

**ANALISA GEOMETRI BODI MOBIL DAN AERODINAMIS
MATERIAL BERBAHAN DASAR SERAT FIBER**

SKRIPSI

OLEH :

**Yudha Hafitsah
118130046**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2016**

**ANALISA GEOMETRI BODI MOBIL DAN AERODINAMIS
MATERIAL BERBAHAN DASAR SERAT FIBER**

TUGAS AKHIR

O
L
E
H

YUDHA HAFITSAH
NIM : 11.813.0046

Disetujui :

Pembimbing I,



(Dr.Ir Suditama MT)

Pembimbing II,



(Ir.Amrinsyah, MM)

Disetujui :



(Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng.Sc.)



(Bobby Umroh ST, MT)

**ANALISA GEOMETRI BODI MOBIL DAN AERODINAMIS
MATERIAL BERBAHAN DASAR SERAT FIBER**

TUGAS AKHIR

O
L
E
H

YUDHA HAFITSAH
NIM : 11.813.0046

Mengetahui :

Pembimbing I,



(Dr.Ir Suditama MT)

Pembimbing II,



(Ir.Amrinsyah, MM)

Mengetahui :



(Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng.Sc.)



(Bobby Umroh ST, MT)

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang saya buat ini ialah sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana dan merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini saya kutip dari hasil karya orang lain dan telah di tulis sumber secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi-sanksi yang berlaku apabila dikemudian hari ditemukan unsur-unsur plagiat maupun kesalahan dalam penyusunan skripsi ini.



Medan, 05 Desember 2016

Yudha Hafitas
11 813 0046

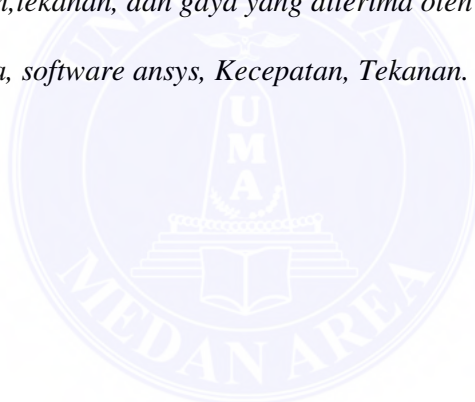


ABSTRAK

ANALISA GEOMETRI BODI MOBIL DAN AERODINAMIS MATERIAL BERBAHAN DASAR SERAT FIBER

Karakteristik aerodinamika merupakan suatu hal yang sangat penting dalam bidang ilmu aplikasi aerodinamika yang ditujukan untuk mendapatkan performansi maksimum dari suatu bentuk benda. Analisis karakteristik aerodinamika ini dilakukan pada mobil berbahan dasar serat fiber digunakan pada bodi mobil dengan volume mesin 125 cc. Dalam penelitian ini, analisa karakteristik aerodinamika dilakukan dengan mengkaji pendistribusian aliran fluida di sepanjang kontur airfoil pada bodi mobil untuk mendapatkan distribusi kecepatan, tekanan dan gaya-gaya yang terjadi disekitar airfoil. Analisis dilakukan dengan cara mensimulasikan aliran fluida yang mengalir pada airfoil bodi mobil berserat fiber dengan menggunakan software ansys. Tujuan dari analisa dan simulasi ini adalah untuk mengetahui berapa besar sudut serang yang diterima bodi mobil maksimal. Metode yang digunakan adalah metode analisis simulasi. Simulasi dilakukan dengan menggunakan software ansys dan kemudian memvariasikan sudut datang, sehingga didapatkan hubungan antara sudut datang terhadap kecepatan, tekanan, dan gaya yang diterima oleh bodi mobil.

Kata kunci : Aerodinamika, software ansys, Kecepatan, Tekanan.



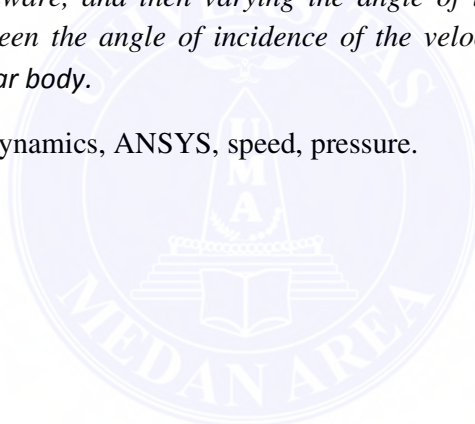
ABSTRACT

ANALYSIS OF CAR BODY GEOMETRY AND AERODYNAMICS OF THE MATERIAL MADE FROM FIBER

Aerodynamic characteristics is a very important thing in the field of aerodynamics application intended to get the maximum performance out of a form object. Analysis was conducted on the aerodynamic characteristics of the car-based fibers used in car body with a volume of 125 cc engine. In this study, analysis of the aerodynamic characteristics is done by assessing the distribution of fluid flow along the airfoil contour of the car body to get the velocity distribution, pressure and forces that occur around the airfoil.

The analysis is done by simulating fluid flow flowing on the vehicle body airfoil fibrous fiber by using software ansys. Tujuan of analysis and simulation is to determine how much the angle of attack received the maximum car body. The method used is the method of simulation analysis. Simulations carried out by using ANSYS software, and then varying the angle of incidence, so we get the relationship between the angle of incidence of the velocity, pressure, and force Received by the car body.

Keywords: Aerodynamics, ANSYS, speed, pressure.



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah , puji syukur kehadiran ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, yang telah memberikan kekuatan, kesempatan serta kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini dengan baik.

Tugas sarjana ini adalah salah satu syarat mutlak yang harus penulis selesaikan untuk mendapat gelar sarjana pada fakultas teknik mesin. Judul tugas sarjana yang penulis angkat adalah “ANALISA GEOMETRI BODI MOBIL DAN AERODINAMIS MATERIAL BERBAHAN DASAR SERAT FIBER”.

Upaya yang dilakukan didalam melakukan tugas sarjana ini, penulis telah berusaha semaksimal mungkin untuk mendapatkan hasil yang sebaik-bainknya, namun penulis menyadari bahwa tugas sarjana ini masih jauh dari tingkat kesempurnaan. Oleh sebab itu dengan penuh kerendahan hati penulis mengharapakan kritik dan saran yang membangun demi kebaikan tugas sarjana ini.

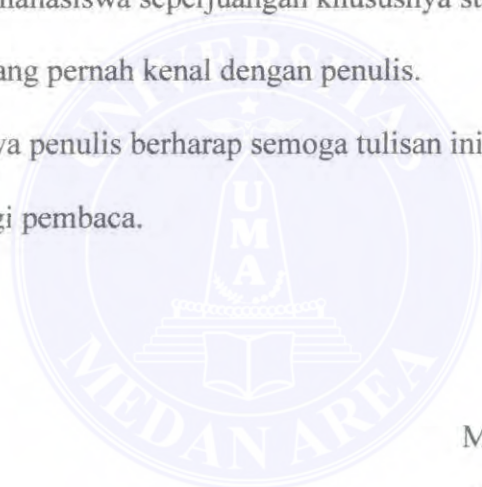
Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah mendorong dan membimbing penulis , baik tenaga, ide-ide, maupun pemikiran. Oleh sebab karena itu dalam hal ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayah dan ibu selaku orang tua tercinta. Atas dukungan ,doa,motivasi, kasih sayang, dan atas segala pengorbanan yang diberikan baik berupa

moril maupun materil. Semoga allah menerima amal ibadahnya dan dijauhkan dari azabNYA.

2. Bapak Prof Dr.Dadan Ramdan,M.Eng.sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Bobby Umroh ST.MT Selaku kepala jurusan Teknik Mesin.
4. Bapak Dr.Ir.Suditama MT selaku pembimbing I dalam penulisan tugas akhir ini.
5. Bapak Ir.Amrinsyah,MM selaku pembimbing II dalam penulisan tugas akhir ini.
6. Teman-teman mahasiswa seperjuangan khususnya stambuk 11 dan seluruh teman teman yang pernah kenal dengan penulis.

Akhirnya penulis berharap semoga tulisan ini bermanfaat bagi penulis dan bagi pembaca.



Medan.September 2016

YUDHA HAFITSAH

Nim : 118130046

DAFTAR ISI

HALAMAN

ABSTRAK	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
RIWAYAT HIDUP	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GRAFIK.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR NOTASI.....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II. LANDASAN TEORI	
2.1 Aliran pada bodi	7
2.1.1 Geometri benda	7
2.1.2 Perhitungan Gaya Tahanan (<i>Drag</i>) dan Gaya Angkat (<i>Lift</i>)...8	

2.1.3 Jenis Tahanan	12
2.1.4 Lapisan Batas	14
2.1.5 Fenomena Aerodinamis mobil	19

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan	22
3.2.1 Alat	22
3.2.2 Bahan	22
3.3 Pembuatan Model	22
3.3.1 Computational Domain	22
3.3.2 Meshing	24
3.3.3 Kondisi Batas (Boundary Conditions)	24
3.3.4 Skema Numerik	25
3.3.5 Metode Solusis Segregated	26
3.3.6 Metode Solusi Coupled	27

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembahasan Simulasi	29
4.2 Hasil Pemodelan	30
4.3 Pembahasan	33

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran.....	40

DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN.....	44



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal pelaksanaan penelitian	23
Tabel 4.4 Kecepatan terhadap waktu	36



DAFTAR GRAFIK

4.14 Grafik Kecepatan Terhadap Waktu	37
--	----



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Benda tiga dimensi	7
Gambar 2.2 Distribusi tekanan dan tegangan geser pada suatu <i>airfoil</i>	8
Gambar 2.3 Geometri elemen gaya pada <i>airfoil</i>	9
Gambar 2.4 Definisi luas planform dan luas frontal	11
Gambar 2.5 Tahanan permukaan pada plat datar	13
Gambar 2.6 Tahanan bentuk pada <i>bluff bodies</i>	14
Gambar 2.7 Lapisan batas viskos tipis pada suatu benda tipis	15
Gambar 2.8 Lapisan batas pada suatu pelat datar	16
Gambar 2.9 Variasi daya beban jalan terhadap komponen kecepatan	18
Gambar 2.10 Contoh pola garis arus (<i>streamline</i>) pada model mobil	19
Gambar 3.1 Model bodi mobil	23
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian	25
Gambar 4.1 Kotak wedeframe	30
Gambar 4.2 Proses gambar setelah di mesh.....	30
Gambar 4.4 Pengaturan besaran kecepatan udara	31
Gambar 4.5 Persen perhitungan	31
Gambar 4.6 Grafik proses perhitungan	32
Gambar 4.7 Grafik hasil iterasi untuk kecepatan 120 m/s	33
Gambar 4.8 Hasil simulasi statis untuk kecepatan udara 120 m/s	34
Gambar 4.9 Hasil simulasi dinamis awal untuk kecepatan udara 120 m/s	34
Gambar 4.10 Hasil simulasi dinamis akhir utuk kecepatan udara 120 m/s	35
Gambar 4.11 Hasil simulasi bodi di bentuk wirefreme	35

Gambar 4.12 Hasil simulasi akhir untuk kecepatan 120 m/s37



DAFTAR NOTASI

Simbol		Satuan
ρ	= Densitas	(kg/m ³)
m	= Massa	(kg)
μ	= Viskositas Dinamik	(N. s/m ²)
ν	= Viskositas kinematik	(m ² /s)
Re	= <i>Reynold number</i>	
τ	= Tegangan geser	
v_{∞}	= Kecepatan bebas	(m/s)
v	= Kecepatan lokal	(m/s)
l	= Panjang	(m)
p	= Tekanan	(Pa)
p_t	= Tekanan total	(Pa)
p_{∞}	= Tekanan statis	(Pa)
C_p	= Koefisien Tekanan	
C_L	= <i>Coefficient Lift</i>	
C_D	= <i>Coefficient Drag</i>	
L	= Gaya <i>Lift</i>	(N)
D	= Gaya <i>Drag</i>	(N)
A	= Frontal Area	(m ²)
g	= Gravitasi	(m/s ²)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu bahan dewasa ini semakin maju dengan terus diadakannya pengembangan-pengembangan tentang bahan, guna memperoleh material baru dengan kualitas yang lebih baik pada kondisi tertentu. Jenis logam (metal) yang baik yang dikenal selama ini tidak selamanya baik, karena pada suatu kondisi tertentu sifat dari masing-masing logam tersebut tidak mungkin ditetapkan pada suatu konstruksi.

Dalam proposal ini penulis ingin menganalisis geometri dan sistem aerodinamis pada bodi mobil berbahan dasar serat fiber dengan cara mensimulasikannya. Penulis melatar belakangi proposal ini untuk menjadikan suatu trobosan baru terhadap dunia otomotif.

Pada dasarnya bahan serat fiber ini telah banyak di gunakan di sepeda motor yang sering kita jumpai ataupun diaplikasikan sebagai bahan konstruksi pesawat terbang, konstruksi mobil F1, motor pada moto GP dan lain sebagainya. Karena berat jenis baja yang tidak memungkinkan untuk konstruksi-konstruksi tersebut, karena pesawat terbang, mobil F1, motor pada moto GP membutuhkan bahan yang sekuat baja tetapi yang berat jenisnya kecil/ringan sekali.

Pada kesempatan ini penulis mengaplikasikan penggunaan bahan serat fiber sebagai bodi dari gokart untuk menganalisis geometrik dan aerodinamisnya dengan cara mensimulasikannya dan juga menganalisisnya dengan cara memperaktekkannya.

1.2 Perumusan Masalah

Pada umumnya pengamatan yang dilakukan mempunyai masalah yang nantinya akan disimpulkan menjadi perumusan masalah. Kesimpulan masalah ini akan dipelajari untuk dijadikan dasar analisa yang akan dibuat. Sehingga rumusan masalah ini nantinya akan dikembangkan menjadi sistem informasi dalam mencari perbandingan antara menganalisa sistem geometri dan aerodinamis pada bodi mobil berbahan dasar serat fiber dengan analisa sistem geometri dan aerodinamis pada bodi mobil berbahan dasar logam yang antara lain :

1. bagaimana keadaan bodi mobil berbahan dasar serat fiber pada saat terjadinya guncangan yang disebabkan keadaan permukaan jalan yang tidak rata.
2. Pemakaian bahan bakar pada berbagai kecepatan.
3. Dimensi dan geometri airfoil pada bodi mobil berbahan dasar serat fiber.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari tugas sarjana ini adalah penggunaan pada serat fiber dan hanya mengambil data pada bodi mobil berbahan dasar logam apabila dilakukan perbandingan. Untuk menghindari ketidak teraturan pembahasan dan mengigat luasnya pembahasan dan disertai dengan keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki penulis, maka pada tugas sarjana ini penulis membatasi masalah hanya sebatas:

1. Menganalisa geometri bodi mobil dan aerodinamis dengan bahan dasar serat fiber dengan cara mensimulasikannya.
2. Membandingkan geometri bodi mobil dan aerodinamisnya dengan cara mensimulasikannya menggunakan SOFTWARE ANSYS dan memperaktekkannya langsung di lapangan.
3. Melihat bentuk geometri yang apabila ditempatkan disuatu aliran fluida bertekanan tinggi akan memproduksi gaya (lift) lebih besar dari gaya hambat (drag) dengan cara mensimulasikannya menggunakan SOFTWARE ANSYS..
4. Analisa geometri bodi mobil dan aerodinamis berbahan serat fiber menggunakan gokart dengan mesin 110 cc

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penganalisaan ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui penggunaan bahan bakar yang digunakan pada bodi bermaterial serat fiber

2. Mengetahui sistem aliran fluida material serat fiber dengan cara mensimulasikannya
3. Mengetahui aliran dinamis fluida pada bodi mobil dari material serat fiber

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penganalisaan material serat fiber dengan ialah sebagai berikut

1. Mengetahui penggunaan konsumsi bahan bakar pada penggunaan bahan material serat fiber
2. Memahami aliran fluida terhadap material berbahan serat fiber dengan SOFTWARE ANSYS

1.6 Sistematika Penulisa

Untuk terarahnya penulisan tugas akhir ini nantinya akan terdiri dari enam bab dikarnakan untuk mempermudah pembaca dalam memahami dan menghindari agar tidak terjadi lagi pembahasan yang berulang, maka sistematikanya sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Dalam laporan tugas akhir ini merupakan pendahuluan yang berisi tentang apa yang menjadi latar belakang dan tujuan penulisan tugas akhir ini. Dan memberikan secara tegas rumusan dan pembatasan permasalahan yang diangkat

dalam tugas akhir ini serta metodologi dalam penyelesaian masalah tersebut. Dan pada akhir bagian diberikan gambaran tentang sistematika penulisan laporan tugas akhir.

BAB II : LANDASAN TEORI

Merupakan landasan teoritis yang digunakan dalam tugas akhir ini sebagai studi literatur, diantaranya yang berkaitan dengan persamaan-persamaan dasar yang berlaku dalam aliran fluida, misalnya persamaan energi yang di hasilkan antara penggunaan bodi berbahan dasar serat fiber dan bodi berbahan dasar logam.

BAB III : METODE PENELITIAN

Berisi tentang dasar metode numerik yang ada dalam ANSYS diantaranya adalah langkah-langkah pembuatan bodi mobil, metode diskritisasi dan variable-variabel yang disediakan oleh SOFTWARE ANSYS.

BAB IV : ANALISA ALIRAN FLUIDA PADA BODI MOBIL

Bagian yang menerangkan tentang proses komputasi dan simulasi numerik dalam SOFTWARE ANSYS mulai dari penggenerasian mesh hingga proses iterasi dan penampilan data yang dilengkapi dengan keteranga dibawah gambar

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bagian ini diberikan suatu kesimpulan dari hasil simulasi dan analisa yang telah dilakukan dimana pada akhirnya diharapkan dapat memberikan sumbangsih bagi dunia CFD khususnya penggunaan ANSYS dalam melakukan analisa aerodinamika kendaraan.

DAFTAR PUSTAKA

Bagian ini berisikan tentang refrensi penulis untuk membahas persoalan-persoalan dalam tugas akhir ini

LAMPIRAN



BAB II

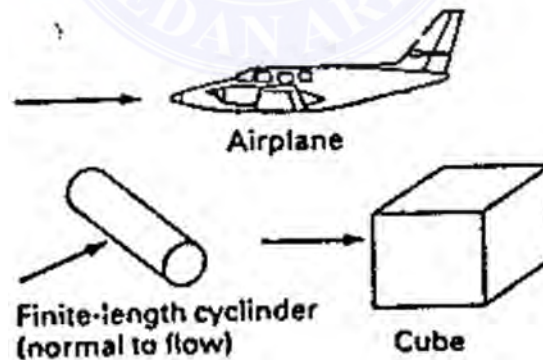
LANDASAN TEORI

2.1 Aliran Pada Bodi

Saat benda pada posisi suatu fluida yang bergerak (atau sebaliknya benda nya yang bergerak dalam suatu fluida yang diam) akan mengalami gaya yang disebut dengan gaya-gaya aerodinamika. Pengaruh gaya-gaya aerodinamika ini akan diuraikan dalam pembahasan di bawah ini.

2.1.1 Geometri Benda

Geometri benda dapat dibagi dalam tiga kelompok utama, yaitu dua dimensi, tiga dimensi, dan *axisymmetric*. Benda dua dimensi adalah benda yang memiliki bentuk sama pada seluruh bidang yang tegak lurus dengan sumbunya dimana sumbu benda memiliki panjang tak berhingga. Dengan kata lain bentuk benda sama pada seluruh bidang yang sejajar dengan kertas.



Gambar 2.1 Benda tiga dimensi

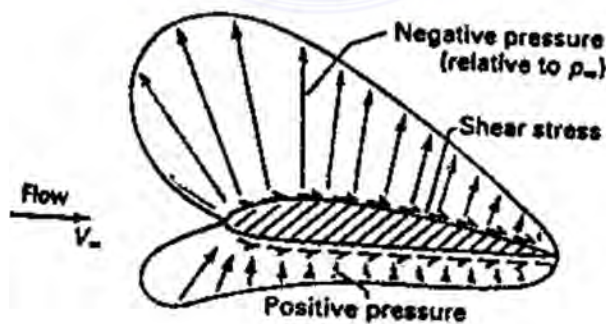
Benda tiga dimensi (Gambar 2.1) memiliki panjang yang terbatas. Benda ini bisa memiliki bentuk yang sama dalam bidang tegak lurus dengan sumbu panjangnya. Benda *axisymmetric* adalah benda putar dengan bagian melintangnya

berbentuk lingkaran. Benda ini memiliki bentuk yang sama pada seluruh bidang meridional (x, r) .

2.1.2. Perhitungan Gaya Tahanan (*Drag*) dan Gaya Angkat (*Lift*)

Tahanan dan gaya angkat adalah resultan gaya-gaya yang muncul akibat adanya tekanan dan tegangan geser pada permukaan benda. Gambar 2.2 mengilustrasikan distribusi tekanan dan tegangan geser untuk suatu airfoil, benda dua dimensi yang dirancang untuk mendapatkan gaya angkat tinggi dan tahanan yang rendah. Besarnya harga tekanan pada satu titik di permukaan airfoil tersebut diindikasikan dengan panjang satu anak panah yang tegak lurus terhadap permukaan. Sebagai catatan bahwa tekanan di atas airfoil tersebut negatif (lebih rendah dari tekanan aliran bebas) sedangkan tekanan di bagian bawah positif. Tegangan geser pada permukaan airfoil diindikasikan dengan anak panah-anak panah yang sejajar dengan permukaan.

Tegangan geser di semua titik searah dengan arah aliran dan kira-kira besarnya sama.



Gambar 2.2 Distribusi tekanan dan tegangan geser pada suatu *airfoil*

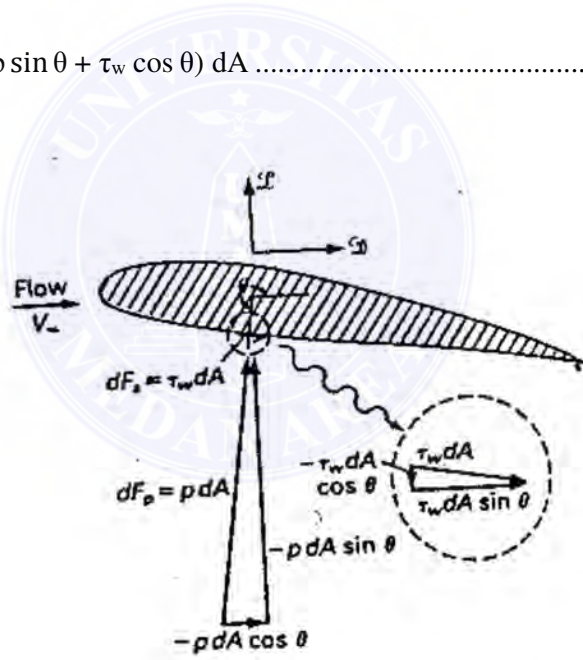
Gaya netto pada airfoil dapat dihitung dengan mengintegrasikan tekanan dan tegangan geser di permukaan:

$$F = - \oint \rho \vec{n} dA + \oint \tau_w \vec{t} dA \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana n dan t masing-masing adalah vektor-vektor satuan arah normal dan tangensial permukaan airfoil. Tahanan dan gaya angkat adalah komponen-komponen gaya dalam arah aliran dan tegak lurus terhadap aliran. Dengan bantuan Gambar 2.3), diperoleh

$$D = \oint (-\rho \cos \theta + \tau_w \sin \theta) dA \dots\dots\dots (2.2)$$

$$L = \oint (-\rho \sin \theta + \tau_w \cos \theta) dA \dots\dots\dots (2.3)$$



Gambar 2.3 Geometri elemen gaya pada *airfoil*

dimana :

F = gaya netto (N)

D = gaya hambat/ drag (N)

L = gaya angkat / lift (N)

$p = \text{tekanan (N/m}^2\text{)}$

$\tau_w = \text{tegangan geser dinding airfoil (N/m}^2\text{)}$

$A = \text{luas (m}^2\text{)}$

Karena mendekati 90° hampir diseluruh permukaan atas airfoil dan mendekati 270° hampir diseluruh permukaan bawah airfoil, gaya angkat terutama dipengaruhi oleh tekanan sedang gaya tahanan terutama dipengaruhi oleh tegangan geser.

Persamaan 2.2 dan 2.3 digunakan hanya jika diketahui distribusi tekanan dan tahanan geser diketahui, hasil-hasil eksperimen biasanya diperoleh dan disajikan secara langsung dalam tahanan dan gaya angkat. Data-data tersebut biasanya disajikan dalam bentuk bilangan tak berdimensi yaitu berupa koefisien tahanan (*drag coefficient*) dan koefisien gaya angkat (*lift coefficient*), didefinisikan sebagai

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho v^2 A_D} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dan

$$C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2} \rho v^2 A_D} \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana :

$C_D = \text{koefisien gaya hambat (drag)}$

$C_L = \text{koefisien gaya angkat (lift)}$

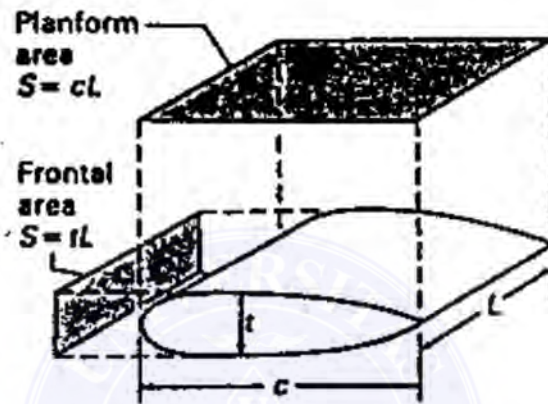
$D = \text{gaya hambat/ drag (N)}$

$L = \text{gaya angkat/ lift (N)}$

$\rho = \text{densitas fluida (kg/m}^3\text{)}$

$S = \text{luasan acuan (m}^2\text{)}$

$V = \text{kecepatan fluida relatif terhadap obyek (m/s)}$



Gambar 2.4 Definisi luas planform dan luas frontal

Berbagai definisi digunakan untuk luas, dua definisi yang paling umum digunakan adalah luas frontal (frontal area), yaitu luasan yang tampak jika kita memandang benda dari arah datang aliran, dan luas planform (planform area), yaitu luasan benda yang tampak dari atas (Gambar 2.3). Untuk benda dua dimensi, luasan didasarkan pada satuan lebar ($L=1$). Dari analisa dimensional koefisien tahanan dan koefisien gaya angkat untuk suatu bentuk benda dalam aliran incompressible steady adalah fungsi dari parameter tak berdimensi,

$$C_D = C_D(\alpha, Re) \dots\dots\dots (2.6)$$

Dan

$$C_L = C_L(\alpha, Re) \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana α dan Re masing-masing adalah sudut serang dan bilangan *Reynolds*

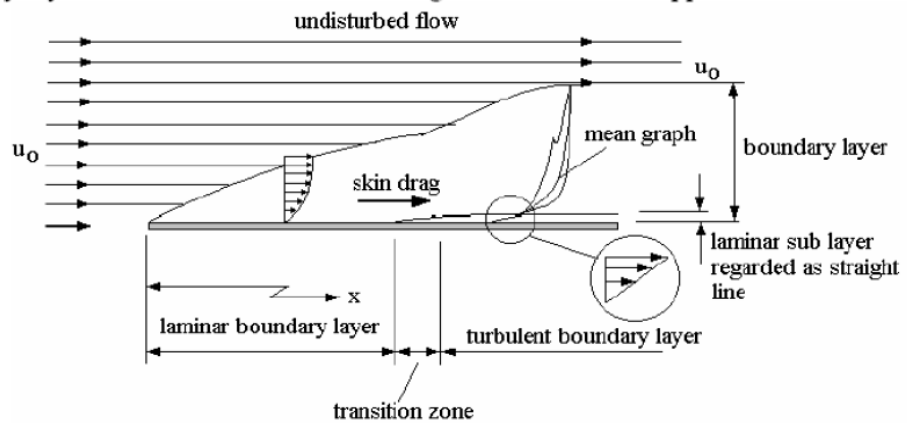
2.1.3. Jenis Tahanan

Tipe atau jenis tahanan ada dua, yaitu tahanan permukaan (skin friction drag) dan tahanan bentuk (form drag). Tahanan permukaan timbul karena adanya tegangan geser yang terjadi di antara permukaan benda dengan lapisan fluida seperti terlihat pada gambar 2.5. Jika terjadi suatu aliran diatas permukaan yang searah dengan panjangnya dibandingkan dengan tingginya, maka benda tersebut disebut dengan streamline. Ketika suatu aliran mengalir di atas permukaan benda (solid) dan batas aliran menempel pada permukaan benda tersebut (permukaan benda menjadi basah atau wet) maka terjadi suatu kondisi yang disebut dengan no slip condition. Koefisien tahanan permukaan sendiri untuk no slip condition dapat dirumuskan,

$$C_{Df} = \frac{2D}{\rho u_0^2 \text{watted area}} = \frac{2\tau_w}{\rho u_0^2} \dots\dots\dots (2.8)$$

dimana :

- C_{Df} = koefisien tahanan permukaan
- D = gaya hambat/ drag (N)
- P = densitas fluida (kg/m^3)
- u_0 = kecepatan fluida relatif terhadap obyek (m/s)
- watted area = permukaan benda basah (m^2)
- τ_w = tegangan geser (N/m^2)



Gambar 2.5 Tahanan permukaan pada plat datar

Tahanan bentuk terjadi pada aliran fluida melewati benda yang memiliki tinggi lebih besar dibanding dengan panjangnya yang searah dengan arah aliran fluida seperti tampak pada gambar 2.6. Benda tersebut disebut dengan benda tumpul (bluff bodies). Tahanan bentuk terjadi karena perubahan tekanan. Koefisien tahanan bentuk dapat dirumuskan,

$$C_{Dp} = \frac{2D}{\rho u_0^2 \text{projected area}} = \frac{2(p-p_0)}{\rho u_0^2} \dots\dots\dots(2.9)$$

di mana :

C_{Dp} = koefisien tahanan tekanan

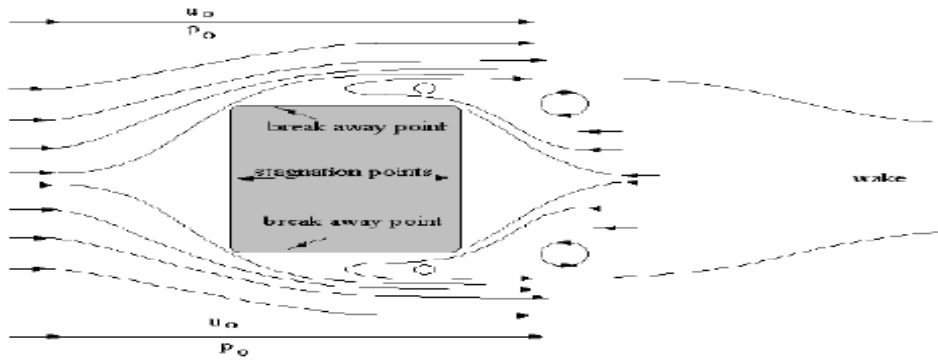
D = gaya hambat/ drag (N)

ρ = densitas fluida (kg/m^3)

p = tekanan (N/m^2)

p_0 = tekanan acuan (N/m^2)

u_0 = kecepatan fluida relatif terhadap obyek (m/s) projected area = permukaan benda basah (m^2)



Gambar 2.6 Tahanan bentuk pada bluff bodies

2.1.4 Lapisan Batas

Pada tahun 1904, Prandtl memperkenalkan hipotesa lapisan batas, yang menjelaskan mengapa kedua tahanan bentuk dan tahanan friksi muncul dalam aliran

bilangan Reynolds tinggi. Perhatikan aliran pada suatu benda tipis panjang, seperti pelat datar paralel atau airfoil pada gambar 2.9. Prandtl berpendapat bahwa bagaimanapun kecilnya viskositas, fluida semestinya masih tetap memenuhi kondisi no-slip pada permukaan. Dengan demikian kecepatan fluida harus meningkat dari nol pada permukaan ke suatu nilai yang mendekati besarnya kecepatan aliran bebas pada jarak yang pendek diatas permukaan. Daerah dimana kecepatan meningkat dari nol ke harga aliran bebas ini disebut lapisan batas (boundary layer). Prandtl mencatat bahwa semakin tinggi bilangan Reynoldsnya, lapisan batasnya semakin kecil, yang diperlihatkan dalam hubungan.

$$\frac{\delta}{L} \sim \sqrt{\frac{\nu}{V \infty L}} = \frac{1}{\sqrt{Re}} \dots\dots\dots (2.10)$$

dimana :

δ = tebal lapisan batas (m)

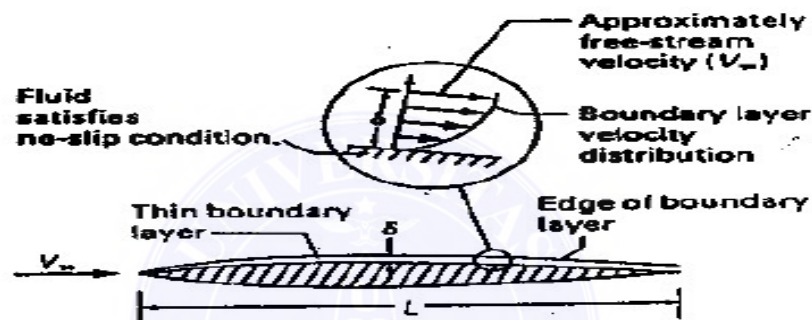
L = panjang karakteristik (m)

ν = viskositas kinematik fluida (m²/s)

v_∞ = kecepatan fluida relatif terhadap obyek (m/s)

Re = Reynolds number

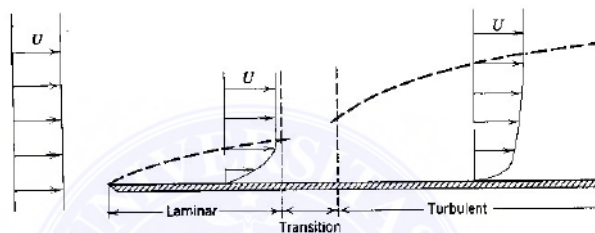
Dalam hal ini tentu saja, semakin tipis lapisan batas, semakin besar nilai dari $\partial u / \partial y$ di dalam lapisan batas tersebut. Terdapat tegangan geser yang penting di dalam fluida lapisan batas, meskipun viskositasnya kecil.



Gambar 2.7 Lapisan batas viskos tipis pada suatu benda tipis dalam aliran dengan bilangan Reynolds tinggi

Selama lapisan batas tersebut tipis, keberadaannya memiliki efek kecil pada distribusi tekanan atau pola aliran dekat benda. Untuk pelat datar atau airfoil tipis, bentuk-bentuk garis arus (streamline shapes) pada dasarnya tidak berubah oleh adanya lapisan batas tersebut. Oleh karena lapisan batas adalah suatu daerah dimana fluida mengalami deformasi geser, alirannya bisa laminar atau turbulen bergantung pada nilai bilangan Reynoldsnnya. Aliran di dalam lapisan batas dekat ujung depan (leading edge) dari suatu pelat selalu laminar karena bilangan Reynoldsnnya (lokal) kecil; jika pelat tersebut cukup panjang, transisi ke turbulensi terjadi dan aliran tersebut turbulen pada daerah hilir dari pelat tersebut. Jika aliran

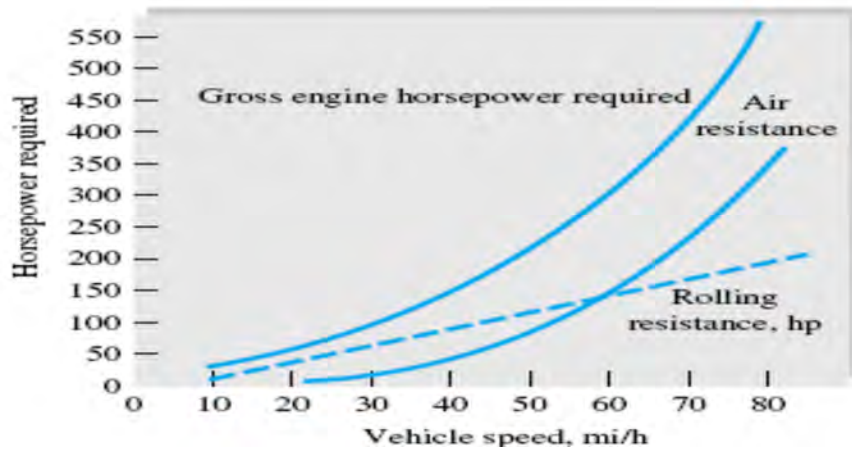
diganggu oleh kekasaran atau turbulensi dalam aliran di luar lapisan batas, transisi terjadi lebih dekat lagi ke ujung depan (*leading edge*). Gambar 2.7 mengilustrasikan secara kualitatif pertumbuhan lapisan batas pada pelat datar tersebut. Dikarenakan oleh pencampuran yang meningkat dalam aliran turbulen, lapisan batas turbulen memiliki tegangan geser yang lebih besar daripada lapisan batas laminar. Seperti halnya, permukaan kasar mengalami tegangan yang lebih besar daripada permukaan halus



Gambar 2.8 Lapisan batas pada suatu pelat datar (ketebalan vertikal sangat dilebih-lebihkan)

Fakta ini menerangkan perilaku koefisien tahanan untuk suatu pelat datar yang sejajar dengan aliran seperti diperlihatkan pada Gambar 2.7 dan Gambar 2.8. Pada bilangan Reynolds rendah, aliran dekat pelat adalah laminar dan koefisien tahanannya lebih kecil. Pada bilangan Reynolds tinggi, aliran dekat pelat adalah turbulen pada sebagian besar dari panjang pelat dan koefisien tahanannya lebih tinggi karena tegangan gesernya lebih besar. Transisi antara kurva laminar dan kurva turbulen bukanlah merupakan garis tunggal tetapi sekumpulan garis yang bergantung pada kekasaran pelat dan tingkat turbulensi aliran fluida di atas pelat tersebut. Pada setiap harga bilangan Reynolds tertentu, pelat datar paralel halus memiliki koefisien drag yang paling kecil dari semua bentuk.

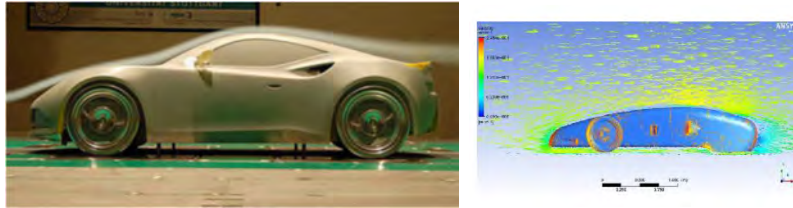
Pertimbangan aerodinamika menjadi penting dalam desain kendaraan darat seperti truk dan mobil dikarenakan gaya aerodinamika memberikan beban tambahan pada mesin kendaraan, hal ini berasal dari gaya tahanan. Perhatikan suatu kendaraan melaju pada kecepatan konstan pada jalan datar. Kendaraan tersebut mengalami dua gaya yang menghambat gerak lajunya: perlawanan *rolling* (*rolling resistance*) dan tahanan aerodinamika. Perlawanan *rolling* berkaitan dengan deformasi menerus dari roda kendaraan. Penjumlahan antara tahanan aerodinamika dan perlawanan *rolling* disebut dengan beban jalan (*road load*). Mesin kendaraan harus secara terus-menerus menyediakan daya untuk mengatasi beban jalan tersebut. Daya tersebut merupakan hasil perkalian dari beban jalan dengan kecepatan kendaraan. Daya perlawanan *rolling* hampir-hampir linier terhadap kecepatan, sedangkan daya tahanan aerodinamika bervariasi terhadap pangkat tiga kecepatan (koefisien tahanan mendekati konstan). Kurva perlawanan *rolling* dan kurva tahanan aerodinamika berpotongan (masing-masing berkontribusi sama pada beban jalan) pada suatu kecepatan antara sekitar 50 mph (80 km/h) dan 60 mph (96 km/h). Di atas kecepatan ini, daya yang dibutuhkan untuk mengatasi tahanan aerodinamika meningkat secara cepat dan menjadi faktor pengontrol dalam kecepatan kendaraan.



Gambar 2.9 Variasi daya beban jalan terhadap komponen kecepatan.

Pengurangan tahanan untuk mobil disulitkan dengan adanya permasalahan yang ditimbulkan akibat tahanan bawah (*underbody drag*) dan tahanan gangguan (*interference drag*). Bagian bawah kendaraan secara aerodinamika sangatlah rumit disebabkan oleh permukaan-permukaan yang menonjol seperti bagian-bagian penampung oli, *muffler* dan suspensi. Masing-masing permukaan ini mengalami gaya tahanan yang relatif besar. Gambar 2.10 memperlihatkan aliran udara yang ditimbulkan akibat tahanan atas pada sebuah kendaraan jenis sedan. Tahanan gangguan timbul akibat adanya penonjolan-penonjoloan dari permukaan kendaraan seperti kaca spion, pegangan pintu, dan rak tempat barang. Obyek-obyek ini tidak saja mengalami tahanan tetapi, hal yang sama pentingnya, mereka mengganggu aliran pada bentuk dasar benda, yang juga mempengaruhi tahanannya. Konsep tahanan gangguan mengacu pada kenyataan bahwa tahanan total yang berkaitan dengan penonjolan permukaan biasanya lebih besar dari penjumlahan tahanan benda dasar yang diisolasi dan penonjolan-penonjolan yang diisolasi.

Berikut ini adalah beberapa contoh gambar pola garis arus (*streamline*) pada berbagai jenis mobil dengan pengujian dalam terowongan angin (*wind tunnel*) yang disebut dengan metode eksperimen



Gambar 2.10 Contoh pola garis arus (*streamline*) pada model mobil Artega GT.

Pada gambar 2.10 terlihat pola garis arus pada bagian permukaan atas model mobil Artega GT. Model mobil sudah dilengkapi dengan roda dan kaca spion. Bentuk body mobil didesain sebaik mungkin agar terjadi penundaan separasi pada titik tertentu sehingga area *wake* yang terjadi menjadi lebih kecil sehingga gaya hambat yang terjadi menjadi semakin kecil pula.

2.1.5 Fenomena Aerodinamika Mobil

Pertimbangan aerodinamika menjadi penting dalam desain kendaraan darat seperti truk dan mobil dikarenakan gaya aerodinamika memberikan beban tambahan pada mesin kendaraan, hal ini berasal dari gaya tahanan. Perhatikan suatu kendaraan melaju pada kecepatan konstan pada jalan datar. Kendaraan tersebut mengalami dua gaya yang menghambat gerak lajunya: perlawanan *rolling* (*rolling resistance*) dan tahanan aerodinamika. Perlawanan *rolling* berkaitan dengan deformasi menerus dari roda kendaraan. Penjumlahan antara tahanan aerodinamika dan perlawanan *rolling* disebut dengan beban jalan (*road load*). Mesin kendaraan harus secara terus-menerus menyediakan daya untuk mengatasi beban jalan tersebut. Daya tersebut merupakan hasil

perkalian dari beban jalan dengan kecepatan kendaraan. Pengurangan tahanan untuk mobil disulitkan dengan adanya permasalahan yang ditimbulkan akibat tahanan bawah (*underbody drag*) dan tahanan gangguan (*interference drag*). Bagian bawah kendaraan secara aerodinamika sangatlah rumit disebabkan oleh permukaan-permukaan yang menonjol seperti bagian-bagian penampung oli, *muffler* dan suspensi. Masing-masing permukaan ini mengalami gaya tahanan yang relatif besar. . Tahanan gangguan timbul akibat adanya penonjolan-penonjolan dari permukaan kendaraan seperti kaca spion, pegangan pintu, dan rak tempat barang. Obyek-obyek ini tidak saja mengalami tahanan tetapi, hal yang sama pentingnya, mereka mengganggu aliran pada bentuk dasar benda, yang juga mempengaruhi tahanannya. Konsep tahanan gangguan mengacu pada kenyataan bahwa tahanan total yang berkaitan dengan penonjolan permukaan biasanya lebih besar dari penjumlahan tahanan benda dasar yang diisolasi dan penonjolan- penonjolan yang diisolasi.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian ini direncanakan selama lima bulan yang dimulai dari bulan Januari sampai dengan Maret 2016. Tempat dilaksanakannya penelitian ini adalah di Laboratorium *Material*, Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

3.1 Jadwal pelaksanaan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Minggu)						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
1	Penelusuran literature, pemeriksaan kesedian alat, bahan, dan penulisan proposal	■	■					
2	Pengajuan proposal		■	■				
3	Revisi proposal		■	■				
4	Persiapan dan pemodelan			■	■			
5	Pelaksanaan dan dokumentasi				■	■		
6	Pengolahan dan analisis data					■	■	
7	Kesimpulan dan penyusunan Laporan					■	■	
8	Sidang sarjana						■	■

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Adapun peralatan yang di pergunakan selama penelitian ini adalah software Ansys 14.0, Laptop dan software Autocad 2012

3.2.2 Bahan

Bahan adalah gambar pemodelan bodi mobil gokart

3.3 Pembuatan Model

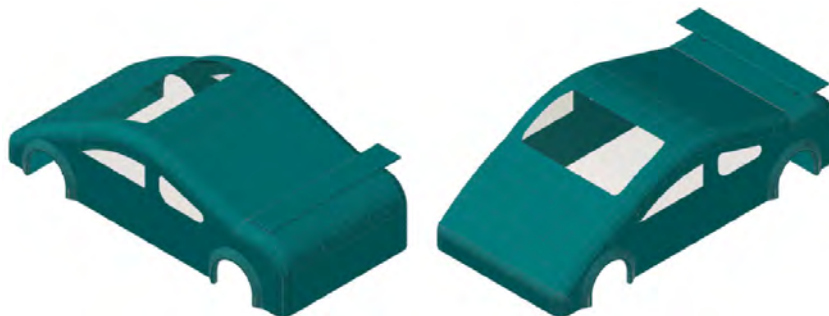
Langkah pertama dalam CFD adalah membangun model. Model dibangun menggunakan perangkat Autocad 2012 dengan merujuk pada model kendaraan yang sesungguhnya. Namun, model ini mengalami penyederhanaan untuk mempermudah simulasi. Penyederhanaan ini menyangkut pembuangan roda, aksesoris dan permukaan yang halus. Model yang telah siap kemudian diimpor ke *Ansys Workbench 14.0 Modeler*.

3.3.1 Computational Domain

Simulasi yang dilakukan dalam tugas akhir ini menggunakan FLUENT versi 14.0. FLUENT sendiri merupakan salah satu jenis program CFD (*Computational Fluid Dynamics*) yang menggunakan metode diskritisasi volume hingga. FLUENT memiliki fleksibilitas *mesh*, sehingga kasus-kasus aliran fluida yang memiliki *mesh* tidak terstruktur akibat geometri benda yang rumit dapat diselesaikan dengan mudah.

Selain itu, FLUENT memungkinkan untuk penggenerasian *mesh* lebih halus atau lebih besar dari *mesh* yang sudah ada berdasarkan pemilihan solusi aliran. Dalam menyelesaikan suatu kasus, FLUENT memiliki beberapa langkah pengerjaan, yaitu:

1. Membuat geometri dan *mesh* pada model.
2. Memilih *solver* yang tepat untuk model tersebut (2D atau 3D).
3. Mengimpor *mesh* model (grid).
4. Melakukan pemeriksaan pada *mesh* model.
5. Memilih formulasi *solver*.
6. Memilih persamaan dasar yang akan dipakai dalam analisa.
7. Menentukan sifat material yang akan dipakai.
8. Menentukan kondisi batas.
9. Mengatur parameter kontrol solusi.
10. *Initialize the flow field*.
11. Melakukan perhitungan/iterasi.
12. Menyimpan hasil iterasi.
13. Jika diperlukan, memperhalus grid kemudian melakukan iterasi ulang.



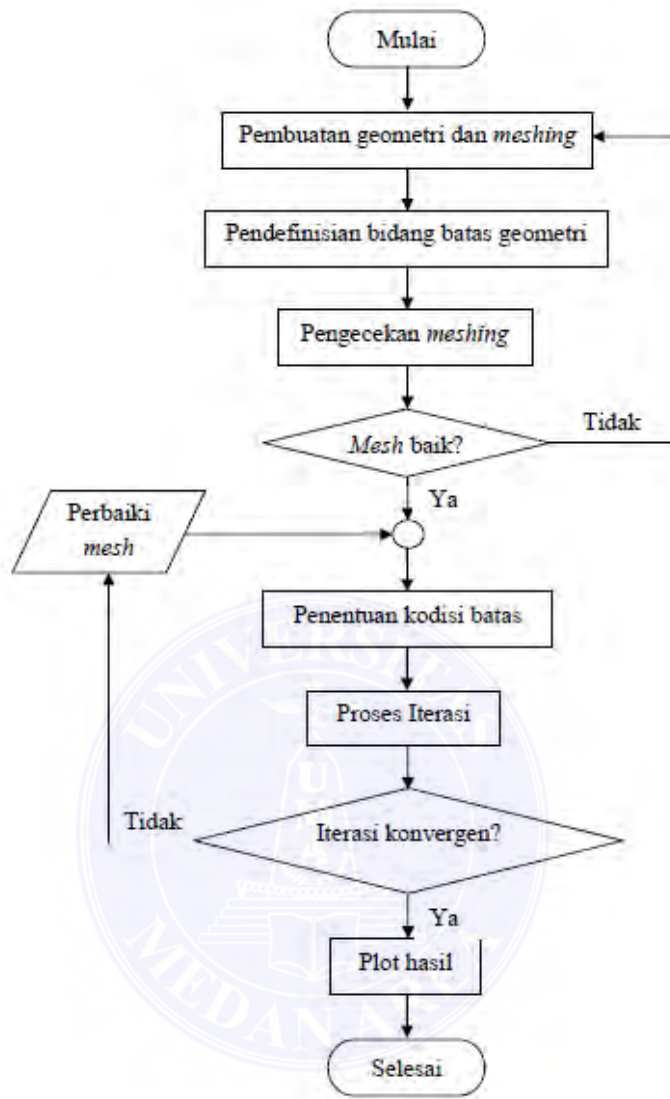
Gambar 3.1 Model bodi mobil

3.3.2 *Meshing*

Model kemudian dimesh pada mesh builder. *Meshing* disini menggunakan dua metode. Pertama, mesh otomatis dengan bentuk tri element dengan elemen paling kecil 1 mm dan rasio pertumbuhan 1.2. Kedua, *meshing* menggunakan fitur inflation untuk membentuk lapisan batas pada permukaan bodi dan didapatkan bentuk mesh yang terbaik dan memudahkan perhitungan (iterasi).

3.3.3 Kondisi Batas (*Boundary Conditions*)

Kondisi batas yang digunakan pada daerah perhitungan dibagi atas atas, bawah, samping, simetri, depan dan belakang. Pada batas depan dimasukkan kecepatan seragam dengan besar yang divariasikan untuk setiap simulasi yaitu 10;12,5; 15; 17,5; dan 20 m/s. Pada bagian atas, belakang dan samping merupakan kondisi batas tekanan keluar dengan tekanan yang sama dengan tekanan atmosfer. Fluida yang digunakan pada tugas ini adalah udara dengan sifat fisik sebagai berikut: density 1,225 kg/m³, viskositas. Udara yang mengalir pada mobil adalah diasumsikan sebagai gas ideal dan *incompressible*. Asumsi-asumsi lain yang digunakan adalah aliran turbulent, steady, tiga dimensi. Sedangkan efek difusivitas, temperature dan gravitasi diabaikan.



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

3.3.4 Skema Numerik

FLUENT memberikan dua pilihan metode numerik, yaitu metode *segregated* dan *coupled*. Kedua metode tersebut dapat digunakan untuk memecahkan persamaan integral kekekalan momentum, massa, dan energy (*governing integral equation*), serta besaran skalar lainnya seperti turbulensi. Dalam proses pemecahan masalah, baik metode *segregated* dan *coupled* memiliki persamaan

yaitu menggunakan teknik control volume. Teknik kontrol volume sendiri terdiri dari:

- Pembagian daerah asal (*domain*) ke dalam kontrol volume diskrit dengan menggunakan grid komputasi.
- Integrasi persamaan umum kontrol volume untuk membuat persamaan aljabar dari variabel tak-bebas yang berlainan (*discrete dependent variables*) seperti kecepatan, tekanan, suhu, dan sebagainya.
- Linearisasi persamaan dan solusi diskritisasi dari resultan sistem persamaan linear untuk menghasilkan nilai taksiran variabel tak-bebas.

Pada dasarnya metode *segregated* dan *coupled* memiliki persamaan dalam proses diskritisasi yaitu volume berhingga (*finite volume*), tetapi memiliki perbedaan pada cara pendekatan yang digunakan untuk melinearisasi dan memecahkan suatu permasalahan.

3.4.5 Metode Solusi *Segregated*

Metode ini menyelesaikan persamaan kekekalan massa, momentum, dan energy secara bertahap atau terpisah satu sama lain. Karena persamaan kekekalan massa momentum, dan energi merupakan persamaan non-linear, beberapa iterasi harus dilakukan secara berulang-ulang sebelum solusi yang konvergen diperoleh. Dalam iterasi terdiri dari beberapa langkah, yaitu:

1. Sifat-sifat fluida diperbaharui berdasarkan solusi yang telah dilakukan.
Untuk perhitungan awal, sifat-sifat fluida diperbaharui berdasarkan solusi awal (*initialized solution*).

2. Persamaan momentum u , v , dan w dipecahkan dengan menggunakan nilai-nilai tekanan dan fluks massa permukaan, supaya medan kecepatan diperbaharui.
3. Karena kecepatan yang diperoleh dalam tahap yang pertama tidak mungkin memenuhi persamaan kontinuitas secara lokal, persamaan “Poisson-type” untuk koreksi tekanan diturunkan dari persamaan kontinuitas dan persamaan momentum linear. Persamaan koreksi tekanan ini kemudian dipecahkan untuk memperoleh koreksi yang dibutuhkan untuk medan tekanan dan kecepatan serta fluks massa permukaan sampai kontinuitas dipenuhi.
4. Menyelesaikan persamaan-persamaan untuk besaran skalar seperti turbulensi, energi, radiasi dengan menggunakan nilai-nilai variabel lain yang telah diperbaharui.
5. Mengecek konvergensi persamaan.

3.4.6. Metode Solusi *Coupled*

Metode ini menyelesaikan persamaan kekekalan massa, momentum, dan energi secara serempak atau bersamaan (*simultaneously*). Karena persamaan kekekalan massa, momentum, dan energi merupakan persamaan non-linear, beberapa iterasi harus dilakukan secara berulang-ulang sebelum solusi yang konvergen diperoleh. Dalam iterasi terdiri dari beberapa langkah, yaitu:

1. Sifat-sifat fluida diperbaharui berdasarkan solusi yang telah dilakukan. Untuk perhitungan awal, sifat-sifat fluida diperbaharui berdasarkan solusi awal (*initialized solution*).

2. Persamaan kontinuitas, momentum, dan energi jika ada serta besaran-besaran tertentu lainnya dipecahkan secara serempak.
3. Jika ada, persamaan-persamaan skalar seperti turbulensi dan radiasi dipecahkan dengan menggunakan nilai yang diperbaharui sebelumnya berdasarkan variable yang lain.
4. Mengecek konvergensi persamaan.

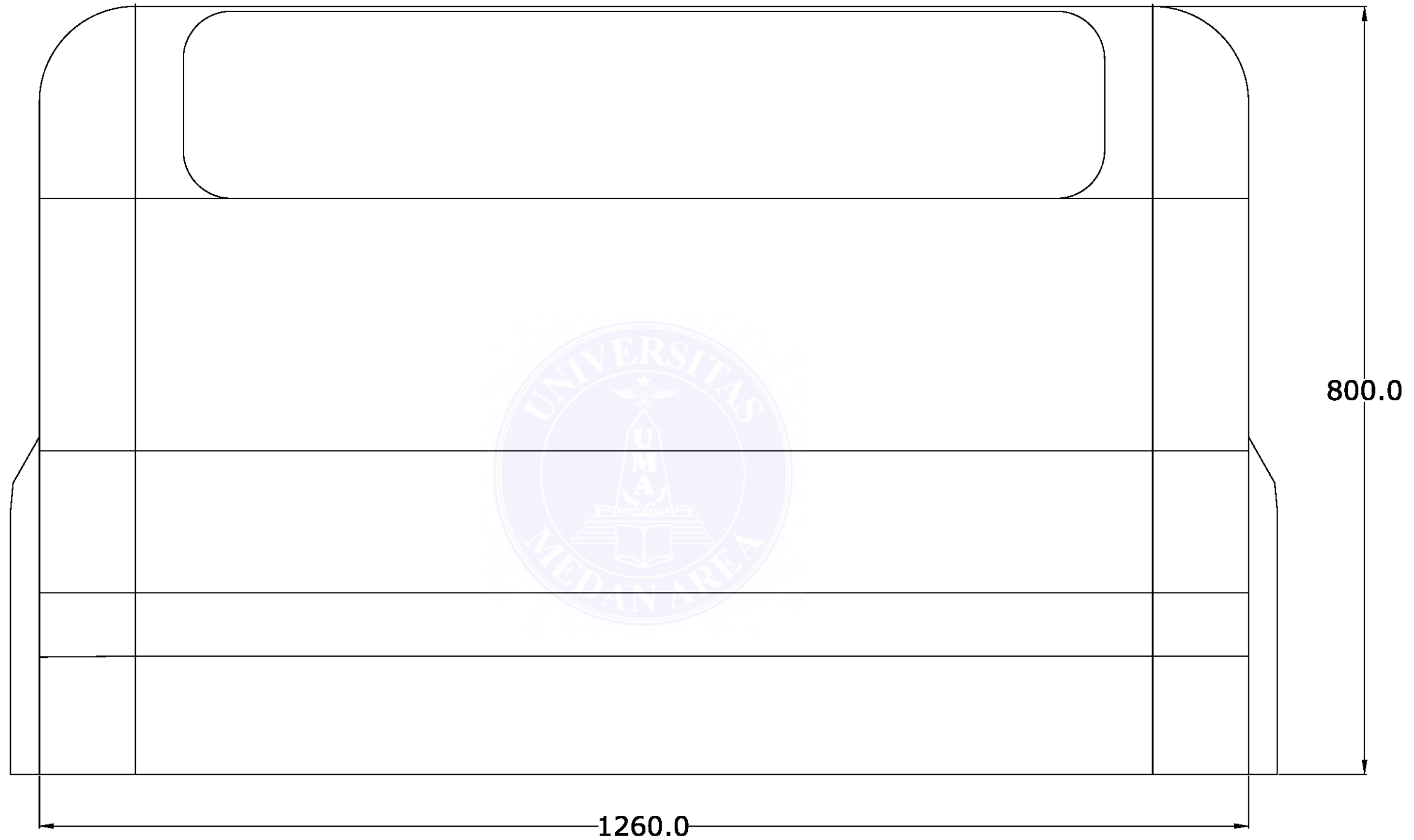


DAFTAR PUSTAKA

1. Desai, M., Channiwala, S. A., and Nagarsheth, H. J., *Experimental and Computational Aerodynamic Investigations of a Car*, ISSN 1790-5087, Mechanical Engineering Department Sardar Vallabhbhai National Institute of Technology (SVNIT), India, 2008
2. Damjanović, D., Kozak, D., Ivandić, Ž., and Kokanović, M., *Car Design As A New Conceptual Solution And CFD Analysis In Purpose Of Improving Aerodynamics*, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Mechanical Engineering Faculty in Slavonski, Croatia, 2010
3. Krajnović, S., and Davidson, L., *Large-Eddy Simulation of the Flow Around Simplified Car Model*, SAE Paper No. 2004-01-0227, Detroit, USA, 2004
4. Nakashima, T., Tsubokura, M., Nouzawa, T., Nakamura T., Zhang, H., and Oshima, N., *Large-Eddy Simulation Of Unsteady Vehicle Aerodynamics And Flow Structures*, BBAA VI International Colloquium on : Bluff Bodies Aerodynamics & Applications, Milano, Italy, July, 20-24 2008.
5. Sheikh Ahmad Zaki Sheikh Salim and Prof. Dr. Mat Nawi Wan Hassan , *Simulasi Aerodinamika Kendaraan Dengan Menggunakan Fluent*, Jurnal Teknikal Dan Kajian Sosial, Jilid 1, Malaysia, Juni 2003.
6. Gerhart, Philip M dan Richard J. Gross, *Fundamentals of Fluid Mechanics*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., USA, 1985.
7. Fox, Robert W dan Alan T. Mc Donald, *Introduction to Fluid Mechanics, fourth edition, SI Version*, John Wiley & Sons, Inc, Canada, 1994.

8. White, Frank M, *Fluid Mechanics*, Mc. Graw-Hill
9. www.google.com/image/eksperiment car wind tunnel
10. www.google.com/image/aerodinamics force car CFD FLUENT
11. www.wikipedia.com/image/auto mobile drag coefficient
12. FLUENT, Inc, *Manual FLUENT Documentation*, FLUENT, Inc, 1999.
13. Tuakia, Firman, *Dasar-dasar CFD Menggunakan FLUENT*, Informatika, Bandung, 2008.
14. Zuhri, Mustofa, *Analisa Desain Aerodinamika Mobil Sedan Dengan Menggunakan Program Komputasi Dinamika Fluida*, Teknik Mesin Universitas Diponegoro, Semarang, 2009
15. www.google.com/image/drag coefficient of wedges and cones
16. M. M. Islam dan M. Mamun. 2010. *Computational Drag Analysis Over A Car Body*. Dhaka: Department of Mechanical Engineering, University of Engineering and Technology Bangladesh.
17. Munson, Bruce, dkk. 2002. . *Fundamentals of Fluid Mechanics, 5th edition*. New York: John Wiley&Co.
18. Rajamani , Gokul Krishnan. 2006. *CFD Analysis of Air Flow Interactions in Vehicle Platoons*. School of Aerospace, Mechanical and Manufacturing Engineering RMIT University.
19. Krishnani, Pramod Nari. 2006. *CFD Study Of Drag Reduction Of A Generic Sport Utility Vehicle*. Mumbai: Mumbai University.

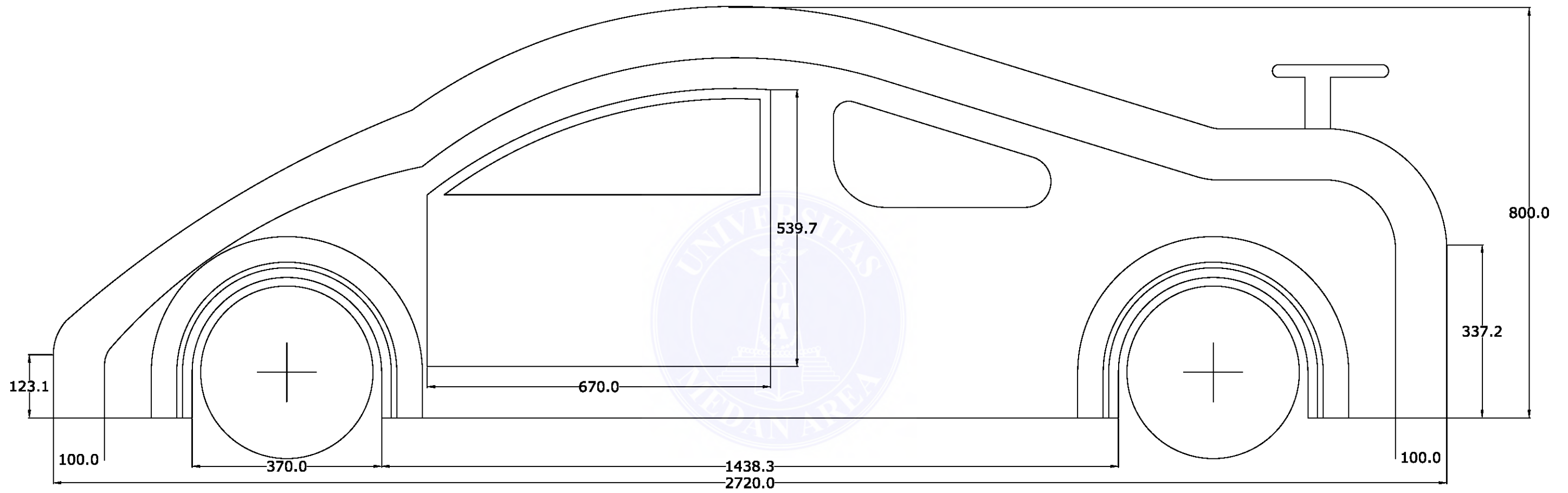
MOULDING



TAMPAK DEPAN
Scale 1 : 5

4					
3					
2					
1					
NO	JUMLAH	NAMA	BAHAN	NOMALISASI	PERINGATAN
KEKASARAN MENURUT	TOLERANSI MENURUT				TOLERANSI BENTUK
	SKALA :	DIGAMBAR :			PERINGATAN
	SATUAN : mm	SEMESTER :			
	TANGGAL :	DILIHAT :			
JUR. MESIN FT. UMA					NO:

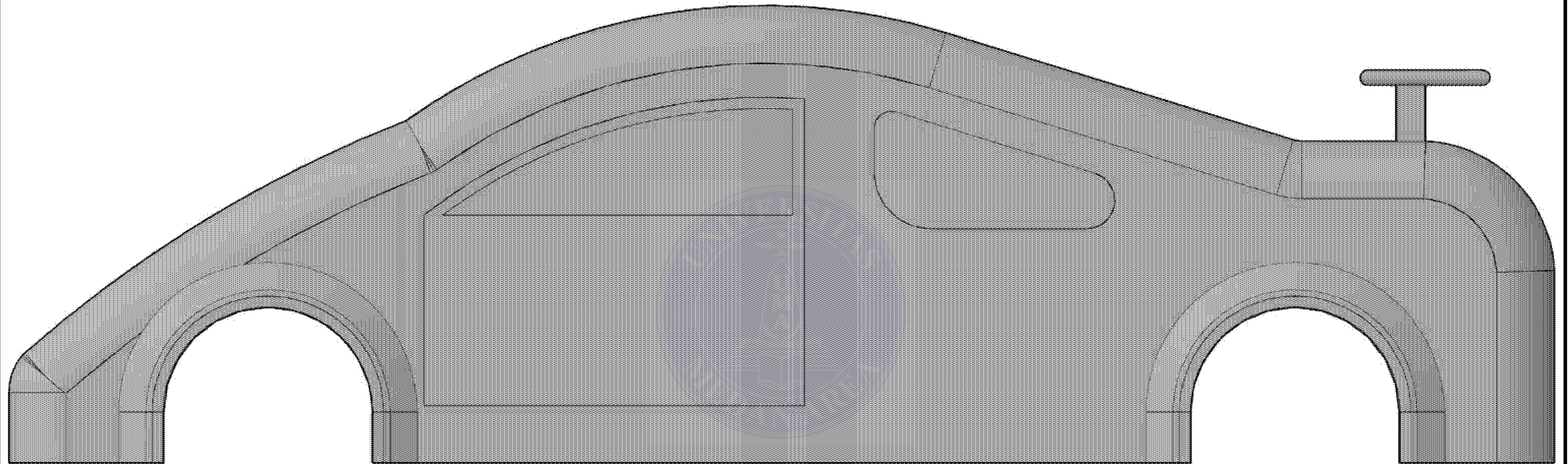
MOULDING



TAMPAK SAMPING
Scale 1 : 8

4					
3					
2					
1					
NO	JUMLAH	NAMA	BAHAN	NOMALISASI	PERINGATAN
KEKASARAN MENURUT	TOLERANSI UKURAN MENURUT				TOLERANSI BENTUK
	SKALA :	DIGAMBAR :		PERINGATAN	
	SATUAN : mm	SEMESTER :			
	TANGGAL :	DILIHAT :			
JUR. MESIN FT. UMA					NO:

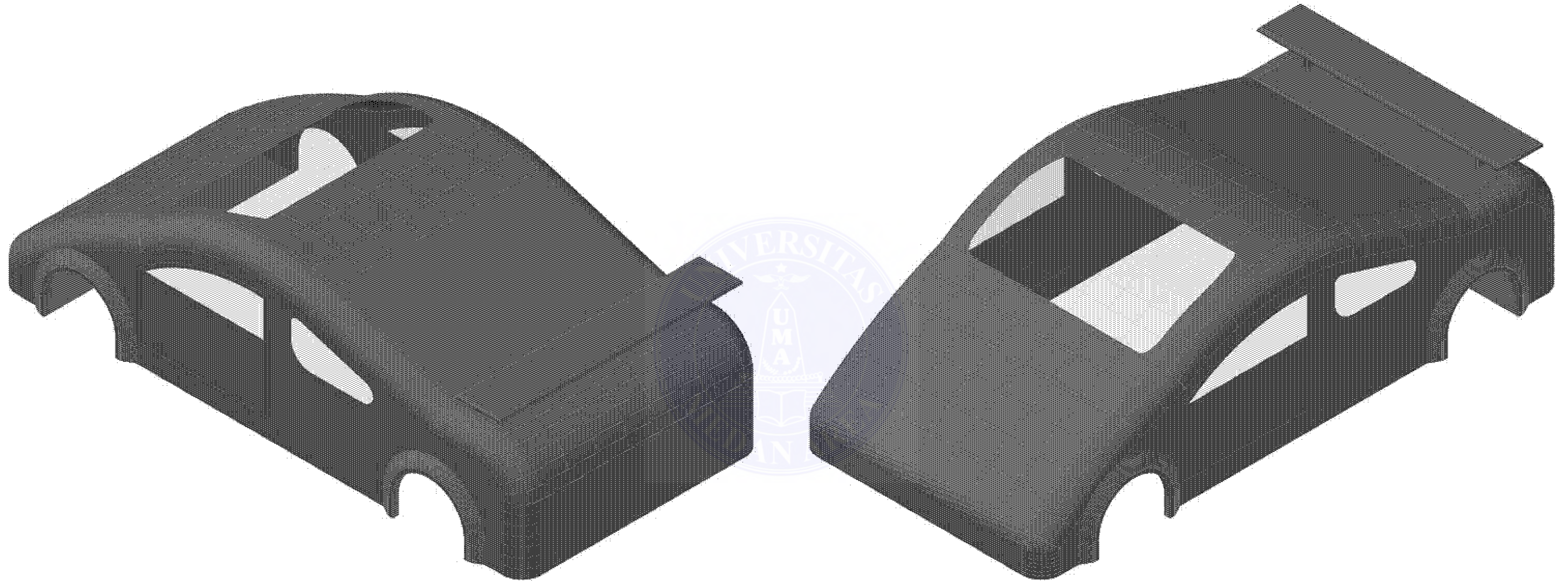
MOULDING



CETAKAN MOBIL

4					
3					
2					
1					
NO	JUMLAH	NAMA	BAHAN	NOMALISASI	PERINGATAN
KEKASARAN MENURUT		TOLERANSI UKURAN MENURUT			TOLERANSI BENTUK
	SKALA :	DIGAMBAR :			PERINGATAN
	SATUAN : mm	SEMESTER :			
	TANGGAL :	DILIHAT :			
JUR. MESIN FT. UMA					NO:

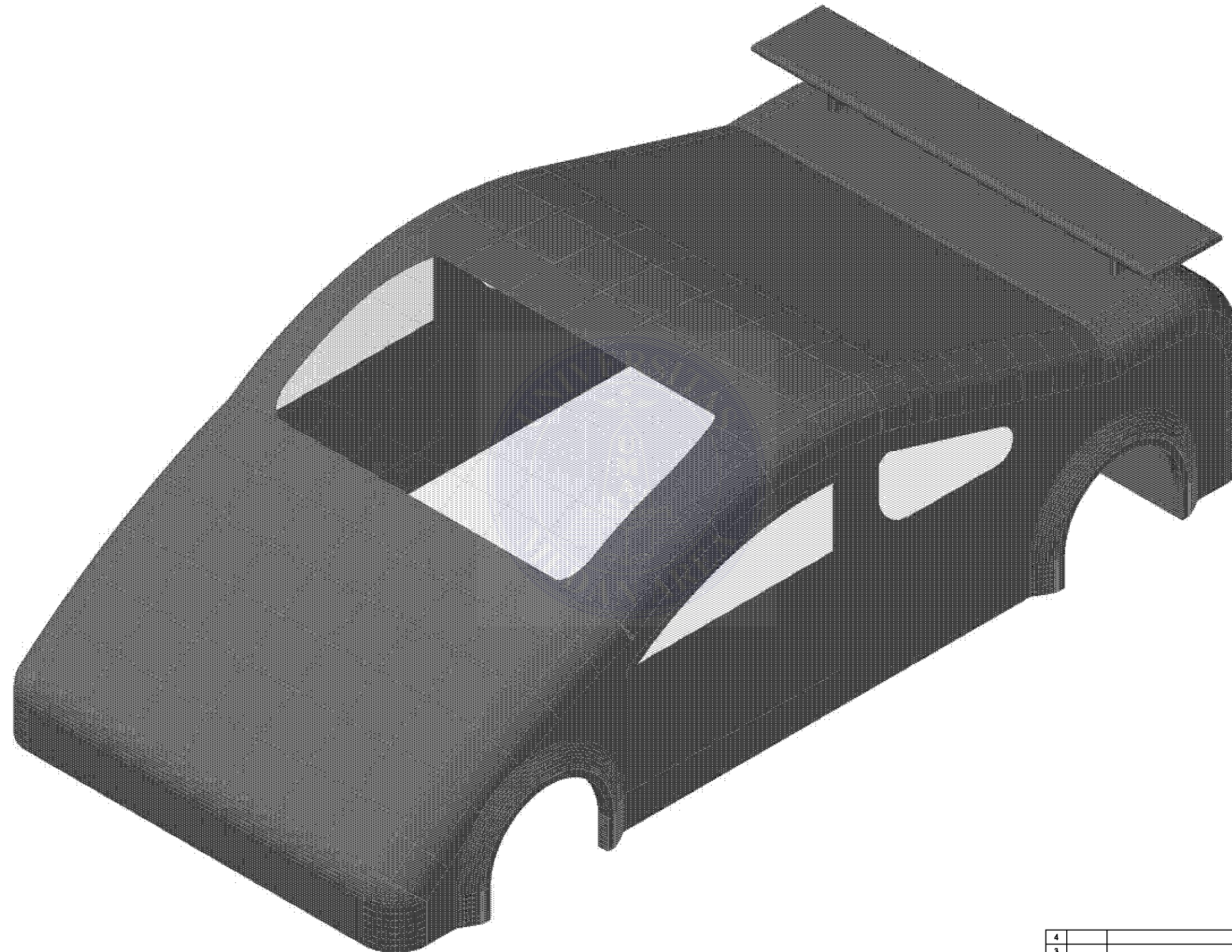
MOULDING



CETAKAN MOBIL

4					
3					
2					
1					
NO	JUMLAH	NAMA	BAHAN	NOMALISASI	PERINGATAN
KEKASARAN MENURUT		TOLERANSI UKURAN MENURUT			TOLERANSI BENTUK
	SKALA :	DIGAMBAR :		PERINGATAN	
	SATUAN : mm	SEMESTER :			
	TANGGAL :	DILIHAT :			
JUR. MESIN FT. UMA					NO:

MOULDING



CETAKAN MOBIL

4					
3					
2					
1					
NO	JUMLAH	NAMA	BAHAN	NOMALISASI	PERINGATAN
KEKASARAN MENURUT	TOLERANSI UKURAN MENURUT				TOLERANSI BENTUK
	SKALA :	DIGAMBAR :		PERINGATAN	
	SATUAN : mm	SEMESTER :			
	TANGGAL :	DILIHAT :			
JUR. MESIN FT. UMA					NO: