

SIMULASI AERODINAMIKA DESAIN MOBIL HEMAT BAHAN BAKAR 'ANTAWIRYA' DENGAN METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*

*Abdul Hadi Hanif¹, M. S. K. Tony Suryo Utomo²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: abdulhadi.hanif15@gmail.com

Abstrak

Semakin menipisnya cadangan minyak bumi dunia, membuat industri otomotif, perminyakan, universitas ataupun institusi pemerintahan untuk lebih inovatif dalam melakukan terobosan. Bodi mobil yang lebih aerodinamis akan menghasilkan nilai koefisien *drag* yang kecil, sehingga mampu mengurangi penggunaan bahan bakar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai koefisien *drag* (*cd*) yang serendah mungkin pada desain mobil hemat bahan bakar 'Antawirya', fenomena aliran fluida yang terjadi di sekeliling bodi mobil dan melakukan upaya perancangan bodi mobil yang lebih aerodinamis. Simulasi aerodinamika mobil dilakukan di dalam terowongan angin yang ditetapkan sebagai domain komputasi dengan menggunakan metode *computational fluid dynamics*. Metode turbulen yang digunakan adalah *k-epsilon realizable standard wall function*, dimana metode turbulen ditentukan berdasarkan validasi dengan mengetahui separasi dan titik *reattachment* dari fenomena *backward-facing step*. Metode diskretisasi yang digunakan adalah *second order upwind* untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Pada mobil Antawirya terdahulu didapat jumlah *grid* sebesar 862391 dan jumlah *grid* pada desain mobil Antawirya konsep 1 sebesar 767870. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai koefisien *drag* mengalami penurunan pada mobil Antawirya konsep 1 dibandingkan dengan mobil Antawirya terdahulu, yaitu pada kecepatan 10 km/j terjadi penurunan koefisien *drag* sebesar 38,18 % dari 0,385 menjadi 0,238, kecepatan 20 km/j terjadi penurunan sebesar 39,14 % dari 0,373 menjadi 0,227, kecepatan 30 km/j terjadi penurunan sebesar 39,84 % dari 0,369 menjadi 0,222, kecepatan 40 km/j terjadi penurunan sebesar 40,27 % menjadi 0,365 ke 0,218, kecepatan 50 km/j terjadi penurunan sebesar 40,38 % dari 0,364 menjadi 0,217, dan kecepatan 60 km/j terjadi penurunan nilai koefisien *drag* sebesar 40,27 % dari 0,360 menjadi 0,215. Selain itu terdapat fenomena separasi dan *wake* pada bagian belakang bodi mobil, dimana separasi dan *wake* pada mobil Antawirya konsep 1 lebih kecil dibandingkan pada mobil Antawirya terdahulu. Hal ini dikarenakan bodi mobil Antawirya konsep 1 lebih aerodinamis.

Kata kunci: Aerodinamika, *Computational Fluid Dynamics*, Koefisien *drag*, Separasi, *Wake*.

Abstract

Increasingly depleted world's oil deposit has encouraged the automotive industry, including the government and universities, to be more innovative in their efforts to find a breakthrough. More aerodynamic vehicle design will produce a smaller drag coefficient value, thus reducing fuel consumption. The purpose of this research is to get the magnitude of the drag coefficient as low as possible in the design of 'Antawirya' fuel efficient car. It focuses on the phenomenon of fluid flow that takes place all around the car and the effort to create a more aerodynamic car body design. Car aerodynamics simulations are conducted in the wind tunnel set as the computing domain by Computational Fluid Dynamics. The k-epsilon realizable standard wall function method is used in this research, which is specified based on the phenomenon of validation in backward-facing step by knowing the separation and the reattachment point on these phenomena. This research also uses the second order upwind as the discretization method for more accurate results. The number of each grid for previous Antawirya and Antawirya konsep 1 are 862391 and 767870. The results of the simulation show a reduction of drag coefficient on Antawirya konsep 1 compared to the previous Antawirya. Drag coefficient has shown a decrease by 38,18 % from 0,385 into 0,238 at a rate of 10 km/h, a decrease by 39,14 % from 0,373 into 0,227 at 20 km/h, a decrease by 39,84 % from 0,369 into 0,222 at 30 km/h, a decrease by 40,27 % from 0,365 into 0,218 at 40 km/h, a decrease by 40,38 % from 0,364 into 0,217 at 50 km/h, and a decrease by 40,27 % from 0,360 into 0,215 at 60 km/h. The separation and wake phenomenon also occurred on the back of the car body as the separation and wake on Antawirya konsep 1 are shorter than the previous Antawirya design. This is due to the fact that the body of Antawirya konsep 1 has a more aerodynamic design.

Keywords: Aerodynamics, *Computational Fluid Dynamics*, Drag coefficient, Separation, *Wake*.

1. Pendahuluan

Dewasa ini, isu-isu penghematan bahan bakar minyak dan penggunaan energi alternatif untuk mengganti konsumsi bahan bakar minyak semakin digencarkan. Seperti yang diketahui cadangan minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, sehingga setiap tahunnya cadangan minyak bumi semakin berkurang.

Tabel 1. Cadangan Minyak Bumi Indonesia [1]

Tahun	Terbukti (Milyar Barel)	Potensial (Milyar Barel)	Total (Milyar Barel)
2000	5,12	4,49	9,61
2001	5,10	4,65	9,75
2002	4,72	5,03	9,75
2003	4,73	4,40	9,13
2004	4,30	4,31	8,61
2005	4,19	4,44	8,63
2006	4,37	4,56	8,93
2007	3,99	4,41	8,40
2008	3,75	4,47	8,22
2009	4,30	3,70	8,00
2010	4,23	3,53	7,76
2011	4,04	3,69	7,73
2012	3,74	3,67	7,41
2013	3,69	3,86	7,55

Tabel 1 merupakan data cadangan minyak bumi Indonesia dari tahun 2000 sampai dengan tahun 2013. Dilihat dari data tersebut, cadangan minyak bumi di Indonesia semakin berkurang tiap tahunnya. Semakin berkurangnya cadangan minyak bumi membuat industri otomotif, perminyakan, universitas, ataupun lembaga-lembaga pemerintahan yang terkait untuk lebih inovatif dalam melakukan langkah dan terobosan, baik itu riset-riset yang dilakukan ataupun produk-produk yang dihasilkan.

Tabel 2 merupakan data produksi mobil berdasarkan kategori mobil dari tahun 2010 sampai dengan 2014 di Indonesia. Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa produksi kendaraan bermotor terutama mobil semakin meningkat tiap tahunnya. Hal ini bertolak belakang dengan cadangan minyak bumi yang semakin berkurang, sehingga dibutuhkan upaya dalam efisiensi penggunaan bahan bakar.

Tabel 2. Produksi Mobil di Indonesia [2]

No	Kategori	Jumlah Produksi per Tahun				
		2010 (unit)	2011 (unit)	2012 (unit)	2013 (unit)	2014 (unit)
1	Sedan	4081	3231	4869	5091	39658
2	Tipe 4 x2	477252	530762	693421	842234	761928
3	Tipe 4 x 4	15191	27870	45211	24830	26528
4	Bus	4106	4142	5299	4713	4105
5	Pick Up / Truck	201878	271943	316757	278387	281246
Jumlah		702508	837948	1065557	1208211	1298523

Shell Eco Marathon adalah salah satu contoh terobosan yang dilakukan oleh perusahaan minyak dunia, Shell. *Shell Eco Marathon* merupakan ajang kompetisi bagi mahasiswa dari seluruh dunia untuk merancang, membangun dan menguji kendaraan hemat energi. Dengan acara tahunan pertama di Amerika, kemudian Eropa dan Asia, pemenangnya adalah tim yang mampu menempuh jarak terjauh dengan menghabiskan bahan bakar yang paling sedikit. Ajang ini menjadi sarana diskusi mengenai gerakan kendaraan dan menginspirasi insinyur muda untuk meneliti sejauh mana efisiensi bahan bakar [3].

Di Indonesia, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan bekerja sama dengan Institut Teknologi Surabaya melakukan kompetisi yang sama, yaitu *Indonesia Energy Marathon Challenge* (IEMC). Hal ini menuntut setiap universitas di Indonesia untuk bisa mengembangkan penelitian mengenai efisiensi bahan bakar. Universitas Diponegoro pada tahun 2013 dan 2014 telah mengikuti kompetisi tersebut, namun masih belum mendapatkan hasil yang maksimal. Hal inilah yang menjadi dasar penelitian ini dilakukan supaya dengan bodi mobil yang lebih aerodinamis dapat mengurangi hambatan udara dan menekan penggunaan bahan bakar sehingga Universitas Diponegoro dapat menjadi juara pada kompetisi ini. Aerodinamika menjadi aspek yang sangat diperhatikan dalam desain bodi mobil, sehingga mobil yang dihasilkan dapat mengoptimalkan *engine power* untuk menjadi daya dorong dan membuat bahan bakar menjadi lebih hemat.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai koefisien *drag* (c_d) yang serendah mungkin pada desain mobil hemat bahan bakar ‘Antawirya’, fenomena aliran fluida yang terjadi di sekeliling bodi mobil dan melakukan upaya perancangan bodi mobil yang lebih aerodinamis. Bentuk bodi mobil yang mempunyai nilai koefisien *drag* (c_d) yang kecil dikatakan sebagai bentuk yang aerodinamis, yaitu bentuknya adalah *streamline* mengikuti arah aliran udara yang melewati permukaan bodinya. Seperti yang diketahui, pengujian koefisien tahanan suatu kendaraan dapat dilakukan dengan melakukan eksperimen maupun menggunakan model simulasi numerik dengan menggunakan metode *computational fluid dynamics*. Pengujian koefisien tahanan dengan eksperimen dilakukan di dalam terowongan angin (*wind tunnel*) baik dalam ukuran sebenarnya maupun dalam ukuran skala. Akan tetapi pengujian koefisien *drag* dengan menggunakan cara ini membutuhkan waktu dan biaya yang tidak sedikit. Hal inilah yang menjadi alasan para desainer maupun industri untuk memanfaatkan komputasi dan simulasi numerik sebagai solusi terhadap permasalahan tersebut dengan pertimbangan kecepatan dalam memperoleh data koefisien *drag* dan rendahnya biaya yang harus dikeluarkan dibandingkan dengan melakukan eksperimen.

2. Bahan dan Metode Penelitian

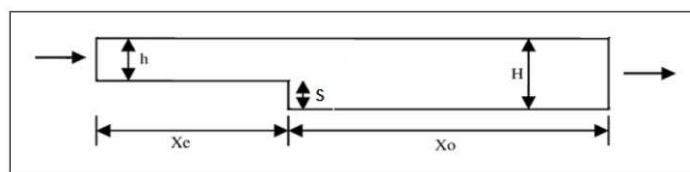
2.1 Metode Simulasi Aerodinamika

Simulasi aerodinamika mobil dilakukan di dalam terowongan angin yang ditetapkan sebagai domain komputasi dengan menggunakan metode *computational fluid dynamics*. Simulasi pada penelitian ini terdapat dua tahapan, yang pertama adalah simulasi metode turbulen yang paling tepat untuk menentukan titik *reattachment*, selanjutnya adalah simulasi mobil Antawirya terdahulu dan desain mobil Antawirya konsep 1 berdasarkan model turbulen yang sudah divalidasi. Metode turbulen yang digunakan adalah *k-epsilon realizable standard wall function*. Metode turbulen ditentukan berdasarkan validasi dengan mengetahui titik *reattachment* dari fenomena *backward-facing step*.

Metode diskritisasi yang digunakan adalah dengan menggunakan *second order upwind* untuk mendapatkan hasil perhitungan yang lebih akurat. Hal yang penting untuk menentukan hasil dari proses simulasi adalah dengan menentukan kriteria konvergensi. Dalam penelitian ini ditentukan kriteria konvergensi sebesar 10^{-4} untuk semua parameter seperti kontinuitas, kecepatan, k dan epsilon. Selain itu, parameter yang menentukan hasil simulasi untuk aliran fluida sudah benar atau tidak adalah dengan mengetahui nilai *mass flowrate*, yaitu kurang dari 0,2 %. Dalam simulasi kasus aliran turbulen, pengaruh kerapatan mesh di dekat dinding diperhitungkan. Semakin rapat *mesh* di sekitar dinding, maka akan meningkatkan keakuratan hasil perhitungannya berdasarkan batasan dari metode perlakuan yang digunakan. Simulasi ini menggunakan metode perlakuan di dekat dinding dengan *standard wall function*. Nilai batas y^+ untuk *standard wall function* adalah 30 sampai 60 sehingga untuk y^+ hasil simulasi harus diantara nilai tersebut.

2.2 Simulasi Validasi Metode Turbulen

Dalam melakukan proses simulasi, hal yang penting untuk mengetahui simulasi yang dilakukan sudah tepat atau belum adalah dengan melakukan validasi dari hasil eksperimen atau simulasi yang telah dilakukan sebelumnya. Dalam proses simulasi ini dilakukan validasi dengan mengetahui titik *reattachment* dari fenomena *backward-facing step*. Fenomena separasi pada *backward-facing step* juga terjadi pada mobil yang sedang bergerak, sehingga perlu dilakukan validasi dengan hasil simulasi pada *backward-facing step* untuk mengetahui model turbulen yang paling tepat dalam menentukan titik *reattachment*. Dan model turbulen yang paling tepat akan digunakan sebagai model turbulen dalam penelitian ini. Gambar 1 dan Tabel 3 merupakan geometri *backward-facing step*.



Gambar 1. Geometri *backward-facing step* [4].

Tabel 3. Dimensi Geometri *Backward-Facing Step* [4]

No	Keterangan	Simbol	Jarak (m)
1	Tinggi saluran masuk	h	5,2
2	Tinggi saluran keluar	H	10,1
3	Tinggi tingkat	S	4,9
4	Panjang saluran masuk	Xe	200
5	Panjang saluran keluar	Xo	500

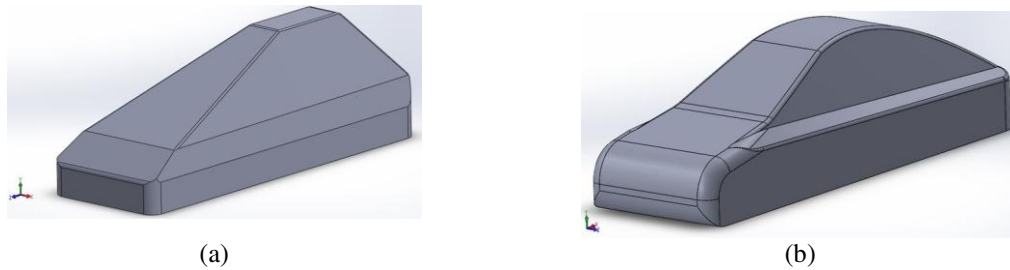
Tabel 4 menjelaskan perbandingan titik *reattachment* dari simulasi yang dilakukan pada tiap-tiap jenis model turbulen dengan jarak titik *reattachment* yang telah dilakukan pada simulasi sebelumnya dari literatur. Dari Tabel 4 dapat diketahui bahwa menggunakan metode turbulen *k-epsilon realizable* diperoleh jarak titik *reattachment* yang paling mendekati dengan hasil simulasi dari literatur.

Tabel 4. Jarak Titik *Reattachment* dari Model *k-epsilon*

No	Model turbulen <i>k-epsilon</i>	Jarak titik <i>reattachment</i> dari simulasi (m)	Jarak titik <i>reattachment</i> dari literatur (m)	Error (%)
1	<i>Standard</i>	27	33,32	18,97
2	<i>RNG</i>	29	33,32	12,9
3	<i>Realizable</i>	32	33,32	3,96

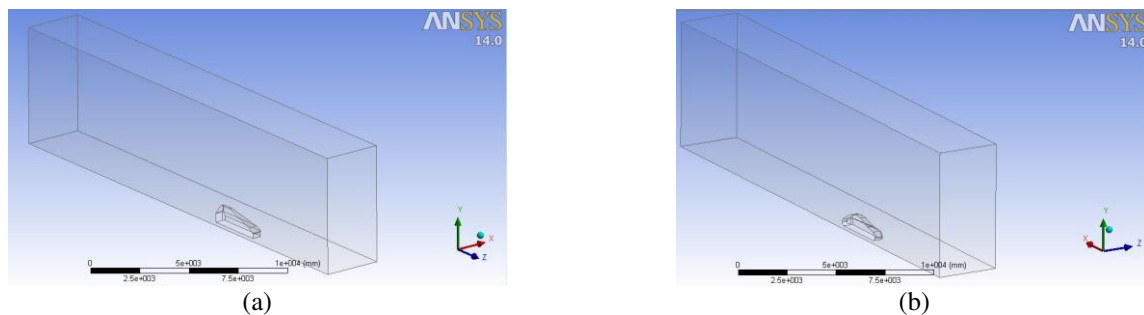
2.3 Pemodelan Mobil Antawirya

Pemodelan geometri pada mobil lama berdasarkan pengukuran secara manual pada bodi mobil Antawirya yang sudah dibuat. Sedangkan desain pengembangan mobil baru dibuat lebih aerodinamis, yaitu bentuknya mengikuti *streamline* atau mengikuti arah aliran fluida. Gambar 2 merupakan model mobil Antawirya terdahulu dan desain mobil Antawirya konsep 1 dengan menggunakan *software SolidWorks*.



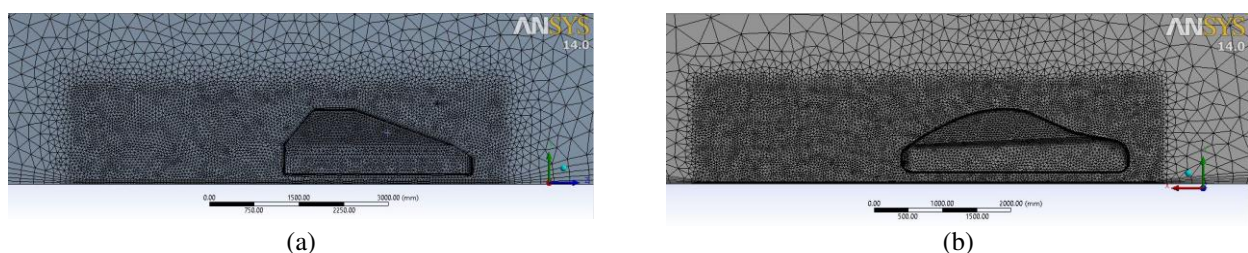
Gambar 2. Model bodi mobil (a) Antawirya terdahulu dan (b) Antawirya konsep 1.

Selanjutnya adalah memasukkan model yang telah dibuat kedalam *design modeller* yang terdapat dalam ANSYS untuk membuat geometri *wind tunnel* nya,. Selain itu, proses simulasi ini dilakukan dengan mensimulasikan setengah bodi mobil yaitu membuat kondisi simetri. Hal ini supaya proses komputasi menjadi lebih cepat karena jumlah *grid* yang digunakan menjadi lebih sedikit seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Geometri mobil (a) Antawirya terdahulu dan (b) Antawirya konsep 1 dan *wind tunnel* dengan ANSYS *design modeller*.

Penggenerasian *mesh* dilakukan secara bertahap yaitu membuat *mesh* pada keseluruhan volume *wind tunnel* yang telah digabungkan menjadi volume dengan bodi mobil. Selanjutnya adalah merapatkan *mesh* di dinding bodi mobil dan jalan dengan melakukan *inflation* dengan membuat *layer* di sekitar dinding. Kemudian membuat geometri kotak yang baru pada *design modeller* untuk dilakukan proses *mesh* yang lebih rapat disekitar bodi mobil. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan keakuratan perhitungan pada jenis aliran turbulen, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Penggenerasian *mesh* pada mobil Antawirya terdahulu menghasilkan jumlah grid sebanyak 862391 dengan *skewness* sebesar 0,81, sedangkan untuk desain mobil Antawirya konsep 1 menghasilkan jumlah grid sebanyak 767870 dengan *skewness* 0,73.



Gambar 4. Penggenerasian *mesh* pada mobil (a) Antawirya terdahulu dan (b) Antawirya konsep 1.

3. Hasil dan Pembahasan

Koefisien *drag* menjadi hal yang paling penting dalam desain aerodinamika, semakin kecil nilai dari koefisien *drag* maka akan semakin meningkatnya pengoptimalan engine power yang digunakan dan semakin menekan pemakaian bahan bakar karena hambatan udara semakin kecil. Tabel 5 menjelaskan mengenai nilai koefisien *drag* pada mobil Antawirya terdahulu dan desain mobil Antawirya konsep 1 serta presentasi penurunan nilai koefisien *drag* antara mobil Antawirya terdahulu dengan desain mobil Antawirya konsep 1.

Tabel 5. Nilai Koefisien *Drag* Terhadap Variasi Kecepatan Fluida Pada Mobil Antawirya Terdahulu dan Desain Mobil Antawirya Konsep 1

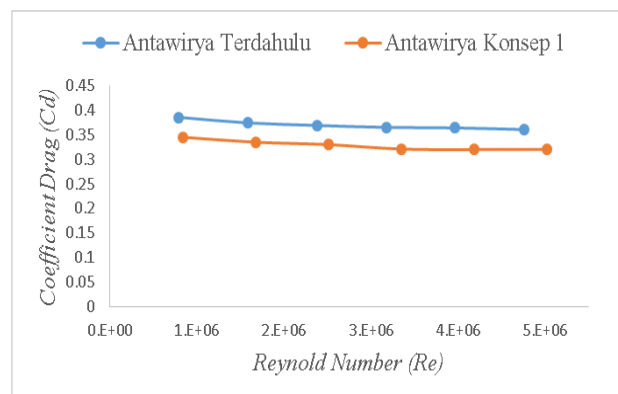
No	Kecepatan (km/j)	Koefisien drag (C_d)		Penurunan C_d (%)
		Antawirya terdahulu	Antawirya konsep 1	
1	10	0,385	0,238	38,18
2	20	0,373	0,227	39,14
3	30	0,369	0,222	39,84
4	40	0,365	0,218	40,27
5	50	0,364	0,217	40,38
6	60	0,360	0,215	40,27

Dari Tabel 5 dapat diketahui bahwa koefisien *drag* semakin berkurang dengan meningkatnya kecepatan. Selain itu, dari Tabel 5 juga dapat diketahui bahwa terdapat penurunan nilai koefisien *drag* pada desain mobil Antawirya konsep 1 dibandingkan dengan Antawirya terdahulu. Hal ini menjelaskan bahwa desain mobil Antawirya konsep 1 sudah berhasil karena mempunyai nilai koefisien *drag* yang lebih kecil.

Penurunan nilai koefisien *drag* yang diperoleh dikarenakan telah dilakukan perancangan pengembangan bentuk bodi mobil Antawirya dengan berbagai metode, yaitu [5] :

1. Bodi mobil dibuat *streamline*, yaitu bodi mobil mengikuti arah aliran fluida.
2. Membulatkan sudut-sudut bodi mobil yang dilewati fluida untuk mengurangi separasi.
3. Membuat bodi belakang menjadi lebih runcing untuk mengurangi terjadinya separasi.
4. Mengurangi sudut kemiringan jendela bagian belakang bodi mobil.

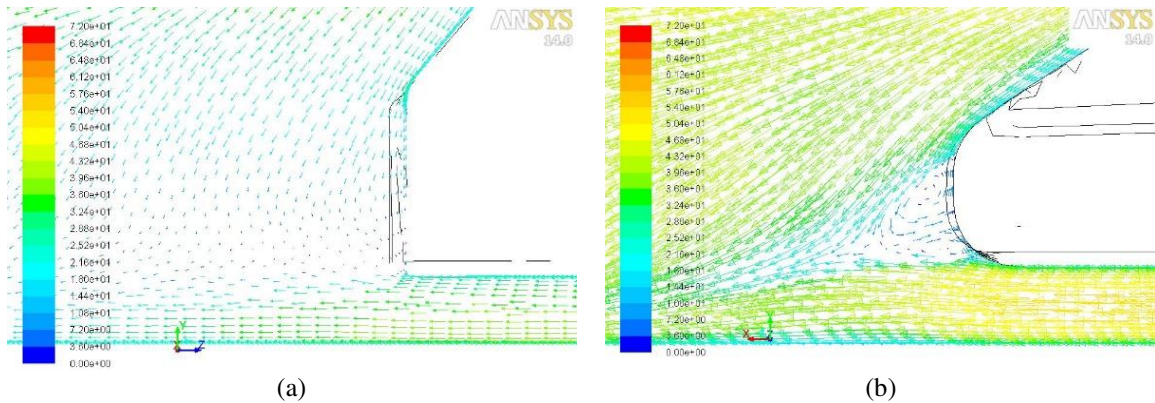
Peningkatan kecepatan aliran fluida akan meningkatkan bilangan Reynold Noya. Hubungan bilangan Reynold dengan koefisien *drag* adalah semakin besarnya bilangan Reynold maka nilai koefisien *drag* akan cenderung semakin kecil [6], seperti hasil penelitian pada aliran fluida yang melewati bola [7]. Penurunan nilai koefisien *drag* pada bodi mobil yang memiliki tepi membulat lebih besar daripada bodi mobil yang memiliki tepi yang lancip [8]. Perbandingan hubungan bilangan Reynold dengan koefisien *drag* pada mobil Antawirya terdahulu dan desain mobil Antawirya konsep 1 dapat dilihat pada Gambar 5.



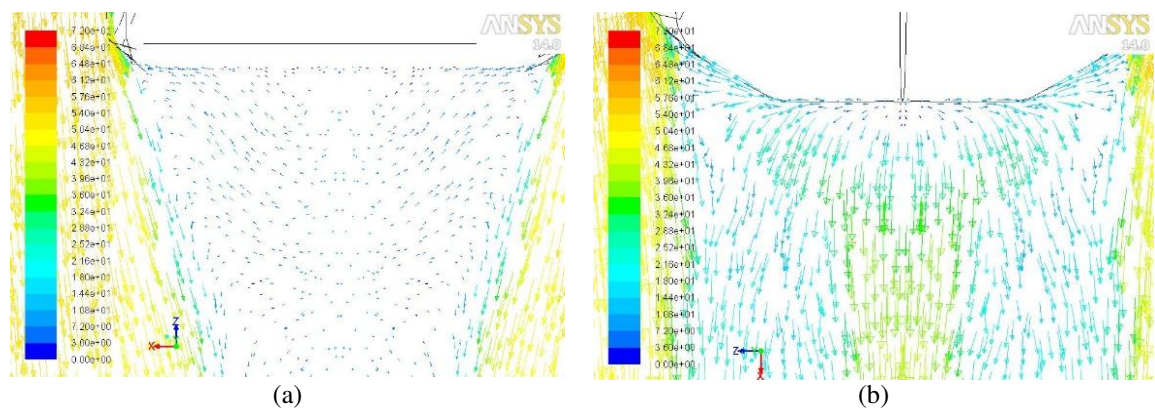
Gambar 5. Perbandingan hubungan bilangan Reynold dengan *coefficient drag* pada desain mobil Antawirya terdahulu dan mobil Antawirya konsep 1.

Aliran udara yang melewati bodi mobil akan mengakibatkan terjadinya gradien tekanan antara bagian depan mobil dan bagian belakang mobil, sehingga partikel fluida akan mengalami perlambatan. Hal ini akan menyebabkan terjadinya fenomena separasi aliran fluida [9], Adanya separasi aliran akan menyebabkan timbulnya *wake* di belakang bodi mobil yang mengakibatkan *drag*. Semakin cepat terjadinya separasi aliran, *wake* akan semakin lebar sehingga *drag* semakin besar [10].

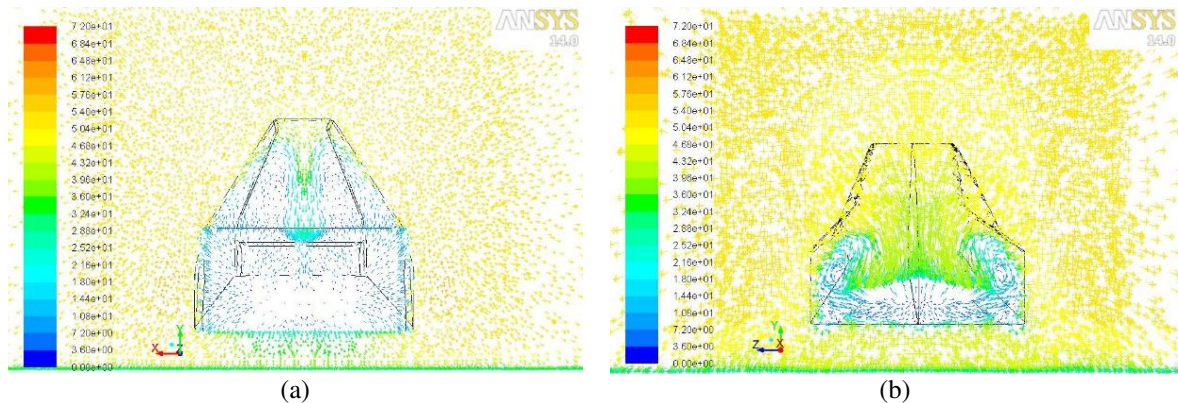
Gambar 6, 7 dan 8 merupakan fenomena *wake* aliran fluida yang terjadi pada mobil Antawirya terdahulu dan desain mobil Antawirya konsep 1 dari tampak samping, atas dan bawah dari bodi mobil dengan kecepatan aliran 50 km/j.



Gambar 6. Wake yang terjadi pada bagian belakang bodi mobil (a) Antawirya Terdahulu dan (b) Antawirya konsep 1 dilihat tampak samping dengan kecepatan aliran 50 km/j.



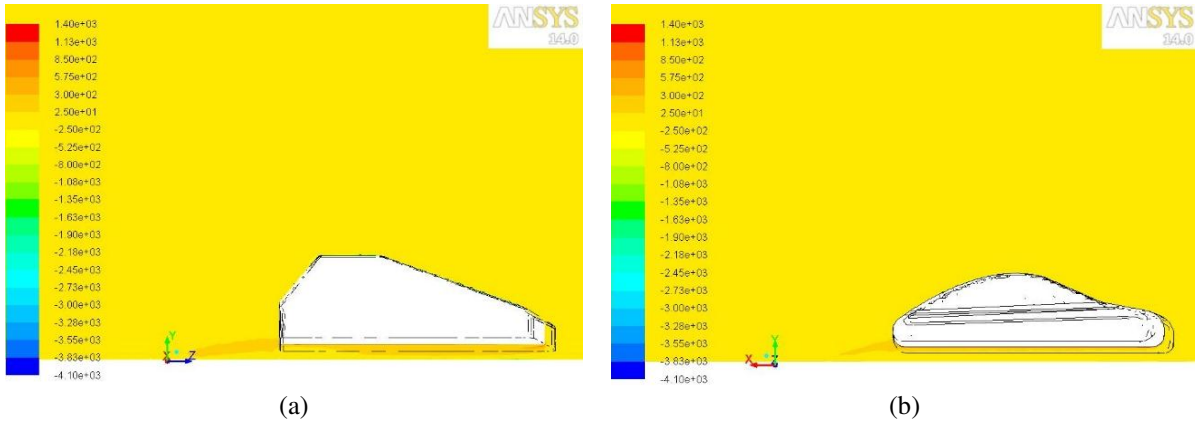
Gambar 7. Wake yang terjadi pada bagian belakang bodi mobil (a) Antawirya terdahulu dan (b) Antawirya konsep 1 dilihat tampak atas pada ketinggian 0,2 m dari bawah bodi mobil dengan kecepatan aliran 50 km/j.



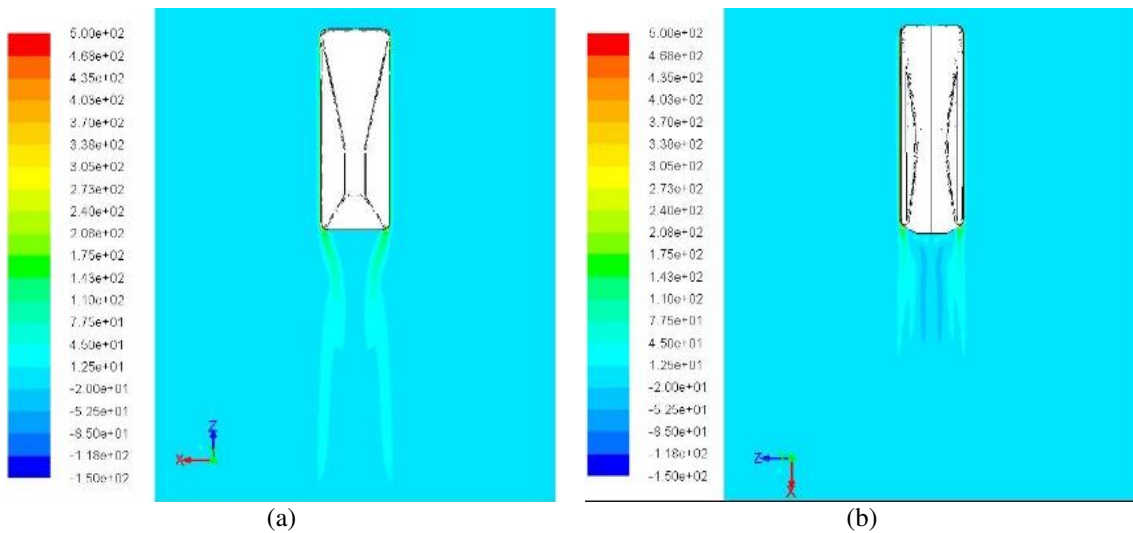
Gambar 8. Wake yang terjadi pada mobil (a) Antawirya terdahulu dan (b) Antawirya konsep 1 pada jarak 0 m dari belakang bodi mobil dengan kecepatan aliran 50 km/j.

Dilihat dari fenomena aliran fluida yang terjadi di sekeliling bodi mobil Antawirya terdahulu maupun desain mobil Antawirya konsep 1 di setiap masing-masing sumbu menunjukkan bahwa fenomena aliran pada desain mobil Antawirya konsep 1 menghasilkan daerah separasi dan wake yang lebih kecil daripada mobil Antawirya terdahulu yang berdampak pada nilai koefisien drag menjadi semakin kecil. Hal ini akan berpengaruh terhadap pemakaian bahan bakar yang semakin sedikit pada mobil Antawirya konsep 1.

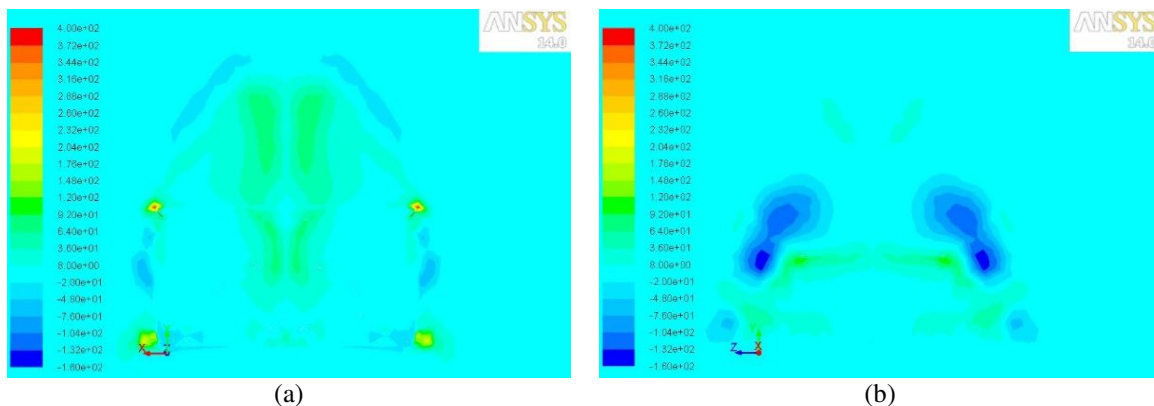
Gambar 9 sampai dengan Gambar 11 vortisitas yang terjadi pada mobil Antawirya terdahulu dan Antawirya konsep 1. Semakin besar vortisitas yang terjadi di sekeliling bodi mobil maka akan meningkatkan nilai koefisien drag nya [11]. Sehingga vortisitas yang terjadi pada desain bodi mobil Antawirya konsep 1 harus lebih kecil daripada vortisitas yang terjadi pada mobil Antawirya terdahulu.



Gambar 9. Vortisitas yang terjadi di sekeliling bodi mobil (a) Antawiryra terdahulu dan (b) Antawiryra konsep 1 dengan kecepatan aliran 50 km/j.

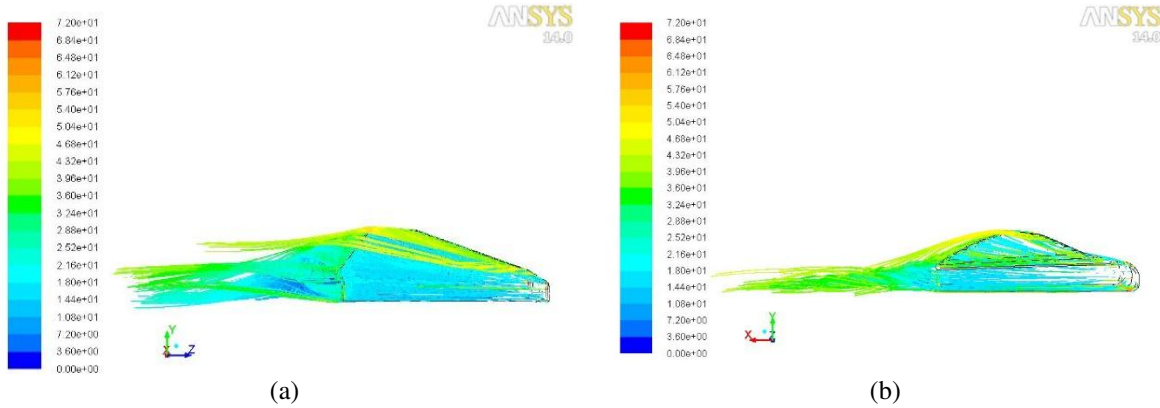


Gambar 10. Vortisitas yang terjadi pada bagian belakang bodi mobil (a) Antawiryra terdahulu dan (b) Antawiryra konsep 1 tampak atas pada ketinggian 0,2 m dari bawah bodi mobil dengan kecepatan aliran 50 km/j.

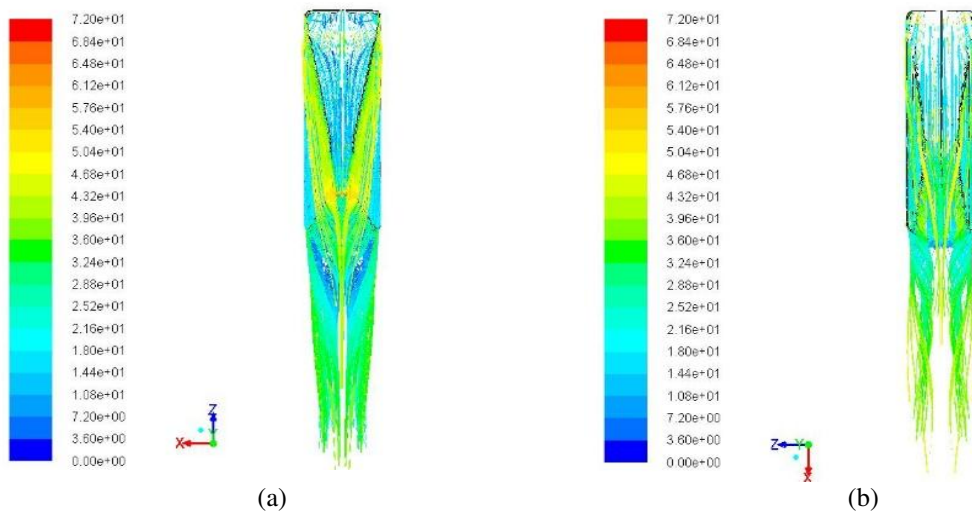


Gambar 11. Vortisitas yang terjadi pada mobil (a) Antawiryra terdahulu dan (b) Antawiryra konsep 1 pada jarak 0 m dari belakang bodi mobil dengan kecepatan aliran 50 km/j.

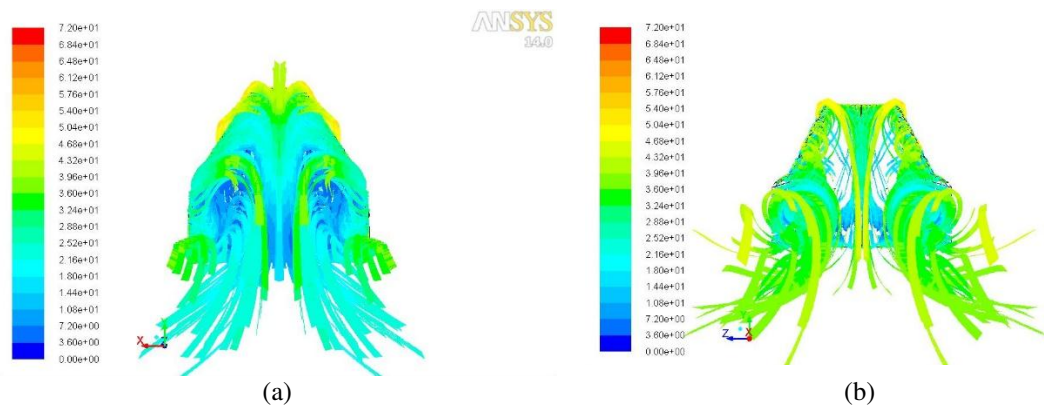
Berdasarkan Gambar 9 sampai dengan Gambar 11 dapat diketahui bahwa vortisitas yang terjadi pada desain bodi mobil Antawiryra konsep 1 memiliki vortisitas yang lebih rendah daripada mobil Antawiryra terdahulu yang mempunyai nilai vortisitas yang lebih besar. Semakin berkurangnya vortisitas yang terjadi akan berpengaruh pada nilai koefisien *drag* yang semakin kecil [12]. Gambar 12 sampai dengan Gambar 14 merupakan *pathline velocity magnitude* di sekeliling mobil Antawiryra terdahulu dan Antawiryra konsep 1.



Gambar 12. *Pathline velocity magnitude* di sekeliling bodi mobil (a) Antawirya terdahulu dan (b) Antawirya konsep 1 dengan kecepatan aliran 50 km/j.



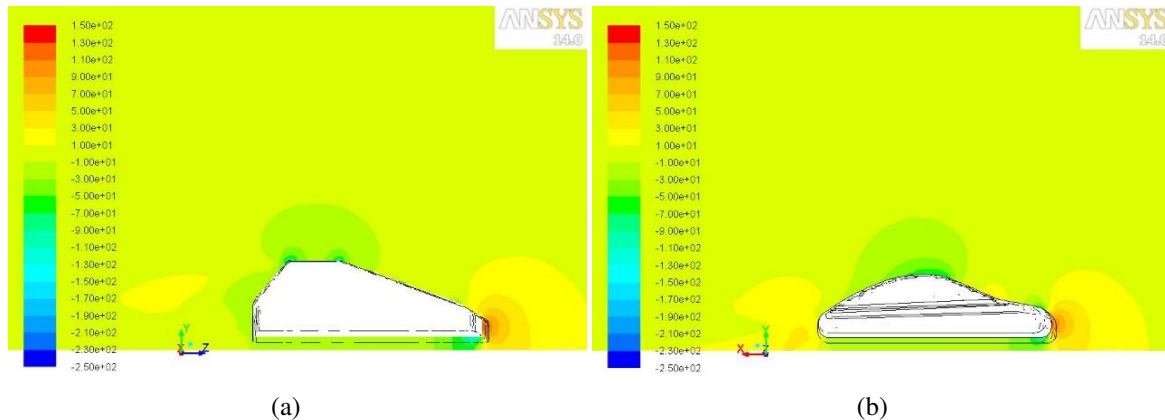
Gambar 13. *Pathline velocity magnitude* yang terjadi pada bagian belakang bodi mobil (a) Antawirya terdahulu dan (b) Antawirya konsep 1 tampak atas pada ketinggian 0,2 m dari bawah bodi mobil dengan kecepatan aliran 50 km/j.



Gambar 14. *Pathline velocity magnitude* yang terjadi pada mobil (a) Antawirya terdahulu dan (b) Antawirya konsep 1 pada jarak 0 m dari belakang bodi mobil dengan kecepatan aliran 50 km/j.

Berdasarkan Gambar 12 sampai dengan Gambar 14 dapat diketahui bahwa kecepatan di belakang bodi mobil Antawirya konsep 1 mengalami peningkatan kecepatan aliran yang lebih cepat daripada bodi mobil Antawirya terdahulu. Hal ini menunjukkan bahwa kerugian momentum pada bodi mobil Antawirya konsep 1 lebih sedikit daripada bodi mobil Antawirya terdahulu, sehingga nilai koefisien *drag* nya pun menjadi semakin kecil.

Selain itu, untuk distribusi tekanan statik yang terjadi pada bodi mobil Antawirya terdahulu dan desain mobil Antawirya konsep 1 dapat dilihat pada Gambar 15 dengan kecepatan aliran 50 km/j. Tekanan statik yang terjadi pada bodi mobil Antawirya berpengaruh terhadap fenomena fluida yang terjadi disekeliling bodi mobil Antawirya.



Gambar 15. Kontur tekanan statik yang terjadi di sekeliling bodi mobil (a) Antawiryra terdahulu dan (b) desain mobil Antawiryra konsep 1 dengan kecepatan aliran 50 km/j.

Berdasarkan Gambar 4.27 dapat diketahui bahwa tekanan pada bagian belakang bodi mobil Antawiryra terdahulu lebih rendah daripada tekanan pada bagian belakang bodi mobil Antawiryra konsep 1. Hal ini menunjukkan bahwa pada mobil Antawiryra terdahulu terdapat perbedaan tekanan yang lebih tinggi antara bagian depan bodi mobil dengan bagian belakang bodi mobil Antawiryra terdahulu. Hal ini akan menyebabkan *pressure drag* semakin besar [13] dan membuat nilai koefisien *drag* pada mobil Antawiryra terdahulu lebih besar daripada desain mobil Antawiryra konsep 1. Dengan semakin kecilnya nilai koefisien *drag* pada desain mobil Antawiryra konsep 1 menunjukkan bahwa pengembangan desain yang lebih aerodinamis pada mobil Antawiryra terdahulu sudah berhasil dilakukan, yang bertujuan untuk penghematan penggunaan bahan bakar.

4. Kesimpulan

Hasil dari penelitian yang dilakukan ini didapatkan nilai Koefisien *drag* pada desain mobil Antawiryra konsep 1 mengalami penurunan pada tiap-tiap kecepatan dibandingkan dengan mobil Antawiryra terdahulu, yaitu pada kecepatan 10 km/j terjadi penurunan koefisien *drag* sebesar 38,18 % dari 0,385 menjadi 0,238, kecepatan 20 km/j terjadi penurunan sebesar 39,14 % dari 0,373 menjadi 0,227, kecepatan 30 km/j terjadi penurunan sebesar 39,84 % dari 0,369 menjadi 0,222, kecepatan 40 km/j terjadi penurunan sebesar 40,27 % menjadi 0,365 ke 0,218, kecepatan 50 km/j terjadi penurunan sebesar 40,38 % dari 0,364 menjadi 0,217, dan kecepatan 60 km/j terjadi penurunan nilai koefisien *drag* sebesar 40,27 % dari 0,360 menjadi 0,215. Selain itu terdapat Fenomena aliran di sekitar bodi mobil Antawiryra terdahulu dan mobil Antawiryra konsep 1 terdapat separasi pada bagian belakang bodi mobil. Akan tetapi pada desain mobil Antawiryra konsep 1 didapatkan separasi aliran yang terjadi lebih kecil daripada separasi dan *wake* yang terjadi pada mobil Antawiryra terdahulu yang mengakibatkan nilai koefisien *drag* pada desain mobil Antawiryra konsep 1 lebih kecil daripada mobil Antawiryra terdahulu. Hal ini dikarenakan desain bodi mobil Antawiryra konsep 1 lebih aerodinamis dari mobil Antawiryra terdahulu.

5. Daftar Pustaka

- [1] Pusdatin ESDM, 2014, *Handbook of Energy & Economic Statistic of Indonesia*, Jakarta: Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi.
- [2] *Domestic Auto Production by Category 2010-2014*, Gabungan Industri Kendaraan Bermotor Indonesia.
- [3] <http://www.shell.com/global/environment-society/ecomarathon.html> diakses pada tanggal 24 November 2014 pukul 14.20.
- [4] Jongebloed, L., 2008, *Numerical Study using FLUENT of the Separation and Reattachment Points for Backwards-Facing Step Flow*, Mechanical Engineering, Rensselaer Polytechnic Institute, New York.
- [5] Gillespie, T. D., 1992, *Fundamentals of Vehicle Dynamics*, Warrandale: Society of Automotive Engineers, Inc.
- [6] Vio, G. et al., 2005, Flow Structures in the Near-Wake of the Ahmed Model, *Journal of Fluids and Structures*, Vol. 20, pp 673-695.
- [7] Moradian, N., Ting, D. S. K., Cheng, S., 2009, The Effect of Freestream Turbulence on the Drag Coefficient of a Sphere, *Experimental Thermal and Fluid Science*, Vol. 33, pp 460-471.
- [8] Thacker, A. et al., 2012, Effect of Suppressing the 3D Separation on the Rear Slant on the Flow Structures Around an Ahmed Body, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, pp 107-108, 237-243.
- [9] Fox, W. R., McDonald, T. A., Pritchard, J. P., 2011, *Introduction to Fluid Mechanics*, 6th edition, John Willey & Sons Inc.
- [10] Cengel, Y. A., Cimbala, J. M., 2006, *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications*, New York: McGraw-Hill.
- [11] Chenyuan, B., Juan, L., Ziniu, W., 2014, Generalized Kutta-Joukowski Theorem for Multi-Vortex and Multi-

- Airfoil Flow with Vortex Production – A General Model, *Chinese Journal of Aeronautics*, Vol 27, pp 1037-1050.
- [12] Grosche, F. R., Meier, G. E. A., 2001, Research at DLR Gottingen on Bluff Body Aerodynamics, Drag Reduction by Wake Ventilation and Active Flow Control, *Journal of Wind Engineering*, Vol 89, pp 1201-1218.
- [13] Aljure, D. E., et al., 2014, *Flow and Turbulent Structures Around Simplified Car Models, An International Journal Computers & Fluids*, Vol 96, pp 122-135.