# ANALISIS AERODINAMIS PADA MOBIL HEMAT ENERGI ASYKAR PROTO UNRI TIPE *PROTOTYPE* DENGAN MENGGUNAKAN CFD *(COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS)*

Toni Hendrike[1], Asral[2]
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
[1]tonyhendryke@gmail.com, [2]asral_2008@yahoo.com

**Abstract**

*Aerodynamic has a major influence on vehicles moving at a certain speed. Aerodynamics is influenced by the form factor and air flow that comes in contact directly on the surface of the vehicle, causing obstacles and flow separations that occur in the rear of the vehicle that affect the stability of the vehicle. Obstacles that occur significantly affect vehicle fuel consumption. Thus the purpose of this final project is to simulate coefficient drag and coefficient lift that happened to the Asykar Proto UNRI car using CFD (Computational Fluid Dynamics). Analysis is done to find out the size coefficient drag and coefficient lift and the flow form that works on the Asykar Proto UNRI car with a maximum speed of 80 Km/h. The body shape of the car is designed using software Inventor 2017 then exported to ANSYS 16.0 to do summulation. The research results obtained are magnitude coefficient drag and coefficient lift which works on Asykar Proto UNRI cars which are 1.5 and 0.032. Refers to the result obtained by the experiment changing the shape of the front and windshield the value is large of coefficient drag and coefficient lift decreased to 0.15 and 0.0030. This is because the body on the front and the windshield of the part is the body part of the car that determines the amount of drag. Whereas value coefficient lift on the car Asykar Proto UNRI itself does not affect the stability of the car (lift force) when it runs at a speed of 80Km/h.*

Keywords: *aerodynamics, coefficient drag, coefficient lift,* Iventor 2017, ANSYS 16.0.

## 1. Pendahuluan

Dalam upaya penghematan penggunaan energi bahan bakar fosil, Dirjen Belmawa Ristekdikti membuat suatu kompetisi yang bernama Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE). Kompetisi ini menjadi ajang bagi para mahasiswa se-Indonesia dalam mengembangkan mobil yang hemat energi. Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Riau telah membentuk sebuah tim mobil hemat energi yang bernama Selembayung. Tim ini sukses merancang bangun mobil hemat energi yang diberi nama Asykar Proto. Dalam merancang bangun mobil hemat energi Tipe *Protype*, proses awal yang dilalui adalah membuat desain konsep dari mobil yang akan diproduksi. Kemudian dilanjutkan dengan proses simulasi karakteristik aerodinamika pada mobil hemat energi Asykar Proto UNRI. Aerodinamika mobil menjadi aspek yang sangat diperhatikan dalam desain bodi mobil, sehingga mobil yang dihasilkan dapat mengoptimalkan *engine power* untuk menjadi daya dorong dan traksi mobil, hemat bahan bakar dan terjamin stabilitas mobil. (Anderson,J.D,2001) menjelaskan bahwa ketika kendaraan melaju pada suatu kecepatan, viskositas fluida menyebabkan udara cenderung menempel pada permukaan kendaraan dan membentuk lapisan batas (*boundary layer*), aliran udara yang mengalir di sekitar kendaraan akan menyebabkan tekanan kedalam lapisan batas. Gaya *drag* dan gaya *lift* merupakan bagian dari aerodinamika, gaya *drag* yang terjadi pada mobil akan menghabat traksi mobil sehingga mepengaruhi konsumsi bahan bakar yang boros sedangkan gaya *lift* yang bekerja pada mobil akan mempengaruhi kestabiltasan mobil saat berjalan. Oleh karena itu perlu dilakukan usaha untuk mengurangi gaya *drag* dan gaya *lift* yang terjadi pada mobil Asykar Proto UNRI.

## 2. Tinjauan Pustaka

2.1 Gaya Hambat

(Yusuf, A. 2017) Gaya hambat (*drag force*) adalah gaya yang bekerja dalam arah horizontal dan berlawanan arah dengan arah gerak kendaraan, sehingga menghambat traksi mobil. Gaya hambat pada mobil dipengaruhi oleh nilai $C_D$ yang bekerja pada mobil. Semakin kecil nilai $C_D$ pada mobil maka aerodinamika bodi mobil semakin baik, karena gaya hambat yang timbul semakin rendah. Perfomansi aerodinamika suatu kendaraan bergantung pada desain dan bentuk dari kendaraan tersebut. Hal ini dikarenakan desain dari kendaraan akan menentukan tahanan udara (*drag*) yang terjadi pada suatu kendaraan dan besarnya gaya hambat untuk setiap bentuk kendaraan berbeda satu dengan yang lainnya. *Drag* juga ditentukan oleh luas area (*frontal area*). Dalam perhitungan bahwa luas frontal area dari kendaraan sangatlah mempengaruhi nilai dari gaya hambat yang dihasilkan, semakin kecil luas frontal area dari objek maka akan semakin kecil juga gaya hambat yang dihasilkan dan sebaliknya (Heisler, 2002). Untuk mendapatkan besarnya gaya *drag* yang berkerja pada bodi mobil yaitu dengan persamaan berikut:

$$FD = \frac{1}{2} C_D \rho V^2 A \quad \text{(Riyad, 2016)} \qquad (1)$$

Dimana:
$F_D$ : Gaya hambat (Newton)
$C_D$ : Koefisien *drag*
$\rho$ : massa jenis udara (kg/m$^3$ )
V : Kecepatan *relative* kendaraan dengan udara (m/s)
A : Luas *frontal area* (m)

2.2 Gaya Angkat

Gaya angkat adalah gaya yang terjadi karena adanya perbedaan bentuk antara permukaan atas dan bagian bawah mobil menyebabkan aliran udara pada permukaaan bawah lebih tinggi, sehingga tekanan pada permukaan atas mobil lebih rendah dari pada tekanan permukaan bawah. Faktor lain adalah kekasaran bagian permukaan bawah mobil yang disebabkan oleh profil mesin dan komponen lain yang memperlambat aliran dibawah sehingga memperbesar tekanan udara permukaan bawah. Karena itu terbentuknya gaya angkat (*lift force*) disebabkan tekanan yang bekerja pada bagian bawah mobil lebih besar dari tekanan yang bekerja pada bagian atas mobil. Perbedaan tekanan terjadi inilah yang menyebabkan timbulnya gaya angkat (*lift force*) pada mobil yang bergerak sehingga mengganggu kestabilan mobil. Untuk mendapatkan besarnya gaya angkat yang berkerja pada bodi mobil yaitu dengan persamaan berikut:

$$F_L = \frac{1}{2} C_L \rho V^2 A \quad \text{(Riyad, 2016)} \qquad (2)$$

Dimana:

$F_L$ : Gaya angkat (Newton)

$C_L$ : *Coefficient Lift*

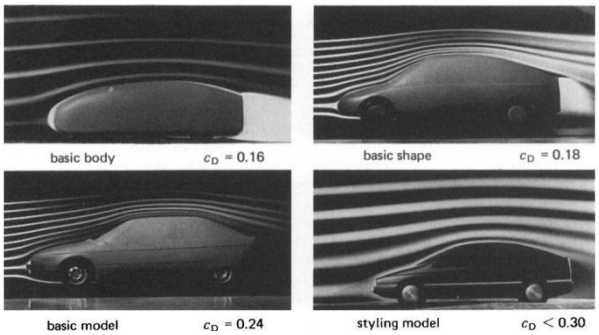
$\rho$ : Massa jenis udara (Kg/m$^3$ )

V : Kecepatan *relative* antara kendaraan dengan udara (m/s)

A : Luas *frontal area* (m)

2.3 Pengaruh Bentuk Bodi Mobil Terhadap Gaya Hambat

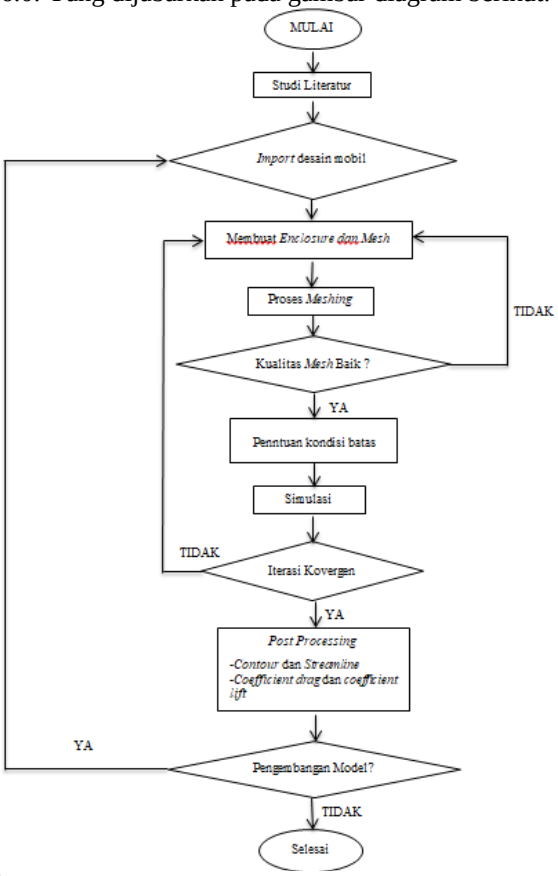
Analisa yang dilakukan berbagai ahli aerodinamika terhadap bentuk bodi kendaraan dilakukan dengan riset pengujian terhadap berbagai macam komponen bodi kendaraan dan pengaruhnya terhadap beban angin. Berdasarkan Gambar 1. dapat diketahui gaya hambat pada kendaraan dengan beberapa macam bentuk bodi yang telah diteliti sebelumnya. Dari tahun ke tahun model kendaraan mengarah pada penurunan koefisien hambat aerodinamika ($C_d$) tanpa mengurangi keindahan dari kendaraan. Hal ini dilakukan untuk menunjang kinerja kendaraan ketika melaju di jalan dan melakukan efisiensi penggunaan bahan bakar.




Gambar 1. pengaruh bentuk bodi terhadap nilai $C_d$ (Sumber : Hucho, et al., 1990)

**3. Metodologi**

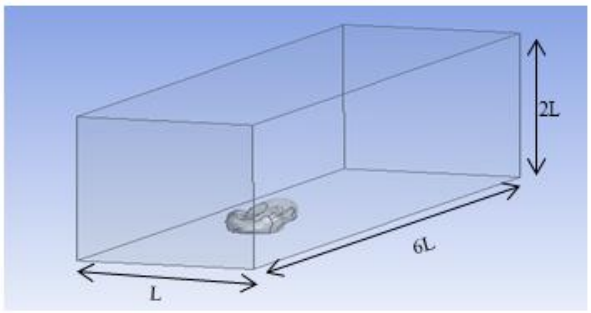
Dalam penelitian ini langkah pertama dilakukan perancangan pada bentuk bodi mobil Askar Proto UNRI dengan menggunakan *software* Inventor 2017 kemudian dilanjutkan penentuan parameter dan nilai yang digunakan dalam simulasi pada *software* ANSYS 16.0. Yang dijabarkan pada gambar diagram berikut:




Gambar 2. Diagram alir penelitian

Untuk melakukan simulasi pada software ansys 16.0 dijabarkan sebagai berikut:

1. Input desain mobil
   Sebelumnya desain bodi mobil dibuat menggunakan *software* Autodesk Inventor dengan format STEP Files dan kemudian file di export sehingga hanya perlu dilakukan *input file* pada pilihan *geometry*.
2. Pebuatan *enclosure*
   Setelah penginputan desain selesai kemudian dilakukan pembuatan enclosure pada bentuk bodi mobil. Enclosure merupakan lapisan batas aliran yang menyelimuti bodi mobil dengan batas ukuran yang telah ditentukan. Enclosure sendiri meiliki 3 bentuk, yaitu silinder, bola dan persegi panjang. Pada penelitian ini akan memakai bentuk persegi panjang untuk mesimulasikan bentuk aerodinamis pada bodi mobil Asykar Proto UNRI, yang dapat dilihat pada gambar 3. berikut.




Gambar 3. *Enclosure* persegi panjang

3. *Bolean*

   Operasi Boolean adalah operasi perhitungan yang melibatkan kobinasi entitas geometrik, mulai dari geometri primitives (segmen garis yaitu objek geometri sederhana yang tidak dapat direduksi yang hanya dapat ditangani oleh sistem CAD) sederhana sampai dengan volume rumit yang diimpor CAD. ANSYS *Boolean* berfungsi untuk menggabungkan atau memisahkan daerah yang ditentukan dari daerah lain. Pada tahap ini dilakukan pemisahan untuk menentukan *target bodies* dan *tool bodies* pada *enclosure*.

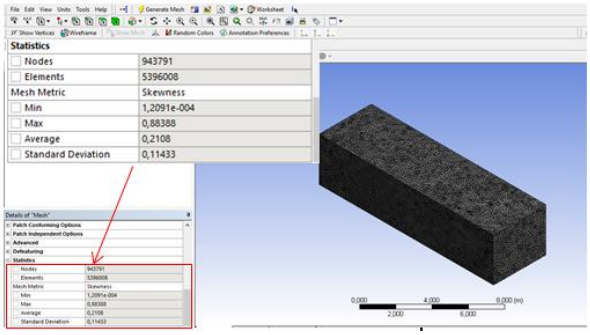
4. *Meshing*

   Kualitas meshing dilihat dari metric skewness dan untuk mendapatkan hasil yang akurat, nilai skewness harus di bawah 0,98 pada zona silver (ANSYS Workbench Help). Apabila berhasil dapat dilanjutkan ke proses simulasi, tetapi apabila gagal harus mengulang atau memperbaiki desain. Kulitas *meshing* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kualitas *skewness meshing*

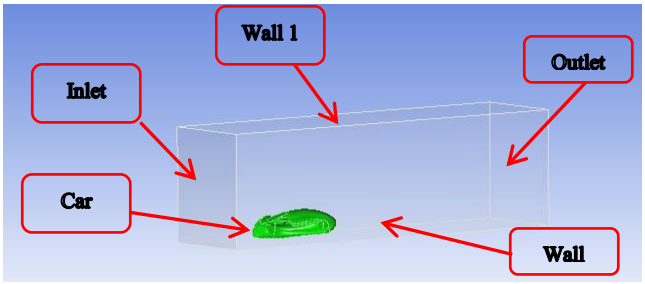
| *Value of Skewness* | 0-0,25 | 0,25-0,5 | 0,5-0,8 | 0,8-0,95 | 0,95-0,98 | 0,99-1,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Quality* | *excelent* | *good* | *acceptable* | *poor* | *Silver* | *degenerate* |

Proses *Meshing* adalah suatu proses pembagian segmen-segmen dari sebuah benda menjadi lebih kecil hingga keseluruh bagian, semakin banyak segmen maka analisis yang dilakukan akan lebih akurat. Sehingga gambar dapat dilakukan simulasikan. Pada proses ini juga dilakukan penentuan *face* pada *enclosure.* Untuk melakukan proses *meshing* pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4. dibawah:




Gambar 4. Hasil *meshing*

Setelah dilakukan *setup meshing*, didapatkan hasil *matric skewness* dibawah 0,98 dengan jumlah *nodes* 943.791 dan jumlah *element* 5.396.008. Nilai *skewness* adalah nilai acuan berhasil atau tidaknya dalam melakukan proses *meshing.* Dari nilai *skewness* yang didapatkan maka proses *meshing* dikatakan berhasil dan bisa dilanjutkan ke proses selanjutnya. Sebelum dilajutkan ke proses selanjutnya, dilakukan penentuan nama pada *boundary layer* yang dapat dilihat seperti gambar 5. dibawah ini:




Gambar 5. Penamaan *boundary layer*

5. *Setting Up*

   Pada proses *setup* akan dilakukan *input* kecepatan udara pada masukan sebesar 80 km/jam, tekanan operasi standar 1 atm, tekanan pada keluaran sebesar 0 Pa, intesitas turbulensi diatur 0,1%. Tingkat fluktuasi turbulensi dalam alairan disebut intesitas turbulensi, semakin tinggi nilai intesitas turbulensi dalam aliran maka fluktuasi kecepatan semakin besar. Turbulensi yang tinggi akan mengakibatkan hasil penelitian menjadi kurang akurat. Oleh karena itu intesitas diatur sebesar 0,1% Pada proses ini juga ditentukan iterasi maksimal yang dilkukan pada solution nantinya yaitu sebanyak 500 kali iterasi maksimal dan pemilihan jenis fluida yaitu udara dengan densitas 1,225 kg/m$^3$. Membuat model k-ε sebagai model simulasi. Model turbulensi k-ε adalah model yang paling umum digunakan dalam *computational fluid dynamid* (CFD) untuk mensimulasikan karakteristik aliran rata-rata untuk kondisi aliran turbulen. Untuk k-ε model yang digunakan yaitu *Realzible* dimana manfaat langsung dari model k-ε dapat memberikan prediksi lebih baik untuk laju penyebaran *planar jets*. *Realizable* k- ε juga mampu menampilkan aliran yang melibatkan rotasi, pemisahan, resirkulasi dan memperlihatkan aliran rata-rata dari struktur kompleks.

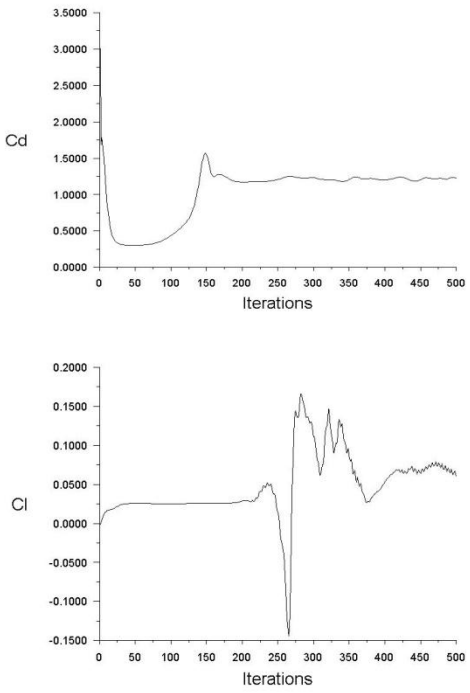
6. *Solution*
   Pada proses *solution* akan menentukan berbagai parameter yang terkait metode solusi yang akan digunakan dalam perhitungan. Untuk proses simulasi *solution* yang digunakan yaitu *coupled*, *coupled* adalah pemecah terpisah yang berfungsi untuk menghitung pecahan *volume* dan untuk pengatur yang tepat antara kecepatan dan tekanan setiap *fase*, sehingga menghindari osilasi yang tidak fisik.

7. *Result*
   Pada proses *result* berfungsi mengelolah hasil dengan CFD. Data hasil simulasi akan dapat dilihat atau ditampilkan pada proses ini mulai dari kontur parameter, *display* pergerakan partikel, juga menyimpan video simulasi.

## 4. Pembahasan

4.1 Hasil Pengujian Awal

Setelah dilakukan solver menggunakan ANSYS 16.0 maka diperoleh hasil seperti gambar 6. berikut:



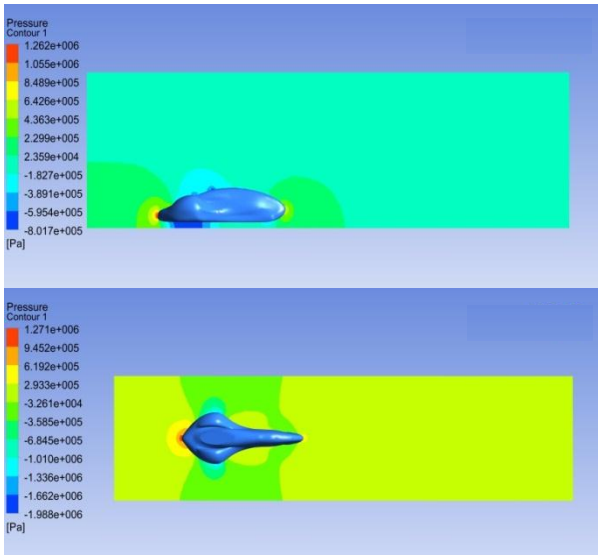

Gambar 6. Nilai $C_d$ dan $C_L$ pengujian awal

Berdasarkan gambar 6. grafik $C_d$ dan $C_L$ kemudian didapatkan *drag force* dan *drag lift* yang bekerja pada mobil Asykar Proto UNRI yang terlampir pada tabel 2.:

Tabel 2. Besarnya gaya yang bekerja

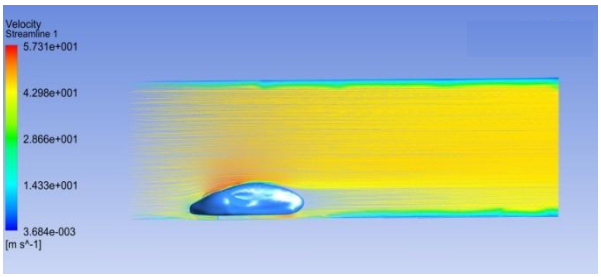
| Gaya | *Coefficient* (C) | Total Gaya (N) |
|---|---|---|
| *Drag* | 1.5 | 112.38 |
| *Lift* | 0.032 | 2.40 |

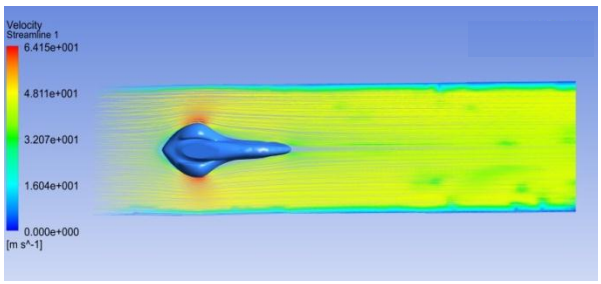
Dari gambar grafik 6. diatas nilai *coefficient drag* pada bentuk bodi mobil Asykar Proto sangat besar yaitu 1.5, sehingga *drag force* yang bekerja pada bentuk mobil Asykar Proto UNRI didapat sebesar 112.38 N. Secara umum nilai *coefficient drag* pada mobil penumpang standarnya yaitu antara 0,3 sampai dengan 0,6. Nilai *coeffcient drag* Askar Proto yang tinggi bisa berdampak saat mobil bergerak pada kecepatan tinggi. Sebab tingginya nilai *coefficient drag* akan menghambat akselerasi mobil ketika berjalan sehingga berujung semakin banyak bahan bakar yang digunakan oleh mobil. Sedangkan *coefficient lift* yang didapatkan pada bentuk bodi mobil Asykar yaitu 0,032, nilai *coefficient lift* didapat cukup kecil sehingga tidak mempengaruhi kestabilitasan mobil ketika melaju pada kecepatan tinggi. Dapat dilihat pada gambar 7. *pressure countour* hasil pengujian awal.




Gambar 7. *Pressure Countour* pengujian awal

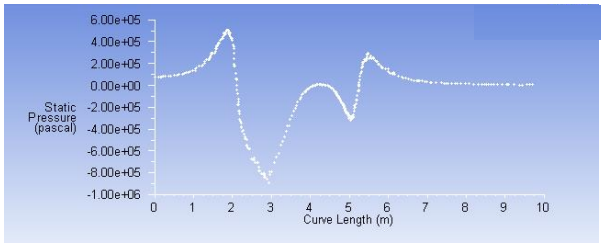
Dari gambar 7. hasil pengujian yang telah diapatkan terlihat bawasannya besarnya distribusi tekanan terhambat terjadi pada bagian depan mobil kemudian terjadi perbedaan distribusi tekanan terjadi pada bagian atas dan bagian bawah mobil. Hambatan udara juga terjadi pada bagian samping kiri dan samping kanan mobil yang mengalir sampai ke ekor mobil. Dapat dilihat pada gambar 8. *Velocity streamline* hasil pengujian awal.



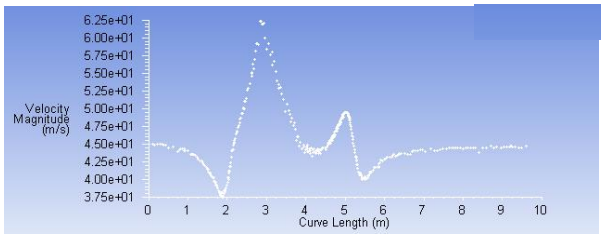



Gambar 8. *Velocity streamline* pengujian awal

Dari gambar 8. terlihat bawasannya terjadi hambatan laju udara terjadi pada bagian kaca mobil dan pada bagian kiri dan kanan bodi mobil pada kecepatan 80 Km/jam. Terlihat pada gambar 4.3 juga terjadi *weak* pada bagian ujung ekor mobil. Dapat dilihat pada gambar 9. dan gambar 10. Grafik tekanan dan kecepatan disepanjang lapisan batas.




Gambar 9. Grafik tekanan sepanjang lapisan batas

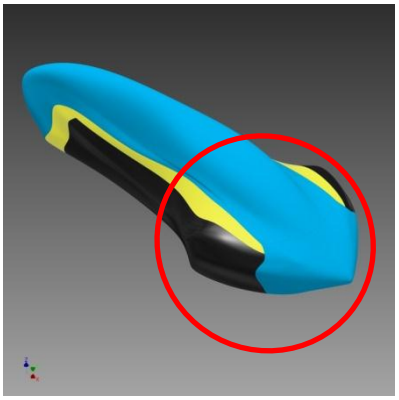



Gambar 10. Grafik kecepatan sepanjang lapisan batas

Dari gambar 9. dan gambar 10. hasil pengujian awal didapatkan gambar grafik distribusi tekanan dan distribusi kecepatan yang terjadi di sepanjang lapisan batas.

4.2 Hasil Pengujian mobil modifikasi

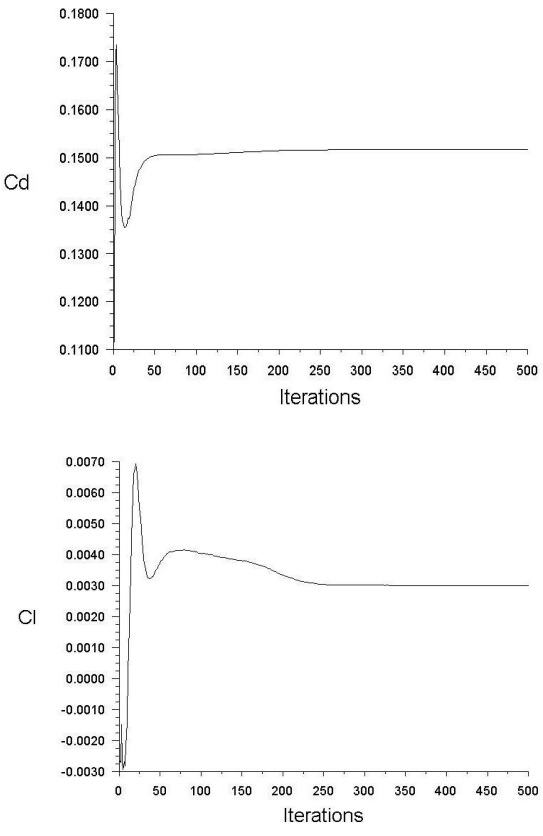
Mengacu dari hasil yang telah didapatkan, maka dilakukan modifikasi pada bentuk bodi mobil. Mengingat bawasannya mobil akan diikutkan kembali pada kompetisi mobil hemat energi selanjutnya. Modifikasi ini dilakukan karena nilai koefisien *drag* yang dimiliki mobil Asykar Proto yang tinggi, ini dibuktikan pada percobaan yang telah dilakukan. Besarnya aliran udara tertahan pada bagian depan dan bagian kaca mobil. Aliran udara tertahan dan tidak dapat terdistibusi langsung ke belakang mobil. Modifikasi yang dilakukan yaitu merubah bagian depan mobil dan bagian kaca mobil karena pada bagian tersebut memiliki tahanan angin yang tinggi sehingga perlunya melakukan perubahan. Modifikasi bodi yang *streamline*. *Streamline* yang dimaksud adalah bentuk bodi yang bulat dan lurus, dari kabin sampai pada bodi belakang menyerupai desain pesawat terbang. Sehingga udara yang menyentuh bagian dapan dapat mengalir kebelakang bodi mobil. Seperti gambar 11. yang terlampir dibawah ini.



Gambar 11. Perubahan bentuk pada bagian depan

b. Hasil pengujian mobil modifikasi

Setelah dilakukan proses *solver* ulang dengan menggunakan *software* ANSYS 16.0 maka diperoleh hasil yang terlihat pada gambar 12. berikut:



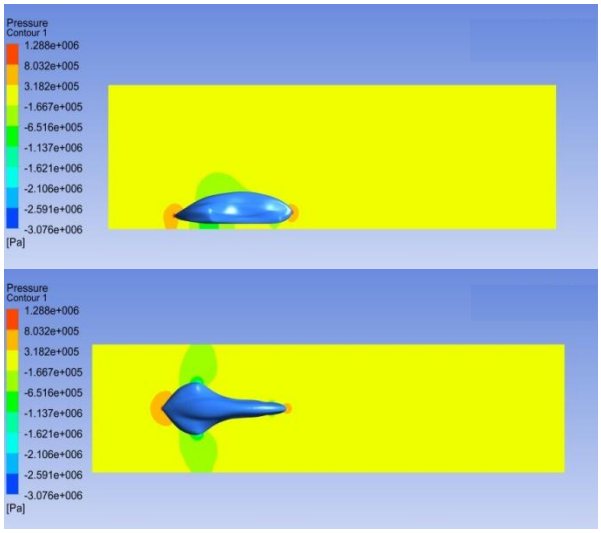

Gambar 12. Nilai $C_d$ dan $C_L$ mobil modifikasi

Dari gambar 12. didapatkan nilai $C_d$ dan $C_L$ pada bentuk bodi mobil yang telah dimodifikasi maka kemudian didapatkan hasil *drag force* dan *lift force* yang bekerja pada bentuk bodi mobil yang telah dimodifikasi, yang disajikan pada tabel 3. berikut:

Tabel 3. Besar gaya yang bekerja setelah dimodifikasi

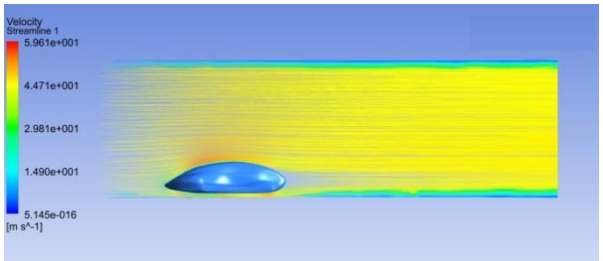
| Gaya yang Bekerja | *Coefficient* (C) | Total Gaya (N) |
|---|---|---|
| *Drag* | 0.15 | 11.23 |
| *Lift* | 0.0030 | 0.224 |

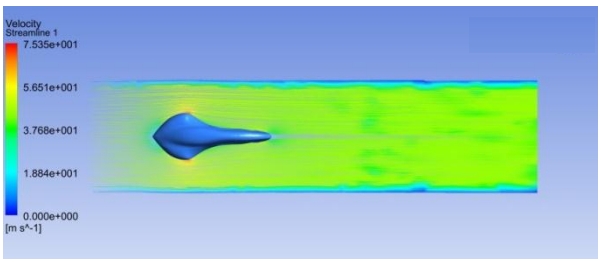
Dari gambar 12. hasil *drag force* dan *lift force* yang didapatkan memiliki nilai yang jauh berbeda. Pada mobil Asykar Proto sebelum dilakukan perubahan bagian depan mobil memiliki nilai *drag force* dan *life force* yang tinggi yaitu 112.38 N dan 2.40 N sedangkan setelah dimodifikasi besarnya nilai *drag force* dan *lift force* menjadi 11.23 N dan 0.224 N. Sehingga selisih *drag force* dan *lift force* yang bekerja dari kedua mobil tersebut yaitu 102.26 N dan 2.18 N. Dapat dilihat pda gambar 13. *Pressure contour* hasil pengujian mobil modifikasi.




Gambar 13. Pressure contour mobil modifikasi

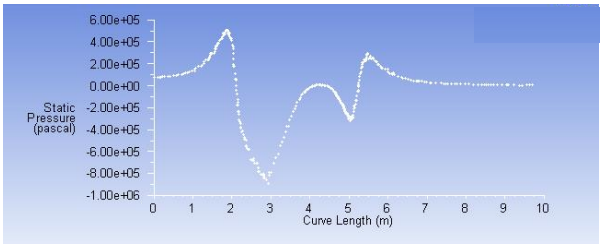
Setelah dilakukan perubahan bentuk pada bagian depan mobil terlihat pada gambar 13. bersanya distribusi pada bagian depan mobil berkurang akan tetapi tetap terjadi berbedaan tekanan pada bagian atas dengan bagian bawah mobil. Hambatan yang terjadi pada bagian kiri dan kanan mobil terlihat lebih kecil dari hasil pengujian mobil awal. Dapat dilihat pada gambar 14. *Velocity streamline* hasil pengujian mobil modifikasi.



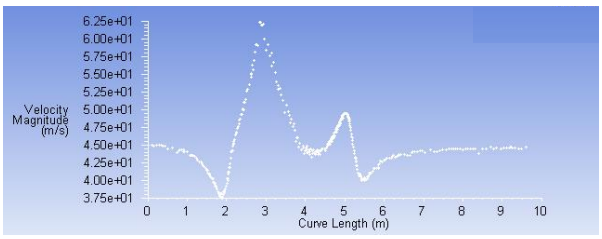




Gambar 14. Velocity streamline mobil modifikasi

Pada gambar 14. terlihat bawasannya distribusi laju aliran angin lebih kecil dari hasil pengujian mobil awal. Hambatan yang terjadi pada bodi kiri dan kanan mobil juga lebih kecil dari kecil dari hasil pengujian awal. Dapat dilihat pada gambar 15. dan 16. grafik tekanan dan kecepatan disepanjang lapisan batas.




Gambar 15. Grafik tekanan di sepanjang lapisan batas




Gambar 16. Grafik kecepatan di sepanjang lapisan batas

Dari gambar 15. dan gambar 16. hasil pengujian pada mobil juga didapatkan gambar grafik distribusi tekanan dan distribusi kecepatan yang terjadi di sepanjang lapisan batas.

## 5. Kesimpulan

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan pada mobil awal dan mobil yang dimodifikasi, maka dapat diambil kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Dari hasil simulasi didapatkan besarnya *drag force* dan *lift force* yang bekerja pada bentuk bodi mobil Asykar proto yaitu 112.38 N dan 2.40 N.
2. Setelah dilakukan perubahan bentuk bagian depan dan kaca depan didapatkan hasil simulasi *drag force* dan *lift force* dengan besarnya gaya aerodinamis yang bekerja yaitu 11.23 N dan 0.224 N.
3. Semakin kecil *coefficient drag* dan *coefficient lift* pada kendaraan, maka semakin kecil pula *drag force* dan *lift*

*force* yang bekerja pada kendaraan tersebut.

4. Bagian depan dan atap mobil merupakan bagian bodi mobil yang sangat menentukan besarnya gaya hambat (*drag force*). Sedangkan stabilitas mobil ditentukan oleh gaya (*lift force*) yang terjadi pada bagian belakang mobil.
5. Dari hasil yang telah didapatkan bahwa CFD (*Computational Fluid Dynamics)* dapat memberikan hasil pendekatan yang signifikan dan dapat mempersingkat waktu dalam menganalisis masalah, sehingga dengan demikian dapat mendesain ulang produk dengan acuan produk yang telah dilakukan simulasi tetapi belum layak untuk diproduksi.

## 6. Daftar Pustaka


Anderson, J.D, 2001. Fundamentals of Aerodynamics. New York : Mc Graw Hill.

Ansys, Inc. 2013. Ansys Fluent User's guide.

Heisler, H. 2002. Advanced Vechile Technology. Nort West London.

Hucho, W.H., Ahmed, S.R., Emmelmann, H.J., Emmenthal, K.D., Flegel, H., Gengenbanch, W., dkk., 1990, Aerodynamics of Road Vehicle, Butterworth Heinemann, London.

Riyad, M, Candra, R, 2016. CFD Analisys of Passanger Vehicleat Varios Angle of Rear and Spoiler. Departement of Mechanical Engineering, Khulna University Of Engineering Tecnology, Fulbagarite, Khulna-9203, Bangladesh.

Yusuf, A. 2017. Analisa Aerodinamika dan Optimasi Body Mobil Smart EV Generasi Tiga Dengan Menggunakan Pemodelan CFD Tiga Dimensi. Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.