

# Studi Karakteristik Aliran Udara Kendaraan dengan Penambahan Spoiler Belakang Standard Dan Lebih Panjang

Moch. Aziz Kurniawan<sup>\*1</sup>, Yogi Oktopianto<sup>2</sup>, Aat Eska Fahmadi<sup>3</sup>,  
Pipit Rusmandani<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup>Program Studi Teknologi Otomotif, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Tegal

<sup>2</sup>Program Studi Rekayasa Sistem Transportasi Jalan,

Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Tegal

E-mail: \*aziz@pktj.ac.id

Received 16-02-2022; Reviewed 21-04-2022; Accepted 23-05-2022

Journal Homepage: <http://ktj.pktj.ac.id/index.php/ktj>

DOI: 10.46447/ktj.v9i1.416

## Abstract

*The use of rear spoilers on MPV vehicles is often used by the public to get an aerodynamic vehicle body design. The understanding of the function of using rear spoiler accessories in the community is still low, so it is necessary to study the characteristics of air flow in aerodynamics. This study aims to determine the flow characteristics of MPV type vehicles with standard and longer rear spoiler installation. This research was conducted in a Subsonic Open Circuit wind tunnel with test section dimensions (365 x 365 x 1250) mm. The flow characteristics were observed experimentally that passed through the model surface resembling the first generation Toyota Avanza MPV with a ratio of 1:20 with variations of the standard and longer rear spoiler installation. Measurement of the flow velocity profile behind the vehicle test model was carried out at an X/L ratio of 0.32 from the leading edge with a speed adjusted to the Reynolds number value of  $1.96 \times 10^5$ . The flow characteristic observed was the pressure distribution ( $C_p$ ) on the center line of the top surface. and under the test vehicle model, the flow momentum deficit behind the test vehicle model, the lift pressure coefficient (CLP), and the drag pressure coefficient (CDP). The results of data collection show that the installation of a standard and longer rear spoiler relatively increases the  $C_p$  value, the flow momentum deficit behind the vehicle model, the lift pressure coefficient (CLP) value and decreases the drag pressure coefficient (CDP) value. The biggest increase was in the installation of a longer rear spoiler with an increase in the  $C_p$  value of 4.7%, an increase in the flow momentum deficit by 1.27%, an increase in the CLP value by 0.11% and a decrease in the CDP value by 0.06% compared to the vehicle model without using a rear spoiler.*

**Keywords:** Flow Characteristics, MPV, Standard Rear Spoiler, Long Rear Spoiler

## Abstrak

Penggunaan *Spoiler* belakang pada kendaraan MPV sering digunakan oleh masyarakat untuk mendapatkan desain bodi kendaraan yang aerodinamis. Pemahaman fungsi penggunaan aksesoris *spoiler* belakang masyarakat masih rendah sehingga diperlukan studi karakteristik aliran udara dalam suatu ilmu aerodinamika. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran pada kendaraan jenis MPV dengan pemasangan *spoiler* belakang standard dan lebih Panjang. Penelitian ini dilakukan di dalam sebuah *Open Circuit wind tunnel Subsonic* dengan dimensi *test section* (365 x 365 x 1250) mm. Karakteristik aliran diamati secara eksperimental yang melewati permukaan model menyerupai MPV Toyota Avanza generasi pertama dengan perbandingan 1:20 dengan variasi pemasangan *spoiler* belakang standard dan lebih Panjang. Pengukuran profil kecepatan aliran di belakang model uji kendaraan dilakukan pada rasio X/L 0,32 dari *leading edge* dengan kecepatan disesuaikan dengan nilai

bilangan *Reynold* sebesar  $1,96 \times 10^5$ . Karakteristik aliran yang diamati adalah distribusi tekanan ( $C_p$ ) pada *centre line* permukaan atas dan bawah model uji kendaraan, deficit momentum aliran di belakang model uji kendaraan, koefisien *lift pressure* ( $C_{LP}$ ), dan koefisien *drag pressure* ( $C_{DP}$ ). Hasil pengambilan data menunjukkan bahwa Pemasangan *spoiler* belakang standard dan lebih panjang relatif meningkatkan nilai  $C_p$ , defisit momentum aliran di belakang model kendaraan, nilai koefisien *lift pressure* ( $C_{LP}$ ) dan menurunkan nilai koefisien *drag pressure* ( $C_{DP}$ ). Peningkatan paling besar pada pemasangan *spoiler* belakang yang lebih panjang dengan peningkatan nilai  $C_p$  sebesar 4,7%, peningkatan defisit momentum aliran sebesar 1,27 %, peningkatan nilai  $C_{LP}$  sebesar 0,11% dan penurunan nilai  $C_{DP}$  hingga 0,06% dibandingkan model kendaraan tanpa menggunakan *spoiler* belakang.

**Kata Kunci:** Karakteristik aliran, MPV, *Spoiler* Belakang Standard, *Spoiler* Belakang Panjang

## PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia semakin dinamis seiring dengan perkembangan teknologi. Kontur bodi dan penambahan variasi aerodinamika kendaraan dapat menjadikan kendaraan tersebut tetap stabil pada saat melaju dengan berkurangnya koefisien *lift* dan koefisien *drag* yang menghambat laju kendaraan tidak terlalu besar sehingga penggunaan bahan bakar tetap efisien (Katz, 2003). Inovasi perbaikan bodi kendaraan diperlukan karena udara mengalir pada bagian atas, bawah, dan samping kendaraan (Sutantra, 2010). Komponen aerodinamika pada kendaraan diantaranya adalah distribusi tekanan pada permukaan kendaraan, profil kecepatan di belakang kendaraan, koefisien *drag* dan koefisien *lift* yang dapat mempengaruhi hambatan serta kestabilan kendaraan ketika melaju.

Penggunaan *open circuit wind tunnel subsonic* untuk studi karakteristik aliran udara dibahas parameter dan prosedur penggunaan (Pereira, 2011). Pengukuran dan pengaturan dalam menggunakan *wind tunnel* dalam studi eksperimen untuk mengetahui karakteristik aliran pada bodi kendaraan truk, bus dan kereta api (Dillmann & Orellano, 2016). Studi karakteristik aliran udara pada roda kendaraan secara eksperimen dilakukan dengan menggunakan *wind tunnel Subsonic* (Wang et al., 2020). Studi karakteristik aerodinamika di sekitar kendaraan listrik prototype secara eksperimen menggunakan alat uji *Open Circuit wind tunnel Subsonic* dihasilkan nilai gaya *drag* dan koefisien *drag* (Meda Aji Saputro, 2019).

Modifikasi bodi kendaraan angkutan pedesaan untuk memperbaiki aerodinamika aliran udara berupa gaya hambat dan gaya angkat kendaraan (Santoso, 2018). Analisa penggunaan *spoiler* belakang dengan berbagai sudut dilakukan menggunakan *computational fluid dynamics* dijelaskan bahwa penggunaan sudut 12 derajat *spoiler* belakang menurunkan nilai koefisien *drag* dan nilai koefisien *lift* paling besar pada kendaraan (Das & Riyad, 2017). Analisa *drag force* dan aliran fluida udara pada desain mobil listrik berdasarkan kecepatan dihasilkan nilai *drag force* meningkat ketika dilakukan penambahan kecepatan kendaraan (Riszal & Martinus, 2021). Penambahan aksesoris *spoiler* belakang pada kendaraan sedan dapat mengurangi nilai koefisien *lift* dan meningkatkan koefisien *drag* (Djunaedi, 2007). Penambahan aksesoris (*spoiler* belakang, *front spoiler*, *body kit* dan *side skirt*) mengurangi koefisien *lift* dan memperbesar koefisien *drag* pada kendaraan mobil Honda Jazz (Hadisaputra Adrian, 2010).

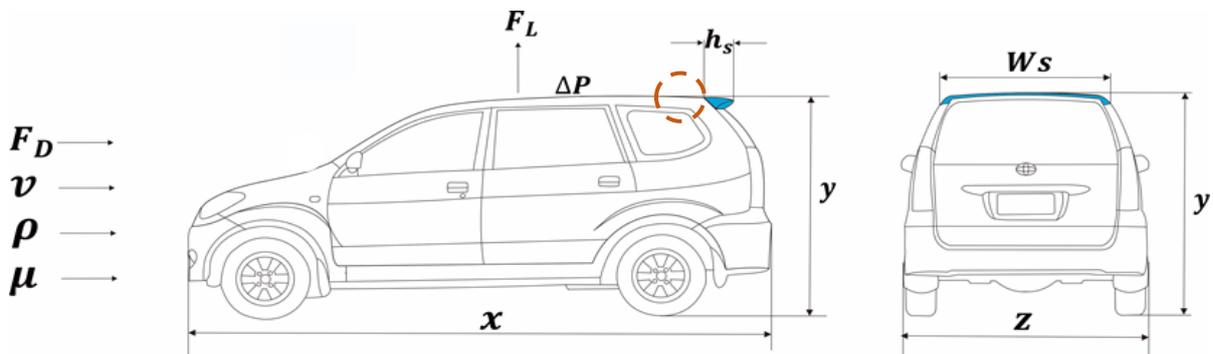
Penggunaan *spoiler* dengan variasi luas penampang *spoiler* pada kendaraan sedan juga dilakukan secara eksperimen menggunakan terowongan angin (*wind tunnel*) menunjukkan bahwa semakin luas penampang *spoiler* dapat meningkatkan

gaya *drag* kendaraan (R, Ardiansyah. F, 2014). Penggunaan *spoiler* belakang dengan berbagai modifikasi sebagai upaya memperbaiki aliran udara pada kendaraan menarik untuk dilakukan studi penelitian secara eksperimen sehingga penulis tertarik meneliti karakteristik aliran udara secara eksperimen terhadap model kendaraan yang menyerupai MPV dengan penambahan *spoiler* belakang standard dan dengan modifikasi *spoiler* belakang yang lebih panjang.

## METODE PENELITIAN

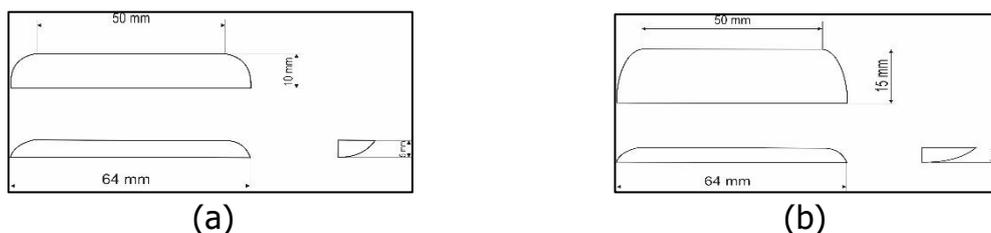
### Geometri Model Kendaraan

Penelitian studi karakteristik aliran pada bodi kendaraan dilakukan secara eksperimen. Dalam penelitian ini yang akan diukur adalah distribusi tekanan pada permukaan model kendaraan menyerupai mobil MPV Toyota Avanza dan profil kecepatan di belakang model uji kendaraan tanpa pemasangan *spoiler* belakang, dengan pemasangan *spoiler* belakang standard dan pemasangan *spoiler* belakang yang lebih panjang. Geometri model kendaraan yang diteliti adalah kendaraan yang menyerupai MPV Toyota Avanza generasi pertama. Objek yang digunakan pada penelitian adalah model kendaraan roda empat yang menyerupai mobil MPV Toyota Avanza generasi pertama dengan bahan terbuat dari kayu. Spesifikasi model dengan jenis MPV Toyota Avanza generasi pertama dengan panjang 4120 mm, lebar 1630 mm, dan tinggi 1695 mm. Kemudian dibuatkan model dengan skala perbandingan 1:20 menggunakan bahan dari kayu.



**Gambar 1.** Model kendaraan menyerupai MPV

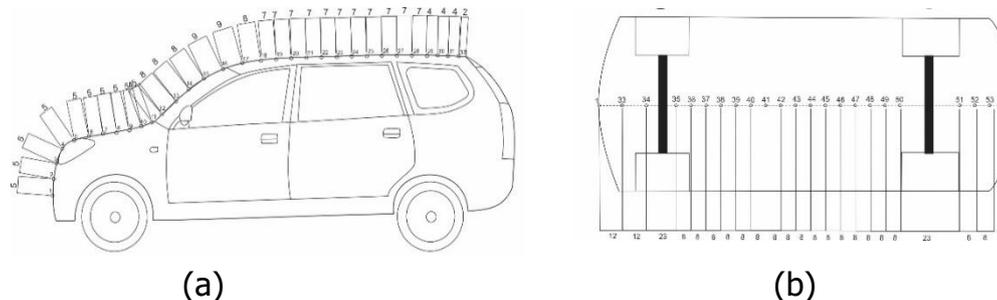
Pemasangan *spoiler* belakang pada model kendaraan yang menyerupai MPV Toyota Avanza generasi pertama dilakukan dengan variasi standard dan variasi yang lebih panjang seperti yang digambarkan dalam gambar 2.



**Gambar 2.** Model *spoiler* belakang standard (a) dan *spoiler* belakang lebih panjang (b)

Model kendaraan dipasang *pressure tap* sejumlah 53 buah untuk mengetahui distribusi tekanan udara yang mengalir pada permukaan bodi kendaraan. Pemasangan

*pressure tap* digambarkan pada gambar 3.



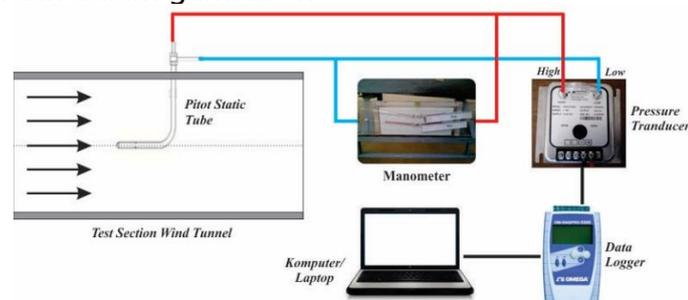
**Gambar 3.** Pemasangan *pressure tap* pada Model kendaraan MPV tampak samping (a) dan tampak bawah (b)

### Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas pada penelitian ini adalah model uji kendaraan menyerupai MPV tanpa pemasangan *spoiler* belakang, dengan pemasangan *spoiler* belakang standard, dan dengan pemasangan *spoiler* belakang lebih panjang.
2. Variabel terikat dari penelitian ini adalah karakteristik aliran pada model uji kendaraan yang meliputi distribusi tekanan ( $C_p$ ) pada permukaan atas dan permukaan bawah model uji, Profil kecepatan ( $V_p$ ) di belakang model uji kendaraan, koefisien *drag pressure* ( $C_{DP}$ ), dan koefisien *lift pressure* ( $C_{LP}$ ).
3. Variabel kontrol dari penelitian ini adalah Model uji kendaraan diletakkan 200 mm dari *leading edge* pelat datar ditentukan dari poros roda depan, Penempatan pitot tube dengan rasio  $X/L$  0,32 atau 400 mm dari *leading edge*, dan nilai bilangan *reynolds* yang digunakan adalah  $1,96 \times 10^5$ . Apabila dikonversi kecepatan adalah sebesar 14,01 m/s atau sebesar 50,4 km/jam

### Kalibrasi Alat Uji

Untuk mendapatkan hasil data lebih akurat, maka dilakukan terlebih dahulu kalibrasi antara manometer dengan *pressure transducer*. Dari hasil pengukuran  $\Delta h$  manometer dan *pressure transducer* akan diperoleh data yang kemudian diketahui persamaannya. Skema Kalibrasi Tekanan Dinamik Antara *Pressure Transducer* dengan Manometer digambarkan dalam gambar 4.



**Gambar 4.** Skema Kalibrasi Tekanan Dinamik *Pressure Transducer* dengan Manometer

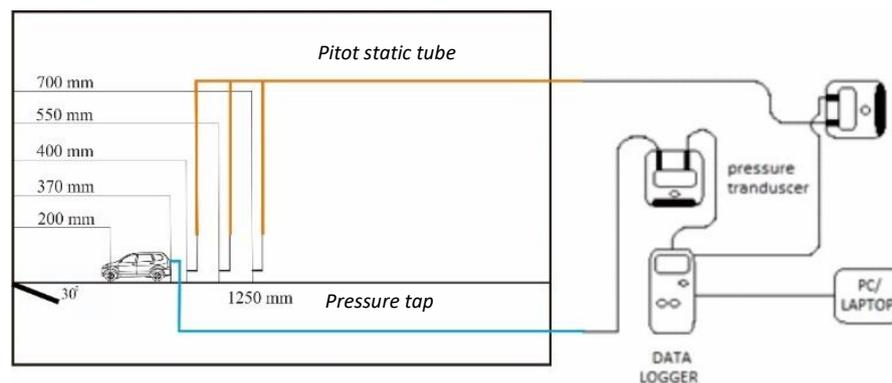
Prosedur pengambilan data kalibrasi tekanan dinamik *Pressure Transducer* dengan Manometer dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

1. Menyiapkan peralatan yang digunakan, meliputi *subsonic wind tunnel*, *pitot static tube*, manometer, *pressure transducer*, data logger.
2. Memosisikan *pitot static tube* agar terletak tepat di *centerline test section wind*

- tunnel* dengan arah tegak lurus arah aliran menghadap *inlet wind tunnel* .
3. Sambungkan selang penghubung tekanan stagnasi dari *pitot static tube* pada *pressure transducer* (lubang *high*) dan manometer. Selang penghubung tekanan statik dari *pitot static tube pressure transducer* (lubang *low*) dan manometer.
  4. Membaca tinggi cairan pada manometer dan mencatatnya sebagai kondisi awal sebelum melakukan proses kalibrasi.
  5. Hidupkan fan wind tunnel melalui inverter dan Naikkan putaran fan wind tunnel melalui inverter hingga 400 rpm.
  6. Membaca *output pressure transducer* yang sudah diambil nilai rata-rata dari 50 sampel data di setiap titiknya melalui data logger. Data yang terbaca berupa nilai arus dalam satuan mili-ampere kemudian dicatat dalam tabel perhitungan.
  7. Ulangi langkah pada poin 5 sampai 7 dengan kenaikan 50 rpm sampai dengan putaran 2200 rpm tanpa mematikan fan wind tunnel.
  8. Data  $\Delta h$  dari manometer diproses dalam perhitungan sampai menghasilkan data tekanan dan kecepatan kemudian diplot dengan data arus listrik dari data logger ke dalam bentuk grafik untuk mengetahui persamaannya.

### Pengambilan Data Distribusi Tekanan dan Profil Kecepatan di Belakang Model Kendaraan

Model kendaraan menyerupai mobil MPV Toyota Avanza generasi pertama di letakkan pada 200 mm dari *leading edge subsonic wind tunnel* terhadap sumbu roda depan. Pengukuran tekanan statik dilakukan pada permukaan atas dan bawah model uji yang dihubungkan dengan *pressure tap* model uji. Selanjutnya dilakukan pengukuran dinamik di belakang kendaraan melalui alat ukur *pitot static tube*. Skema pengambilan data tekanan statik dan tekanan dinamik model uji pada gambar 5.

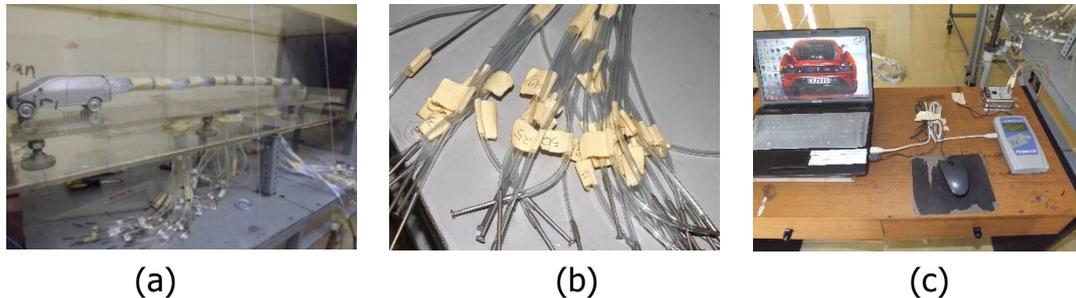


**Gambar 5.** Skema pengambilan data tekanan statik (orange) dan tekanan dinamik (biru) pada model uji.

Prosedur pengambilan data tekanan statik dan tekanan dinamik pada model uji dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

1. Menyiapkan wind tunnel dan peralatan pengujian (pelat datar, *pitot static tube*, manometer, *thermometer*, *pressure transducer*, dan data logger).
2. Memasang model uji kendaraan pada pelat datar berada pada *centerline* dari *test section Open Circuit wind tunnel Subsonic*.

3. Menempatkan *pitot static tube* pada *centerline* antara *test section* dan plat datar dan memastikan posisi lubang *pitot static tube* tegak lurus arah aliran
4. Mengukur temperatur kerja ruangan dan mencatatnya dalam tabel perhitungan.
5. Menghubungkan saluran *pressure tap* model kendaraan pada *pressure transducer* dan dilakukan pengambilan data distribusi tekanan permukaan dengan berbagai variasi *spoiler* belakang model kendaraan.



**Gambar 6.** Penempatan Model Uji Pada *Wind Tunnel* (a), *Pressure Tap* (b), Dan Pemasangan Data Aquisisi Dan Data Logger (c) pada Pengambilan Data Distribusi Tekanan ( $C_p$ ) Model Kendaraan

6. Menghidupkan *fan wind tunnel* dengan nilai bilangan *Reynold* sebesar  $1,96 \times 10^5$  dengan waktu tunggu 120 detik hingga keadaan udara tunak.
7. Melakukan variasi penempatan *pitot static tube* pada *centerline test section* plat datar rasio  $X/L$  0,32 (400mm) dari *leading edge* untuk mengambil data profil kecepatan di belakang kendaraan.

### Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan mengumpulkan data dari setiap hasil yang terjadi melalui eksperimen secara langsung untuk mendapatkan gambaran sifat keadaan tertentu pada saat penelitian dilakukan dan menganalisa sebab-sebab dari suatu gejala yang muncul. Untuk mengetahui hasil pengujian karakteristik aliran menggunakan alat *pitot static tube* dan *pressure tap* yang dihubungkan ke *pressure transducer*, kemudian akan dianalisa dan mulai dilakukan perhitungan serta ditentukan dalam bentuk grafik, dengan perhitungan sebagai berikut :

Perhitungan Distribusi Tekanan ( $C_p$ )

$$C_p = \frac{P_c - P_\infty}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot U_\infty^2} \quad (1)$$

Perhitungan profil kecepatan ( $V_p$ )

$$V_p = \frac{u}{U_{\max}} \quad (2)$$

Perhitungan koefisien *lift pressure* ( $C_{LP}$ )

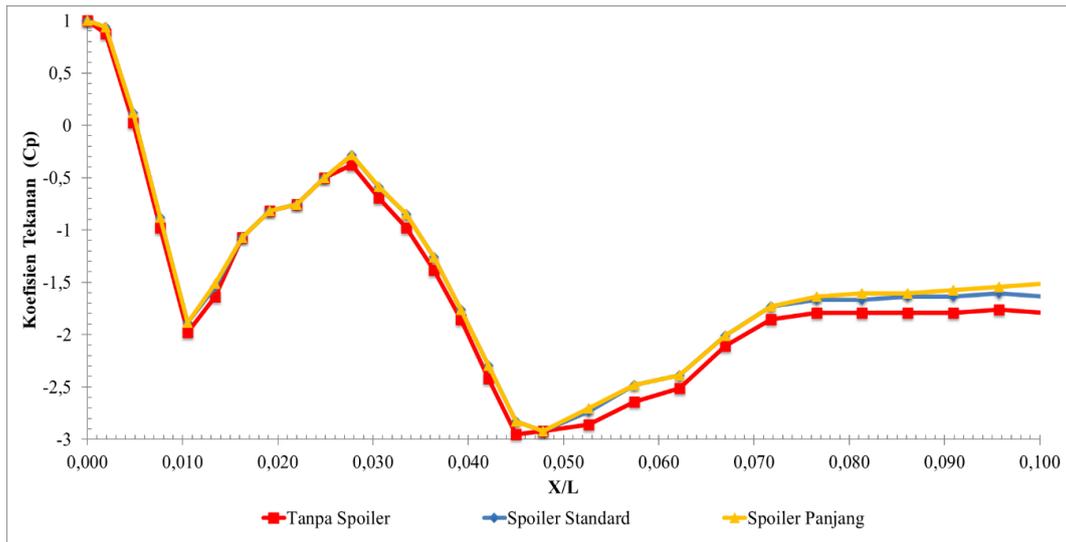
$$C_{LP} = -\frac{1}{2} \int \frac{P_c - P_\infty}{\frac{1}{2} \rho \cdot U_\infty^2} \sin(\theta) d\theta \quad (3)$$

Perhitungan koefisien *drag pressure* ( $C_{DP}$ )

$$C_{DP} = \frac{1}{2} \int \frac{P_c - P_\infty}{\frac{1}{2} \rho \cdot U_\infty^2} \cos(\theta) d\theta \quad (4)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Distribusi Tekanan ( $C_p$ ) Pada Model Kendaraan Bagian Permukaan atas



**Gambar 7.** Grafik Distribusi Tekanan ( $C_p$ ) pada permukaan atas model kendaraan tanpa pemasangan *spoiler* belakang, pemasangan *spoiler* belakang standard, dan pemasangan *spoiler* lebih panjang

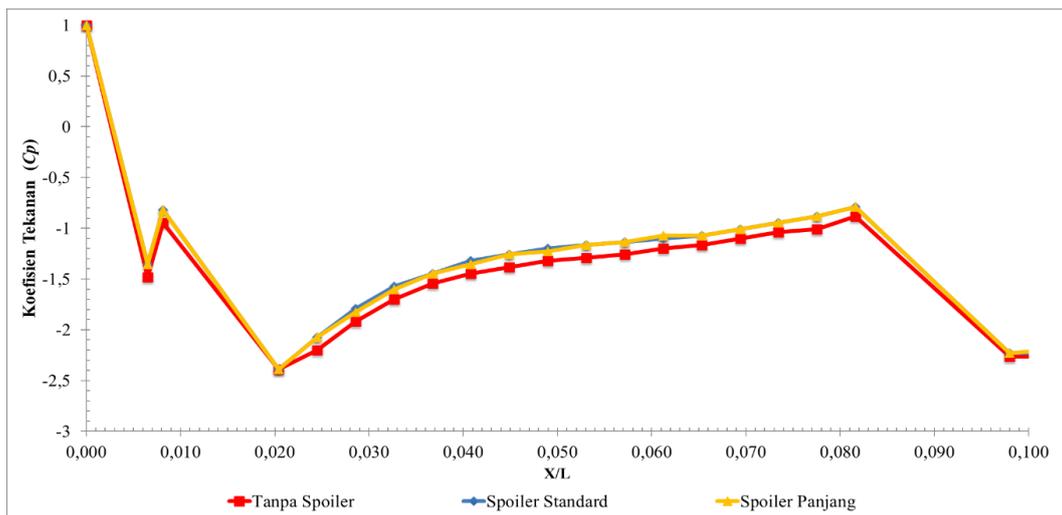
Gambar 7 menggambarkan grafik distribusi tekanan ( $C_p$ ) pada model uji bagian permukaan atas yang tidak menggunakan *spoiler* belakang, dengan pemasangan *spoiler* belakang standard dan dengan pemasangan *spoiler* belakang lebih panjang. Dari grafik tersebut tampak bahwa titik stagnasi terjadi pada bagian depan model uji, dan titik ini diidentifikasi sebagai  $x/l=0$ . Pada kondisi ini harga  $C_p=1$ , atau dikatakan bahwa terjadi tekanan lokal yang paling besar dan kecepatan lokal di titik ini adalah nol. Selanjutnya aliran udara terpecah menjadi dua, sebagian mengalir pada kontur permukaan atas dan sebagian lagi mengalir pada kontur permukaan bawah.

Pada kontur permukaan atas, partikel udara setelah titik stagnasi terjadi percepatan aliran yang ditandai dengan penurunan nilai  $C_p$ . Pada  $x/l=0,011$  terjadi separasi lokal karena kontur model uji yang berubah dan aliran relatif masih laminar sehingga terjadi kenaikan nilai  $C_p$ . Hal ini dikarenakan momentum aliran tidak mampu mengatasi efek kumulatif dari tekanan balik dan tegangan geser atau dapat disebut sebagai *adverse pressure gradient*. Selanjutnya pada  $x/l=0,017$  karena momentum yang dimiliki partikel fluida masih besar maka aliran udara kemudian kembali mengikuti kontur atau *reattachment*. Pada  $x/l=0,027$  kembali terjadi percepatan aliran dikarenakan kontur yang dilalui berbentuk *concave surface* sehingga nilai  $C_p$  menurun. Pada  $x/l=0,045$  kembali terjadi perubahan kontur dari melengkung ke mendatar sehingga menimbulkan separasi lokal. Selanjutnya momentum aliran hanya dipengaruhi oleh gaya geser akibat viskositas, makin ke belakang maka gaya gesernya semakin besar dan defisit momentum aliran semakin besar. karena momentum aliran tidak mampu mengatasi efek kumulatif dari tekanan balik dan tegangan geser sehingga pada kontur mendatar bagian belakang permukaan atas terjadi separasi aliran.

Pemasangan *spoiler* belakang standard dan *spoiler* belakang panjang pada model uji memiliki tren grafik  $C_p=f(x/l)$  yang relatif sama dibandingkan pada model yang tidak dipasang *spoiler* belakang pada setiap perubahan  $Re$  di kontur permukaan atas.

Perbedaan nilai  $C_p$  relatif terjadi pada kontur mendatar bagian belakang *centre line* permukaan atas. Pengaruh pemasangan semua variasi *spoiler* belakang mengakibatkan defisit momentum aliran semakin besar dan nilai  $C_p$  mengalami peningkatan. Pemasangan *spoiler* belakang panjang terjadi defisit momentum aliran paling besar, sehingga dapat dikatakan bahwa semakin panjang lintasan permukaan aliran pada kontur mendatar bagian belakang *centre line* permukaan atas model uji, maka defisit momentum aliran semakin besar akibat gaya geser sehingga nilai  $C_p$  mengalami peningkatan. Peningkatan nilai  $C_p$  paling besar terjadi pada penambahan *spoiler* belakang lebih panjang sebesar 4,7 % dibandingkan tanpa menggunakan *spoiler* belakang.

### Distribusi Tekanan ( $C_p$ ) Pada Model Kendaraan Bagian Permukaan Bawah



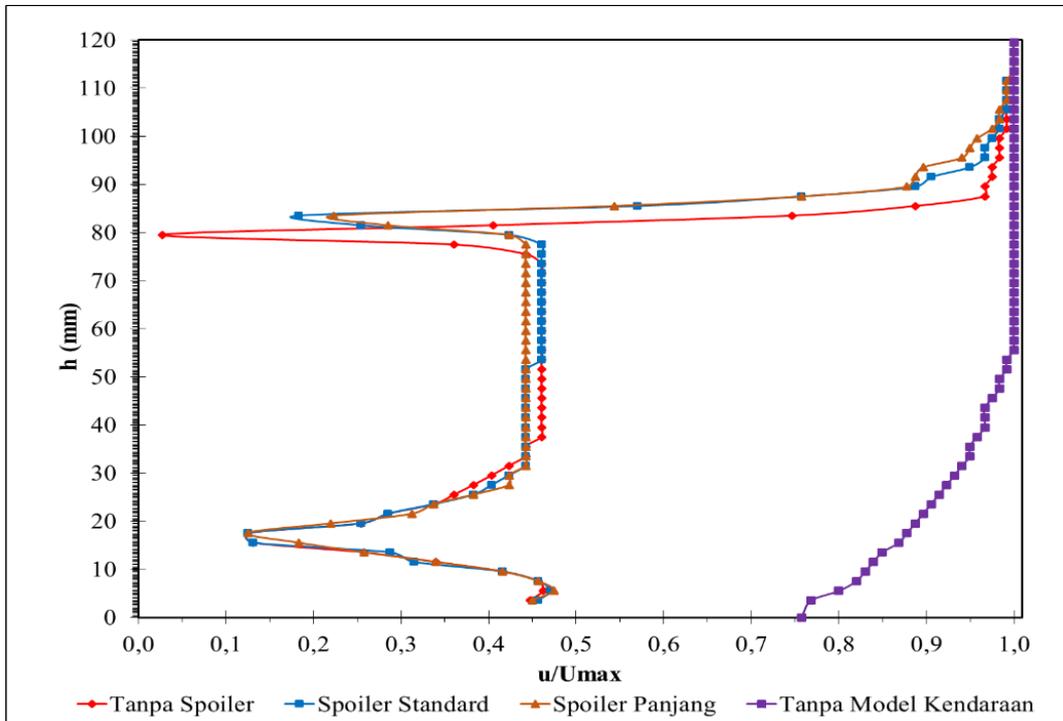
**Gambar 8.** Grafik Distribusi Tekanan ( $C_p$ ) pada permukaan bawah model kendaraan tanpa pemasangan *spoiler* belakang, pemasangan *spoiler* belakang standard, dan pemasangan *spoiler* lebih panjang

Gambar 8 menunjukkan grafik distribusi tekanan ( $C_p$ ) pada model uji bagian permukaan bawah yang tidak menggunakan *spoiler* belakang, dengan pemasangan *spoiler* belakang standard dan dengan pemasangan *spoiler* belakang lebih panjang. Pada kontur *permukaan bawah* partikel udara setelah melalui titik stagnasi  $x/l=0$  aliran mengalami percepatan sehingga nilai  $C_p$  mengalami penurunan pada  $x/l=0,06$ . Selanjutnya terjadi separasi lokal karena kontur model uji berubah dari melengkung menjadi mendatar dan aliran dalam lapisan batas yang relatif masih laminar. Setelah itu karena momentum yang dimiliki partikel fluida masih besar maka aliran udara kembali mengikuti kontur atau *reattachment* sehingga pada  $x/l=0,012$  mengalami kenaikan nilai  $C_p$ . Pada  $x/l=0,021$  dan  $x/l=0,089$  terjadi pengurangan *ground clearance* karena adanya poros roda bagian depan maupun belakang sehingga aliran mengalami percepatan. Selanjutnya momentum aliran hanya dipengaruhi oleh gaya geser akibat viskositas, makin ke belakang maka gaya gesernya semakin besar dan defisit momentum aliran semakin besar. karena momentum aliran tidak mampu mengatasi efek kumulatif dari tekanan balik dan tegangan geser sehingga pada kontur mendatar bagian belakang permukaan bawah terjadi separasi aliran.

Pemasangan *spoiler* belakang standard dan *spoiler* belakang lebih panjang, pada model uji memiliki tren grafik  $C_p=f(x/l)$  yang relatif sama dibandingkan pada model

yang tidak dipasang *spoiler* belakang di kontur *permukaan bawah*. Perbedaan nilai  $C_p$  antara model tanpa pemasangan *spoiler* belakang dengan model yang dipasang *spoiler* belakang standard dan *spoiler* belakang lebih panjang, tidak terjadi pada *centre line* permukaan bawah.

**Profil Kecepatan ( $V_p$ ) Pada Model Tanpa pemasangan *Spoiler* belakang, Dengan Pemasangan *Spoiler* Belakang Standard dan Lebih Panjang**



**Gambar 9.** Grafik Profil Kecepatan ( $V_p$ ) di belakang model kendaraan tanpa pemasangan *spoiler* belakang, dengan pemasangan *spoiler* belakang standard, dan dengan pemasangan *spoiler* lebih panjang

Pada gambar 9 menunjukkan grafik profil Kecepatan ( $V_p$ ) di belakang model kendaraan tanpa pemasangan *spoiler* belakang, dengan pemasangan *spoiler* belakang standard dan dengan pemasangan *spoiler* lebih panjang. Pada gambar tersebut dapat diketahui defisit momentum aliran yang terjadi di belakang model kendaraan. Pada model tanpa pemasangan *spoiler* belakang defisit momentum aliran sebesar 23,96%. Setelah pemasangan *spoiler* belakang standard defisit momentum aliran sebesar 24,76%. Pada pemasangan *spoiler* belakang variasi panjang defisit momentum aliran sebesar 25,23%. Dari nilai defisit momentum menunjukkan bahwa model dengan penambahan *spoiler* belakang lebih panjang memiliki nilai defisit momentum aliran paling besar. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa nilai defisit momentum terjadi karena perbedaan panjang lintasan aliran *upper surface* bagian belakang model yang semakin panjang. Semakin panjang lintasan aliran fluida *upper surface* bagian belakang model, maka gaya geser yang terjadi semakin besar sehingga defisit momentum juga semakin besar. Ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai defisit momentum aliran, maka daerah *wake* terlihat semakin besar. Apabila daerah *wake* semakin besar akan mengakibatkan nilai koefisien *drag pressure* ( $C_{DP}$ ) juga semakin meningkat.

**Koefisien Lift ( $C_{LP}$ ) model kendaraan Tanpa pemasangan Spoiler belakang dan dengan Pemasangan Spoiler Belakang Standard dan dengan Pemasangan Spoiler Belakang Lebih Panjang**

**Tabel 1.** Hasil Perhitungan Koefisien Lift ( $C_{LP}$ )

Nilai Koefisien Lift ( $C_{LP}$ )		
Tanpa Spoiler	Spoiler Belakang Standard	Spoiler Belakang lebih Panjang
0,1873	0,1796	0,1653

Pada tabel 1 dapat diamati bahwa dengan pemasangan Spoiler Belakang relatif terjadi penurunan nilai koefisien lift pressure ( $C_{LP}$ ). Penurunan nilai  $C_{LP}$  dengan pemasangan spoiler standard sebesar 0,04 %. Sedangkan penurunan nilai  $C_{LP}$  yang paling besar terjadi pada saat pemasangan Spoiler Belakang yang lebih panjang sebesar 0,11%. Penurunan nilai  $C_{LP}$  tersebut relatif kecil karena kecepatan aliran udara pada nilai bilangan reynold ( $Re=1,96 \times 10^5$ ) adalah sebesar 14,01 m/s atau sebesar 50,4 km/jam.

**Koefisien Drag ( $C_{DP}$ ) model kendaraan Tanpa pemasangan Spoiler belakang dan dengan Pemasangan Spoiler Belakang Standard dan dengan Pemasangan Spoiler Belakang Lebih Panjang**

**Tabel 2.** Hasil Perhitungan Koefisien Drag ( $C_{DP}$ )

Nilai Koefisien Lift ( $C_{DP}$ )		
Tanpa Spoiler	Spoiler Belakang Standard	Spoiler Belakang lebih Panjang
0,2466	0,2524	0,2605

Pada tabel 2 di atas dapat diamati bahwa dengan pemasangan Spoiler Belakang relative terjadi peningkatan nilai koefisien drag pressure ( $C_{DP}$ ). Peningkatan nilai  $C_{DP}$  dengan pemasangan spoiler standard sebesar 0,02 %. Sedangkan peningkatan nilai  $C_{LP}$  yang paling besar terjadi pada saat pemasangan Spoiler Belakang yang lebih panjang sebesar 0,06%. Peningkatan nilai  $C_{DP}$  tersebut relatif kecil karena kecepatan aliran udara pada nilai bilangan reynold ( $Re=1,96 \times 10^5$ ) adalah sebesar 14,01 m/s atau sebesar 50,4 km/jam.

**SIMPULAN**

Pemasangan spoiler belakang standard dan lebih panjang relatif meningkatkan nilai distribusi tekanan ( $C_p$ ) bagian belakang centre line permukaan atas model uji kendaraan. Hal ini terjadi karena dengan penambahan panjang permukaan model uji kendaraan mengakibatkan defisit momentum aliran semakin besar akibat gaya geser. Pemasangan spoiler belakang yang lebih panjang mengalami defisit momentum aliran akibat gaya geser paling besar sehingga terjadi peningkatan nilai distribusi tekanan ( $C_p$ ) yang paling tinggi sebesar 4,7% dibandingkan tanpa menggunakan spoiler belakang. Dalam hal defisit momentum aliran yang terjadi di belakang model kendaraan pemasangan juga terjadi peningkatan. Peningkatan defisit momentum aliran di belakang model kendaraan juga pada penggunaan spoiler belakang yang lebih panjang sebesar 1,27 % dibandingkan tanpa menggunakan spoiler belakang.

Nilai koefisien lift pressure ( $C_{LP}$ ) dan Nilai koefisien drag pressure ( $C_{DP}$ )

didapatkan dari perhitungan nilai distribusi tekanan ( $C_p$ ). Pemasangan *spoiler* belakang relatif menurunkan nilai  $C_{LP}$  dan relatif meningkatkan nilai  $C_{DP}$ . Penggunaan *spoiler* belakang lebih panjang mengakibatkan Penurunan nilai  $C_{LP}$  yang paling besar hingga 0,11% dan meningkatkan nilai  $C_{DP}$  hingga 0,06% dibandingkan model kendaraan tanpa menggunakan *spoiler* belakang. Penurunan nilai  $C_{LP}$  dan peningkatan nilai  $C_{DP}$  relatif kecil karena kecepatan aliran udara yang mengalir pada model kendaraan pada nilai bilangan *reynold* ( $Re=1,96 \times 10^5$ ) adalah sebesar 14,01 m/s atau sebesar 50,4 km/jam. Dengan kecepatan aliran udara yang lebih tinggi diharapkan terjadi perubahan nilai  $C_{LP}$  dan  $C_{DP}$  yang lebih besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Das, R. C., & Riyad, M. (2017). CFD analysis of passenger vehicle at various angle of rear end spoiler. *Procedia Engineering*, 194, 160–165. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.130>
- Dillmann, A., & Orellano, A. (2016). The Aerodynamics of Heavy Vehicles III: Trucks, Buses and Trains. *Lecture Notes in Applied and Computational Mechanics*, 79.
- Djunaedi. (2007). *Pengujian Rear Spoiler Pada Mitsubishi Lancer Evo VIII*. FT UK Petra.
- Hadisaputra Adrian. (2010). *Pengaruh Penambahan Aksesoris terhadap Honda Jazz*. FT UK Petra.
- Katz, J. (2003). Race Car Aerodynamics: Designing for Speed. In *Bentley Publishers* (p. 278).
- Meda Aji Saputro. (2019). *Studi eksperimen dan numerik karakteristik aerodinamika di sekitar mobil listrik prototype "ababil proto & ababil evo 2"*. Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
- Pereira, J. D. (2011). Wind tunnels: Aerodynamics, models and experiments. In *Wind Tunnels: Aerodynamics, Models and Experiments*.
- R, Ardiansyah, F, A. (2014). Pengaruh Penggunaan Spoiler Pada Model Kendaraan Sedan Terhadap Tekanan Hisap Dalam Terowongan Angin. *Proton: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Mesin*, 6(1), 1–8.
- Riszal, A., & Martinus, D. (2021). Analisis Drag Force dan Aliran Fluida pada Desain Mobil Listrik Green Campus UNILA Berdasarkan Kecepatan Drag Force and Fluid Flow Analysis at UNILA Green Campus Electric Car Design Based on Velocity. *Open Science and Technology*, 01(02), 2776–169. <https://opscitech.com/journal>
- Santoso. (2018). *Aerodinamika pada modifikasi bodi kendaraan Angkutan pedesaan*. Politeknik TEDC, Bandung.
- Sutantra, I. N. (2010). *Teknologi Otomotif Teori dan Aplikasinya*. Jurusan Teknik Mesin FTI ITS.
- Wang, Y., Sicot, C., Borée, J., & Grandemange, M. (2020). Experimental study of wheel-vehicle aerodynamic interactions. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 198. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2019.104062>