

KARAKTERISTIK ALIRAN PADA KENDARAAN MENYERUPAI MPV DENGAN PENAMBAHAN *REAR SPOILER*

Moch. Aziz Kurniawan

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
E-mail : zezezboy@gmail.com

A. Grummy Wailanduw

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
E-mail: grummywailanduw@yahoo.co.id

Abstrak

Aerodinamika merupakan cabang ilmu mekanika fluida yang mempelajari tentang aliran udara yang bergerak di dalam dan di sekitar objek. Pada penerapan yang dilakukan secara langsung, ilmu aerodinamika banyak digunakan untuk menganalisa suatu aliran udara yang melewati bodi kendaraan, sehingga akan didapatkan desain bodi yang aerodinamis dari sebuah produk kendaraan. Dengan banyaknya model kendaraan jenis MPV yang digunakan masyarakat serta masih sedikitnya pemahaman fungsi penggunaan aksesoris pada kendaraan tersebut yang mendasari adanya penelitian tentang karakteristik aliran pada kendaraan MPV dengan tujuan untuk mengetahui distribusi tekanan, profil kecepatan, koefisien gaya hambat dan koefisien gaya angkat yang terjadi pada kendaraan jenis tersebut dengan variasi pemasangan *rear spoiler*. 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 *rear spoiler* standard, *rear spoiler* variasi panjang, dan *rear spoiler* variasi miring. Pengukuran profil kecepatan aliran di belakang model uji kendaraan dilakukan pada rasio X/L 0,32; 0,44; 0,56 dari *leading edge*. Karakteristik aliran yang diamati adalah distribusi tekanan (C_p) pada *centre line* permukaan atas dan bawah model uji kendaraan dan profil kecepatan di belakang model uji kendaraan serta melalui perhitungan C_p akan diketahui besaran koefisien *drag pressure* (C_{DP}) dan koefisien *lift pressure* (C_{LP}). Hasil pengambilan data menunjukkan bahwa pemasangan semua variasi *rear spoiler* cenderung meningkatkan nilai distribusi tekanan (C_p) kontur mendarat bagian belakang *centre line upper surface* model uji dan meningkatkan defisit momentum aliran yang mengakibatkan pengaruh aliran di belakang kendaraan (V_p) semakin besar. Selain itu pemasangan semua variasi *rear spoiler* cenderung sedikit menurunkan nilai koefisien *lift pressure* (C_{LP}) dan meningkatkan nilai koefisien *drag pressure* (C_{DP}). Pengaruh yang paling besar terjadi dengan pemasangan variasi *rear spoiler* panjang pada $Re=1,96 \times 10^5$ dapat menurunkan nilai koefisien *lift pressure* (C_{LP}) sebesar 0,0107 dan dapat meningkatkan koefisien *drag pressure* (C_{DP}) sebesar 0,0189 sehingga dapat dikatakan bahwa pemasangan variasi *rear spoiler* relatif tidak berpengaruh dalam upaya untuk mengurangi koefisien *lift pressure* (C_{LP}) karena nilai yang berubah relatif sangat kecil, yaitu 0,0107.

Kata Kunci: Karakteristik Aliran, MPV, *Rear Spoiler*.

Abstract

Aerodynamic is science of fluid mechanics that studying about the air flow in and around of the object. At applying done directly, aerodynamic science many applied to analyse an air flow passing of vehicle body. So that will be got design bodi which is aerodinamics from a carriage product. With the many carriage models of type MPV applied by public and still at least understandings function of usage of accessories at the carriage constituting existence of research about flow characteristic at carriage of MPV as a mean to knows pressure distribution, velocity profile, drag force coefficient and lift force coefficient happened at carriage of the type with rear spoiler. This research done in a *Open Circuit wind tunnel Subsonic* with test dimension section (365 x 365 x 1250) mm. Flow characteristic is observed in experiment passing over the surface of model looks like MPV Toyota Avanza first generation with comparison 1:20 with various erection of rear spoiler standard, rear spoiler various length, and rear spoiler various incline. Measurement of flow velocity profile rear carriage test model done at ratio X/L 0,32; 0,44; 0,56 of leading edge. Flow characteristic observed is pressure distribution (C_p) at centre over surface line upper and lower carriage test model and velocity profile rear carriage test model and through calculation C_p will be known drag pressure coefficient (C_{DP}) and lift pressure coefficient (C_{LP}). Result of retrieval of data indicates that erection of all various rear spoiler tends to increasing value is pressure distribution (C_p) contour level of backside centre line upper surface test model and increases momentum deficit of flow resulting flow influence rear carriage (V_p) ever greater. Besides erection of all various rear spoiler tends to a few reducing the value of lift pressure coefficient (C_{LP}) and increases the value of drag pressure coefficient (C_{DP}). Biggest influence happened with erection rear spoiler various length at $Re=1,96 \times 10^5$ can reduce the value of lift pressure coefficient (C_{LP}) 0,0107 and can increase drag pressure coefficient (C_{DP}) 0,0189 causing can be told that erection various rear relative spoiler doesn't have an effect on in the effort to lessen dynamic lift coefficient pressure (C_{LP}) because the value changing is relative very small, that is 0,0107.

Keywords: Characteristic of flow, MPV, *Rear Spoiler*.

PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini, untuk memenuhi kebutuhan manusia yang dinamis, para ahli otomotif berupaya menciptakan kendaraan dengan berbagai tipe dan fitur sehingga meningkatkan populasi kendaraan, khususnya di Indonesia. Berbagai macam model baru bermunculan dengan cepat di pasaran otomotif Indonesia. Mulai dari kendaraan *sport*, kendaraan angkutan barang hingga kendaraan penumpang (MPV). Hal ini memicu para ahli otomotif untuk melakukan inovasi teknologi kendaraan, terutama pada inovasi teknologi bodi kendaraan. Dalam melakukan inovasi teknologi bodi kendaraan, para ahli otomotif tidak terlepas dari ilmu aerodinamika pada kendaraan.

Aerodinamika dapat diartikan sebagai ilmu pengetahuan mengenai akibat yang ditimbulkan oleh udara pada benda yang bergerak. Benda yang dimaksud salah satunya berupa kendaraan bermotor (mobil, bis, truk, maupun motor) yang sangat terkait hubungannya dengan perkembangan aerodinamika sekarang ini. Adapun hal-hal yang berpengaruh dengan adanya 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.

Saat ini pemahaman mengenai pengaruh tersebut telah mengalami kemajuan. Tidak hanya pada arena balap mobil tetapi juga pada kendaraan sehari-hari, karena semakin kencang mobil melaju akan membutuhkan dukungan aerodinamika yang baik. Diharapkan kontur bodi dan penambahan variasi aerodinamika pada 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.

Penelitian sebelumnya oleh Wailanduw, A. Grummy (2002) yang meneliti pengaruh pemasangan *side airdams* pada kendaraan jenis van. Dari penelitian tersebut terdapat sedikit pengaruh gaya akibat dari pemasangan *side airdams*. Namun distribusi tekanan yang berubah relatif tidak terjadi sehingga peningkatan stabilitas yang diharapkan juga relatif tidak terjadi. Pada penelitian yang dilakukan oleh Djunaedi, Deddy (2007) mengenai pengujian *rear spoiler* pada mobil sedan Mitsubishi Lancer Evo VIII menunjukkan bahwa setiap penambahan *rear spoiler* dan semakin besar luas *frontal* dari *rear spoiler* maka koefisien *lift* berkurang dan koefisien *drag* meningkat. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh

Hadisaputra, Adrian (2010) mengenai pengaruh penambahan aksesoris (*rear spoiler, front spoiler, body kit dan side skirt*) dapat mengurangi koefisien *lift* dan memperbesar koefisien *drag* pada kendaraan mobil Honda Jazz .

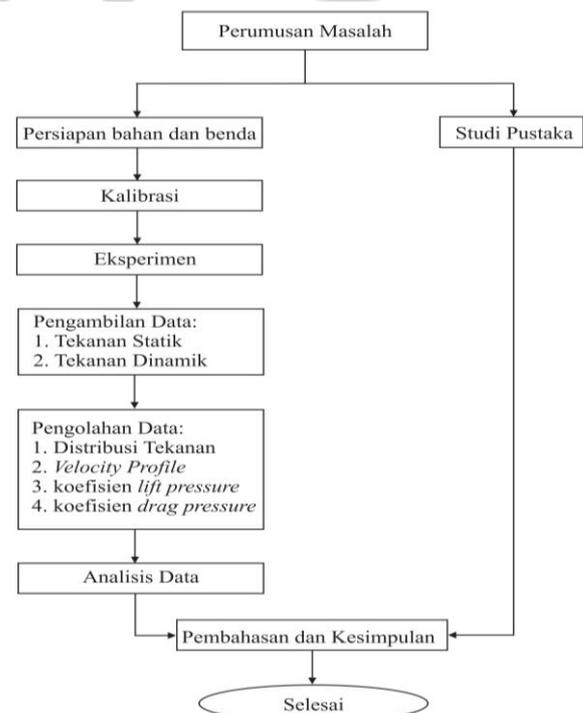
Dari beberapa penelitian tersebut di atas, penulis tertarik untuk meneliti karakteristik aliran pada model kendaraan roda empat yang menyerupai mobil MPV Toyota Avanza generasi pertama yang tidak menggunakan *rear spoiler* dan dengan menggunakan tiga variasi penambahan *rear spoiler*, yaitu *rear spoiler* standard, *rear spoiler* panjang, dan *rear spoiler* miring.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui distribusi tekanan (C_p) permukaan dan profil kecepatan (V_p) di belakang model uji kendaraan serta mengetahui nilai koefisien *lift pressure* (C_{LP}) dan nilai koefisien *drag pressure* (C_{DP}) pada model uji kendaraan yang tidak dipasang *rear spoiler* dan model uji yang dipasang tiga variasi *rear spoiler*.

Sedangkan manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberi pengetahuan tentang karakteristik aliran pada model uji kendaraan dengan pengaruh pemasangan tiga variasi *rear spoiler* dan sebagai kajian teoritis maupun kajian praktik untuk mengembangkan ilmu pengetahuan serta hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar dalam penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan aerodinamika pada bodi kendaraan.

METODE

Rancangan Penelitian



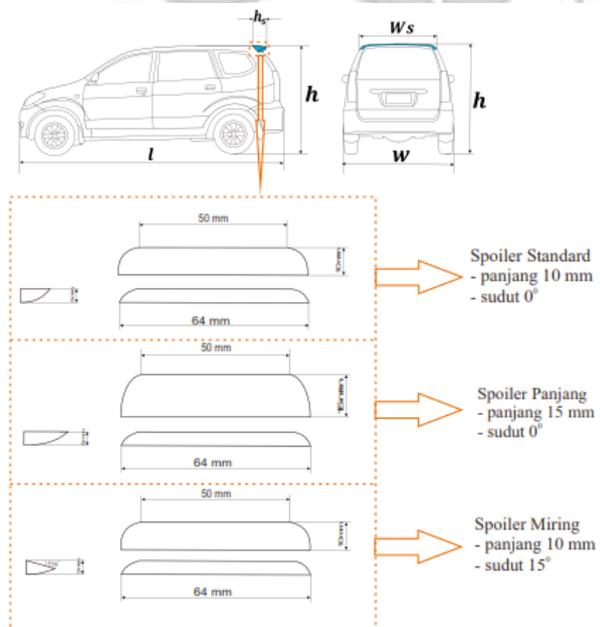
Gambar 1. Rancangan Penelitian

Variabel Penelitian

- Variabel Bebas pada penelitian ini adalah model uji kendaraan tanpa pemasangan rear spoiler dan model uji kendaraan dengan pemasangan rear spoiler standard, rear spoiler panjang, dan rear spoiler miring.
- 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, nilai koefisien drag pressure (C_{DP}), dan nilai koefisien lift pressure (C_{LP}).
- 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; 0,44; 0,56 dari leading edge, dan Variasi reynolds number yang digunakan adalah $4,4 \times 10^4$; $1,15 \times 10^5$; $1,96 \times 10^5$.

Desain model uji kendaraan dan variasi rear spoiler

Model uji kendaraan menyerupai mobil MPV Toyota Avanza generasi pertama dengan perbandingan 1:20 tanpa pemasangan rear spoiler dan dengan pemasangan rear spoiler standard, rear spoiler panjang, dan rear spoiler miring dengan geometri sebagai berikut:

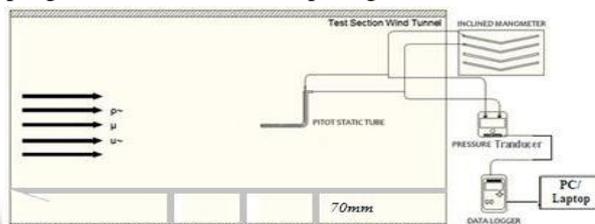


Gambar 2. Geometri Model Uji dan Variasi Rear Spoiler

Teknik Pengumpulan Data

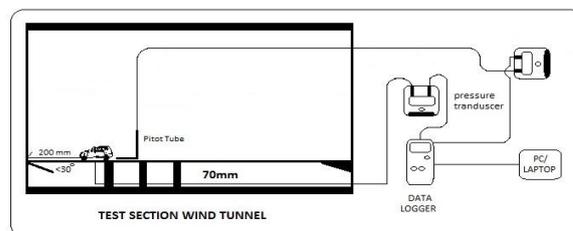
Untuk mendapatkan hasil data lebih akurat, maka dilakukan terlebih dahulu kalibrasi antara manometer dengan pressure transducer. Dari hasil pengukuran Δh

manometer dan pressure transducer diperoleh data yang diketahui persamaannya berupa grafik. Skema pengambilan data kalibrasi pada gambar 3.



Gambar 3. Skema Kalibrasi

Selanjutnya untuk pengukuran tekanan statik dilakukan pada permukaan atas dan bawah pada model uji yang dihubungkan dengan pressure tap model uji. Selanjutnya dilakukan pengukuran dinamik di belakang kendaraan melalui alat ukur pitot static tube. Tekanan yang diukur dari alat ukur dikonversi menjadi mili ampere menggunakan pressure transducer. Kemudian data diolah dalam bentuk tabel dan grafik.



Gambar 4. Skema Pengambilan Data

Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif 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 koefisien tekanan (C_p)

$$C_p = \frac{P_c - P_\infty}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot U_\infty^2} \tag{1}$$
- Perhitungan profil kecepatan (V_p)

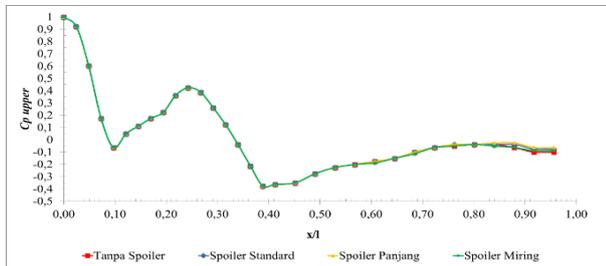
$$V_p = \frac{u}{U_{max}} \tag{2}$$
- Perhitungan koefisien lift pressure (C_{LP})

$$C_{LP} = -\frac{1}{2} \int \frac{P_c - P_\infty}{\frac{1}{2} \rho \cdot U_\infty^2} \sin(\theta) d\theta \tag{3}$$
- Perhitungan koefisien drag pressure (C_{DP})

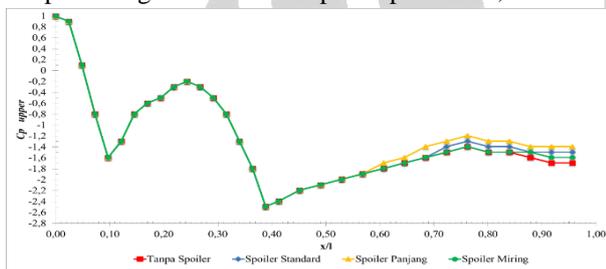
$$C_{DP} = \frac{1}{2} \int \frac{P_c - P_\infty}{\frac{1}{2} \rho \cdot U_\infty^2} \cos(\theta) d\theta \tag{4}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

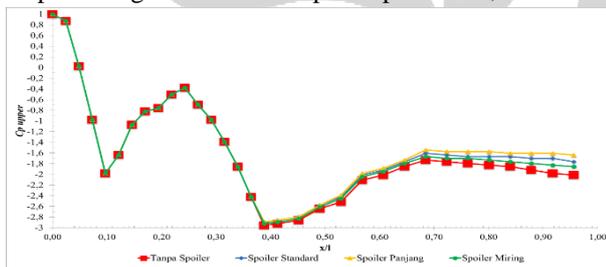
Pembahasan Distribusi Tekanan (C_p) Upper Surface Antara Model Tanpa pemasangan Rear spoiler dan Dengan Pemasangan Semua Variasi Rear Spoiler



Gambar 5. Grafik C_p Upper Surface dengan pemasangan variasi rear spoiler pada $Re\ 4,4 \times 10^4$



Gambar 6. Grafik C_p Upper Surface dengan pemasangan variasi rear spoiler pada $Re\ 1,15 \times 10^5$



Gambar 7. Grafik C_p Upper Surface dengan pemasangan variasi rear spoiler pada $Re\ 1,96 \times 10^5$

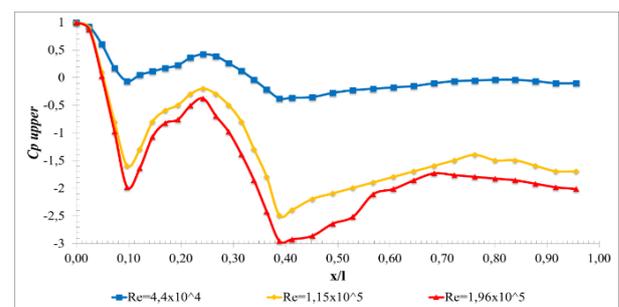
Gambar 5, 6, dan 7 menggambarkan perbandingan grafik $C_p=f(x/l)$ antara model uji kendaraan yang tidak menggunakan rear spoiler dan model uji kendaraan yang menggunakan rear spoiler standard, rear spoiler panjang, dan rear spoiler miring pada kontur permukaan atas (upper surface) dengan $Re=4,4 \times 10^4$, $Re=1,15 \times 10^5$, dan $Re=1,96 \times 10^5$. Dari grafik tersebut tampak bahwa titik stagnansi 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 pada model uji kendaraan terpecah menjadi dua, sebagian mengalir pada kontur permukaan atas (upper surface) dan sebagian lagi mengalir pada kontur permukaan bawah (lower surface).

Pada kontur upper surface, partikel udara setelah titik stagnansi terjadi percepatan aliran yang ditandai

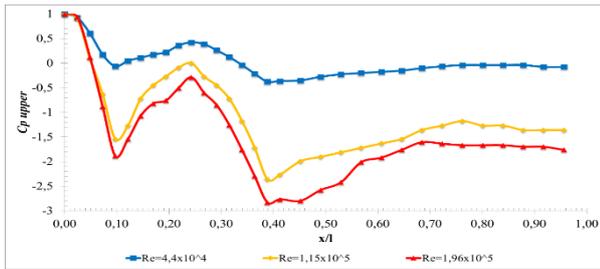
dengan penurunan nilai C_p . Pada $x/l=0,12$ terjadi separasi lokal karena kontur model uji yang berubah dan aliran relatif masih laminar sehingga terjadi kenaikan nilai C_p . Hal ini dikarenakan momentum aliran tidak mampu mengatasi efek kumulatif dari tekanan balik dan tegangan geser atau dapat disebut sebagai *adverse pressure gradient*. Selanjutnya pada $x/l=0,17$ karena momentum yang dimiliki partikel fluida masih besar maka aliran udara kemudian kembali mengikuti kontur atau *reattachment*. Pada $x/l=0,27$ kembali terjadi percepatan aliran dikarenakan kontur yang dilalui berbentuk *concave surface* sehingga nilai C_p menurun. Pada $x/l=0,41$ 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 upper surface terjadi separasi aliran.

Pemasangan semua variasi rear spoiler pada model uji memiliki tren grafik $C_p=f(x/l)$ yang relatif sama dibandingkan pada model yang tidak dipasang rear spoiler pada setiap perubahan Re di kontur upper surface. Perbedaan nilai C_p relatif terjadi pada kontur mendatar bagian belakang centre line upper surface. Pengaruh pemasangan semua variasi rear spoiler mengakibatkan defisit momentum aliran semakin besar dan nilai C_p mengalami peningkatan. Pemasangan rear spoiler panjang terjadi defisit momentum aliran paling besar, sehingga dapat dikatakan bahwa semakin panjang lintasan permukaan aliran pada kontur mendatar bagian belakang centre line upper surface model uji, maka defisit momentum aliran semakin besar akibat gaya geser sehingga nilai C_p mengalami peningkatan.

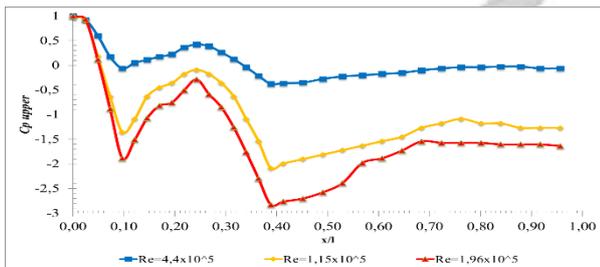
Pembahasan Distribusi Tekanan (C_p) Upper Surface dengan variasi nilai Re .



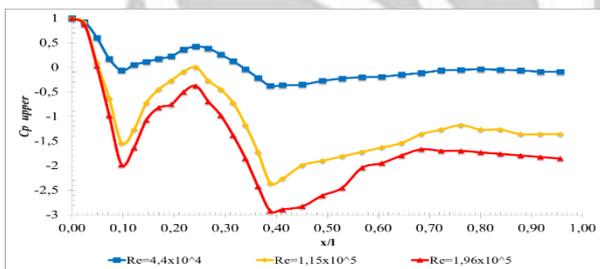
Gambar 8. Grafik C_p Upper Surface model tanpa pemasangan rear spoiler dengan variasi nilai Re



Gambar 9. Grafik C_p Upper Surface model rear spoiler standard dengan variasi nilai Re



Gambar 10. Grafik C_p Upper Surface model rear spoiler panjang dengan variasi nilai Re



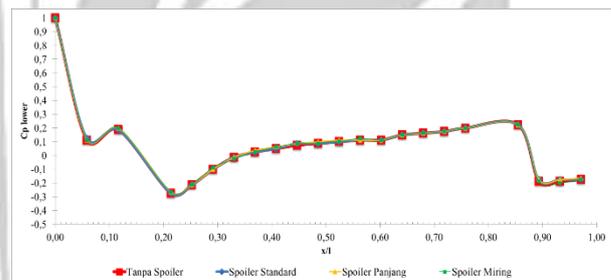
Gambar 11. Grafik C_p Upper Surface model rear spoiler miring dengan variasi nilai Re

Gambar 8, 9, 10 dan 11 di atas menggambarkan perbandingan grafik $C_p=f(x/l)$ variasi penambahan nilai Re pada model uji yang tidak menggunakan rear spoiler dan model uji yang menggunakan semua variasi rear spoiler. Perbedaan nilai Re berpengaruh pada besarnya fluktuasi nilai C_p . Pada $Re=4,4 \times 10^4$, fluktuasi nilai C_p antara -0,4 hingga 1,0. Pada $Re=1,15 \times 10^5$ fluktuasi nilai C_p antara -2,6 hingga 1,0. Sedangkan pada $Re=1,96 \times 10^5$ fluktuasi nilai C_p antara -3,0 hingga 1,0. Dari fluktuasi nilai C_p pada Re berbeda dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai Re , maka fluktuasi nilai C_p semakin besar.

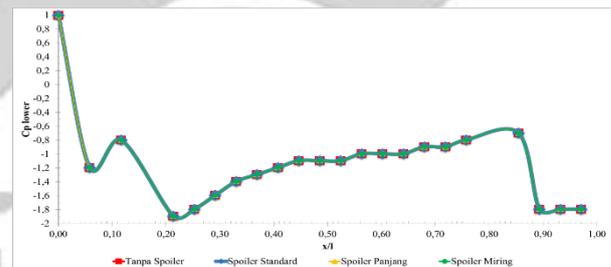
Pembahasan Distribusi Tekanan (C_p) Lower Surface Antara Model Tanpa pemasangan Rear Spoiler dan Dengan Pemasangan Semua Variasi Rear Spoiler

Gambar 12, 13, dan 14 adalah perbandingan grafik $C_p=f(x/l)$ antara model uji yang tidak menggunakan rear spoiler dan model uji yang menggunakan semua variasi rear spoiler kontur permukaan bawah (lower surface) pada $Re=4,4 \times 10^4$, $Re=1,15 \times 10^5$, dan

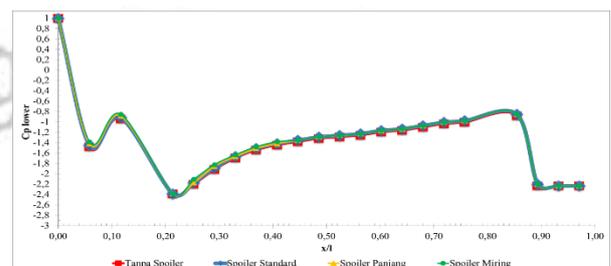
$Re=1,96 \times 10^5$. Pada kontur lower surface partikel udara setelah melalui titik stagnasi $x/l=0$ aliran mengalami percepatan sehingga nilai C_p mengalami penurunan pada $x/l=0,06$. Selanjutnya terjadi separasi lokal karena kontur model uji berubah dari melengkung menjadi mendatar dan aliran dalam 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 $x/l=0,12$ mengalami kenaikan nilai C_p . Pada $x/l=0,21$ dan $x/l=0,89$ 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 upper surface terjadi separasi aliran.



Gambar 12. Grafik C_p lower Surface dengan pemasangan variasi rear spoiler pada $Re 4,4 \times 10^4$



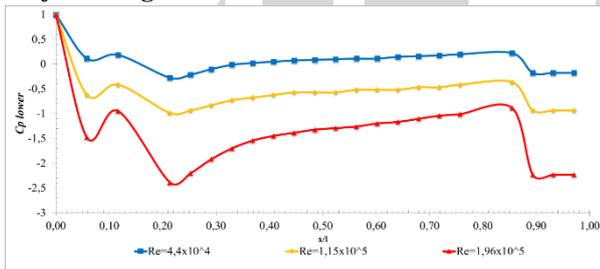
Gambar 13. Grafik C_p lower Surface dengan pemasangan variasi rear spoiler pada $Re 1,15 \times 10^5$



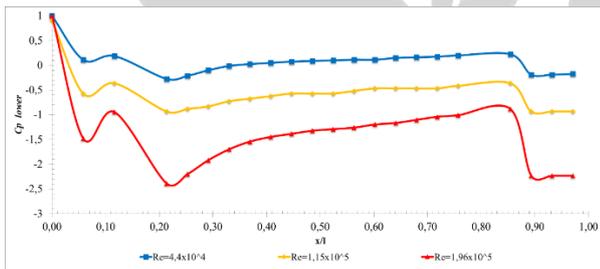
Gambar 14. Grafik C_p lower Surface dengan pemasangan variasi rear spoiler pada $Re 1,96 \times 10^5$

Pemasangan semua variasi *rear spoiler* pada model uji kendaraan memiliki tren grafik $C_p=f(x/l)$ yang relatif sama dibandingkan pada model yang tidak dipasang *rear spoiler* pada setiap perubahan Re di kontur *lower surface*. Perbedaan nilai C_p antara model tanpa pemasangan *rear spoiler* dengan model yang dipasang *rear spoiler* standard, *rear spoiler* panjang, dan *rear spoiler* miring relatif tidak terjadi perubahan pada *centre line lower surface*.

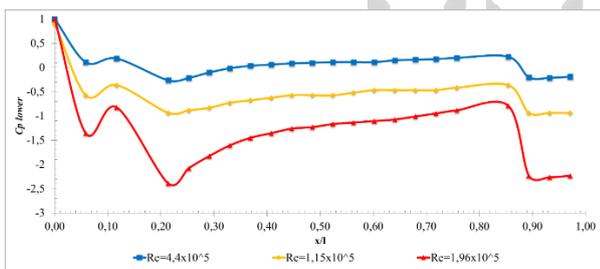
Pembahasan Distribusi tekanan pada Lower Surface dengan variasi nilai Re .



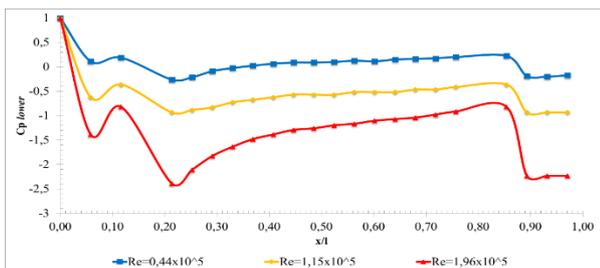
Gambar 15. Grafik C_p Lower Surface model tanpa pemasangan *rear spoiler* dengan variasi nilai Re



Gambar 16. Grafik C_p Lower Surface model *rear spoiler* standard dengan variasi nilai Re



Gambar 17. Grafik C_p Lower Surface model *rear spoiler* panjang dengan variasi nilai Re



Gambar 18. Grafik C_p Lower Surface pemasangan *rear spoiler* miring dengan variasi nilai Re

Sama halnya dengan bagian *upper surface* pada model uji kendaraan, Perbedaan nilai Re berpengaruh pada besarnya fluktuasi nilai C_p . Hal ini dapat dilihat pada gambar 15, 16, 17, dan 18. Pada $Re=4,4x10^4$, fluktuasi nilai C_p antara -0,3 hingga 1,0. Pada $Re=1,15x10^5$ fluktuasi nilai C_p antara -2,0 hingga 1,0. Sedangkan pada $Re=1,96x10^5$ fluktuasi nilai C_p antara -2,5 hingga 1,0. Dari fluktuasi nilai C_p pada Re berbeda dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai Re , maka fluktuasi nilai C_p semakin besar.

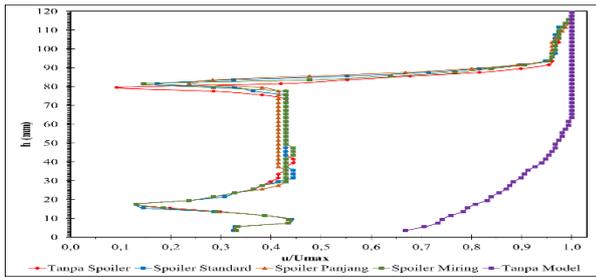
Pembahasan Profil Kecepatan (V_p) Antara Model Tanpa pemasangan *Rear spoiler* dan Dengan Pemasangan Semua Variasi *Rear spoiler*

Pada gambar 19, 20, dan 21 dapat diketahui nilai defisit momentum aliran pada rasio $X/L=0,32$ dengan variasi penambahan nilai Re . Pada gambar 19 dengan nilai $Re=4,4x10^4$, model tanpa pemasangan *rear spoiler* memiliki defisit momentum sebesar 23,96%. Setelah pemasangan *rear spoiler* standard defisit momentum sebesar 24,76%. Pada pemasangan *rear spoiler* variasi panjang defisit momentum aliran sebesar 25,23%. Sedangkan Pada pemasangan *rear spoiler* variasi miring terjadi defisit momentum aliran sebesar 24,17%.

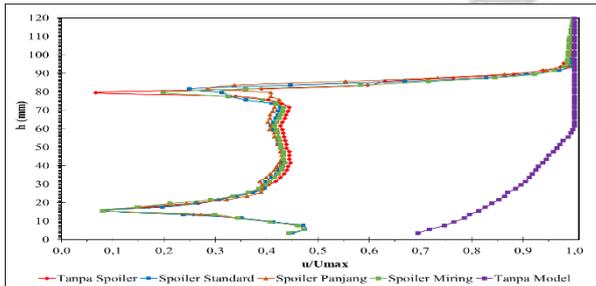
Pada gambar 20 dengan nilai $Re=1,15x10^5$, model tanpa pemasangan *rear spoiler* defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 8,96%. Setelah pemasangan *rear spoiler* standard defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 9,07%. Pada pemasangan *rear spoiler* variasi panjang defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 9,24%. Sedangkan Pada pemasangan *rear spoiler* variasi miring defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 8,99%.

Pada gambar 21 dengan nilai $Re=1,96x10^5$, model tanpa pemasangan *rear spoiler* defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 4,83%. Setelah pemasangan *rear spoiler* standard defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 5,17%. Pada pemasangan *rear spoiler* variasi panjang defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 5,27%. Sedangkan pemasangan *rear spoiler* variasi miring defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 4,86%.

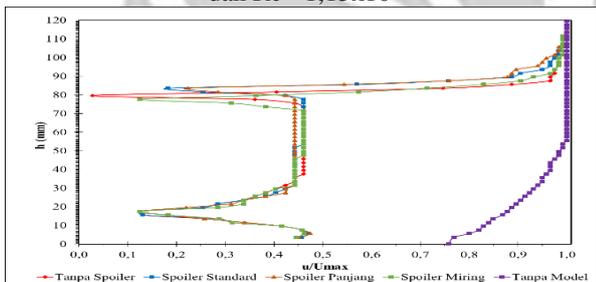
Dari ketiga grafik pada gambar 19, 20 dan 21, defisit momentum yang terjadi pada $X/L=0,32$ mengalami penurunan untuk setiap kenaikan Re . Hal ini menunjukkan bahwa pada rasio $X/L=0,32$ dan setiap kenaikan Re menyebabkan defisit momentum aliran semakin berkurang pada model uji kendaraan yang tidak dipasang *rear spoiler* dengan model uji kendaraan yang dipasang semua variasi *rear spoiler*.



Gambar 19. Grafik $u/U_{max} - h(\text{mm})$ pada $X/L=0,32$ dan $Re= 4,4 \times 10^4$



Gambar 20. Grafik $u/U_{max} - h(\text{mm})$ pada $X/L=0,32$ dan $Re= 1,15 \times 10^5$



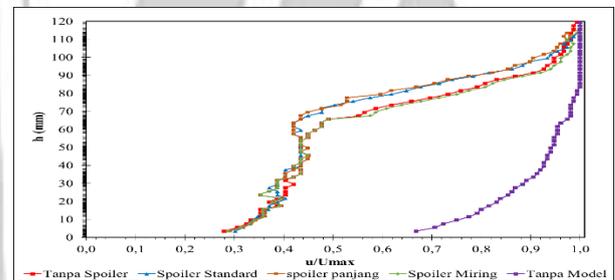
Gambar 21. Grafik $u/U_{max} - h(\text{mm})$ pada $X/L=0,32$ dan $Re=1,96 \times 10^5$

Peningkatan nilai Re menyebabkan aliran fluida yang mengalir pada model uji kendaraan semakin meningkat sehingga defisit momentum aliran yang terjadi semakin berkurang. Ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai defisit momentum aliran, maka pengaruh aliran di belakang kendaraan (V_p) semakin besar. Selain itu, jika defisit momentum aliran semakin besar maka daerah *wake* juga semakin besar. Apabila daerah *wake* semakin besar akan mengakibatkan nilai koefisien *drag pressure* (C_{DP}) semakin meningkat.

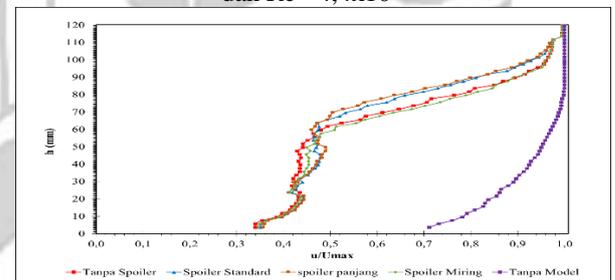
Pada gambar 22, 23, dan 24 dapat diketahui nilai defisit momentum aliran pada rasio $X/L=0,44$ model uji kendaraan dengan variasi penambahan nilai Re . Pada gambar 22 dengan nilai $Re=4,4 \times 10^4$, model tanpa pemasangan *rear spoiler* defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 19,27%. Setelah pemasangan *rear spoiler* standard defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 21,91%. Pada pemasangan *rear spoiler* variasi panjang defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 22,34%. Sedangkan pemasangan *rear spoiler* variasi miring defisit momentum aliran sebesar 18,88%.

Pada gambar 23 dengan nilai $Re=1,15 \times 10^5$, model tanpa pemasangan *rear spoiler* terjadi defisit momentum aliran sebesar 6,76%. Setelah pemasangan *rear spoiler* standard defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 7,25%. Pada pemasangan *rear spoiler* variasi panjang defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 7,41%. Sedangkan Pada pemasangan *rear spoiler* variasi miring defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 6,46%.

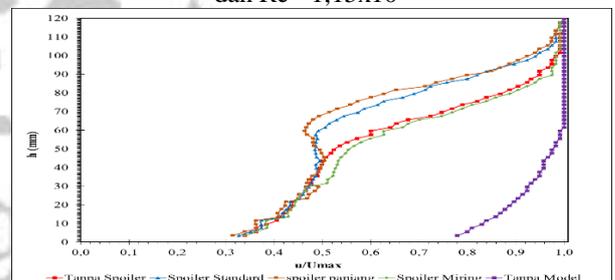
Pada gambar 24 dengan nilai $Re=1,96 \times 10^5$, model tanpa pemasangan *rear spoiler* defisit momentum aliran sebesar 3,08%. Setelah pemasangan *rear spoiler* standard defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 4,02%. Pada pemasangan *rear spoiler* variasi panjang defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 4,26%. Sedangkan pemasangan *rear spoiler* variasi miring defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 2,89%.



Gambar 22. Grafik $u/U_{max} - h(\text{mm})$ pada $X/L=0,44$ dan $Re= 4,4 \times 10^4$



Gambar 23. Grafik $u/U_{max} - h(\text{mm})$ pada $X/L=0,44$ dan $Re= 1,15 \times 10^5$

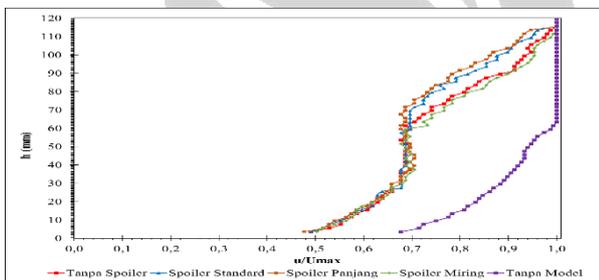


Gambar 24. Grafik $u/U_{max} - h(\text{mm})$ pada $X/L=0,44$ dan $Re= 1,96 \times 10^5$

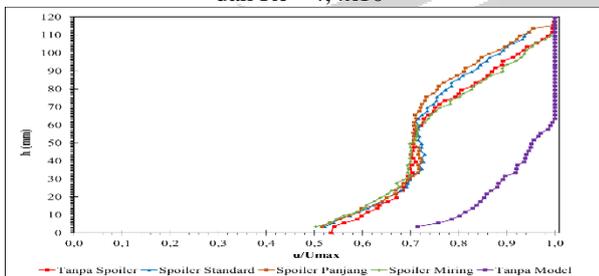
Dari ketiga grafik pada gambar 22, 23, dan 24 dapat diketahui bahwa defisit momentum aliran semakin berkurang untuk setiap kenaikan Re pada rasio $X/L=0,44$. Hal ini menunjukkan bahwa pada rasio

$X/L=0,44$ dan setiap kenaikan Re menyebabkan defisit momentum aliran semakin berkurang pada model yang tidak dipasang *rear spoiler* dengan model yang dipasang semua variasi *rear spoiler*.

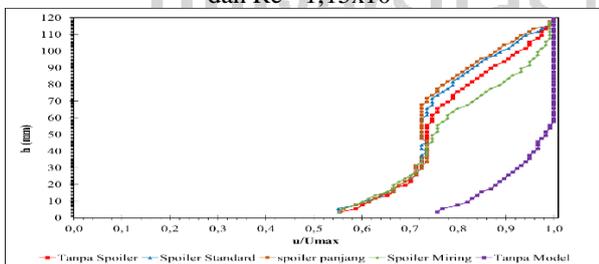
Peningkatan nilai Re menyebabkan aliran yang mengalir semakin meningkat sehingga defisit momentum aliran semakin berkurang. Untuk rasio X/L yang semakin menjauhi model, defisit momentum yang terjadi cenderung mengalami penurunan. Hal ini terlihat pada rasio $X/L=0,32$ yang memiliki nilai defisit momentum lebih besar daripada rasio $X/L=0,44$. Ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai defisit momentum aliran, maka pengaruh aliran di belakang kendaraan (V_p) semakin besar. Selain itu, jika defisit momentum aliran semakin besar maka daerah *wake* juga semakin besar. Apabila daerah *wake* semakin besar akan mengakibatkan nilai koefisien *drag pressure* (C_{DP}) juga semakin meningkat.



Gambar 25. Grafik $u/U_{max} - h(\text{mm})$ pada $X/L=0,56$ dan $Re= 4,4 \times 10^4$



Gambar 26. Grafik $u/U_{max} - h(\text{mm})$ pada $X/L=0,56$ dan $Re= 1,15 \times 10^5$



Gambar 27. Grafik $u/U_{max} - h(\text{mm})$ pada $X/L=0,56$ dan $Re= 1,96 \times 10^5$

Pada gambar 25, 26, dan 27 dapat diketahui nilai defisit momentum aliran yang terjadi di belakang model uji kendaraan pada rasio $X/L=0,56$ dengan

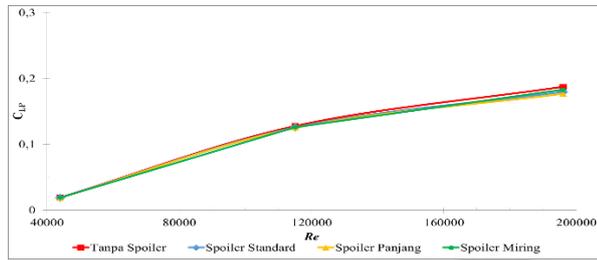
variasi penambahan nilai Re . Pada gambar 25 dengan nilai $Re=4,4 \times 10^4$, model tanpa pemasangan *rear spoiler* defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 9,70%. Pada model dengan pemasangan *rear spoiler* standard sebesar 10,90%. Pada model dengan pemasangan *rear spoiler* variasi panjang sebesar 11,30%. Pada model dengan pemasangan *rear spoiler* variasi miring sebesar 9,25%.

Pada gambar 26 dengan nilai $Re=1,15 \times 10^5$, model tanpa pemasangan *rear spoiler* defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 19,27%. Setelah dipasang *rear spoiler* standard defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 3,74%. Pada pemasangan *rear spoiler* variasi panjang defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 3,91%. Sedangkan Pada pemasangan *rear spoiler* variasi miring defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 3,47%.

Pada gambar 27 dengan nilai $Re=1,96 \times 10^5$, model tanpa pemasangan *rear spoiler* defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 1,84%. Setelah pemasangan *rear spoiler* standard defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 2,04%. Pada pemasangan *rear spoiler* variasi panjang defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 2,09%. Sedangkan Pada pemasangan *rear spoiler* variasi miring defisit momentum aliran yang terjadi sebesar 1,61%.

Grafik pada gambar 25, 26, dan 27 menunjukkan bahwa defisit momentum aliran yang terjadi di belakang model uji kendaraan semakin berkurang untuk setiap kenaikan Re pada rasio $X/L=0,56$. Hal ini menunjukkan bahwa pada rasio $X/L=0,56$ dan setiap kenaikan Re menyebabkan defisit momentum aliran berkurang pada model uji kendaraan yang tidak dipasang *rear spoiler* maupun pada model uji kendaraan yang dipasang semua variasi *rear spoiler*. Peningkatan nilai Re menyebabkan aliran fluida yang mengalir semakin meningkat sehingga defisit momentum aliran yang terjadi semakin berkurang. Untuk rasio X/L yang semakin menjauhi model uji kendaraan, defisit momentum aliran yang terjadi cenderung mengalami penurunan. Hal ini terlihat pada rasio $X/L=0,32$ dan rasio $X/L=0,44$ yang memiliki nilai defisit momentum aliran yang terjadi lebih besar dari rasio $X/L=0,56$. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai defisit momentum aliran yang terjadi di belakang model uji kendaraan, maka pengaruh aliran di belakang model uji kendaraan (V_p) semakin besar. Selain itu, jika defisit momentum aliran semakin besar maka daerah *wake* juga semakin besar. Apabila daerah *wake* semakin besar akan mengakibatkan nilai koefisien *drag pressure* (C_{DP}) juga semakin meningkat.

Pembahasan Koefisien Lift antara model Tanpa pemasangan Rear spoiler dan dengan pemasangan semua variasi Rear spoiler



Gambar 28. Grafik $C_{LP} = f(Re)$

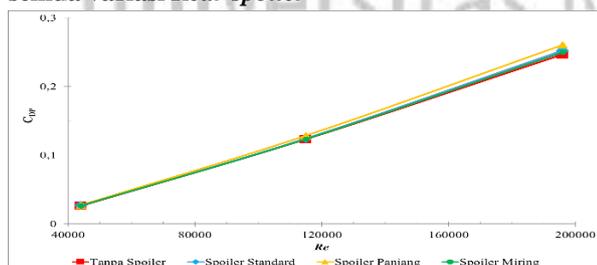
Gambar 28 adalah perbandingan grafik $C_{LP}=f(Re)$ antara model uji yang tidak menggunakan rear spoiler dan model uji yang menggunakan semua variasi rear spoiler dengan Nilai C_{LP} dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Tabel nilai C_{LP}

No	Re	Nilai C_{LP}			
		Tanpa Spoiler	spoiler Standard	Spoiler Panjang	Spoiler Miring
1	$4,4 \times 10^4$	0,0190	0,0188	0,0186	0,0189
2	$1,15 \times 10^5$	0,1277	0,1256	0,1245	0,1259
3	$1,96 \times 10^5$	0,1873	0,1796	0,1766	0,1828

Pada tabel 1 dapat diamati bahwa pemasangan semua variasi rear spoiler cenderung terjadi sedikit penurunan nilai C_{LP} . Penurunan nilai C_{LP} yang paling besar terjadi pada saat pemasangan rear spoiler variasi panjang pada semua Re. Hal ini dikarenakan penambahan panjang permukaan bagian belakang sehingga terjadi sedikit penurunan nilai C_{LP} . Perbedaan nilai Re berpengaruh pada besarnya nilai C_{LP} . Semakin tinggi nilai Re, maka nilai C_{LP} juga semakin besar. Selain itu, pengaruh pemasangan rear spoiler juga semakin besar apabila nilai Re semakin tinggi. Dari tabel 4.1 dapat diamati bahwa perbedaan nilai C_{LP} yang paling besar antara model uji yang tidak menggunakan rear spoiler dan model uji yang menggunakan semua variasi rear spoiler adalah pada $Re=1,96 \times 10^5$. pemasangan rear spoiler variasi panjang menurunkan nilai koefisien lift pressure (C_{LP}) paling besar, yaitu sebesar 0,0107.

Pembahasan Koefisien Drag antara model Tanpa pemasangan Rear spoiler dan dengan pemasangan semua variasi Rear spoiler



Gambar 29. Grafik $C_{DP} = f(Re)$

Gambar 29 menggambarkan perbandingan grafik $C_{DP}=f(Re)$ antara model uji yang tidak menggunakan rear spoiler dan dengan semua variasi rear spoiler dengan Nilai C_{LP} dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Tabel nilai C_{DP}

No	Re	Nilai C_{DP}			
		Tanpa Spoiler	spoiler Standard	Spoiler Panjang	Spoiler Miring
1	$4,4 \times 10^4$	0,0259	0,0267	0,0271	0,0264
2	$1,15 \times 10^5$	0,1231	0,1243	0,1285	0,1234
3	$1,96 \times 10^5$	0,2466	0,2524	0,2605	0,2496

Pada tabel 2 dapat diamati bahwa dengan pemasangan semua variasi rear spoiler cenderung terjadi sedikit kenaikan nilai C_{DP} . Kenaikan nilai C_{DP} yang paling besar terjadi pada saat pemasangan rear spoiler variasi panjang pada semua Re. Hal ini dikarenakan penambahan panjang permukaan bagian belakang sehingga terjadi sedikit kenaikan nilai C_{DP} .

Semakin tinggi nilai Re, maka nilai C_{DP} juga semakin besar. Selain itu, pengaruh pemasangan rear spoiler juga semakin besar apabila nilai Re semakin tinggi. Dari tabel 2 dapat diamati bahwa perbedaan nilai C_{DP} yang paling besar antara model uji yang tidak menggunakan rear spoiler dan model uji yang menggunakan semua variasi rear spoiler adalah pada $Re=1,96 \times 10^5$. Pemasangan rear spoiler variasi panjang meningkatkan nilai koefisien drag pressure (C_{DP}) paling besar, yaitu sebesar 0,0189.

PENUTUP
Simpulan

Dari hasil pengolahan data secara kualitatif dan kuantitatif pada studi eksperimen karakteristik aliran udara pada model kendaraan yang menyerupai mobil MPV Toyota Avanza generasi pertama dengan pemasangan rear spoiler diperoleh beberapa kesimpulan antara lain :

- Pemasangan rear spoiler semua variasi cenderung meningkatkan nilai distribusi tekanan (C_p) bagian belakang centre line upper surface model uji kendaraan. Hal ini terjadi karena dengan penambahan panjang permukaan model uji kendaraan mengakibatkan defisit momentum aliran semakin besar akibat gaya geser. Pemasangan rear spoiler panjang terjadi defisit momentum aliran akibat gaya geser paling besar sehingga terjadi peningkatan nilai distribusi tekanan (C_p) yang paling tinggi jika dibandingkan antara model uji yang tidak dipasang rear spoiler maupun dengan model uji yang dipasang rear spoiler standard dan rear spoiler miring.

- Pemasangan *rear spoiler* standard dan variasi panjang cenderung meningkatkan defisit momentum aliran pada semua Re dan semua rasio X/L . Pada pemasangan *rear spoiler* variasi miring menunjukkan penurunan defisit momentum pada rasio $X/L=0,44$ dan rasio $X/L=0,56$. Apabila defisit momentum aliran di belakang model uji kendaraan semakin besar maka akan mengakibatkan daerah *wake* juga semakin besar. Apabila daerah *wake* semakin besar akan mengakibatkan nilai koefisien *drag pressure* (C_{DP}) juga semakin meningkat.
- Dari hasil pengukuran nilai distribusi tekanan (C_p) diperoleh nilai koefisien *lift pressure* (C_{LP}). Pada kondisi dengan pemasangan semua variasi *rear spoiler* mengakibatkan nilai koefisien *lift pressure* (C_{LP}) cenderung mengalami penurunan. Pemasangan variasi *rear spoiler* panjang dapat menurunkan nilai koefisien *lift pressure* (C_{LP}) yang paling besar pada $Re=1,96 \times 10^5$, yaitu dapat menurunkan nilai (C_{LP}) sebesar 0,0107.
- Dari hasil pengukuran nilai distribusi tekanan (C_p) diperoleh nilai koefisien *drag pressure* (C_{DP}). Pada kondisi dengan pemasangan semua variasi *rear spoiler* dapat meningkatkan nilai koefisien *drag pressure* (C_{DP}) daripada kondisi tanpa pemasangan *rear spoiler*. Pemasangan variasi *rear spoiler* panjang meningkatkan nilai koefisien *drag pressure* (C_{DP}) yang paling besar pada $Re=1,96 \times 10^5$, yaitu dapat meningkatkan nilai (C_{DP}) sebesar 0,0189.

Dengan demikian, penelitian ini menunjukkan bahwa pemasangan *rear spoiler* semua variasi relatif tidak berpengaruh dalam usaha meningkatkan stabilitas kendaraan karena nilai koefisien *lift pressure* yang berkurang relatif kecil sekali. Pengaruh paling besar adalah dengan pemasangan *rear spoiler* panjang pada $Re=1,96 \times 10^5$ menurunkan nilai koefisien *lift pressure* (C_{LP}) sebesar 0,0107.

Saran

- Peralatan-peralatan seperti *holder*, manometer, *thermometer*, *pressure tap*, *pitot static tube*, data *logger*, dan *pressure transducer* sebaiknya dilakukan pengecekan sebelum digunakan untuk pengambilan data eksperimen.
- Pengambilan data sebaiknya dilakukan pada keadaan ruang tertutup untuk menghindari fluktuasi aliran dan perubahan temperatur yang mendadak akibat adanya aliran dari eksternal.
- *Pitot static tube* dipastikan harus lurus dengan *test section* agar data pengukuran menjadi lebih akurat.
- Sebaiknya melakukan penyimpanan data *logger* setiap pengambilan sampel.
- Pada penelitian berikutnya sebaiknya dilakukan usaha menambah kecepatan *freestream* aliran *test section* agar nilai Re menjadi lebih besar dan pengaruh variasi komponen aerodinamika kendaraan menjadi lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Barnard, R H. 1998. *Road Vehicle Aerodynam. Design*, John Wiley and Son, Inc.
- Darussalam. 2008. *Analisis Aerodinamika pada Ahmed Body Car dengan Menggunakan software berbasis computational Fluid*. Jakarta: Universitas Gunadarma.
- Djunaedi, Deddy. 2007. *Pengujian Rear Spoiler Pada Mitsubishi Lancer Evo VIII*. Surabaya: FT UK Petra.
- Fox, Robert W. dan Mc. Donald, Alan T. 1998. *Introduction to Fluid Mechanics 3rd Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Hadisaputra, Adrian. 2010. *Pengaruh Penambahan Aksesoris terhadap Honda Jazz*. Surabaya: FT UK Petra.
- Hucho, Wolf-Heinrich. 1993. *Aerodynamics of Road Vehicles*, Schwalbach, Germany.
- Katz, Joseph. 1995. *Race Car Aerodynamics Designing for Speed*. Bentley Publishers: a division of Robbert Bentley, Inc.
- Nevers, Noel de. 1991. *Fluid Mechanics for Chemical Engineers 2nd Edition*. Utah: McGraw-Hill, Inc.
- Sutantra, I Nyoman. 2001. *Teknologi Otomotif Teori dan Aplikasinya*. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin FTI ITS.
- Tamas, Lajos. 2002. *Basic Of Vehicle Aerodynamic*. University of Roma, Italy
- Wailanduw, A. Grummy. 2002. *Studi Karakteristik Aliran pada Kendaraan Jenis Van yang Menggunakan Side Airdams*. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin FTI ITS.
- Wibawa, Agus Arya. 1999. *Perbaikan Karakteristik Aerodinamika pada Kendaraan Niaga*. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin FT UK Petra.
- Yudhistira, Aditya Prana. 2011. *Karakteristik aliran fluida melintasi empat silinder sirkular yang tersusun secara equispaced dengan L/D = 4 di dekat dinding datar*. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin FTI ITS.
- Young, Donald F. Munson, Bruce R. Okiishi, Theodore H. Huebsch, Wade W. 2011. *A Brief Introduction to Fluid Mechanics 5th Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.