

ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN *BLOWING* TERHADAP MEDAN ALIRAN DARI *REVERSED AHMED BODY*

¹Harinaldi, ²Budiarso, ³Engkos A Kosasih, ⁴Warjito, ⁵Rustan Tarakka

^{1,2,3,4}Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

⁵Mahasiswa Program Doktor Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

⁵Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasnuddin

Kampus Baru UI Depok 16242

Phone : (021) 7270032 & 7864089 – Fax. (021) 7270033

¹Email : harinald@eng.ui.ac.id

²Email : mftbd@eng.ui.ac.id

³Email : warjito@eng.ui.ac.id

⁴Email : kosri@eng.ui.ac.id

⁵Email : rustan_tarakka@yahoo.com

ABSTRAK

Ketika aliran fluida melewati permukaan yang memiliki kelengkungan konveks, akan terjadi perubahan distribusi tekanan yang mendorong terjadinya separasi aliran di bagian hilir setelah melalui permukaan ini akibat tekanan balik (adverse pressure gradient). Secara konseptual, lapisan batas yang mengalami retardasi dapat dihilangkan dan digantikan dengan memberikan fluida berenergi tinggi sehingga memungkinkan aliran terus bergerak melawan gradient tekanan balik tanpa mengalami separasi. Salah satu konsep pemberian energi dapat dilakukan dengan tiupan (blowing), dimana pemanfaatannya di dunia otomotif dapat meningkatkan secara dramatis kinerja aerodinamika dari kendaraan yang bergerak dengan dampak yang dapat diabaikan terhadap geometri dan desain kendaraan. Pada penelitian ini sebuah model kendaraan keluarga (family fan) yang disederhanakan dan mempunyai desain dasar berupa reversed Ahmed body yang dilengkapi dengan blowing pada bagian belakang digunakan untuk mempelajari secara komprehensif modifikasi medan aliran separasi yang terjadi. Pada penelitian ini digunakan pendekatan komputasional dengan model turbulensi aliran k-epsilon dimana hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penggunaan blowing pada bagian belakang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap medan aliran, pembentukan struktur pusaran (swirling structure) dan intensitas turbulensi yang berperan besar pada performa aerodinamika dari model uji

Kata kunci : blowing, medan aliran, reversed Ahmed body, separasi aliran

1. PENDAHULUAN

Pada kendaraan penumpang, teknik kontrol pasif antara lain diterapkan dengan perangkat terpisah yang ditempatkan di depan atau di belakang kendaraan yang berfungsi mengurangi perkembangan zona resirkulasi di kaca belakang atau di bagian belakang dan mengurangi interaksi antar struktur-struktur olakan yang berpusar (*swirling wake structure*). Pengurangan hambatan aerodinamika sampai 97% dilaporkan dalam beberapa penelitian menggunakan alat kontrol terpisah berupa silinder yang diletakkan dibagian depan [1]. Hasil yang cukup menarik juga diperoleh dengan menempatkan alat kontrol di bagian belakang dengan orientasi arah sejajar atau melintang aliran utama [2]. Pendekatan lain adalah dengan menempatkan alat kontrol di sepanjang dinding

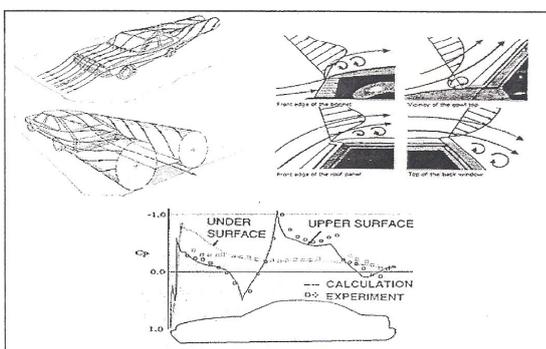
untuk menghasilkan *vortical structure* yang akan menggeser garis separasi akan mengurangi hambatan aerodinamika sampai 40%. Struktur berpusar akan meningkatkan turbulensi lokal dalam aliran dan perpindahan energi di lapisan batas, oleh karena itu kecepatan akan meningkat di dekat dinding [3]. Namun tanpa adanya pemberian energi tambahan, didapati banyak keterbatasan dalam mengendalikan separasi aliran tersebut untuk mencapai tingkat pengurangan drag yang lebih besar. Alih-alih sebagai suatu strategi kontrol, beberapa peneliti cenderung mengatakan strategi kontrol pasif hanya sebagai suatu strategi manajemen aliran [4].

Strategi kontrol aktif melibatkan penambahan energi untuk mengontrol separasi aliran. Ketika aliran fluida melewati permukaan yang memiliki kelengkungan konveks, akan terjadi perubahan distribusi tekanan yang



mendorong terjadinya separasi aliran di bagian hilir setelah melalui permukaan ini akibat tekanan balik (*adverse pressure gradient*). Secara konseptual, lapisan batas yang mengalami retardasi dapat dihilangkan dan digantikan dengan memberikan fluida berenergi tinggi sehingga memungkinkan aliran terus bergerak melawan gradient tekanan balik tanpa mengalami separasi. Salah satu konsep pemberian energi dapat dilakukan dengan tiupan (*blowing*)

Hasil-hasil awal kajian dasar sistem kontrol aktif separasi aliran turbulen dengan teknik tiupan (*blowing*) yang semula difokuskan untuk keperluan aplikasi dirgantara mengindikasikan bahwa pemanfaatannya di dunia otomotif dapat meningkatkan secara dramatis kinerja aerodinamika dari kendaraan yang bergerak dengan dampak yang dapat diabaikan terhadap geometri dan desain kendaraan. Banyak kajian yang menunjukkan kontrol aktif separasi aliran turbulen memberikan alternatif yang prospeknya sangat baik untuk mengurangi hambatan aerodinamika pada kendaraan otomotif. Kontrol secara aktif memerlukan sumber energi luar untuk mengontrol aliran di sekitar kendaraan tanpa perlu mengganggu bentuknya. Misalnya perangkat tiupan (*blowing*) yang dipasang pada sebuah profil ONERA D mampu menggeser atau bahkan menghilangkan separasi aliran [5]. Dalam penelitian lainnya, simulasi numerik 3D berdasarkan metoda Lattice Boltzman pada sebuah model kendaraan (*Ahmed body*), hasilnya dapat digunakan untuk mengembangkan dan menentukan parameter-parameter kontrol aktif yang dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja aerodinamika kendaraan [6]. Meskipun demikian, implementasi kontrol aktif separasi aliran pada kendaraan otomotif masih memerlukan pemahaman yang lebih baik untuk sampai ke tahapan aplikasi praktis. Hal ini disebabkan oleh karakteristik aliran yang berkembang di sekitar kendaraan sangat turbulen dan tiga dimensi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Karakteristik aliran yang berkembang di sekitar kendaraan

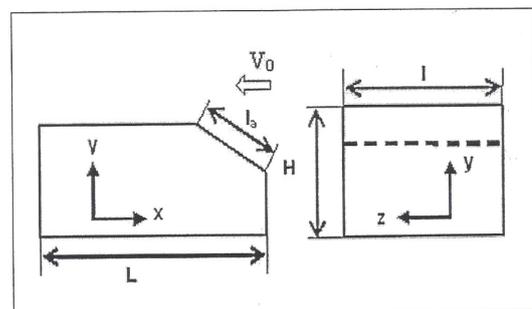
Separasi aliran yang terjadi di gril radiator, di bagian bawah body kendaraan, di sekitar roda yang berputar, pada dinding samping, pada tepi atas dan

samping kaca belakang, seluruhnya berinteraksi dan berkontribusi pada kompleksitas aliran di sekitar olakan. Lebih lanjut lagi, aliran-aliran internal sekunder, yang terjadi di dalam ruang mesin dan bagian bawah body kendaraan, juga mempengaruhi gaya-gaya aerodinamika yang bekerja pada kendaraan.

Pada penelitian ini digunakan pendekatan komputasional yang menggunakan program CFD untuk mengembangkan *numerical prediction tool* sehingga dapat direpresentasikan dan dianalisis vortex-vortex utama yang timbul pada aliran dekat olakan di sebuah model *reversed Ahmed body* dengan menempatkan suatu eksitasi eksternal berupa tiupan (*blowing*) pada bagian belakang.

2. METODOLOGI

Model uji yang digunakan pada penelitian ini adalah model kendaraan keluarga (*family fan*) yang disederhanakan dan mempunyai desain dasar berupa body Ahmed terbalik (*reverse Ahmed body*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Pemilihan model ini dilakukan dengan mempertimbangkan kemiripannya yang sangat dekat dengan desain dasar dari berbagai bentuk body kendaraan keluarga yang dewasa ini diproduksi di Indonesia.



Gambar 2. Model desain body Ahmed terbalik (*reversed Ahmed body*)

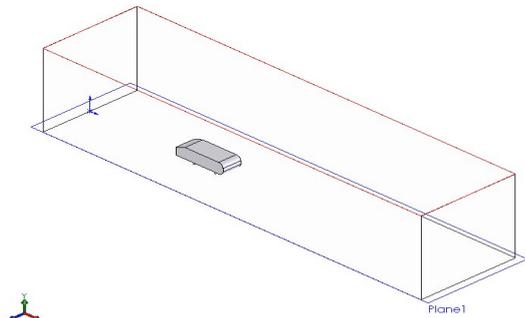
Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dengan menggunakan program CFD sebagai berikut :

2.1. Pre-processing

Pre-processing merupakan komponen input dari permasalahan yang akan disimulasikan ke dalam program CFD yang berupa pendefinisian geometri yang dikehendaki, komputasi domain, pembentukan *grid* (meshing type) pada setiap domain, dan penentuan kondisi batas (*boundary condition*) yang sesuai dengan keperluan.

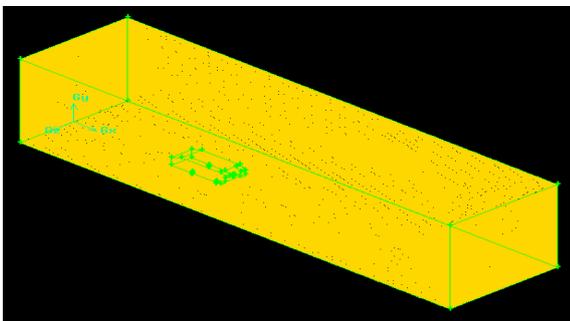
Bentuk geometri dari *reversed Ahmed model* yang digunakan pada penelitian ini mempunyai ϕ (sudut kemiringan) 25° , 30° dan 35° pada bagian depan. Gambar 3 memberikan penjelasan tentang komputasi domain yang berbentuk 3D yang digunakan pada

penelitian ini.

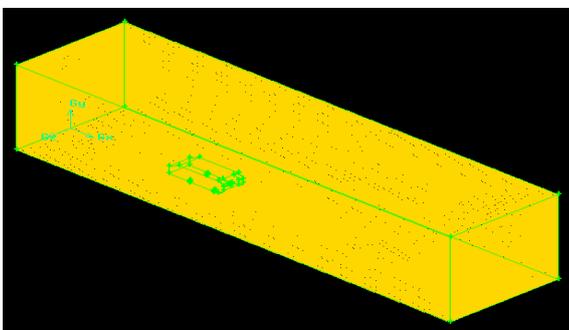


Gambar 3. Domain komputasi, dimensi dalam cm

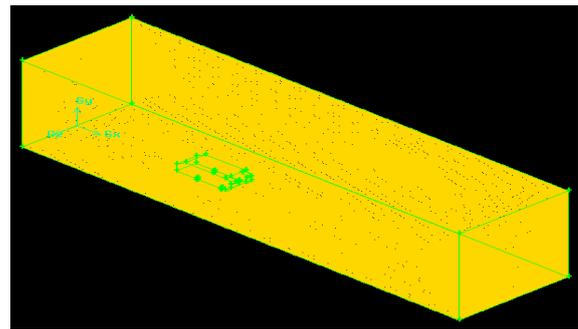
Gambar 4, 5 dan 6 menggambarkan type meshing yang digunakan pada masing-masing Ahmed model dengan 2 (dua) blowing pada bagian belakang dengan ϕ adalah 25° , 30° dan 35° . Jenis elemen yang digunakan adalah tet/hybrid dengan type hex core, dimana jumlah mesh volume yang dihasilkan pada $\phi = 25^\circ$ adalah 2.321.940, $\phi = 30^\circ$ adalah 2.274.917 dan $\phi = 35^\circ$ adalah 2.319.492. Pemilihan type meshing tersebut dilakukan dengan pertimbangan untuk mendapatkan hasil yang akurat, dimana model komputasional domain berbentuk 3D dengan pembagian diskritisasi yang menyeluruh diharapkan dapat menghasilkan hasil yang akurat.



Gambar 4. Type meshing pada Ahmed model dengan 2 (dua) blowing dan $\phi = 25^\circ$



Gambar 5. Type meshing pada Ahmed model dengan 2 (dua) blowing dan $\phi = 30^\circ$



Gambar 6. Type meshing pada Ahmed model dengan 2 (dua) blowing dan $\phi = 35^\circ$

Adapun kondisi batas yang digunakan adalah kecepatan *upstream* yaitu 80 km/jam sementara medan aliran diasumsikan tak mampu mampat (*incompressible flow*) mengingat fluida yang terlibat masih mengalir dalam rejim kecepatan sub-sonik yang berada pada kisaran kecepatan normal kendaraan penumpang di jalan raya bebas hambatan yaitu 80 – 120 km/jam. Medan aliran bebas jauh di hulu (*mean free stream at far upstream region*) kendaraan juga diasumsikan dalam keadaan tunak (*steady state condition*) yang mengalir secara seragam. Kecepatan kedua blowing pada bagian belakang model uji yang diberikan yaitu 18 km/jam dan fluida yang digunakan adalah udara dengan densitas 1.225 kg/m^3 dan viskositas 1.7894 kg/m-s .

2.2. Solver

Proses pemecahan persamaan-persamaan pengatur dalam kajian komputasi ini menggunakan pendekatan metode volume hingga (*finite volume*) dengan bantuan sebuah solver perangkat lunak komersial (*Fluent 6.2*). Secara ringkas proses ini memiliki tahapan-tahapan yaitu aproksimasi aliran yang tidak diketahui dilakukan dengan menggunakan fungsi sederhana, diskritisasi dengan mensubstitusi hasil aproksimasi kedalam persamaan aliran disertai dengan manipulasi matematik, dan penyelesaian persamaan aljabar. Pada proses ini dicari solusi numerik terhadap persamaan-persamaan atur yang meliputi persamaan kekekalan massa dan momentum.

2.3. Model Matematika

Dengan pertimbangan kompleksnya medan aliran yang diteliti, penelitian ini menggunakan model turbulensi aliran yang cukup luas penggunaannya dalam kajian dinamika fluida yaitu model *k-epsilon*. Model *k-epsilon* yang ditunjukkan pada Pers. (1) dan (2) merupakan model turbulensi yang cukup lengkap dengan dua persamaan yang memungkinkan kecepatan turbulen (*turbulent velocity*) dan skala panjang (*length scales*) ditentukan secara independen dengan beberapa konstanta standar yang dipergunakan: $C_{1\epsilon} = 1.44$,

$$C_{2\varepsilon} = 1.92, C_\mu = 0.09, \quad \sigma_k = 1.0, \sigma_\varepsilon = 1.3.$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \varepsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{3\varepsilon} G_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + S_\varepsilon \quad (2)$$

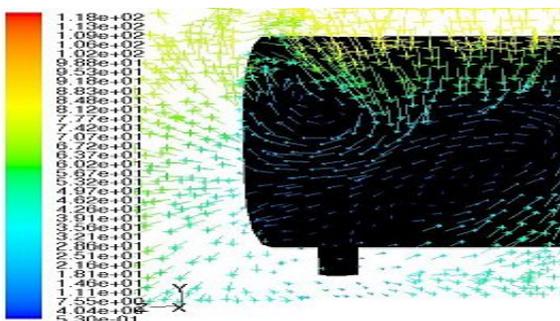
2.4. Post-Processing

Untuk menganalisis lebih lanjut karakteristik medan aliran yang terbentuk, hasil yang diperoleh dari perhitungan secara komputasi kemudian ditampilkan dalam bentuk-bentuk vektor kecepatan dan path line untuk medan kecepatan dan tingkat intensitas turbulensi.

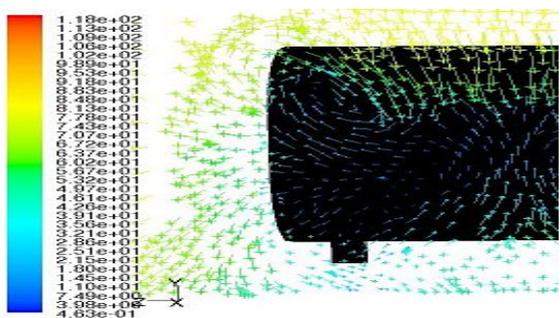
3. HASIL

3.1. Medan

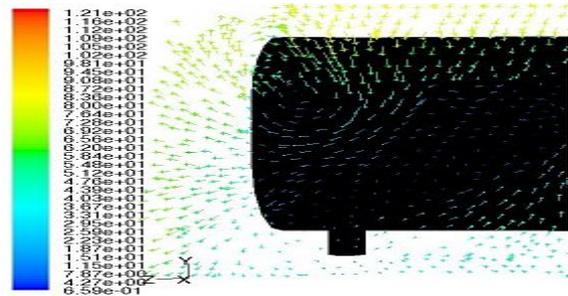
Gambar 7 (a-c) menunjukkan medan kecepatan pada bagian belakang dari *reversed Ahmed body* tanpa *blowing* dengan kecepatan *upstream* 80 km/jam.



(a). $\varphi = 25^\circ$



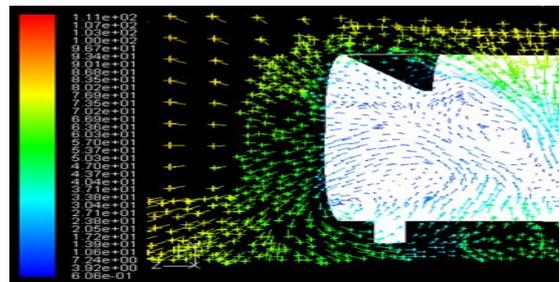
(b). $\varphi = 30^\circ$



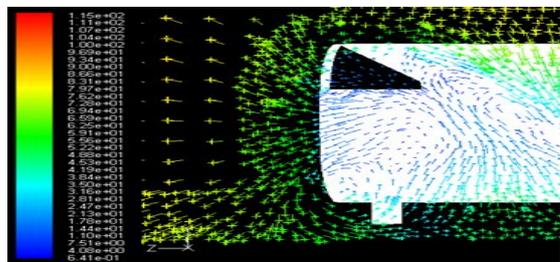
(c). $\varphi = 35^\circ$ tanpa blowing

Gambar 7. Medan kecepatan pada bagian belakang dari *reverse Ahmed body* tanpa *blowing*

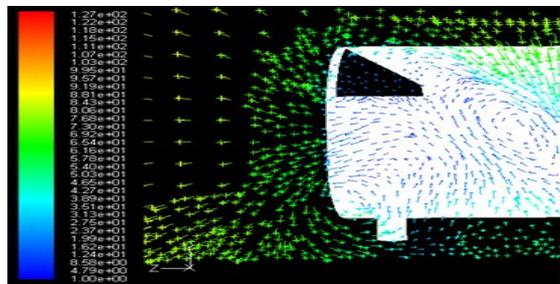
Gambar 8 (a-c) menunjukkan medan kecepatan pada bagian belakang dari *reversed Ahmed body* menggunakan *blowing* dengan kecepatan 18 km/jam dan kecepatan *upstream* 80 km/jam.



(a). $\varphi = 25^\circ$



(b). $\varphi = 30^\circ$

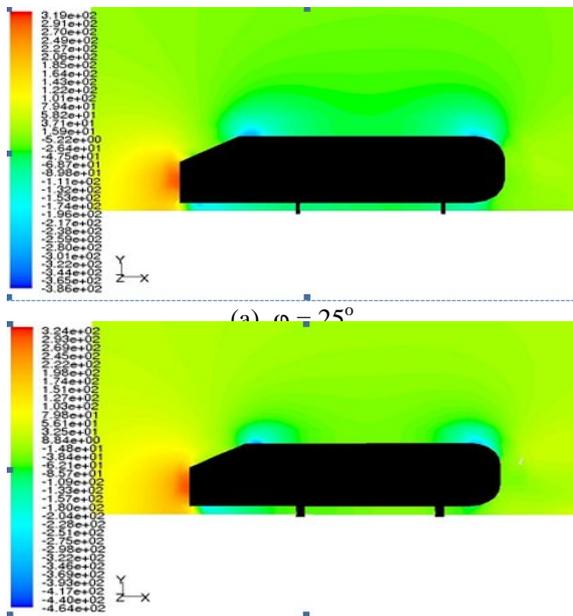


(c). $\varphi = 35^\circ$

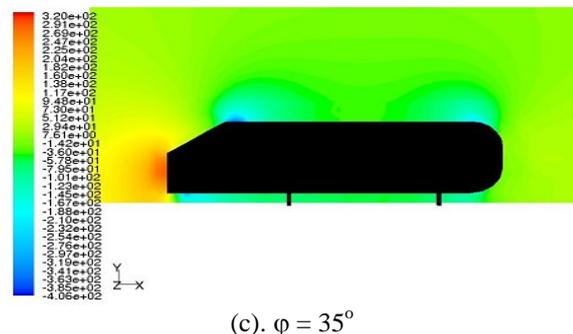
Gambar 8. Medan kecepatan pada bagian belakang dari *reversed Ahmed body* dengan *blowing*

Gambar 9 (a-c) menunjukkan medan tekanan pada

bagian belakang dari *reversed Ahmed body* tanpa *blowing* dengan kecepatan *upstream* 80 km/jam



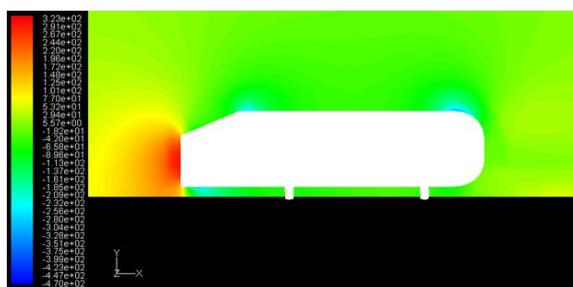
(b). $\phi = 30^\circ$



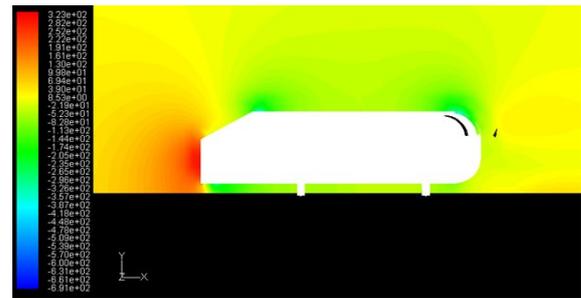
(c). $\phi = 35^\circ$

Gambar 9. Kontur tekanan statis dari *reverse Ahmed body* tanpa *blowing*

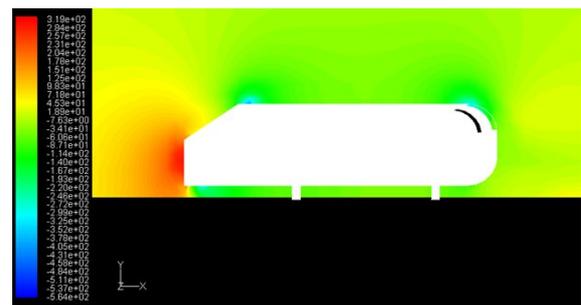
Gambar 10 (a-c) menunjukkan medan tekanan pada bagian belakang dari *reversed Ahmed body* menggunakan *blowing* dengan kecepatan 18 km/jam dan kecepatan *upstream* 80 km/jam.



(a). $\phi = 25^\circ$



(b). $\phi = 30^\circ$

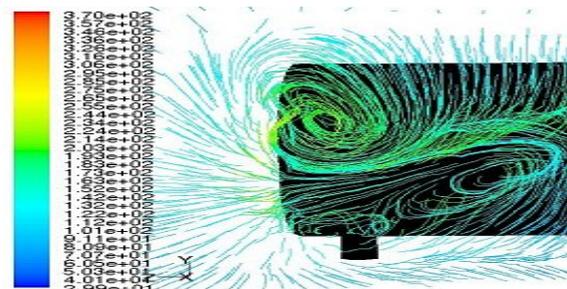


(c). $\phi = 35^\circ$

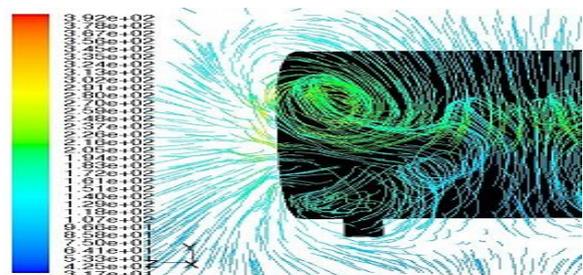
Gambar 10. Kontur tekanan statis dari *reverse Ahmed body* dengan *blowing*

3.2. Intensitas Turbulensi

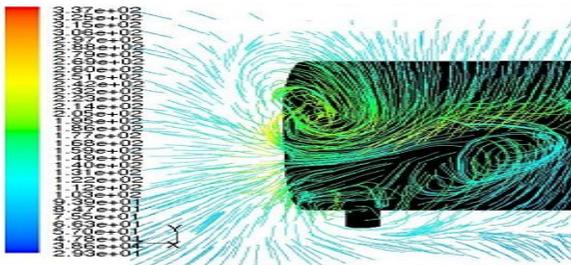
Gambar 11 (a-c) menunjukkan pathline dan intensitas turbulensi pada bagian belakang dari *reversed Ahmed body* tanpa *blowing* dengan kecepatan *upstream* 80 km/jam.



(a). $\phi = 25^\circ$



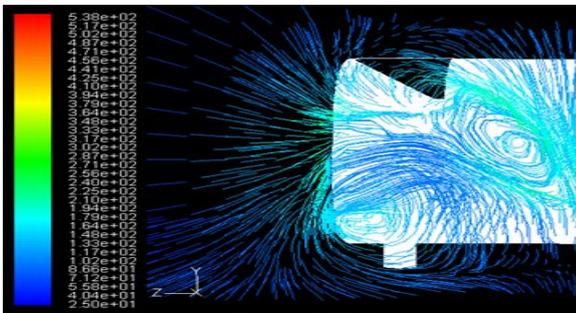
(b). $\phi = 30^\circ$



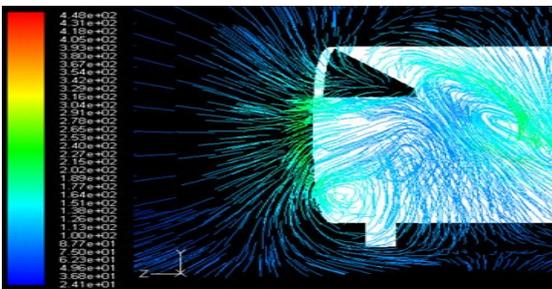
(c). $\phi = 35^\circ$

Gambar 11. Pathline dan intensitas turbulensi pada bagian belakang dari *reversed Ahmed body* tanpa *blowing*

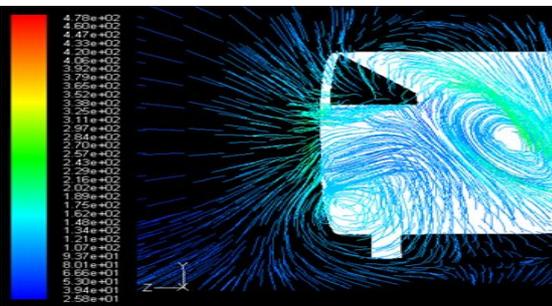
Gambar 12 (a-c) menunjukkan pathline dan intensitas turbulensi pada bagian belakang dari *reversed Ahmed body* menggunakan *blowing* dengan kecepatan 18 km/jam dan kecepatan *upstream* 80 km/jam.



(a). $\phi = 25^\circ$



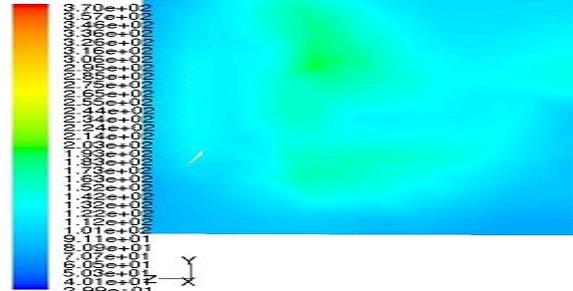
(b). $\phi = 30^\circ$



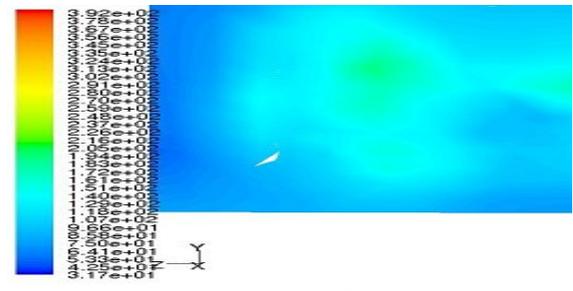
(c). $\phi = 35^\circ$

Gambar 12. Pathline dan intensitas turbulensi pada bagian belakang dari *reversed Ahmed body* dengan *blowing*

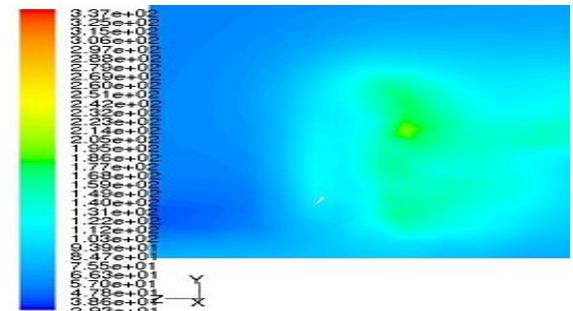
Gambar 13 (a-c) menunjukkan kontur dari intensitas turbulensi pada bagian belakang dari *reverse Ahmed body* tanpa *blowing* dengan kecepatan *upstream* 80 km/jam.



(a). $\phi = 25^\circ$



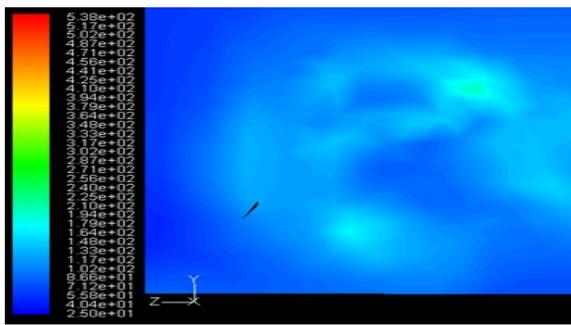
(b). $\phi = 30^\circ$



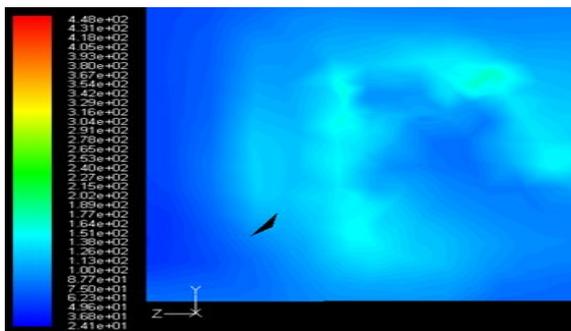
(c). $\phi = 35^\circ$

Gambar 13. Kontur dari intensitas turbulensi pada bagian belakang dari *reversed Ahmed body* tanpa *blowing*

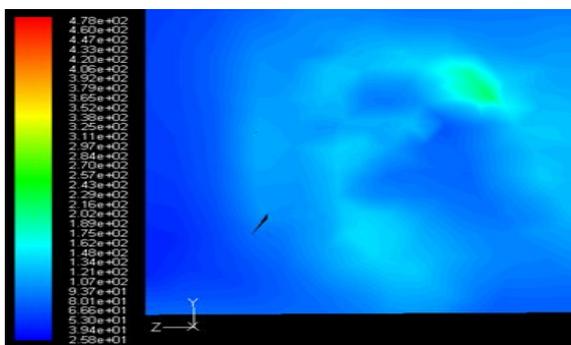
Gambar 14 (a-c) menunjukkan kontur dari intensitas turbulensi pada bagian belakang dari *reversed Ahmed body* menggunakan *blowing* dengan kecepatan 18 km/jam dan kecepatan *upstream* 80 km/jam.



(a). $\phi = 25^\circ$



(b). $\phi = 30^\circ$



(c). $\phi = 35^\circ$

Gambar 14. Kontur dari intensitas turbulensi pada bagian belakang dari *reversed Ahmed body* dengan *blowing*

4. PEMBAHASAN

Dari gambar 8 (a-c) terlihat bahwa adanya penambahan *blowing* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap medan aliran yang terbentuk pada bagian belakang dari *reversed Ahmed body* jika dibandingkan dengan tanpa *blowing* seperti yang nampak pada gambar 7 (a-c). Dengan adanya *blowing* yang ditempatkan pada bagian atas, ternyata aliran berpusar (*vortex*) pada bagian belakang dari ketiga model *reversed Ahmed model* yang terbentuk akibat

adanya pemisahan aliran pada bagian belakang body, menjadi hilang dan mengalami pergeseran. Hal ini dapat terjadi karena adanya energi yang dihasilkan dari *blowing* yang dapat mengubah pola aliran sehingga aliran berpusar menjadi berkurang dan hilang. Penempatan *blowing* pada bagian belakang dari ketiga model uji *reversed Ahmed body* dengan sudut kemiringan pada bagian depan masing-masing $\phi = 25^\circ$, $\phi = 30^\circ$ dan $\phi = 35^\circ$ memberikan pengaruh terhadap distribusi tekanan statik yang dihasilkan dan hal tersebut diperlihatkan pada gambar 10 (a-c) [7] jika dibandingkan dengan tanpa *blowing* seperti terlihat pada gambar 9 (a-c) sehingga gaya-gaya aerodinamika yang bekerja pada ketiga model uji yang menggunakan *blowing* mengalami perubahan dimana hambatan aerodinamika yang dialami oleh ketiga model uji tersebut menjadi berkurang.

Gambar 11 (a-c) memberikan suatu petunjuk daerah terjadinya turbulensi tanpa *blowing* pada bagian belakang dari *reversed Ahmed body* dimana pada $\phi = 25^\circ$ terlihat bahwa pusaran (*vortex*) terbentuk pada jarak 1/2 searah sumbu y+ dan 3/4 searah sumbu z- dari titik pusat *reversed Ahmed body* pada bagian belakang. Pusaran juga terlihat pada jarak 1/4 searah sumbu y- dan 1/8 searah sumbu z-. Untuk $\phi = 30^\circ$, pusaran terbentuk pada jarak 1/2 searah sumbu y+ dan 3/4 searah sumbu z- serta pada jarak 1/2 searah sumbu y- dan 1/2 searah sumbu z- dari titik pusat *reversed Ahmed body* pada bagian belakang. Dengan $\phi = 35^\circ$, pusaran yang terbentuk nampak pada jarak 1/2 searah sumbu y+ dan 3/4 searah sumbu z- serta pada jarak 1/4 searah sumbu y- dan 1/4 searah sumbu z- dari titik pusat *reversed Ahmed body* [7]. Dengan memberikan eksitasi eksternal berupa *blowing* pada bagian belakang dari *reversed Ahmed body* ternyata daerah terjadinya turbulensi mengalami pergeseran seperti yang ditunjukkan pada gambar 12 (a-c) di mana untuk $\phi = 25^\circ$ pusaran terbentuk pada jarak 1/8 searah sumbu y+ dan 1/4 searah sumbu z- serta pada jarak 1/4 searah sumbu y- dan 7/8 searah sumbu z- dari titik pusat *reversed Ahmed body* pada bagian belakang. Pada $\phi = 30^\circ$ nampak bahwa pusaran (*vortex*) terbentuk pada jarak 1/4 searah sumbu y+ dan 3/16 searah sumbu z- dari titik pusat *reversed Ahmed body* pada bagian belakang. Pusaran juga terlihat pada jarak 1/4 searah sumbu y- dan 7/8 searah sumbu z-. Dengan $\phi = 35^\circ$, pusaran yang terbentuk terlihat pada jarak 0 searah sumbu y dan 3/16 searah sumbu z- serta pada jarak 1/4 searah sumbu y- dan 7/8 searah sumbu z- dari titik pusat *reversed Ahmed body*. Lokasi terjadinya turbulensi (pusaran) tersebut diatas dapat dilihat pada tabel 1.



Tabel 1. Lokasi terjadinya turbulensi (pusaran)

| Lokasi pusaran | $\phi = 25^\circ$ | $\phi = 30^\circ$ | $\phi = 35^\circ$ |
|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Tanpa <i>blowing</i> | | | |
| Sumbu-y | 1/2; -1/4 | 1/2;-1/2 | 1/2;1/4 |
| Sumbu-z | -3/4; -1/8 | -3/4;-1/2 | -3/4;-1/4 |
| Dengan <i>blowing</i> | | | |
| Sumbu-y | 1/8;-1/4 | 1/4;-1/4 | 0;-1/4 |
| Sumbu-z | -1/4;-7/8 | -3/16;-7/8 | -3/16;-7/8 |

Pada gambar 13 (a-c) diperoleh informasi bahwa nilai intensitas turbulensi tanpa *blowing* dengan sudut kemiringan, $\phi = 25^\circ$, $\phi = 30^\circ$ dan $\phi = 35^\circ$ masing-masing sebesar 2.24%, 2.26% dan 1.95% [7], sedangkan nilai intensitas turbulensi yang dihasilkan dengan penambahan eksitasi eksternal berupa tiupan (*blowing*) pada bagian belakang dari *reversed Ahmed body* dengan sudut kemiringan, $\phi = 25^\circ$, $\phi = 30^\circ$ dan $\phi = 35^\circ$ masing-masing sebesar 1.79%, 1.89% dan 1.75% seperti yang diperlihatkan pada gambar 14 (a-c). Dari informasi tersebut terlihat bahwa nilai intensitas turbulensi yang diperoleh dengan adanya penambahan eksitasi eksternal berupa tiupan (*blowing*) pada bagian belakang dari *reversed Ahmed body* mengalami penurunan sebesar 0.45 % untuk $\phi = 25^\circ$, 0.37% untuk $\phi = 30^\circ$ dan 0.20% untuk $\phi = 35^\circ$. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan eksitasi eksternal berupa *blowing* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap aliran turbulensi yang terjadi pada bagian belakang dari *reversed Ahmed body*. Nilai intensitas turbulensi tersebut di atas dapat juga dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai intensitas turbulensi (%)

| Nilai intensitas turbulensi | $\phi = 25^\circ$ | $\phi = 30^\circ$ | $\phi = 35^\circ$ |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Tanpa <i>blowing</i> | 2.24 | 2.26 | 1.95 |
| Dengan <i>blowing</i> | 1.79 | 1.89 | 1.75 |

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil komputasional yang diperoleh maka dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Penempatan eksitasi eksternal berupa tiupan (*blowing*) pada bagian belakang dari suatu model

geometri sederhana kendaraan penumpang keluarga yang menggunakan model desain *reversed Ahmed body* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap medan aliran dan intensitas turbulensi.

- 2) Diperoleh penurunan nilai intensitas turbulensi sebesar 0.45 % untuk $\phi = 25^\circ$, 0.37% untuk $\phi = 30^\circ$ dan 0.20% untuk $\phi = 35^\circ$ dengan adanya penambahan eksitasi eksternal berupa tiupan (*blowing*) pada bagian belakang dari *reversed Ahmed model*

PENGHARGAAN

Penelitian ini dibiayai oleh Kementerian Negara Riset dan Teknologi melalui skema Insentif Riset Dasar No. RD-2010-3399.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mair, W. A., "The Effect of a Rear-Mounted Disc on the Drag of a Blunt-Based Body of Revolution," *Aeronaut. Q.*, 16 (1985), pp. 350-360.
- [2] Gillieron, P., "Detailed Analysis of the Overtaking Process," *J. Mech. Eng.*, 53(2003), pp. 1-17.
- [3] Bak, C., Fuglsang, P., Johansen, J., and Antoniou, I., *Risoe National Laboratory*, Technical Report No. Risoe-R-1193. 2000
- [4] Fiedler, H.E., and Fernholz, H.-H. "On Management and Control of Turbulent Shear Flows," *Prog. Aerospace Sci.* 27(1990), pp. 305-387
- [5] Ivanic, T., and Gilliéron, P., , "Reduction of the Aerodynamic Drag Due to Cooling System: An Analytical and Experimental Approach," *SAE Paper* (2004), No. 2005-01-1017.
- [6] Roumeas M., Gillieron P., and Kourta A., "Separated Flow around the Rear Window of a Simplified Car Geometry", *Journal of Fluids Engineering* (2008), 130
- [7] Harinaldi, Budiarto, Rustan Tarakka, "Kajian Komputasi Pengaruh Geometri Muka Terhadap Medan Aliran Hilir dari Reversed Ahmed Body", *Seminar Nasional Thermofluid UGM*, 5 Agustus, Yogyakarta, 2010.

