

Analisis Komputasi Pengaruh Geometri Muka dan Kontrol Aktif Suction Terhadap Koefisien Tekanan Pada Model Kendaraan

Rustan Tarkka^{1,a)*}, A. Syamsul Arifin P.^{1,b)}, Yunus^{1,c)}

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Universitas Hasanuddin
Jalan Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea Makassar, 90245
Email: ^{a)}rustan_tarkka@yahoo.com, ^{c)}yunus.soq@gmail.com

Abstrak

Pola aliran udara di sekitar kendaraan akan mempengaruhi distribusi tekanan pada bagian belakang kendaraan. Ketika aliran udara mencapai bagian belakang kendaraan, aliran mengalami separasi. Oleh karena itu, pengembangan disain kendaraan yang mampu meminimalisir separasi aliran yang terjadi sangat diperlukan. Modifikasi aliran di sekitar kendaraan dapat dilakukan dengan pemilihan bentuk yang lebih aerodinamis. Selain itu, juga dapat diterapkan teknik kontrol aktif aliran pada daerah-daerah yang berpotensi mulai terbentuknya aliran berpusar (*vortex*) pada bagian belakang kendaraan yang berpengaruh besar dalam pembentukan dan perkembangan separasi aliran. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh geometri muka dan penambahan kontrol aktif *suction* terhadap koefisien tekanan pada model uji dengan variasi sudut kemiringan pada bagian depan. Model uji yang digunakan pada penelitian ini adalah *reversed Ahmed body* dengan variasi sudut kemiringan pada bagian depan yaitu 25°, 30°, dan 35°. Penelitian dilakukan dengan metode komputasi menggunakan model turbulensi *k-epsilon standard*. Kecepatan *upstream* yang digunakan adalah 11.1 m/s, sementara kecepatan *suction* adalah 0.5 m/s. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa geometri muka dan penerapan kontrol aktif *suction* pada model kendaraan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap koefisien tekanan dimana peningkatan koefisien tekanan terbesar terjadi pada model kendaraan dengan sudut kemiringan pada bagian depan 35° yaitu 25.31%.

Kata kunci: geometri muka, koefisien tekanan, *suction*

1. Pendahuluan

Adanya separasi aliran sekitar kendaraan akan menimbulkan aliran balik (*wake*) yang mengakibatkan tekanan rendah khususnya bagian belakang kendaraan. Semakin cepat terbentuknya proses separasi aliran maka daerah *wake* yang terbentuk akan semakin besar dan menjadi penyebab utama rendahnya tekanan di bagian belakang kendaraan. Fenomena *Wake* yang terbentuk dibelakang kendaraan telah menjadi kajian yang menarik di bidang ilmu dinaika fluida. Dari tinjauan dinamika fluida, metode untuk mengurangi aliran balik (*wake*) untuk meningkatkan tekanan dapat dilakukan dengan memodifikasi aliran secara lokal, memindahkan atau menunda posisi separasi serta mengurangi berkembangnya zona resirkulasi di bagian

belakang kendaraan. Metode tersebut dapat dilakukan dengan mengontrol aliran di sekitar kendaraan dengan menerapkan sistem kontrol aktif aliran. Penelitian terhadap fenomena ini masih terus dilakukan baik penelitian secara ekperimental maupun dengan menggunakan pendekatan komputasi. Dari berbagai penelitian, menunjukkan bahwa pengurangan hambatan yang dihasilkan akibat meningkatnya tekanan pada *body* kendaraan bisa dilakukan dengan cara memberikan kontrol aktif aliran berupa hisapan (*suction*)^[1]. Roumeas dkk, melakukan penelitian secara numerik dengan mengontrol separasi aliran pada bagian belakang kendaraan. Model uji yang digunakan adalah *Ahmed model* dengan sudut kemiringan 25° terhadap bidang horizontal. Berbagai teknik dan usaha

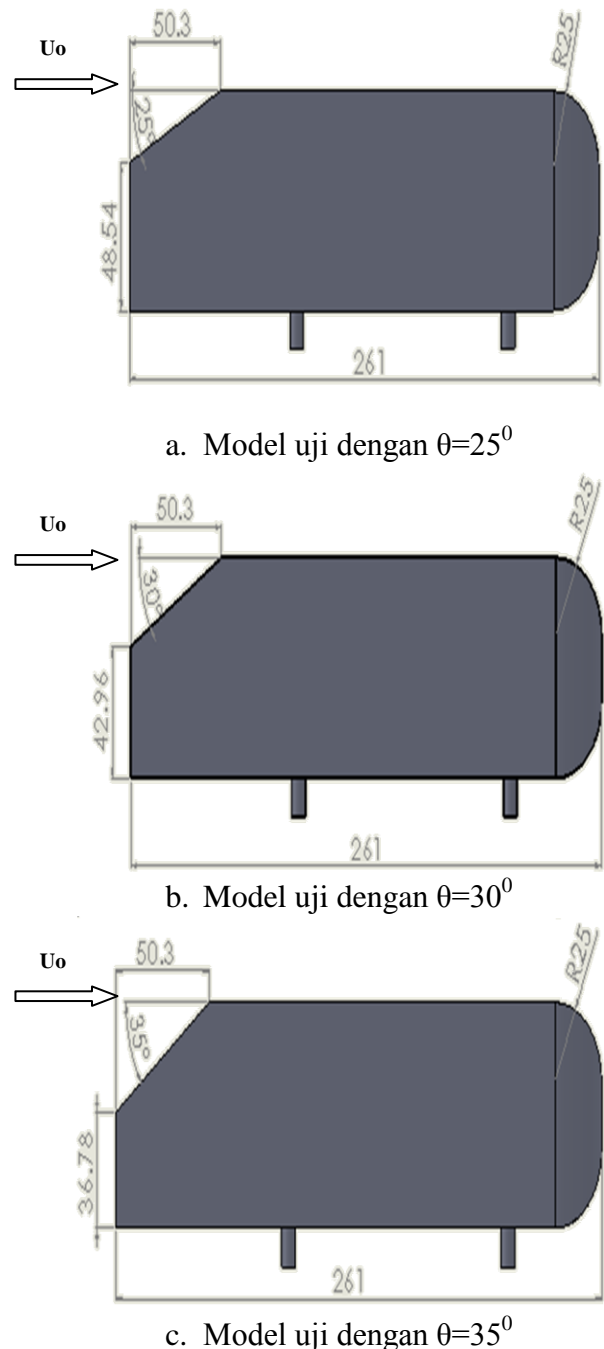
telah dikembangkan untuk mendapatkan gambar dan analisis bagaimana proses terbentuknya *wake* dan *vortex* akibat separasi, serta menganalisis karakteristik berbagai kondisi aliran fluida^[2]. Model geometri kendaraan yang dapat digunakan untuk menganalisa perilaku aliran fluida adalah *Ahmed body*. Model tersebut merupakan bentuk yang paling baik untuk penyederhanaan bentuk kendaraan dengan akurasi simulasi aliran fluida yang baik^[3]. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh geometri muka dan penambahan kontrol aktif *suction* terhadap koefisien tekanan pada model uji dengan variasi sudut kemiringan pada bagian depan.

2. Metode

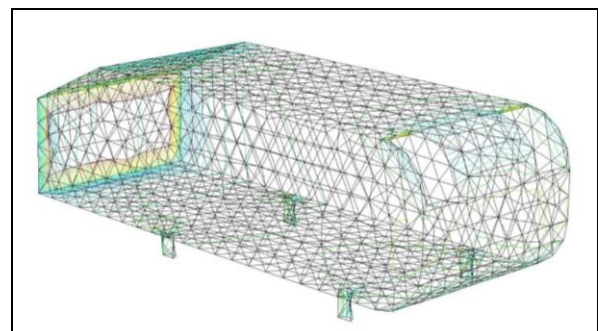
Pada penelitian ini, model uji yang digunakan adalah *reversed Ahmed body* dengan variasi sudut kemiringan pada bagian depan masing-masing 25° , 30° dan 35° . Model uji *reversed Ahmed body* mempunyai rasio geometri 0.25 dari model original *Ahmed body*. Karena itu model uji tersebut memiliki dimensi panjang $l=0.261\text{m}$, dan tinggi $h=0.072\text{ m}$ lebar $w=0.09725\text{ m}$ seperti yang terlihat pada Gambar 1(a-c). Pemilihan disain *reversed Ahmed body* didasari oleh bentuknya yang sederhana tetapi mencapai tingkat akurasi yang memadai pada simulasi aliran fluida pada kendaraan.

Pendekatan komputasi pada penelitian ini menggunakan *software CFD fluent 6.3* dengan model turbulensi *k-epsilon standard* untuk menganalisis pengaruh variasi sudut kemiringan bagian depan terhadap karakteristik medan aliran pada model uji tersebut^[4]. Pada proses awal, geometri model uji didefinisikan dalam bentuk domain komputasi kemudian dibuat menjadi tampilan grid (*mesh*) seperti yang terlihat pada Gambar 2.

Untuk kondisi batas (*boundary condition*), antara lain kecepatan *upstream*, $U_0=11.1\text{ m/s}$, kecepatan *suction*, $U_{sc}=0.5\text{ m/s}$, kerapatan udara 1.225 kg/m^3 dan viskositas $1.7894 \times 10^{-5}\text{ kg/m}\cdot\text{s}$. Medan aliran diasumsikan sebagai aliran tak mampu mampat dengan kondisi *steady state*.



Gambar 1. Model uji *reversed Ahmed body*



Gambar 2. Tampilan grid model uji

3. Hasil dan Pembahasan

Pembahasan akan difokuskan pada medan aliran untuk menganalisa distribusi koefisien tekanan pada model uji.

3.1. Medan kecepatan

Medan kecepatan yang ditampilkan pada *reversed Ahmed body* adalah sisi bagian belakang masing-masing model uji. Medan kecepatan dinyatakan dalam bentuk *pathline* kecepatan aliran.

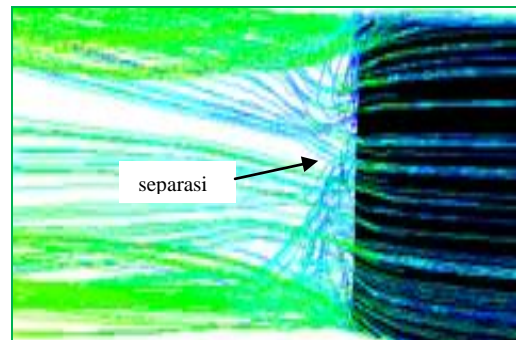
a. Tanpa kontrol aliran

Pada Gambar 3 memperlihatkan separasi aliran yang terjadi pada bagian belakang model uji *reversed Ahmed body* dengan sudut kemiringan bagian depan masing-masing 25° , 30° dan 35° .

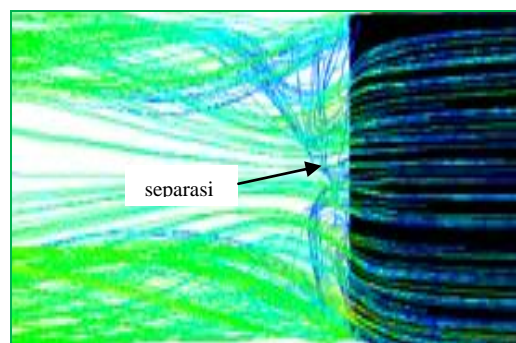
Akibat adanya separasi aliran maka kecepatan aliran pada bagian tengah akan menurun apabila dibandingkan dengan kecepatan aliran bagian tepi model uji. Hal ini menyebabkan fluida pada bagian tepi akan mengalir menuju bagian tengah sehingga terbentuk *vortex* longitudinal. Pada kecepatan *upstream* $U_o=11.1$ m/s dengan variasi sudut kemiringan bagian depan model uji menunjukkan adanya perbedaan *pathline* kecepatan pada bagian belakang masing-masing model uji seperti tampak pada Gambar 3(a-c). Dimana *pathline* kecepatan merupakan garis jejak atau garis lintasan aliran fluida pada masing-masing model uji sehingga dari Gambar 3(a-c) tersebut memperlihatkan pola atau struktur aliran udara yang mengalir masing-masing model uji^[5].

Pada Gambar 3(a-c) memperlihatkan bahwa aliran udara pada model uji dengan sudut kemiringan bagian depan 25° dan 35° mengalami separasi yang lebih besar jika dibandingkan dengan model uji dengan sudut kemiringan bagian depan 30° . Dimana olakan yang lebih besar tersebut disebabkan oleh adanya separasi aliran yang menyebabkan menurunnya tekanan pada bagian belakang model uji dengan sudut kemiringan bagian depan 25° dan 35° . Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Romeas M., et al 2008, dimana separasi aliran yang terjadi pada bagian belakang model uji akan

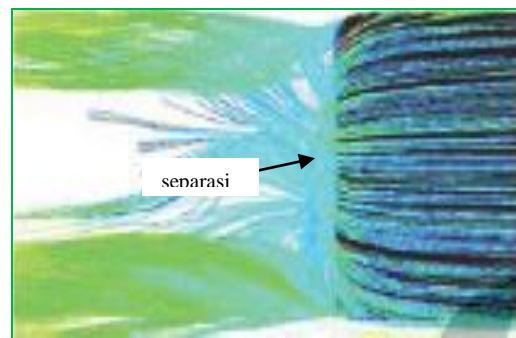
menyebabkan olakan dan penurunan tekanan^[6,7].



a. Model Uji 25°



b. Model Uji 30°



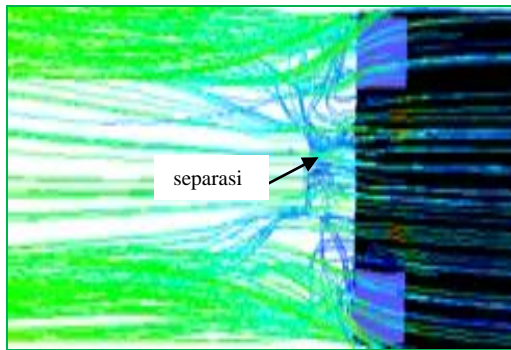
c. Model Uji 35°

Gambar 3. Pathline kecepatan tanpa kontrol aliran dengan kecepatan *upstream* $U_o = 11.1$ m/s

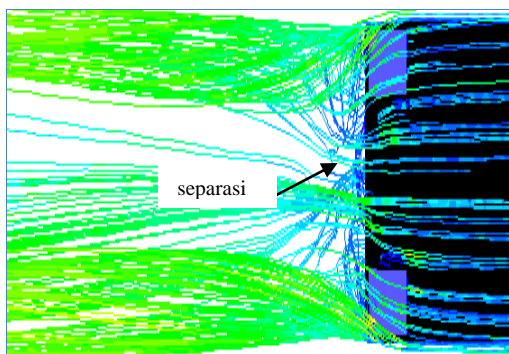
b. Dengan kontrol aktif *suction*

Pada Gambar 4 menunjukkan adanya pengaruh penambahan kontrol aktif *suction* terhadap medan kecepatan aliran pada model uji *reversed Ahmed body*. Penambahan kontrol aktif aliran berupa *suction* dengan kecepatan 0.5 m/s pada masing-masing model uji memberikan pengaruh terhadap pola aliran

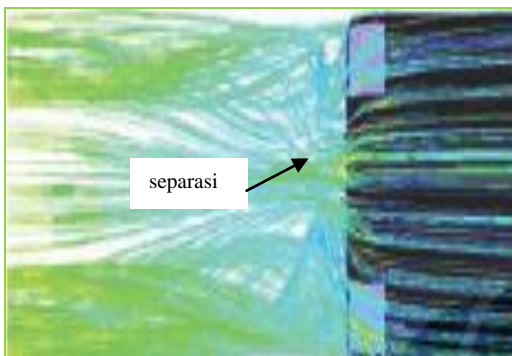
yang terjadi pada bagian belakang masing-masing model uji.



a. Model Uji 25⁰



b. Model Uji 30⁰



c. Model Uji 35⁰

Gambar 4. Pathline kecepatan dengan kecepatan *suction*, $U_{sc}=0.5$ m/s pada kecepatan *upstream* $U_0 = 11.1$ m/s

Pathline kecepatan aliran yang terlihat pada Gambar 4 menunjukkan bahwa dengan penempatan kontrol aktif aliran berupa *suction* pada kedua sisi samping bagian atas belakang pada masing-masing model uji menyebabkan berkurangnya daerah olakan (*wake*) dan *vortex* yang terbentuk pada

bagian belakang model uji. Hal disebabkan oleh adanya penambahan energi eksternal berupa aliran fluida untuk menghisap (*suction*) udara bergolak yang terbentuk dibagian belakang model uji tersebut. Gambar 4(a-c) memberikan informasi bahwa model uji dengan sudut kemiringan 30⁰ mengalami separasi yang lebih besar jika dibandingkan model uji dengan sudut kemiringan 25⁰ dan 35⁰.

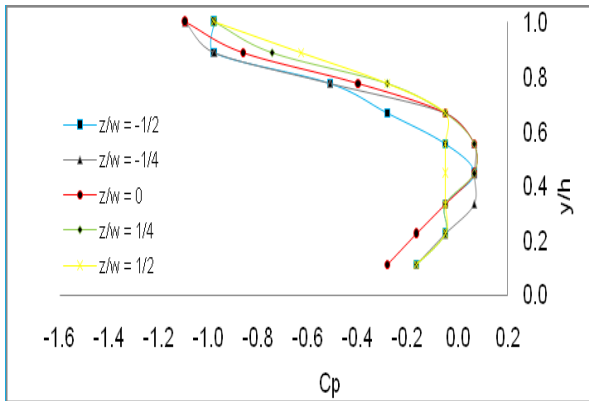
3.2. Medan tekanan

Pola distribusi koefisien tekanan ditampilkan dalam bentuk grafik y/h terhadap C_p . y/h adalah perbandingan antara tinggi grid dengan tinggi model uji sedangkan C_p adalah koefisien tekanan. Medan tekanan yang ditampilkan adalah medan tekanan yang terjadi pada masing-masing model uji. Dalam grafik juga ditampilkan beberapa garis yang menunjukkan pola distribusi koefisien tekanan bagian belakang model uji dalam arah z/w . Dimana z/w adalah perbandingan antara lebar grid dengan lebar model uji.

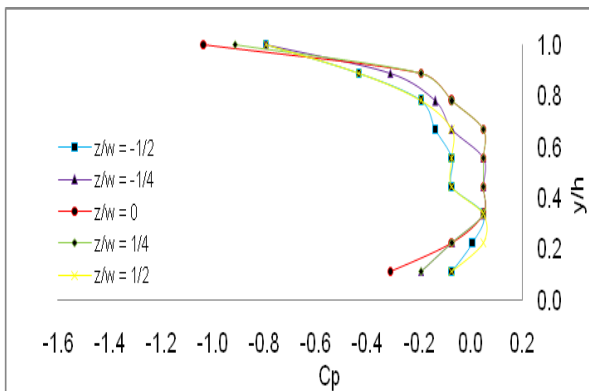
a. Tanpa kontrol aliran

Pada Gambar 5 menunjukkan distribusi koefisien tekanan (C_p) yang terjadi pada bagian belakang pada setiap model uji dengan variasi sudut kemiringan pada bagian depan 25⁰, 30⁰ dan 35⁰ dengan kecepatan *upstream* 11.1 m/s.

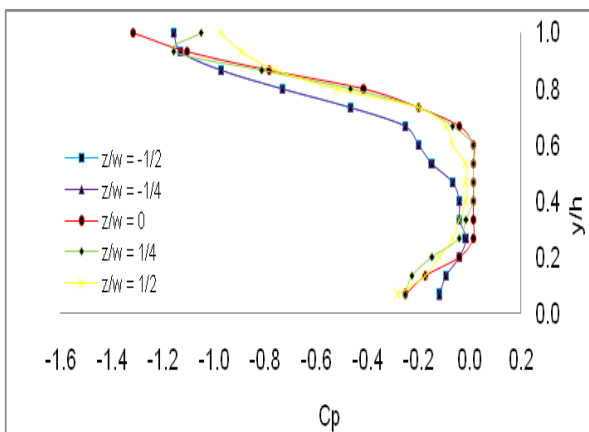
Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada $y/h=0.6$ sampai $y/h=1$ terjadi penurunan tekanan pada masing-masing model uji. Hal ini menunjukkan bahwa koefisien tekanan minimal terjadi pada sisi atas bagian belakang model kendaraan. Hal ini disebabkan karena aliran udara yang mengalir di sepanjang permukaan model uji tidak mampu lagi mengikuti kontur model uji pada bagian belakang. Hal tersebut akan menyebabkan terbentuknya aliran balik pada bagian belakang model uji sehingga mengakibatkan penurunan distribusi koefisien tekanan pada bagian belakang masing-masing model uji. Nilai minimum distribusi koefisien tekanan tanpa kontrol aliran dengan kecepatan *upstream*, $U_0=11.1$ m/s ditampilkan pada Tabel 1.



a. Model Uji 25⁰



b. Model Uji 30⁰



c. Model Uji 35⁰

Gambar 5. Distribusi koefisien tekanan tanpa kontrol aliran dengan kecepatan *upstream*, $U_0=11.1$ m/s

Tabel 1 menampilkan nilai minimum koefisien tekanan pada setiap model uji. Nilai minimum koefisien tekanan setiap model uji terjadi pada $y/h=1$, dimana posisi tersebut adalah bagian tepi atas sisi belakang masing-masing model uji. Adanya variasi sudut kemiringan pada bagian depan setiap model

uji menunjukkan bahwa koefisien tekanan terbesar terjadi pada model uji dengan sudut kemiringan bagian depan 30⁰ jika dibandingkan dengan model uji dengan sudut kemiringan bagian depan 25⁰ dan 35⁰. Adanya perbedaan distribusi nilai koefisien tekanan pada setiap model uji dengan variasi sudut kemiringan pada bagian depan juga diperjelas melalui gambar pathline kecepatan aliran pada bagian belakang model uji seperti tampak pada Gambar 3. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Anderson J.D, et al 2001, dimana separasi aliran yang terjadi pada bagian belakang model uji akan menyebabkan aliran balik yang berakibat pada penurunan koefisien tekanan^[8].

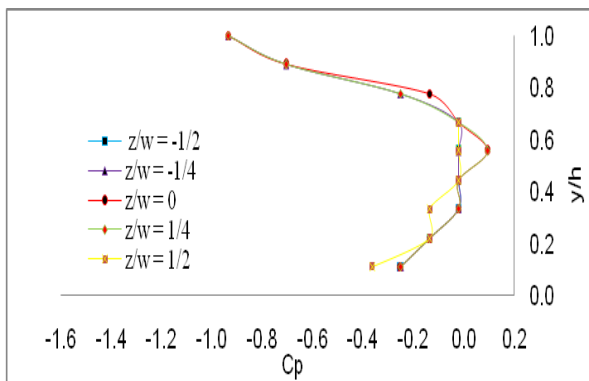
Tabel 1. Nilai minimum distribusi koefisien tekanan tanpa kontrol dengan kecepatan *upstream* 11.1 m/s.

Model Uji	Koefisien tekanan C_p	y/h	z/w
$\theta=25^0$	-1.0950	1	-1/4, 0
$\theta=30^0$	-1.0949	1	0
$\theta=35^0$	-1,3170	1	0

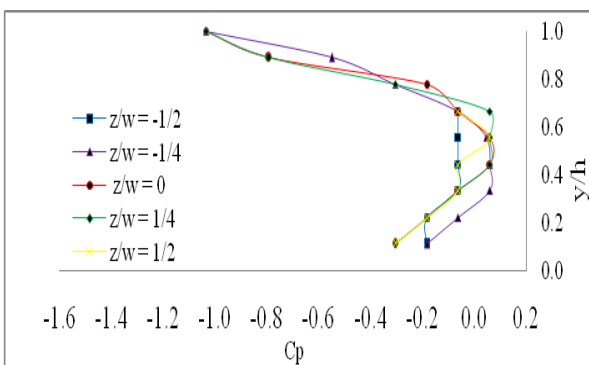
b. Dengan kontrol aktif suction

Gambar 6 menunjukkan distribusi koefisien tekanan dengan kecepatan *upstream* $U_0=11.1$ m/s dan kecepatan *suction* $U_{sc}=0.5$ m/s pada model uji dengan sudut kemiringan pada bagian depan masing-masing 25⁰, 30⁰ dan 35⁰. Pada Gambar 6 terlihat bahwa dengan adanya kontrol aktif *suction* maka nilai koefisien tekanan mengalami peningkatan. Nilai koefisien tekanan mengalami perubahan ke arah positif pada $y/h=0.6$ hingga $y/h=1$. Hal ini menunjukkan bahwa pada sisi atas bagian belakang masing-masing model uji terjadi penambahan nilai koefisien tekanan. Dengan adanya kontrol aktif *suction* maka aliran yang

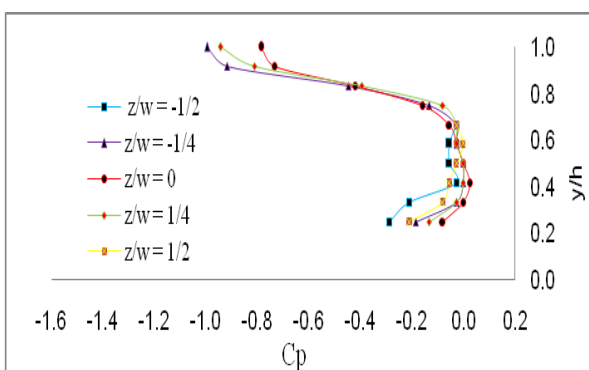
bertekanan rendah akibat faktor bentuk dan gesekan udara dengan dinding model uji dapat dikurangi sehingga separasi aliran juga dapat berkurang atau dijauhkan dari sisi belakang model uji. Nilai minimum distribusi koefisien tekanan dengan kecepatan *suction* $U_{sc}=0.5$ m/s dan kecepatan *upstream* $U_0=1$ m/s dirangkum pada Tabel 2.



a. Model Uji 25°



b. Mode Uji 30°



c. Mode Uji 35°

Gambar 6. Distribusi koefisien tekanan dengan kecepatan *suction* $U_{sc}=0.5$ m/s dan kecepatan *upstream* $U_0=11.1$ m/s.

Tabel 2. Nilai minimum distribusi koefisien tekanan dengan kecepatan *suction* $U_{sc}=0.5$ m/s dan kecepatan *upstream* $U_0=1$ m/s

Model uji	Koefisien tekanan, C_p	y/h	z/w
$\theta=25^{\circ}$	-0.9358	1	-1/4, 0, 1/4
$\theta=30^{\circ}$	-1.0361	1	-1/4, 0, 1/4
$\theta=35^{\circ}$	-0.9836	1	-1/4

Tabel 2 menunjukkan nilai minimum distribusi koefisien tekanan pada setiap model uji dengan penambahan kontrol aktif *suction* dengan kecepatan $U_{sc}=0.5$ m/s. Distribusi koefisien tekanan pada setiap model uji dengan variasi sudut kemiringan pada bagian depan menunjukkan bahwa koefisien tekanan terkecil terjadi pada model uji dengan sudut kemiringan bagian depan 30° jika dibandingkan dengan model uji dengan sudut kemiringan bagian depan 25° dan 35° . Fenomena ini juga dijelaskan melalui gambar pathline kecepatan pada bagian belakang model uji seperti yang tampak pada Gambar 4.

Tabel 3 memberikan informasi bahwa pada pengujian tanpa kontrol aliran dengan kecepatan *upstream* 11.1 m/s dengan variasi sudut kemiringan pada bagian depan masing-masing model uji maka koefisien tekanan terbesar terjadi model uji dengan sudut kemiringan 30° . Koefisien tekanan yang lebih besar ini menunjukkan bahwa separasi aliran yang terjadi pada model uji dengan sudut kemiringan bagian depan 30° lebih kecil dibandingkan model uji lainnya.

Disamping itu, secara umum Tabel 3 menunjukkan bahwa adanya efek penambahan kontrol aktif *suction* dengan kecepatan $U_{sc}=0.5$ m/s mampu mengurangi separasi aliran pada bagian belakang masing-masing model uji. Berkurangnya separasi aliran

tersebut akan meningkatkan koefisien tekanan yang terjadi masing-masing model uji^[9,10].

kendaraan dengan sudut kemiringan pada bagian depan 35⁰ sebesar 25.31%

Tabel 3. Peningkatan koefisien tekanan dengan adanya penambahan kontrol aktif *suction* dengan kecepatan, $U_{sc}=0.5$ m/s dan kecepatan *upstream*, $U_o=11.1$ m/s

Model uji	Koefisien tekanan, C_p		Peningkatan C_p , (%)
	Tanpa kontrol	Dengan <i>suction</i>	
	$\theta=25^0$	-1.0950	
$\theta=30^0$	-1.0949	-1.0361	5.37
$\theta=35^0$	-1,3170	-0.9836	25.31

Efek penambahan kontrol aktif *suction* yang meningkatkan koefisien tekanan uji terjadi pada semua model uji. Persentase peningkatan koefisien tekanan terbesar dengan penambahan kontrol aktif *suction* terjadi pada model uji dengan sudut kemiringan bagian depan 35⁰ pada sebesar 25.31%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi geometri muka memberikan pengaruh yang signifikan terhadap koefisien tekanan pada model kendaraan, dimana koefisien tekanan terbesar diperoleh pada model uji dengan sudut kemiringan bagian depan 30⁰ sebesar -1.049.
2. Penerapan kontrol aktif *suction* pada model kendaraan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap koefisien tekanan, dimana peningkatan koefisien tekanan terbesar terjadi pada model

Referensi

- [1] Roumeas M., Gillieron P., and Kourta A., 2009, Drag Reduction by Flow Separation Control on a Car after Body, International Journal for Numerical Method in Fluids, 60, pp. 1222-1240
- [2] White, Frank M, Hariandja, Manahan, 1986. *Mekanika Fluida* (Terjemahan). Jilid 2, Edisi II, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [3] Ahmed S.R., G. Ramm and G. Faltin., 1984, SAE paper, Detroit, Michigan, USA, 840300-01
- [4] User's guide manual of fluent 6.3 , September 2006
- [5] Munson, B., 2002, *Mekanika Fluida* (Harinaldi & Budiharso, Penerjemah). Jakarta: Erlangga
- [6] Andre Brunn, Daniel Krentel, Rifet Muminovic, , 2010, Application of active flow control on generic 3D car models.
- [7] Roumeas M., Gillieron P., & Kourta A., 2008. *Drag reduction by flow separation control on a car after body*. Int. J. Numer. Meth. Fluids
- [8] Andersson, J.D., 2011. *Fundamentals Of Aerodynamics*. 3rd edition.
- [9] Gillieron P. Dan Sphon A., 2002. Flow separations generated by simplified geometry of an automotive vehicle. IUTAM Symp. Steady Separated Flow.
- [10] Mhosen Jahanmiri, 2010, Active flow control. Division of fluid dynamics departement of applied mechanics. Chalmers University Of Technology. SE-41296 Goteborg.