

Terbit online pada laman web jurnal : <http://metal.ft.unand.ac.id>**METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal**

| ISSN (Print) 2598-1137 | ISSN (Online) 2597-4483 |



Artikel Penelitian

Kajian Aerodinamika Pada Model Kendaraan dengan Penerapan Kontrol Aktif Suction

Rustan Tarakka¹, Nasaruddin Salam¹, Jalaluddin¹, Wawan Rauf², Muhammad Ihsan³

¹Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Jalan Poros Malino, KM.6, Gowa, 92172

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gorontalo, Jalan Jenderal Sudirman, Gorontalo, 96211

³Sekolah Tinggi Teknik Baramuli, Jl. Pole Baramuli Km. 3, Pinrang, 91215

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 11 Januari 2021

Revisi Akhir: 6 April 2021

Diterbitkan Online: 28 April 2021

KATA KUNCI

Aerodinamika

Model kendaraan

Kontrol aktif suction

KORESPONDENSI

E-mail: rustan_tarakka@yahoo.com

A B S T R A C T

As the air flow reaches the rear part of the vehicle the flow will undergo separation generated by friction and fluid viscosity, and creating wake, considerably large turbulent area with low pressure at the rear of the vehicle which results in pressure drag which can reduce vehicle performance. The research was carried out with a computational and experimental approach. The test model used in this study is a model of a family van model which is a modification of the Ahmed body model. The rear part of the vehicle model is equipped with an active control feature in the form of a suction with a slant angle (α) of 35° . The upstream speed and suction speed are 11.1 m/s and 0.5 m/s, respectively. The results obtained indicate that the application of active suction control is able to reduce wake formation and delay flow separation compared to the uncontrolled model, and is able to increase the minimum pressure coefficient on the rear wall of the vehicle model with an increase of 41.49%, and is able to reduce the drag coefficient by 11.0260% for the approach. computation and 11.0080% for the experimental approach.

1. PENDAHULUAN

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam merancang bodi kendaraan adalah faktor aerodinamika. Aerodinamika pada kendaraan sangat erat hubungannya dengan kecepatan kendaraan dan hambatan udara karena berkaitan dengan karakteristik medan aliran pada bodi kendaraan dan timbulnya gaya tekanan serta gaya hambat yang mempengaruhi jumlah konsumsi bahan bakar [1]. Aliran di sekitar kendaraan merupakan aliran yang kompleks dimana akan menyebabkan tekanan ke dalam lapisan batas. Ketika aliran udara mencapai bagian belakang kendaraan, aliran akan mengalami separasi (pemisahan aliran) yang disebabkan oleh faktor gesekan dan viscositas fluida sehingga terbentuk daerah turbulen yang besar dengan tekanan yang

rendah di bagian belakang kendaraan yang disebut olakan (*wake*). Fenomena olakan ini berakibat pada terjadinya *pressure drag* yang dapat menurunkan performa kendaraan [2].

Pada kendaraan, separasi aliran yang terjadi sangat kompleks. Separasi aliran pada bagian bawah body, roda, dinding bagian samping, tepi atas dan samping kaca belakang, memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kompleksitas aliran. Perbedaan tekanan antara bagian depan dan bagian belakang kendaraan merupakan kontributor utama dari keseluruhan *drag* yang disebabkan oleh adanya separasi aliran pada bagian belakang kendaraan [3-4]. Perbedaan tekanan ini menimbulkan fenomena hisapan ke arah belakang akibat aliran balik yang terjadi pada bagian

belakang kendaraan [5]. Semakin cepat separasi aliran terjadi, maka pembentukan *wake* dan *vortex* di bagian belakang kendaraan akan semakin besar. Hal ini berdampak pada pengurangan kecepatan kendaraan, peningkatan konsumsi bahan bakar, dan mengarah pada efisiensi kinerja kendaraan yang semakin rendah [6].

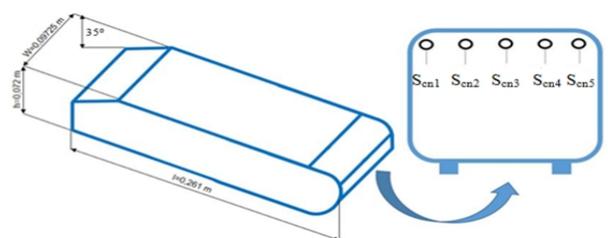
Pengembangan kendaraan saat ini, membutuhkan basis aerodinamika yang kuat untuk meningkatkan kontrol aliran, baik berupa alat kontrol pasif maupun kontrol aktif. Teknik kontrol aliran yang sudah dikembangkan dapat dibedakan menjadi 4 berdasarkan konfigurasi dan tujuannya, salah satu diantaranya adalah melakukan kontrol aliran dengan aktuasi sepanjang dinding *downstream* daerah dimana separasi terjadi. Kontrol aliran tersebut berupa tiupan (*blowing*) atau hisapan (*suction*)[7].

Roumeas, et.al. telah melakukan penelitian kontrol aktif dengan metode hisapan yang mempunyai kemiringan bagian belakang mobil 25°. Hasilnya menunjukkan pengurangan *drag* hingga 18%[8]. Sementara, Tarakka R., et.al. juga telah melakukan penelitian tentang kontrol aktif aliran *suction* pada beberapa model kendaraan dengan variasi geometri muka. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan peningkatan koefisien tekanan sebesar 26.50% dan pengurangan hambatan aerodinamika sebesar 14.74% untuk pendekatan komputasional dan 13.57% untuk pendekatan eksperimental[9].

2. METODOLOGI

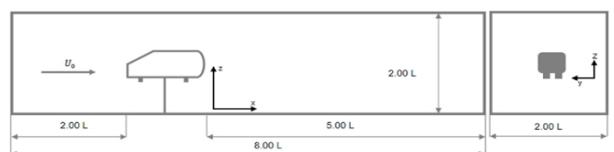
Model uji yang digunakan pada penelitian ini merupakan model sebuah mobil keluarga (van model) yang sering disebut juga sebagai *bluff body* karena model ini adalah hasil modifikasi dari model Ahmed body. Modifikasi ini dimaksudkan agar model yang digunakan mirip dengan bentuk kendaraan keluarga yang sesungguhnya. Pada penelitian ini akan membandingkan hasil model uji tanpa kontrol aktif aliran dengan model uji yang dilengkapi dengan fitur kontrol aktif berupa hisapan (*suction*) dengan sudut kemiringan

geometri depan atau *slant angel* (α) 35°. Model uji diperlihatkan pada Gambar 1. Pada tepi atas dan bawah belakang model uji, memiliki jari-jari kelengkungan sehingga ketika dilihat dari tampak samping model memiliki keserupaan dalam arah sumbu z. Model uji ini memiliki rasio 0.17 (1 : 6) terhadap model Ahmed body standar dengan dimensi panjang (l) = 0.174 m, lebar (w) = 0.06483 m dan tinggi (h) = 0.048 m. Kontrol aktif aliran berupa *suction* ditempatkan pada bagian belakang model yang berbentuk lubang dengan diameter 0.007 meter dan jarak antar lubang 0.01081 meter.

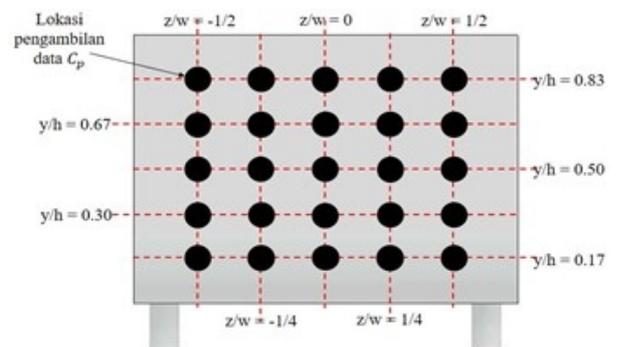


Gambar 1. Model Uji

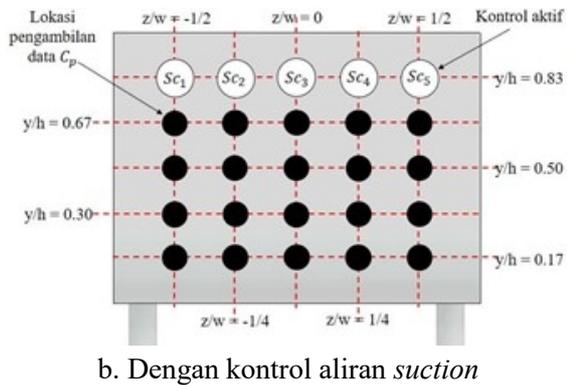
Pada penelitian ini digunakan pendekatan komputasi dan eksperimental. Pada pendekatan komputasi, digunakan software CFD Fluent 6.3. Domain komputasi diberikan pada Gambar 2. Sementara, tipe meshing yang digunakan adalah *tet/hybrid* jenis *hex core*.



Gambar 2. Domain komputasi



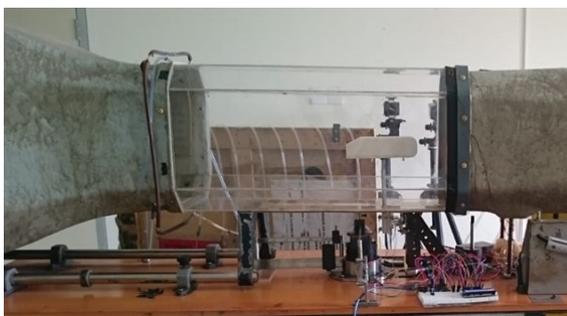
a. Tanpa kontrol aliran



Gambar 3. Lokasi pengambilan data distribusi tekanan

Adapun Lokasi pengambilan data medan tekanan difokuskan pada lima area berbeda, yaitu $z/w = -1/2$, $z/w = -1/4$, $z/w = 0$, $z/w = 1/2$ dan $z/w = 1/4$ sepanjang sumbu horizontal serta 5 area yaitu $y/h = 0.83$, $y/h = 0.67$, $y/h = 0.50$, $y/h = 0.30$, dan $y/h = 0.17$ sepanjang sumbu vertikal, dimana tinggi *grid* adalah 8 mm dan tinggi model uji adalah 48 mm. Dengan demikian, akan diperoleh data sebanyak 25 titik untuk model tanpa kontrol aktif dan 20 titik data untuk model dengan kontrol aktif *suction*. z/w adalah perbandingan antara lebar *grid* dengan lebar model, sedangkan y/h adalah perbandingan antara tinggi *grid* dengan tinggi model. Lokasi pengambilan data distribusi tekanan dengan pendekatan komputasi diberikan pada Gambar 3.

Pendekatan eksperimen dilakukan dengan memanfaatkan fasilitas terowongan angin sub-sonik. Pengukuran gaya hambatan dilakukan dengan menggunakan *load cell*. Sementara, eksperimen setup diperlihatkan pada Gambar 4.

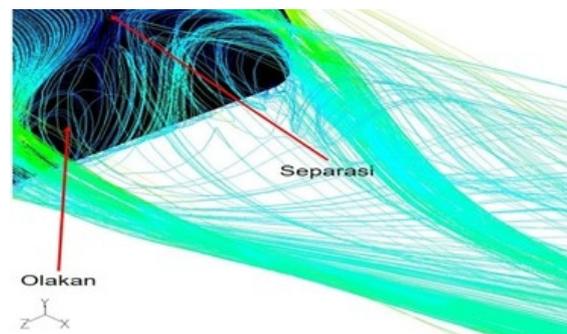


Gambar 4. Experimen setup

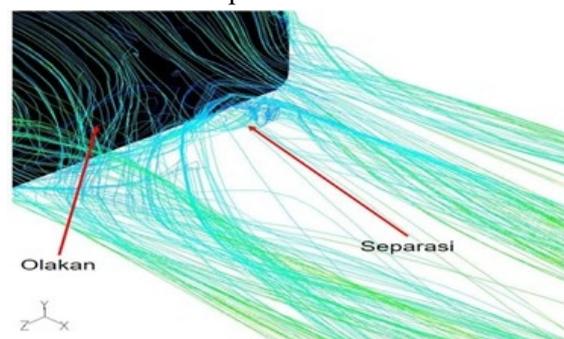
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Medan Kecepatan

Untuk model tanpa kontrol aktif *suction* seperti yang terlihat pada Gambar 5 (a) menunjukkan pembentukan olakan yang cukup besar pada bagian belakang model kendaraan. Olakan yang cukup besar ini diakibatkan oleh proses separasi aliran yang terjadi tepat pada dinding atas bagian belakang model kendaraan sehingga menimbulkan fenomena hisapan ke arah belakang. Hisapan ke arah belakang inilah merupakan kontributor utama hambatan aerodinamika sehingga bisa dipastikan gaya hambat yang diterima oleh model tanpa kontrol aktif cukup besar. Besarnya olakan pun mengindikasikan besarnya tekanan negatif pada dinding belakang model kendaraan. Akibat perlambatan aliran pada sisi tengah bagian belakang model kendaraan, menyebabkan aliran akan terdorong mengalir ke sisi samping model kendaraan sehingga terbentuk *vortex* longitudinal.



a. Tanpa kontrol aliran



b. Dengan kontrol aliran *suction*

Gambar 5. Pathline kecepatan pada kecepatan upstream, $U_0=11.1$ m/s

Untuk model kendaraan dengan kontrol *suction* dengan kecepatan 0.5 m/s seperti yang ditampilkan pada Gambar 5 (b) menunjukkan pembentukan olakan yang cenderung kecil dibandingkan dengan model tanpa kontrol aktif aliran. Hal ini disebabkan karena terjadi penundaan proses separasi aliran pada dinding belakang model kendaraan. Proses separasi cenderung menjauh dari dinding belakang model kendaraan sehingga meminimalisir fenomena hisapan ke arah belakang dan menurunkan intensitas tekanan negatif. *Vortex* longitudinal yang terbentuk pada sisi samping bagian belakang model kendaraan pun mengalami pengurangan secara signifikan. Penelitian serupa juga telah dilakukan oleh Harinaldi et al. yang menemukan bahwa penerapan kontrol aktif *suction* pada bagian belakang model kendaraan memiliki pengaruh berupa pengurangan pembentukan *wake*[10]. Dengan berkurangnya *wake* maka akan berdampak positif terhadap peningkatan performa kendaraan secara keseluruhan[11].

3.2. Medan Tekanan

Koefisien tekanan minimum yang diperoleh pada model tanpa kontrol aktif dengan nilai masing-masing dituliskan $z/w = -1/2$ sebesar -0.45159, $z/w = -1/4$ sebesar -0.41486, $z/w = 0$ sebesar -0.41486, $z/w = 1/4$ sebesar -0.41486 dan $z/w = 1/2$ sebesar -0.45159. Dengan rata-rata koefisien tekanan minimum sebesar -0.42955. Sementara, untuk model dengan kecepatan *suction* 0.5 m/s, terjadi peningkatan koefisien tekanan minimum rata-rata sebesar 41.49134%. Hasil masing-masing posisi $z/w = -1/2$, $z/w = -1/4$, $z/w = 0$, $z/w = 1/4$, dan $z/w = 1/2$ dituliskan -0.27332, -0.24032, -0.24032, dan -0.27332 dengan koefisien tekanan minimum rata-rata sebesar -0.25352. Nilai koefisien tekanan minimum dengan kecepatan *upstream* 11,1 m/s dirangkum pada Tabel 1.

Pada kecepatan *upstream* 11.1 m/s untuk model uji tanpa kontrol aliran, menunjukkan pembentukan olakan yang besar dan proses separasi yang terjadi terlalu cepat, hal ini bersesuaian dengan pola aliran yang ditunjukkan pada Gambar 5(a). Sementara, untuk model dengan penerapan kontrol aktif *suction* dengan kecepatan 0.5 m/s memberikan

pengaruh positif terhadap peningkatan koefisien tekanan. Hal ini disebabkan karena terjadi penundaan separasi aliran yang mengakibatkan pembentukan *wake* yang semakin kecil dan terkonfirmasi dari hasil *pathline* kecepatan pada Gambar 5(b). Hasil yang diperoleh dari penelitian ini juga sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Krajnovic & Fernandes yang menemukan bahwa penggunaan kontrol aktif aliran yang diposisikan pada tepi atas bagian belakang model kendaraan dapat meningkatkan tekanan dasar[12].

Tabel 1. Koefisien tekanan minimum pada kecepatan *upstream*, $U_0 = 11.1$ m/s

Posisi	Tanpa kontrol aliran	Dengan <i>suction</i> , $U_{sc} = 0.5$ m/s
$z/w = -1/2$	-0.45159	-0.27332
$z/w = -1/4$	-0.41486	-0.24032
$z/w = 0$	-0.41486	-0.24032
$z/w = 1/4$	-0.41486	-0.24032
$z/w = 1/2$	-0.45159	-0.27332
Rata-rata	-0.42955	-0.25352
Peningkatan C_p (%)	-	41.49134

3.3. Hambatan Aerodinamika

Model kendaraan tanpa kontrol aktif aliran, nilai koefisien *drag* yang dihasilkan sebesar 1.98941 untuk komputasi dan 1.88183 untuk eksperimental dengan selisih koefisien *drag* sebesar 5.4074%. Sementara, untuk model kendaraan dengan penerapan kontrol aktif aliran *suction* dengan kecepatan 0.5 m/s mengalami reduksi koefisien *drag* sebesar 11.0260% untuk pendekatan komputasi dan 11.0080% untuk pendekatan eksperimen. Besaran koefisien *drag* masing-masing pendekatan dituliskan 1.7700 untuk komputasi dan 1.6747 untuk pendekatan eksperimental dengan selisih koefisien *drag* sebesar 5.3883%. Perbandingan nilai koefisien *drag* pada kecepatan *upstream* 11.1 m/s secara komputasi dan eksperimen diberikan pada Tabel 2. Hasil yang diperoleh ini, sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Lehugaur & Gilieron yang menemukan bahwa penggunaan kontrol aktif *suction* pada model kendaraan mampu mereduksi hambatan aerodinamika kendaraan[13].

Tabel 2. Perbandingan koefisien drag pada pada kecepatan upstream, $U_0 = 11.1$ m/s

Model	Koefisien drag (C_d)		Selisih C_d (%)
	Komputasi	Eksperimental	
Tanpa kontrol aliran	1.9894	1.8818	5.4074
Dengan suction, $U_{sc}=0.5$ m/s	1.7700	1.6747	5.3883
Reduksi (%)	11.0260	11.0080	-

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini, penggunaan kontrol aktif suction dengan kecepatan 0.5 m/s dan kecepatan upstream 11.1 m/s pada bagian belakang model kendaraan dengan sudut kemiringan geometri depan atau slant angle (α) 35° dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Mampu mengurangi pembentukan wake dan menunda separasi aliran dibandingkan dengan model tanpa kontrol.
2. Mampu meningkatkan koefisien tekanan minimum pada dinding belakang model kendaraan. Nilai koefisien tekanan minimum rata-rata tertinggi yaitu sebesar -0.25352 dengan peningkatan sebesar 41.49%.
3. Mampu mereduksi koefisien drag sebesar 11.0260% untuk pendekatan komputasi dan 11.0080% untuk pendekatan eksperimental.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Hasanuddin melalui Skema Penelitian Dasar Unhas (PDU) Tahun 2020 dengan No. Kontrak 15851UN4.22/PT.01.03/2020. Kami juga menyampaikan terima kasih kepada Kepala dan Staf Laboratorium Mekanika Fluida Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. D. Anderson, *Fundamental of Aerodynamics* 3rd ed., Singapore: McGraw-Hill, 2001.
- [2] N. P. Krishnani, *CFD Studi of Drag Reduction of a Generic Sport Utility Vehicle*, Mumbai University, 2006.
- [3] A. Brunn, E. Wassen, D. Sperber, W. Nitsche, F. Thiele, *Active Drag Control for a Generic Car Model*. DOI: 10.1007/978-3-540-71439-2_15, 2007.
- [4] C.H. Bruneau, *Computers & Fluids, Coupling Active and Passive Techniques to Control the Flow Past the Square Back Ahmed Body*. Vol. 39, pp. 1875-1892, 2010.
- [5] T.B. Hilleman, *Vehicle drag reduction with air scoop vortex impeller and trailing edge surface texture treatment*. *United State Patent No. : US 7, 192,007 B1*. Maret, 2007.
- [6] T. Ragavan, S. Palanikumar, D. Anastraj, and R. Arulalagan, *Journal of Basic and Applied Engineering Research, Aerodynamic Drag Reduction on Race Cars*. Vol. 1, No. 4, pp. 99–103, 2014.
- [7] J.L. Aider, J.F. Beaudoin, and J.E. Wesfreid, *Experimental in Fluids, Drag and Lift Reduction Of a 3D Bluff-Body using Active Vortex Generators*, 2009.
- [8] M. Roumeas, P. Gillieron, and A. Kourta, *Journal of Fluids Engineering, Separated Flow around the Rear Window of a Simplified Car Geometry*, Vol. 130, 2008
- [9] R. Tarakka, N. Salam, Jalaluddin & M. Ihsan, *International Review of Mechanical Engineering (I.RE.M.E.), Active Flow Control by Suction on Vehicle Models with Variations on Front Geometry*, Vol. 12, pp. 885-891, 2018.
- [10] Harinaldi, Budiarmo, Warjito, E. A. Kosasih, R. Tarakka, S.P. Simanungkalit, *Journal of Engineering and Applied Sciences, Active Technique by Suction to Control the Flow Structure over a Van Model*, Vol. 7, No. 2, pp. 215-222, 2012.
- [11] S. Hetawal, B. K. A. M. Gophane, and Y. Mukkamala, *Procedia Engineering, Aerodynamic Study of Formula SAE Car*, Vol 97, pp. 1198–1207, 2014.

- [12] S. Krajnovic & J. Fernandes, International Journal of Heat and Fluid Flow, *Numerical simulation of the flow around a simplified vehicle model with active flow control*. Vol. 32, No. 1, pp.192-200, 2011.
- [13] B. Lehugeur & P. Gillieron., Drag reduction by control of Apillar vortex breakdown on a simplified Car Geometry, *European Drag Reduction and Flow Control Meeting*, Ischia, Italy, 2006.

NOMENKLATUR

α	sudut kemiringan	[$^{\circ}$]
C_d	koefisien <i>drag</i>	[-]
C_p	koefisien tekanan	[-]
h	tinggi model	[m]
l	panjang model	[m]
w	lebar model	[m]
U_o	kecepatan <i>upstream</i>	[m/s]
U_{sc}	kecepatan <i>suction</i>	[m/s]
y/h	perbandingan antara tinggi <i>grid</i> dengan tinggi model	[-]
z/w	perbandingan antara lebar <i>grid</i> dengan lebar model	[-]