

Kajian efek perlakuan kontrol aktif dan pasif pada hambatan kendaraan

Wawan Rauf^{1,*}, Mohamad Rifal¹, Rahmad Hidayat Boli¹, Zulfikar Abdul Haris¹

¹Fakultas Teknik, Universitas Gorontalo

Jl Ahmad A Wahab, No 247 Gorontalo 96150

Email korespondensi: wawanrauf241193@yahoo.com

Abstrak

Peningkatan efisiensi konsumsi bahan bakar dan pengendalian kenaikan harga bahan bakar serta efek terhadap lingkungan menantang produsen berpikir diluar sistem kendaraan konvensional dengan berfokus pada hambatan aerodinamika yang dianggap merugikan serta berpengaruh negatif terhadap performa kendaraan secara umum. Berbagai upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi hambatan aerodinamika salah satunya adalah dengan menunda terjadinya separasi aliran. Menunda separasi artinya mengurangi aliran balik yang menimbulkan efek tarikan kearah belakang suatu kendaraan. Penundaan separasi dapat dilakukan dengan memberikan perlakuan kontrol pasif berupa dimple dan spoiler serta kontrol aktif berupa blowing pada titik separasi mulai terbentuk. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hambatan aerodinamika dengan pengaplikasian kontrol pasif dimple, spoiler, dan kontrol aktif blowing pada sisi atas bagian belakang model kendaraan dengan metode komputasi. Penentuan titik penempatan kontrol pasif maupun aktif didasarkan pada riset-riset sebelumnya yang menemukan bahwa sisi belakang merupakan area awal terbentuk separasi. Tes komputasi dilakukan pada kecepatan upstream $U_0=20$ m/s. Analisis pola aliran ditampilkan untuk mendukung hasil koefisien hambatan (C_d) yang diperoleh. Hasil analisis menunjukkan penerapan dimple, spoiler, dan blowing pada sisi atas bagian belakang model berhasil menunda separasi dan mengurangi aliran balik serta mengurangi besaran hambatan (C_d), dimana pengurangan hambatan terbesar diperoleh pada model dengan perlakuan kontrol aktif blowing sebesar 12.21477%.

Kata kunci: dimple, spoiler, tiupan, hambatan

Abstract

Increasing fuel consumption efficiency and controlling fuel price increases and environmental impacts challenge manufacturers to think outside conventional vehicle systems by focusing on aerodynamic drag which is considered detrimental and has a negative effect on vehicle performance in general. Various efforts can be made to reduce aerodynamic drag, one of which is by delaying the occurrence of flow separation. Delaying separation means reducing the backflow which causes a pulling effect towards the rear of a vehicle. Delaying separation can be done by providing passive control treatment in the form of dimple and spoiler and active control in the form of blowing at the point where separation begins to form. This study aims to analyze aerodynamic drag by applying passive dimple control, spoiler, and active blowing control on the upper side of the rear of the vehicle model using a computational method. Determining the placement point of passive and active control is based on previous research which found that the rear side is the initial area where separation is formed. Computational tests were carried out at an upstream speed of $U_0 = 20$ m / s. Flow pattern analysis is presented to support the results of the drag coefficient (C_d) obtained. The results of the analysis show that the application of dimple, spoiler, and blowing on the upper side of the rear part of the model successfully delayed separation and reduced backflow as well as reduced the amount of resistance (C_d), where the largest reduction in resistance was obtained in the model with active blowing control treatment of 12.21477%.

Keywords: dimple, spoiler, blowing, drag

1. Pendahuluan

Upaya berkelanjutan bagi produsen mobil di seluruh dunia untuk penghematan bahan bakar minyak dan penurunan emisi gas buang dilakukan dalam bentuk pengurangan hambatan aerodinamika. Peningkatan efisiensi konsumsi bahan bakar dan pengendalian kenaikan harga bahan bakar serta efek terhadap lingkungan menantang produsen berpikir di luar sistem kendaraan konvensional dengan berfokus pada aerodinamika. Pada kecepatan 70 km/jam, lebih 50% dari total hambatan berkontribusi negatif terhadap

performa kendaraan [1]. Dan 80% dari total hambatan disebabkan oleh perbedaan tekanan bodi depan dan belakang [2].

Berbagai upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi hambatan aerodinamika, antara lain; 1). Menunda proses terjadinya separasi hingga aliran balik menjauh dari *body* kendaraan, 2). Memperkecil area resirkulasi yang berkembang di bagian belakang kendaraan, dan 3). Memodifikasi aliran disekitar bodi kendaraan. Pengurangan hambatan dapat dilakukan dengan mengaplikasikan kontrol aliran pada

kendaraan. Kontributor terbesar dari keseluruhan hambatan diakibatkan oleh perbedaan tekanan secara signifikan antara bagian belakang dan depan kendaraan. Perbedaan ini ditimbulkan oleh proses separasi aliran pada bagian belakang kendaraan [3]. Struktur aliran pada daerah olakan lebih didominasi oleh struktur *vortex* dua dimensi.

Kajian aerodinamika pada mobil yang dimodelkan dalam bentuk Ahmed body telah banyak dipelajari oleh banyak peneliti baik melalui pendekatan eksperimental maupun komputasi numerik. D. Baros dkk mengungkapkan bahwa hambatan aerodinamika kendaraan banyak dipengaruhi oleh perbedaan tekanan yang signifikan antara bodi depan dan belakang [3]. Selain itu hambatan aerodinamika juga disebabkan oleh aliran kompleks yang terdiri dari *vortex* transversal dan longitudinal yang berasal dari separasi aliran yang terjadi pada bagian atas dan tepi jendela belakang kendaraan.

Tantangan mendesain mobil tanpa perubahan geometri membutuhkan solusi baru melalui penerapan kontrol aliran. Berbagai konfigurasi kontrol aliran diuji untuk mengurangi hambatan aerodinamis. Kontrol aliran dapat berupa kontrol aktif aliran maupun kontrol pasif aliran. Penempatan kontrol pasif dimple yang tepat pada area tepi belakang Ahmed body dapat menurunkan Cd hingga 40%. Sedangkan penempatan kontrol pasif dimple di jendela belakang Ahmed body menunjukkan penurunan Cd yang tidak signifikan. Kontrol aliran pada dasarnya ditempatkan pada daerah awal separasi aliran untuk mengontrol pembentukan olakan [4,5].

Kontrol pasif aliran yang diterapkan pada kendaraan terbukti mampu mengurangi hambatan [6]. Penggunaan dimple dalam upaya pengurangan hambatan kendaraan dilakukan oleh Wang et al. Pengujian dilakukan melalui pendekatan simulasi numerik pada Ahmed body. Posisi dimple ditempatkan pada sisi miring bagian belakang dengan maksud untuk menganalisis struktur medan aliran yang terbentuk. Hasil penelitian menunjukkan penerapan dimple pada model kendaraan (Ahmed body) mampu mengurangi hambatan sebesar 5.20% [7]. Selain itu E. Livya et al meneliti hambatan aerofoil pesawat pada variasi sudut serang $0^\circ - 20^\circ$ yang menerapkan formasi satu dimple. Jenis dimple yang diterapkan: 1). Square, 2). Semi spherical, 3). Compound (kombinasi *semi spherical* dan *square*) masing-masing berbentuk cekung dan cembung. Ketika aliran melewati dimple, terbentuk gelembung separasi kecil. Formasi gelembung ini mempercepat aliran diantara *dimple* pada permukaan aerofoil dan lapisan batas menjadi aliran transisi dari laminar ke turbulen. Aliran transisi ini menunda terjadinya separasi aliran sebagai penyebab penurunan hambatan [8,9,10,11,12,13,14].

S.F.Wong & S.S.Dol menerapkan satu baris *dimple* ditepi bagian belakang Ahmed body dengan

kemiringan permukaan 25° . Pendekatan komputasi model k-epsilon pada ANSYS Fluent. Variasi rasio dimple (DR): 0.005, 0.2, 0.4 dan 0.5 pada kecepatan 40 m/s diperoleh penurunan *drag* terbesar 1.95% pada DR 0.4 dibandingkan model tanpa dimple [15].

Sukardin et al mengkaji tentang penerapan dimple satu baris dan dimple 2 baris zig-zag terhadap hambatan model Ahmed hasil modifikasi. Pengujian dilakukan dengan pendekatan komputasi dan eksperimental. Rasio dimple divariasikan masing-masing DR = 0.20, DR = 0.25, dan DR = 0.50. Hasilnya menunjukkan pengaplikasian dimple pada daerah awal separasi mampu mengurangi olakan dan menunda separasi. Pengurangan hambatan tertinggi diperoleh 12.092% untuk pendekatan komputasi dan 8.923% untuk pendekatan eksperimental [16].

Selain kontrol pasif, kontrol aktif aliran juga sangat penting dalam upaya pengurangan hambatan. Hal ini karena penggunaan kontrol aktif tidak mengubah bentuk mobil [17]. Penerapan kontrol aktif aliran berupa blowing pada model generik mobil 3D secara eksperimental diteliti oleh Krentel et al. Perangkat blowing ditempatkan pada sisi belakang model. Kemiringan sisi belakang divariasikan masing-masing 25° dan 90° . Hasil penelitian menunjukkan perbedaan pengurangan hambatan, dimana terjadi pengurangan hambatan sebesar 5.7% untuk kemiringan 25° dan 2.2% untuk kemiringan bodi belakang 90° [18].

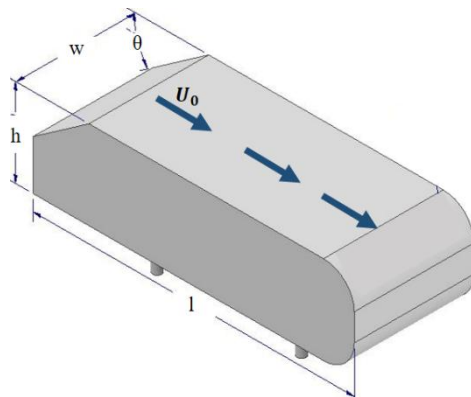
Tarakka et al meneliti terkait penerapan kontrol aktif blowing pada model kendaraan secara simulasi numerik dan eksperimental. Objek pengujian berupa model Ahmed yang dimodifikasi dengan kemiringan sisi depan 35° . Kontrol aktif blowing diposisikan pada sisi downstream model dengan kecepatan divariasikan. Kecepatan upstream ditentukan sebesar 16.7 m/s dan kecepatan blowing masing-masing 0.5 m/s, 1.0 m/s, dan 1.5 m/s. Hasil penelitian menunjukkan pengurangan hambatan terbesar diperoleh pada model dengan kecepatan blowing sebesar 1.5 m/s baik secara komputasi maupun eksperimental. Besaran pengurangan hambatan masing-masing pendekatan 12.187% untuk simulasi numerik dan 11.556% untuk eksperimental laboratorium [19].

2. Metode

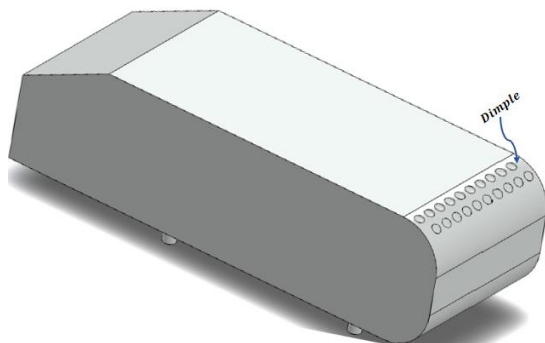
Model pengujian yang digunakan merupakan model kendaraan modifikasi atas Ahmed body dengan penerapan kontrol aktif maupun pasif pada bodi belakang. Model tanpa perlakuan (model 1) digunakan sebagai model pembanding utama. Penerapan kontrol aktif maupun pasif masing-masing antara lain: 1. Dimple (model 2), 2. Spoiler (model 3), 3. Dimple + Spoiler (model 4), 4. Dimple + blowing (model 5), 5. Blowing (model 6). Model pengujian ditampilkan pada gambar 1. Pendekatan secara komputasi menggunakan CFD (Computational Fluid Dynamics) fluent tiga dimensi tipe 6.3. Pada

pendekatan komputasi, hasil yang diperoleh berupa pola aliran yang terbentuk pada sekitar sisi belakang dan distribusi tekanan pada dinding belakang model Ahmed hasil modifikasi dan nilai hambatan aerodinamika. Variabel pola aliran dan tekanan dianggap memiliki hubungan yang erat terhadap upaya menurunkan hambatan aerodinamika. Pengujian dilakukan pada kecepatan upstream U_0 20 m/s. Pemilihan kecepatan *upstream* pada kondisi batas tersebut berdasarkan asumsi-asumsi medan aliran tak mampu mampat. Sedangkan kecepatan blowing yang diterapkan adalah 1.0 m/s.

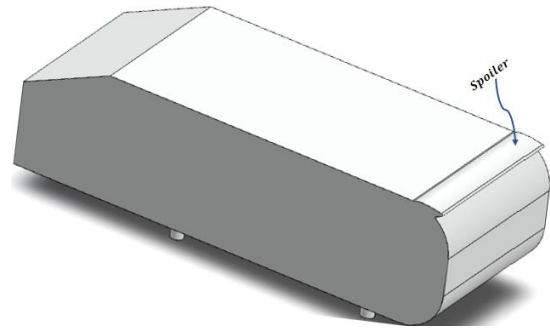
Model uji yang menjadi objek penelitian disederhanakan dari desain dasar mobil jenis MPV (mobil keluarga) yang menyerupai model *Ahmed body* berlawanan arah (modifikasi model *Ahmed body*). Penelitian terkait model ini telah banyak dilakukan karena dianggap memiliki kemiripan dengan mobil modern (Tarakka, 2021, Rauf 2020, Harinaldi, 2011). Sudut kemiringan jendela depan ditentukan (α) 25° . Geometri model mobil memiliki rasio 1 banding 6 dari *Ahmed body* original. Dengan dimensi; panjang ($l=0.174$ m), lebar ($w=0.065$ m) dan tinggi ($h=0.048$ m).



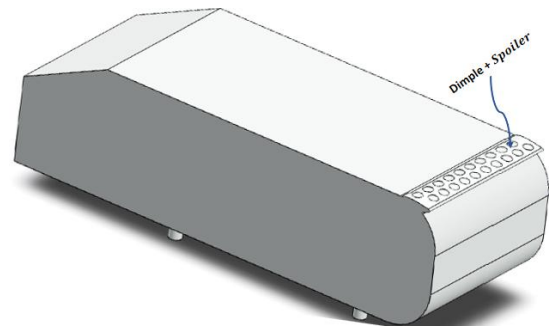
a. Model 1: Tanpa perlakuan



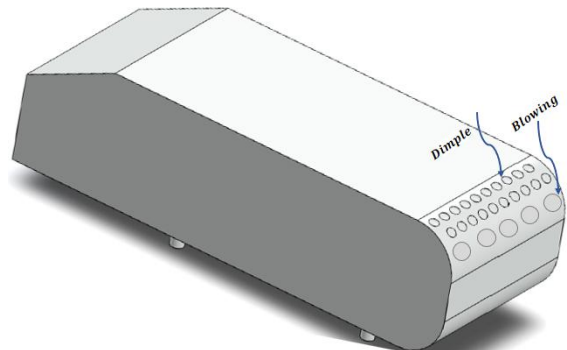
b. Model 2: Dimple



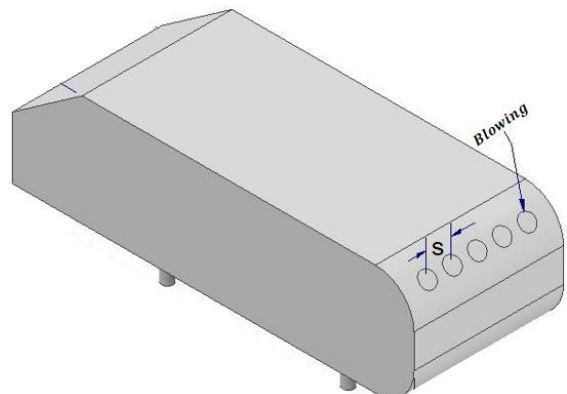
c. Model 3: Spoiler



d. Model 4: Dimple + Spoiler



e. Model 5: Dimple Blowing

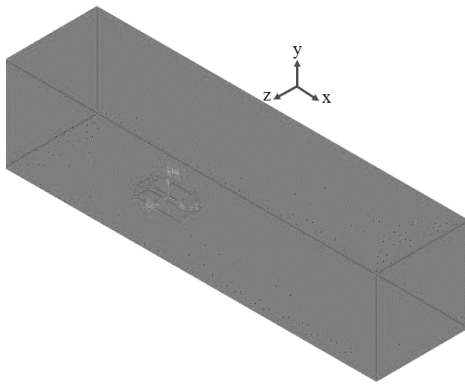


f. Model 6: Blowing

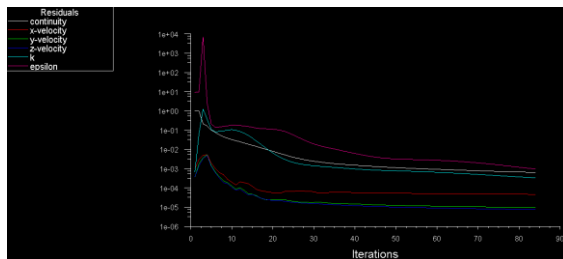
Gambar 1. Model pengujian

Penempatan posisi kontrol pasif dan aktif pada sisi sudut belakang model uji dimaksudkan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap proses separasi aliran yang terjadi pada daerah tersebut. Pengaruh tersebut diamati melalui pembentukan pola aliran yang terbentuk pada sisi belakang model uji sebagai objek penelitian. Selain pola aliran, nilai tekanan yang terbentuk pada dinding belakang juga mempengaruhi besaran hambatan aerodinamika kendaraan.

Setelah didesain pada aplikasi inventor, model akan melalui proses meshing dan menentukan kondisi batas pada software gambit seperti ditampilkan pada gambar 2. File yang sudah melalui proses mesh selanjutnya diimpor ke aplikasi fluent untuk melalui proses iterasi. Adapun pada aplikasi fluent, kondisi-kondisi yang diterapkan berupa jenis fluida udara, kecepatan upstream 20 m/s, kecepatan blowing 1.0 m/s, dan model turbulensi k-epsilon standar. Proses iterasi membutuhkan waktu kurang lebih 30 menit untuk setiap model. Grafik proses iterasi ditampilkan pada gambar 3.



Gambar 2. Meshing



Gambar 3. Grafik iterasi

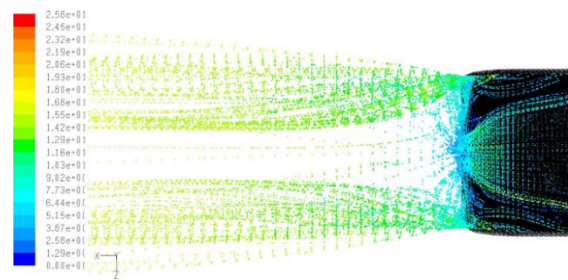
3. Hasil dan Pembahasan

Pola aliran

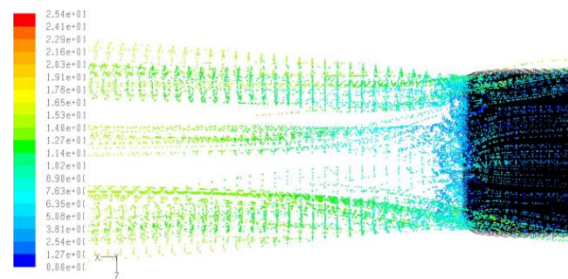
Pola aliran yang terbentuk untuk model tanpa perlakuan, model dengan penerapan dimple, spoiler, kombinasi dimple dan spoiler, kombinasi dimple dan blowing serta model dengan penerapan blowing ditampilkan pada gambar 4.

Untuk model 1 tanpa perlakuan, memperlihatkan pembentukan aliran bergolak yang cukup besar pada sisi belakang model kendaraan. Hal ini disebabkan oleh separasi aliran yang terjadi tepat pada posisi dinding belakang. Separasi aliran juga mengakibatkan perlambatan aliran pada daerah belakang sehingga menyebabkan perbedaan kecepatan antara sisi tengah dan samping. Perbedaan kecepatan tersebut memicu terbentuknya *vortex* longitudinal pada sisi samping bagian belakang model mobil.

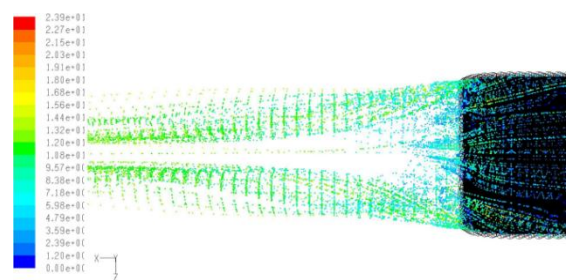
Untuk model dengan penerapan dimple (model 2), spoiler (model 3), kombinasi dimple dan spoiler (model 4), kombinasi dimple dan blowing (model 5) serta model dengan penerapan blowing (model 6) menunjukkan pembentukan olakan yang cenderung lebih kecil dibandingkan dengan model tanpa perlakuan (model 1). Hal ini dikarenakan terjadi penundaan proses separasi aliran. Proses separasi memiliki kecenderungan menjauh dari sisi dinding belakang dan terjadi peningkatan momentum aliran sehingga terjadi minimalisasi terciptanya *vortex* longitudinal pada sisi samping bagian belakang model mobil.



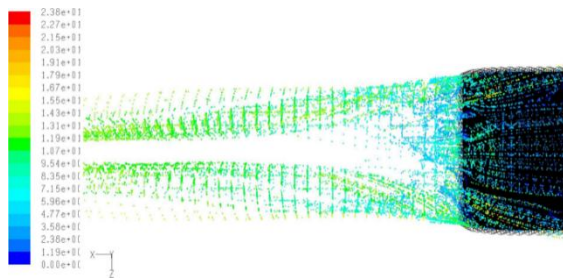
a. Model 1: Tanpa perlakuan



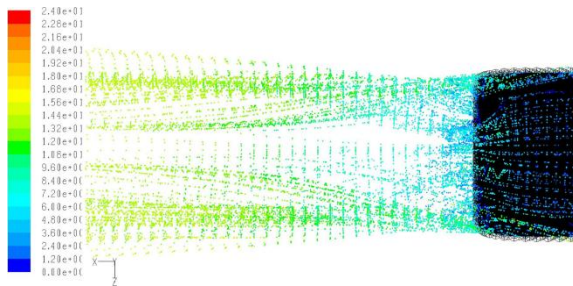
b. Model 2: Dimple



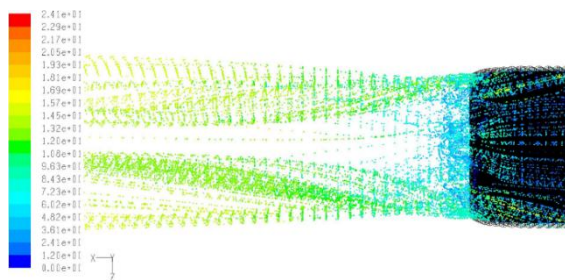
c. Model 3: Spoiler



d. Model 4: Dimple + Spoiler



e. Model 5: Dimple + Blowing



f. Model 6: Blowing

Gambar 4. Perbandingan pola aliran

Hambatan

Nilai hambatan aerodinamika model kendaraan tanpa perlakuan dan model dengan penerapan dimple, spoiler, dimple dan spoiler, dimple dan blowing serta model dengan penerapan kontrol aktif blowing melalui metode pengujian komputasi numerik ditampilkan pada tabel 1.

Untuk model dengan perlakuan kontrol pasif dimple dan spoiler maupun kontrol aktif blowing menunjukkan penurunan coefisien drag (hambatan) dibandingkan model tanpa perlakuan. Koefisien hambatan untuk masing-masing model dituliskan 1.44399 untuk model tanpa perlakuan, 1.29858 untuk model dengan perlakuan dimple, 1.40868 untuk model dengan perlakuan spoiler, 1.40826 untuk model dengan perlakuan dimple dan spoiler, 1.29346 untuk model dengan perlakuan dimple dan blowing, 1.26761 untuk model dengan perlakuan kontrol aktif blowing. Selain itu presentase pengurangan (reduksi) hambatan untuk masing-masing model dituliskan 10.07001 untuk perlakuan dimple, 2.44531 untuk

perlakuan spoiler, 2.47439 untuk perlakuan dimple dan spoiler, 10.42459 untuk perlakuan dimple dan blowing, serta 12.21477 untuk model dengan perlakuan blowing. Hasil penelitian pada model dengan perlakuan spoiler menunjukkan reduksi yang lebih kecil dibandingkan model dengan perlakuan dimple atau blowing. Hal ini berkesesuaian dengan penelitian sebelumnya yang menemukan bahwa penggunaan dimple pada model mobil mampu menurunkan hambatan aerodinamika [16, 20, 21]. Penggunaan dimple terbukti mampu merekayasa aliran sehingga intensitas olakan semakin berkurang yang berdampak pada pengurangan hambatan secara signifikan.

Tabel 1. Perbandingan hambatan model

Model	U_0 (m/s)	C_d	Reduksi (%)
Model 1	20	1.44399	-
Model 2	20	1.29858	10.07001
Model 3	20	1.40868	2.44531
Model 4	20	1.40826	2.47439
Model 5	20	1.29346	10.42459
Model 6	20	1.26761	12.21477

Secara keseluruhan penggunaan kontrol pasif dimple dan spoiler serta kontrol aktif blowing mampu mengurangi hambatan aerodinamika (C_d). Hal ini disebabkan karena terjadi penundaan separasi seperti yang diperlihatkan pada gambar 2. Penundaan separasi ini berefek pada pengurangan hambatan, dimana presentase pengurangan terbesar diperoleh pada model dengan perlakuan dimple dan blowing. Memberikan perlakuan spoiler pada model kendaraan hanya mampu mengurangi hambatan sekitar 2%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa memberikan perlakuan kontrol pasif dimple dan spoiler serta kontrol aktif blowing pada model kendaraan yang berkecepatan 20 m/s berhasil menunda pembentukan separasi sehingga mengurangi olakan dan aliran balik. Penundaan separasi tersebut berdampak pada pengurangan (reduksi) hambatan pada semua model baik dengan perlakuan kontrol pasif maupun aktif, dimana pengurangan hambatan terbesar diperoleh pada model dengan perlakuan kontrol aktif blowing sebesar 12.21477%.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada seluruh pihak yang telah terlibat dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Kepala Lembaga Pengembangan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat dan Dekan Fakultas Teknik Universitas Gorontalo yang telah memberikan dukungan material (dana) dan moril demi pengembangan ilmu pengetahuan.

Daftar Pustaka

- [1] A. Ahmed, Murtaza. 2016, " Cfd Analysis Of Car Body Aerodynamics Including Effect Of Passive Flow Devices – A Review". International Journal of Research in Engineering and Technology, Vol. 05, 141-144.
- [2] R. M. Wood. 2004, " Impact of Advanced Aerodynamic Technology on Transportation Energy Consumption". SAE International.
- [3] D. Baros, J. Boree, B.R. Noack, A. Spohn, T. Ruiz. 2017, " Effects of Unsteady Coanda Blowing on theWake and Drag of a SimplifiedBlunt Vehicle". Springer International Publishing Switzerland, DOI 10.1007/978-3-319-41217-7_19, 365-373.
- [4] J. C. Lin, J. Towfight, D. Rockwell. 1995, "Near-Wake of a Circular Cylinder: Control by Steady and Unsteady Surface Injection". Journal of Fluids and Structure, Vol. 9, 659-669.
- [5] A. Brunn, W. Nitshe. 2006, " Active control of turbulent separated flows over slanted surfaces". International Journal of Heat and Fluid Flow, Vol. 27, 748-755.
- [6] A. Altaf, A. Omar, W. Asrar. 2022, " Passive Drag Reduction of the Square Back Truck Body". International Journal Of Automotive And Mechanical Engineering, Vol. 19, 9892-9908.
- [7] Y. Wang, C. Wu, G. Tan, Y. Deng. 2016, " Reduction in the aerodynamic drag around a generic vehicle by using a non-smooth surface". Proc IMechE Part D: J Automobile Engineering, DOI: 10.1177/0954407016636970, 1-15.
- [8] R. Tarakka, N. Salam, Jalaluddin, W. Rauf, M. Ihsan. 2021, " Kajian Aerodinamika Pada Model Kendaraan dengan Penerapan Kontrol Aktif Suction". METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal, Vol. 5, 38-43.
- [9] R. Tarakka, N. Salam, A. A. Mochtar, M. Ihsan, W. Rauf. "Kajian Komputasi Pengaruh Penerapan Blowing pada Bagian Belakang Model Kendaraan". Semesta Teknika, Vol. 25, 33-39.
- [10] W. Rauf, M. Rifal, R.H. Boli. 2022, " Kajian Komputasi Dan Eksperimental Pengaruh Kontrol Aktif Terhadap Hambatan Aerodinamika Model Kendaraan". Radial, Vol. 10, 171-182.
- [11] R. Tarakka, N. Salam, A.A. Mochtar, W. Rauf, M. Ihsan. 2023, " On the Aerodynamics of Rear of Vehicle Model with Active Control by Blowing: Computational and Experimental Analysis". International Journal Of Mechanical Engineering And Robotics Research, Vol. 12, 84-90.
- [12] R.H. Boli, W. Rauf, M. Rifal, R. Pido, Z. Haris. 2023, "Kajian Pengaruh Kontrol Aliran Terhadap Koefisien Hambat Model Kendaraan". Radial, Vol. 11, 141-146.
- [13] W. Rauf, M. Rifal, R. Pido, R.H. Boli, Z. Haris. 2023, "Efek Penerapan Kontrol Aktif Blowing Terhadap Tarikan Aerodinamika Model Kendaraan". Radial, Vol. 11, 147-154.
- [14] W. Rauf, M. Rifal, R.H. Boli. 2024, "Kajian komputasi numerik dan eksperimental pengaruh sistem kendali aktif pada model kendaraan". Dinamika Teknik Mesin, Vol. 14, 20-27.
- [15] S.F. Wong, S.S. Dol. 2016, "Simulation Study on Vehicle Drag Reduction by Surface Dimple". International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering, Vol. 10, 560-565.
- [16] M.S. Sukardin, N. Salam, R. Tarakka, Jalaluddin, M. Ihsan. 2021, "Computational and Experimental Investigations on the Efficacy of Dimple Ratios to Characteristics of Flow on Van Vehicle Models". International Journal Of Mechanical Engineering And Robotics Research, Vol. 10, 392-399.
- [17] O. Elsayed, A. Omar, A. Jeddi, S. Elhessni, F.Z. Hachimy. 2021, "Drag Reduction by Application of Different Shape Designs in a Sport Utility Vehicle". International Journal Of Automotive And Mechanical Engineering (Ijame), Vol. 18, 8870-8881.
- [18] D. Krentel, R. Muminovic, A. Brunn. 2010, " Application of Active Flow Control on Generic 3D Car Models". Springer, 223-239.
- [19] R. Tarakka, N. Salam, A.A. Mochtar, W. Rauf, M. Ihsan. 2021, "On the Aerodynamics of Rear of Vehicle Model with Active Control by Blowing: Computational and Experimental Analysis".
- [20] W. Rauf, R. Tarakka, Jalaluddin, M. Ihsan. 2020, "Effect of Flow Separation Control with Suction Velocity Variation: Study of Flow Characteristics, Pressure Coefficient, and Drag Coefficient". Universal Journal of Mechanical Engineering, Vol. 8, 142-151.
- [21] R. Tarakka, N. Salam, Jalaluddin, W. Rauf, M. Ihsan. 2020, "Aerodynamic drag reduction on the application of suction flow control on vehicle model with varied upstream velocity". IC-STAR, doi:10.1088/1757-899X/1173/1/012045, 1-9.