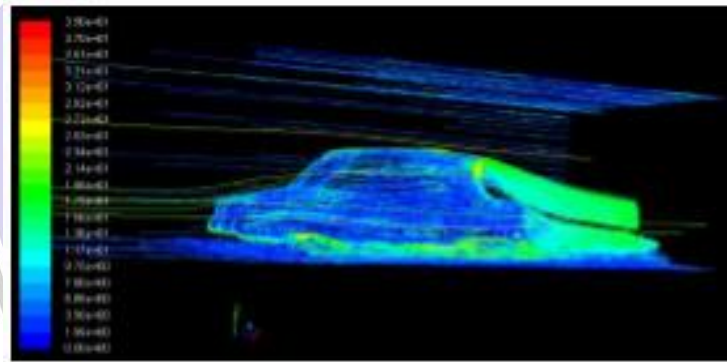


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

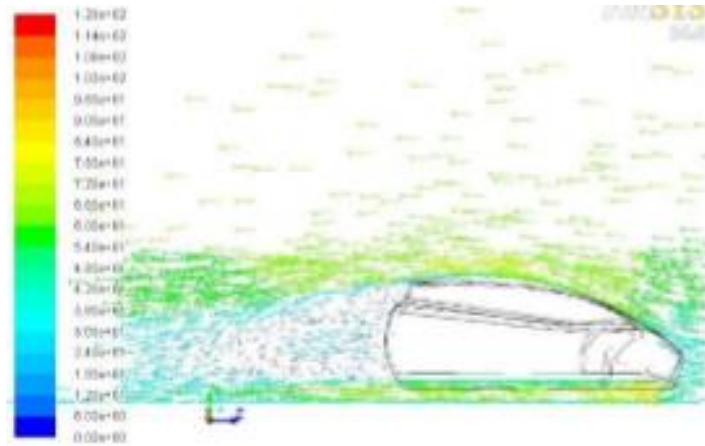
2.1 Penelitian Terdahulu

Sharma dan Bansal (2013) mengatakan mobil penumpang dengan dan tanpa Pelat Ekor disajikan dan membandingkan data simulasi satu sama lain. Dalam analisis ini, koefisien gaya hambat berkurang 3,87% dan koefisien gaya angkat berkurang 16,62%. Tail Plates adalah alat yang efektif untuk mengurangi gaya hambat pada kendaraan. Pengaruh perangkat tambahan aerodinamis yang berbeda pada aliran dan strukturnya pada mobil penumpang umum dapat dianalisis menggunakan pendekatan CFD. Tujuannya adalah untuk mengurangi hambatan aerodinamis yang bekerja pada kendaraan dan dengan demikian meningkatkan efisiensi bahan bakar mobil.



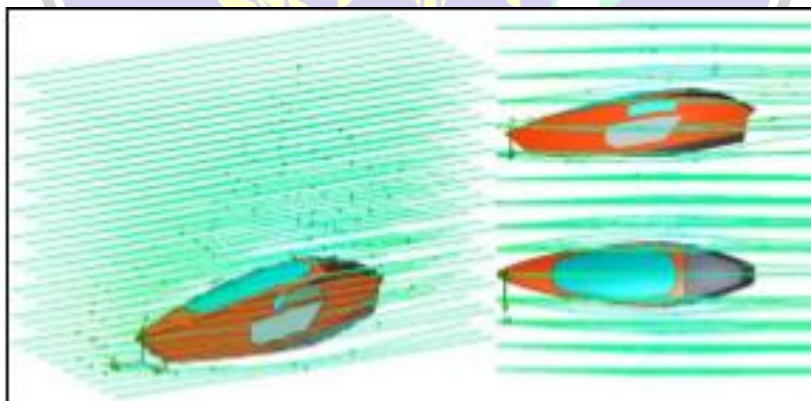
Gambar 2. 1 Total garis jalur tekanan dipermukaan mobil dengan pelat ekor

Nursyahbani (2015) berpendapat bahwa Hasil simulasi menunjukkan penurunan untuk nilai *coefficient drag* mobil Antawirya konsep 3 dari mobil Antawirya konsep terdahulu, pada kecepatan 10 km/jam terjadi penurunan *coefficient drag* sebesar 24,93 %, untuk kecepatan 20 km/jam terjadi penurunan sebesar 25,20 % , pada kecepatan 30 km/jam *coefficient drag* mengalami penurunan sebesar 26,01 % , kemudian pada kecepatan 40 km/jam *coefficient drag* mengalami penurunan sebesar 26,02 % , untuk kecepatan 50 km/jam terjadi penurunan sebesar 26,37 % , dan kecepatan 60 km/jam terjadi penurunan pada nilai *coefficient drag* sebesar 25,83 %.



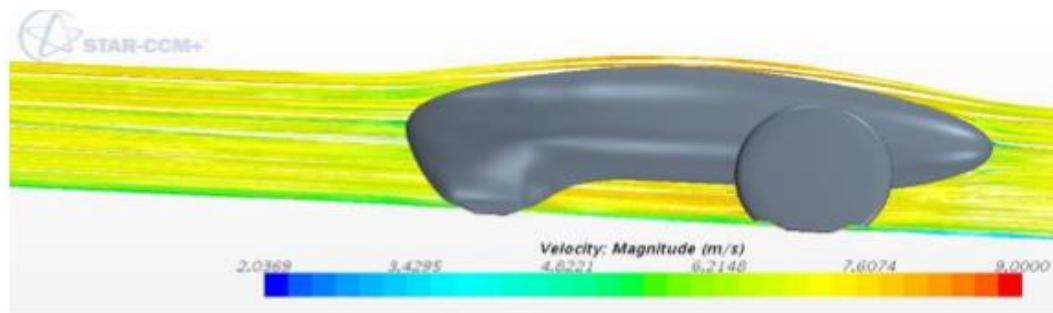
Gambar 2. 2 Aliran udara yang terjadi pada bodi antawirya konsep 3

Hakim, dkk. (2016) berpendapat bahwa bodi mobil listrik prototipe 1 mempunyai *coefficient drag* 0.0804 sedangkan bodi mobil prototype 2 mempunyai nilai *coefficient drag* 0.0272 dan bodi yang mempunyai nilai *coefficient drag* terendah pada bodi engku putri 0.02273. semakin tinggi kecepatan kendaraan , maka *coefficient drag* pada kendaraan akan semakin tinggi. Jika Semakin kecil *coefficient drag* pada kendaraan , bisa mengurangi beban kerja pada mesin untuk menggerakkan kendaraan sehingga konsumsi bahan bakar jadi lebih irit.



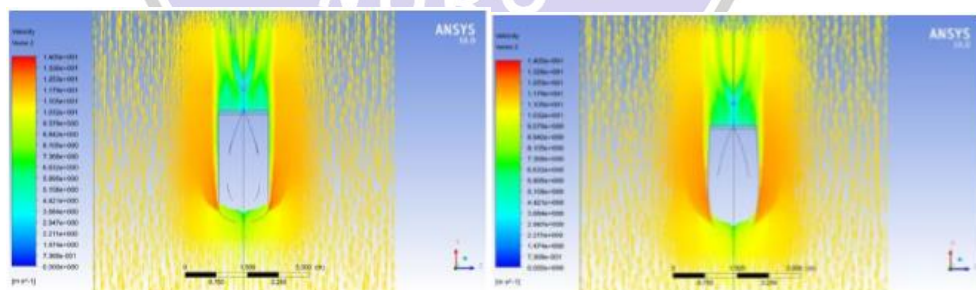
Gambar 2. 3 Simulasi aliran streamline prototype

(Serie, 2017) berpendapat bahwa Simulasi CFD dilakukan untuk mobil Eco-Marathon dengan asumsi aliran stabil isothermal yang tidak dapat dimampatkan dengan roda yang tidak berputar. Dengan memodifikasi hidung depan mobil menjadi lebih panjang, bagian bawah mobil untuk menghindari efek diffuser dan bagian belakang mobil untuk memulihkan tekanan, koefisien drag dapat dicapai sebesar 0,127.



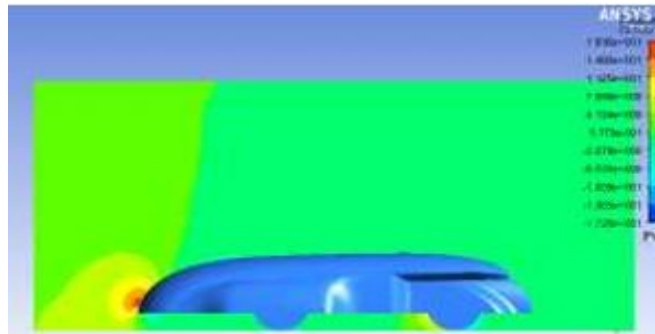
Gambar 2. 4 Aliran disekitar permukaan desain akhir mobil

(Jhon S, 2017) mengatakan bahwa *coefficient drag* pada desain bodi mobil Antawirya Turangga Veda II terjadi penurunan setiap kecepatan dari pada mobil Antawirya Turangga Veda I, untuk kecepatan 40 km/jam terjadi penurunan *coefficient drag* sebesar 19,37 % dari 0,264 menjadi 0,214, kecepatan 50 km/jam terjadi penurunan sebesar 19,43 % dari 0,263 menjadi 0,212, kecepatan 60 km/jam terjadi penurunan sebesar 19,51 % dari 0,262 menjadi 0,211. Pada desain bodi mobil Antawirya Turangga Veda II pada kecepatan 70 km/jam terjadi penurunan sebesar 19,56 % dari 0,2612 menjadi 0,210.



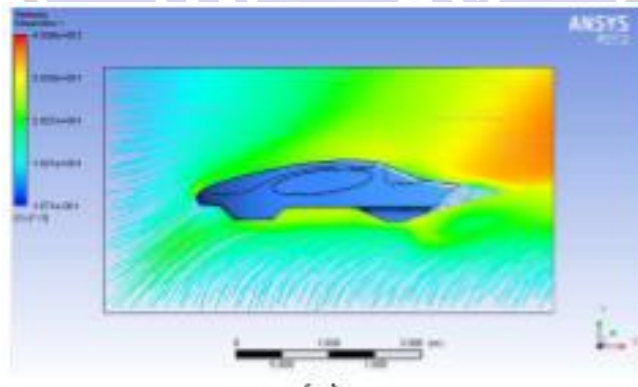
Gambar 2. 5 Vektor kecepatan tampak atas pada mobil Antawirya Turangga Veda I dan II.

Hidayati, dkk. (2018) berpendapat bahwa model ekor pendek mempunyai sifat aerodinamis yang lebih baik daripada model lainya karena mempunyai nilai koefisien drag 0,001, kemudian semakin Panjang bentuk ekor, kecepatan udara maksimum yang terjadi semakin tinggi. Tekanan udara maksimum tertinggi terjadi pada model ekor panjang ,diikuti dengan model tanpa ekor, dan yang terakhir adalah model ekor pendek



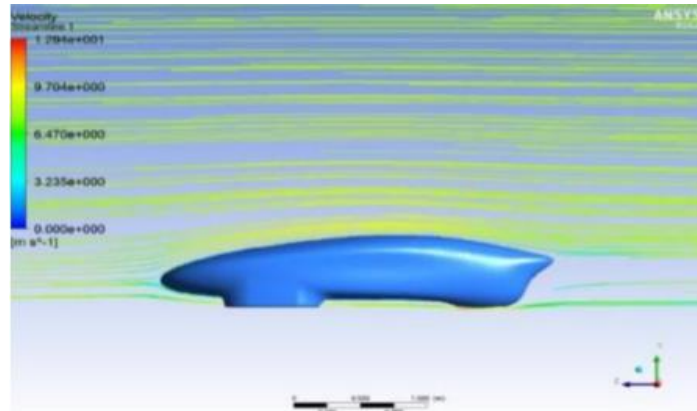
Gambar 2. 6 Distribusi tekanan tampak melintang Model Tanpa Ekor

Haidar dan Charles (2019) mengatakan bahwa 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 . Bentuk streamline mobil berpengaruh terhadap kecepatan angin yang melalui bodi mobil.



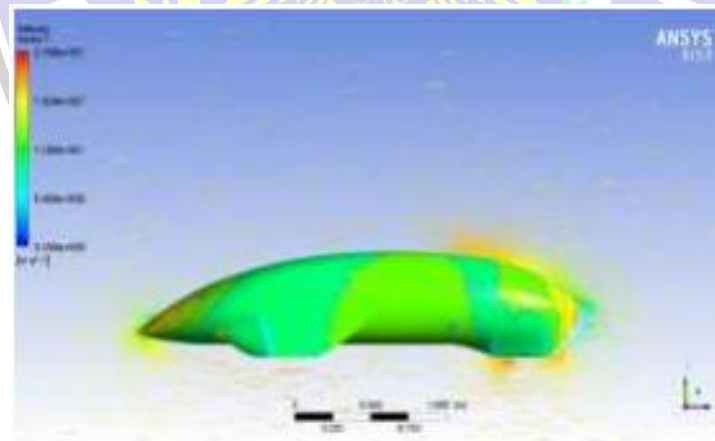
Gambar 2. 7 Kecepatan aliran angin pada model mobil prosoe

Fakhrudin, dkk. (2021) mengatakan bahwa *coefficient drag* pada desain bodi mobil hemat energi Ken Dedes Electric Evo 2 mengalami penurunan dari yang semula mempunyai nilai *coefficient drag* sebesar 0.37 menjadi 0.03, pada desain bodi mobil Ken Dedes Electric Evo 3.



Gambar 2. 8 Aerodinamika pada Mobil Ken Dedes Electric Evo 3

Badrawada (2019) mengatakan bahwa hasil dari simulasi bodi mataram proto diesel memiliki nilai *coefficient drag* sebesar 0.17, pada bodi proto yang telah dimodifikasi memiliki *coefficient drag* lebih kecil 0.06.



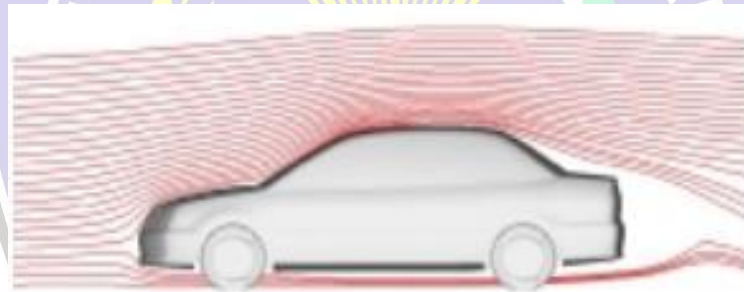
Gambar 2. 9 Aliran udara disekitar bodi mataram Proto modifikasi

2.2 Aerodinamika

Aerodinamika adalah ilmu yang mempelajari tentang bergeraknya suatu benda di dalam udara. Ilmu gaya udara merupakan ilmu lanjutan dari ilmu gaya gerak air atau hidrodinamika dan ilmu gaya gerak udara ini hubungannya dengan ilmu yang lainnya yaitu ilmu alam (fisika), ilmu pasti (matematika), ilmu gaya (mekanika) dan ilmu cuaca (meteorogia). Pada 1866 Francis Wenham mengatakan pengaruh rasio aspek aerodinamika terbatas yang terjadi pada sayap. Francis Wenham berteori bahwa sebagian besar sayap mengangkat terjadi dari bagian dekat tepi dan juga sayap yang dekat sangat efisien (Jhon S, 2017).

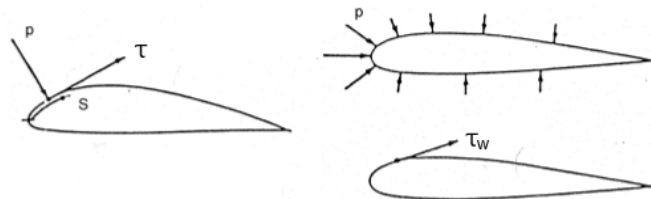
Penyebab utama dari timbulnya gaya-gaya aerodinamis pada kendaraan adalah:

1. Adanya distribusi tekanan yang bekerja pada permukaan kendaraan.
2. Terdapat tegangan geser pada permukaan bodi kendaraan.



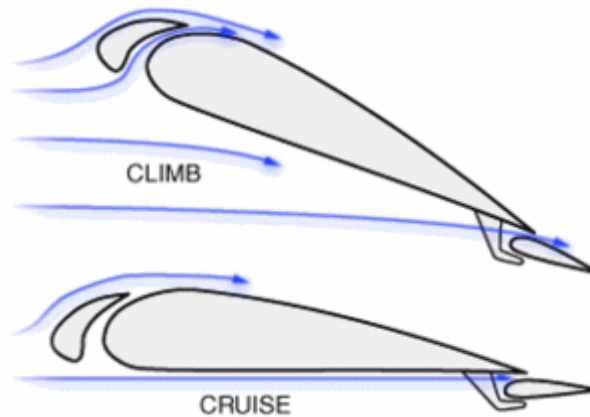
Gambar 2. 10 Gaya Aerodinamis (R, Ardiansyah. F, 2014)

Gaya aerodinamis dinyatakan sebagai akibat aliran udara pada permukaan suatu benda yang bersumber dari distribusi tekanan pada permukaan dan tegangan geser pada permukaan (R, Ardiansyah. F, 2014)



$p = p(s)$ = surface pressure distribution,
 $\tau = \tau(s)$ = surface shear distribution

Gambar 2. 11 Gaya-Gaya Penyebab Gaya Aerodinamis (R, Ardiansyah. F, 2014)



Gambar 2. 12 Arah Aliran Angin (Haidar & Charles, 2019)

Pada Gambar 2.3 dapat dilihat bahwa R adalah gaya Aerodinamis sedangkan V_{∞} adalah free stream velocity atau bisa juga disebut 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 diatas dapat disimpulkan *Drag Force* akan berpengaruh terhadap streamline suatu mobil. Semakin rendah mobil maka semakin rendah *Drag Force* yang akan dihasilkan. (Haidar & Charles, 2019)

2.3 Coefficient Drag

Coefficient Drag merupakan koefisien tak berdimensi, yaitu suatu hambatan aerodinamik yang dipengaruhi oleh bentuk serta permukaan yang halus, beban pada sebuah mobil dapat dikatakan sebagai hambatan aerodinamik terhadap laju kendaraan, semakin besar nilai *coefficient drag* maka memiliki hambatan yang besar, bentuk bodi yang memiliki *coefficient drag* yang kecil mempunyai bentuk bodi yang aerodinamis dan memiliki bentuk bodi yang streamline, (R, Ardiansyah. F, 2014)

Satuan dari nilai *coefficient drag* adalah nilai hambatan udara dari benda yang bergerak, satuan CD dibuat sebagai mengukur nilai hambatan udara pada kendaraan yang bergerak cepat seperti, mobil balap, motor balap, pesawat dan kendaraan yang melaju dengan kecepatan tinggi lainnya, maka dari itu para desainer harus mendesain sebuah bodi kendaraan yang memiliki nilai *coefficient drag* yang kecil dan aerodinamis (R, Ardiansyah. F, 2014)

Semakin kecil sudut α maka F_{drag} semakin kecil, sehingga diperoleh persamaan koefisien drag sebagai berikut :

$$Cd = \frac{2Fd}{\rho V^2 A} \dots\dots\dots (2.1)$$

Rumus *Coeffisien Drag* (Haidar & Charles, 2019)

Dimana:

Cd : *coefficient drag*

Fd : gaya hambat (N)

ρ : densitas udara (Kg/m^3)

V : kecepatan udara (m/s)

A : *frontal area* (m)

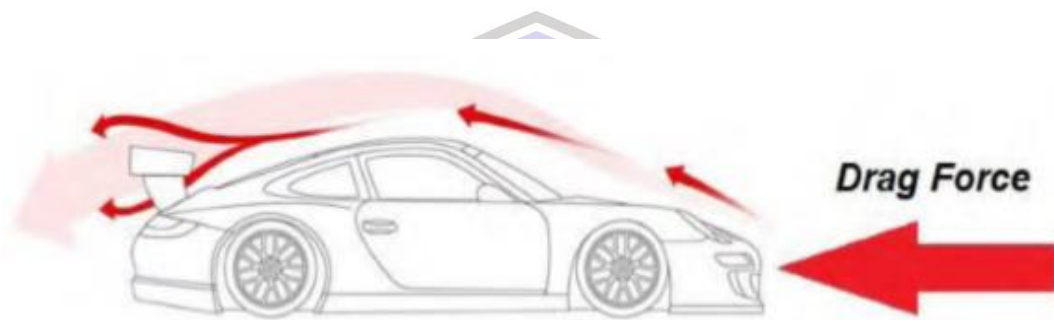
Tabel 2.1 Coeffisien Drag beberapa jenis tipe mobil (Wirawan, 2017)

No	Jenis Kendaraan	Koefisien Hambat
1	Mobil penumpang	0.3 – 0.6
2	Mobil convertible	0.4 – 0.65
3	Mobil balap	0.25 – 0.3
4	Bus	0.6 - 0.7
5	Truck	0.8 – 1.4
6	Tractor-trailer	0.8 – 1.3
7	Sepeda motor dan pengemudi	1.8



2.5 Gaya Hambat (*Drag Force*)

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. (Haidar & Charles, 2019)



Gambar 2. 13 Gaya Tarik yang bekerja pada mobil balap yang bergerak (Oxyzoglou, 2017)

a) Seret Parasit

Gaya hambat tipe ini sama sekali tidak ada kegunaannya. Parasite drag dibagi menjadi tiga bagian yaitu :

1. *Form Drag* terjadi karena gangguan karena gangguan aliran udara pada badan kendaraan ataupun pesawat. Tipe *form drag* paling mudah dalam penanggulannya.
2. *Skin Friction* adalah hambatan dan gesekan antara udara dengan badan pesawat atau kendaraan.
3. *Interference Drag* adalah gabungan antara *form drag* & *skin friction*. Apabila sebuah benda di letakkan bersebalahan, maka turbulensi bisa terjadi 50 hingga 200 persen kali lipat.

b) Tarikan Yang Diinduksi

Induced drag terjadi karena hasil gaya lift yang di hasilkan dari kerja sayap. 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.

Ada tiga kekuatan *drag force* pada mobil balap :

1. Tekanan *frontal*, atau efek yang ditimbulkan oleh dorongan badan kendaraan.
2. Vakum belakang, atau efek yang diciptakan oleh udara yang tidak dapat mengisi lubang yang ditinggalkan oleh badan kendaraan.
3. Lapisan batas, atau efek gesekan yang ditimbulkan oleh udara yang bergerak lambat di permukaan bodi kendaraan.

Perhitungan gaya hambat dapat dilakukan dengan persamaan berikut :

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho V^2 A \dots\dots\dots (2.3)$$

Rumus Gaya Hambat (Mahmudi, 2019)

Dimana :

F_D : gaya hambat (*Newton*)

C_D : *coefficient drag*










ρ : massa jenis udara (kg/m^3)

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

A : *frontal area* (m^2)

Tabel bentuk *frontal area* (bodi depan) dan nilai *coefficient drag* standart

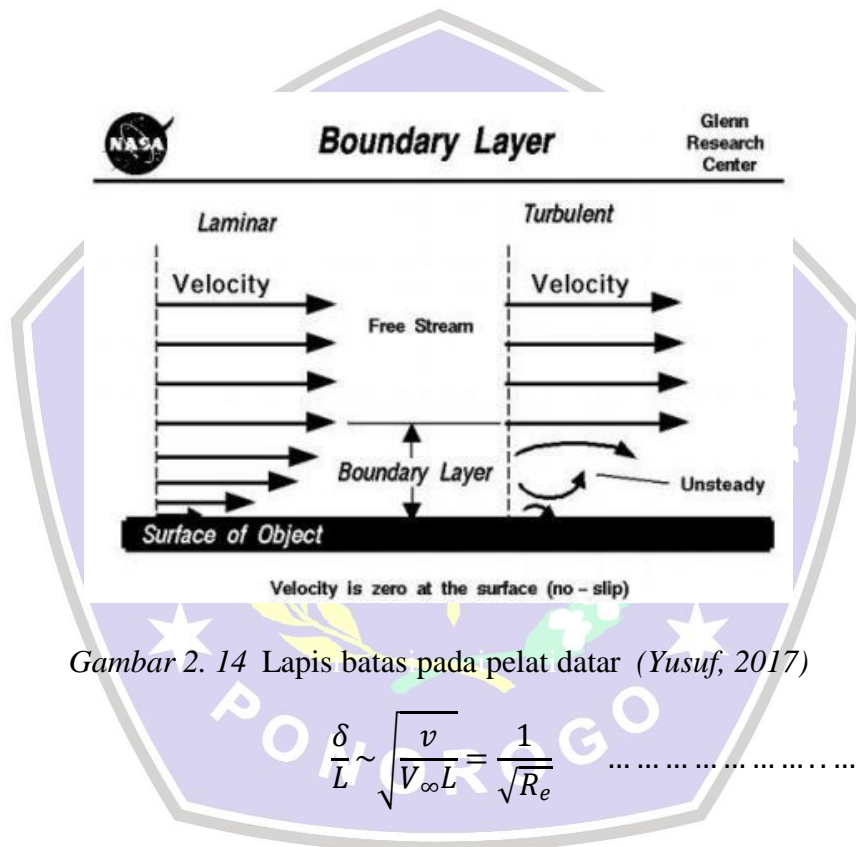
Tabel 2.2 Koefisien Gaya Hambat (Hakim, Nugroho, & dkk, 2016)

No	Nama	Bentuk	Coefficient Drag
1	Sphere		0.47
2	Half-sphere		0.42
3	Cone		0.50
4	Cube		1.05
5	Angled Cube		0.80
6	Long Cylinder		0.82
7	Short Cylinder		1.15
8	Streamlined Body		0.04
9	Streamlined Half-body		0.09



2.6 Lapis Batas

Lapis batas pada bodi kendaraan dikembangkan oleh ilmuwan bernama Prandtl pada tahun (1874-1953) dari Universitas Göttingen. Lapis batas terjadi pada permukaan benda yang memiliki sifat viskositas dari fluida yang menempel pada permukaan yang bersifat stationer sehingga menyebabkan aliran fluida melambat karena terjadi interaksi berupa tumbukan antar molekul. Secara perlahan kecepatan pada lapis batas meningkat sehingga aliran bebas (*freestream*) (Yusuf, 2017)



Gambar 2. 14 Lapis batas pada pelat datar (Yusuf, 2017)

$$\frac{\delta}{L} \sim \sqrt{\frac{\nu}{V_{\infty} L}} = \frac{1}{\sqrt{R_e}} \dots \dots \dots (2.4)$$

Rumus Lapisan Batas (Yusuf, 2017)

Dimana:

δ : Tebal Lapisan Batas (M)

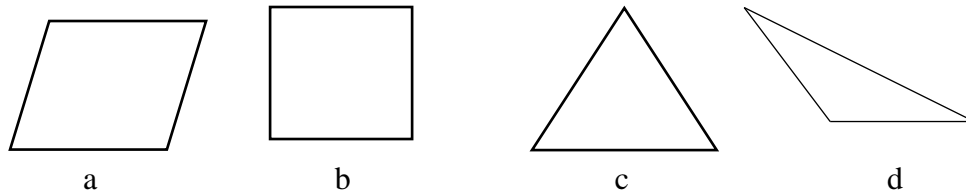
L : Panjang Karakteristik (M)

ν : Viskositas Kinematic Fluida

V_{∞} : Kecepatan Relative Fluida Terhadap Obyek

2.8 Mesh Skewness

Dalam *ansys* mesh skewness merupakan kualitas mesh yang digunakan untuk menunjukkan seberapa miring suatu mesh tersebut. Semakin siku sudut suatu elemen, maka transfer data dari elemen satu ke elemen lainnya akan semakin baik



segi empat miring segi empat sama sisi segitiga sama kaki segitiga miring

Gambar 2. 15 bentuk jaring-jaring mesh pada kualitas mesh skewness

Dari gambar 2.13 merupakan bentuk dari mesh skewness yang ada di *ansys* fluent, dari bentuk mesh tersebut yang banyak digunakan adalah yang jaring yang B berbentuk segi empat sama sisi.

Tabel 2.3 kualitas mesh skewness

<i>skewness</i>	<i>Cell quality</i>
1	Merosot
$0.9 < 1$	Sangat Buruk
0.75-0.9	Buruk
0.5-0.75	Cukup
0.25-0.5	Baik
$> 0 - 0.25$	Sangat baik
0	Sama sisi

2.10 Autodesk Inventor 2020

Autodesk Inventor merupakan sebuah program CAD (Computer Aided Design) dengan kemampuan pemodelan tiga dimensi solid untuk proses pembuatan objek prototipe 3D secara visual, simulasi dan drafting beserta dokumentasi data-datanya Dalam Inventor, seorang desainer bisa membuat sketsa 2D produk, memodelkannya menjadi 3D untuk dilanjutkan dengan proses pembuatan prototipe visual atau bahkan yang lebih kompleks lagi, yaitu simulasi. Autodesk Inventor, yang dikembangkan oleh perusahaan perangkat lunak yang berbasis di AS Autodesk adalah merupakan perangkat lunak CAD mekanik desain 3D untuk membuat prototipe digital 3D yang digunakan dalam desain, visualisasi dan simulasi produk (Setyono & Hamid, n.d.)

2.11 Ansys Fluent 2020 R2 Student

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.* *ANSYS* ini digunakan untuk menyimulasikan semu disiplin ilmu fisika baik statis maupun dinamis, analisis struktural, perpindahan panas *dinamika fluida* dan *elektromagnetik* untuk engineer. *Ansys* dapat mengimpor file atau data dari CAD dan untuk membangun geometri dengan kemampuan "*preprocessing*"a. *Ansys* bekerja dengan sistem metode elemen hingga, dimana penyelesaiannya pada suatu objek analitis atau rangkaian kesatuan ke dalam jumlah terbatas elemen hingga menjadi bagian yang lebih kecil dan dihubungkan dengan *node*. (Prihadnyana, Widayana, & dkk, 2017)