasil pengukuran ini selanjutnya digunakan sebagai data masukan untuk menentukan tekanan dinamis memakai

bantuan persamaan Bernoulli, dan akhirnya dapat diketahui distribusi tekanan yang terjadi disekeliling bodi model uji.



a. Tampak-samping



b. Tampak atas



c. tampak_depan



d. Tampak belakang

Gambar 4. Model Uji Mercedes-Benz SLK 320 tahun 2000

Peralatan tambahan yang dimaksud adalah *wing section airfoil*. Wing ini dibuat dengan mengambil acuan salah satu profil pesawat (*wing profil*) yaitu NACA 0015. Pembuatan wing profil berskala ini menyerupai dengan skala NACA 00-15, tetapi dalam eksperimen ini yang dipentingkan adalah penggunaan wing profil sebagai negatif lift device. Wing tersebut dipasang diatas mobil, tepatnya dibagian belakang atas bodi miniatur dengan berbagai variasi sudut, yaitu 0° , 5° , 10° , 15° , 20° , 25° , dengan pemasangan berbagai sudut airfoil tersebut dimaksudkan agar dapat diketahui pengaruh kecepatan mobil melawan aliran udara yang berbeda-beda terhadap drag, lift dan distri-

busi tekanan. Penempatan wing pada kendaraan dapat dilihat pada gambar 4.

Penelitian ini dilakukan dalam rangka untuk mengetahui pengaruh sudut airfoil sebuah kendaraan terhadap distribusi tekanan yang terjadi pada permukaan atas dan samping bodi kendaraan. Gaya hambat dan gaya angkat yang ditimbulkan dengan perubahan laju kecepatan kendaraan, dilakukan pada *wind tunnel sub sonic*. Dengan langkah-langkah pengujian yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan peralatan yang diperlukan antara lain : model kendaraan, *pitot static tube*, *manometer*.
2. Mencatat kondisi ruangan pada saat akan melakukan pengujian yakni tekanan dan temperatur.
3. Meletakkan model kendaraan pada *working section balance*.
4. Memasang selang-selang yang dihubungkan ke manometer.
5. Menghidupkan kipas *wind tunnel* dan mengatur kecepatan aliran udara sesuai yang dikehendaki.
6. Setelah kondisi aliran udara pada *wind tunnel* konstan maka pengukuran terhadap tekanan dapat dibaca pada manometer melalui perubahan ketinggian fluida, serta pengukuran drag dilakukan dengan menggeser anak timbangan pada *wind tunnel balance* ke posisi yang seimbang.
7. Pengujian terus diulangi dengan perubahan posisi sudut airfoil dan kecepatan udara.

Agar pengujian pada skala model dapat mewakili fenomena sebenarnya yang terjadi pada skala sebenarnya. Skala model yang dibuat harus memiliki

- a. Keserupaan geometri yaitu model dibangun dengan prototype yang berarti setiap bagian dari model mempunyai perbandingan tertentu dengan setiap bagian dari prototype.
- b. Keserupaan kinematik yaitu arah kecepatan antara model dan prototype adalah sama pada setiap bagiannya dan perbandingan besarnya menurut skala tetap.
- c. Keserupaan dinamis yaitu perbandingan gaya karena medan aliran antara model dan prototype setiap bagi-

annya harus menurut skala yang tetap.

Untuk memenuhi keserupaan dinamis antara model dan prototype harus mempunyai keserupaan geometri dan keserupaan kinematik. Bila keserupaan pada aliran dari suatu model didapat, maka setiap data yang diukur pada aliran dari suatu model dapat dihubungkan secara kuantitatif dengan kondisi-kondisi pada sebenarnya.

Untuk melakukan eksperimen tersebut perlu dianalisa parameter-parameter yang berhubungan dengan analisa dimensional yang menggunakan *Theorema Bhuchkingham Phi*. Sehingga untuk mencari persamaan fungsi gaya hambat, gaya angkat dan kerugian tekanan adalah sebagai berikut :

$$FD = f(\rho, \mu, H, L, W, \theta, p, l, t)$$

$$FL = f(\rho, \mu, H, L, W, \theta, p, l, t)$$

$$\Delta P = f(\rho, \mu, H, L, W, x, \theta, p, l, t)$$

Dimana :

FD = Gaya hambat

FL = Gaya angkat

ΔP = Kerugian tekanan

ρ = Densitas udara

μ = Viskositas udara

H = Tinggi model

L = Panjang model

W = Lebar model

θ = Sudut spoiler

x = Jarak lubang tube

p = Panjang spoiler

l = Lebar spoiler

t = Tinggi spoiler

Diperoleh 7 group parameter-parameter tanpa dimensi dari persamaan di atas yaitu :

$$1. \pi_1 = \left[\frac{F_D}{\rho \cdot V^2 \cdot L^2} \right]$$

$$2. \pi_2 = \left[\frac{\mu}{\rho \cdot V \cdot L} \right]$$

$$3. \pi_3 = \left[\frac{H}{L} \right]$$

$$4. \pi_4 = \left[\frac{t}{L} \right]$$

$$5. \pi_5 = \left[\frac{W}{L} \right]$$

$$6. \pi_6 = \left[\frac{l}{L} \right]$$

$$7. \pi_7 = \left[\frac{\Delta P}{\rho V^2} \right]$$

Karena hanya ada 7 suku yang independent yang diperlukan untuk menyatakan hubungan fisik. Untuk itu dapat dipilih parameter tanpa dimensi $\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5, \pi_6, \pi_7$, dan π_8 . Akan tetapi $\pi_3, \pi_4, \pi_6, \pi_7$, dan π_8 merupakan perbandingan dengan nilainya dianggap konstan. Sehingga hubungan fisik dapat dinyatakan dalam :

$$\pi_1 = f\{\pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5, \pi_6, \pi_7, \pi_8\}$$

Selanjutnya diperoleh persamaan fungsi tanpa dimensi yang berhubungan yaitu :

$$\left[\frac{F_D}{\rho V^2 L^2} \right] = f1 \left(\frac{\mu}{\rho V L}, \frac{H}{L}, \frac{t}{L}, \frac{W}{L}, \frac{l}{L} \right)$$

$$\left[\frac{F_L}{\rho V^2 L^2} \right] = g1 \left(\frac{\mu}{\rho V L}, \frac{H}{L}, \frac{t}{L}, \frac{W}{L}, \frac{l}{L} \right)$$

$$\left[\frac{\Delta P}{\rho V^2} \right] = h1 \left(\frac{\mu}{\rho V L}, \frac{H}{L}, \frac{t}{L}, \frac{W}{L}, \frac{l}{L}, \theta \right)$$

Pada penelitian ini parameter panjang (L), lebar (W), dan tinggi (H) kendaraan tidak diubah (konstan). Jadi, pengukuran gaya hambat (FD), gaya angkat (FL) dan kerugian tekanan (ΔP) dilakukan pada parameter sudut kemiringan spoiler (θ). Sehingga persamaannya akan menjadi :

$$\left[\frac{F_D}{\rho V^2 L^2} \right] = C_D$$

$$\left[\frac{F_L}{\rho V^2 L^2} \right] = C_L$$

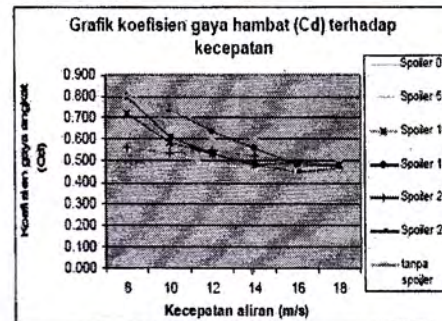
$$\left[\frac{\Delta P}{\rho V^2} \right] = C_p$$

$$\left[\frac{t}{L} \right] = \alpha$$

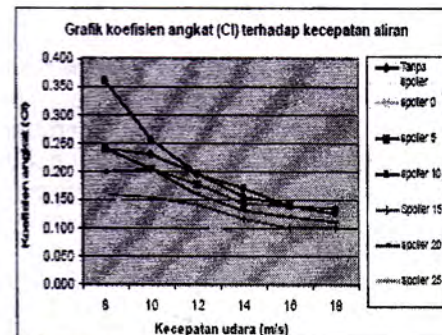
PEMBAHASAN

Dari gambar 5 tersebut memperlihatkan kecepatan aliran semakin besar harga koefisien hambat semakin kecil,

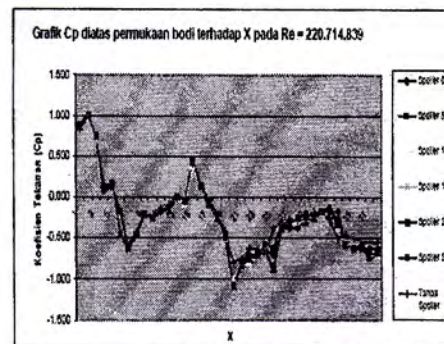
hal ini disebabkan semakin berkurangnya efek viskositas dari model. Pemasangan spoiler dengan berbagai sudut menghasilkan koefisien gaya hambat yang berbeda namun semakin besar kecepatan aliran udara koefisien hambat relatif sama. Dari gambar 5. pemasangan spoiler dengan kemiringan 0° (sejajar dengan bodi mobil) dalam berbagai kecepatan aliran udara koefisien hambatnya relatif lebih kecil.



Gambar 5. Hubungan C_D terhadap kecepatan aliran udara



Gambar 6. Hubungan C_L terhadap kecepatan aliran udara



Gambar 7. Hubungan C_p terhadap posisi x (pressure taps)

Pemasangan spoiler dengan kemiringan sudut yang lebih besar menyebabkan posisi dari airfoil menjadi bentuk yang melawan aliran udara, dan pada sudut yang lebih tinggi akan menyebabkan gangguan aliran udara dipermukaan atas bagian belakang kendaraan, sehingga akan memperlebar daerah wake yang berakibat hambatan menjadi lebih besar.

Hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa pemasangan spoiler dengan kemiringan 0° , untuk kecepatan aliran udara 8 m/s didapat harga C_D sebesar 0,560 sedangkan untuk tanpa spoiler C_D sebesar 0,799. ini berarti dengan pemasangan kemiringan 0° terjadi perbedaan sebesar 0,239 atau terjadi penurunan sebesar 29,92 % dari kondisi tanpa spoiler. Untuk perbedaan selisih C_D dari tanpa spoiler dan dengan spoiler dibahas berikut ini. Dari penelitian diperoleh angka rata-rata C_D sebesar 0.645. Dan dapat dilihat pula bahwa ΔC_D rata rata paling tinggi adalah pada posisi kemiringan spoiler 0° yaitu sebesar 0,149. Ini berarti terjadi penurunan rata rata sebesar 23,1% dari kondisi tanpa spoiler. Semakin tinggi kecepatan angin gaya hambat semakin kecil dan pada kondisi kecepatan maksimal selisih gaya hambat yang dihasilkan oleh model dengan berbagai sudut pemasangan cenderung sama. Namun pada sudut 0° tetap memberikan ΔC_D yang paling besar.

Dari hasil pengujian memperlihatkan bahwa gaya angkat timbul disebabkan oleh aliran udara lokal yang cepat yang menghasilkan tekanan lokal yang rendah, dimana menyebabkan kendaraan seolah-olah dihisap keatas. Dengan pemasangan spoiler telah mengurangi koefisien gaya angkat, seperti ditunjukkan pada gambar 6.

Pada kemiringan sudut 25° menunjukkan penurunan harga C_L yang cukup signifikan terutama pada kecepatan 16 m/s dan 18 m/s. Pada kecepatan 18 m/s spoiler dengan sudut 25° mempunyai harga C_L sebesar 0.087, ini berarti dengan pemasangan itu terjadi perbedaan sebesar 0.047 atau terjadi penurunan sebesar 35 % dari kondisi tanpa spoiler. Akan tetapi pada kondisi sudut 25° koefisien gaya hambat relatif kecil yaitu 13,6% dari kondisi tanpa spoiler. Pada kemiring-

an sudut 25° penurunan C_L rata-rata sebesar 46,6 persen terhadap tanpa spoiler. Pada kemiringan sudut 0° terjadi penurunan C_L sebesar 40,8%, sehingga pada kenyataan yang sebenarnya pemasangan sudut 0° memberikan penurunan yang relatif besar.

KESIMPULAN

Model kendaraan yang diuji dengan wind tunnel, diberi penambahan spoiler model airfoil NACA 0015 dengan berbagai variasi sudut kemiringan menghasilkan perbaikan karakteristik aerodinamika yang berbeda, namun kondisi yang terbaik pada kemiringan sudut 0° memberi perbaikan terhadap koefisien gaya hambat C_D rata-rata sebesar 23,1 % dan koefisien gaya angkat rata-rata sebesar 40,8 % terhadap model kendaraan yang tidak memakai spoiler.

Semakin besar kecepatan angin semakin rendah koefisien gaya hambat semakin kecil dan mencapai kestabilan pada kecepatan tertentu. Pada kecepatan tertinggi yaitu 18 m/s ini kemiringan sudut 0° memberi perbaikan terhadap koefisien gaya hambat C_D sebesar 16,1 % dan koefisien gaya angkat C_L sebesar 29,1% terhadap model kendaraan tanpa spoiler.

Penambahan spoiler model airfoil akan mengurangi gaya angkat kendaraan sehingga kestabilan kendaraan akibat gaya angkat lebih baik dan responsif, tetapi dengan memperkecil sudut elevasi airfoil cenderung memperbesar gaya angkat, namun masih lebih kecil dibandingkan dengan kendaraan yang tanpa spoiler

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, Jhon D, Jr. 1993, "Fundamental of Aerodynamics", McGraw Hill, Inc.
- Bearman, P.W., 1980, Bluff Body Flows Applicable to Vehicle Aerodynamics-Review, ASME Journal of Fluids Engineering, Vol.102, pp. 265-274.
- Fox, Robert W and Alan T Mc Donald, 1994, "Introduction to Fluid Mechanics" fourth edition, John Wiley & sons.

- Karim, Abdul, 2003, *Studi Eksperimental tentang pengaruh airfoil NACA 23015 pada kendaraan Land Cruiser tahun 1992 terhadap titik separasi dan gaya hambat*, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (tidak dipublikasikan).
- Olson, Reuben M and Steven J Wright, 1990, *Dasar-dasar Mekanika Fluida*, Edisi kelima, terjemahan Alex Tri kantjono widodo, PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Pope, Alan and John J Harper, 1996, *Wind Tunnel Testing*, John Wiley & sons, New York.
- Streeter, Victor L and E. Benyamin Wylie, 1985, *Fluid Mechanics*, Edisi ke delapan McGraw Hill inc. Alih bahasa Ar-ko Prijono, M.S.E.
- Sutantra, Nyoman, 2001, *Teknologi Otomotif*, edisi pertama, Guna Widya Surabaya
- Wailanduw, A. Grummy, 2002, *Studi Karakteristik Aliran pada Kendaraan Jenis Van yang Menggunakan Side Air Dams*, Tesis, Program Pasca Sarjana, Program Studi Teknologi Energi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (tidak dipublikasikan).
www.mercedes_benz.com.