

Kajian Eksperimen Pola Aliran Udara 2-D yang Melintasi Kendaraan Model

I Putu Widiarta, Anak Agung Adhi Suryawan dan I Gusti Ketut Sukadana
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Aliran udara melintasi bodi kendaraan dapat mempengaruhi fenomena aliran yang terjadi, seperti terbentuk *back flow* dan *wake* akibat dari separasi aliran. Pola aliran udara dan distribusi tekanan statis pada kontur dapat terbentuk akibat dari aliran yang melintasi bodi kendaraan, analisis pola aliran dan distribusi tekanan akan menjadi lebih kompleks terhadap bentuk bodi yang berbeda. Penelitian visualisasi pola aliran udara yang melintasi bodi kendaraan dan distribusi tekanan statis pada kontur bodi dilakukan secara eksperimen, pengujian dilakukan di *wind tunnel*, dan diuji pada kecepatan udara 5,05 m/s. Bentuk bodi model kendaraan yang di gunakan adalah tipe *box*, *sedan* dan *sport*. Visualisasi pola aliran menggunakan media asap (*smoke machine*) dan distribusi tekanan statis diukur menggunakan *inclined manometer*. Separasi aliran akibat dari *blockage mass* pada model kendaraan *box* terjadi pada rasio $x/l = 0,12$, untuk model kendaraan *sedan* terjadi pada rasio $x/l = 0,25$. Separasi aliran akibat dari *back flow* pada model kendaraan *sedan* terjadi pada rasio $x/l = 0,77$, untuk model kendaraan *sport* terjadi pada rasio $x/l = 1$. Stagnasi aliran terjadi pada masing-masing model kendaraan pada rasio $x/l = 0$ dengan nilai $C_p = 1$. Dari hasil visualisasi, separasi aliran pada model kendaraan *box* terjadi lebih awal dibandingkan dengan model kendaraan *sedan* dan *sport*. Bentuk bodi yang lebih aerodinamis membuat aliran yang melintasi bodi lebih sedikit mengalami gangguan.

Kata kunci: pola aliran udara, titik separasi, titik stagnasi, distribusi tekanan statis, koefisien tekanan

Abstract

External flow cross over the vehicle body, can be affect the flow phenomena, such as *back flow* and *wake* consequence flow separation. The air flow pattern and static pressure distribution can be shaped from the result of flow cross over the vehicle body, analysis of air flow pattern and static pressure distribution will difference to diverge body geometry. The research on visualization of air flow pattern cross over vehicle body and static pressure distribution body contour conducted an experiment, testing is carried in a *wind tunnel* and tested at velocity 5.05 m/s. The body geometry used vehicle *box* type, *sedan* and *sport*. Air flow pattern visualization by *smoke media* and static pressure measured used *inclined manometer*. Flow separation due to *blockage mass* at *box* vehicle model had in ratio $x/l = 0.12$, for *sedan* vehicle model had in ratio $x/l = 0.25$. Separation due to *back flow* had in *sedan* vehicle model at ratio $x/l = 0.77$, *sport* vehicle model had in ratio $x/l = 1$. Flow stagnation had in each vehicle model at ratio $x/l = 0$, with C_p value = 1. From result of visualization, flow separation at *box* vehicle model had in more beginning just than *sedan* vehicle model and *sport*. a more aerodynamics body shape makes the flow less disturbed.

Keywords: air flow pattern, separation point, stagnation point, static pressure distribution, pressure coefficient.

1. Pendahuluan

Fenomena aerodinamis terjadi pada kendaraan disebabkan gerakan relatif udara sepanjang bodi kendaraan. Titik-titik sepanjang gerakan relatif dari udara di hubungkan satu dengan yang lainnya akan membentuk garis aliran (*streamline*). *Streamline* adalah garis aliran yang sedemikian rupa dalam sebuah medan kecepatan, dengan demikian *streamline* akan membentuk pola aliran udara pada sekeliling kendaraan, *streamline* pada posisi jauh dari bodi kendaraan membentuk pola aliran sejajar dan tidak terganggu, sedangkan *streamline* sekitar bodi kendaraan memiliki pola aliran sangat kompleks akibat dari bentuk bodi, sehingga disekeliling bodi kendaraan terjadi gangguan aliran udara [2].

Aliran eksternal yang melintasi suatu bodi kendaraan berpengaruh terhadap fenomena aliran yang terjadi seperti terbentuknya *wake*, *back flow* akibat dari separasi aliran dan peningkatan nilai tekanan statis pada kontur bodi, dengan demikian aliran eksternal melintasi suatu bodi dapat

membentuk pola aliran udara dan distribusi tekanan statis pada kontur bodi kendaraan [1].

Dalam hal ini adapun permasalahan yang akan dikaji, yaitu: bagaimana pola aliran udara 2-D dan distribusi tekanan statis kontur bodi pada masing-masing model kendaraan uji.

Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi: Fluida diasumsikan dalam kondisi *steady state*, *steady flow*, *incompressible flow*, dan *uniform* pada sisi *up stream*. Model kendaraan yang digunakan adalah model *box*, model *sedan*, dan model *sport*. Kecepatan udara di *wind tunnel* dijaga konstan 5,05 m/s dan temperatur ruang pengujian di jaga konstan. Pengukuran tekanan statis diambil sebanyak 30 titik di masing-masing model kendaraan uji dan tekanan di ambil *upper side* bodi kendaraan uji.

2. Dasar Teori

Aliran udara mengalir pada suatu benda terjadi lapisan-lapisan udara yang rata serta sejajar dengan

permukaan benda, maka aliran yang demikian disebut aliran udara laminar. Aliran laminar ini juga terjadi *boundary layer*, sehingga kecepatan aliran udara dekat dengan permukaan benda lebih kecil dibandingkan dengan kecepatan udara pada titik yang lebih jauh dari benda. Dalam *boundary layer* pengaruh viskositas relatif besar sehingga profil kecepatan tidak *uniform*. Diluar *boundary layer* tidak ada pengaruh viskositas sehingga aliran dapat dinyatakan *inviscid flow/fluid non viscous* [3].

Aliran laminar dan turbulen dapat dinyatakan dengan bilangan Reynolds yang merupakan perbandingan gaya inersia terhadap gaya geser [2].

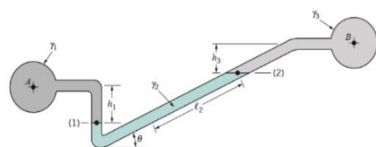
Fluida mengalir memiliki properti seperti: tekanan statis dan tekanan dinamis. Tekanan statis adalah tekanan termodinamika aktual dari fluida relatif statis terhadap fluida yang mengalir, tekanan dinamis adalah kuantiti dari energi kinetic fluida per unit volume. Tekanan dinamis dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [1]:

$$q_{\infty} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \quad (1)$$

Koefisien tekanan merupakan bilangan tak berdimensi yaitu selisih antara tekanan statis pada kontur bodi dengan tekanan statis *freestream*, dibagi tekanan dinamis. Koefisien tekanan (C_p) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [1]:

$$C_p = \frac{P_c - P_{\infty}}{q_{\infty}} \quad (2)$$

Gambar 1 menunjukkan skema *inclined manometer* yaitu alat ukur yang digunakan untuk mengukur perubahan tekanan yang relatif kecil dengan akurat. Perpindahan cairan dari titik awal menuju ke titik akhir (ΔL) pada *inclined manometer* merupakan jarak perpindahan cairan. Perubahan ketinggian cairan didapatkan dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan yaitu: $H = L \cdot \sin\theta$. berikut adalah gambar skema *inclined manometer* [2]:



Gambar 1. Skema alat ukur *inclined manometer*
Tekanan udara pada *inclined manometer* didapatkan dari persamaan berikut:

$$P_u = \rho_u \cdot g \cdot \frac{S_{g_m} \cdot h_m}{S_{g_u}} \quad (3)$$

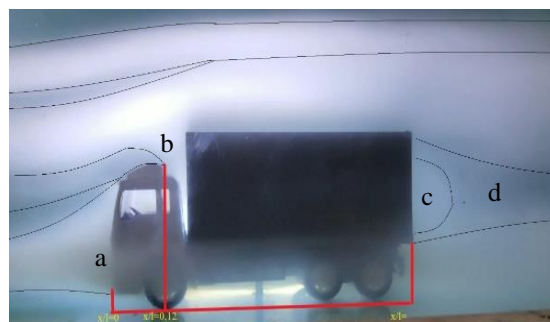
3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan cara eksperimen dan pengujian dilakukan di *wind tunnel* dengan di uji pada kecepatan udara konstan yaitu 5,05m/s. Bodi yang digunakan adalah model kendaraan tipe box, tipe sedan, dan tipe sport. Visualisasi pola aliran udara menggunakan media asap dan distribusi tekanan statis diukur menggunakan *inclined manometer*.

Data diambil saat penelitian adalah: kecepatan udara, temperatur udara, video visualisasi pola aliran udara pada masing-masing model kendaraan dan data

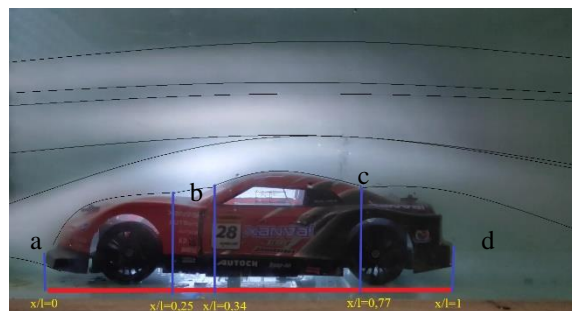
perpindahan jarak cairan (ΔL) pada *inclined tube manometer*. Data yang di dapatkan dari hasil pengolahan data pengujian awal adalah: mengolah video visualisasi menjadi gambar visualisasi pola aliran udara, bilangan Reynolds, tekanan dinamis *freestream*, tekanan statis *freestream*, tekanan statis kontur lokal dan koefisien tekanan (C_p).

4. Hasil dan Pembahasan Visualisasi Pola Aliran Udara Pada Model Kendaraan Box, Sedan dan Sport.



Gambar 2. Pola aliran udara pada model box

Gambar 2 adalah visualisasi pola aliran udara pada model kendaraan box. Titik a adalah daerah stagnasi aliran fluida dengan kecepatan udara pada titik a adalah 0 m/s. Fluida dari titik a bergerak menuju ke titik b, dimana titik b terjadi separasi aliran akibat *blockage mass* pada rasio $x/l = 0,12$. Aliran yang terseparasi terus bergerak menuju ke arah *down stream*. Pada titik c terjadi fenomena *vortex* dan *wake* (daerah bertekanan rendah) terjadi pada titik d.



Gambar 3. Pola Aliran Udara Pada Model Sedan

Gambar 3 adalah hasil visualisasi pola aliran udara pada model kendaraan sedan. Titik a adalah daerah stagnasi aliran udara terjadi pada ratio $x/l = 0$. Dari titik a udara bergerak menuju ke titik b, dimana titik b terjadi separasi aliran akibat *blockage mass* pada rasio $x/l = 0$. Aliran yang terseparasi bergerak menuju ke arah *down stream* dan kembali terseparasi akibat dari *back flow* terjadi pada rasio $x/l = 0,77$. Titik d adalah daerah *wake* (daerah bertekanan rendah) terjadi di belakang model kendaraan sedan.

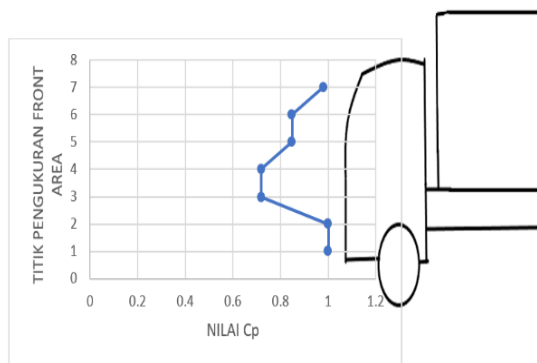
Gambar 4 adalah hasil visualisasi pola aliran udara pada model kendaraan sport. Titik a adalah titik stagnasi aliran terjadi pada rasio $x/l = 0$. Udara dari titik a bergerak menuju ke arah *down stream*

sampai pada rasio $x/l= 1$ aliran terjadi separasi akibat *back flow*. Titik d terjadi *wake* (daerah bertekanan rendah).

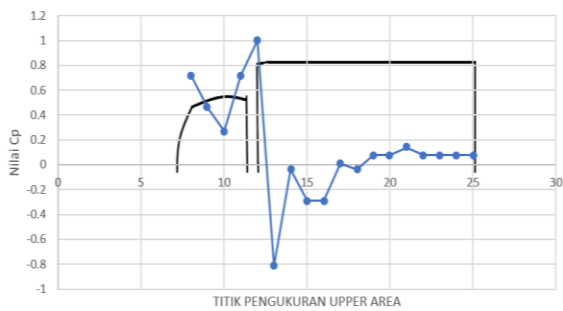


Gambar 4. Pola Aliran Udara Pada Model Sport.

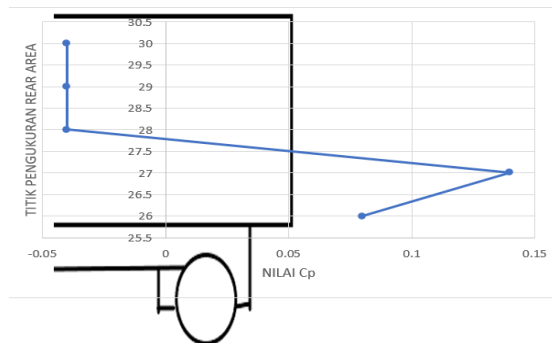
4.1 Analisa Grafik Koefisien Tekanan (Cp) Pada Model Kendaraan Box, Sedan, Sport dan Grafik Perbandingan.



Gambar 5. Grafik distribusi Cp Upper area model kendaraan box

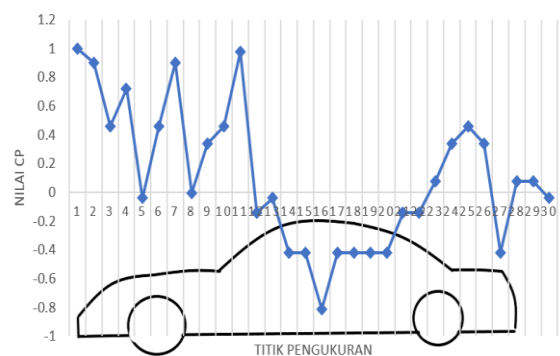


Gambar 6. Grafik distribusi Cp pada model kendaraan box



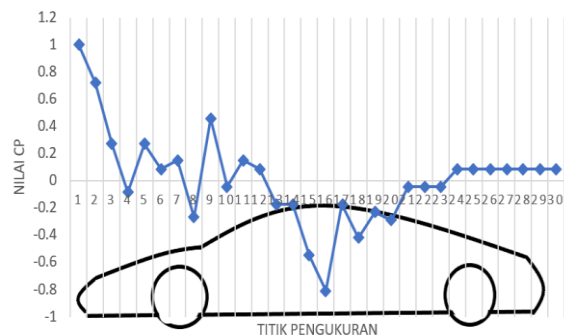
Gambar 7. Grafik distribusi Cp pada rear area model kendaraan box

Gambar 5 adalah grafik distribusi nilai cp area depan pada model kendaraan box, nilai Cp pada area depan (zona stagnasi) tidak semua = 1 hal tersebut akibat dari masa yang mengumpul diarea depan model kendaraan atau terjadi *forward bound vortex*. Gambar 6 adalah grafik distribusi Cp pada model kendaraan box di *upper area* (area atas). Aliran kembali terjadi stagnasi pada titik pengukuran tekanan nomer 12 yaitu pada rasio $x/l= 0,24$ dengan nilai $Cp=1$. Nilai Cp menurun drastis terjadi pada titik pengukuran tekanan nomer 13 yaitu pada rasio $x/l= 0,30$ dengan nilai $CP = -0,81$. Gambar 7 adalah grafik distribusi Cp pada belakang model kendaraan box. Nilai Cp yang rendah di belakang model kendaraan mengakibatkan terjadi fenomena *vortex* dan *wake*.



Gambar 8. Grafik distribusi Cp pada model kendaraan sedan

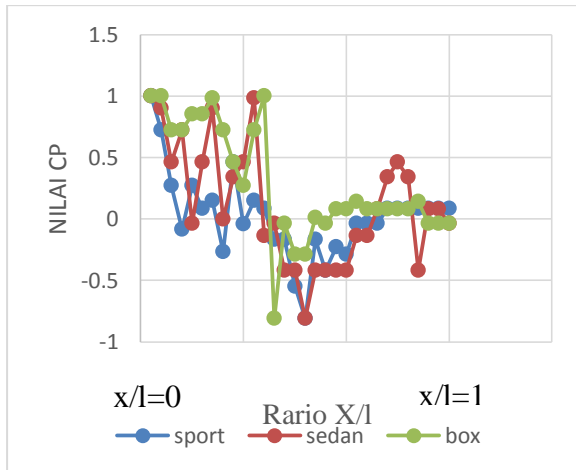
Gambar 8 menunjukkan grafik distribusi Cp pada model kendaraan sedan. Stagnasi aliran udara pada model kendaraan sedan terjadi pada rasio $x/l= 0$ dengan nilai $Cp = 1$ dan nilai tekanan statis kontur tertinggi. Penurunan nilai Cp hingga mencapai nilai Cp terendah yaitu: $-0,81$ terjadi rasio $x/l= 0,55$ dan nilai tekanan statis terendah. Nilai Cp kembali meningkat menuju kearah positif dan diikuti dengan meningkatnya nilai tekanan statis pada kontur bodi, dengan meningkatnya nilai Cp maka terjadi fenomena *back flow* (aliran balik), akibat dari *back flow* aliran terseparasi dari kontur bodi kendaraan.



Gambar 9. Grafik distribusi Cp pada model kendaraan sport.

Gambar 9 menunjukkan grafik distribusi Cp pada model kendaraan sport. Stagnasi aliran terjadi pada model kendaraan sport pada rasio $x/l= 0$ dengan nilai

$C_p = 1$ dengan nilai tekanan statis tertinggi dan kecepatan udara 0 m/s. Nilai C_p mengalami penurunan diikuti penurunan nilai tekanan statis pada kontur bodi sampai nilai C_p paling rendah yaitu pada rasio $x/l = 0,43$ dengan nilai $C_p = -0,81$. Nilai C_p mengalami peningkatan menuju ke arah positif sampai nilai C_p menjadi konstan yaitu: dari titik pengukuran 24 sampai titik pengukuran 30.



Gambar 10. Grafik distribusi perbandingan C_p .

Dari Gambar 10 menunjukkan grafik distribusi C_p yang dibandingkan dengan rasio x/l , stagnasi aliran di masing-masing model kendaraan terjadi pada rasio $x/l = 0$. Fluktuasi nilai C_p pada model kendaraan sport lebih landai dibandingkan dengan model kendaraan box dan sedan, hal ini disebabkan oleh bentuk bodi pada model kendaraan sport lebih aerodinamis sehingga aliran dapat mengikuti kontur bodi dan aliran lebih sedikit mengalami gangguan.

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian kajian eksperimen pola aliran udara dapat disimpulkan sebagai berikut: Separasi aliran akibat dari *blockage mass* terjadi pada model kendaraan box pada rasio $x/l = 0,12$, untuk model kendaraan sedan terjadi pada rasio $x/l = 0,25$. Separasi aliran akibat dari *back flow* terjadi pada model kendaraan sedan pada rasio $x/l = 0,77$, untuk model kendaraan sport terjadi pada rasio $x/l = 1$. Dibelakang masing-masing model kendaraan terjadi *wake*, dan *vortex* hanya terjadi pada model kendaraan box.

Dari hasil visualisasi, separasi aliran pada model kendaraan box terjadi lebih awal dibandingkan dengan model kendaraan sedan dan sport. Bentuk bodi yang lebih aerodinamis membuat aliran yang melintasi bodi lebih sedikit mengalami gangguan. Stagnasi aliran pada masing-masing model kendaraan terjadi pada rasio $x/l = 0$.

Nomenclature

q_∞ = Tekanan dinamis (N/m^2)
 ρ = Densitas fluida (Kg/m^3)
 v = Kecepatan fluida (m/s)
 C_p = Koefisien tekanan
 P_c = Tekanan statis kontur lokal (N/m^2)

P_∞ = Tekanan statis *freestream* (N/m^2)
 q_∞ = Tekanan dinamis (N/m^2)
 P_u = Tekanan udara (N/m^2)
 ρ_u = Densitas udara (Kg/m^3)
 g = Gravitasi (m/s)
 Sg_m = *specific gravity* minyak
 Sg_u = *specific gravity* udara
 h_m = ketinggian minyak (m)

Daftar Pustaka

- [1]. Anderson. J. D., 2005, **Fundamental Of Aerodynamic**, Fifth Edition, McGraw-Hill, International Edition.
- [2]. Munson. B. R., 2010, **Fundamental Of Fluid Mechanics**, Six Edition, Jonh Wiley and Sons, Inc.
- [3]. Schlichting H., 1968, **Boundary Layer Theory**, McGraw-Hill, Series Mechanical Enggineering.



I Putu Widiarta menyelesaikan studi S1 di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana pada tahun 2020. Bidang penelitian yang diminati adalah topik berkaitan dengan konversi energi yaitu: di bidang mekanika fluida, aerodinamika dan termodinamika.