

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan sarana transportasi semakin meningkat seiring dengan kemajuan jaman. Sarana transportasi khususnya kendaraan beroda empat sudah merupakan kebutuhan bagi setiap kehidupan manusia. Di negara-negara berkembang dengan tingkat populasi yang tinggi, angka pertumbuhan produksi kendaraan penumpang meningkat sangat signifikan yang menjadikan sektor transportasi sebagai pengguna energi bahan bakar minyak dunia yang utama khususnya di Indonesia yang masih belum memiliki mode transportasi massal yang baik sekalipun di kota-kota metropolitan nya, ketergantungan masyarakat akan kendaraan (mobil) penumpang menjadi sangat tinggi.

Pada sektor transportasi, banyak upaya yang dapat dilakukan seperti memaksimalkan tingkat efisiensi bahan bakarnya. Tolak ukur perancangan dan operasi kendaraan saat ini antara lain berat kendaraan, efisiensi mesin, estetika, cara mengemudi, kenyamanan dan keamanan yang tinggi serta aerodinamika. Para ahli otomotif sudah membuktikan bahwa ada kaitan antara pertimbangan tahanan aerodinamika kendaraan mobil dengan konservasi energi. Daya keluaran mesin yang didapatkan melalui proses pembakaran dari masukan energi (antara lain bahan bakar) sebagian besar dipakai untuk mengatasi tahanan jalan raya, gesekan (jalan dan mekanis) dan tahanan aerodinamika. Salah satu faktor aerodinamika yang saat ini sangat diperhatikan dalam rangka penghematan bahan bakar dan estetika adalah tahanan aerodinamika.

Sementara pengaruh aerodinamika yang bekerja pada kendaraan dapat dipecahkan menjadi tiga komponen Gaya dan tiga komponen momen, yaitu: Gaya tahanan udara (*drag*), Gaya angkat (*lift*), dan Gaya samping (*side force*). Dalam perhitungan tahanan aerodinamika kendaraan, ketiga gaya dan ketiga momen itu perlu mendapat perhatian.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Merancang dan membuat Bentuk bodi yang Akan di gunakan pada Gokar.
2. Alat dan bahan yang digunakan pada pembuatan bodi Gokart.
3. Merancang dan memilih komponen – komponen bodi Gokart.

Menganalisis bentuk aerodinamis pada bodi menggunakan *software* ANSYS.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian dengan menggunakan perangkat lunak ANSYS ini adalah:

1. Bahan yang di gunakan pada rancang bangun bodi Gokart yaitu *polycarbonate*.
2. Simulasi dilakukan sesuai dengan bentuk bodi yang sudah ada.
3. Metode yang digunakan adalah metode komputasi dengan model *turbulensi k-epsilon* dan tidak menggunakan metode eksperimen.
4.  $\rho$  density udara  $1.225 \text{ kg/m}^3$ .
5. Perhitungan Gaya putar (*yawing*), Gaya guling (*rolling*) dan Gaya anggu2 (*pitching*).

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan diadakannya penelitian ini adalah:

1. Memperoleh rancangan yang sederhana pada bodi Gokart dan membuat nya secara nyata.
2. Menganalisis karakteristik aliran aerodinamika pada bodi Gokart Sehingga dapat dilihat karakteristik aerodinamika nya seperti distribusi tekanan dan kecepatan, pola aliran dan koefisien *drag* dengan perangkat lunak ANSYS.
3. Menghitung nilai Gaya hambat (*drag*), Gaya angkat (*lift*) dan Gaya samping (*side force*) pada bodi Gokart.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Memberikan pengetahuan tentang bodi Gokart.
2. Untuk memberi motivasi ke adik junior agar dapat mengembangkan Gokart ke masa yang akan datang.
3. Supaya dapat mengetahui seberapa besar Gaya hambat (*drag*), Gaya angkat (*lift*) dan Gaya samping (*side force*).

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika dari penulisan laporan penelitian ini adalah

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada Bab I ini berisi latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB II LANDASAN TEORI**

Merupakan landasan teoritis yang digunakan dalam tugas sarjana ini sebagai studi literatur.

### **BAB III DASAR METODE KOMPUTASI DALAM PEMBUATAN**

Berisi tentang dasar metode numerik yang ada dalam ANSYS, diantaranya adalah metode di kritisi dan variabel-variabel yang disediakan oleh ANSYS.

### **BAB IV ANALISIS HASIL SIMULASI**

Disini menyajikan hasil simulasi yang telah dilakukan dan memuat tentang verifikasi dari data hasil simulasi dengan literatur yang digunakan.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Dalam bagian ini diberikan suatu kesimpulan dari hasil simulasi dan analisis yang telah dilakukan dimana pada akhirnya diharapkan dapat memberikan sumbangsih bagi dunia ANSYS dalam melakukan analisis.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan pustaka

Aerodinamika untuk 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 serta terjaminnya stabilitas mobil. Semakin cepat jalannya mobil, secara umum akan meningkatkan Gaya aerodinamika yang terjadi pada mobil meliputi Gaya hambat (*drag force*) aerodinamik, Gaya angkat (*lift force*) dan Gaya samping (*side force*) aerodinamik. Bagian depan mobil merupakan bagian bodi mobil yang sangat menentukan besarnya Gaya hambat (*drag force*), demikian juga bagian atap mobil dapat diperbaiki aerodinamika nya dengan mendesain atap berbentuk *convex* agar memudahkan aliran udara mengalir ke belakang. Stabilitas mobil juga sangat ditentukan oleh Gaya yang terjadi pada bagian belakang mobil, maka dibuat lebih lancip bahkan dipasang *spoiler* juga dipasang sayap (*wing*), Sehingga semakin cepat mobil Gaya angkat yang timbul dan pusaran atau turbulensi (*vortex*) dapat di eliminir. Reduksi *drag* pada bagian samping mobil dapat dilakukan dengan mendesain kelengkungan bagian samping (*convexity*).

Bagian bawah mobil juga akan meningkatkan nilai *drag* pada mobil. Reduksi *drag* dapat dilakukan dengan cara mempersempit dan memperluas bagian bawah mobil. Gaya *drag* dapat direduksi dan dieliminasi implikasi-implikasi nya dengan cara modifikasi geometri Dengan memodifikasi atau mendesain ulang geometri diharapkan mampu menghasilkan Gaya hambat (*drag*) yang semakin kecil sehingga penggunaan bahan bakar dapat diminimalisir. Banyak penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan desain optimal Namun sampai saat ini para peneliti belum mampu menemukan solusi yang tepat untuk mendiagnosa dan menyintesis struktur aliran.

Proses validasi hasil-hasil eksperimen, Kajian *computational fluid dynamics* disertakan dengan model *turbulen* dan properties yang tepat. Diharapkan studi

*Autodesk Inventor* dapat memprediksi pola aliran dengan tepat sesuai hasil eksperimen Berbagai pengujian telah dilakukan untuk membuktikan.

bahwa metode *computational fluid dynamics* bisa digunakan sebagai pendekatan dalam menyelesaikan masalah Melakukan pengujian secara numerik. Hasilnya ditemukan bahwa tingkat bilangan *Reynolds* tinggi memiliki pengaruh yang kecil terhadap hasil aliran yang terjadi di sekitar mobil. Investigasi stabilitas laju kendaraan dari sudut pandang karakteristik aliran *steady* dan *unsteady* seperti struktur *vortex* dan gerakannya di sekitar kendaraan dilakukan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertimbangan dari karakteristik *unsteady aerodynamic* berdasarkan struktur aliran di sekitar kendaraan adalah penting untuk mengevaluasi stabilitas kendaraan serta evaluasi konvensional berdasarkan *steady aerodynamics*. Secara numerik melakukan simulasi penelitian tentang pengoptimalisasian aerodinamika pada kendaraan sedan Diketahui bahwa untuk mengurangi Gaya hambat (*drag*) pada kendaraan ada dua cara yaitu mengurangi area dimana akan terjadi *flow separation* dan stagnasi aliran pada bagian kendaraan. Stagnasi biasanya terjadi pada bagian depan kendaraan (*front bonnet*). Area pada *front bonnet* terjadi stagnasi aliran, kemudian dilakukan pengurangan area stagnasi dengan melakukan variasi berupa *front bonnet duct*, dan berhasil mengurangi koefisien *drag* dari 0,39 menjadi 0,37. Melakukan penelitian tentang pengaruh perubahan sudut *diffuser* terhadap aerodinamika, bahwa didapatkan hasil dengan perubahan sudut *diffuser* berpengaruh besar pada bentuk aliran di bagian bawah dan belakang roda mobil.

Sudut *diffuser* yang semakin bertambah maka total koefisien *lift* akan semakin menurun, dan total koefisien *drag* akan naik dan menurun. Ada sudut *diffuser* yang tepat dimana total koefisien *drag* memiliki nilai minimum. Dalam studinya melakukan analisis pengaruh kemiringan kaca belakang mobil terhadap karakteristik aerodinamis mobil sedan, pada proses simulasi menentukan pengaruh variasi sudut kaca belakang mobil dengan koefisien tahanan. Dari hasil yang diperoleh bahwa semakin kecil pula koefisien tahanan nya. Jadi pengecilan sudut kaca belakang mobil sedan dapat berfungsi untuk mereduksi koefisien tahanan.

## **2.2 Perhitungan Gaya Tahanan (*Drag*), Gaya Angkat (*Lift*) dan Gaya samping (*side force*)**

Aliran yang terjadi di sekitar bodi kendaraan merupakan aliran yang kompleks, karena pada aliran ini terdapat interaksi nonlinear antara permukaan kendaraan dan aliran udara yang melewatinya. Kontur dari aliran udara di sekitar kendaraan dipengaruhi oleh permukaan kendaraan dan bilangan Reynolds Besar dari bilangan Reynolds sebuah kendaraan ditentukan dari kecepatan kendaraan, viskositas kinematika dan panjang dari kendaraan tersebut. Aliran udara yang berada di sekitar kendaraan akan membentuk lapis batas pada kecepatan tertentu. Sedangkan aliran yang berada di bagian luar dari lapis disebut *in viscid flow*. Udara di sekitar kendaraan akan menekan daerah lapis batas sehingga ketika di bagian akhir kendaraan akan terjadi separasi. Hal ini dikarenakan udara yang mencapai bagian belakang kendaraan tidak mampu mempertahankan kondisi lapis batas yang dimilikinya.

Kemudian separasi ini akan menyebabkan turbulensi dengan tekanan yang lebih rendah pada bagian belakang kendaraan atau bisa disebut dengan wake. Kondisi ini akan mengganggu kendaraan pada saat melaju karena menyebabkan terjadinya pressure drag. Gaya *drag* dapat diminimalisir agar tidak menghambat kendaraan pada saat melaju di jalan. Konsep di atas digunakan untuk mencari solusi terkait dengan pengurangan separasi aliran dan perbedaan tekanan yang terjadi karena kedua hal tersebutlah memiliki pengaruh signifikan terhadap Gaya hambat aerodinamika yang terjadi pada kendaraan.

## **2.3 Gaya Angkat (*Lift*)**

Gaya angkat merupakan Gaya yang disebabkan oleh efek *Bernoulli*, dimana udara yang bergerak semakin cepat maka tekanan yang timbul akan semakin mengecil. Artinya kecepatan udara pada permukaan bagian atas lebih cepat dari pada kecepatan udara pada permukaan bagian bawah pada air *foil*. Perbedaan tekanan pada permukaan dimana permukaan bagian atas memiliki tekanan yang lebih kecil dari

permukaan bagian bawah. Perbedaan tekanan inilah yang menyebabkan timbulnya Gaya angkat (*lift force*) pada airfoil yang bergerak.

$$F_L = \frac{1}{2} C_L \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot A_f$$

Dimana:

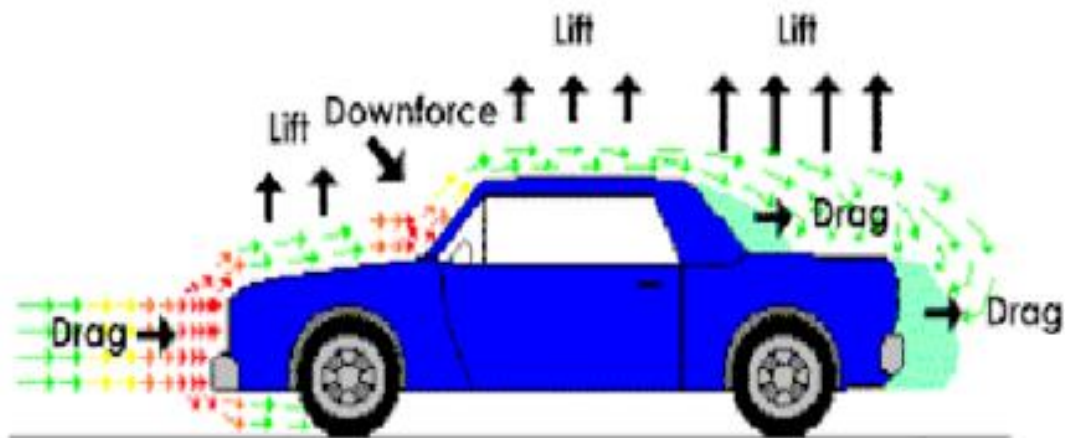
$F_L$ : Gaya angkat (Newton)

$C_L$ : Koefisien Lift

$\rho$ : Massa jenis udara ( $\text{kg/m}^3$ )

$V_f$ : Kecepatan relative antara kendaraan dengan udara ( $\text{m/s}^2$ )

$A_a$ : Luas frontal area (m)

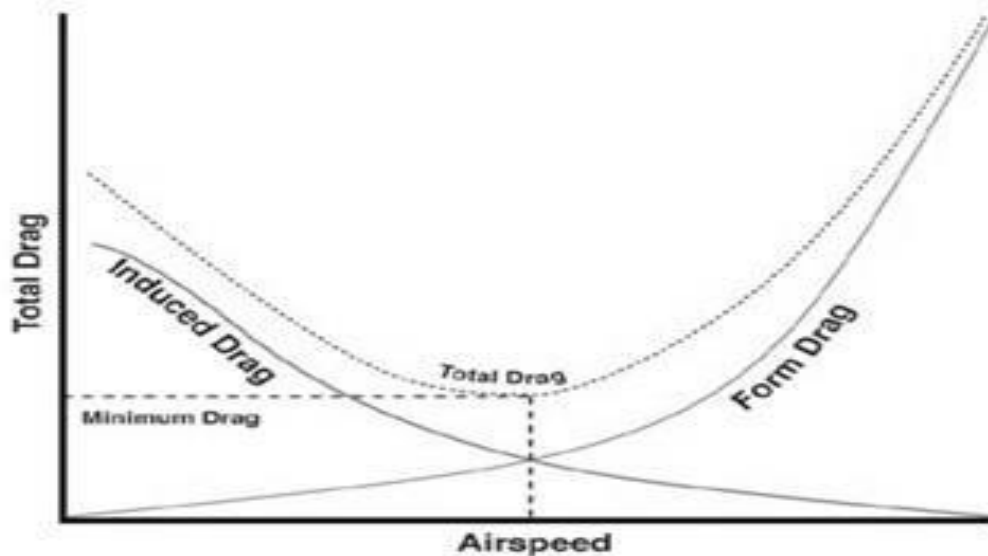


**Gambar 2.1** Gaya Angkat (*lift*)

#### 2.4 Gaya Hambat (*Drag*)

Gaya hambat (*drag*) adalah Gaya yang bekerja dalam arah horizontal dan berlawanan arah dengan arah gerak kendaraan performansi 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 *Skin friction drag* disebabkan oleh tegangan geser permukaan pada benda yang bersentuhan dengan fluida *Skin friction drag* atau Gaya hambat gesekan kulit, terjadi karena adanya gesekan *viscose* yang terjadi dalam lapisan batas atau *boundary layer*.

Kehalusan kulit atau permukaan akan berpengaruh besar pada tahanan ini. Sedangkan *frictions drag* diakibatkan oleh tekanan pada sebuah benda yang bergerak melewati fluida. Bentuk benda mempengaruhi *pressure drag* yang terjadi pada benda tersebut sehingga *forms drag* dapat disebut dengan *pressure drag*. *Pressure drag* dapat digunakan untuk mendefinisikan drag yang terjadi pada benda yang disebabkan oleh tahanan terhadap fluida.



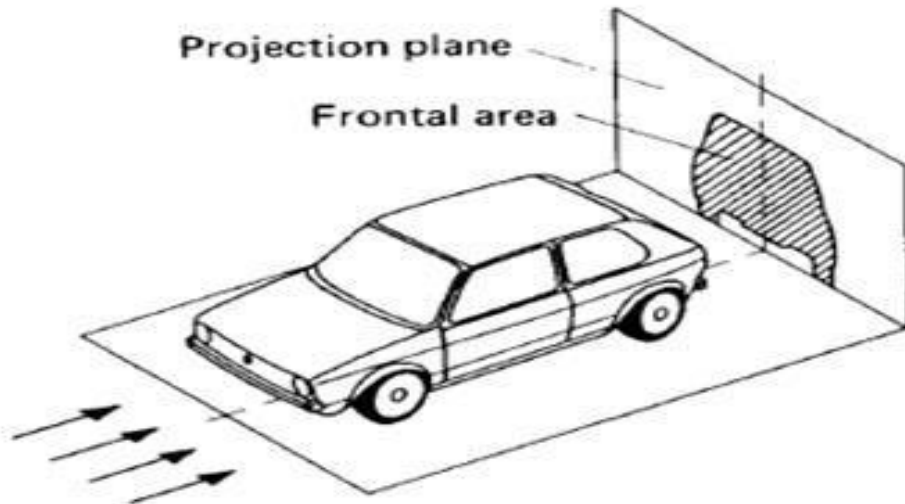
**Gambar 2.2** Pengaruh kecepatan terhadap total *drag* (ocw.mit.edu)

Hubungan antara total drag dan kecepatan Total drag yang dialami oleh kendaraan Akan menurun seiring dengan naiknya kecepatan udara hingga titik tertentu. Namun ketika kecepatan udara semakin tinggi maka total *drag* yang terjadi Akan bertambah karena *form drag* yang diakibatkan oleh bentuk kendaraan Bentuk dari kendaraan Akan menentukan nilai *coefficient drag* (CD) dimana semakin aerodinamis bentuk kendaraan maka nilai CD akan semakin kecil sehingga akan berpengaruh pada besar gaya hambat yang terjadi pada kendaraan yang semakin rendah. Besar dari Gaya hambat yang terjadi akan mempengaruhi jumlah konsumsi bahan bakar saat kendaraan dioperasikan, karena energi yang digunakan mesin untuk mendorong kendaraan dan melakukan akselerasi akan semakin kecil dengan



berkurangnya Gaya hambat yang bekerja pada kendaraan yang arahnya berlawanan dengan laju kendaraan.

Ini berarti semakin rendah nilai Gaya hambat maka nilai efisiensi bahan bakar akan meningkat karena tidak banyak energi yang dikeluarkan mesin untuk melawan gaya hambat sehingga energi yang dikeluarkan mesin digunakan untuk mendorong kendaraan dan akselerasi. *Drag* juga ditentukan oleh luas area (*frontal area*) dan bentuknya seperti pada Gambar 2.3 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.



**Gambar 2.3** *Frontal area* (Heisler, 2002)

Berikut adalah penulisan dari persamaan Gaya hambat:

$$F_D = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \rho \cdot V a^2 \cdot A_a$$

Dimana:

$F_D$ : Gaya hambat (Newton)

$C_D$ : Koefisien *drag*

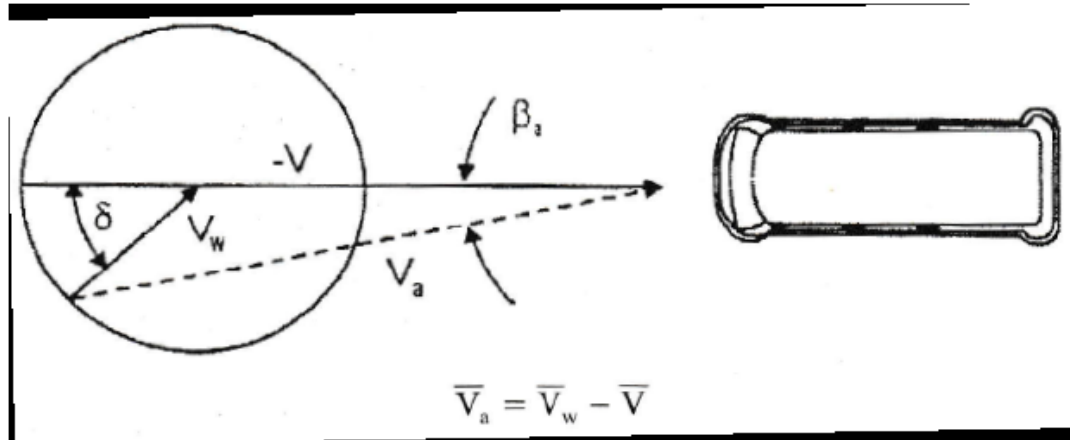
$\rho$ : Massa jenis udara ( $\text{kg/m}^3$ )

$V^2$ : Kecepatan relative antara kendaraan dengan udara ( $\text{m/s}^2$ )

$A_a$ : Luas *frontal area* (m)

## 2.5 Gaya samping (*side force*)

Biasanya Gaya samping terjadi karena arah datangnya angin tidak sejajar terhadap arah gerak mobil sehingga membentuk sudut tertentu ( $\delta$ ) terhadap lintasan kendaraan.



**Gambar 2.4** Sudut serang angin

Dengan demikian di hasil kan resultan kecepatan udara ( $V_a$ ) dari kecepatan kendaraan ( $V$ ) dan kecepatan angin ( $V_w$ ) dengan membentuk sudut tertentu ( $\beta_a$ ) terhadap lintasan kendaraan Gaya samping bekerja dalam arah horizontal dan transversal sehingga bersifat mendorong kendaraan ke samping Gaya samping juga terjadi pada saat kondisi kendaraan berbelok.

Titik kerja ketiga Gaya angin tersebut pada umumnya disebut *center of pressure* ( $C_p$ ) berada di luar titik pusat masa dari kendaraan ( $C_g$ ) Karena letak  $C_p$  dan  $C_g$  berbeda maka ketiga Gaya aerodinamik di atas dapat menimbulkan momen aerodinamis terhadap sumbu  $x$ ,  $y$ ,  $z$  yang berpusat pada  $C_g$  seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5.

$$F_s = \frac{1}{2} C_s \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot V_f$$

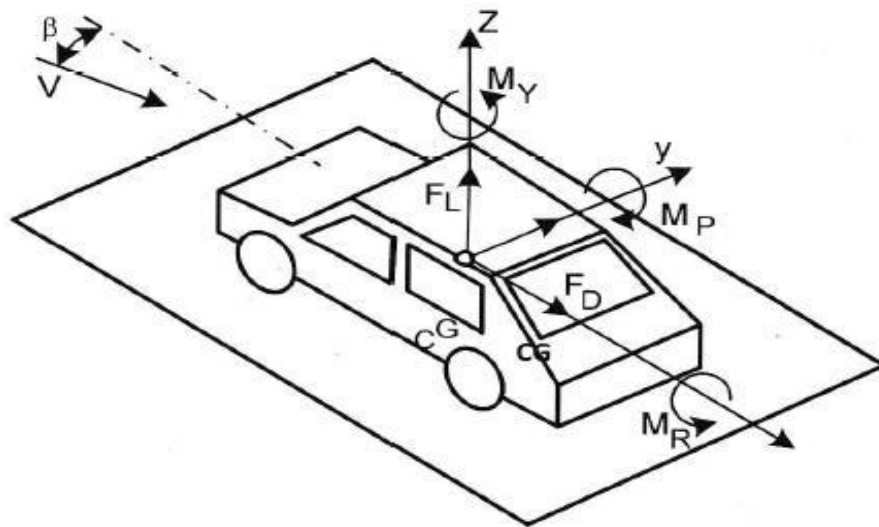
Dimana:

$C_s$  = koefisien Gaya samping

$V_f$  = luas frontal kendaraan (m<sup>2</sup>)

$\rho$  = density udara (kg/m<sup>3</sup>)

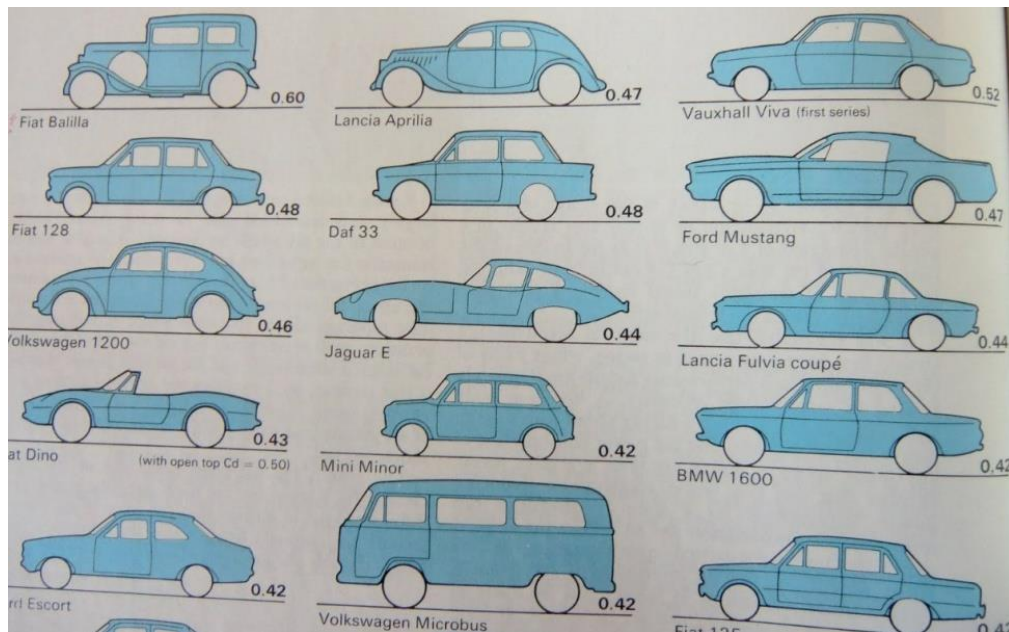
$V_a$  = kecepatan relatif angin terhadap kendaraan (m/dt)



**Gambar 2.5** Gaya dan momen aerodinamik pada kendaraan

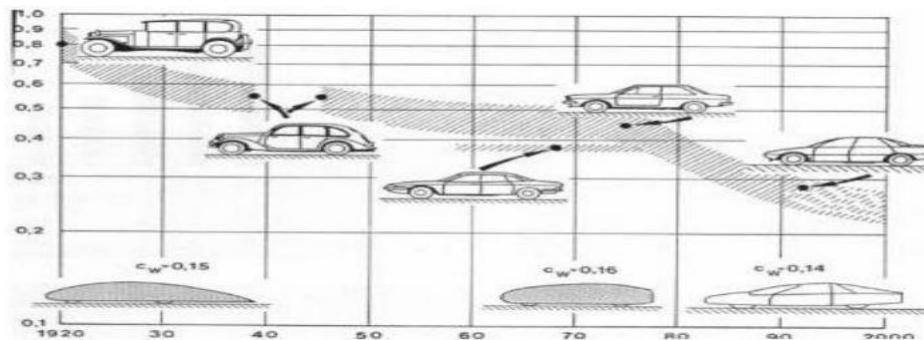
## 2.6 Pengaruh Bentuk Bodi

Masalah dalam bidang aerodinamika tidak dapat diselesaikan hanya dengan perhitungan analisis dan matematis saja tetapi harus menggunakan berbagai macam eksperimen untuk membantu menyelesaikan permasalahan dan menunjang teori dasar yang telah ada.



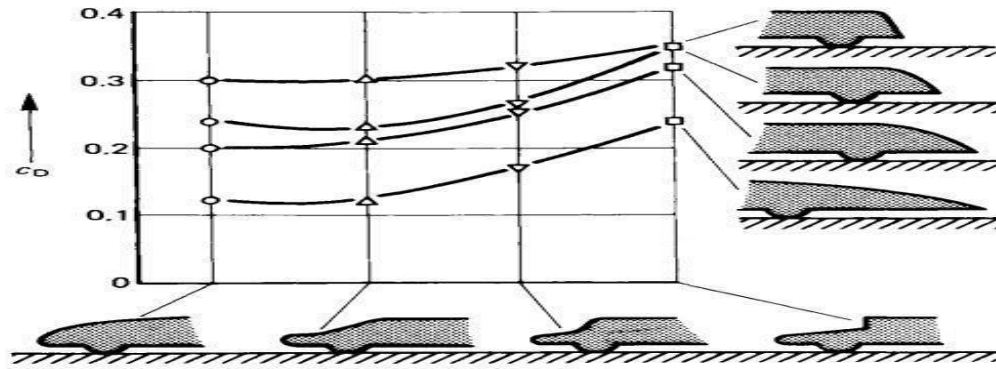
**Gambar 2.6** Bentuk bodi terhadap nilai Gaya Cd.

Analisis 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 2.6** 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 (CD) tanpa mengurangi keindahan dari kendaraan hal ini dilakukan untuk menunjang kinerja kendaraan ketika melaju di jalan dan melakukan efisiensi penggunaan bahan bakar.



**Gambar 2.7** Perkembangan bentuk bodi kendaraan dari tahun ke tahun dan pengaruhnya terhadap nilai Gaya hambat (Ali, et al, 2014).

### 2.6.1 Pengaruh Bentuk Bodi Depan dan Belakang terhadap Koefisien Hambat



**Gambar 2.8** Pengaruh bentuk bodi depan dan belakang terhadap nilai koefisien hambatan (Hucho, et al, 1990).

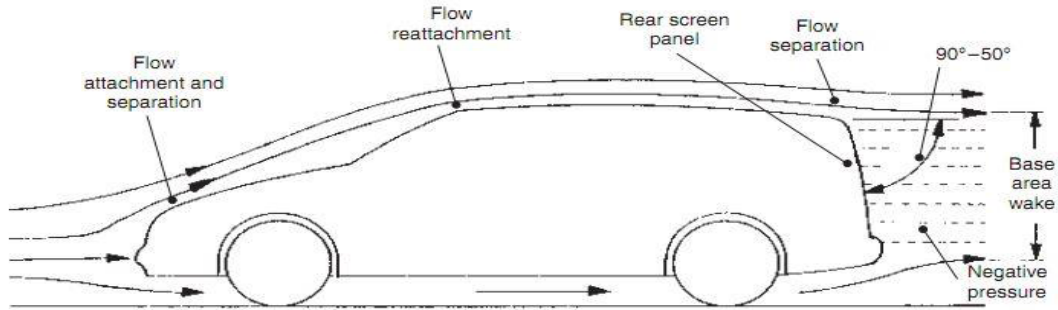
Penelitian mengenai pengaruh bentuk bodi bagian depan dan belakang telah dilakukan pada tahun 1930. Dari **gambar 2.8** dapat diketahui bahwa bentuk bodi bagian depan sangat berpengaruh terhadap nilai koefisien hambatan. Bentuk bodi depan yang memiliki bentuk yang tajam (*sharp edge*) memiliki koefisien hambatan yang besar di bandingkan kan dengan bentuk bodi yang halus (*smooth edge*), hal ini dikarenakan angin yang melewati bodi dengan bentuk *smooth edge* tidak akan mengalami separasi aliran sehingga angin akan tetap *attack* dan tidak terjadi turbulensi yang dapat meningkatkan nilai koefisien hambatan (Hucho, et al., 1990). Bentuk bodi belakang dengan bentuk tumpul (*blunt rear end*) memiliki nilai koefisien hambatan yang besar dibandingkan dengan bentuk bodi yang meruncing (*tapered rear end*). Namun pengaruh bentuk bodi bagian belakang terhadap penurunan nilai koefisien hambatan tidak terlalu signifikan seperti pengaruh bentuk bodi bagian depan.

### 2.6.2 Pengaruh Bentuk Bodi Mobil Bagian Belakang (*rear end*) terhadap Koefisien Hambatan.

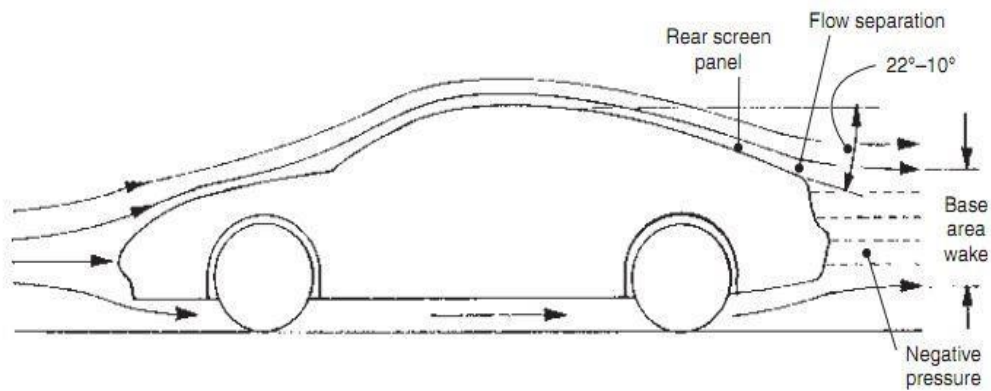
Bentuk bagian belakang kendaraan dibedakan menjadi 4 jenis yaitu *square back* (*van*) *fastback* *notchback* (*sedan*) dan *hatchback*. Separasi yang terjadi pada bentuk *square back* umumnya dimulai dari titik ujung belakang kendaraan pada

bentuk *fastback*, *notchback* dan *hatchback* titik separasi dimulai lebih bawah tergantung desain kemiringan kaca belakang.

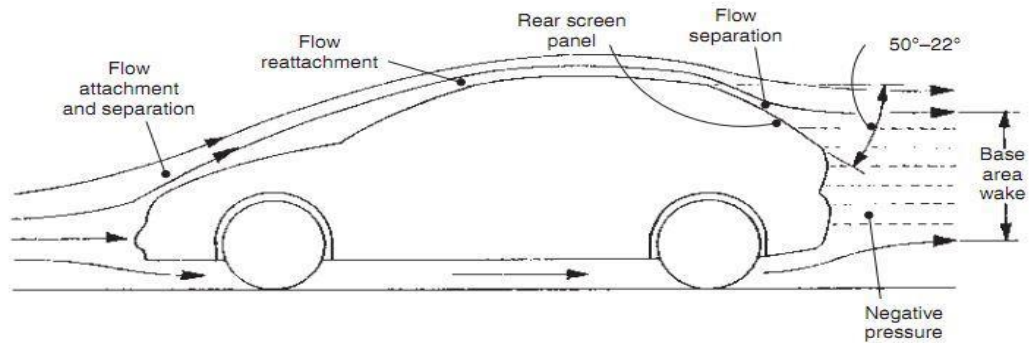
(a)



(b)



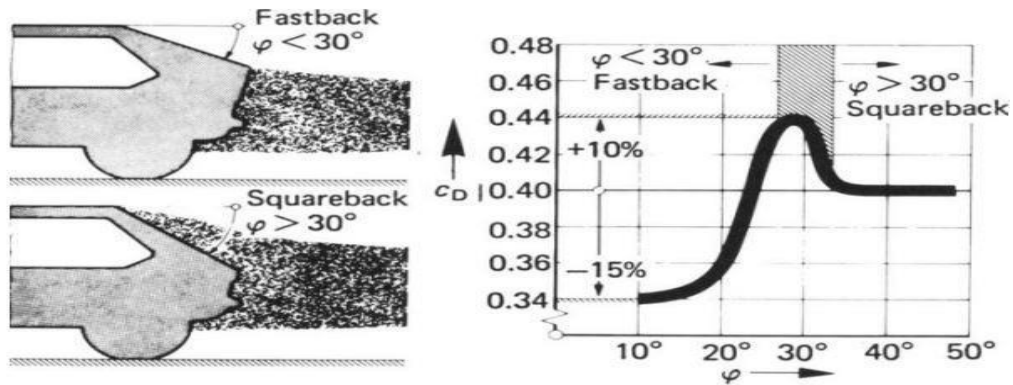
(c)



**Gambar 2.9** Rear end, (a) *Square back*, (b) *Fastback*, (c) *hatchback*

(Heisler, 2002)

Reduksi *drag* biasa dilakukan dengan menganalisa kemiringan bentuk bagian belakang. Kemiringan bentuk *square back* berbeda dengan bentuk *fastback*, dimana bentuk *square back* memiliki sudut kemiringan bagian belakang di atas 30 derajat atau mendekati 90 derajat, sedangkan bentuk *fastback* di bawah 30 derajat. Pada saat ini kendaraan dengan bentuk *fastback* sudah jarang diproduksi Pada *square back*, Akan terjadi *wake* yang lebih besar karena titik separasi dimulai dari titik ujung bagian belakang kendaraan, sedangkan pada kendaraan *fastback*, *hatchback* dan *notchback* *wake* yang terjadi lebih kecil nilai yang dihasilkan pada *square back* lebih tinggi dipengaruhi besarnya *wake*. Pada bentuk *fastback* besarnya drag pada kemiringan bagian belakang selain dipengaruhi besarnya *wake* juga dipengaruhi oleh besarnya aliran *vortex* yang terjadi pada bagian belakang kendaraan.



**Gambar 2.10** Pengaruh kemiringan bagian belakang terhadap koefisien *drag*  
(Hucho, et al, 1990)

Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 2.10** Pada bagian belakang yang mempunyai kemiringan antara 15 derajat sampai dengan 35 derajat memiliki besaran drag dan lift sangat bervariasi hal ini dikarenakan adanya pengaruh vortex yang cukup besar pada kemiringan tersebut.

## 2.7 Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga merupakan salah satu metode numeric yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan struktur, aliran fluida, thermal dan gelombang

elektro magnetik dalam metode elemen hingga permasalahan kompleks diselesaikan dengan metode pendekatan. Kemampuan dari metode yang fleksibel ini banyak digunakan untuk menganalisis permasalahan di bidang teknik.

Metode elemen hingga dimulai dengan membagi daerah menjadi elemen-elemen kecil yang disebut dengan cell dan digunakan sebagai pendekatan kondisi sebenarnya. Pendekatan ini mendefinisikan variable dari titik tertentu yang disebut sebagai *node*.

## **2.8 Autodesk Inventor**

*Autodesk Inventor* merupakan program yang dirancang khusus untuk keperluan bidang teknik seperti desain produk, desain mesin, desain mold, desain konstruksi, atau keperluan teknik lainnya. *Autodesk Inventor* adalah program pemodelan solid berbasis fitur parameter artinya semua objek dan hubungan antar geometri dapat dimodifikasi kembali meski geometri nya sudah jadi tanpa perlu mengulang lagi dari awal. Hal ini sangat memudahkan kita ketika sedang dalam proses desain suatu produk atau rancangan. Untuk membuat suatu model 3D yang solid atau pun *surface* kita harus membuat sketch-nya terlebih dahulu atau mengimpor gambar 2D dari *Autodesk Auto Cad*. Setelah gambar atau model 3D tersebut jadi kita dapat membuat gambar kerjanya menggunakan fasilitas *drawing*.

*Autodesk Inventor* juga mampu memberikan simulasi pergerakan dari produk yang kita desain serta mempunyai alat untuk menganalisis kekuatan. Alat ini cukup mudah digunakan dan dapat membantu kita untuk mengurangi kesalahan dalam membuat desain. Dengan demikian, selain biaya yang harus kita keluarkan akan berkurang, *time to market* dari benda yang kita desain pun dapat dipercepat karena kita sudah mensimulasikan terlebih dahulu bend yang kita desain di komputer sebelum masuk ke proses produksi.

Dalam *Autodesk inventor* terdapat pilihan template yang ingin kita guna kan. Masing– masing template mempunyai kegunaan dan fungsi sesuai pekerjaan yang kita ingin kan.



Berikut adalah penjelasan pada masing-masing template, yaitu:

1. *Sheet Metal. ipt*

Membuat bidang kerja baru untuk part atau komponen berjenis metal seperti benda-benda yang terbuat dari plat besi yang ditebuk-tekuk.

2. *Standard. dwg*

Membuat bidang kerja baru untuk gambar kerja.

3. *Standard. iam*

Membuat bidang kerja baru untuk gambar *assembly* yang terdiri atas beberapa *part* atau komponen.

4. *Standard. idw*

Membuat bidang kerja baru untuk gambar kerja atau 2D.

5. *Standard. ipn*

Membuat bidang kerja baru untuk animasi urutan perakitan dari gambar *assembly* yang telah dirakit Kita dapat memanfaatkan nya untuk membuat gambar *Explode View*.

6. *Standard.ipt*

Membuat bidang kerja baru untuk part atau komponen secara umum tanpa spesifikasi khusus seperti dalam pembuatan part pada *Sheet Metal*.

7. *Weldment.iam*

Membuat bidang kerja baru untuk *assembly* yang memiliki *tool* untuk teknik pengelasan.

## 2.9 ANSYS CFX 15.0

ANSYS CFX 15.0 adalah program komputer yang memodel kan aliran fluida dan perpindahan panas dalam geometri yang kompleks. ANSYS CFX 15.0 merupakan salah satu jenis program CFD yang menggunakan metode diskriminasi volume hingga. ANSYS CFX 15.0 memiliki *fleksibilitas mesh*, sehingga kasus-kasus aliran fluida yang memilki mesh tidak terstruktur akibat geometri benda yang rumit dapat diselesaikan dengan mudah.

Berikut ini merupakan langkah kerja dari ANSYS CFX 15.0 untuk melakukan simulasi:

1. Pembuatan model atau geometri awal
2. *Meshing* geometri
3. Penentuan formula untuk simulasi
4. Membuat *boundary condition*
5. Simulasi
6. *Post processor* untuk visualisasi hasil simulasi

### **2.9.1 Pre Processing**

Geometri awal dibuat melalui *rangkaian* pada desain *workbench* untuk acuan *meshing* pada langkah selanjutnya. Pada tugas akhir ini digunakan perangkat lunak *Autodesk inventor* untuk membuat geometri awal. Kemudian dari geometri awal, model diekspor untuk dilakukan penyederhanaan pada *design modeler*. Hal ini merupakan langkah penting untuk memberikan detail pada model.

Beberapa hal penting yang harus diperhatikan dalam pembuatan geometri awal:

1. Penentuan *boundary conditions* berupa *inlet*, *outlet*, *wall*, *symmetry* dan lain sebagainya.
2. Ukuran geometri harus diatur untuk mengurangi kesalahan yang terjadi maupun *reversible flow* yang dapat mengganggu iterasi.
3. Kontur geometri harus dibentuk dengan mempertimbangkan kemudahan saat *meshing* dilakukan pada model.
4. Model disederhanakan dengan cara merging maupun *projection* selanjutnya, geometri model harus dilakukan *meshing* terlebih dahulu menjadi bagian-bagian kecil (*cell zone*). Beberapa hal penting yang harus diperhatikan dalam pembuatan *meshing* adalah:
  1. Semakin besar jumlah *cell zone* maka hasil yang didapatkan akan lebih akurat.
  2. Penentuan jenis *meshing* baik itu Tri atau quad bergantung pada bentuk geometri.

3. Pembentukan *inflation* layer.
4. Penentuan named *selection* dari *boundary condition* hal ini untuk memudahkan *solver* dan *post processing* nantinya.

### 2.9.2 Simulasi dan *Post processor*

Berikut merupakan interface yang disediakan oleh ANSYS CFX 15.0

#### 1. *Orthogonal Quality check up*

Digunakan untuk menunjukkan kualitas dari *meshing* telah memiliki *orthogonalitas* yang cukup baik sehingga simulasi memiliki nilai akurasi dan presisi yang tinggi.

#### 2. *Mesh volume dan geometri check-up*

*Mesh* diharapkan tidak memiliki nilai *volumetric* yang negatif karena akan menimbulkan *error* selama proses iterasi. Nilai negatif menandakan bahwa terdapat *node* atau *face* dari *mesh* yang mengalami *skewers*.

#### 3. Menetapkan formula dari simulasi

Terdapat beberapa jenis formulasi aliran fluida yang dapat digunakan Sesuai dengan kasus yang diteliti maka penggunaan formulasi yang tepat diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih akurat.

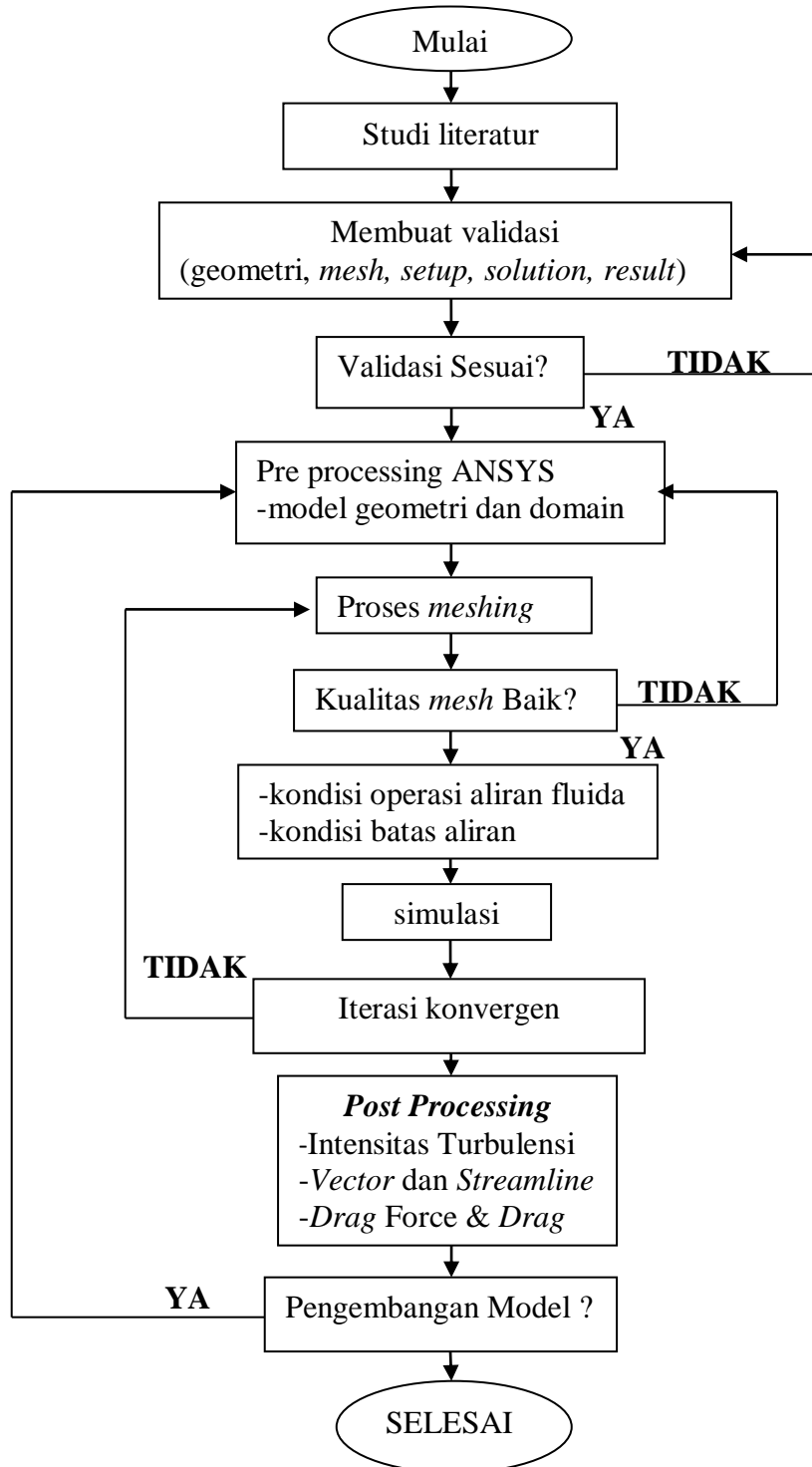
### 2.10 Pengujian Aerodinamika

Kompleksitas yang tercakup dalam desain mobil karena adanya sejumlah besar aksesoris dan perangkat yang membentuk geometri nya mendorong kajian yang intensif secara komputasi dalam memodifikasi medan aliran, sebelum dilakukan pengujian secara eksperimental. (Hinterberger, et.al, 2004; Fares, 2006), menggunakan model Ahmed sebagai referensi model paling umum untuk mobil berjenis *bluff body* karena bentuknya yang cukup sederhana namun diyakini dapat mencapai tingkat akurasi yang memadai pada simulasi aliran dengan mempertahankan fitur yang relevan, penting dan praktis dari bodi mobil tersebut. Model ahmed adalah *geometris body* sederhana yang mempertahankan fitur aliran,

khususnya *vortex wake flow* dimana sebagian besar dari *drag* terkonsentrasi dan merupakan parameter yang baik digunakan sebagai acuan tes (*test reference*) (Ahmed, et al., 1984).

**BAB III**  
**METODOLOGI PENELITIAN**

**3.1. Diagram Alir Penelitian**



**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian

Penjelasan alur dari simulasi penelitian Gambar 3.1 adalah sebagai berikut:

### **1. Mengumpulkan dan mempelajari literatur.**

Mengumpulkan dan mempelajari dari berbagai jurnal penelitian yang sudah ada tentang aerodinamika dan pengurangan Gaya *drag* dengan cara memodifikasi bodi mobil Selanjut nya mempelajari simulasi inventor menggunakan ANSYS CFX 15.0.

### **2. Membuat model 3D CAD bodi Gokart.**

Membuat model bodi yang sudah di sederhanakan menggunakan *inventor*.

### **3. Pembuatan geometri dan domain**

Membuat pemodelan kendaraan dengan menggunakan *inventor* dengan merujuk pada model dua dimensi yang sudah dibuat dengan ukuran keseluruhan panjang 2600 mm, dan tinggi 1000 mm. Model ini mengalami penyederhanaan pada pembuatannya agar memudahkan proses *meshing* dalam simulasi Penyederhanaan ini menyangkut pembuatan roda kehalusan permukaan dan aksesoris.

### **4. Meshing**

Proses *meshing* adalah suatu proses penyatuan segmen-segmen gambar sehingga seluruh bagian gambar dapat dilakukan simulasi. Proses *meshing* apabila berhasil dapat dilanjutkan ke proses simulasi, tetapi apabila gagal harus mengulang atau memperbaiki desain Kualitas *meshing* dilihat dari *metric skewers* dan untuk mendapatkan hasil yang akurat.

### **5. Penentuan kondisi batas**

Dalam kasus ini, simulasi analisis aerodinamika dilakukan pada kondisi aliran eksternal sehingga karakteristik aerodinamika akan dipengaruhi oleh udara dari lingkungan luar dengan nilai tekanan atmosfer sebesar 1 atm. Kondisi batas juga ditentukan pada bagian *inlet*, *outlet* dan dinding model. Pada bagian *inlet*,

intensitas turbulensi diatur sebesar 0,5%. Kemudian untuk proses iterasi, kriteria *converge* dibuat sesuai dengan kriteria *default* dari ANSYS CFX 15.0 sebesar residual  $1 \times 10^{-4}$ . Jika hasil iterasi berada di atas nilai tersebut, berarti proses iterasi belum *konvergen* dan harus diulang kembali.

## **6. Post processing**

Menganalisis koefisien *drag* dari mobil gokar dan kemudian hasil akhir dari simulasi ini adalah diketahuinya nilai koefisien *drag* dari setiap konfigurasi yang dilakukan.

## **3.2. Waktu dan Tempat Penelitian**

Perancangan dan Pembuatan ini dilakukan dalam waktu 3 bulan dimulai dari bulan Agustus 2018 sampai bulan Oktober 2018 dan pekerjaannya dilaksanakan di Labor teknik Mesin Universitas Pasir Pengaraian.

## **3.3. Alat dan Bahan**

### **3.3.1 Alat**

Adapun alat yang dibutuhkan dalam pengerjaan pembuatan bodi Gokart ini adalah :

1. Leptop
2. Rol meter
3. Mistar baja
4. Mesin gerinda potong duduk
5. Mesin gerinda tangan
6. Mesin las
7. Mesin bor
8. Pisau karter
9. Ripet

### **3.3.2 Bahan**

Adapun bahan yang dibutuhkan dalam pengerjaan pembuatan bodi Gokart ini adalah :

1. Besi plat strip
2. Kanopi
3. Kaca akrilik
4. Paku ripet
5. Dempul
6. Cat
7. Tiner
8. Kunci pintu
9. Kertas Penghalus

### **3.4. Langkah Pengerjaan**

#### **3.4.1. Langkah Perancangan**

1. Perancangan rangka dengan besi plat strip

Dalam merancang bentuk rangka bodi Gokart ini, dilakukan beberapa pertimbangan *design* dan analisis perhitungan, dimana hal ini bertujuan untuk menghasilkan rangka yang kecil, sehingga memperoleh Gaya seaerodinamis mungkin pada bodi.

2. Perancangan rangka kaca bagian depan.
3. Perancangan rangka kaca bagian belakang.
4. Perancangan Rangka bagian atas.
5. Perancangan rangka bagian kiri dan kanan.
6. Pemotongan kanopi untuk rangka.

#### **3.4.2. Langkah Pembuatan**

Pada proses pembuatan bodi Gokart diperlukan beberapa proses yang harus di ikuti agar pembuatan tersebut baik dan sesuai perencanaan. Prosedur tersebut meliputi serangkaian langkah-langkah pengerjaan komponen serta perakitan komponen menjadi satu kesatuan Berikut adalah prosedur proses pembuatan.

1. Bahan Yang Digunakan

Persiapan bahan yang digunakan untuk membuat bodi Gokart yaitu:



- Besi plat strip dengan ukuran 2cm x 1.5m dengan tebal 2.5mm yang digunakan sebagai rangka utama bodi Gokart.
- Atap kanopi dengan ukuran 2m x 5m dengan tebal 5mm yang nantinya digunakan sebagai *casing* bodi Gokart.
- Kaca akrilik 2m x 5m dengan ketebalan 2mm yang akan digunakan sebagai kaca depan, kaca belakang, kaca pintu kiri dan kaca pintu kanan.
- Paku rivet dengan ukuran 2mm yang akan digunakan sebagai perekat atap kanopi pada rangka yang terbuat dari besi plat strip dan perekat kaca akrilik.
- Dempul yang Akan digunakan untuk menutupi rongga antara potongan kanopi.
- Kertas pasir/amplas yang akan digunakan sebagai penghalus permukaan atap kanopi.
- Cat dan tiner yaitu digunakan untuk mengecat bodi Gokart.

## 2. Peralatan Yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam proses pembuatan bodi ini adalah:

- Rol meter digunakan untuk proses pengukuran pada material yang cukup panjang.
- Mistar baja digunakan untuk mengukur material yang tidak terlalu panjang, yaitu pengukuran sekitar 60cm.
- Mesin gerinda potong duduk digunakan sebagai alat pemotong besi plat strip sebelum besi di rangkai atau di las membentuk rangka.
- Mesin las *SMAW (Shielded Meta ArcWelding)* digunakan untuk proses penyambungan besi plat strip dengan besi plat strip lain nya sehingga membentuk rangka.
- Mesin gerinda potong tangan digunakan untuk proses pemotongan atau merapikan beberapa besi yang tersisa setelah dilas.
- Mesin bor tangan digunakan untuk proses pembuatan lobang paku rivet pada besi plat strip dan kanopi.
- Rivet digunakan untuk menyatukan kanopi dengan besi plat strip.
- Pisau carter, digunakan untuk pemotong kanopi sesuai bentuk-bentuk.

### 3.4.3. Proses perakitan

Proses perakitan bodi Gokart ini merupakan proses penggabungan bagian-bagian dari komponen-komponen material yang sesuai dan benar sehingga menghasilkan satu kesatuan dari bodi tersebut sesuai dengan fungsi masing-masing. Dalam proses perakitan perlu memperhatikan bagian-bagian dari komponen tersebut seperti ukuran, letak, toleransi, dan kesesuaian sistem.

Dalam proses perakitan terkadang memerlukan peralatan bantu untuk memudahkan kerja dan menjaga kondisi komponen baik dalam setiap pemasangannya. Adapun hal-hal yang harus diperhatikan dalam proses perakitan bodi Gokart adalah:

Yang pertama harus kita lakukan adalah membentuk rangka terlebih dahulu dengan besi *hollow*, Setelah tulang rangka terpasang semua barulah kita bias memang rangka dengan bahan besi plat strip, setelah semua rangka plat strip terpasang kita masuk ke bagian pengeboran untuk paku rivet, setelah semua rangka siap di bor maka kita akan memasang *polycarbonate* atau menempel kan polycarbonate pada rangka bodi dengan paku rivet.

Setelah semua *polycarbonate* terpasang pada rangka maka masuk tahap pembuatan pintu kiri dan tutup mesin belakang, Tahap selanjut nya pemasangan kaca akrilik pada bagian depan mobil, tutup mesin belakang dan pintu, Maka dengan begitu semua komponen telah siap dipasang maka masuk pada tahap terakhir ialah *finishing*, Dimana *finishing* ini iya lah dengan mendempul semua bagian yang berongga atau pada sambungan *polycarbonate* Setelah semua siap didempul maka tahap selanjutnya meng halus kan permukaan yang kasar dan mendatarkan dempul yang tidak rata, setelah semua siap diampelas maka selanjut nya dilakukan pengecatan supaya terlihat lebih rapi.

## 3.5 Langkah-langkah menganalisis dengan menggunakan ANSYS 15.0

### 3.5.1. Geometry dan Mesh

1. Evaporator di desain terlebih dahulu Desain dapat di laku kan dengan menggunakan aplikasi seperti AutoCAD, Catia, *Solid Works* serta pada *Geometry* ANSYS itu sendiri dalam hal ini aplikasi yang digunakan adalah *Autodesk inventor* yang kemudian di- import ke dalam *Geometry* ANSYS 15.0.

2. Dari perintah “File”>“*Import External Geometry File*”, Pilih file yang ingin di-import kemudian pilih “*Open*”.
3. Setelah File *Autodesk inventor* “*Import1*” muncul pilih *Import 1* kemudian dengan perintah “*Generate*” untuk menampilkan *geometry evaporator*.
4. Setelah *geometry* muncul maka secara otomatis ANSYS akan membaca berapa part yang kita buat Pada “*Details View*”> “*Fluid* atau *Solid*” kita dapat mengubah material art tersebut menjadi *solid* ataupun *fluid*.
5. Setelah selesai kita dapat menutup *geometry* lalu klik kanan mouse pilih “*Update*” untuk melanjutkan dan mengupdate data dari *geometry* ke *mesh* Ini berlaku pada lainnya seperti *mesh*, *setup*, *solution* dan *result* hal ini kita lakukan setiap kita selesai mengatur dan memasukkan data yang kita inginkan.
7. Kemudian buka *mesh* untuk melakukan *meshing*. Pada *Mesh* hal Pertama yang kita lakukan adalah memberi batasan atau yang kita kenal “*Boundary Condition*” dengan memilih bagian mana yang ingin kita batasi kemudian klik kanan *mouse* pilih “*Create Named Selection*”.
8. *Meshing* pada ANSYS dalam hal ini mengikuti *meshing* yang telah di kerjakan secara otomatis oleh ANSYS. Untuk kualitas *meshing* dapat diatur sesuai dengan yang kita inginkan Untuk selanjut nya penjelasan mengenai pengaturan *meshing* dapat dipelajari pada tutorial ANSYS.

### **3.5.2. Setup dan Solution**

#### **1. Evaporator**

Kemudian dianalisis dengan di dalam *FLUENT* Buka *fluent* kemudian centang “*Double Precision* ”dan pilih “*Open*”.

#### **2. General**

- *Check mesh* “*General*”> “*Check*”

- Report quality. “General”>“Report Quality”
- Aktifkan *transient* untuk waktu “General”>“Time”
- Aktifkan gravitasi, kemudian isi-9.81 pada koordinat “Y”.

### 3. Models

- Analisis perubahan fasa. “Models” “Multiphase” “Edit”
- Pilih *Mixture* pada daftar Model.
- Aktifkan *Implicit Body Force* pada daftar *Body Force Formulation*.
- Pilih Ok untuk menutup kotak jendela *Multiphase Model*.
- Aktifkan *energy equation*.
- “Models” “Energy” “Edit”
- Aktifkan *viscous*
- “Models” “viscous” “Edit”
- Pilih *k-epsilon (2 end)*.
- Pilih Ok untuk menutup kotak jendela *Viscous Model*

### 4. Materials

- Copy *water*
- *liquid (h2o<1>)* dari data base.
- Pilih *FLUENT Database* untuk membuka kotak jendela *FLUENT Data base Materials*.
- Pilih *water- liquid (h2o<1>)* dari *FLUENT Database Materials*.
- Klik *Copy* dan tutup kotak jendela *FLUENT Database Materials*.
- Ganti nama dan formula kimia material sesuai fluida kerja
- Masukkan .....kg/m<sup>3</sup> untuk *Density*.
- Masukkan .....j/kg-K untuk *Specific Heat*.
- Masukkan .....w/m-K untuk *Thermal Conductivity*.
- Masukkan .....kg/m-s untuk *Viscosity*.
- Masukkan .... untuk *Molecular Weight*.
- Masukkan ....kg mol untuk *Standard State Enthalpy*.
- Masukkan .... untuk *Reference Temperature*.

- Pilih *Change* atau *Create* dan tutup kotak *Create* atau *Edit Materials*.
- *Copy water- vapor (h2o)* dari database.
  - a. Pilih "*FLUENT Database*" untuk membuka kotak jendela *FLUENT Database Materials*.
    - i. Pilih *water- vapor (h2o)* dari *FLUENT Database Materials*.
    - ii. Klik *Copy* dan tutup kotak jendela *FLUENT Database Materials*.
  - b. Pilih *Change* atau *Create* dan tutup kotak jendela *Create* atau *Edit Materials*.
- *Copy steel* dari *database*.
- Pilih *FLUENT Database* untuk membuka kotak jendela *FLUENT Database Materials*.
- Pada daftar "*Material Type*" pilih *solid*.
- Pilih *Steel* dari *FLUENT Database Materials*.
- Klik *Copy* dan tutup kotak jendela *FLUENT Database Materials*.
- Ganti nama material.
- Masukkan 8060kg/m<sup>3</sup> untuk *Density*.
- Masukkan 530j/kg -K untuk *Specific Heat*.
- Masukkan 17 w/m- K untuk *Thermal Conductivity*.
- Pilih *Change* atau *Create* tanda tutup kotak jendela *Create* atau *Edit Materials*

#### 5. *Phases*

- Pilih *primary phase*
- *Phase*> "*phase-2*"> "*Edit*"
  - a. Pilih *brine* dari daftar *Phase Material*.
  - b. Pilih *ok* untuk menutup kotak jendela *Primary Phase*.
- Pilih *secondary phase*
  - "*Phase*"> "*phase-1*"> "*Edit*"
    - a. Pilih *water-vapor* dari daftar *Phase Material*.
    - b. Pilih *ok* untuk menutup kotak jendela *Primary Phase*.

#### 6. Pilih *Evaporation*

- *Condensation Model* "*Phase*"> "*Interaction*"

- a. Klik *Mass* tab
- b. Pilih *phase- 1* dari daftar *From Phase*.
- c. Pilih *phase- 2* dari daftar *To Phase*.
- d. Pilih *evaporation- Condensation* dari daftar *Mechanism* dan klik “Edit” untuk membuka kotak jendela *Evaporation- Condensation*. 320,2271 K
- e. Klik ok untuk menutup kotak jendela *Evaporation Condensation*.
- f. Klik ok untuk menutup kotak jendela *Phase Interaction*.

7. *Cell Zone Conditions* Karena sumber panas berasal dari pemanas yaitu 373.15 maka:

“*Cell Zone Conditions*”> “*heater*” “Edit”

8. *Boundary Conditions* Atur *boundary conditions* untuk *pressure outlet*.

“*Boundary Condition*” “*press-out*”

9. *Solution Method* Atur parameter pada *Solution Method*.

10. *Solution Controls*

1. Masukkan 0.5 untuk *Pressure*.
2. Masukkan 0.2 untuk *Momentum*.
3. Masukkan 0.5

11. untuk *Volume Fraction*.

*Solution Initialization* Memulai iterasi dengan Menggunakan *Hybrid Initialization*.

Lalu tandai bagian fluida dari “*Patch*” Bagian yang memiliki cairan seperti *brine* pada kolom “*Zones to Patch*” lalu pilih *liquid* pada kolom “*Phase*” kemudian klik *Volume Fraction* pada kolom “*Variable*” dan isi nilai 1 pada *Value*. Dan pastikan pada *area vapor* tidak terdapat cairan Dengan cara yang sama.

*b. Run Calculation*

Tahap akhir jalankan kalkulasi data dengan variasi waktu yang kita inginkan.

### 3.6 Rekapitulasi Anggaran Biaya

**Tabel 3.1 Rekapitulasi Biaya:**

No	Nama Bahan	Spesifikasi	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Besi plat strip		6 Batang	10.000	60.000
2	Atap kanopi		5 meter	70.000	350.000
3	Kaca akrilik		2 meter	96.000	192.000
4	Elektroda		3 kotak	75.000	225.000
5	Mata gerinda potong		4 Buah	30.000	120.000
6	Mata gerinda amplas		1 Buah	20,000	20.000
7	Paku rivet		1 kotak	65,000	65.000
8	Cat		4 kaleng	50.000	200.000
9	Tiner		2 kaleng	65.000	130.000
10	Baut dan Mur		8 pcs	5000	40.000
14	Biaya lain-lain				500.000
<b>Jumlah Total</b>					<b>Rp. 2.200.000</b>