

EKSPERIMEN PENGARUH VARIASI RASIO PANJANG *LEADING EDGE* TERHADAP KARAKTERISTIK AERODINAMIKA PADA MOBIL *PICK UP*

Achmad Rianto

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: achmadrianto@mhs.unesa.ac.id

A. Grummy Wailanduw

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: grummywailanduw@unesa.ac.id

Abstrak

Kendaraan *pick up* memiliki jarak tempuh yang lebih jauh dan membawa beban yang lebih berat dari pada mobil kecil, sehingga penelitian tentang karakteristik aerodinamika pada kendaraan *pick up* sangat diperlukan untuk meningkatkan efisiensi konsumsi bahan bakar dan meningkatkan keamanan waktu berkendara. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah model uji dengan variasi rasio panjang *leading edge*: standart 0,03(1/30), 0,067(1/15), dan 0,1(1/10) pada $Re_h = 3,09 \times 10^4$, $5,20 \times 10^4$, $7,15 \times 10^4$. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah distribusi tekanan (C_p) pada *upper* dan *lower surface*, koefisien *drag pressure* (C_{DP}), koefisien *lift pressure* (C_{LP}), profil kecepatan dibelakang kendaraan (V_p) dan titik separasi pada kendaraan *pick up*. Untuk variabel kontrol, model *leading edge* bodi kendaraan diletakkan 200 mm dari *leading edge* plat datar. Pengukuran V_p dibelakang model uji kendaraan dilakukan pada rasio X/L 0,34; X/L 0,41; X/L 0,49; X/L 0,57 dari *leading edge* plat datar. Berdasarkan penelitian, didapatkan hasil sebagai berikut: dengan menambah variasi rasio panjang *leading edge* dapat membuat peningkatan koefisien tekanan (C_p) dengan perlahan dan mengurangi kenaikan C_p yang tiba – tiba. Penurunan koefisien *drag pressure* (C_{DP}) tertinggi terjadi pada variasi rasio panjang *leading edge* 0,1(1/10) dengan $Re_h = 3,09 \times 10^4$ yaitu 0,57 atau turun 20,53% dari model standart 0,03 (1/30) sehingga dapat dikatakan bahwa dengan melakukan variasi rasio panjang *leading edge*, dapat membuat efisiensi bahan bakar meningkat. Penurunan nilai C_{LP} paling signifikan pada variasi rasio panjang *leading edge* 0,1 (1/10) pada $Re_h 7,15 \times 10^4$ yakni 0,28 atau turun sebanyak 41,09% dari model kendaraan standart 0,03 (1/30). Pada pengukuran *velocity profile* (V_p) di belakang model uji didapatkan penurunan defisit momentum aliran pada semua variasi Re_h dan rasio X/L. Pada semua variasi Re_h titik separasi terjadi pada titik $x/l = \pm 0,438$ pada model standart 0,03(1/30), $x/l = \pm 0,471$ pada model dengan variasi rasio panjang *leading edge* 0,067(1/15), $x/l = \pm 0,505$ pada model dengan variasi rasio panjang *leading edge* 0,1(1/10).

Kata Kunci: *Leading Edge*, Karakteristik Aerodinamika, dan Kendaraan *Pick Up*.

Abstract

Pick up vehicles has a longer distance and carry heavier loads than small cars, so research on aerodynamic characteristics on pick up vehicles is needed to increase efficiency of fuel consumption and improve safety when driving. The independent variable in this research is a test model with variation of ratio of the leading edge length used in this research are: standard 0,03 (1/30), 0,067 (1/15), and 0,1 (1/10). Reynold number (Re) are used, $Re_h = 3,09 \times 10^4$, $5,20 \times 10^4$, $7,15 \times 10^4$. Dependent variable in this research how pressure distribution (C_p) on upper and lower surface, drag pressure coefficient (C_{DP}), lift pressure coefficient (C_{LP}), velocity profile behind of the vehicle, and separation point on pick up vehicles. For control variable, model leading edge vehicle body placed 200mm from the leading edge of a flat plate. Velocity profile measurement of the flow behind vehicle test model are carried out at a ratio of X/L 0,34; X/L 0,41; X/L 0,49; X/L 0,57 from leading edge of the flat plate. Based on research, the following result were obtained: with added ratio of the leading edge length ratio can reduce the sudden increase of C_p . The highest decrease in drag pressure coefficient (C_{DP}) occurs in the variation of the leading edge ratio 0,1(1/10) with $Re_h = 3,09 \times 10^4$ which is 0,5674 or decrease 20,53% from the standard model 0,03(1/30), so it can be said that by varying the leading edge length ratio can make fuel efficiency increase. By varying the leading edge length ratio, the lift pressure coefficient decrease. The most significant decrease in the value of C_{LP} on variations leading edge length ratio 0,1(1/10) at $Re_h = 7,15 \times 10^4$ which is 0,2814 or decrease as many as 41,09% of the standard vehicles models 0,03(1/30). In velocity profile (V_p) measurement behind test model obtained flow momentum deficit decrease on all variation of Re_h and X/L ratio. For all variation of Re_h separation point occur at the point $x/l = \pm 0,438$ for the standard 0,03(1/30) test model, $x/l = \pm 0,471$ for the test model with variation 0,067(1/15), $x/l = \pm 0,505$ for the test model with variation 0,1(1/10).

Keywords: *Leading Edge*, Aerodynamic Characteristics, and Pick Up Vehicle

PENDAHULUAN

Dewasa ini teknologi yang ada di dunia semakin canggih dan maju, khususnya kendaraan bermotor. Peningkatan yang telah dilakukan pada kendaraan bermotor sekarang ini adalah efisiensi penggunaan bahan bakar, keseimbangan kendaraan dan peningkatan lainnya. Tetapi peningkatan ini masih terfokus pada pengembangan mesin kendaraan ataupun penggunaan bahan bakar alternatif untuk mengurangi penggunaan bahan bakar minyak bumi. Padahal efisiensi penggunaan bahan bakar kendaraan bermotor seperti mobil, sepeda motor, dan kendaraan bermotor lainnya juga sangat dipengaruhi oleh faktor aerodinamika pada kendaraan tersebut.

Fokus penelitian aerodinamika di Indonesia masih pada penelitian di jenis mobil sedan dan mobil pribadi lainnya. Padahal untuk kendaraan seperti *truck*, *pick up* dan kendaraan niaga lainnya juga sangat memerlukan penelitian dalam sisi aerodinamika untuk menambah efisiensi konsumsi bahan bakar dan meningkatkan tingkat keamanan dan kenyamanan waktu berkendara. Pada sebuah mobil dapat dilakukan modifikasi seperti penambahan *front spoiler*, *roof spoiler*, *rear spoiler*, *diffuser*, *side kirt* dan modifikasi dengan mengubah bentuk bodi yang aerodinamis yang dimana semua bentuk modifikasi ini memiliki fungsi sebagai pengendali gaya – gaya aerodinamika pada mobil tersebut.

Untuk usaha kelas menengah, kendaraan yang baik digunakan untuk berniaga adalah kendaraan berjenis *pick up* karena dapat membawa barang dagangan yang relatif sedang, tidak terlalu banyak atau sedikit, sehingga sesuai dengan jumlah barang dagangan untuk usaha kelas menengah ke bawah. Untuk meningkatkan keuntungan bagi para pengusaha diperlukan peningkatan performansi pada kendaraan *pick up*. Menurut Muchammad (2006), “untuk meningkatkan performansi kendaraan *pick up* diperlukan pengendalian gaya – gaya aerodinamika pada kendaraan yang digunakan untuk berniaga tersebut”.

Salah satu penerapan aerodinamika digunakan dalam rangka perancangan maupun peningkatan kemampuan pesawat terbang serta kendaraan bergerak lainnya, baik darat maupun air seperti kapal, mobil dan lain – lainnya. Gaya – gaya aerodinamika yang perlu dikendalikan adalah *drag force*, *lift force* dan gaya – gaya aerodinamika lainnya, karena gaya - gaya ini sangat mempengaruhi efisiensi, unjuk kerja dan kenyamanan waktu berkendara. Performansi kendaraan yang tinggi meliputi gaya hambat (*Drag Force*) dan gaya angkat (*Lift Force*) yang dihasilkan sekecil mungkin karena aspek ini mempengaruhi

stabilitas serta respon kendaraan saat melaju pada kecepatan tinggi (Aria, 1999), sehingga untuk meningkatkan performa pada kendaraan *pick up* diperlukan pengendalian pada gaya aerodinamikanya.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hidayat (2018:126) yang membahas tentang Eksperimen Pengaruh Variasi Sudut *Leading Edge* Terhadap Karakteristik Aerodinamika Kendaraan Bus menyimpulkan bahwa semakin besar penambahan sudut *leading edge* atau semakin miring *leading edge* maka koefisien *drag pressure* (C_{DP}) akan semakin turun. Menurut Wijaya (2015) semakin tinggi *leading edge* maka koefisien *drag pressure* (C_{DP}) akan semakin tinggi.

Dari beberapa pernyataan diatas Peneliti mengharapkan penelitian tentang variasi rasio panjang *leading edge* dapat memperbaiki gaya *drag* pada mobil *pick up*, dikarenakan dengan *leading edge* yang semakin panjang didapatkan bentuk yang lebih aerodinamis sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar dan menambah kenyamanan waktu berkendara.

METODE

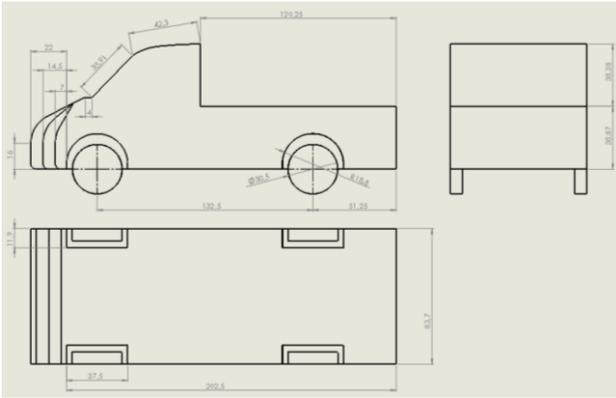
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah: model uji standart 0,03(1/30) dan dengan variasi rasio panjang *leading edge* 0,067(1/15) dan 0,1(1/10); Variasi *Reynolds Number* $3,09 \times 10^4$, $5,20 \times 10^4$ dan $7,15 \times 10^4$.

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah:

- Koefisien *pressure* (C_p) pada *upper* dan *lower surface*
- Koefisien *drag pressure* (C_{DP})
- Koefisien *lift pressure* (C_{LP})
- *Velocity profile* di belakang model uji
- Titik separasi

Variabel Kontrol dalam penelitian ini adalah:

- Model *leading edge* bodi kendaraan diletakkan 200 mm dari *leading edge* plat datar.
- Penempatan *pitot static tube* dengan rasio $X/L=0,34$, $X/L=0,41$, $X/L=0,49$, dan $X/L=0,57$ dari *leading edge* bodi kendaraan.



Gambar1. Geometri kendaraan *pick up*

Sebelumnya peneliti mengambil data tentang kecepatan *freestream*, untuk mengetahui kecepatan aliran pada *test section*.

Selanjutnya pengumpulan data menggunakan metode eksperimen, dengan bantuan alat *pitot static tube* dan *pressure tap* yang dihubungkan ke manometer digital dan dianalisa dengan metode deskriptif, menggunakan bentuk grafik.

Untuk perhitungan koefisien C_p menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$C_p = \frac{P - P_\infty}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_\infty^2}$$

Keterangan:

- C_p = Koefisien tekanan
- P = Tekanan statis local pada kontur (Pa)
- P_∞ = Tekanan statis *freestream* (Pa)
- ρ = Massa jenis udara (kg/m^3)
- V_∞ = Kecepatan *freestream* (m/s)

Sedangkan perhitungan C_{DP} dan C_{LP} menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$C_{DP} = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} C_p(\theta) \cos(\theta) d\theta$$

$$C_{LP} = -\frac{1}{2} \int_0^{2\pi} C_p(\theta) \sin(\theta) d\theta$$

– **Kontur Datar**

$$I \equiv (b-a) \frac{f(x_0) + 4 \sum_{i=1,3,5}^{n-1} f(x_i) + 2 \sum_{j=2,4,6}^{n-2} f(x_j) + f(x_n)}{3n}$$

Dimana:

- $a = 0; b = 2\pi;$
- $f(x_0) = C_p(\theta) \cdot \cos \theta$ dan $f(x_n) = C_p(2\pi) \cdot \cos 2\pi$ untuk C_D
- $f(x_0) = C_p(\theta) \cdot \sin \theta$ dan $f(x_n) = C_p(2\pi) \cdot \sin 2\pi$ untuk C_L
- n = jumlah data
- $f(x_i)$ = perkalian dari fungsi data gasal dimana;

- $i = 1,3,5, \dots, n-1$
- $f(x_j)$ = perkalian dari fungsi data genap dimana;
- $j = 2,4,6, \dots, n-2$

– **Kontur Lengkung**

$$I \equiv (b-a) \frac{f(x_0) + 4 \sum_{i=1,3,5}^{n-1} f(x_i) + 2 \sum_{j=2,4,6}^{n-2} f(x_j) + f(x_n)}{3n}$$

Dimana:

- $a = 0; b = 2\pi;$
- $f(x_0) = C_p(\theta) \cdot \cos \theta$ dan $f(x_n) = C_p(2\pi) \cdot \cos 2\pi$ untuk C_D
- $f(x_0) = C_p(\theta) \cdot \sin \theta$ dan $f(x_n) = C_p(2\pi) \cdot \sin 2\pi$ untuk C_L
- n = jumlah data
- $f(x_i)$ = perkalian dari fungsi data gasal dimana;
- $i = 1,3,5, \dots, n-1$
- $f(x_j)$ = perkalian dari fungsi data genap dimana;
- $j = 2,4,6, \dots, n-2$

Sehingga,

$$C_{DP} = \frac{1}{2} I$$

$$C_{LP} = -\frac{1}{2} I$$

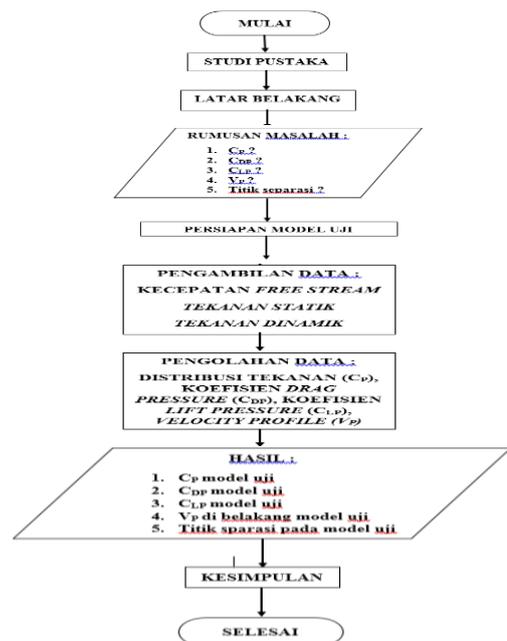
untuk menghitung *velocity profile* menggunakan persamaan berikut ini:

$$V_p = \left[\frac{\sum \left[1 - \frac{u}{U_{max}} \right]}{\sum u} \right] \times 100\%$$

Keterangan:

- u = kecepatan lokal dibelakang model (m/s)
- U_{max} = kecepatan maksimum aliran (m/s)

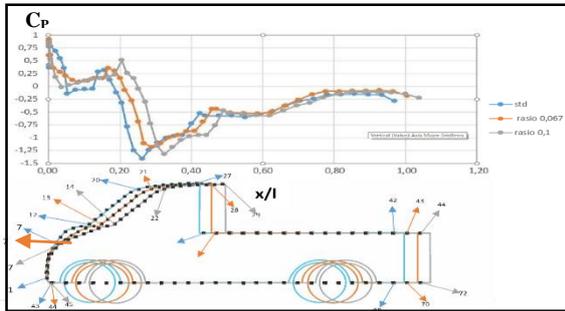
Flowchart Penelitian



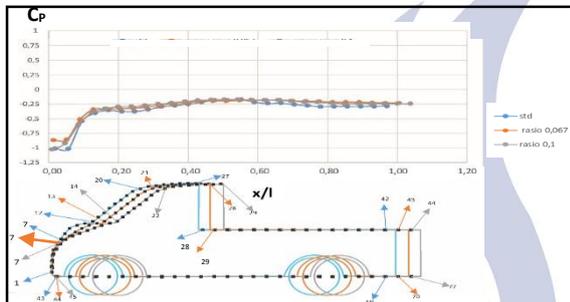
Gambar 2. Flowchart penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

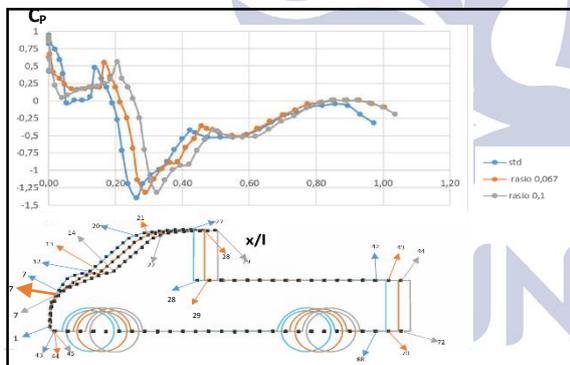
Data Pembahasan Distribusi Tekanan (C_p) Model Kendaraan Dengan Variasi Rasio Panjang *Leading Edge*



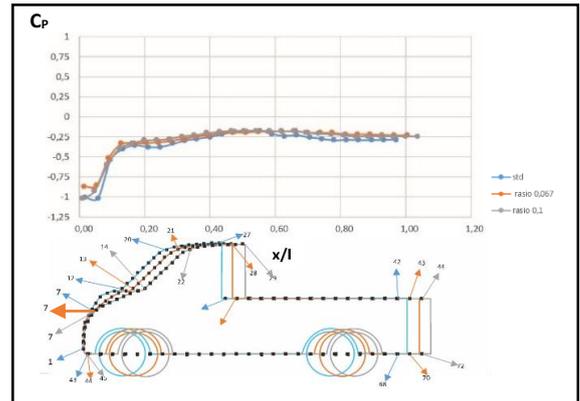
Gambar 3. Grafik C_p *upper surface* model kendaraan standart dan dengan variasi rasio panjang *leading edge* pada $Re_h = 3,09 \times 10^4$



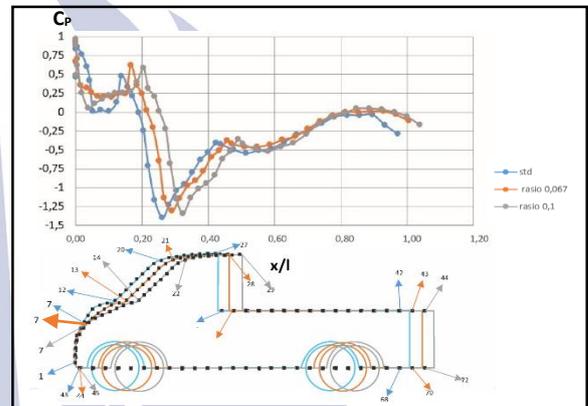
Gambar 4. Grafik C_p *lower surface* model kendaraan standart dan dengan variasi rasio panjang *leading edge* pada $Re_h = 3,09 \times 10^4$



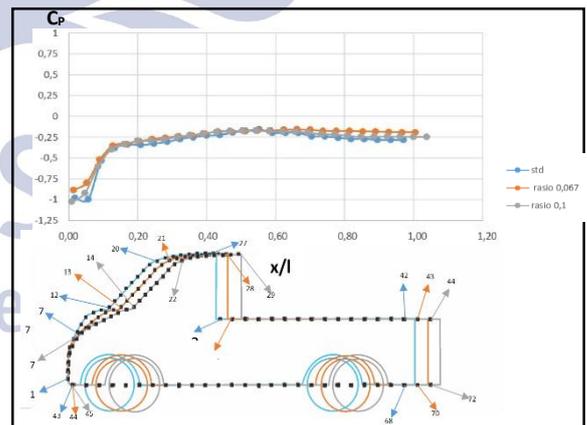
Gambar 5. Grafik C_p *upper surface* model kendaraan standart dan dengan variasi rasio panjang *leading edge* pada $Re_h = 5,20 \times 10^4$



Gambar 6. Grafik C_p *lower surface* model kendaraan standart dan dengan variasi rasio panjang *leading edge* pada $Re_h = 5,20 \times 10^4$



Gambar 7. Grafik C_p *upper surface* model kendaraan standart dan dengan variasi rasio panjang *leading edge* pada $Re_h = 7,15 \times 10^4$



Gambar 8. Grafik C_p *lower surface* model kendaraan standart dan dengan variasi rasio panjang *leading edge* pada $Re_h = 7,15 \times 10^4$

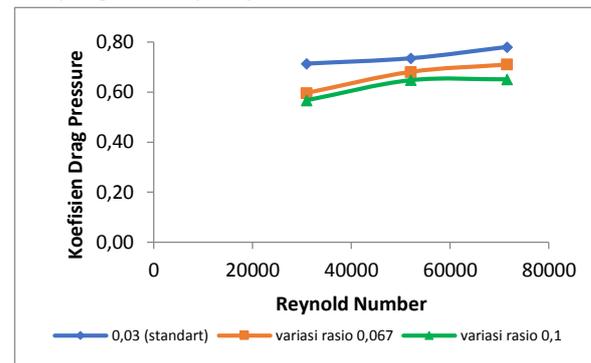
Gambar 3 – 8 adalah grafik C_p yang menjelaskan perbandingan grafik C_p antara model standart dengan model yang menggunakan variasi rasio panjang *leading edge* pada kontur *upper* dan *lower surface* dengan $Re_h=3,09 \times 10^4$, $5,20 \times 10^4$, $7,15 \times 10^4$. Dari grafik *upper surface* diatas didapatkan Titik yang memiliki

C_p tertinggi terletak pada $x/l = 0,0$ untuk model uji standart, $0,0$ untuk model uji yang telah divariasi rasio panjang *leading edge* $0,067$, dan $0,0$ untuk model uji dengan variasi rasio panjang *leading edge* $0,1$. Pada titik tersebut nilai $C_p = 0,967$ untuk model uji standart, $0,956$ untuk model uji yang telah divariasi rasio panjang *leading edge* $0,067$, dan $0,960$ untuk model uji dengan variasi rasio panjang *leading edge* $0,1$ dimana titik ini adalah titik yang paling mendekati stagnasi $C_p = 1$ atau $U = 0$ dan dapat dikatakan pada titik tersebut terjadi tekanan lokal yang paling tinggi sehingga mengalami perlambatan pada titik $x/l = 0,0$ untuk model standart, $x/l = 0,0$ untuk model uji yang telah divariasi rasio panjang *leading edge* $0,067$, dan $x/l = 0,0$ untuk model uji yang telah divariasi rasio panjang *leading edge* $0,1$ yang menyebabkan tekanan menjadi besar. Pada *upper surface*, setelah titik tekanan tertinggi partikel udara akan mengalami percepatan aliran (*accelerated flow*) yang ditandai dengan menurunnya nilai C_p , yang artinya aliran mendapatkan peningkatan momentum. Ini terjadi pada bagian *leading edge* tepatnya pada bagian kap mobil yang dimulai dari $x/l = 0,005$ hingga titik $x/l = 0,052$ untuk model uji standart, $x/l = 0,005$ hingga titik $x/l = 0,067$ untuk model uji yang telah divariasi rasio panjang *leading edge* $0,067$, dan $x/l = 0,005$ hingga titik $x/l = 0,038$ untuk model uji yang telah divariasi rasio panjang *leading edge* $0,1$. Setelah itu aliran fluida kembali mengalami perlambatan kembali dari titik $x/l = 0,076$ hingga titik $0,138$ untuk model uji standart, $x/l = 0,086$ hingga titik $0,167$ untuk model uji yang telah divariasi rasio panjang *leading edge* $0,067$, dan $x/l = 0,057$ hingga titik $0,205$ untuk model uji yang telah divariasi rasio panjang *leading edge* $0,1$. Ini dikarenakan aliran melewati sambungan antara kap dengan kaca mobil yang memiliki bentuk datar. Kemudian aliran kembali mengalami *accelerated flow* pada saat aliran melewati kaca mobil yaitu pada titik $x/l = 0,157$ hingga titik $x/l = 0,262$ untuk model uji standart, titik $x/l = 0,186$ hingga titik $x/l = 0,290$ untuk model uji yang telah divariasikan rasio panjang *leading edge* $0,067$, dan titik $x/l = 0,219$ hingga titik $x/l = 0,324$ untuk model uji yang telah divariasikan rasio panjang *leading edge* $0,1$. Setelah itu aliran kembali mengalami perlambatan dari titik $x/l = 0,281$ hingga titik $x/l = 0,424$ untuk model uji standart, titik $x/l = 0,314$ hingga titik $x/l = 0,457$ untuk model uji yang telah divariasikan rasio panjang *leading edge* $0,067$, dan titik $x/l = 0,348$ hingga titik $x/l = 0,490$ untuk model uji yang telah divariasikan rasio panjang *leading edge* $0,1$. Hal ini dikarenakan aliran melewati bagian atap mobil yang memiliki bentuk datar. Setelah itu aliran mulai meninggalkan kontur bodi pada titik $x/l = 0,438$ dan mulai kembali pada titik $x/l = 0,552$

untuk model uji standart, titik $x/l = 0,471$ dan mulai kembali pada titik $x/l = 0,624$ untuk model uji yang telah divariasi rasio panjang *leading edge* $0,067$, dan titik $x/l = 0,505$ dan mulai kembali pada titik $x/l = 0,619$ untuk model uji yang telah divariasi rasio panjang *leading edge* $0,1$. Perubahan distribusi tekanan (C_p) ini berbeda untuk setiap variasi panjang *leading edge* model uji. Dari gambar 3 - 8 model uji standart memiliki penurunan distribusi tekanan (C_p) yang lebih rendah dari pada model uji kendaraan yang telah divariasikan panjang *leading edge* nya, yaitu mencapai $-1,4$.

Dari data diatas didapatkan untuk distribusi tekanan (C_p) terbaik adalah pada variasi rasio panjang *leading edge* $0,1$ dimana pada variasi ini terjadi *bubble separation* yang lebih panjang dari pada model uji yang lain. Hal ini akan berdampak pada nilai C_{DP} dan C_{LP} . Nilai C_{DP} yang semakin kecil akan mengurangi bahan bakar yang digunakan untuk melawan hambatan.

Data Pembahasan Koefisien Drag Pressure (C_{DP}) Model Kendaraan Pick Up Dengan Variasi Rasio Panjang *Leading Edge*

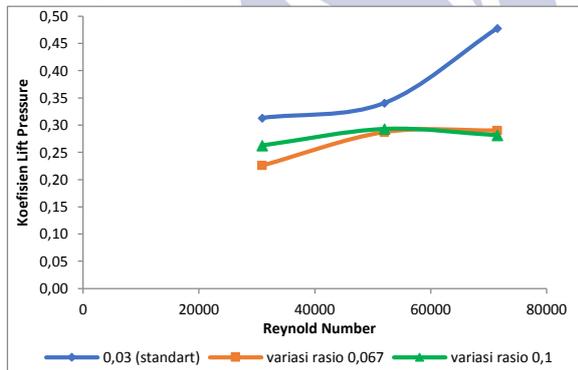


Gambar 9. Grafik C_{DP} pada model uji standart dan dengan variasi rasio panjang *leading edge*

Gambar 9 diatas menunjukkan perbandingan C_{DP} antara model uji standart, dengan yang sudah divariasi rasio panjang *leading edge* ($0,067$ dan $0,1$). Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa dengan bertambah panjangnya *leading edge* maka nilai C_{DP} akan semakin kecil pada kecepatan atau Re_h yang sama. Ini disebabkan karena dengan bertambahnya panjang *leading edge* akan menyebabkan sudut menjadi lebih landai sehingga aliran yang melewati bodi lebih halus dan dengan sudut yang landai ini dapat mengurangi tingkat defleksi aliran sehingga ketika akan terjadi separasi aliran maka aliran akan segera kembali mengikuti kontur bodi dari kendaraan (*Reattachment*). Pada $Re_h = 3,09 \times 10^4$ model dengan rasio panjang *leading edge* $0,03$ (standart) memiliki nilai $C_{DP} = 0,71$, pada model dengan rasio panjang *leading edge* $0,067$ memiliki nilai $C_{DP} = 0,60$, dan pada model dengan

rasio panjang *leading edge* 0,1 memiliki nilai $C_{DP} = 0,57$. Pada $Re_h = 5,20 \times 10^4$ model dengan rasio panjang *leading edge* 0,03 (standart) memiliki nilai $C_{DP} = 0,74$, pada model dengan rasio panjang *leading edge* 0,067 memiliki nilai $C_{DP} = 0,68$, dan pada model dengan rasio panjang *leading edge* 0,1 memiliki nilai $C_{DP} = 0,65$. Pada $Re_h = 7,15 \times 10^4$ model dengan rasio panjang *leading edge* 0,03 (standart) memiliki nilai $C_{DP} = 0,78$, pada model dengan rasio panjang *leading edge* 0,067 memiliki nilai $C_{DP} = 0,71$, dan pada model dengan rasio panjang *leading edge* 0,1 memiliki nilai $C_{DP} = 0,65$. Penurunan nilai koefisien *drag pressure* tertinggi terjadi pada variasi rasio panjang *leading edge* 0,1 dengan $Re_h = 3,09 \times 10^4$ yakni 0,57 atau turun 20,53% dari model kendaraan standart (0,03) pada Re_h yang sama. Dengan turunnya nilai koefisien *drag pressure* (C_{DP}) maka bahan bakar yang digunakan melawan hambatan akan berkurang sehingga konsumsi bahan bakar pada kendaraan *pick up* akan berkurang dan efisiensi penggunaan bahan bakar akan meningkat.

Data Pembahasan Koefisien Lift Pressure (C_{LP}) Model Kendaraan Pick Up Dengan Variasi Rasio Panjang Leading Edge

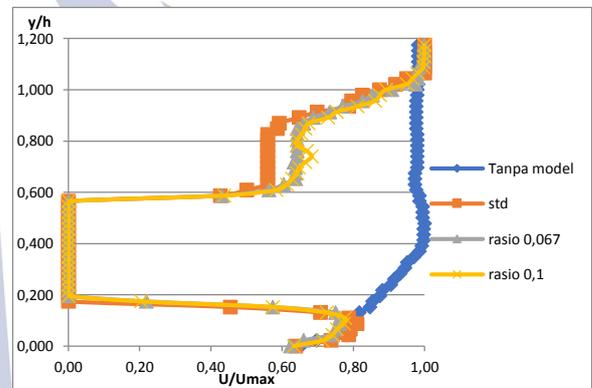


Gambar 10. Grafik C_{LP} pada model uji standart dan dengan variasi rasio panjang *leading edge*

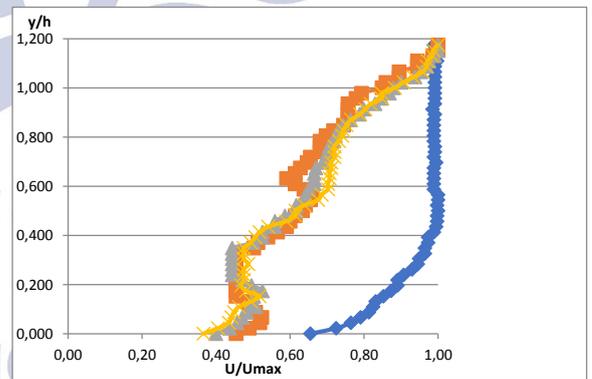
Gambar 10 diatas menunjukkan perbandingan C_{LP} antara model uji standart, dengan yang sudah divariasi rasio panjang *leading edge* (0,067 dan 0,1). Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa dengan bertambah panjangnya *leading edge* maka nilai C_{LP} akan semakin kecil pada kecepatan atau Re_h yang sama. Pada $Re_h = 3,09 \times 10^4$ model dengan rasio panjang *leading edge* 0,03 (standart) memiliki nilai $C_{LP} = 0,31$, pada model dengan rasio panjang *leading edge* 0,067 memiliki nilai $C_{LP} = 0,23$, dan pada model dengan rasio panjang *leading edge* 0,1 memiliki nilai $C_{LP} = 0,26$. Pada $Re_h = 5,20 \times 10^4$ model dengan rasio panjang *leading edge* 0,03 (standart) memiliki nilai $C_{LP} = 0,34$, pada model dengan rasio panjang *leading edge* 0,067 memiliki nilai $C_{LP} = 0,287$, dan pada model dengan rasio panjang *leading edge* 0,1 memiliki nilai $C_{LP} = 0,293$.

Pada $Re_h = 7,15 \times 10^4$ model dengan rasio panjang *leading edge* 0,03 (standart) memiliki nilai $C_{LP} = 0,48$, pada model dengan rasio panjang *leading edge* 0,067 memiliki nilai $C_{LP} = 0,29$, dan pada model dengan rasio panjang *leading edge* 0,1 memiliki nilai $C_{LP} = 0,28$. Penurunan nilai koefisien *lift pressure* tertinggi terjadi pada variasi rasio panjang *leading edge* 0,1 dengan $Re_h = 7,15 \times 10^4$ yakni 0,2814 atau turun 41,09% dari model kendaraan standart (0,03) pada Re_h yang sama. Dengan turunnya nilai koefisien *lift pressure* (C_{LP}) maka kestabilan pada kendaraan akan meningkat dan menambah keamanan waktu berkendara.

Data Pembahasan Velocity profile (V_p) Dibelakang Kendaraan Dengan Variasi Rasio Panjang Leading Edge

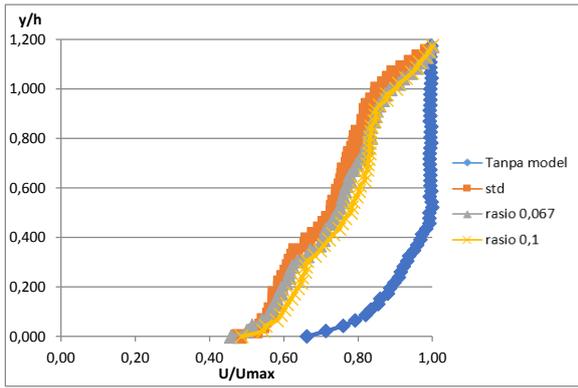


Gambar 11. Grafik $u/U_{max} - y/h$ pada $X/L = 0,34$ dengan $Re_h = 3,09 \times 10^4$

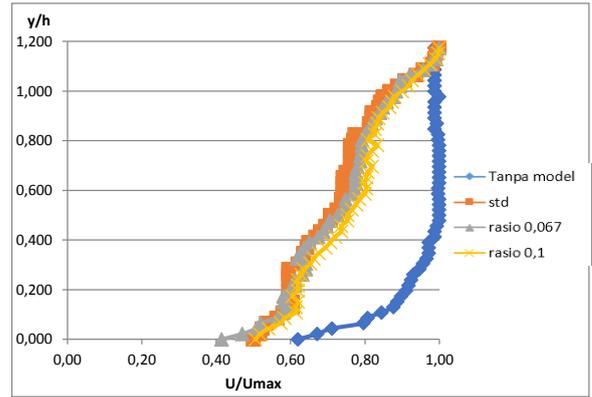


Gambar 12. Grafik $u/U_{max} - y/h$ pada $X/L = 0,41$ dengan $Re_h = 3,09 \times 10^4$

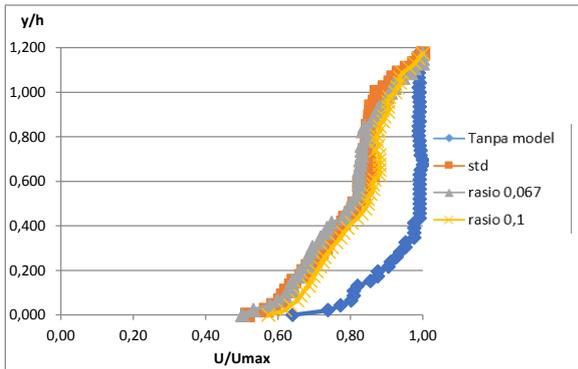
Eksperimen Pengaruh Variasi Rasio Panjang *Leading Edge*



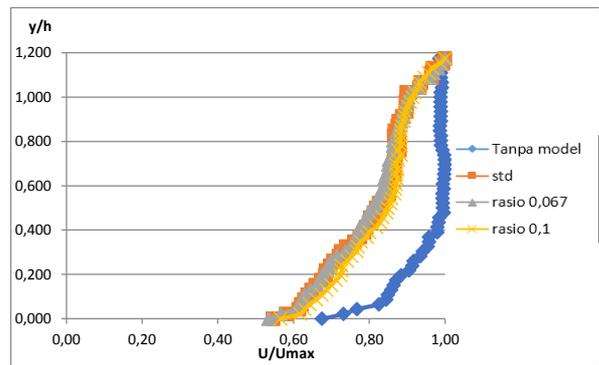
Gambar 13. Grafik u/U_{max} – y/h pada $X/L = 0,49$ dengan $Re_h = 3,09 \times 10^4$



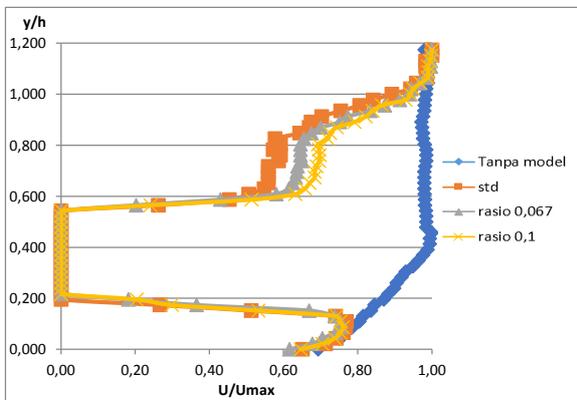
Gambar 17. Grafik u/U_{max} – y/h pada $X/L = 0,49$ dengan $Re_h = 5,20 \times 10^4$



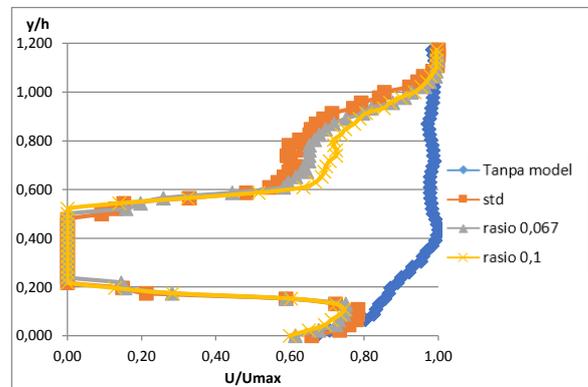
Gambar 14. Grafik u/U_{max} – y/h pada $X/L = 0,57$ dengan $Re_h = 3,09 \times 10^4$



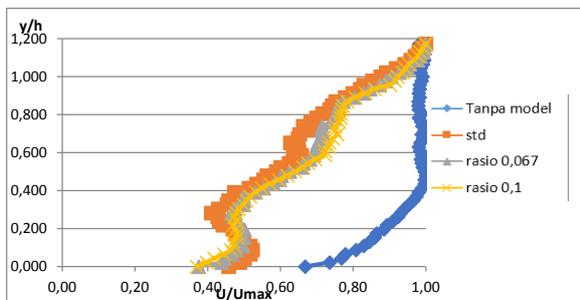
Gambar 18. Grafik u/U_{max} – y/h pada $X/L = 0,57$ dengan $Re_h = 5,20 \times 10^4$



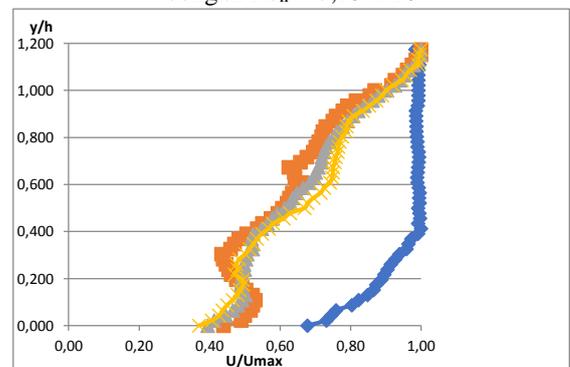
Gambar 15. Grafik u/U_{max} – y/h pada $X/L = 0,34$ dengan $Re_h = 5,20 \times 10^4$



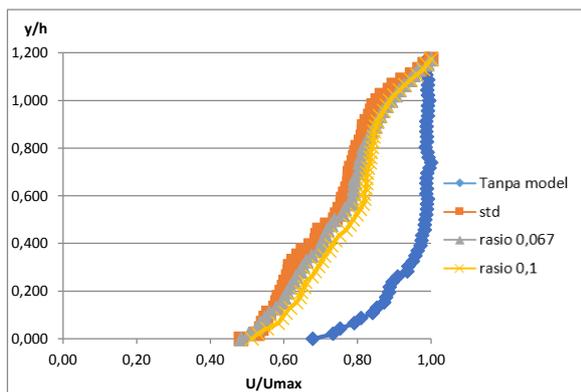
Gambar 19. Grafik u/U_{max} – y/h pada $X/L = 0,34$ dengan $Re_h = 7,15 \times 10^4$



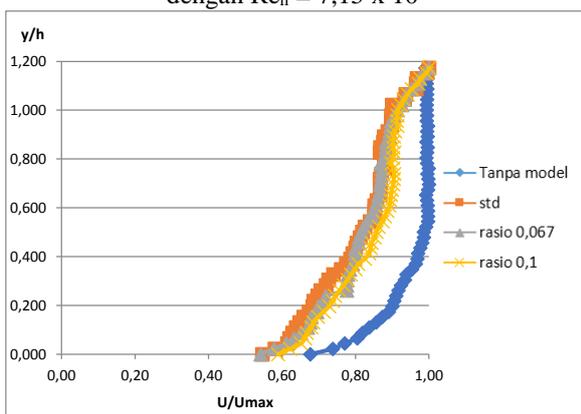
Gambar 16. Grafik u/U_{max} – y/h pada $X/L = 0,41$ dengan $Re_h = 5,20 \times 10^4$



Gambar 20. Grafik u/U_{max} – y/h pada $X/L = 0,41$ dengan $Re_h = 7,15 \times 10^4$



Gambar 21. Grafik $u/U_{max} - y/h$ pada $X/L = 0,49$ dengan $Re_h = 7,15 \times 10^4$



Gambar 22. Grafik $u/U_{max} - y/h$ pada $X/L = 0,57$ dengan $Re_h = 7,15 \times 10^4$

Gambar 11 – 22 adalah grafik *velocity profile* (V_p) pada rasio $X/L=0,34; 0,41; 0,49; 0,49$ pada $Re_h=3,09 \times 10^4; 5,20 \times 10^4; 7,15 \times 10^4$. Dari data *velocity profile* (V_p) diatas didapatkan kesimpulan bahwa secara keseluruhan defisit momentum tertinggi pada model uji standart $0,03(1/10)$ dan defisit momentum terkecil terjadi pada model uji dengan variasi rasio panjang *leading edge* $0,1(1/10)$. Semakin kecil nilai defisit momentum maka nilai koefisien *drag pressure* (C_{DP}) akan turun yang mengakibatkan bahan bakar yang digunakan untuk melawan hambatan udara juga berkurang dan meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar.

Data Hubungan Antara C_{DP} Dan C_{LP} Dengan *Velocity Profile* (V_p)

Tabel 1. Data C_{DP} , C_{LP} , dan V_p pada $Re_h = 3,09 \times 10^4$

KECEPATAN RENDAH $Re_h = 3,09 \times 10^4$									
No	Variasi	C_{DP}	C_{LP}	Presentase %		Presentase Defisit Momentum (%)			
				C_{DP}	C_{LP}	$X/L(0,34)$	$X/L(0,41)$	$X/L(0,49)$	$X/L(0,57)$
1	0,03 (standart)	0,7139	0,3132	-	-	21,6	10,00	6,99	5,45
2	0,067	0,5961	0,2260	-16,51	-27,85	19,2	9,89	6,77	5,09
3	0,1	0,5674	0,2625	-20,53	-16,21	18,7	9,57	5,87	4,35

Tabel 2. Data C_{DP} , C_{LP} , dan V_p pada $Re_h = 5,20 \times 10^4$

KECEPATAN SEDANG $Re_h = 5,20 \times 10^4$									
No	Variasi	C_{DP}	C_{LP}	Presentase %		Presentase Defisit Momentum (%)			
				C_{DP}	C_{LP}	$X/L(0,34)$	$X/L(0,41)$	$X/L(0,49)$	$X/L(0,57)$
1	0,03 (standart)	0,7352	0,3404	-	-	11,8	5,98	4,04	2,88
2	0,067	0,6807	0,2871	-7,40	-15,66	10,5	5,37	3,70	2,76
3	0,1	0,6479	0,2930	-11,87	-13,94	10,0	5,22	3,31	2,35

Tabel 3. Data C_{DP} , C_{LP} , dan V_p pada $Re_h = 7,15 \times 10^4$

KECEPATAN TINGGI $Re_h = 7,15 \times 10^4$									
No	Variasi	C_{DP}	C_{LP}	Presentase %		Presentase Defisit Momentum (%)			
				C_{DP}	C_{LP}	$X/L(0,34)$	$X/L(0,41)$	$X/L(0,49)$	$X/L(0,57)$
1	0,03 (standart)	0,7799	0,4777	-	-	7,7	4,14	2,83	1,92
2	0,067	0,7102	0,2903	-8,93	-39,24	7,2	3,83	2,62	1,80
3	0,1	0,6514	0,2814	-16,47	-41,09	6,9	3,64	2,29	1,55

Dilihat dari data pada tabel 1, 2, 3 diketahui bahwa untuk setiap penambahan variasi rasio panjang *leading edge* pada semua Re_h menyebabkan nilai koefisien *drag pressure* (C_{DP}) turun. Pada semua variasi rasio panjang *leading edge* untuk $Re_h = 3,09 \times 10^4$ didapatkan nilai C_{DP} yang berbeda, dan penurunan yang terbaik terdapat pada variasi rasio panjang *leading edge* $0,1$ dengan nilai $0,5674$ atau turun $20,53\%$ dari keadaan standart. Pada semua variasi rasio panjang *leading edge* untuk $Re_h = 5,20 \times 10^4$ didapatkan nilai C_{DP} yang berbeda, dan penurunan yang terbaik terdapat pada variasi rasio panjang *leading edge* $0,1$ dengan nilai $0,6479$ atau turun $11,87\%$ dari keadaan standart. Pada semua variasi rasio panjang *leading edge* untuk $Re_h = 3,09 \times 10^4$ didapatkan nilai C_{DP} yang berbeda, dan penurunan yang terbaik terdapat pada variasi rasio panjang *leading edge* $0,1$ dengan nilai $0,6514$ atau turun $16,47\%$ dari keadaan standart. Dapat diketahui bahwa penurunan terbanyak terjadi pada $Re_h = 3,089 \times 10^4$ yakni turun $20,53\%$ dari keadaan standart dengan Re_h yang sama.

Dari data diatas dapat diketahui bahwa dengan melakukan variasi rasio panjang *leading edge* mampu membuat koefisien *lift pressure* (C_{LP}) menurun. Penurunan C_{LP} terbanyak terjadi pada variasi rasio panjang *leading edge* dengan $Re_h = 7,15 \times 10^4$ nilainya adalah $0,2814$ atau turun sebesar $41,09\%$ dari keadaan standart dengan nilai Re_h yang sama.

Dari data pada tabel 1, 2, 3 juga diketahui bahwa setiap penurunan defisit momentum aliran pada setiap rasio X/L dan Re_h maka akan diikuti dengan turunnya nilai koefisien *drag pressure* (C_{DP}).

Dari data diatas yang diharapkan adalah nilai C_{DP} yang terendah yaitu pada variasi rasio panjang *leading edge* $0,1$ pada semua variasi Re_h . nilai C_{DP} yang paling kecil terdapat pada variasi rasio panjang *leading edge* $0,1$ pada $Re_h = 3,09 \times 10^4$ (19 km/jam), hal ini karena jika nilai C_{DP} semakin kecil maka gaya hambat akan

semakin berkurang, sehingga bahan bakar yang digunakan untuk melawan gaya hambat berkurang dan efisiensi konsumsi bahan bakar meningkat. Untuk nilai C_{LP} yang paling kecil terdapat pada variasi rasio panjang *leading edge* 0,1 pada $Re_h = 7,15 \times 10^4$ (44 Km/Jam) hal ini akan membuat kendaraan lebih stabil waktu dikendarai karena jika C_{LP} semakin kecil maka gaya angkat yang dihasilkan juga berkurang. Pada variasi rasio panjang *leading edge* standart 0,03(1/30) titik separasi terjadi pada titik $x/l = \pm 0,438$ pada semua variasi Re_h , pada variasi rasio panjang *leading edge* 0,067(1/15) titik separasi terjadi pada titik $x/l = \pm 0,471$ pada semua variasi Re_h , Pada variasi rasio panjang *leading edge* 0,1(1/10) titik separasi terjadi pada titik $x/l = \pm 0,505$ pada semua variasi Re_h .

PENUTUP

Simpulan

- Dengan menambah variasi rasio panjang *leading edge* dapat membuat peningkatan koefisien tekanan (C_p) dengan perlahan dan mengurangi kenaikan C_p yang tiba – tiba.
- Dengan menambah variasi rasio panjang *leading edge* dapat menurunkan koefisien *drag pressure*. Penurunan koefisien *drag pressure* terbanyak adalah pada variasi rasio panjang *leading edge* 0,1 (1/10) dengan $Re_h = 3,09 \times 10^4$ yakni 0,57 atau turun 20,53% dari model standart (0,03) pada Re_h yang sama. Dengan demikian variasi rasio panjang *leading edge* dapat menurunkan koefisien *drag pressure* (C_{DP}), sehingga gaya hambat yang dihasilkan juga turun dan membuat penggunaan bahan bakar untuk melawan hambatan juga berkurang dan efisiensi penggunaan bahan bakar meningkat.
- Dengan menambah variasi rasio panjang *leading edge* dapat menurunkan koefisien *lift pressure* (C_{LP}). Penurunan terbanyak adalah pada variasi rasio panjang *leading edge* 0,1 (1/10) dengan $Re_h = 7,15 \times 10^4$ (44Km/Jam) yakni 0,28 atau turun sebanyak 41,09% dari model kendaraan standart(0,03) pada Re_h yang sama. Dengan berkurangnya koefisien *lift pressure* (C_{LP}) maka gaya angkat yang dihasilkan semakin kecil dan membuat kendaraan lebih stabil ketika dikendarai.
- Dengan menambah variasi rasio panjang *leading edge* membuat defisit momentum sedikit berkurang untuk semua variasi Re_h dan dengan menambah titik X/L di belakang model membuat defisit momentum berkurang dengan signifikan dalam semua variasi Re_h
- Pada variasi rasio panjang *leading edge* standart 0,03(1/30) titik separasi terjadi pada titik

$x/l = \pm 0,438$ pada semua variasi Re_h , pada variasi rasio panjang *leading edge* 0,067(1/15) titik separasi terjadi pada titik $x/l = \pm 0,471$ pada semua variasi Re_h , Pada variasi rasio panjang *leading edge* 0,1(1/10) titik separasi terjadi pada titik $x/l = \pm 0,505$ pada semua variasi Re_h .

Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya:

- Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan variasi dari modifikasi kendaraan agar C_{DP} dan C_{LP} yang didapatkan lebih optimal.
- Sebelum melakukan pengujian disarankan untuk melakukan kalibrasi pada instrumen yang digunakan pada penelitian dan melakukan pengecekan pada setiap alat yang digunakan serta membersihkan dan menyimpan semua instrumen dan alat yang telah digunakan.
- Waktu melakukan pengambilan data dengan manometer digital harus sama tiap titiknya.
- Untuk perusahaan yang memproduksi kendaraan *pick up* disarankan lebih memperhatikan faktor aerodinamika pada kendaraan, seperti C_{DP} untuk mengurangi konsumsi bahan bakar karena kendaraan *pick up* memiliki jarak tempuh yang lebih jauh dari pada mobil kecil lainnya dan beban yang dibawa lebih berat, juga C_{LP} untuk menambah tingkat keamanan ketika berkendara.

DAFTAR PUSTAKA

- Aria, Agus Wibawa. 1999. “Perbaikan Karakteristik Aerodinamika Pada Kendaraan Niaga”. *Jurnal Teknik Mesin*. Surabaya: FT UK Petra.
- Barnard, R.H.2009. *Road Vehicle Aerodynamic Design*. Third Edition. Hertfordshire: Mech Aero Publishing.
- Dyke, Milton Van. 1986. *An Album of Fluids Motion Standfords*. Departement of Mechanical Engineering Standford University.
- Fox, Robert W. and Mc. Donald, Alan T. 2003. *Introduction to Fluid Mechanics 6th Edition*. New York: John Willey & Sons, Inc.
- Gillespie, Thomas D. 1992. *The Issue of Vehicle Dynamics*. Warrendale, PA : *Society of Automotive Engineers*, Inc.
- Hidayat, Ahmad Khusnul. 2018. “Eksperimen Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan *Leading Edge* Terhadap Karakteristik Aerodinamika Kendaraan Bus”. Universitas Negeri Surabaya. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*. Vol. 7(3): hal. 117-126. Surabaya
- <https://www.carmudi.co.id/mobilbaru/merek/daihatsu/gran-max-pickup/>, diakses pada 20 Mei 2019

- Hucho, Wolf-Henrich, and Sovran G. 1993. *Aerodynamics of Road Vehicles*. Annual Review of Fluid Mechanics. Vol. 25(1), pp485-537.
- Hucho, Wolf-Henrich. 2013. *Hucho-Aerodynamic des Automobil*. 6 Auflage. Munchen: Springer Vieweg.
- Katz, Joseph. 1995. *Race Car Aerodynamics of Road Vehicles*, Schwabach: Germany.
- Katz, Joseph. 2006. *Aerodynamics Of Race Car*. San Diego: Departement of Aerospace Engineering, San Diego State University.
- Muchammad. 2006. "Perhitungan Gaya Drag Pada Benda Uji Pelat Persegi Datar Menggunakan Low Speed Wind Tunnel". Universitas Diponegoro. *Jurnal Teknik Mesin* Vol.2(1). Semarang
- Nevers, Noel De. 1991. *Fluid Mechanics for Chemical Engineers*. 2nd Edition. New York: Mc Graw Hill.
- Prihadnyana, Yudhi., Widayana, ST Gede., Dantes, Kadek Rihendra. 2017. Analisis Aerodinamika Pada Permukaan Bodi Kendaraan Mobil Listrik Gaski (Ganesha Sakti) Dengan Perangkat Lunak Ansys 14.5". Universitas Pendidikan Ganesha. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*. Vol.8(2). Denpasar.
- Sutantra, I Nyoman. 2001. *Teknologi Otomotif Teori dan Aplikasinya*. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin FTI ITS.
- Sutantra, I Nyoman. 2010. *Teknologi Otomotif Teori dan Aplikasinya*. Edisi Kedua. Surabaya: Guna Widya Press.
- Tim Penyusun Buku Pedoman Penulisan Skripsi. 2014. *Pedoman Penulisan Skripsi*. Surabaya: University Press
- Wahyuono, Heru Bagas. 2013. *Studi Experimen Karakteristik Aliran Turbulen Melintasi Empat Silinder Sirkular Tersusun Secara Equispaced Dengan Jarak Antar Silinder $P/D = 4$ Di Dekat Dinding Datar*. Tugas Akhir Teknik Mesin FTI – ITS: Surabaya
- Wijaya, Fiqih Hari. 2015. "Eksperimen Pengaruh Variasi Rasio Ketinggian Ujung *Leading Edge* dan Kemiringan sudut *Trailing Edge* Bodi Mobil Terhadap Karakteristik Aerodinamika Model Mobil Chev". Universitas Negeri Surabaya. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol.4(1). Surabaya.
- Young, Donald F., Munson, Bruce R., Okiishi, Theodore H., Huebsch, Wade W. 2011. *A Brief Introduction to Fluid Mechanics*. 5th Edition. New York: John Willey & Sons, Inc.