

Karakteristik Aerodinamika Terhadap Desain Mobil Hemat Energi Pada Kecepatan 15 km/jam Menggunakan *Computational Fluid Dynamics*

Didi Kusaeri ⁽¹⁾

⁽¹⁾Program Studi D3 Desain Produk, Politeknik Muhammadiyah Tegal
didi.kusaeri@yahoo.com⁽¹⁾

Abstrak

Ketersediaan cadangan minyak bumi di Indonesia semakin menurun, akan tetapi perkembangan industri otomotif mengalami kemajuan. Hal ini sangatlah kontraproduktif dengan cadangan minyak yang semakin langka. Untuk mengatasi dampak tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang model/bentuk mobil yang dapat mengurangi hambatan udara saat melaju sehingga mempengaruhi konsumsi bahan bakar. Penelitian ini dilakukan dengan membuat body mobil dengan desain yang aerodinamika. Tujuan penelitian ini juga dimaksudkan untuk mendapatkan nilai koefisien drag, karena nilai tersebut sangat berpengaruh terhadap konsumsi energi/bahan bakar. Penelitian ini dilakukan secara simulasi dengan menggunakan *Computational Fluid Dynamic*. Metode *turbulence* yang digunakan k- ϵ dan metode diskretisasinya *Second Order Upwind*, dan menggunakan kecepatan 15 km/jam. Dari data simulasi yang dilakukan diperoleh hasil yakni 0,4 dan karakteristik udara di sekitar mobil pada saat melaju.

Kata kunci: Aerodinamika, Mobil Hemat Energi, *Computational Fluid Dynamics*, Koefisien drag.

Pendahuluan

Perkembangan industri otomotif pada saat ini mengalami kemajuan. Kemajuan ditandai oleh banyaknya berbagai merek kendaraan bermotor dengan masing – masing model body dan tipe engine. Hal tersebut sangatlah kontraproduktif dengan cadangan minyak di Indonesia maupun di dunia yang semakin langka [1]. Untuk mengatasi dampak yang ditimbulkan dari kelangkaan ketersediaan minyak, maka pabrikan otomotif di pandang perlu melakukan riset/penelitian dengan model bentuk mobil yang dapat mengurangi hambatan saat melaju yang menyebabkan tumbukan udara sehingga mempengaruhi konsumsi bahan bakar.

Maka dari itu sangat penting dalam merancang sebuah body mobil, salah satunya aspek aerodinamika. seperti yang dilakukan dengan mengubah bentuk belakang mobil pada bentuk Ahmed Body, yakni membuat kemiringan 25 derajat. Ternyata hal ini dapat berkontribusi mengurangi drag/hambatan ketika kendaraan berjalan. Karena suatu benda yang bergerak didalam suatu media fluida atau sebaliknya, akan mengalami gaya-gaya yang bekerja [2]. Demikian juga dengan kendaraan bermotor yang bergerak melalui media udara, selain dipengaruhi oleh interaksi antara mobil dengan jalan/tanah, maka kendaraan tersebut juga akan mengalami gaya-gaya aerodinamis. Penyebab utama dari timbulnya gaya-gaya aerodinamis pada kendaraan yakni, pertama adanya distribusi tekanan pada permukaan body kendaraan yang akan bekerja pada arah normal pada permukaan kendaraan. Kedua, adanya distribusi tegangan geser pada permukaan body kendaraan yang akan bekerja pada arah tangensial terhadap permukaan kendaraan. Apabila distribusi tekanan dan tegangan tersebut diintegrasikan, maka akan tercipta dengan apa yang disebut dengan gaya angkat aerodinamis (*lift force*), gaya hambat aerodinamis (*Drag Force*) [3].

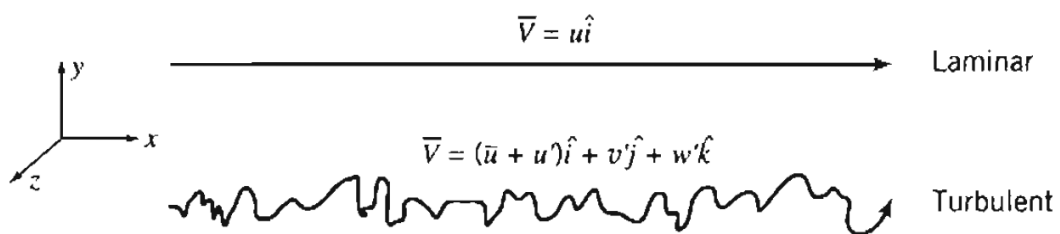
Hambatan aerodinamis pada kendaraan berpengaruh untuk sebagian besar bahan bakar konsumsi kendaraan dan memberikan kontribusi antara 50% - 60% dari total konsumsi bahan bakar saat melaju. Mengurangi drag aerodinamis menawarkan solusi untuk meningkatkan

efisiensi bahan bakar dan dengan demikian optimasi bentuk menjadi bagian penting dari proses desain kendaraan secara keseluruhan [4]. Penelitian ini menganalisa karakteristik aerodinamika dari tekanan aliran fluida pada body mobil hemat energi dengan menggunakan simulasi software Ansys Fluent. Hal ini dapat dijadikan dasar dalam menentukan bagaimana membuat body mobil yang aerodinamis sebagai sample mobil masa depan yang hemat energi.

Landasan Teori

Aliran Laminar dan Turbulen

Aliran *viscous* dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu aliran laminar dan aliran turbulen. Aliran laminar adalah fluida yang bergerak dengan gerakan yang halus, seragam dan membentuk bidang batas (*boundary layer*). Struktur aliran turbulen dikarakteristikan sebagai aliran acak atau tidak teratur. Aliran turbulen berkaitan dengan adanya fluktuasi kecepatan aliran seperti yang terlihat pada Gambar 1.



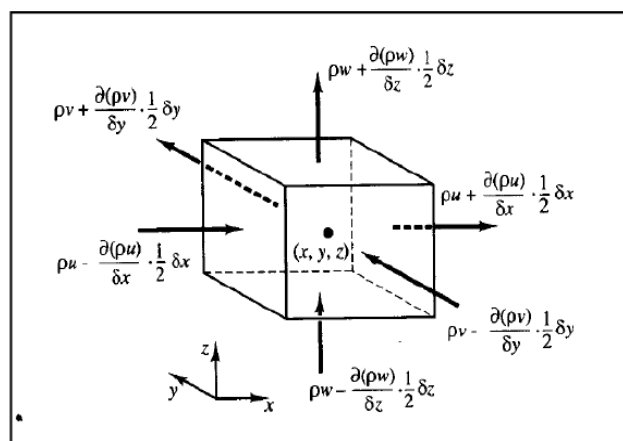
Gambar 1. Hubungan kecepatan fluida terhadap waktu

Gaya Aerodinamika

Aerodinamika adalah aliran udara yang bergerak di sekitar suatu benda. Benda apapun yang bergerak menerpa udara menimbulkan gaya aerodinamis. Aerodinamika bekerja pada mobil yang sedang melaju karena adanya aliran udara yang mengalir di sekitar mobil. Bentuk bodi mobil yang aerodinamis adalah bentuk mobil yang *streamline*, atau mengikuti arah aliran fluida. Berikut ini merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi karakteristik aerodinamika [5].

Hukum Kekekalan Massa

Laju pertambahan massa elemen fluida adalah Laju pertambahan massa pada elemen fluida = netto laju aliran massa ke dalam elemen fluida tersebut netto laju aliran massa ke dalam elemen fluida tersebut.



Gambar 2. Aliran massa masuk dan keluar dari elemen fluida.

Selanjutnya menghitung laju aliran massa yang melalui elemen fluida yang direpresentasikan dalam komponen densitas, luasan, dan kecepatan arah normal dari bidang yang ditunjukkan pada Gambar 2 Total aliran yang masuk dan keluar dari elemen fluida adalah

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0$$

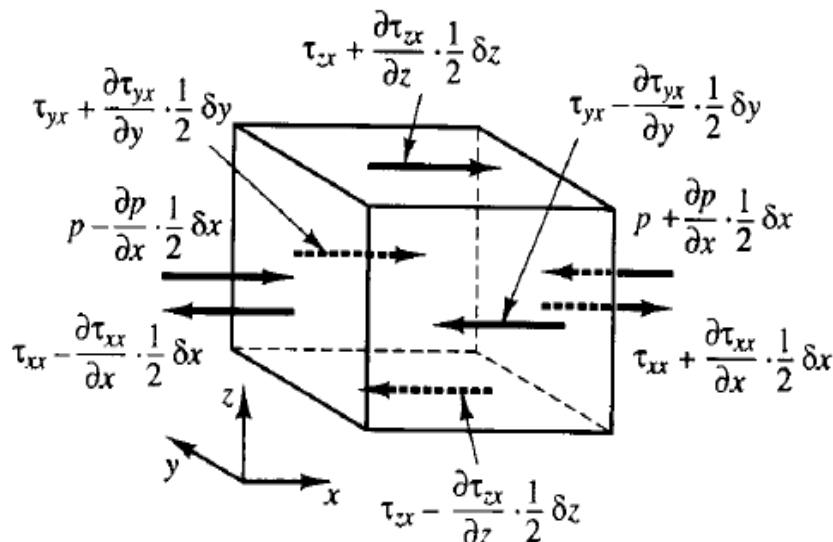
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{V}) = 0 \quad (1)$$

Hukum Kekekalan Momentum

Hukum kedua Newton menyatakan bahwa laju perubahan momentum pada suatu partikel fluida = Jumlah gaya-gaya yang bekerja pada partikel tersebut. Laju peningkatan momentum pada sumbu x, y, dan z per satuan volume pada partikel fluida dapat dituliskan sebagai berikut

$$\rho \frac{Du}{Dt}, \rho \frac{Dv}{Dt}, \rho \frac{Dw}{Dt} \quad (2)$$

Gambar 3 menggambarkan secara umum laju peningkatan momentum pada arah komponen x per unit volume partikel, apabila digambarkan, jumlah gaya netto dari sebuah volume yaitu:



Gambar 3. Komponen gaya sumbu x pada suatu bidang volume.

Jadi, persamaan momentum dapat dituliskan dengan arah sumbu x, y, z per satuan volume fluida dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\rho \frac{Du}{Dt} = \frac{\partial(-p + \tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + S_{Mx} \quad (3)$$

$$\rho \frac{Dv}{Dt} = \frac{\partial(-p + \tau_{yy})}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} + S_{My} \quad (4)$$

$$\rho \frac{Dw}{Dt} = \frac{\partial(-p+\tau_{zz})}{\partial z} + \frac{\partial\tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial\tau_{zx}}{\partial x} + S_{Mz} \quad (5)$$

Dimana S_{Mx} , S_{My} , dan S_{Mz} merupakan gaya bodi yang bekerja seperti gaya gravitasi, gaya sentrifugal dan gaya elektromagnetik. Sebagai contoh gaya bodi yang terjadi karena pengaruh gaya gravitasi dapat dituliskan $S_{Mx} = 0, S_{My} = 0, S_{Mz} = -\rho g$ [6].

Body Mobil Hemat Energi

Mobil hemat energi merupakan mobil yang dirancang dengan body yang aerodinamis agar lebih hemat bahan bakar. Hal itu dikarenakan semakin tipisnya cadangan minyak mentah sebagai penopang bahan bakar

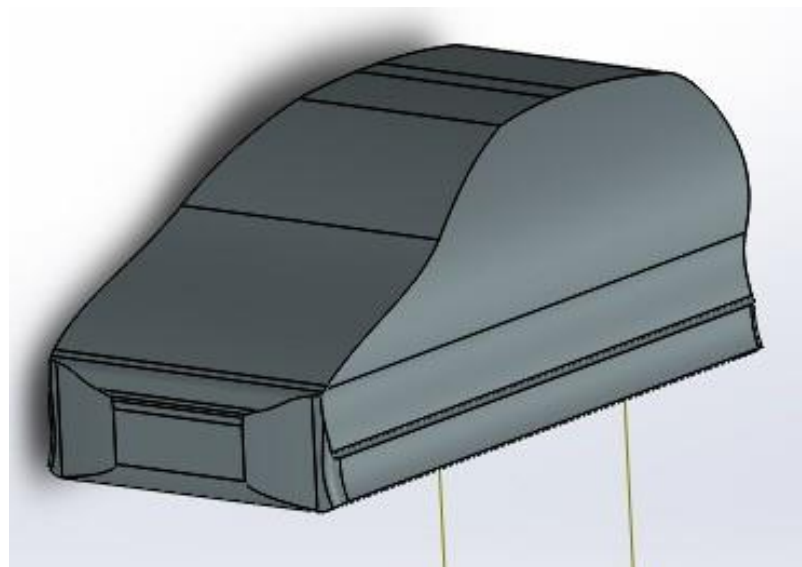
Software *Ansys Fluent*.

Fluent adalah perangkat lunak dalam komputer yang digunakan untuk mensimulasikan aliran fluida dan perpindahan panas. Aliran dan perpindahan panas dari berbagai fluida dapat disimulasikan pada bentuk/geometri yang rumit. Dengan menggunakan program *Fluent*, dapat diketahui parameter-parameter aliran dan perpindahan panas yang diinginkan. Distribusi tekanan, kecepatan aliran, laju aliran massa, distribusi temperatur, dan pola aliran fluida yang terjadi dapat diketahui pada tiap titik yang terdapat dalam sistem yang dianalisa [7].

Metode Penelitian

Pembuatan Model

Langkah pertama adalah membuat model dengan menggunakan perangkat lunak *Solidworks* Tahun 2014. Pembuatan model merujuk pada model kendaraan yang sesungguhnya. Namun pembuatan model sedikit mengalami penyederhanaan, hal ini dimaksudkan agar lebih mempermudah melakukan simulasi, seperti yang pada gambar 2.



Gambar 4. Pemodelan Mobil Hemat Energi

Sedangkan gambar 5 merupakan desain mobil hemat energi yang sesungguhnya. Pembuatannya dilakukan sesuai dengan standar pabrikan, yaitu mulai pembuatan kerangka, pembuatan body dan proses pengecatan.



Gambar 5. Desain Mobil Hemat Energi

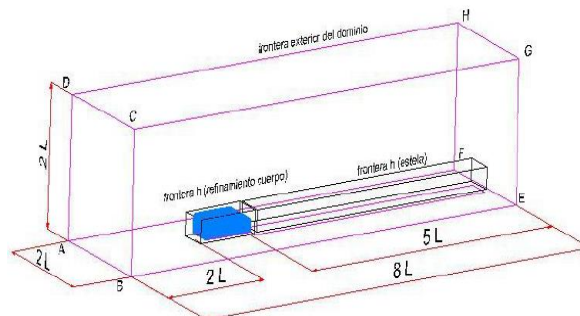
Spesifikasi mobil hemat energi adalah seperti yang ada didalam tabel 1, sebagai berikut:

Gambar 1. Spesifikasi Ukuran Mobil

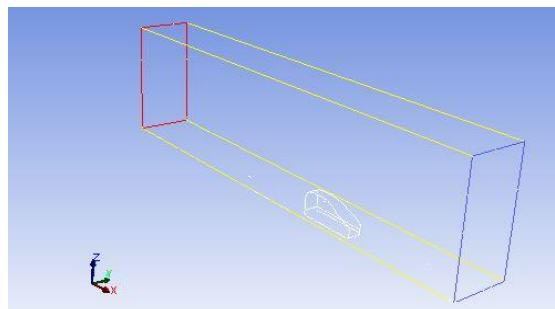
No	Dimensi	Ukuran (mm)
1	Panjang	2494
2	Lebar	1257
3	Tinggi	1082

Computational Domain

Daerah komputasi (*computational Domain*) analisis *Computational Fluid Dynamics* Aerodinamika yang akan di simulasikan dengan Ansys fluent, seperti pada gambar 7. Sedangkan pada gambar 6 merupakan model daerah komputasi yakni ukuran yang dipakai dalam membuat daerah komputasi



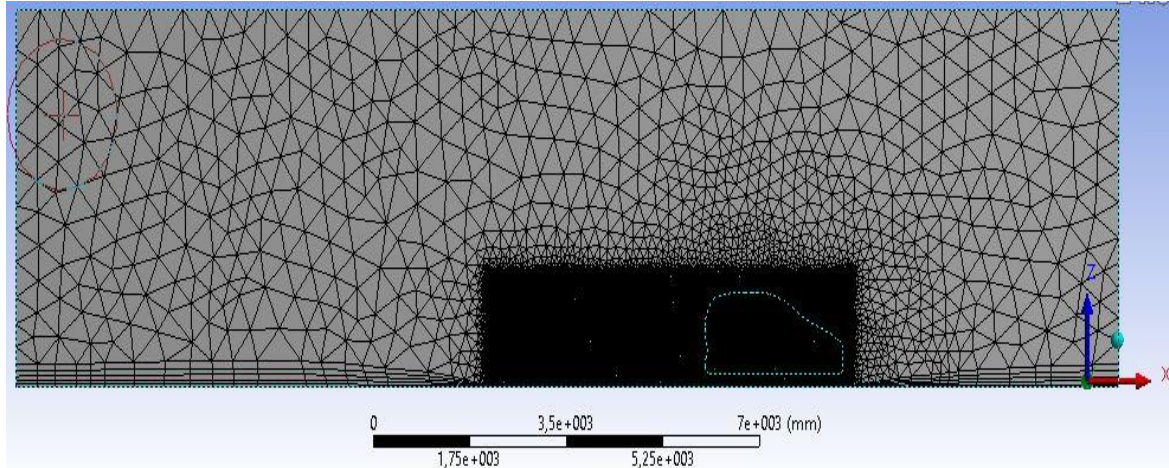
Gambar 6. Model Daerah Komputasi [8].



Gambar 7. Pemodelan Daerah Komutasi

Meshing

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* yaitu membuat *layer* disekitar 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.



Gambar 8. Proses *Meshing* Pada Simulasi

Setelah proses mesh pada daerah komputasi selesai, langkah berikutnya adalah memulai proses simulasi dengan pengaturan parameter yang ada dalam aplikasi. Tabel 2 merupakan parameter simulasinya, yakni sebagai berikut:

Tabel 2. Parameter Simulasi.

NO	Metode simulasi	Keterangan
1	<i>Solver</i>	<i>Tipe: Pressure Based Time: steady</i>
2	<i>Tirbulance Model</i>	<i>k-epsilon realizable standar wall functions</i>
3	<i>Meterial</i>	<i>Air</i>
4	<i>Solutions methods</i>	<i>Gradient: Least Squares cell based Pressure: Second order Momentum: Second Order Upwind Turbulance Kinetic Energy: Second Order Upwind Turbulannce Dissipation Rate: Second Order Upwid</i>

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Proses *Meshing* yang dirapatkan dengan Metode Adapsi Y^+

Simulasi ini tentu menginginkan hasil yang benar-benar akurat dan valid. Dari hasil yang tersaji berikut ini, merupakan simulasi dengan melakukan metode adapsi yakni memperkecil *cell* dengan metode perlakuan di dekat dinding dengan *Standard Wall Function*. Karena nilai batas y^+ untuk *standard wall function* adalah 30 sampai 60 sehingga untuk y^+ hasil simulasi harus diantara nilai tersebut. Simulasi ini juga membutuhkan waktu dan daya komputasi yang lebih lama dan besar. Tabel 2 adalah proses adapsi yang dilakukan pada mobil hemat energi dengan kecepatan 15 km/Jam.

Tabel 3. Perubahan Jumlah *Cell* dengan Metode Adapsi Pada Mobil hemat energi

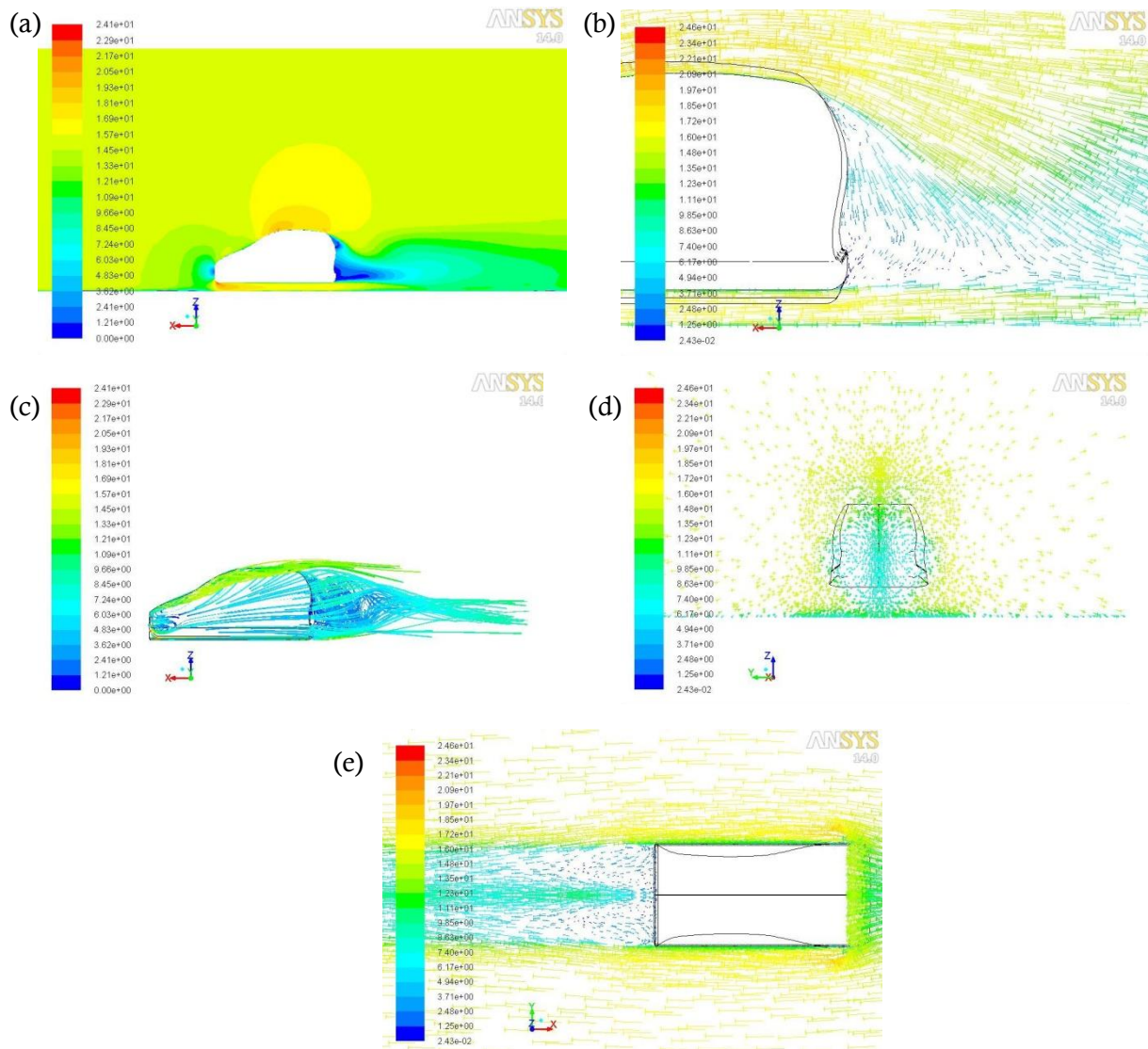
No	Kecepatan (km/j)	Perlakuan didekat dinding	Jumlah <i>cell</i>	y^+
1	15 km/Jam	Mesh awal	919796	279,5344
		Adapsi 1	926964	153,2417
		Adapsi 2	941328	83,13935
		Adapsi 3	962433	55,08327

Nilai Koefisien *Drag* pada mobil hemat energi

Nilai koefisien drag (cd) pada mobil hemat energi adalah 0,4. Pembuatan desain mobil hemat energi diharapkan dapat meminimalkan hambatan atau tekanan udara pada sekitar dinding mobil. Karena semakin besar nilai *drag* secara langsung akan mempengaruhi konsumsi energi pada mobil tersebut.

Karakteristik Aerodinamika

Terjadinya 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 [9]. *Turbulence* adalah jenis aliran (gas atau cairan) dimana fluida mengalami fluktuasi tidak teratur. Dalam aliran *turbulace* kecepatan fluida pada suatu titik mengalami perubahan dalam besaran dan arah. Didalam industri mobil, bentuk aerodinamika mobil merupakan parameter yang penting. Karena nilai *Turbulance Kinetic Energy* yang rendah mewakili sifat aerodinamika yang lebih baik [10]. Pusaran udara pada bagian belakang mobil. Setelah aliran udara melewati bodi mobil, terjadi sirkulasi udara di belakang mobi. Terlihat udara yang berdekatan dengan bodi mobil berkecepatan rendah, kemudian diteruskan kebelakang terdapat sirkulasi aliran yang yang lebih tinggi dengan ditandai dengan warna hijau. Setelah itu aliran udara kembali rendah sampai benar-benar aliran udara kembali normal. display fenomena *wake* pada bagian belakang mobil pada berbagai variasi kecepatan. Pada jarak yang semakin jauh dari belakang bodi mobil maka daerah separasi semakin menuju *downstream*. Selain itu terdapat *wake* yang semakin melebar pada jarak yang semakin jauh dari bodi belakang mobil. Daerah *wake* yang semakin lebar akan menyebabkan *drag* yang semakin besar . Namun desain pada bagian belakang mobil menyebabkan vortisitas tampak rendah, sehingga nilai drag pun rendah [11].



Gambar 9. (a) Tampilan *Contours Of Velocity Magnitude*, (b) tampilan *Symetri Zoom Pada Velocity Vector*, (c) Tampilan *Pathlines Of Velocity Magnitude*, (d) Tampilan *Turbulen Velocity Plane 1m Behind*, dan (e) Tampilan *Velocity Plane Top 1 M*

Kesimpulan

Berdasarkan simulasi yang dilakukan dengan kecepatan 15 km/jam diperoleh nilai koefisien drag yakni 0,4.. Dengan hasil tersebut juga menghasilkan gambar tampilan aliran udara pada boby mobil. Kedepan diharapkan ada penelitian terhadap mobil hemat energi dengan melakukan modifikasi ada bagian bodi mobil, seperti membuat lebih streamline pada bagian depan, mebulatkan sudut pada bagian mobil dan menambahkan spoiler pada bagian belakang mobil.

Daftar Pustaka

- [1] *Handbook of Energy & Economic Statistic of Indonesia 2012* Kementrian ESDM RI
- [2] Hasan Rakibul, S.M., Toukir Islam, Mohammad Ali, Quamrul Islam, Md., 2014, *Numerical Study o Aerodynamic Drag Reduction of Racing Cars*, Procedia Engineering, Bangladesh
- [3] Herminarto Sf dan Gunadi, 2004, *Perancang Bodi Kendaraan, Sistem Perencanaan Penyusunan Program Dan Penganggaran (SPS)* jurusan pendidikan Teknik Otomotif 2004.

- [4] Thacher, A., . 2012. *Effect of Suppressing the 3D Separation on the Rear Slant on The Flow Structures Around An Ahmed Body*. University d'orleans. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics.
- [5] Munson, B., R. Young, D., F. Okiishi, T., H. Huebsch, W., W. 2009. *Fundamentals of Fluid Mechanics*, 6th Edition. John Wiley & Sons Inc.
- [6] Versteeg, H., K. Malalasekerera, W. 1995. *An Introduction to Computational Fluid Dynamics : The Finite Volume Methode*. Longman Scientific & Technical. Tottenham.
- [7] Ansys Inc. 2013a. *Ansys Fluent Theory Guide Release 15.0*. Pennsylvania. United State of America
- [8] Aljure, D.E., Lehmkuhl O., Rodriguez, I., dan Oliva, A., 2014, *Flow And Turbulent Structures Around Simplified Car Models*, Journal Computer And Fluids.
- [9] Cengel, Y. A. dan Cimbala, John M. 2006. *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications*. New York: McGraw-Hill
- [10] Savli Matic, 2012. *Turbulance Kinetic Energy*. Universitas Ljubjana.
- [11] Anderson, Jr., J., D. 2011. *Fundamentals of Aerodynamics*, 5th Edition. McGraw Hill. New York.