

ANALISIS AERODINAMIK BODI MOBIL LISTRIK PROSOE KMHE 2019

MENGGUNAKAN CFD ANSYS Ver 17

Ahmad Dzulfikar Haidar, Henry Charles

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta

E-mail: adzulfikarh@gmail.com, charlesup98@gmail.com.

Abstrak-- Gaya angkat aerodinamika, gaya tahan mempunyai pengaruh yang berarti pada kendaraan baik ketika kecepatan sedang ataupun tinggi. Tingginya mobilitas saat ini yang mana memerlukan bahan bakar yang besar pula. Sehingga di perlukan penghematan bahan bakar salah satunya adalah dengan menerapkan ilmu aerodinamis se efektif mung. Seiring dengan terus berkembangnya teknologi, banyak peneliti maupun *engineer* pada industri otomotif berusaha menekan gaya *coefficient of drag* (Cd) seminimal mungkin, sehingga di dapatkan konsumsi bahan bakar seminim mungkin. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan nilai *coefficient of drag* yang sekecil mungkin di antara dua desain. Simulasi aerodinamika mobil dilakukan di dalam *wind tunnel* yang dilakukan melalui komputasi dengan menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Menggunakan metode turbulen k-epsilon relizable stradt wall function yang di tentukan berdasarkan validasi pada fenomena aliran streamline. Mendapatkan hasil nilai Cd pada mobil model pertama adalah 0,0071 dan pada model kedua adalah 0,0070.

Kata kunci: Aerodinamika, CFD, Coefficient of drag (Cd)

Abstract-- Aerodynamic lift, resistance has a significant influence on the vehicle both at medium or high speeds. The current high mobility which requires great fuel. So that it requires fuel savings, one of which is to apply aerodynamic science as effectively as possible. Along with the continued development of technology, many researchers and engineers in the automotive industry are trying to suppress the style of the coefficient of drag (Cd) to a minimum, so that the minimum fuel consumption can be obtained. The purpose of this research is to get the value of the coefficient of drag that is as small as possible between the two designs. Car aerodynamic simulations carried out in wind tunnels carried out through computation using Computational Fluid Dynamics (CFD). Using the turbulent method k-epsilon relizable strand wall function which is determined based on validation on the streamlined flow phenomenon. Getting the results of the Cd value on the first model car is 0.0071 and the second model is 0.0070.

Keywords: Aerodynamic, CFD, Coefficient of drag (Cd)

1. Pendahuluan

Climate change saat ini adalah salah satu bahasan penting di berbagai dunia. Di berbagai belahan bagian dunia *fuel consumption* menjadi salah satu penyebab utama dalam perubahan iklim di dunia.

Pemakaian yang besar terhadap kebutuhan fuel consumption saat ini menghasilkan pula banya CO₂ yang menyebabkan peningkatan suhu di bumi. Meningkatnya suhu di bumi dapat mengakibatkan berbagai macam masalah. Salah satu nya semakin naiknya suhu akan mengakibatkan tanaman dan tumbuhan yang tidak bisa tumbuh di karenakan air yang berkurang, hal ini menyebabkan hewan tidak mempunyai makanan untuk di makan, yang menyebabkan manusia kehabisan makanan baik daging maupun sayuran (Benniou & Bahlouli, 2015).

Mahasiswa sebagai *agent of change* hendaknya juga dapat turut berpartisipasi aktif dalam pengembangan bodi mobil, bagaimana

coefficient of drag dapat menghambat mobil dan pengaruh terhadap stabilitas terhadap mobil tersebut. Salah satunya dapat diwujudkan dalam sebuah kontes mobil hemat energi. Kontes Mobil Hemat Energi merupakan sebuah lomba mobil efisiensi tingkat nasional. Kegiatan ini di ikuti oleh mahasiswa dari berbagai Perguruan Tinggi di Indonesia.

Penelitian melihat aliran udara yang ada pada mobil hal ini. Hal ini ber antara tipe bodi mobil prosoe 1 dan tipe bodi mobile prosoe 2. Diharapkan di dapati nilai *coefficient of drag* yang semakin kecil. Pengujian di lakukan melalui eksperimen melalui perangkat lunak CFD (*Computation Fluid Dynamic*) salah satunya melalui aplikasi ANSYS versi 17.

1.1. Kajian Teori

1.1.1. Reynold Number

Ketika melempar bola ke atas, maka bola akan turun kebawah. Ketika bola turun ke bawah selain

terjadi gaya grafitasi yang menarik bola ke bawah terjadi juga gaya aerodinamis yang mana menyeret bola melalui gesekan angin terhadap bola tersebut. Gaya gesek inilah yang mana dapat di prediksi inilah yang biasa kita sebut dengan reynold *number*. Reynold *number* atau yang biasa kita sebut dengan Re digunakan untuk menentukan apakah aliran ini laminar ataupun turbulen (Patil, 2019). Bilangan Reynold sendiri dapat di rumuskan menjadi (Pritchard, 2011) :

$$Re = \rho \frac{VL}{\mu}$$

Dimana :

Re : Reynold *number*

ρ : Massa jenis aliran

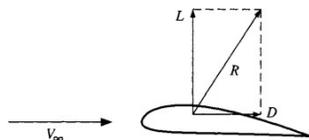
V : Kecepatan alirannya

L : Besar luasan area yang di lewat oleh udara

μ : Kekentalan alirannya

1.1.2. Aerodinamika

Ilmu aerodinamika adalah suatu ilmu yang mempelajari gerak suatu udara ataupun suatu komposisi gas yang lainnya sehingga menghasilkan suatu *drag force* yang mempengaruhi pada bodi mobil dan laju kendaraan (Anish, P.G, & K, 2017).

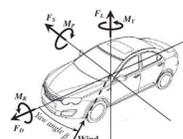


Gambar 1. Arah aliran angin

Pada gambar di atas dapat kita lihat bahwa R adalah sebuah gaya aerodinamis sedangkan V_{∞} adalah *free stream velocity* atau yang kita sebut juga kecepatan aliran bebas. Hal ini berkaitan juga dengan :

1. Gaya aerodinamika tegak lurus dengan gaya angkat pada mobil yang dilambangkan dengan L
2. Gaya aerodinamika tegak lurus dengan *drag force* yang dilambangkan dengan D

Dari gambar di atas kita dapat menyimpulkan *drag force* akan berpengaruh terhadap *streamline* suatu mobil. Semakin rendah mobil semakin rendah pula *drag force* yang akan di hasilkan.



Gambar 2. Gaya dan momen aerodinamis pada kendaraan (Zhu, Li, Xu, & Zhu, 2012)

Pada gambar 2 dapat kita lihat gaya aerodinamis dibagi menjadi 3 (Anish et al., 2017), yaitu :

1. Gaya hambat aerodinamis (*drag force*)
2. Gaya angkat aerodinamis (*lift force*)
3. Gaya samping aerodinamis (*side force*)

Sedangkan dari masing – masing gaya – gaya ini menghasilkan :

1. *Pitching Moment* (M_P)
2. *Yawing Moment* (M_Y)
3. *Rolling Moment* (M_R)

Gaya – gaya tersebut sangat berpengaruh antara satu dengan lainnya. Aerodinamis sangat dipengaruhi oleh bodi mobilnya. Sehingga dalam pembuatan mobil listrik proshoe kali ini aspek – aspek di atas di perhatikan dalam pembuatan sebuah mobil.

Drag force berpengaruh terhadap tahanan suatu kendaraan dalam melaju. Sedangkan gaya angkat sangat berpengaruh terhadap *grip* kendaraan terhadap tanah. Sedangkan gaya samping sangat berpengaruh ketika berbelok ataupun ketika melewati jembatan.

1.1.3. Gaya Hambat

Gaya hambat ataupun *drag force* adalah gaya yang menarik kebelakang, mendorong mundur dan menjadi penghambat ketika kendaraan melaju kedepan. Hal ini disebabkan oleh gangguan pada aliran udara yang paralel kepada bagian atas mobil.

Drag force sendiri dibagi menjadi dua bagian yaitu *parasite drag* dan juga *induced drag*. *Parasite drag* sendiri di bagi menjadi tiga tipe yaitu *form drag*, *skin friction* & *interference drag*.

a) Parastie Drag

Hal ini disebut dengan *parasite drag* karena *drag force* yang tipe ini sama sekali tidak ada kegunaannya. *Parasite drag* dibagi menjadi dua bagian yaitu :

1. **From drag** terjadi karena gangguan aliran udara pada badan kendaraan ataupun pesawat. Tipe *from drag* paling mudah dalam penanggulannya. Hal ini hanya perlu perubahan pada *streamline*. Makin *streamline* sebuah bentuk pesawat atau kendaraan makin mengurangi *from drag*.
2. **Skin friction** adalah hambatan dan gesekan antara udara dengan badan pesawat atau kendaraan. *Skin friction*

sendiri sangat sulit untuk di kurangi, karena jenis gesekan ini sangat bergantung pada kehalusan dari permukaan kendaraan. Permukaan yang sangat halus pun sulit untuk di dapatkan. Kendaraan yang pada umumnya pun di lakukan inspeksi berkali – kali untuk didapati kehalusan permukaan yang di inginkan. Permukaan yang kasar tadi sangat memungkinkan untuk membelokan arah aliran angin sehingga menyebabkan *drag* tambahan.

3. **Interference drag** adalah gabungan antara *from drag & skin friction*. Apabila sebuah benda di letakkan bersebalahan, maka turbulensi bisa terjadi 50 hingga 200 persen kali lipat.

b) Induced Drag

Sebagaimana yang kita ketahui dalam ilmu fisika tidak ada yang seratus persen efisien. Dalam artian sebuah usaha memerlukan sebuah usaha tambahan, karena dalam suatu usaha pasti ada usaha yang terbuang ataupun terserap dalam suatu sistem.

Dalam desain suatu body kendaraan, pesawat ataupun sayap sebuah pesawat pasti muncul sebuah *induced drag*. *Induced drag* sendiri terjadi karena dihasilkan oleh karena gaya *lift* yang di hasilkan dari kerja sayap. Sebagaimana pembahasan pada sub- bab sebelumnya sebuah *streamline* gaya angkat pasti terjadi dikarenakan kecepatan aliran di atas sehingga membuat gaya angkat. Namun selain terjadi gaya angkat, juga terjadi gaya dorong ke bawah. Tekanan pada bawah kendaraan ataupun sayap akan lebih besar dari pada bagian atas. Lalu pada ujung sayap yang terjadi perbedaan tekanan antara bagian atas dan bawah. Dikarenakan terjadi pertemuan antara tekanan tinggi dan rendah maka terjadilah aliran vortex.

Vortex terjadi akibat adanya aliran udara yang bertekanan tinggi yang berada di upper surface di ujung sayap yang bergerak melingkar ke belakang karena adanya pengaruh dari *relative wind* (Sukoco, 2015). Gaya angkat di bawah inilah yang disebut dengan *induced drag*. *Induced drag* inilah yang pasti terjadi dalam suatu aliran. Karena itu gaya angkat akan sedikit berbelok ke arah belakang sejajar dengan arah udara dan menghasilkan komponen lift yang arahnya ke belakang.

Drag sendiri akan bertambah secara kuadrat apabila bertambah juga kecepatan alirannya. Hal ini berarti menambah kecepatan dua kali berarti menambah drag sebanyak empat kali. Hal ini

berlaku ketika pada fase *subsonik*, atau kecepatan lebih rendah daripada kecepatan suara. *Drag force* yang tinggi akan memberikan efek konsumsi daya atau bahan bakar yang lebih tinggi.

Secara matematis gaya *drag coefficient* dapat dituliskan (Pritchard, 2011) :

$$C_{drag} = F_D / \frac{1}{2} \rho v^2 A$$

Dimana :

F_D : Gaya tekan pada mobil

ρ : Massa jenis udara

V : Kecepatan

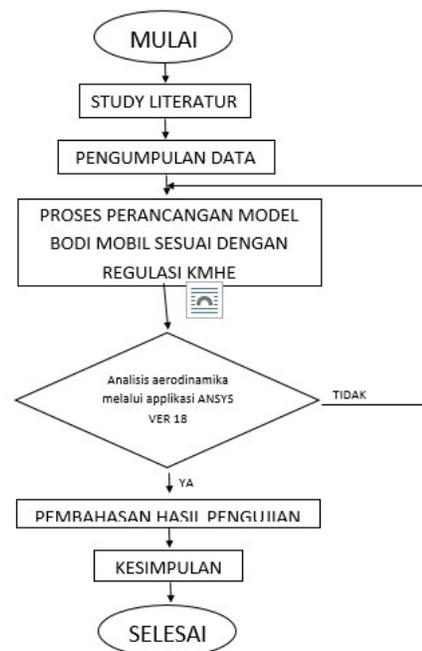
A : Luasan frontal area

1.1.4. ANSYS 17

ANSYS merupakan software berbasis finite element analysis (FEA). Penggunaan ANSYS mencakup simulasi struktur, panas, dinamika fluida, akustik, dan elektromagnetik. ANSYS merupakan computer aided engineering (CAE) yang dikembangkan oleh ANSYS, Inc

2. Metodologi

2.1. Diagram Alur



2.2. Metode Pengujian

Metode pengujian kali ini akan melalui aplikasi CFD ANSYS Ver 17. Validasi diambil dari hasil eksperimen ataupun simulasi yang sudah pernah

dilakukan sebelumnya. Dan digunakan sebagai acuan bahwa simulasi yang dilakukan pada tugas sarjana ini apakah sudah tepat atau belum. Dalam tugas sarjana ini dilakukan validasi mengenai fenomena backward-facing step untuk mengetahui separasi dan titik reattachment, dimana fenomena ini terjadi juga pada kondisi mobil yang sedang bergerak. Metode untuk menentukan separasi dan titik reattachment harus benar terlebih dahulu untuk mendukung kelancaran simulasi yang akan dilakukan berikutnya. Pada proses validasi ini, ketiga macam model turbulen di simulasikan untuk mengetahui model turbulen mana yang paling tepat untuk digunakan pada simulasi mobil prototype KMHE ini.

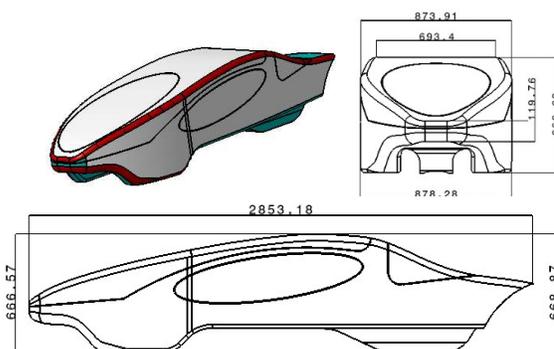
2.3. Alat dan Bahan

Dalam melakukan analisa aerodinamika saat ini penulis memerlukan alat :

- 1, Laptop dengan spesifikasi :
 - c) AMD Ryzen 3 dengan Radeon Vega Mobile Grafis
 - d) RAM 16 Gb
2. Software CATIA V5R18 berguna sebagai aplikasi modelling body kendaraan mobil prosoe KMHE
3. Software Solidwork 2017 berguna sebagai modelling pembuatan body versi solid
4. Software ANSYS 17 berguna sebagai aplikasi simulasi pengtesan aerodinamika kendaraan

2.4. Subjek & Objek Penelitian

Pada penlltian kali ini aerodinamika akan membahas terkair mobil prosoe kmhe dengan perbandingan desain mobil 1 & 2.

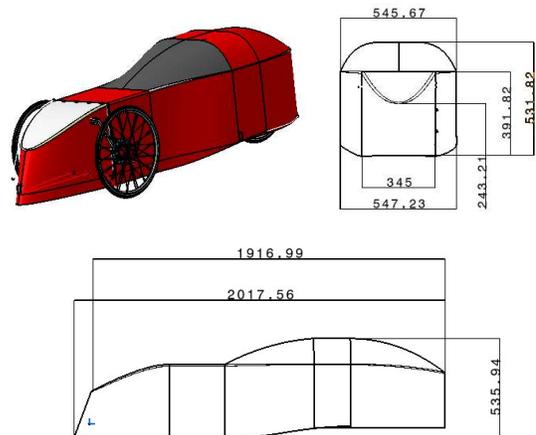


Gambar 3. Model mobil pertama prosoe

Desain mobil 1 dengan *all-wheel inside body*, konsep ini mengusung tema futuristik. Di harapkan dengan ban ada di dalam dan dimensi mobil yang lebih panjang dapat mengurangi efek gaya hambat atau *coefficient of drag* yang lebih kecil.

Desain mobil konsep kedua ini mengambil

tema *bulet*. Hal ini mengusung seperti pada mobil



F1 ataupun pesawat sukhoi. Dengan roda berada diluar diharapkan lebih leluasa ketika ketika *cornering*.

Gambar 4. Model mobil kedua mobil prosoe

2.5. Cara Kerja

Cara kerja dalam melakukan anilisa pada simulasi kali ini adalah :

- a) Melakukan pencarian frontal area
- b) Memasukan geometri atau model pada Ansys
- c) Setting besaran *enclosure*
- d) Setting Mesh
- e) Perhitungan gaya tekan.

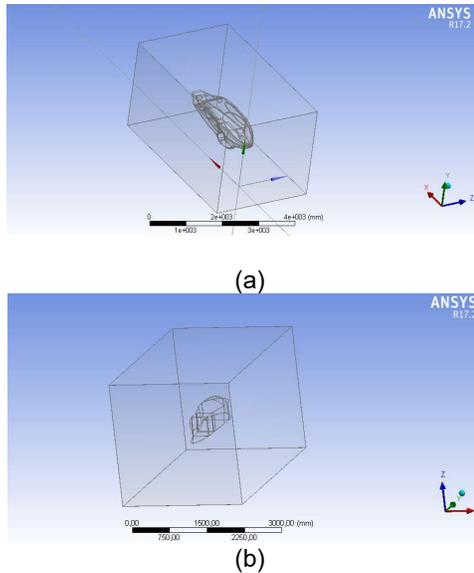
Frontal area adalah daerah yang terpapar langsung dengan aliran udara/Dalam melakukan pencarian frontal area di lakukan melalui proyeksi pada aplikasi ansys.



Gambar 5. Proyeksi frontal area

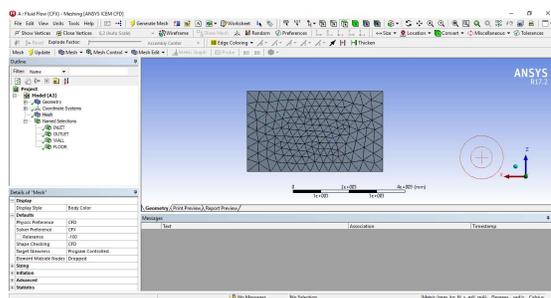
Pada area di atas dapat dilihat bahwa luas frontal area pada model mobil pertama sebesar 0,67 m² sedangkan pada model kedua sebesar 0,22 m². Setelah mencari nilai frontal pada model pertama dan kedua selanjutnya adalah input geometri kedalam aplikasi ansys. Pada jurnal kali ini penulis memakai ansys *fluid flow*.

Pada saat input di buat juga geometri untuk terowongan angin. Terowongan angin di buat pilihan *enclosure* yaitu sebuah terowongan tertutup.



Gambar 6. Modelling enclosure mobil (a) pertama (b) kedua

Setelah melakukan pembuatan terowongan angin hal yang selanjutnya di lakukan adalah *meshing*. *meshing*. *Meshing* Mesh adalah ukuran dari jumlah lubang suatu jaring atau kasa pada luasan 1 inch persegi jaring / kasa yang bisa dilalui oleh material padat. Makin besar angka ukuran mesh maka akan semakin halus material yang dapat di loloskan.

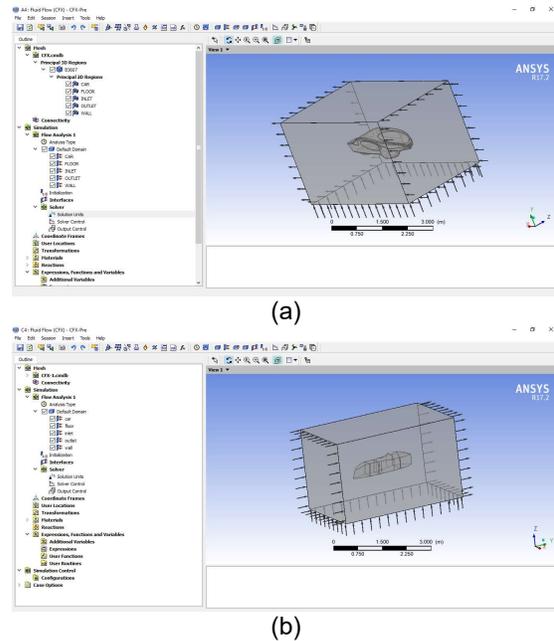


Gambar 7. Proses meshing

Pada meshing kali ini juga di bagi bagian *inlet*, *outlet*, *wall*, dan *floor*. Bagian inlet adalah bagian dimana angin masuk, outlet adalah bagian di mana angin keluar, wall adalah bagian dimana menjadi batasan angin dalam melaju, floor adalah bagian bawah dari kendaraan. *Boundary* inilah

yang menjadi input parameter untuk melakukan analisa pada ansys.

Pada proses seting pada saat ini adalah memasukkan parameter – parameter yang mana nantinya di gunakan untuk menganalisa. Pada proses seting kita memasukkan nilai kedalam *inlet*, *wall*, *outlet*, & *floor*.



Gambar 8. Proses seting parameter pada mobil (a) pertama (b) kedua.

Pada boundary *inlet*, penulis memasukkan parameter kecepatan pada normal speed. Kecepatan ini akan dapat di rubah untuk mengetahui korelasi antara kecepatan dan *coefficient of drag*. Pada inlet penulis memilih low intensity 1%. Setelah melakukan proses seting pada boundary inlet selanjutnya adalah melakukan seting pada boundary wall. Disini parameter boundary wall adalah *free slip wall*. Setelah seting pada boundary wall, selanjutnya kita seting terkait floor. Pada floor parameter yang di masukkan adalah *normal speed* dengan kecepatan bervariasi, serta intensity low 1 % (M.S.K, 2017).

Setelah seting pada boundary *inlet*, *wall*, & *floor* selanjutnya yang perlu di *seting* adalah pada boundary outlet. Pada boundary outlet batasan yang di masukan adalah *relative pressure* pada 5 pa. Setelah seting semua dinding pada terowongan angin maka selanjutnya adalah menyeting kendaraan pada geometri ansys.

Pada geometri ansys pemilihan *no slip wall* (M.S.K, 2017).

Setelah melakukan seting semua boundary termasuk pada kendaraan. Selanjutnya adalah setting pada *global initialization*. Pada tahapan ini penulis setting dengan kecepatan angin tipe *cartesian* dengan jenis aliran k & Epsilon.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil simulasi

Sebagaimana pada bahasan sebelumnya *coefficient of drag* menjadi salah satu bagian yang penting dalam desain aerodinamika. Semakin kecil nilai *coefficient of drag* nya maka akan semakin kecil gaya hambat yang terjadi pada mobil. Hal ini dengan harapan mesin dapat melaju dengan tenaga yang lebih kecil sehingga dapat menghemat tenaga lebih besar.

Oleh karenanya desain mobil prosoe kali ini di harapkan mempunyai nilai *coefficient of drag* sekecil mungkin. Hal ini agar dapat menghemat tenaga sebanyak mungkin saat mengikuti lomba KMHE. Pada tabel 3 dapat di lihat perbandingan antara gaya *coefficient of drag* dari model mobil prosoe pertama dan kedua. Perhitungan *coefficient of drag* dapat di lakukan dengan rumus (Pritchard, 2011):

$$C_{drag} = F_D / \frac{1}{2} \rho v^2 A$$

Dimana :

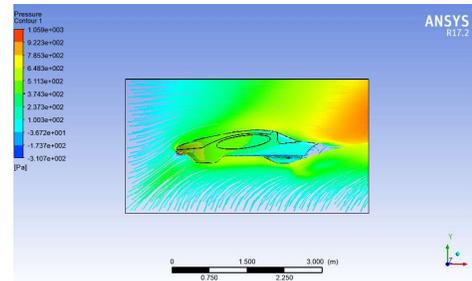
F_D : Gaya tekan pada mobil

ρ : Massa jenis udara

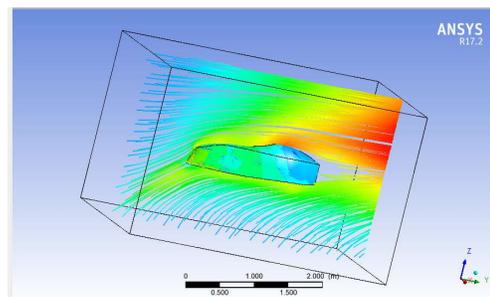
V : Kecepatan

A : Luasan frontal area

Frontal area dapat di cari melalui aplikasi catia, sebagaimana pada sub bab sebelumnya sudah di jelaskan bahwa pada model pertama memiliki frontal area 0,666 m² dan pada model kedua memiliki frontal area sebesar 0,218 m². Sedangkan untuk nilai F_D atau tekanannya di dapat kan melalui aplikasi ansys.



Gambar 9. Distribusi tekanan pada kendaraan pertama



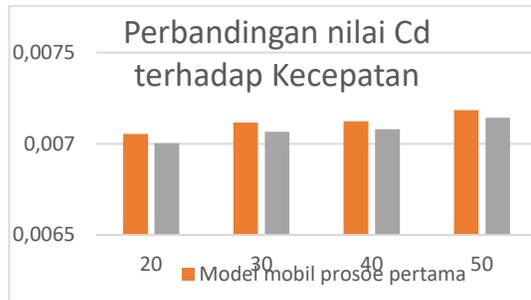
Gambar 10. Distribusi tekanan pada kendaraan kedua

Sehingga melalui perumusan di atas di dapati nilai *coefficient of drag*nya adalah :

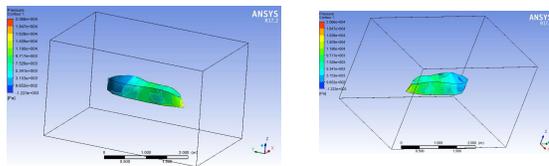
Kecepatan (V ²)	Model mobil prosoe pertama	Model mobil prosoe kedua
20	0,007054266	0,00700
30	0,007116943	0,00707
40	0,007122898	0,00708
50	0,007185576	0,007143441

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa semakin kecil body suatu kendaraan maka akan semakin kecil gaya tekan yang di dapat. Hal ini di buktikan pada model kedua mempunyai body yang lebih ramping sehingga memiliki nilai *coefficient of drag* yang lebih kecil. Dapat kita lihat bahwa semakin besar kecepatan maka akan semakin besar pula tekanan yang akan di dapatkan sehingga dengan luas area yang sama

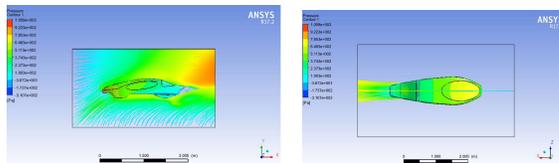
maka akan membuat nilai *coefficient of drag* semakin besar.



Tabel 1. Perbandingan antara kenaikan kecepatan dan nilai Cd

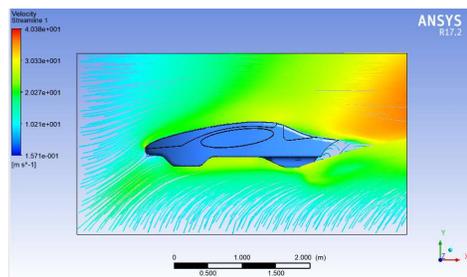


Gambar 11. Distribusi tekanan pada mobil model pertama

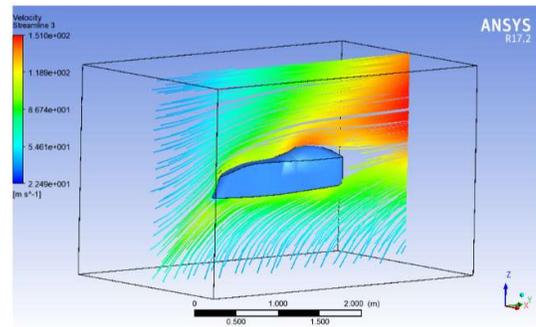


Gambar 12. Distribusi tekanan pada mobil model kedua

Dilihat dari distribusi tekanan di atas bahwa distribusi tekanan pada model pertama jauh lebih tinggi di banding pada model kedua. Pada model kedua tekanan hanya ada pada angka 150 pa pada kecepatan rata – rata 40 km/jam sedangkan pada model pertama mempunyai tekanan maksimal pada angka 300 pa pada kecepatan rata – rata 40 km/jam.



(a)



(b)

Gambar 13. Kecepatan aliran angin pada model mobil prosed (a) pertama (b) kedua

Sedangkan pada kecepatan aliran angin pada model pertama lebih baik di bandingkan pada model kedua. Hal ini di karenakan pada model pertama mempunyai bentuk body yang *streamline* di bandingkan pada model mobil kedua.

4. Kesimpulan

Luas frontal area berpengaruh terhadap besar kecil nya gaya tekan yang terjadi pada mobil, Hal ini dibuktikan oleh nilai Cd pada model pertama adalah 0,0071 sedangkan pada model kedua adalah 0,0070. Semakin besar kecepatan akan semakin besar pula nilai Cd, setiap kenaikan kecepatan 10 km/jam maka akan naik 6,0E-6.

Bentuk streamline mobil berpengaruh terhadap kecepatan angin yang melalui mobil. Hal ini di buktikan melalui aplikasi bahwa pada model pertama turbulensi pada bagian belakang kendaraan kecil hal itu berbanding dengan turbulensi pada bagian kedua yang besar pada bagian belakang mobil.

5. Daftar Pustaka

1. Anish, A., P.G. S., & K. V. . (2017). Modelling and Analysis of a Car for Reducing Aerodynamic Forces. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 47(1), 1–17. <https://doi.org/10.14445/22315381/ijett-v47p201>
2. Ashtineh, H., & Pishvae, M. S. (2019). Alternative Fuel Vehicle-Routing Problem : A life cycle analysis. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.343>

3. Benniou, R., & Bahlouli, F. (2015). Climate Change and Agriculture Conservation in Semi-Arid Environment. *Energy Procedia*, 74, 25–31. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.516>
4. Geun, B., Lee, S., Jae, E., Jae, J., Kim, M., You, D., & Joon, S. (2016). Journal of Wind Engineering Reduction of drag in heavy vehicles with two different types of advanced side skirts. *Jnl. of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 155, 36–46. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2016.04.009>
5. Gielen, D., Boshell, F., Saygin, D., Bazilian, M. D., Wagner, N., & Gorini, R. (2019). The role of renewable energy in the global energy transformation. *Energy Strategy Reviews*, 24(January), 38–50. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.01.006>
6. Heisler, H. (2002). *Advanced Vehicle Technology*. Arnold.
7. John D. Anderson, J. (2017). *A History of Aerodynamics And Its Impact on Flying Machines*. Cambridge University Press. <https://doi.org/CBO9780511607158.003>
8. Pritchard, phillip J. (2011). *Introduction of Fluid Mechanics*. Hoboken, N.J., Wiley.
9. Putranto, T., & Sulisetyono, A. (2017). Lift- Drag Coefficient and Form Factor Analyses of Hydrofoil due to The Shape and Angle of Attack, 12(21), 11152–11156.
10. Selvaraju, P. N., Parammasivam, K. M., & Devaradjane, G. (2015). National Conference On Recent Trends And Developments In Sustainable Green Technologies ANALYSIS OF DRAG AND LIFT PERFORMANCE IN SEDAN CAR MODEL USING CFD National Conference On Recent Trends And Developments In Sustainable Green Technologies, (7), 429–435.
11. M.S.K, T. S. (2017). Analisis Aerodinamika Body Mobil Hemat Energi Antawirya Residual-Sat Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics, 5(1), 50–59.
12. Sukoco, S. (2015). UPAYA PENINGKATAN GAYA ANGKAT PADA MODEL AIRFOIL, 5(2).
13. Wibowo, H. (2017). PENGARUH SUDUT SERANG AEROFOIL, 2, 148–152.
14. Zhu, L. D., Li, L., Xu, Y. L., & Zhu, Q. (2012). Wind tunnel investigations of aerodynamic coefficients of road vehicles on bridge deck, 30, 35–50. <https://doi.org/10.1016/j.jfluidstructs.2011.09.002>
15. Hannah Ritchie and Max Roser (2019) - "Fossil Fuels". Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: '<https://ourworldindata.org/fossil-fuels>' [Online Resource]