

**ANALISIS PENGGUNAAN *SPOILER* TERHADAP NILAI  
*DRAG COEFFICIENT* PADA MOBIL SEDAN X**

**Disusun Oleh :**

**FAUZAN AZHIIMA**

**5315102677**



Skripsi Ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Dalam Mendapatkan Gelar  
Sarjana Pendidikan

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

**2016**

## ABSTRAK

**Fauzan Azhiima**, Analisis Penggunaan Spoiler Terhadap Nilai Drag Coefficient pada Mobil Sedan X. Skripsi, Jakarta: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Oktober 2015.

Aerodinamika merupakan hal yang penting dalam bidang ilmu aplikasi aerodinamika yang ditujukan untuk mendapatkan performansi maksimum dari suatu bentuk. Bentuk sebuah kendaraan yang akan mempengaruhi nilai *drag coefficient*, yang akan berpengaruh pada kecepatan, konsumsi bahan bakar, keseimbangan dan lain-lain. Dalam penelitian ini, analisa karakteristik aerodinamika kendaraan dengan menggunakan *spoiler*, kemudian dilakukan simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Proses simulasi terdiri dari tiga bagian yaitu *preprocessor*, *solving*, dan *postprocessor*. Tahap *preprocessor* meliputi pembuatan konfigurasi mobil sedan x dengan menggunakan *autodesk inventor 2012* dan penggenerasian *mesh*. Proses selanjutnya adalah *solving* dengan *fluent*. Kemudian proses *postprocessor* yaitu menampilkan hasil yang telah dilakukan *fluent*.

Pada dasarnya, penulis meneliti tentang *spoiler* pada sebuah kendaraan. Dalam penelitian ini sebuah mobil sedan x dipasangkan *spoiler* dengan 2 variasi bentuk, dan 3 variasi sudut *spoiler* tersebut. Penelitian ini terpusat pada hasil nilai *drag coefficient* yang dihasilkan dari 2 bentuk dan 3 variasi sudut *spoiler* berdasarkan pada kecepatan 80 km/jam, 100 km/jam, dan 120 km/jam.

Hasil yang dicapai pada penelitian ini adalah nilai komputasi dari *force*, fenomena aerodinamika dari *contour pressure* dan fenomena aerodinamika dari *vector velocity*, dan *pathline* yang mempengaruhi nilai *drag coefficient* pada setiap bentuk dan variasi sudut *spoiler* dari kecepatan diatas. Sehingga, menjadi acuan penentuan konfigurasi yang paling maksimal dalam menghasilkan nilai *drag coefficient* terendah.

Kata kunci : Aerodinamika, *Computational Fluid Dynamic*, *Spoiler*, *Drag Coefficient*.

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : **Analisis Penggunaan *Spoiler* terhadap Nilai *Drag Coefficient* pada Mobil Sedan X**  
Nama : Fauzan Azhiima  
No. Registrasi : 5315102677

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

### DOESN PEMBIMBING

NAMA/JABATAN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Dosen Pembimbing I <b>Dr. Catur Setyawan K, M.T</b> NIP. 197102232006041001	.....	.....
Dosen Pembimbing II <b>Pratomo Setyadi, S.T. M.T</b> NIP. 198102222006041001	.....	.....

### DOSEN PENGUJI

Ketua Sidang <b>Drs. H. Supria Wiganda, M.Pd</b> NIP. 195106041984031001	.....	.....
Sekretaris Sidang <b>Dra. Ratu Amilia Avianti, M.Pd</b> NIP. 19650616199032001	.....	.....
Dosen Ahli <b>Drs. H. Sirojuddin, M.T</b> NIP. 196010271990031003	.....	.....

Tanggal Sidang : 29 Januari 2016

**Mengetahui**

Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin  
Universitas Negeri Jakarta

**Ahmad Kholil, S.T. M.T.**  
NIP. 197908312005011001

## HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi/karya inovatif saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah di tulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah di peroleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 29 Oktober 2014  
Yang membuat pernyataan

Fauzan Azhiima  
5315102677

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini. Shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada nabi Muhammad SAW.

Penulisan skripsi ini bertujuan sebagai persyaratan kelulusan untuk menyelesaikan studi S1 Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta dan juga memberikan kesempatan kepada mahasiswa agar dapat mengimplementasikan teori yang didapat pada bangku kuliah, menambah wawasan pengetahuan serta dapat memaparkan hasil pengetahuan yang didapat selama pelaksanaan penelitian dalam bentuk skripsi.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih atas bantuannya kepada penulis terutama kepada:

1. Bapak Ahmad Kholil, M.T, selaku ketua Prodi Pend.Teknik Mesin FT UNJ.
2. Dr. Catur Setyawan Kusumohadi, M.T, selaku dosen pembimbing yang telah memberi masukan, kritikan, kooreksi, serta saran yang sangat berharga dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Pratomo Setyadi. S.T. M.T, selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberi masukan, kritikan, koreksi, serta saran yang berharga dalam menyelesaikan skripsi ini
4. Seluruh Alumni dan Mahasiswa/I S1 Teknik Mesin FT UNJ, serta seluruh pihak lain yang telah membantu saya dalam menyelesaikan penelitian serta dalam penyusunan skripsi ini, yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari dalam penulisan proposal skripsi ini masih banyak kekurangan, baik dalam sistematika penulisan maupun dalam isi materinya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca, untuk penyempurnaan penulisan skripsi ini dimasa yang akan datang. Akhirnya, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun semua pembacanya.

Jakarta, 29 Oktober 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
LEMBAR PENGAJUAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	2
C. Pembatasan Masalah .....	3
D. Perumusan Masalah .....	4
E. Manfaat Penelitian .....	4
F. Tujuan Penelitian .....	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
A. Aerodinamika .....	6

B. <i>Drag Coefficient</i> (CD)/koefisien hambat .....	8
C. Aliran Fluida.....	11
1. Pengertian Fluida .....	11
2. Klasifikasi Aliran Fluida .....	13
3. Tipe Aliran .....	13
D. <i>Spoiler</i> .....	16
E. Metode <i>CFD</i> ( <i>Computational Fluid Dynamic</i> ).....	17
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	 20
A. Tempat dan Waktu Analisis .....	20
B. Instrumen Penelitian.....	20
1. Perangkat Lunak.....	20
2. Alat Penelitian.....	21
C. Alur Kerja Penelitian.....	21
D. Metode Penelitian.....	23
1. Metode Kajian Pustaka .....	23
2. Metode Eksperimen .....	23
E. Teknik Analisis Data.....	24
F. Proses Penelitian .....	24
1. Geometri Mobil Sedan X .....	24
2. Proses Simulasi Aliran Fluida pada Mobil Sedan X dengan Kecepatan 80 km/jam, 100 km/jam dan 120 km/jam .....	 36

BAB IV HASIL DAN ANALISIS.....	53
A. Validasi Software .....	53
B. Hasil Simulasi Menggunakan Software Ansys Fluent.....	55
C. Pembahasan .....	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	71
A. Kesimpulan .....	71
B. Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA .....	74
LAMPIRAN.....	75

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Nilai CD dari Variasi Sudut <i>Spoiler</i>	56
--	----

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gambar 2.1 Nilai CD dari Berbagai Bentuk yang Berbeda .....	10
Gambar 2.2 Tipe Aliran Fluida .....	14
Gambar 2.3 <i>Spoiler</i> .....	17
Gambar 3.1 Diagram Alur Pengerjaan Skripsi.....	22
Gambar 3.2 Geometri Mobil Sedan X.....	25
Gambar 3.3 Geometri <i>Spoiler</i> .....	25
Gambar 3.4 Geometri <i>Spoiler</i> Model 1.....	26
Gambar 3.5 Geometri <i>Spoiler</i> Model 2.....	26
Gambar 3.6 Variasi Besar Sudut <i>Spoiler</i> .....	27
Gambar 3.7 Konfigurasi Mobil Sedan X .....	27
Gambar 3.8 <i>Sketch Bracket Spoiler</i> .....	28
Gambar 3.9 <i>Sketch</i> Sudut <i>Spoiler</i> .....	29
Gambar 3.10 <i>Extrude Cut</i> .....	29
Gambar 3.11 <i>Sketch</i> Tebal <i>Spoiler</i> .....	30
Gambar 3.12 <i>Extrude</i> Badan <i>Spoiler</i> .....	30

Gambar 3.13 <i>Cut Lengan Kiri Spoiler</i> .....	31
Gambar 3.14 <i>Sayap Spoiler</i> .....	31
Gambar 3.15 <i>Extrude Sayap Spoiler</i> .....	32
Gambar 3.16 <i>Plane X</i> .....	32
Gambar 3.17 <i>Mirror Sayap Spoiler</i> .....	33
Gambar 3.18 <i>Konfigurasi Geometri Spoiler Kedua</i> .....	33
Gambar 3.19 <i>Sketch Permukaan Spoiler Kedua</i> .....	34
Gambar 3.20 <i>Extrude Spoiler Kedua</i> .....	34
Gambar 3.21 <i>Extrude Distance Spoiler Kedua</i> .....	35
Gambar 3.22 <i>Extrude Cut Spoiler Kedua</i> .....	35
Gambar 3.23 <i>New Geometry</i> .....	39
Gambar 3.24 <i>Generate</i> .....	40
Gambar 3.25 <i>Bidang Batas Terowongan Angin (Box)</i> .....	41
Gambar 3.26 <i>Substract Bidang Batas</i> .....	42
Gambar 3.27 <i>Substract Mobil</i> .....	42
Gambar 3.28 <i>Meshing</i> .....	43

Gambar 3.29 <i>Checking mesh</i> .....	44
Gambar 3.30 <i>Air material</i> .....	44
Gambar 3.31 <i>Pressure far Field Zone</i> .....	45
Gambar 3.32 <i>Refence Value</i> .....	46
Gambar 3.33 <i>Create Moment Monitor</i> .....	47
Gambar 3.34 <i>Standart Initializon</i> .....	48
Gambar 3.35 <i>Solution is Convergen</i> .....	49
Gambar 3.36 <i>Force Report</i> .....	50
Gambar 3.37 <i>Pressure Coefficient Contour</i> .....	50
Gambar 3.38 <i>Velocity Contour</i> .....	51
Gambar 3.39 <i>Pathline Colored</i> .....	52
Gambar 4.1 <i>Dimensi Objek Bola</i> .....	53
Gambar 4.2 <i>Hasil Simulasi di Ansys Fluent</i> .....	54
Gambar 4.3 <i>Perbandingan Hasil Nilai CD</i> .....	55
Gambar 4.4 <i>Grafik CD Non Spoiler</i> .....	56
Gambar 4.5 <i>Grafik CD Spoiler Model 1</i> .....	57

Gambar 4.6 Grafik CD <i>Spoiler</i> Model 2.....	57
Gambar 4.7 Kontur Tekanan <i>Non Spoiler</i> .....	59
Gambar 4.8 Kontur Tekanan <i>Spoiler model 1</i> .....	60
Gambar 4.9 Kontur Tekanan <i>Spoiler 2</i> .....	61
Gambar 4.10 Perbandingan Kontur .....	62
Gambar 4.11 <i>Vector Velocity Non Spoiler</i> .....	63
Gambar 4.12 <i>Vector Velocity</i> Model 1.....	64
Gambar 4.13 <i>Vector Velocity</i> Model 2.....	65
Gambar 4.14 <i>Perbandingan Vector Velocity</i> .....	66
Gambar 4.15 <i>Pathline Non Spoiler</i> .....	67
Gambar 4.16 <i>Pathline</i> Model 1.....	68
Gambar 4.17 <i>Pathline</i> Model 2.....	68
Gambar 4.18 <i>Pathline</i> .....	69

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 .....75

Lampiran 2.....76

Lampiran 3.....77



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Semakin berkembangnya perindustrian mobil, banyak pengguna mobil memodifikasi kendaraan mereka, salah satunya penambahan *body kit* maupun *spoiler* untuk lebih menambah daya tarik. Disamping itu *spoiler* tidak hanya menambah daya tarik, melainkan untuk meningkatkan efisiensi aerodinamis pada kendaraan.

Aerodinamika adalah ilmu yang mempelajari pengaruh udara terhadap benda kerja yang bergerak menembus udara yang dilaluinya. Pada kendaraan roda empat peran aerodinamika ini sangat penting untuk penghematan bahan bakar dan peningkatan efisiensi mesin. Hubungan antara nilai *drag coefficient* dan nilai konsumsi bahan bakar untuk suatu model kendaraan uji diperlihatkan untuk berbagai nilai kecepatan, kenaikan nilai koefisien hambatan udara akan diikuti oleh kenaikan nilai konsumsi bahan bakar<sup>1</sup>. Banyak cara yang dilakukan untuk menempuh hal tersebut, diantara dengan mengurangi gaya *drag coefficient* yang timbul, dimana hal ini tidak lepas hubungannya dengan konsep *boundary layer*.

---

<sup>1</sup> Alva Edy Tantowi “Pengaruh Koefisien Hambatan Udara Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Pada Kendaraan Mini Bus”, *Jurnal Media Teknik* No.3 tahun (1990), hal. 126

*Spoiler* adalah berupa bentuk tambahan atau aksesoris mobil yang terbuat dari bahan fiber atau karbon. Aksesoris mobil ini dipasang pada bagian bagasi mobil dan bibir belakang mobil bagi mobil yang tidak mempunyai bagasi. *Spoiler* ini berfungsi untuk menurunkan *drag coefficient* pada mobil jika benar pemasangannya. *Spoiler* awalnya dipakai pada mobil-mobil balap untuk meningkatkan traksi ban, karena dipercaya mampu mengontrol arah angin yang datang ke mobil sehingga mobil mendapat daya tekan lebih pada bagian buritan (*downforce*) agar bisa tetap melaju dengan mulus diatas permukaan jalan tanpa melayang ataupun melintir saat menikung.

Pada saat kendaraan melaju dalam kecepatan tinggi, banyak gaya yang bekerja pada kendaraan tersebut, diantaranya gaya *lift up*, *down force*, gaya turbulen, gaya gesek kulit (gesekan fluida pada bodi mobil), dan *ground clearance* yang bekerja dibagian bawah mobil yang berpengaruh juga pada gaya *lift up*.

Berdasarkan latar belakang diatas penggunaan *spoiler* pada kendaraan sangatlah berguna, sehingga diperlukan penelitian mendalam pada hal itu. Oleh karena itu peneliti menetapkan judul penelitian ini adalah :“Analisis Penggunaan *Spoiler* Terhadap *Drag Coefficient* pada Mobil Sedan X”

## **B. Identifikasi Masalah**

Dari latar belakang masalah diatas dapat diambil beberapa identifikasi masalah, yaitu sebagai berikut:

- a. Bagaimana pengaruh penggunaan *spoiler* terhadap nilai *drag coefficient*?
- b. Bagaimana analisa laju aliran fluida pada kendaraan?
- c. Faktor apa saja yang mempengaruhi *drag coefficient* pada mobil?
- d. Bagaimanakah pengaruhnya nilai *drag coefficient* terhadap konsumsi bahan bakar?

### C. Pembatasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah diatas, maka penulis membatasi masalah pada analisis nilai *drag coefficient* pada mobil sedan x dengan memvariasikan sudut *spoiler* dan dengan dua bentuk permukaan *spoiler* yang berbeda pada kendaraan tersebut. Batasan terkait desain dan analisis spoiler antara lain:

- Letak *spoiler* pada bagian bagasi mobil sedan x dengan dimensi yang telah ditentukan.
- Kecepatan kendaraan yang diujikan besarnya masing-masing yaitu 80 km/jam, 100 km/jam, dan 120 km/jam.
- Pembahasan lebih ditekankan pada sejauh mana pengaruh penggunaan *spoiler* terhadap mobil sedan x, baik sudut dan bentuk terhadap daya yang dihasilkan sehingga didapatkan nilai *drag coefficient*.

#### D. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah dan pembatasan masalah di atas, maka perumusan masalahnya, yaitu: Bagaimana bentuk dan berapa besar sudut sehingga didapatkan nilai *drag coefficient* terendah bila dianalisis dengan menggunakan program *ansys fluent*?

#### E. Tujuan Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk turut serta dalam upaya mendukung kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi terutama pada bidang keteknikan.

Adapun tujuan utamanya adalah :

1. Mengetahui besar sudut *spoiler* untuk menurunkan nilai *drag coefficient* pada kendaraan.
2. Mengetahui bentuk *spoiler* untuk menurunkan *drag coefficient* pada kendaraan.
3. Mengetahui perbandingan nilai *drag coefficient* dari simulasi komputasi dan menentukan konfigurasi terbaik yang dapat menghasilkan nilai *drag coefficient* paling rendah.

## F. Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan *output* kebermanfaatan antara lain sebagai berikut :

- a. Mengembangkan kreatifitas dalam memaksimalkan ilmu aerodinamika untuk mobil.
- b. Bagi dunia pendidikan dapat menambah bekal ilmu yang bermanfaat terutama untuk jurusan otomotif dan perancangan.
- c. Menjadi bagian sebagai bahan ajar pada mata kuliah aerodinamika dan juga mata pelajaran teknik bodi kendaraan di SMK.
- d. Meningkatkan pemahaman penulis dalam pengaplikasian *fluent* dan *autodesk inventor*

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **A. Aerodinamika**

Aerodinamika berasal dari dua buah kata yaitu *aero* yang berarti bagian dari udara atau ilmu kendaraan dan *dynamic* yang berarti cabang ilmu alam yang menyelidiki benda-benda bergerak serta gaya yang menyebabkan gerakan-gerakan tersebut. *Aero* berasal dari bahasa Yunani yang berarti udara, dan *dynamic* yang diartikan kekuatan atau tenaga. Jadi aerodinamika dapat diartikan sebagai ilmu pengetahuan mengenai akibat-akibat yang ditimbulkan udara atau gas-gas lain yang bergerak. Yaitu suatu perubahan gerak dari suatu benda akibat dari hambatan udara ketika benda tersebut melaju dengan kecepatan tinggi, benda yang dimaksud diatas dapat berupa kendaraan bermotor (mobil, truk, bis maupun motor) yang sangat terkait hubungannya dengan aerodinamika sekarang ini. Dalam aerodinamika dikenal beberapa gaya yang bekerja pada sebuah benda dan lebih spesifik lagi pada mobil.

Tahanan aerodinamika, gaya angkat aerodinamik, dan momen anguk aerodinamik memiliki pengaruh yang bermakna pada unjuk kendaraan pada kecepatan sedang dan tinggi. Peningkatan penekanan pada penghematan bahan bakar dan pada penghematan energi telah memacu keterkaitan baru dalam

memperbaiki unjuk kerja aerodinamika pada jalan raya. Gaya-gaya yang bekerja pada mobil yang bergerak dengan kecepatan tinggi yaitu:

1. *Gaya lift up*

Yaitu gaya angkat keatas pada mobil sebagai akibat pengaruh dari :

1. Kecepatan (*speed*)
2. Garis arus aliran udara (*streamline*)

2. *Down force*

Yaitu gaya tekan kebawah pada mobil akibat pengaruh dari :

1. Penambahan aksesoris pada mobil
2. Bentuk telapak (kembangan) ban
3. Penempatan titik berat
4. Bobot berat dan bobot penumpang
5. Penempatan *spoiler*

3. *Gaya turbulen (wake)*

Gaya yang terjadi dibagian dibelakang mobil yang berupa hembusan angin dari depan membentuk pusaran angin dibagian belakang mobil.

4. *Gaya gesek kulit*

Gaya yang disebabkan oleh gaya geser yang timbul pada permukaan-permukaan luar kendaraan melalui aliran udara.

#### 5. *Ground Clearance (force)*

Yaitu gaya yang bekerja dibagian bawah mobil yang berpengaruh juga pada *lift up*

### **B. *Drag Coefficient (CD)/koefisien hambat***

Dalam bidang aerodinamika *drag coefficient* memiliki pengaruh yang besar terhadap gerak benda, dalam hal ini benda adalah mobil. Karena gaya hambat menimbulkan gesekan pada bodi mobil sehingga mengakibatkan kerugian dari sisi daya harus dikeluarkan oleh mesin mobil. Hal inilah yang menyebabkan para ahli aerodinamika terus berusaha mencari solusi untuk mengurangi pengaruh *drag coefficient* pada kendaraan.

*Drag Coefficient* merupakan suatu nilai yang menunjukkan koefisien tahanan dari sebuah obyek benda terhadap fluida. Semakin *streamline* bentuk benda maka *drag coefficient* yang dihasilkan semakin kecil, dan semakin besar penampang benda maka semakin besar *drag coefficient* yang dihasilkan.

$$CD = \frac{FD}{\frac{1}{2}\rho V^2 A} \quad (2.1)^2$$

---

<sup>2</sup> Frank M. White, *Mekanika fluida : Jilid 2 Edisi Kedua*. Alih bahasa: Ir Manahan Hariandja

Dimana:

CD = *Drag Coefficient*

$\rho$  = Densitas udara

V = Kecepatan relative benda terhadap udara

A = Luas penampang

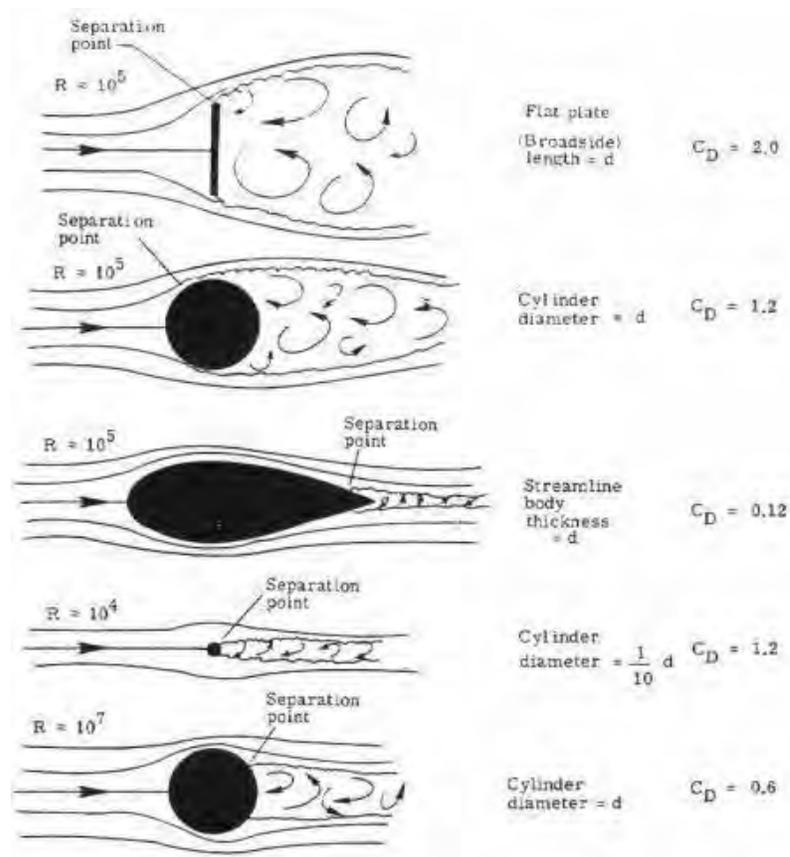
FD = Gaya hambat (*drag force*)

*Drag Coefficient* merupakan gaya aerodinamika yang paling penting karena dapat mempengaruhi kecepatan maksimum serta konsumsi bahan bakar pada kendaraan yang sedang melaju pada kecepatan tinggi.

Faktor aerodinamika pada kendaraan dapat dikurangi dengan merubah parameter-parameter kendaraan. Parameter yang mempengaruhi tahanan aerodinamika pada kendaraan dapat diuraikan sebagai berikut :

- a) Parameter bentuk, yaitu bentuk dari kendaraan itu sendiri seperti bentuk depan, atap termasuk penunjangnya, bentuk belakang, bentuk samping, dan bentuk bawah kendaraan.
- b) Parameter fungsional, yaitu bagian yang diperlukan pada kendaraan seperti: kaca spion, radiator dll.
- c) Parameter posisi, yaitu posisi kendaraan terhadap aliran udara seperti sudut datang, jarak dengan permukaan tanah dan beban kendaraan.

Ketergantungan bentuk, *drag coefficient* pada benda tumpul seperti bola, kotak akan lebih besar jika dibandingkan dengan benda *streamline* seperti *airfoil*, benda runcing. Hal ini karena benda yang *streamline* maupun benda runcing mempunyai daerah *wake* (olakan aliran dibelakang benda) yang lebih kecil dibandingkan dengan benda tumpul. Sesuai gambar dibawah benda ini :



Gambar 2.1 Nilai *Drag Coefficient* dari Berbagai Bentuk yang Berbeda<sup>3</sup>

<sup>3</sup> John D. Anderson, Jr. *Fundamentals Of Aerodynamics Fourth Edition*. (New York:McGraw-Hill, 2007) hal 72

## C. Aliran Fluida

### 1. Pengertian Fluida

Fluida adalah suatu zat yang terus menerus berubah bentuk apabila mengalami tegangan geser, seberapapun kecilnya tegangan geser, semakin besar laju perubahan fluida, makin besar pula tegangan geser untuk fluida tersebut<sup>4</sup>. Terdapat dua jenis fluida, yaitu fluida cair dan fluida gas. Beberapa sifat fluida merupakan elemen penting yang mempengaruhi tegangan geser ialah :

#### a) Kerapatan

Kerapatan (*density*) suatu fluida didefinisikan sebagai ukuran untuk konsentrasi zat tersebut dan dinyatakan dalam massa persatuan volume. Sifat hal ini ditentukan dengan cara menghitung rasio massa zat yang tergantung dalam suatu bagian terhadap volume tersebut<sup>5</sup>. Volume jenis adalah volume yang ditempati oleh sebuah satuan massa zat.

$$V = \frac{1}{\rho} \quad (2.2)^6$$

Berat jenis adalah gaya gravitasi terhadap masa yang terkandung dalam sebuah satuan volume zat. Berat jenis dipengaruhi oleh harga percepatan

---

<sup>4</sup> Victor L. Streeter, *Mekanika Fluida*: Edisi Delapan Jilid 1. Alih Bahasa Arko Prijono (Jakarta : Erlangga, 1993) hal. 3

<sup>5</sup> *Ibid.*, hal. 13

<sup>6</sup> *Ibid*

gravitasi disuatu daerah. Seperti pegunungan mempunyai nilai gravitasi yang lebih besar daripada didaerah perkotaan, Karen hal ini dipengaruhi oleh kerapatan fluida.

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (2.3)^7$$

b) Viskositas

Viskositas fluida merupakan sifat fluida yang menyatakan ukuran ketahanan sebuah fluida terhadap deformasi atau perubahan bentuk. Viskositas suatu fluida bertambah dengan naiknya temperatur karena makin besarnya aktivitas molekulat ketika temperatur meningkat. Viskositas adalah sifat fluida yang mendasari diberikannya tahanan terhadap tegangan geser oleh fluida tersebut<sup>8</sup>.

c) Kompresibilitas

Beberapa jenis fluida dapat mengalami perubahan bentuk akibat gesekan viscous atau kompresi oleh suatu tekanan dari luar yang bekerja terhadap suatu tekanan dari luar yang bekerja terhadap suatu volume fluida. Kompresibilitas suatu zat dapat didefinisikan menurut Bulk Modulus elastisitas rata ialah :

$$K = \frac{P_2 - P_1}{(V_2 - V_1)} = \frac{-\Delta P}{v/v} \quad (2.4)^9$$

Dimana:

---

<sup>7</sup> *Ibid*

<sup>8</sup> *Ibid.*, hal 8

<sup>9</sup> *Ibid*

K = Kompreibilitas

P = Tekanan

V = Volume

Aliran dianggap tak dapat mampat (*incompressible*) apabila perubahan kerapatan fluida dapat diabaikan. Semua aliran zat cair dan aliran gas pada kecepatan rendah boleh dianggap aliran yang tidak dapat mampat. Aliran fluida dengan kecepatan diatas sekitar 60-90 m/s harus dianggap aliran dapat mampat. Fluida dianggap tidak dapat mampat adalah fluida yang kerapatannya tidak tergantung pada tekanan.

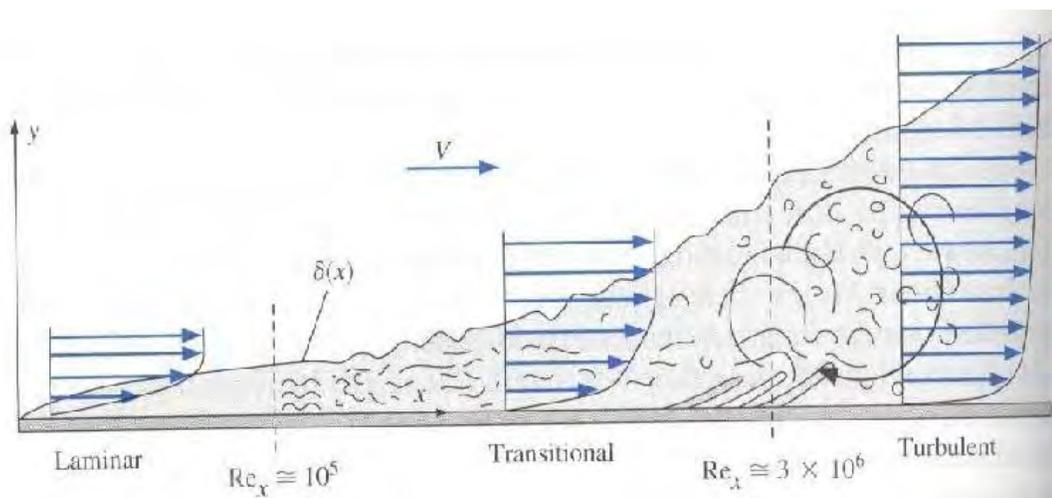
## 2. Klasifikasi Aliran Fluida

Klasifikasi aliran fluida banyak dikategorikan seperti *steady*, seragam atau tidak seragam, laminar, turbulen, dan aliran mampu mampat atau tak mampat. Namun secara umum jenis aliran dapat dibedakan sebagai berikut :

- a. *Steady* : Suatu aliran dimana kecepatannya tidak terpengaruh oleh perubahan waktu, sehingga kecepatannya konstan pada setiap titik.
- b. *Unsteady* : Suatu aliran dimana terjadi perubahan kecepatan terhadap waktu.

## 3. Tipe Aliran

- a. Aliran *laminar* adalah aliran fluida yang bergerak dengan kecepatanyang sama dan dengan lintasan partikel yang tidak memotong atau menyilang, dapat dikatakan bahwa aliran *laminar* ditandai dengan keteraturan aliran fluida.
- b. Aliran *turbulen* adalah gerakan fluida yang tidak lagi tenang melainkan menjadi bergolak. Pada aliran turbulen partikel fluida tidak membuat fluktuasi tertentu dan tidak memperlihatkan pola gerakan yang dapat diamati.
- c. Aliran transisi adalah batas perubahan antara aliran *laminar* menuju aliran *turbulen*<sup>10</sup>.



Gambar 2.2 Tipe Aliran Fluida<sup>11</sup>

<sup>10</sup> Hakim Khaerizal, *Analisis Koefisien Hambat (Drag) dan Visualisasi Aliran pada Fairing Sepeda Motor Sport 150CC dengan Menggunakan Software CFD* (Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta), hal.10

Untuk menganalisa kedua tipe aliran ini diberikan parameter tak berdimensi yang dikenal dengan nama bilangan reynolds :

$$Re = \frac{(\rho.Vs.d)}{\mu} = \frac{Vs.L}{\mu} = \frac{\text{gaya inersia}}{\text{gaya viskos}} \quad (2.5)^{12}$$

Dimana :

Re = Bilangan reynolds

$\rho$  = massa jenis (kg/m<sup>3</sup>)

$\mu$  = viskositas dinamis (N.s/m<sup>2</sup>)

d = diameter (m)

v = kecepatan aliran (m/s)

Transisi dari aliran *laminar* dan *turbulen* karena bilangan reynolds tertentu aliran *laminar* menjadi tidak stabil. Transisi tergantung pada gangguan-gangguan yang dapat berasal dari luar atau karena kekasaran permukaan, transisi tersebut dapat terjadi dalam selang bilangan reynolds, dan aliran *laminar* pada kondisi dimana bilangan reynolds lebih kecil dari 10<sup>5</sup> dan

---

<sup>11</sup> Yunus A.Cengel, *Fluid Mechanics* (New York:Mc Graw Hill, 2006) hal. 541.

<sup>12</sup> E. John Finnemore and Joseph B Franzini.*Fluid Mechanics With Engineering Applications* (Newyork: McGrawHill, 2002) hal 279.

*turbulen* jika bilangan reynolds lebih besar  $3 \times 10^6$ . Jika bilangan reynolds berada diantara  $10^5$  dan  $3 \times 10^6$  adalah merupakan daerah transisi<sup>13</sup>.

#### D. *Spoiler*

*Spoiler* adalah berupa bentuk tambahan atau aksesoris mobil yang terbuat dari bahan *fiber* atau karbon. Komponen ini sering dipakai untuk memodifikasi mobil, biasanya dipasang pada mobil balap yang mempunyai karakteristik membuat kendaraan lebih stabil dan baik untuk kecepatan tinggi.

Penggunaan *spoiler* ini berfungsi untuk menahan gaya *lift up* belakang yang ditimbulkan saat kecepatan tinggi agar mobil tidak melayang dan terbang yang akan membahayakan pengemudi dan penumpang.

*Spoiler* umumnya dibuat untuk diletakkan dibagian belakang mobil seperti bagasi, dibagian belakang atas kaca belakang. Bentuk *spoiler* itu menyerupai *wing*, hanya saja *spoiler* itu cenderung berbentuk lebih landai dan kecil dan umumnya langsung menempel pada *body* kendaraan.

---

<sup>13</sup> Yunus A. Cengel *Loc.it*



Gambar 2.3 Spoiler

#### **E. Metode CFD (*Computational Fluid Dynamic*)**

CFD (*Computational Fluid Dynamic*) adalah metode perhitungan dengan sebuah kontrol dimensi, luas dan volume dengan memanfaatkan bantuan komputasi komputer untuk melakukan perhitungan pada tiap-tiap elemen pembagiannya. Prinsipnya adalah ruang yang berisi fluida yang akan dilakukan perhitungan dibagi-bagi menjadi beberapa bagian, hal ini sering disebut dengan sel dan prosesnya dinamakan *meshing*. Bagian-bagian yang terbagi tersebut merupakan sebuah kontrol penghitungan yang akan dilakukan adalah aplikasi. Kontrol-kontrol penghitungan ini beserta kontrol-kontrol penghitungan lainnya merupakan pembagian ruang yang disebut *meshing* tersebut. Dalam merancang suatu produk, CFD memberikan fleksibilitas karena model pengujian dapat

dirubah dengan hanya mengubah gambar CAD (*Computer Aided Design*) dan segera dapat disimulasikan ulang<sup>14</sup>.

Metode CFD merupakan penghitungan yang mengkhususkan pada fluida, mulai dari aliran fluida, *heat transfer* dan reaksi kimia yang terjadi pada fluida. Perhitungan atas prinsip-prinsip dasar mekanika fluida, konservasi energi, momentum, massa serta spesies dapat dilakukan. Secara sederhana proses perhitungan yang dilakukan oleh aplikasi CFD adalah dengan control-kontrol perhitungan yang telah dilakukan, maka kontrol perhitungan tersebut akan melibatkan dengan memanfaatkan persamaan-persamaan yang terlibat. Secara umum proses penghitungan CFD terdiri atas 3 bagian utama :

1. *Preprocessor*
2. *Processor*
3. *Postprocessor*

*Preprocessor* adalah tahap dimana data di *input* mulai dari pendefinisian domain serta pendefinisian kondisi batas atau *boundary condition*. *Boundary condition* yang dipilih dengan permodelan *k-epsilon*, karena model ini merupakan turbulensi semi empiris yang lengkap, walaupun masih sederhana, memungkinkan untuk dua persamaan yaitu kecepatan turbulen (*turbulent velocity*) dan skala panjang (*length scale*) ditentukan secara bebas. Ditahap ini

---

<sup>14</sup> Sony Irawan Kartika, "Perancangan dan Analisa Geometri Bodi Kendaraan Surya Lomba berbasis Airfoil NACA 66 Berbantuan Computational Fluid dynamics" (Tesis Program Pasca sarjana Bidang Ilmu Teknik Universitas Indonesia, 2005) hal. 12

juga sebuah benda atau ruangan yang akan dianalisa dibagi-bagi dengan jumlah *grid* tertentu atau sering juga disebut dengan *meshing*. Tahap selanjutnya adalah *processor*, pada tahap ini dilakukan proses penghitungan data-data input dengan persamaan yang terlibat secara iteratif. Artinya, penghitungan dilakukan hingga hasil menuju *error* terkecil atau hingga mencapai nilai yang konvergen. Penghitungan dilakukan secara menyeluruh terhadap volume kontrol dengan proses integrasi persamaan diskrit. Tahap akhir merupakan tahap *postprocessor* dimana hasil perhitungan di interpretasikan ke dalam gambar, grafik bahkan animasi dengan pola tertentu.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Tempat dan Waktu Analisis**

Tempat Penelitian : Lab. Penelitian, Material, Safety & Fire Engineering

Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta

Jl. Rawamangun Muka, Jakarta Timur

Waktu Pengerjaan : Juni – Desember 2015

09.00 – 15.00 WIB

#### **B. Instrumen Penelitian**

Instrumen yang digunakan dalam perancangan dan penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### 1. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan peneliti adalah sebagai berikut :

1. *Microsoft office word 2010*

2. *Autodesk inventor*

3. *Ansys fluent*

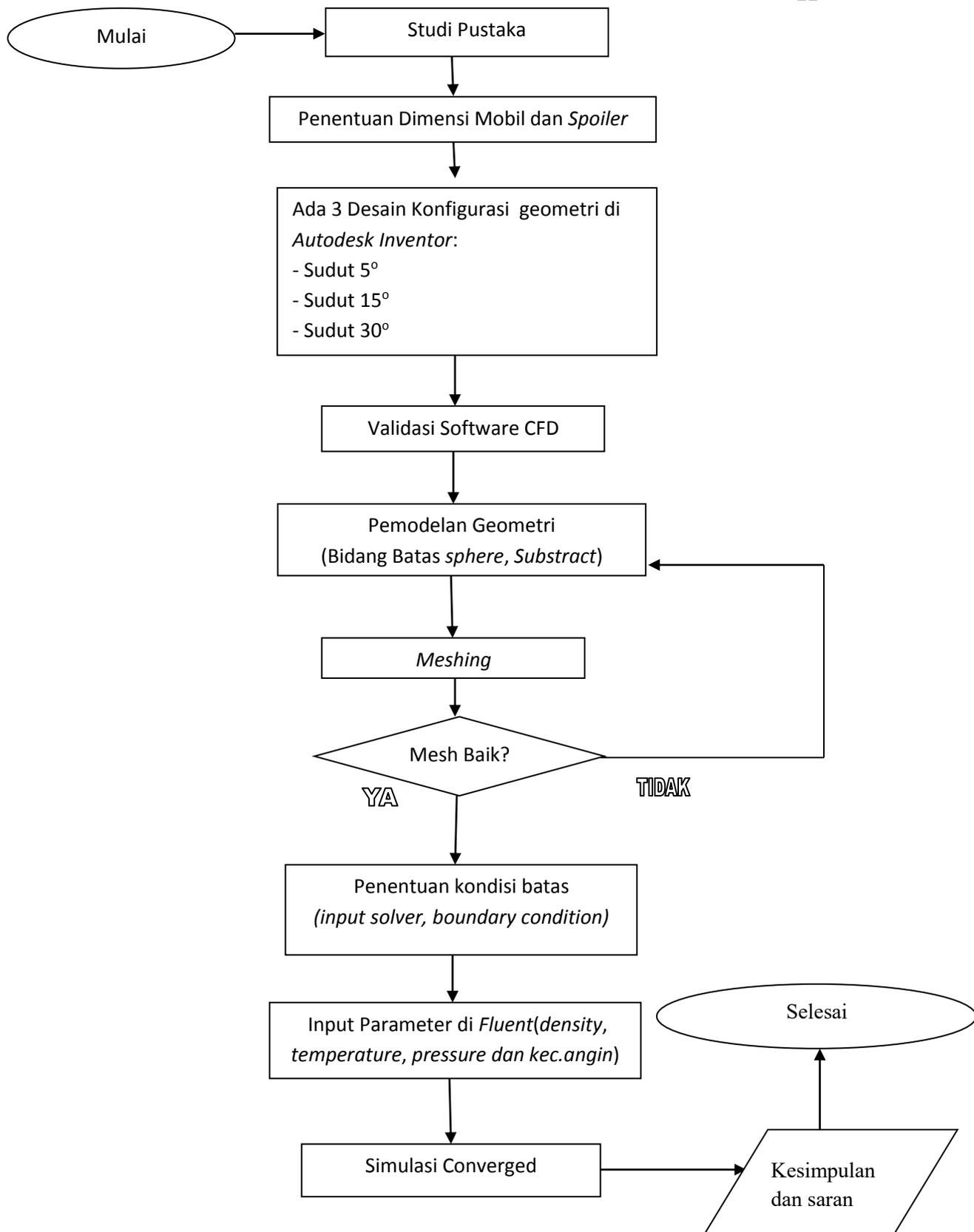
## 2. Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Komputer
2. Buku yang digunakan sebagai referensi
3. Jurnal terkait spoiler
4. Laporan penelitian *spoiler*
5. Kalkulator
6. Peralatan tulis

### C. Alur Kerja Penelitian

Alur kerja merupakan penjelasan tentang tahapan yang akan ditempuh dalam penelitian ini. Di mulai dari studi literatur, kemudian perencanaan dimensi atau ukuran mobil sedan x, penentuan desain *spoiler* pada mobil sedan x menggunakan *software autodesk inventor*, pengujian menggunakan *software ansys fluent* yang terdiri dari tahap pemodelan geometri, tahap *meshing* dan analisis aliran fluida pada *fluent* hingga penyusunan hasil penelitian. Berikut ini adalah alur kerja yang akan dilakukan, dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 3.1 Diagram Alur Pengerjaan Skripsi

## D. Metode Penelitian

Dalam pengumpulan data, penulis menggunakan beberapa metode yang dapat membantu dalam penelitian ini. Metode tersebut adalah sebagai berikut:

### 1. Metode Kajian Pustaka

Penulis mengadakan studi literatur dari buku maupun jurnal-jurnal yang berhubungan dengan penentuan dimensi atau ukuran mobil sedan x dan *spoiler* dari jurnal-jurnal, *software autodesk inventor* maupun *ansys fluent*.

### 2. Metode eksperimen

Penulis melakukan desain 2 bentuk *spoiler* dengan 3 macam variasi besar sudutnya. Kemudian, melakukan analisis dengan bantuan program-program komputer yang paling utama adalah dengan *autodesk inventor*, maupun *ansys fluent*. Pada dasarnya, penulis akan meneliti tentang hasil nilai *drag coefficient* pada ke 2 bentuk dan dengan 3 variasi besar sudutnya dari nilai komputasi yang dihasilkan dari proses simulasi *fluent*.

## E. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah membuat desain bentuk mobil sedan x dan *spoiler* yang akan digunakan sebagai penelitian, kemudian memvariasikan besar sudutnya, dilakukan analisis aliran fluida pada kecepatan 80 km/jam, 100 km/jam dan 120 km/jam. Sehingga, didapatkan nilai *drag coefficient*. Dalam hal ini dilakukan analisa dengan bantuan program (*software*) yang ada di komputer untuk memperoleh hasil dari penelitian.

## F. Proses Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis *drag coefficient* yang dihasilkan dari ke 2 bentuk dengan variasi besar sudut yang berbeda. Penulis memfokuskan bahasan skripsi ini pada perancangan aerodinamis yang mana meliputi perancangan dan perhitungan secara komputasi.

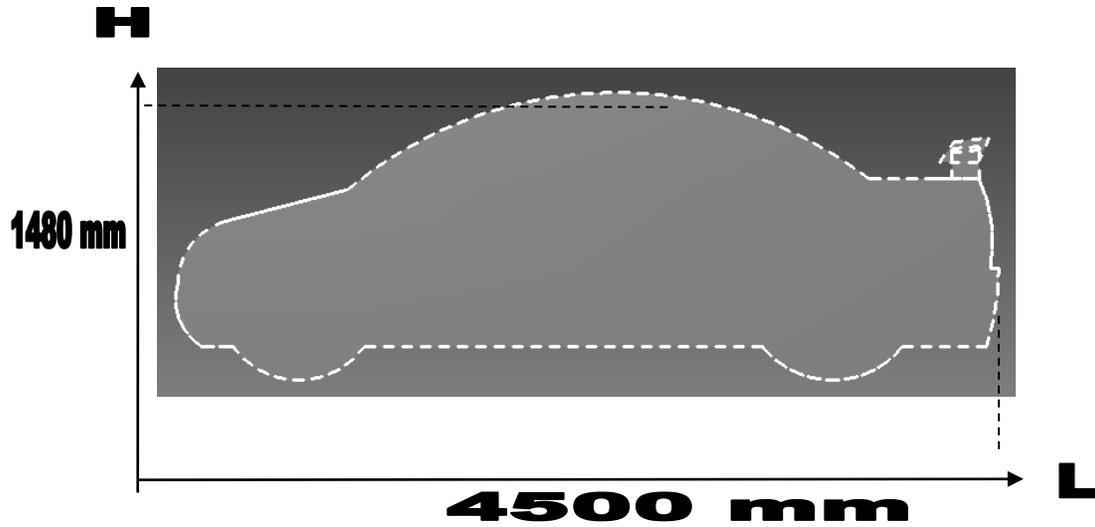
Untuk itu dimensi yang digunakan dalam menentukan desain mobil sedan x dan *spoiler* ini, mengacu pada ukuran yang ada dipasaran, yaitu :

### 1. Geometri Mobil Sedan X

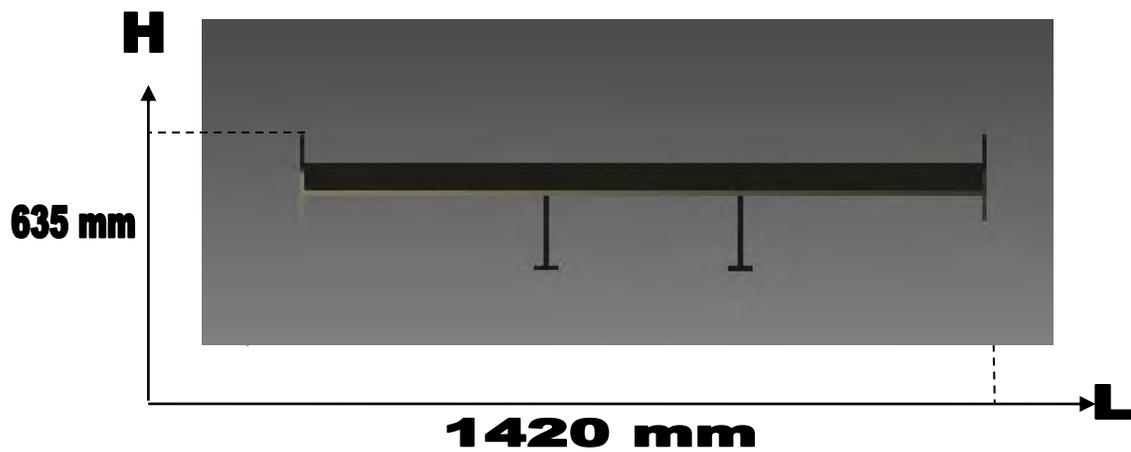
Pemodelan yang dilakukan dengan data referensi dari sketsa yang telah dibuat, adapun parameter yang menjadi dasar pembuatan model dengan menggunakan *autodesk inventor* sebagai berikut :

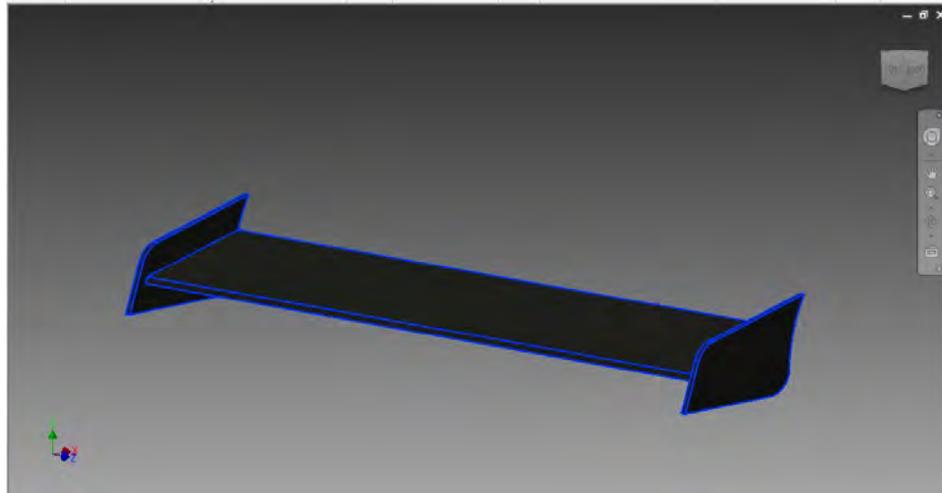
1. Profil model dan penempatan posisi sesuai dengan sketsa yang telah dibuat.

2. Profil *spoiler*, mengikuti profil yang telah disediakan
3. Variasi *spoiler* berjumlah 2 buah geometri
4. Variasi *spoiler* dengan perbedaan sudut sebesar  $5^\circ$ ,  $15^\circ$ , dan  $30^\circ$ .

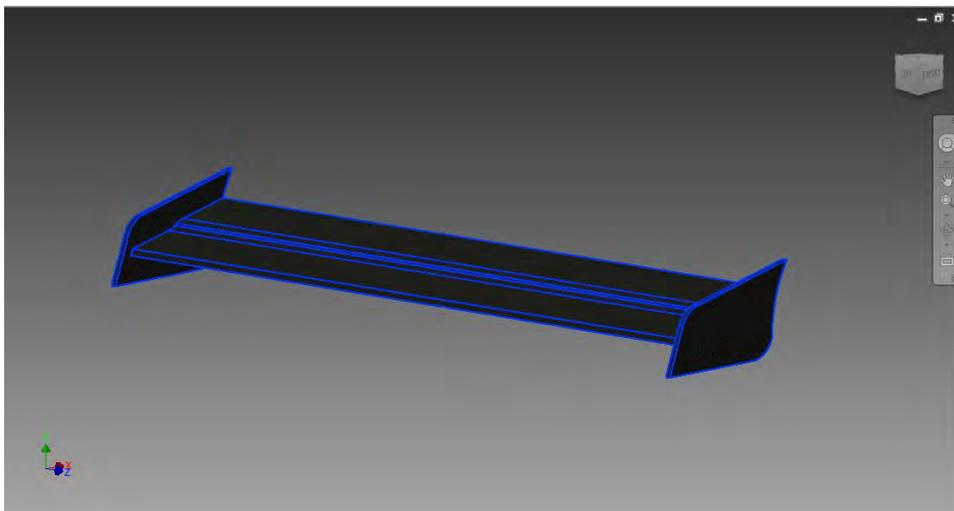


Gambar 3.2 Geometri Mobil Sedan X

Gambar 3.3 Geometri *Spoiler*



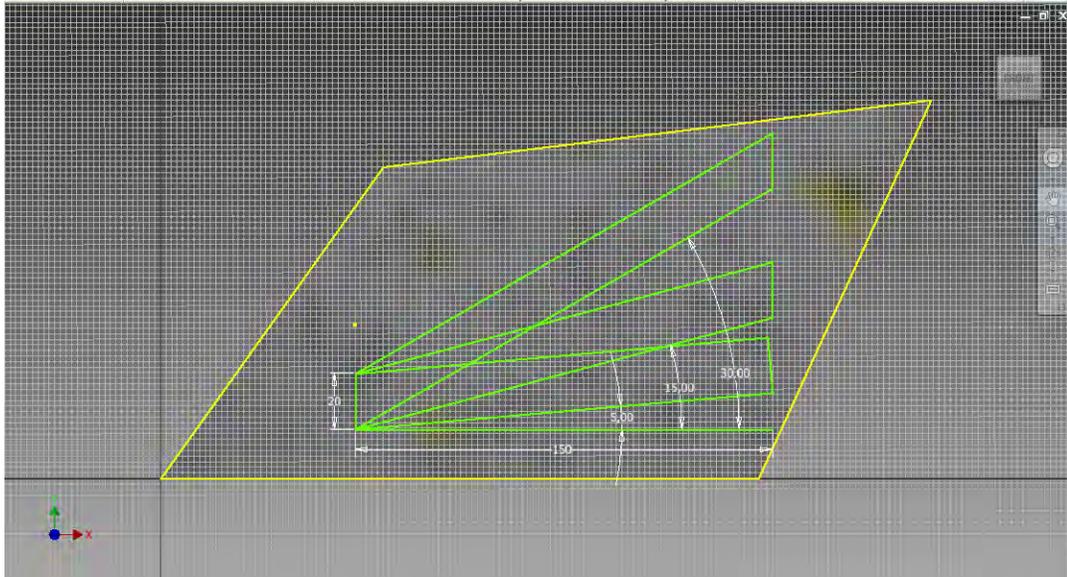
Gambar 3.4 Gambar *Spoiler* Model 1



Gambar 3.5 Gambar *Spoiler* Model 2

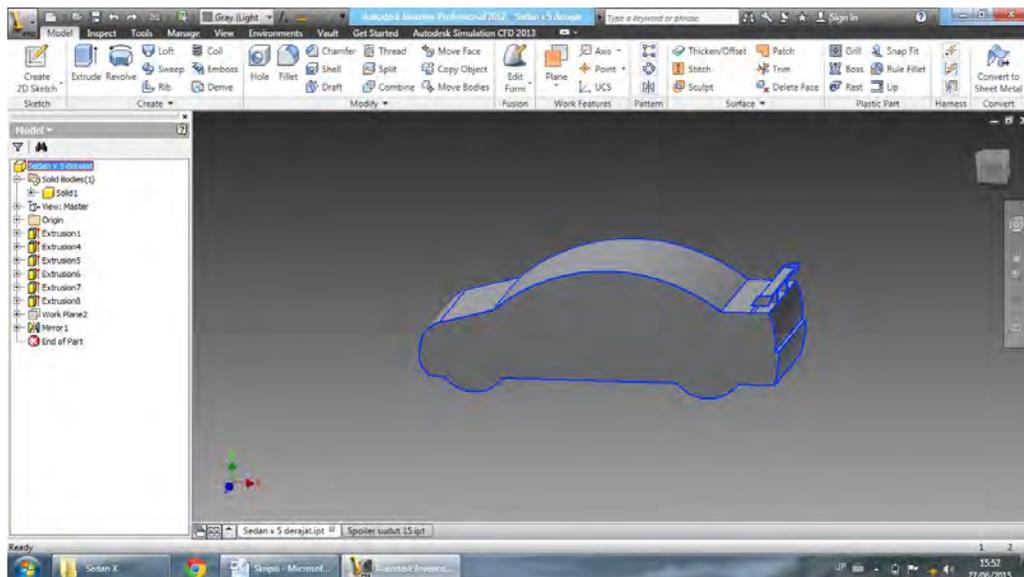
Kemudian, dibuat 2 bentuk *spoiler* divariasikan sudutnya sebagai berikut :

1.  $5^\circ$
2.  $15^\circ$
3.  $30^\circ$



Gambar 3.6 Variasi Besar Sudut Spoiler

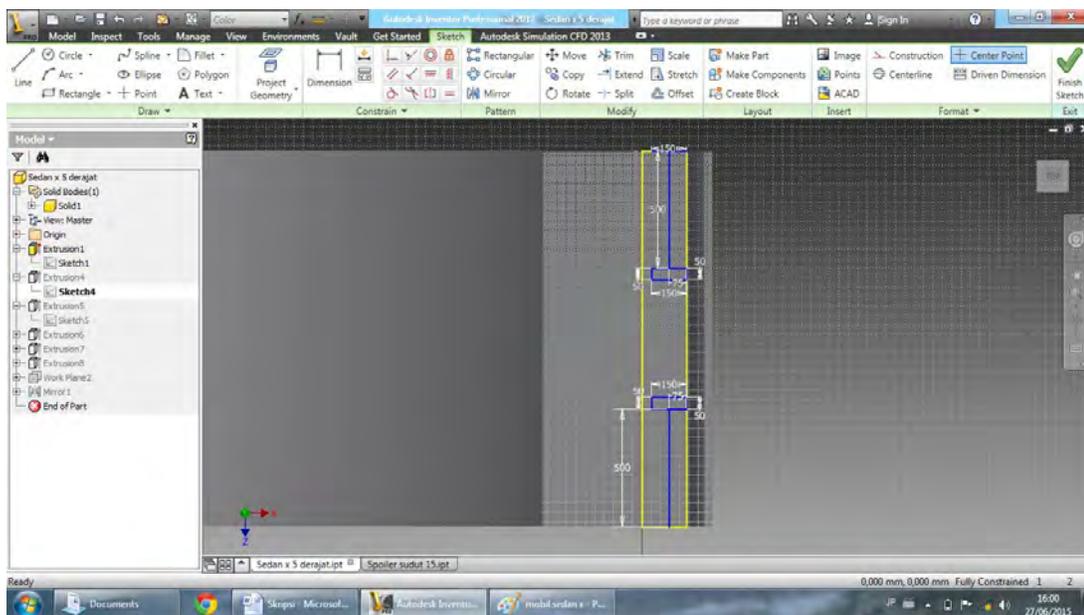
#### A. Konfigurasi geometri mobil sedan x



Gambar 3.7 Konfigurasi Geometri Mobil Sedan x

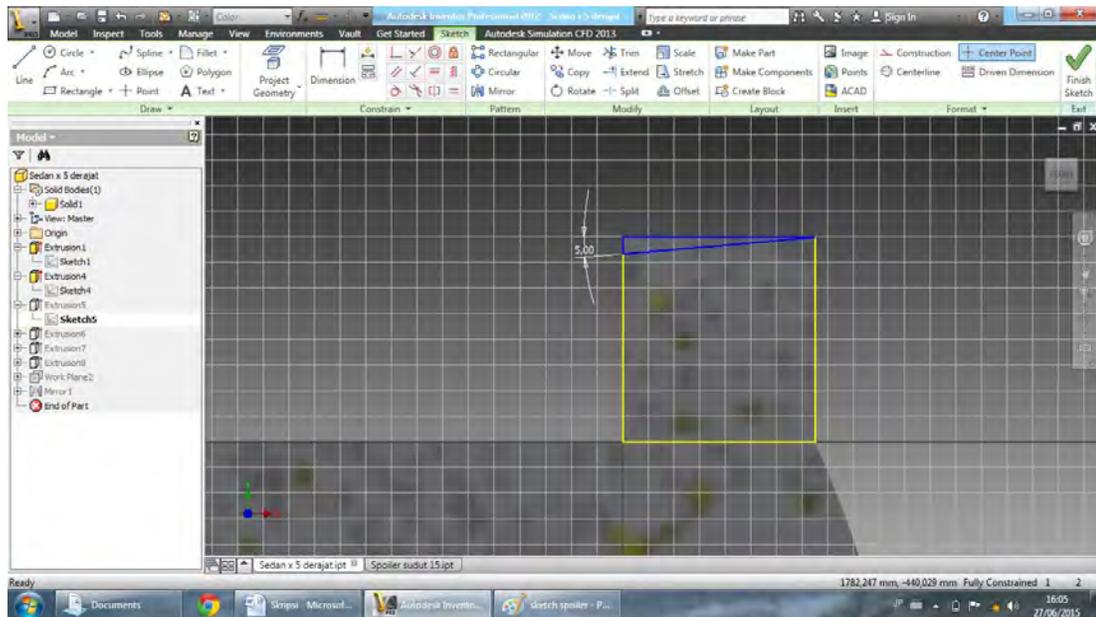
Langkah Desain :

1. Buka *autodesk inventor professional*
2. Pilih *new*
3. Pilih menu *metric>standard (mm).ipt>ok*
4. Bentuk *sketch* yang telah dibuat, lalu *extrude* 1600 mm
5. Selanjutnya buat *sketch bracket* untuk *spoiler*



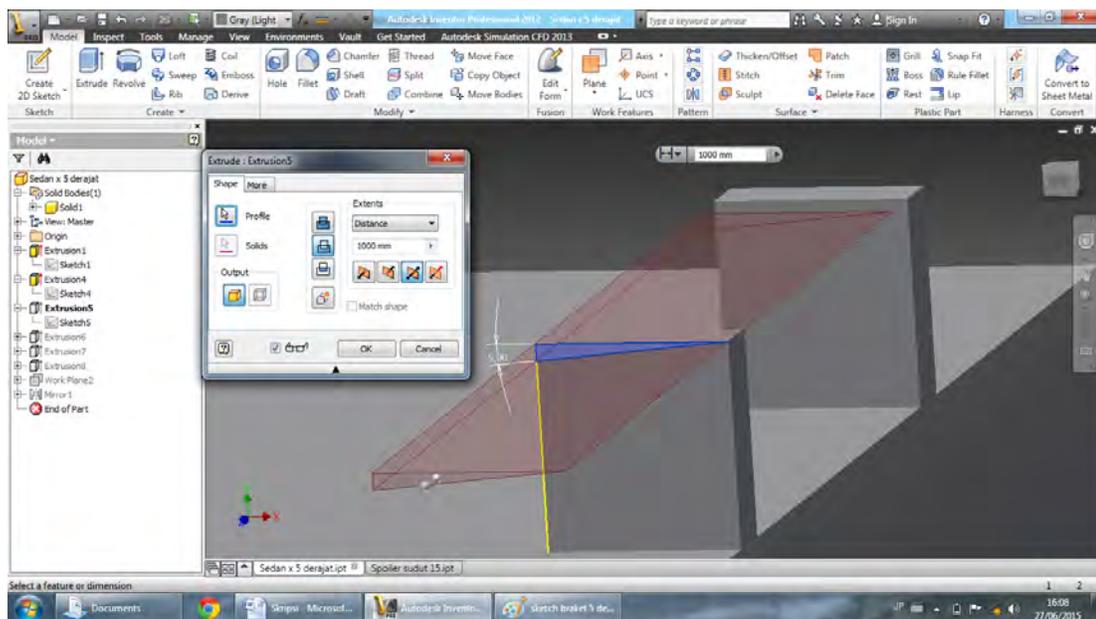
Gambar 3.8 *Sketch Bracket Spoiler*

6. Lalu *extrude* 160 mm
7. Lalu buat *sketch* pada *bracket spoiler* dengan sudut yang diinginkan.



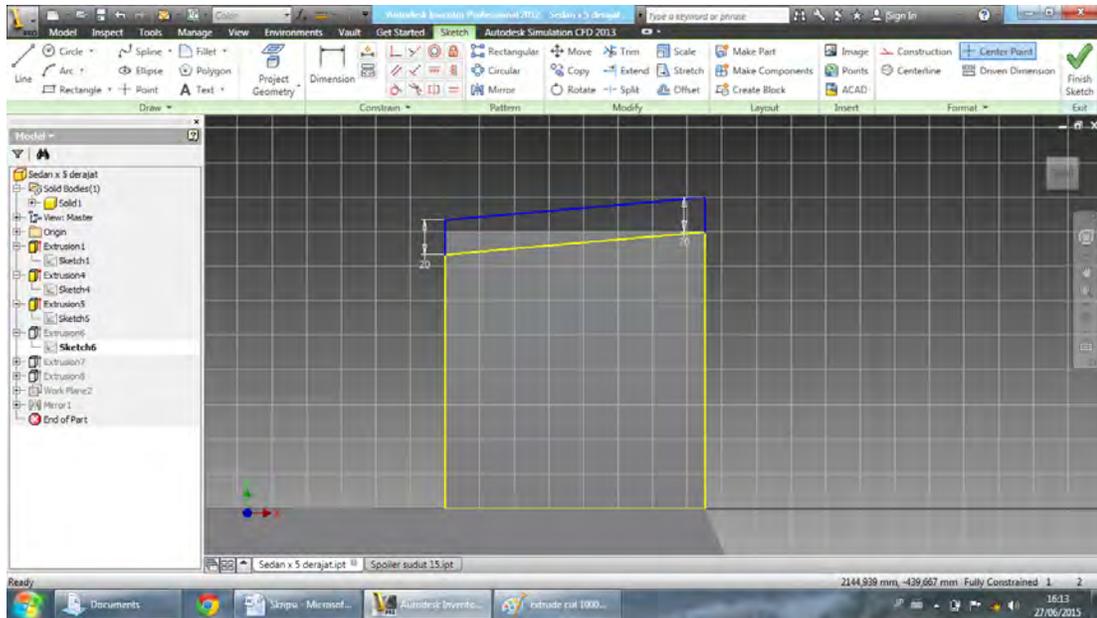
Gambar 3.9 *Sketch Sudut Spoiler*

8. Lalu *extrude*>*cut*>1000 mm



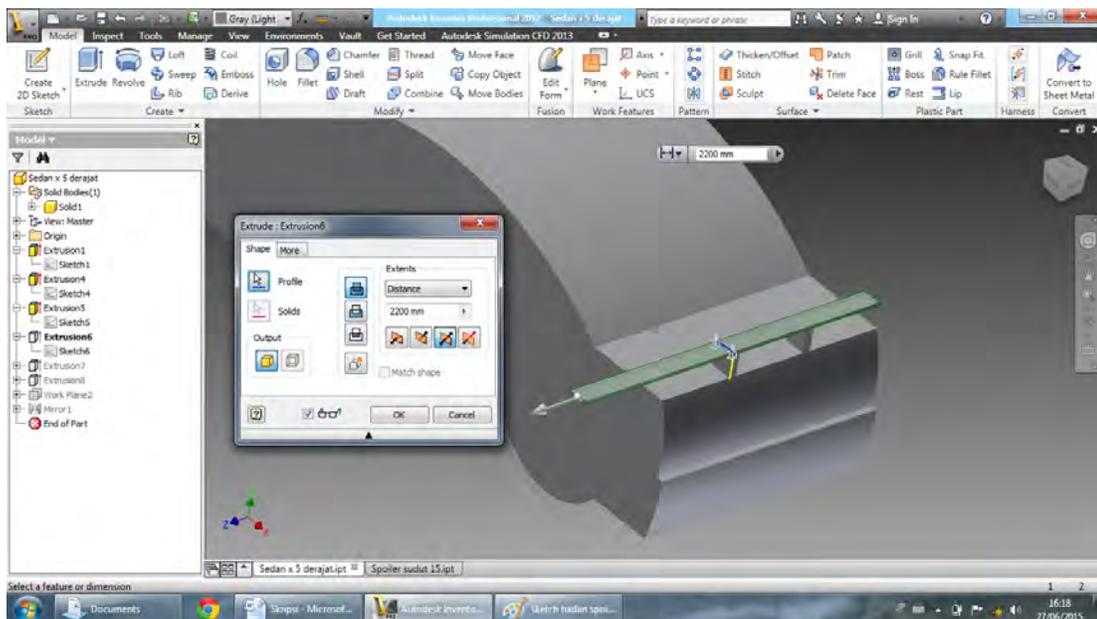
Gambar 3.10 *Extrude Cut*

9. Lalu buat *sketch* badan *spoiler* dengan ukuran tebal 20 mm



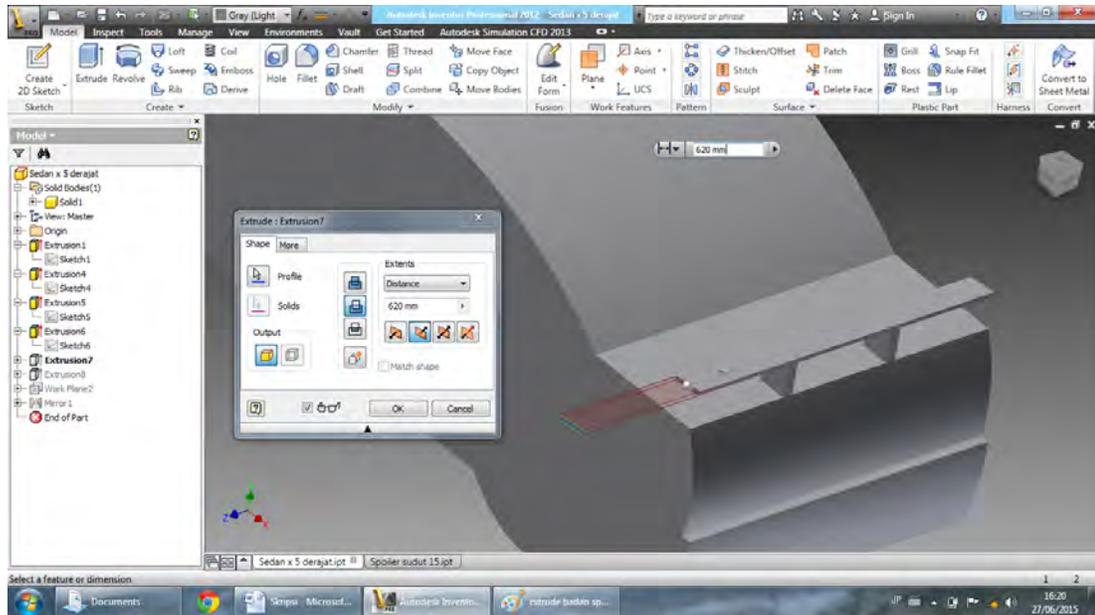
Gambar 3.11 *Sketch* Tebal *Spoiler*

10. Setelah itu selesai *extrude* 2200mm



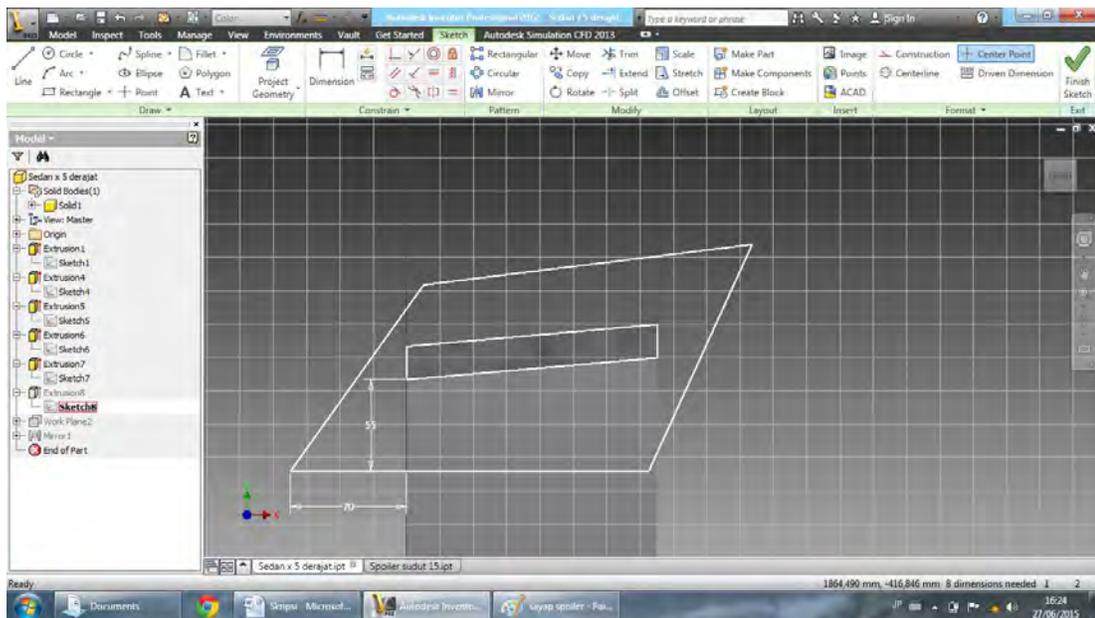
Gambar 3.12 *Extrude* Badan *Spoiler*

11. Setelah itu *extrude cut* lengannya 620 mm



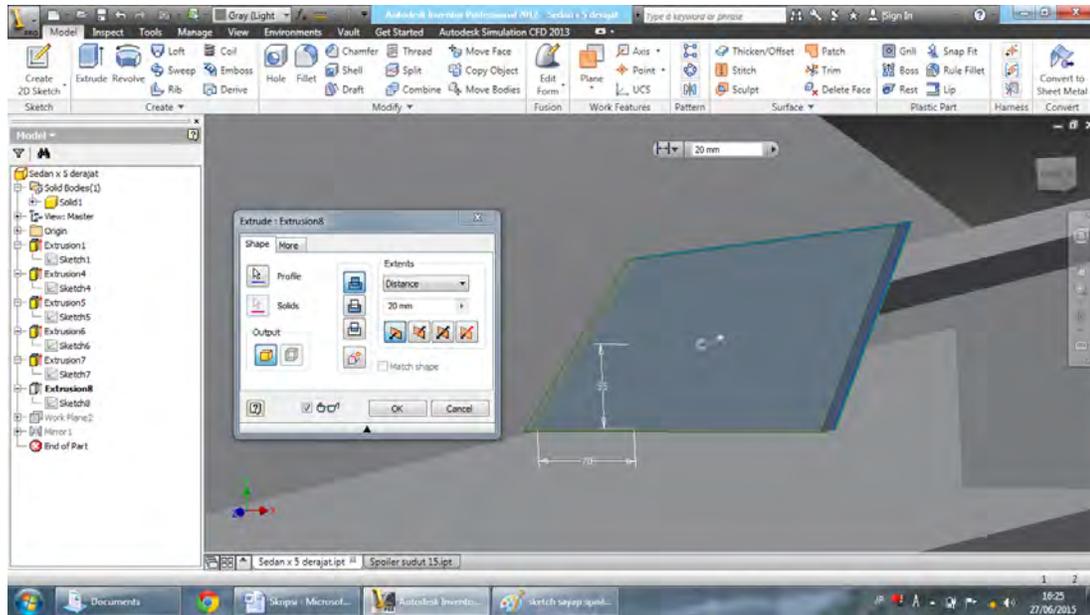
Gambar 3.13 *Cut Lengan Kiri Spoiler*

12. Setelah lengannya jadi lalu sketch untuk sayap spoilernya



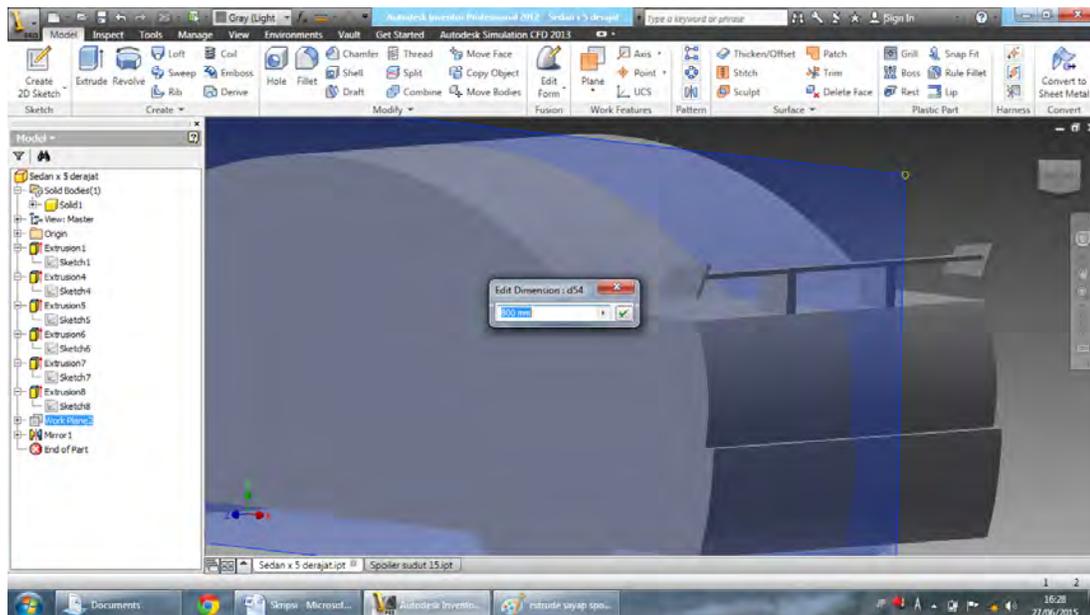
Gambar 3.14 *Sayap Spoiler*

### 13. Kemudian *Extrude* 20 mm



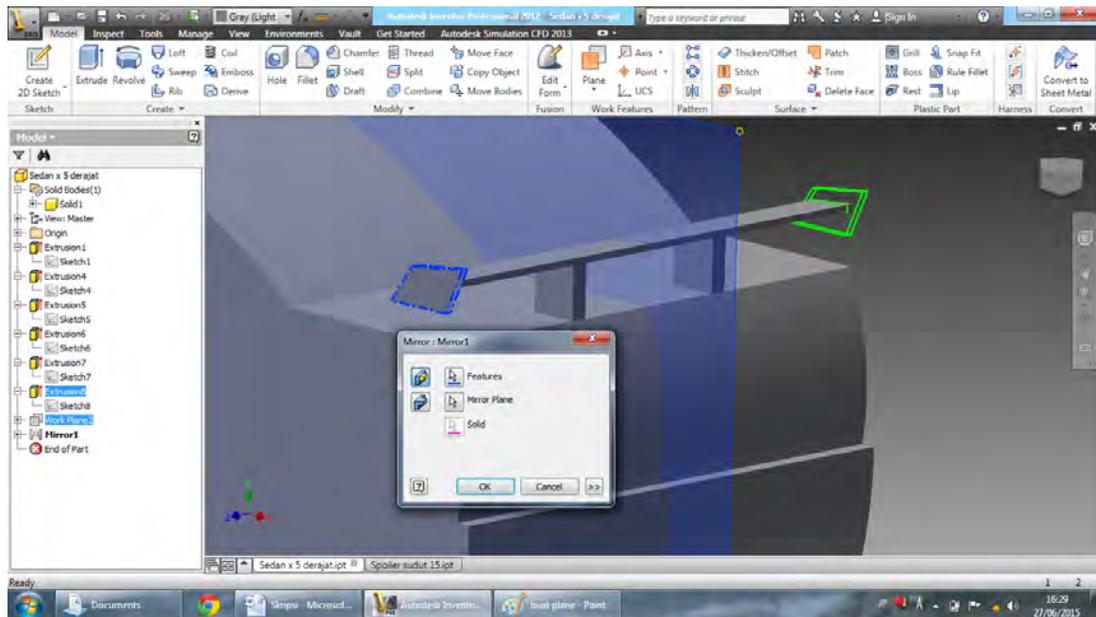
Gambar 3.15 *Extrude* Sayap Spoiler

### 14. Kemudian buat plane ditengah untuk melakukan *mirror* sayap kiri spoiler



Gambar 3.16 *Plane X*

### 15. Kemudian *mirror* sayap kiri spoiler

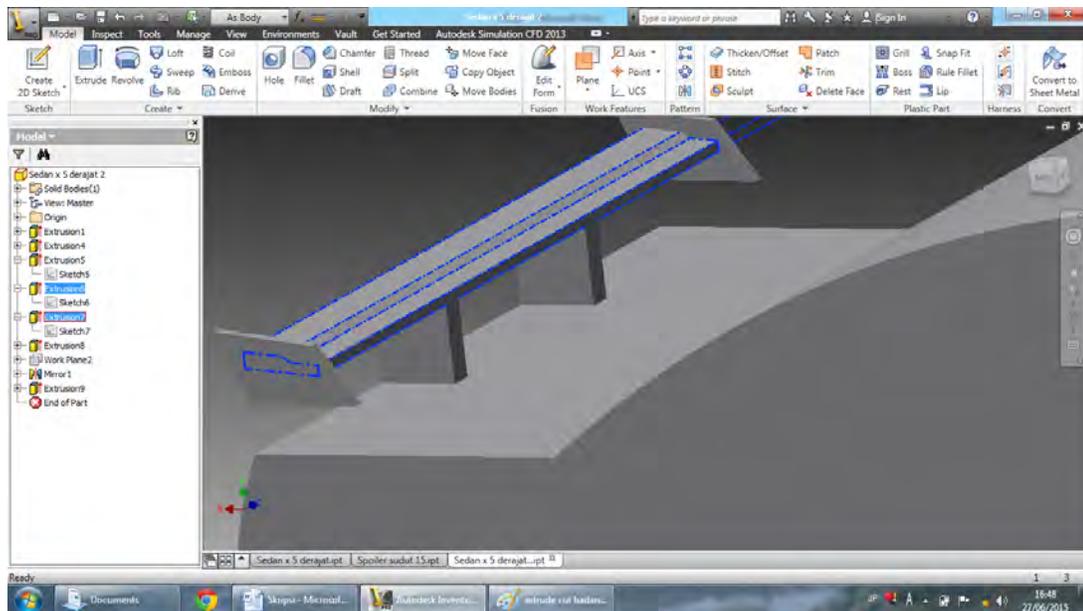


Gambar 3.17 Mirror Sayap Spoiler

16. Kemudian *menu*>*save as*

17. Kemudian rubah format file tersebut menjadi “.igs”

## 2. Konfigurasi geometri *spoiler* kedua

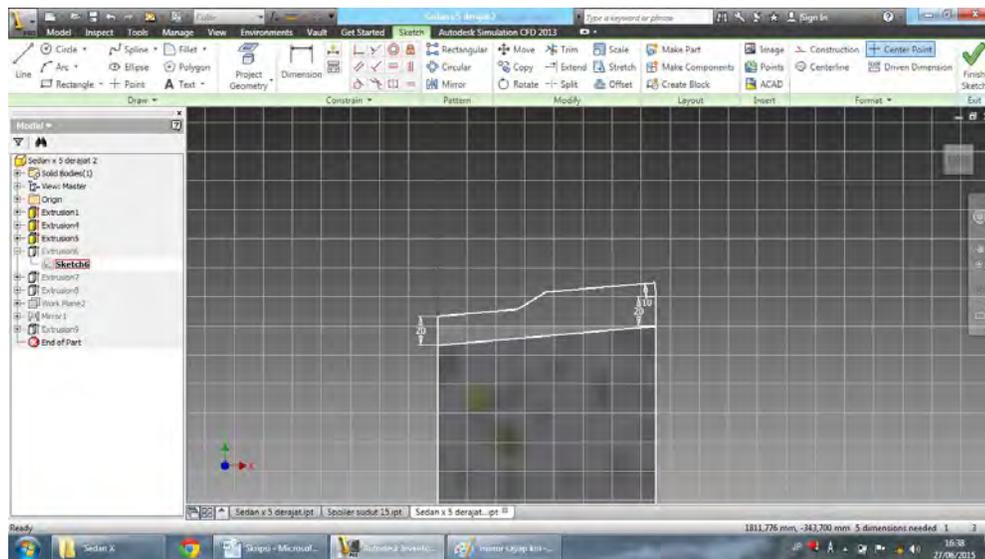


Gambar 3.18 Konfigurasi Geometri Spoiler 2

Langkah Desain :

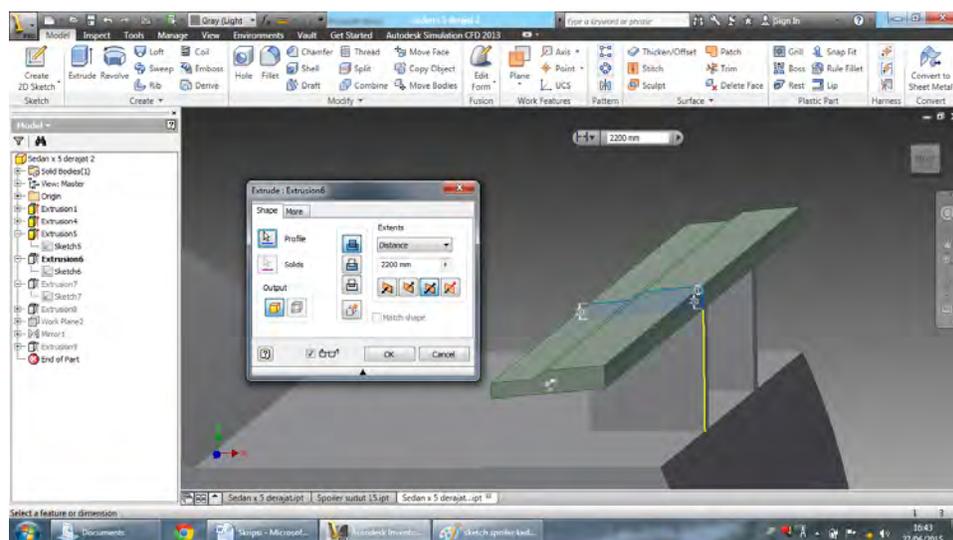
Langkah membuat *spoiler* kedua sama seperti pada pembuatan desain konfigurasi 1, demikian dengan tebal dan ukuran sayapnya.

1. Edit *sketch* badan *spoiler* sebagai berikut :



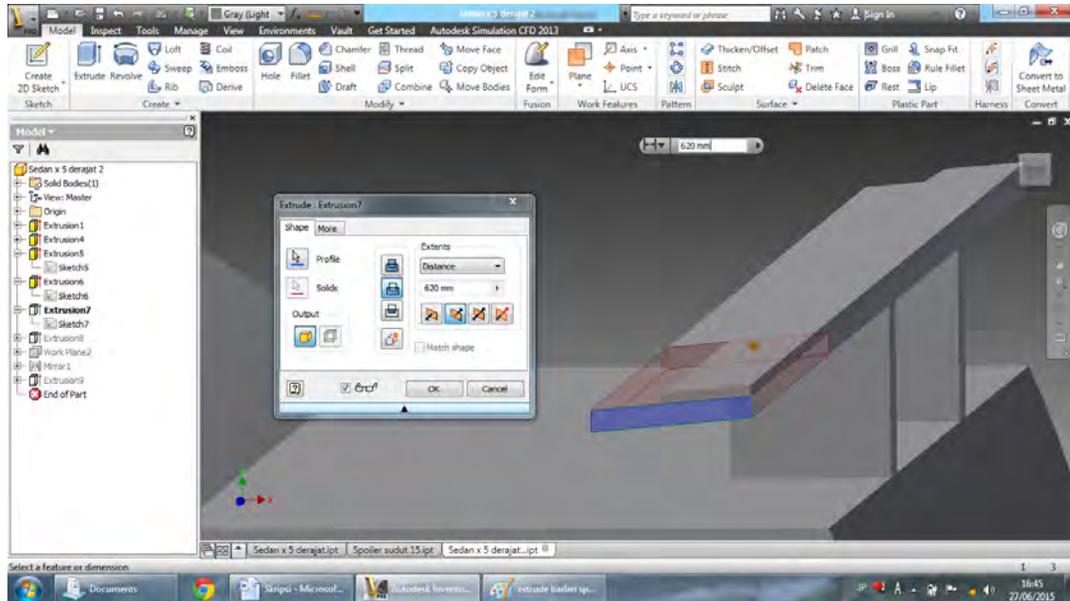
Gambar 3.19 *Sketch* Permukaan *Spoiler* Kedua

2. Lalu *extrude* sebesar 2200 mm



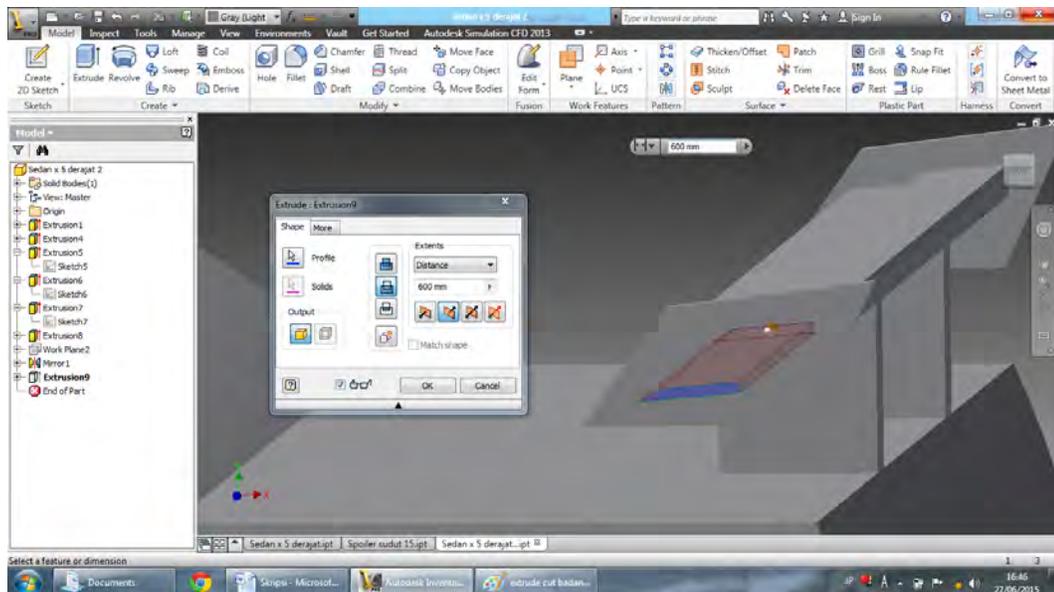
Gambar 3.20 *Extrude* *Spoiler* Kedua

3. Setelah itu *extrude>cut*>



Gambar 3.21 *Extrude Distance Spoiler Kedua*

4. Setelah itu *extrude>cut*



Gambar 3.22 *Extrude Cut Spoiler Kedua*

5. Setelah itu *menu>save as*
2. Proses Simulasi Aliran Fluida pada Mobil Sedan X dengan Kecepatan 80 km/jam, 100 km/jam dan 120 km/jam.

Setelah didapatkan dua buah bentuk *spoiler* dengan 3 variasi besar sudutnya pada program *autodesk inventor*, maka untuk menyelesaikan proses analisis menggunakan *ansys fluent* diperlukan suatu perencanaan analisis CFD (*Computational Fluid Dynamic*), yang terdiri dari menentukan tujuan pemodelan, pemilihan model komputasional, pemilihan model fisik dan penentuan prosedur. Langkah-langkah umum penyelesaian analisis CFD pada *fluent* dapat digambarkan sebagai berikut :

1. Membuat geometri dan *mesh* pada model
2. Memilih *solver* yang tepat untuk model tersebut
3. Mengimpor *mesh* model
4. Melakukan pemeriksaan pada *mesh* model
5. Melakukan formulasi *solver*
6. Memilih persamaan dasar yang akan dipakai dalam analisis
7. Menentukan sifat material yang akan digunakan
8. Menentukan kondisi batas
9. Mengatur permukaan kontrol solusi
10. *Initialize the flow field*
11. Melakukan perhitungan/iterasi
12. Memeriksa hasil perhitungan (konvergen)

### 13. Menyimpan hasil perhitungan

Singkatnya, tahap analisis aliran fluida pada *ansys fluent* terdiri dari 5 tahap: yaitu tahap *geometry*, tahap *mesh*, tahap *setup*, tahap *solution* dan tahap *result*.

Pada tahap geometri, dilakukan proses pemodelan geometri yang berfungsi untuk melakukan pendetailan menggunakan metode elemen hingga. Pada tahap ini dilakukan penentuan bentuk bidang batas yang melingkupi objek kendaraan dan dilakukan *substract* guna menyatukan bagian-bagian mobil menjadi satu *body* dengan bidang batas.

Pembuatan *mesh* pada model merupakan langkah selanjutnya di tahap *mesh*, jika proses pemodelan *geometry* telah dilakukan. *Mesh* atau *grid* diperlukan oleh perangkat lunak atau *solver* sebagai titik atau daerah dimana penyelesaian persamaan aliran akan dihitung. Ukuran *mesh* atau *grid* ini juga akan berpengaruh terhadap resolusi hasil simulasi pada pemodelan yang menjadi persoalan. Pemodelan *mesh* yang telah dibuat tersebut, kemudian dimasukkan sebagai *grid* dasar model. Bidang batas yang dipilih untuk penelitian ini adalah *box* untuk mempermudah mendefinisikan sebuah mobil di yang berada pada terowongan angin (*wind tunnel*). Dimana penelitian ini memiliki kondisi batas, yaitu : *pressure far field* merupakan daerah dimana aliran fluida masuk dan keluar.

Setelah dilakukan pemodelan *geometry* dan *meshing* selanjutnya, memulai proses simulasi aliran fluida dilakukan pada tahap *setup*. Proses ini dilakukan dalam melakukan analisis kecepatan fluida, pengaruh desain fisik dan faktor

lainnya dalam menghasilkan *output* daya yang dihasilkan mobil sedan x. Ditahap ini dilakukan input parameter-parameter sesuai penelitian, dimana untuk penelitian ini dicari nilai gaya (*force*), kontur dari tekanan (*pressure*), aliran kecepatan fluida (*velocity*) dan *pathline*.

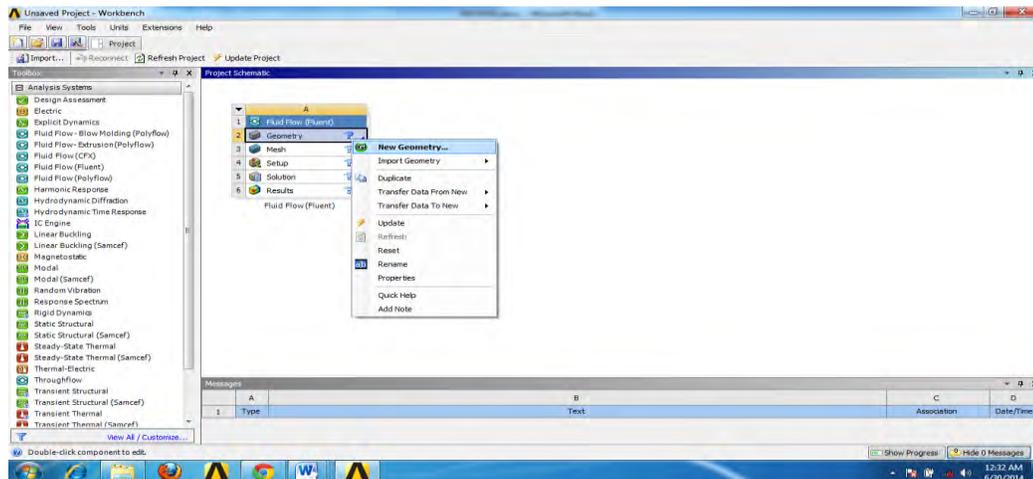
Didalam program ini dilakukan *numerical processing* dalam menentukan formulasi *solver*. Hal itu dilakukan dengan perhitungan secara komputasi hingga ditemukan formulasi untuk menentukan penyelesaian masalah. Hal itu dilakukan, jika proses analisis aliran fluida pada tahap *setup* mengalami kesalahan. Maka, pada tahap *solution* dilakukan penentuan parameter ulang untuk mendapatkan hasil analisis yang sesuai hingga mencapai konvergen.

Untuk tahap terakhir yaitu pada tahap *result* yang terdiri dari 3 menu yaitu : *graphic and animation*, dan *report*. Dimana, nilai gaya (*force*) tiap bentuk *spoiler* dari hasil *report* didapatkan. Untuk tekanan (*pressure*) didapatkan pada menu *graphic and animation* submenu *contour*, sehingga didapatkan gambar dan kontur warna tekanan dari setiap bentuk *spoiler*. Begitupun dengan aliran fluida didapatkan dari menu *graphic and animation* submenu *pathline*.

Kemudian, dari hasil analisis dilakukan perbandingan nilai *drag coefficient* terbesar. Dimana bentuk dan besar sudut *spoiler* yang memiliki nilai *drag coefficient* terbesar maupun terkecil. Untuk kontur warna tekanan dianalisis sesuai kepekatannya yang muncul dari gambar hasil analisis *fluent*. Begitupun dengan aliran fluida yang dianalisis sesuai arah panah dan kontur warna pada gambar hasil analisis *fluent*.

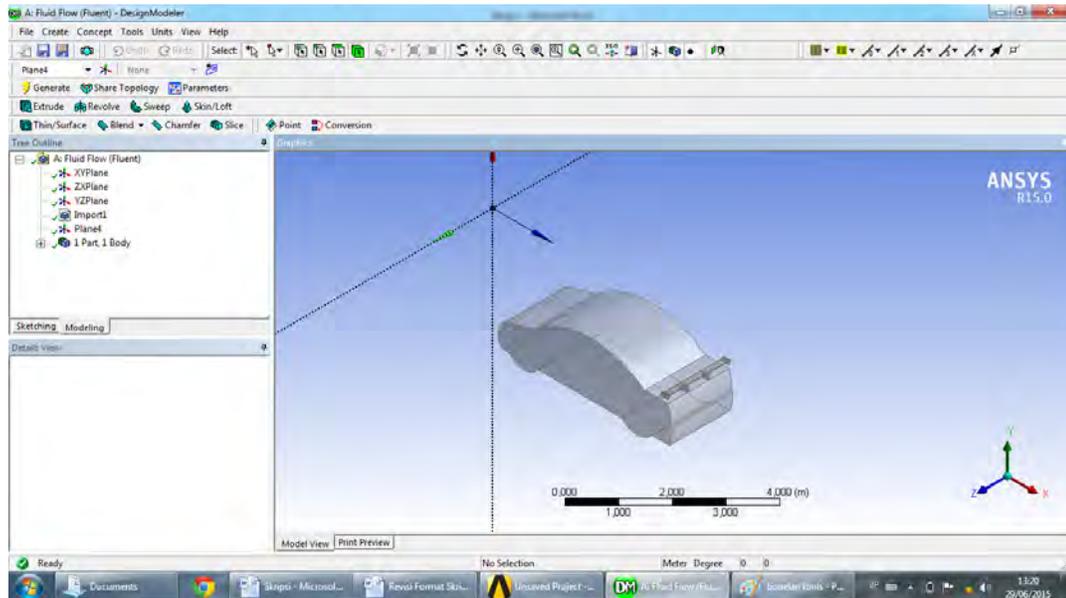
a) Tahap Pemodelan Geometri

- Buka program *ansys fluent* pada *desktop* atau *explore* > *All program* > *ansys 15.0* > *workbench 15.0*, lalu akan muncul tampilan *ansys*, klik ok
- Drag *Fluid Flow (fluent)*, kemudian pilih Geometri > Klik kanan > *New Geometry*
- Pilih *file* > *import eksternal geometry file*
- Pilih file dengan format IGS, lalu klik *open* > klik *Generate*



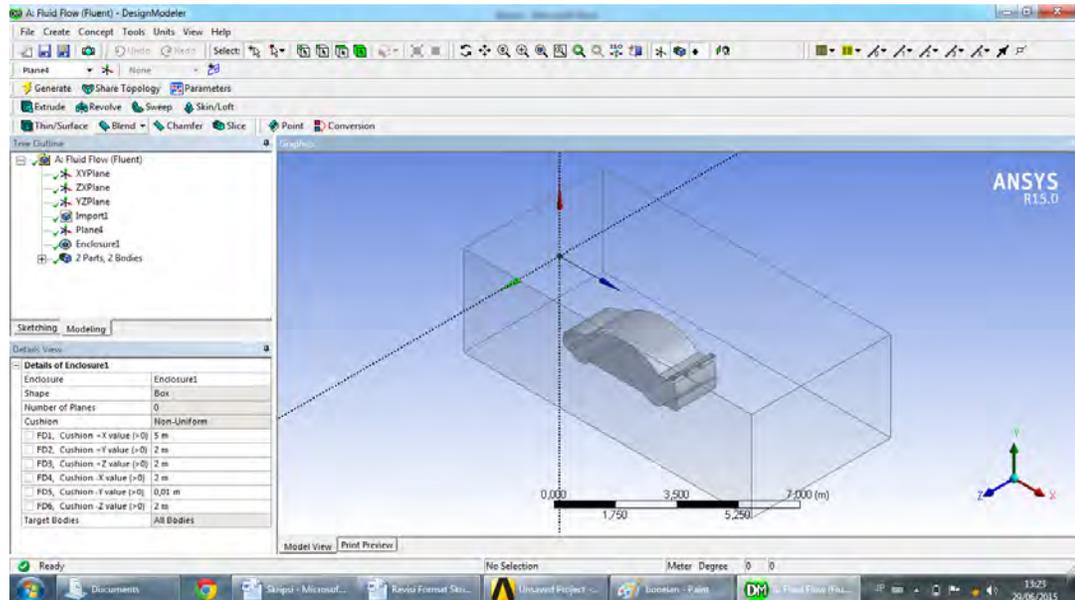
Gambar 3.23 *New Geometry*

- Buat *plane* pada “*YZ plane*”
- Pilih *Transform 1* (RMB) di “*offset z*”, lalu ganti jarak = -4m



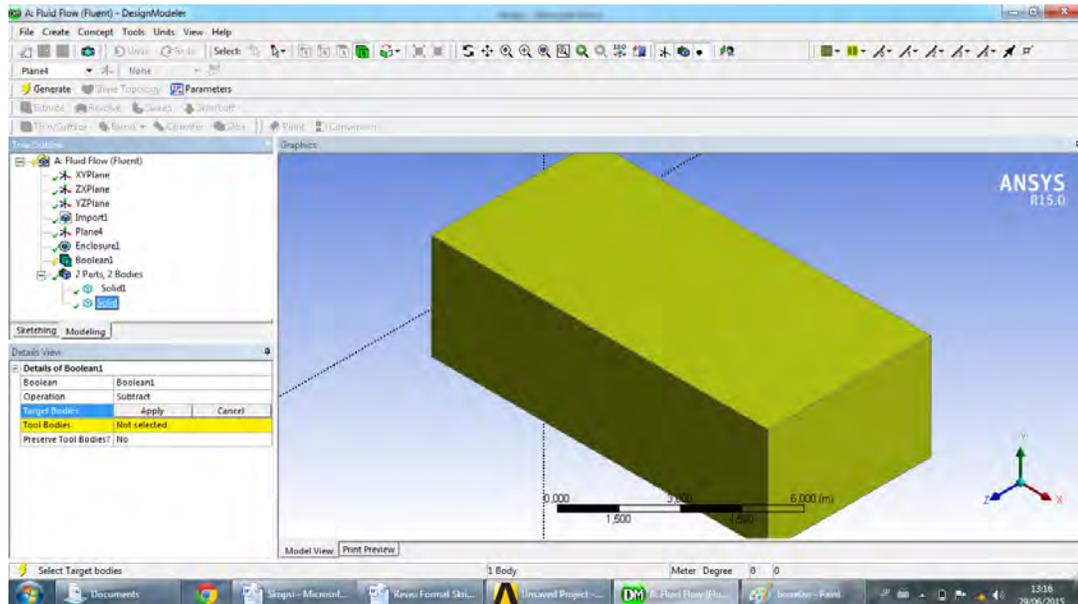
Gambar 3.24 *Generate*

- Buat bidang batas dengan pilih *tools > enclosure*
- Pilih bidang batas terowongan angin (*box*) pada detail view, lalu ganti jarak batas seperti berikut :
  - FD1, Cushion +X value (0>) = 5 m
  - FD2, Cushion +Y value (0>) = 2 m
  - FD3, Cushion +Z value (0>) = 2 m
  - FD4, Cushion -X value (0>) = 2 m
  - FD5, Cushion -Y value(0>) = 0,01 m
  - FD6, Cushion -Z value (0>) = 2 m
- Klik *Generate*
- Selanjutnya pilih *generate*, lalu pilih *create > Boolean*



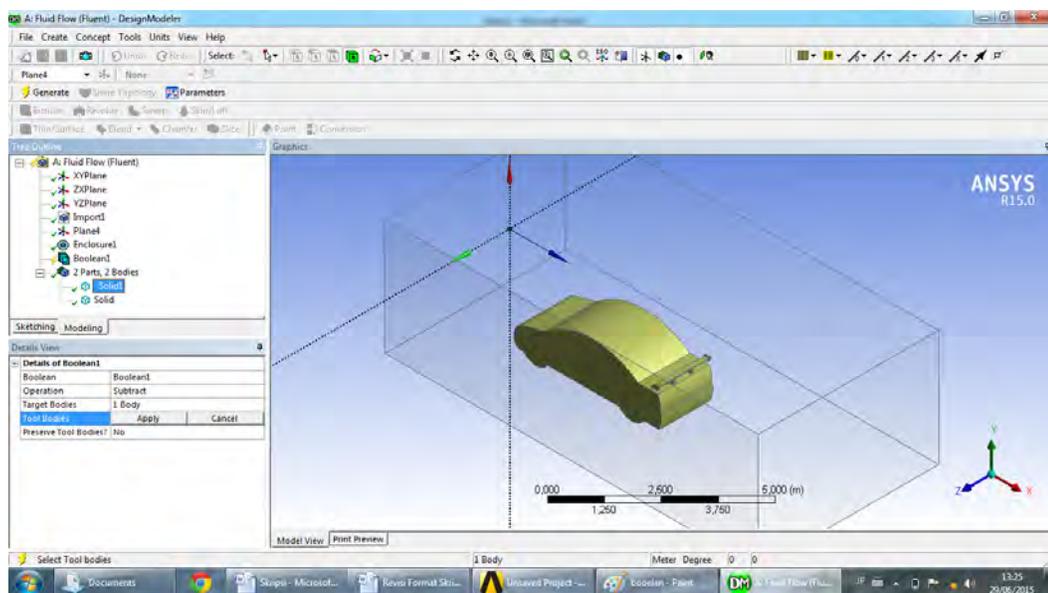
Gambar 3.25 Bidang Batas Terowongan Angin (*box*)

- Pilih *subtract* pada *details of boolean*, lalu pilih target *bodies* dengan mengklik bidang bola, klik *apply*



Gambar 3.26 *Subtract* Bidang Batas

- Lalu total *bodies* dengan mengklik mobil, klik *apply*

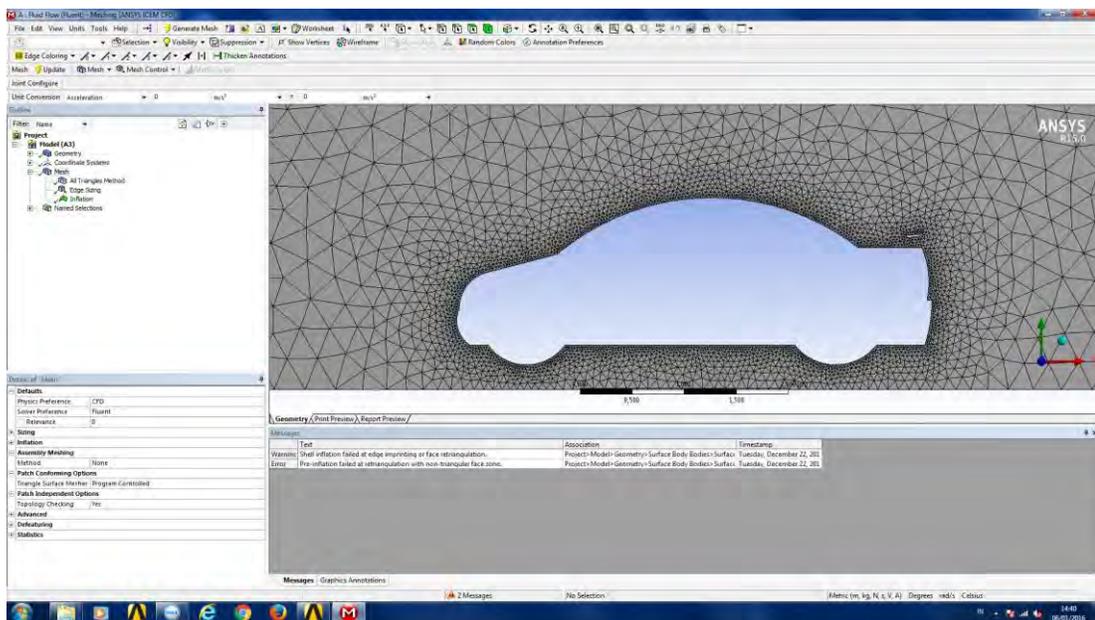


Gambar 3.27 *Subtract* Mobil

- Klik *Generate*, dan *Save project*

b) . Tahap *Meshing*

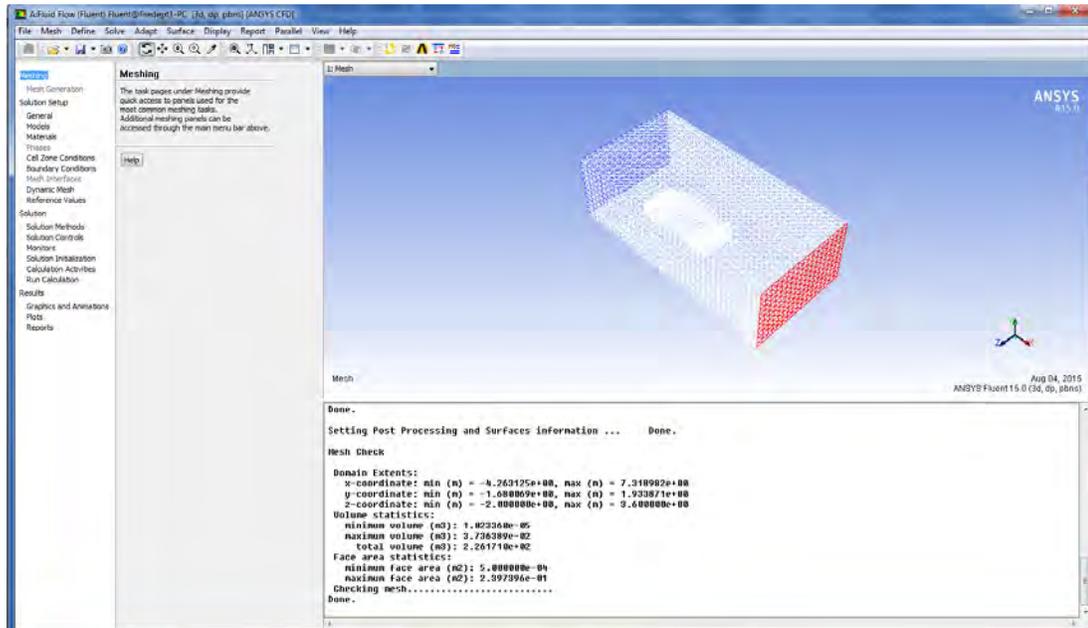
- Pilih *mesh > generate mesh*
- Pilih *mesh > sizing > relevance center > medium*
- Pilih *mesh control > mapped face meshing > klik box > geometry apply*



Gambar 3.28 *Meshing*

c) . Tahap *setup* dan simulasi aliran fluida

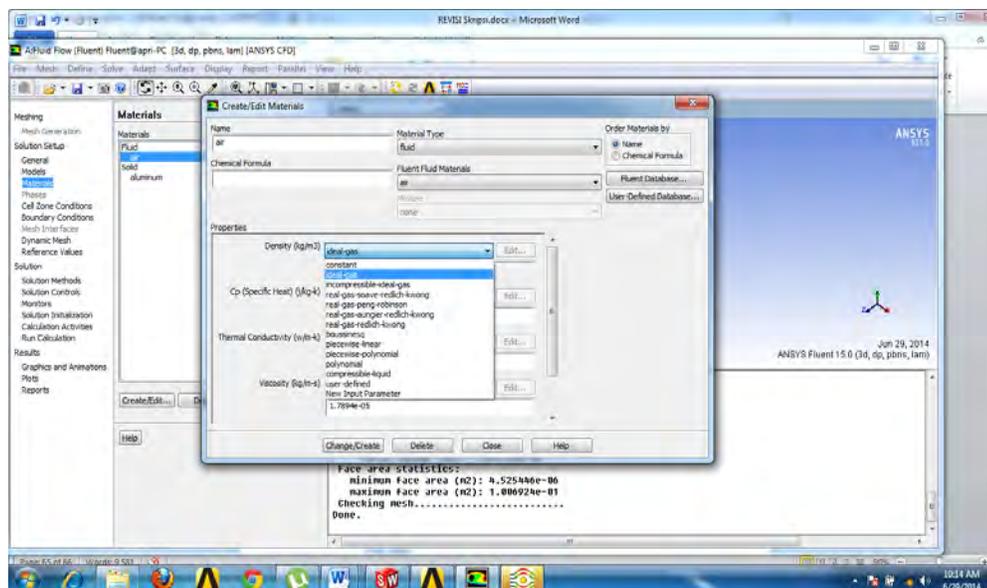
- Klik *check case* untuk mengecek hasil proses *meshing*
- Pilih *general*, lalu lakukan *check meshing* hingga tampil *done* pada layar



Gambar 3.29 Checking Mesh

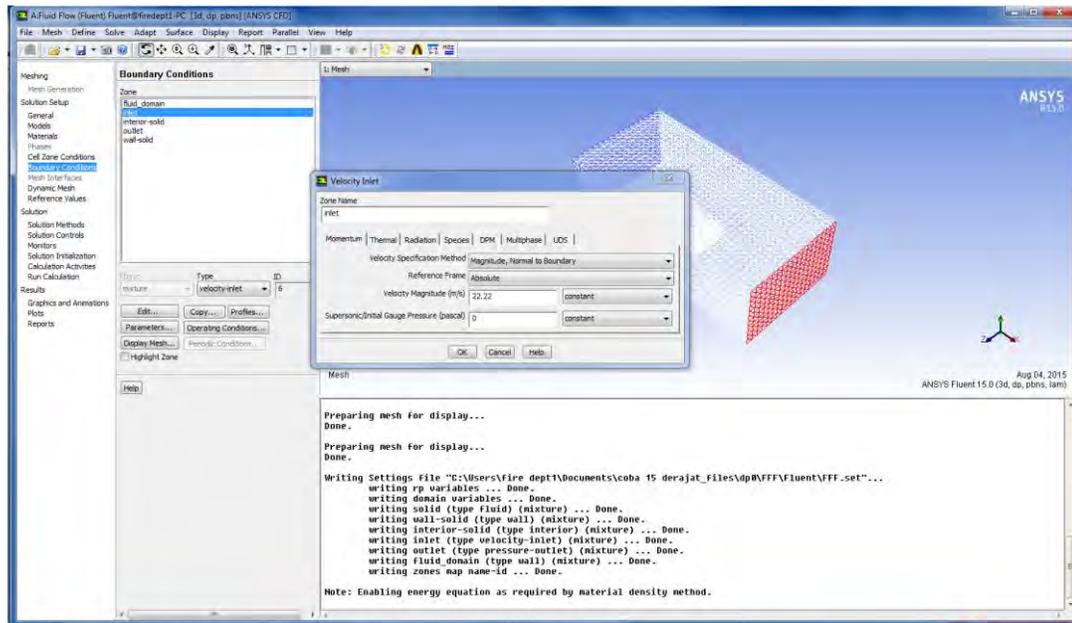
- Pilih materials > air

Ubah density menjadi ideal gas



Gambar 3.30 Air Material

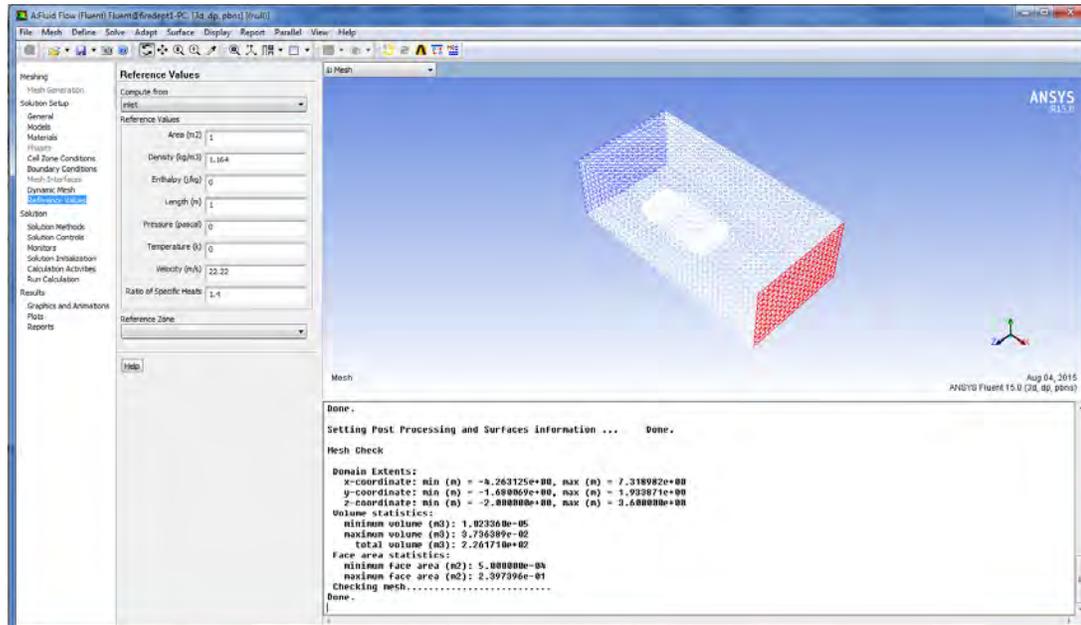
- Pilih *cell zone condition* > *fluid*
- Pilih *boundary condition* > *pilih inlet*



Gambar 3.31 *Pressure far Field Zone*

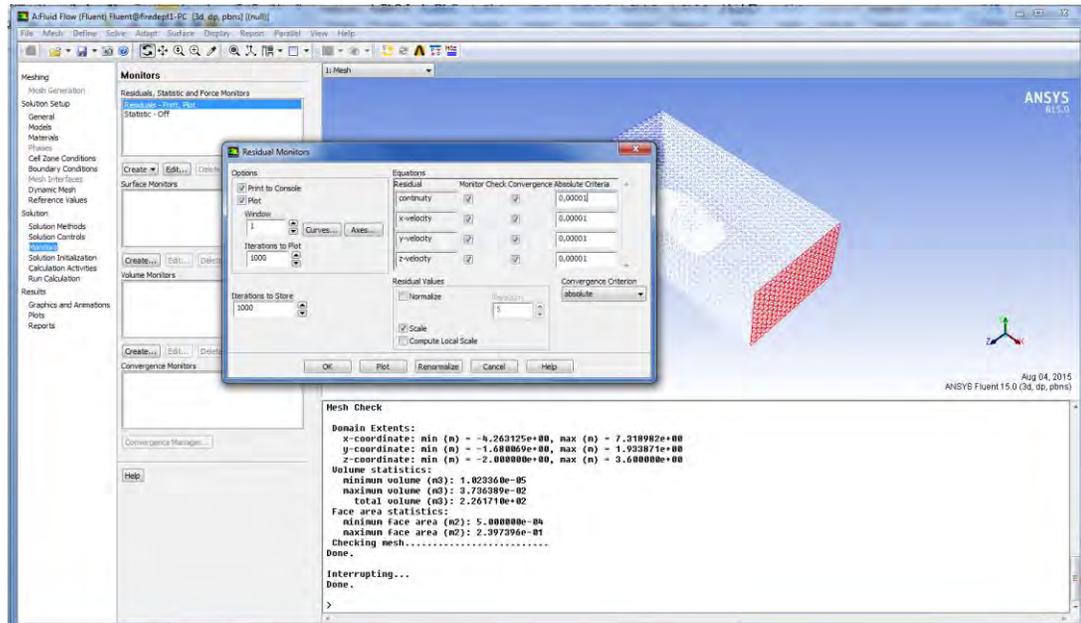
- Pilih *reference values*

Ganti *compute from inlet*, edit *density* = 1.225, *pressure* = 1013.25 dan *velocity* = 22.22 m/s dan pada suhu 300<sup>0</sup> K



Gambar 3.32 Reference Value

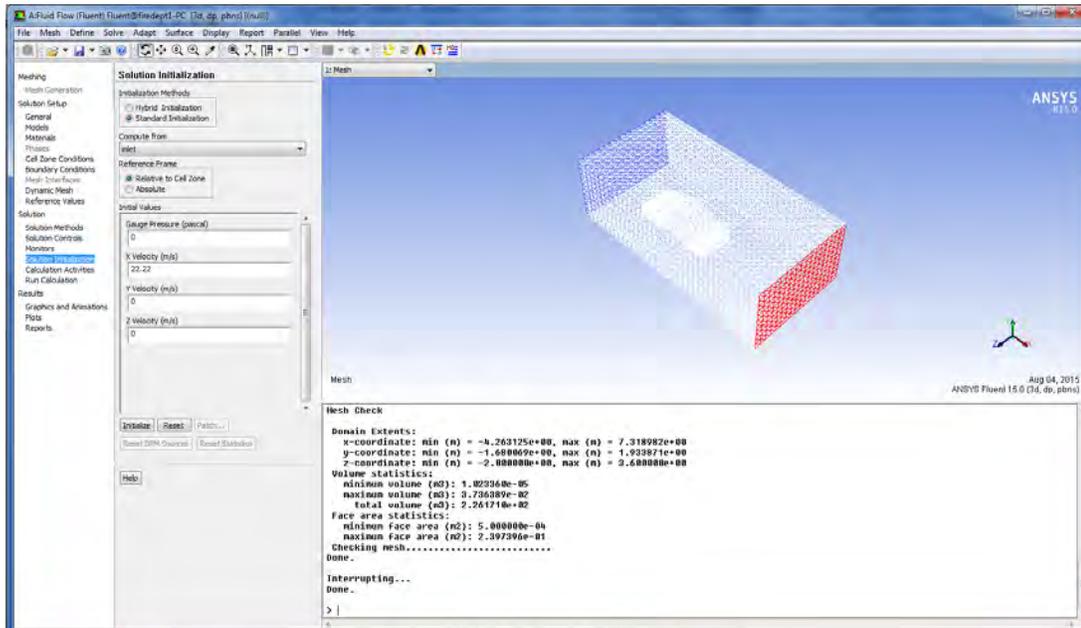
- Pilih *solution controls*, lalu *density* = 1.225 dan *pressure* = 1013.25
- Pilih *monitor* > *residuals* – *print, plot*, kemudian ganti menjadi 0,00001 > ok



Gambar 3.33 Create Moment Monitor

- Pilih *solution initialization*

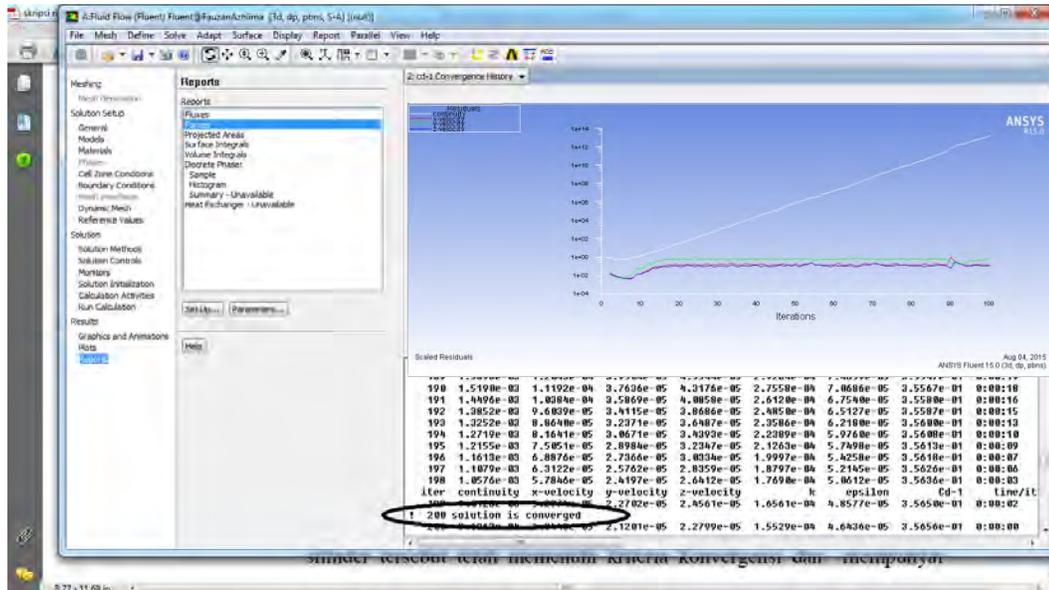
Pilih *standard initialization* > pilih *pressure far field* pada *compute from inlet* > edit *pressure = 1013,25* > *X velocity = 22.22 m/s*



Gambar 3.34 *Standard Initialization*

- Pilih *run calculation*

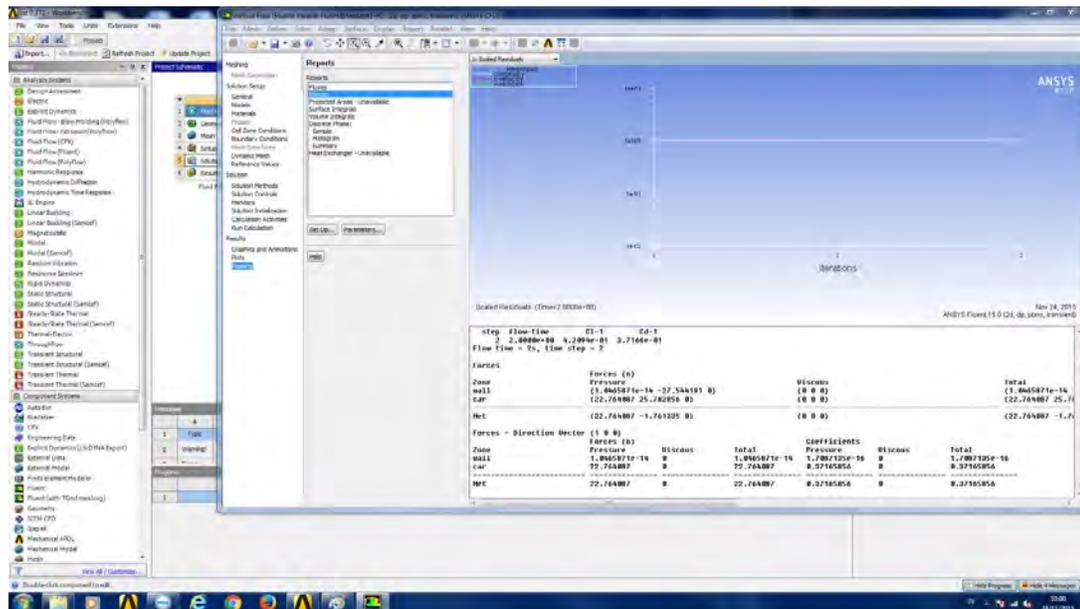
Lakukan dengan mengubah iterasi menjadi 100 dan iterasi akan berhenti hingga didapatkan data yang konvergen seperti dibawah ini.



Gambar 3.35 Solution is Convergen

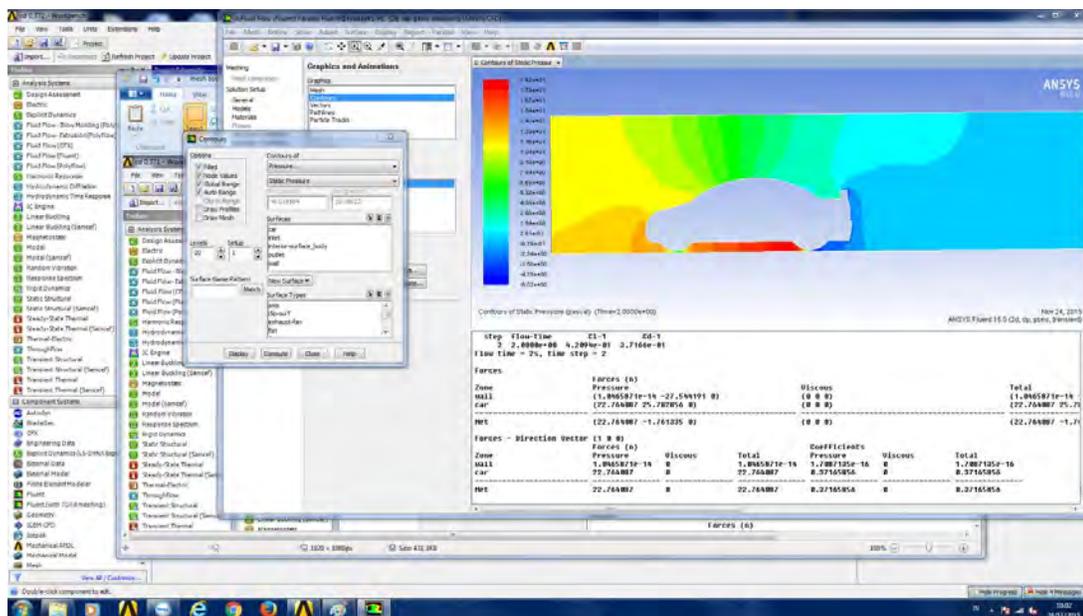
- Pilih Result

Untuk mendapatkan nilai gaya (*force*), pilih *report* > *edit direction vector*  
sumbu X = 1



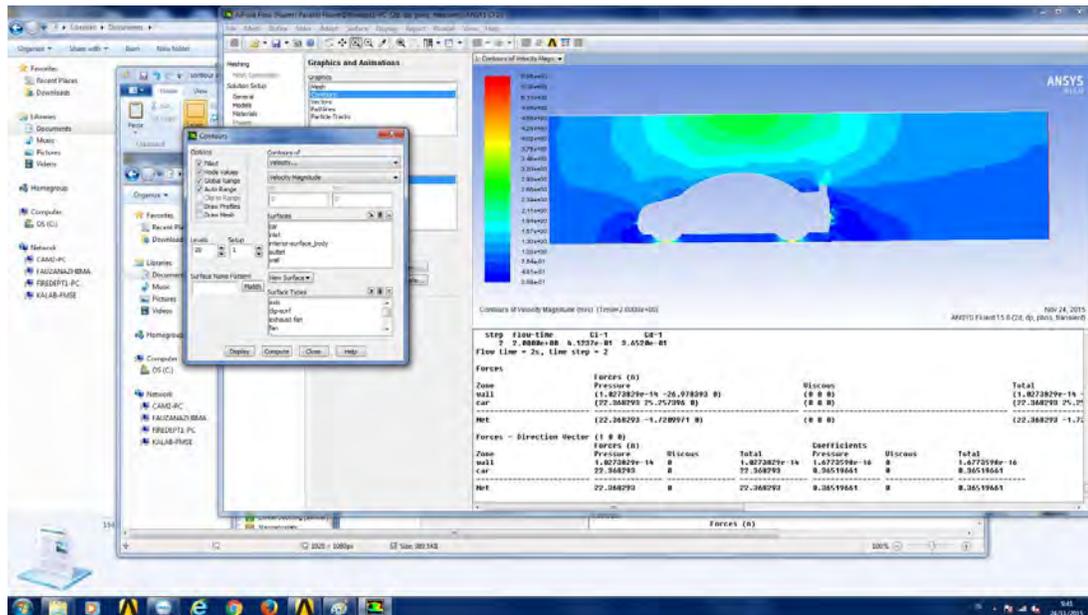
Gambar 3.36 Force Report

Untuk mendapatkan kontur warna tekanan, pilih graphics dan animations > pilih set up contours > pilih pressure coefficient > tandai semua surface > klik display



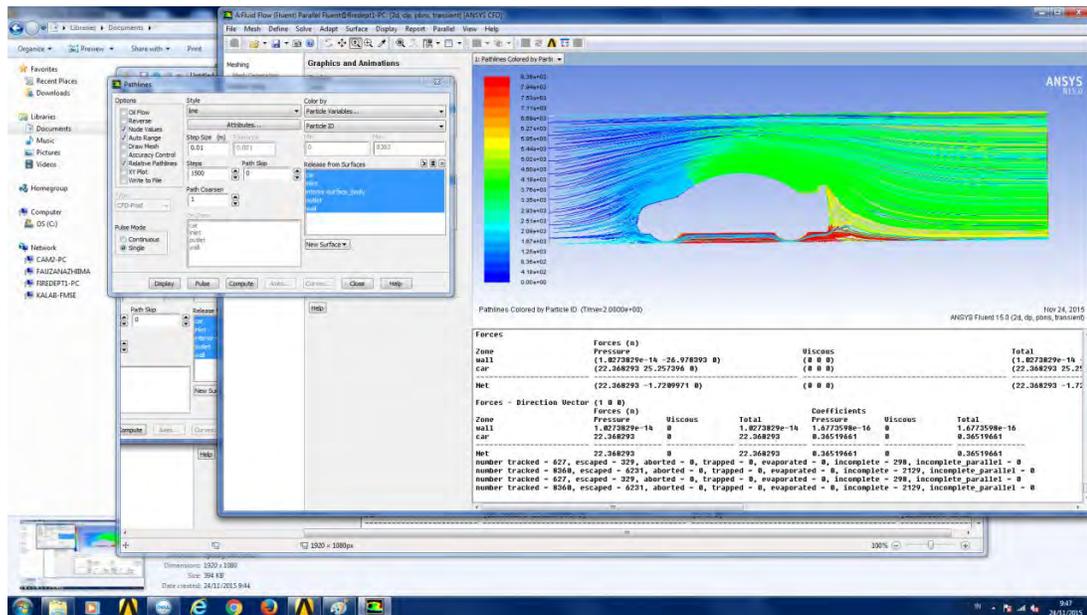
Gambar 3.37 Pressure Coefficient Countour

Untuk mendapatkan kontur warna tekanan, pilih *graphics and animations*> pilih *set up countours* > pilih *velocity* > tandai semua *surface*>klik *display*



Gambar 3.38 *Velocity Contour*

Untuk mendapatkan aliran kecepatan fluida, pilih *graphics and animations*> pilih *set up pathline* >*style line arrows* > *colour by pathline* > tandai semua *surface*> klik *display*.



Gambar 3.39 Pathline

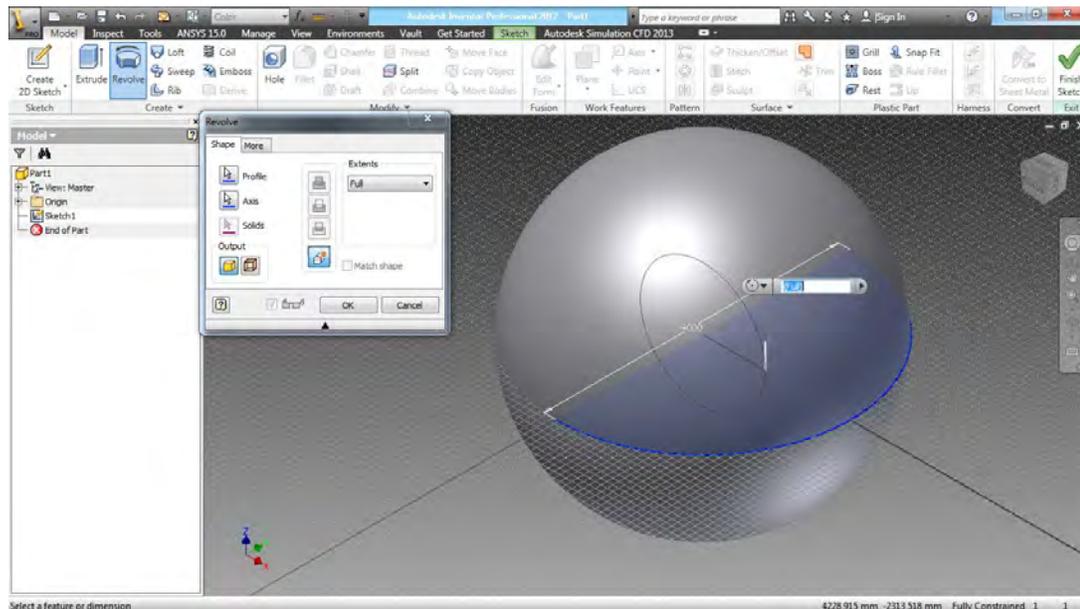
## BAB IV

### HASIL DAN ANALISIS

#### A. Validasi Software CFD

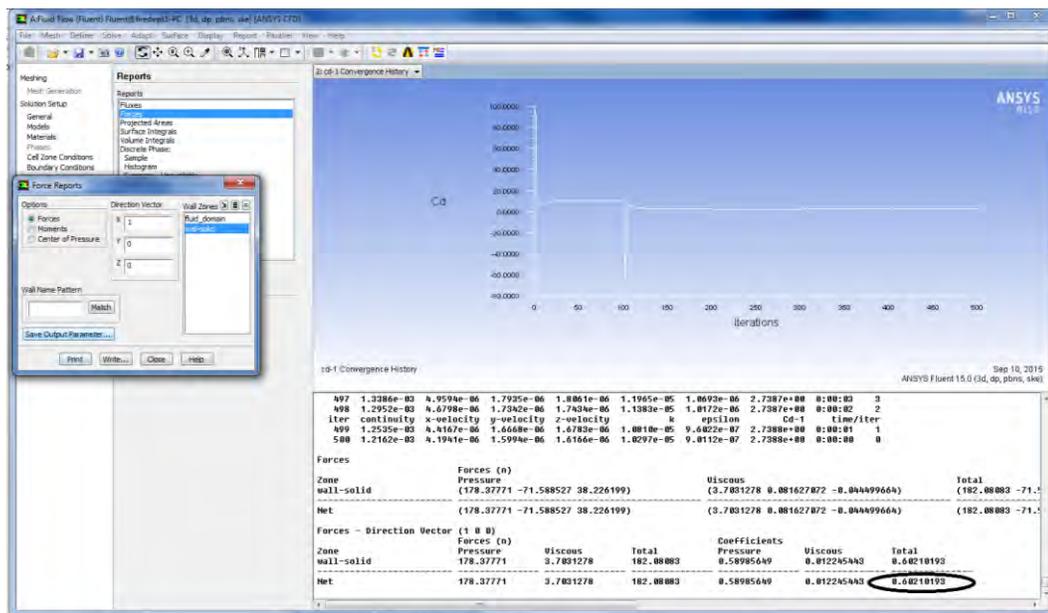
Dalam melakukan penelitian ini instrument penelitian yang dipakai untuk menguji validitas dari suatu penelitian ialah dengan melakukan verifikasi pada *software* tersebut. Verifikasi *software* bertujuan untuk membuktikan bahwa *software ansys fluent* yang di gunakan pada penelitian ini memiliki akurasi hasil dengan metode eksperimen berdasarkan kajian teori sehingga dapat digunakan pada penelitian ini.

Berikut ini merupakan percobaan yang dilakukan terhadap sebuah objek benda bola pada *software autodesk inventor* dengan diameter bola 4 m.



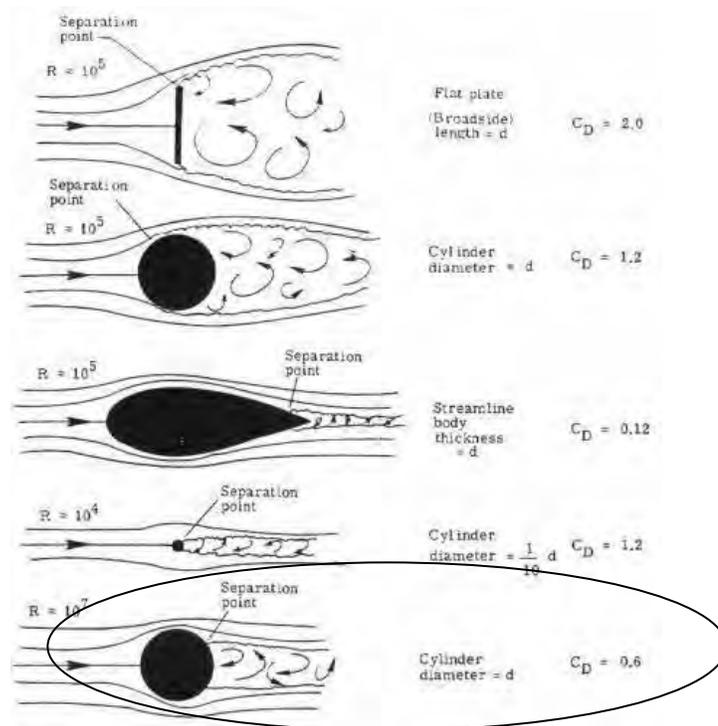
Gambar 4.1 Dimensi Objek Bola

Untuk melakukan suatu pengujian aerodinamika objek benda yang telah dibuat maka dilakukan penambahan lingkungan (*boundary*) untuk membatasi masuk dan keluarnya suatu fluida. Berikut ini merupakan hasil simulasi yang telah dilakukan :



Gambar 4.2 Hasil Simulasi di *Ansyes Fluent*

Dari hasil simulasi maka didapat nilai *drag coefficient* sebesar 0,6.



Gambar 4.3 Perbandingan Hasil Nilai  $C_D$

Dari gambar 4.3 menunjukkan bahwa hasil komputasi melalui *software* tidak terjadi penyimpangan yang signifikan terhadap kajian teoritik yang sudah ada, sehingga *software* tersebut dapat digunakan dalam penelitian ini.

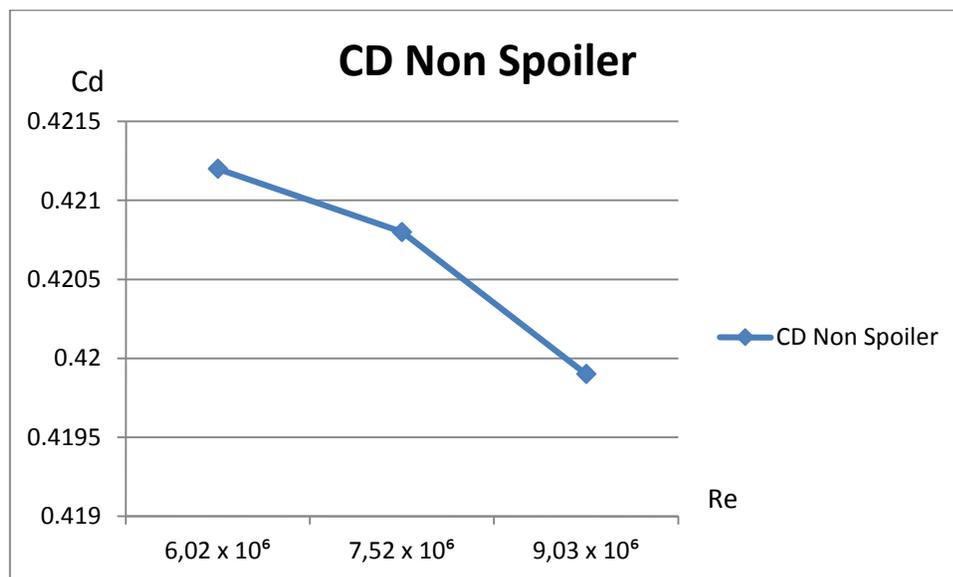
## B. Hasil Simulasi Menggunakan Software Ansys Fluent

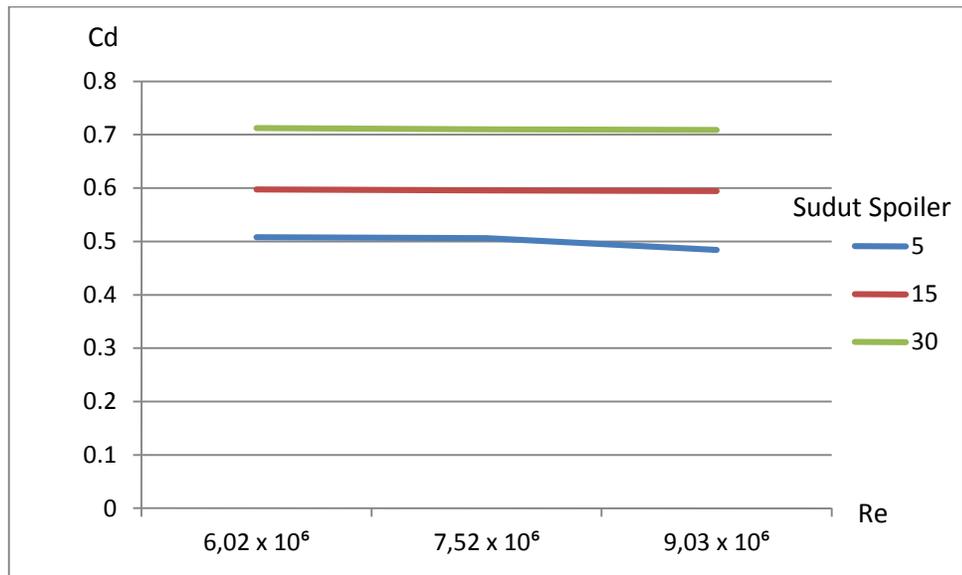
### 1. Hasil Simulasi

Pada simulasi yang dilakukan terhadap 2 bentuk dengan 3 variasi besar sudut *spoiler* pada kecepatan 80km/jam, 100 km/jam, dan 120 km/jam, maka didapat hasil nilai *coefficient drag* sebagai berikut :

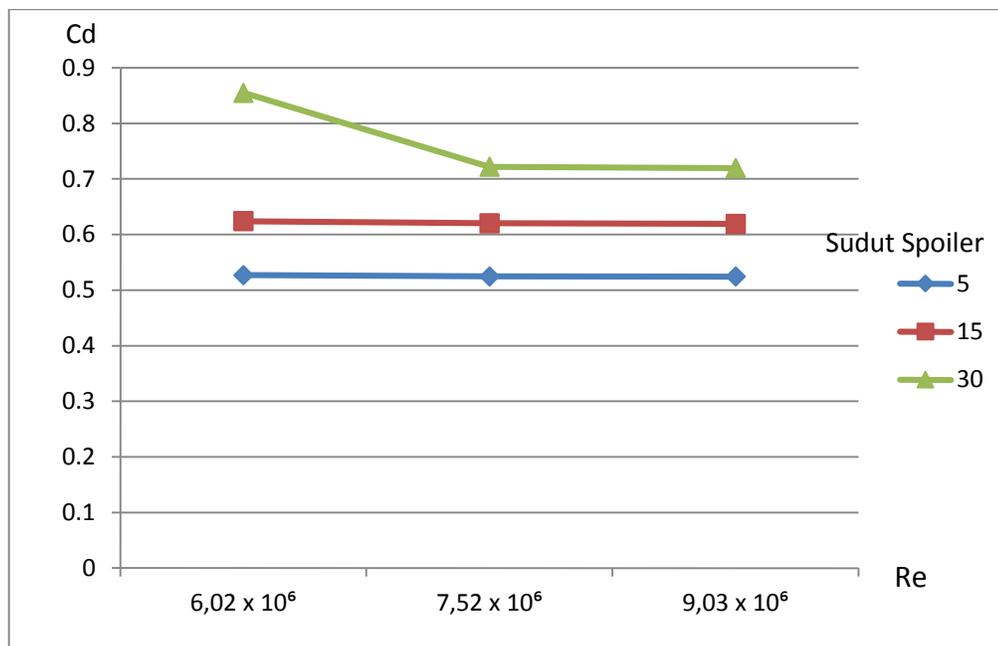
Tabel 4.1 Nilai CD dari Variasi Sudut *Spoiler*

Model	Besarnya Derajat	Drag	Kecepatan		
			80 km/jam	100 km/jam	120 km/jam
			22,22 m/s (Re = $6,02 \times 10^6$ )	27,77 m/s (Re = $7,52 \times 10^6$ )	33,33 m/s (Re = $9,03 \times 10^6$ )
Non Spoiler Model 1	Non Spoiler	CD	0,4212	0,4208	0,4199
	5	CD	0,508	0,5064	0,4838
	15	CD	0,5975	0,5957	0,5946
	30	CD	0,7125	0,7098	0,7088
Model 2	5	CD	0,5269	0,5246	0,5245
	15	CD	0,6239	0,6202	0,6191
	30	CD	0,8549	0,722	0,7196

Gambar 4.4 Grafik CD *non Spoiler*



Gambar 4.5 Grafik CD Spoiler Model 1



Gambar 4.6 Grafik CD Spoiler Model 2

Dari tabel 4.1 dapat disimpulkan bahwa *drag coefficient* terhadap variasi model *spoiler* yang telah dibuat berturut-turut mengalami nilai peningkatan. *Drag coefficient* terbesar dialami oleh Model 2 dengan sudut  $30^0$  dengan nilai *drag coefficient* rata-rata 1,2. Sementara nilai *drag coefficient* terendah dialami oleh model *non spoiler* dengan nilai *drag coefficient* rata-rata 0,674.

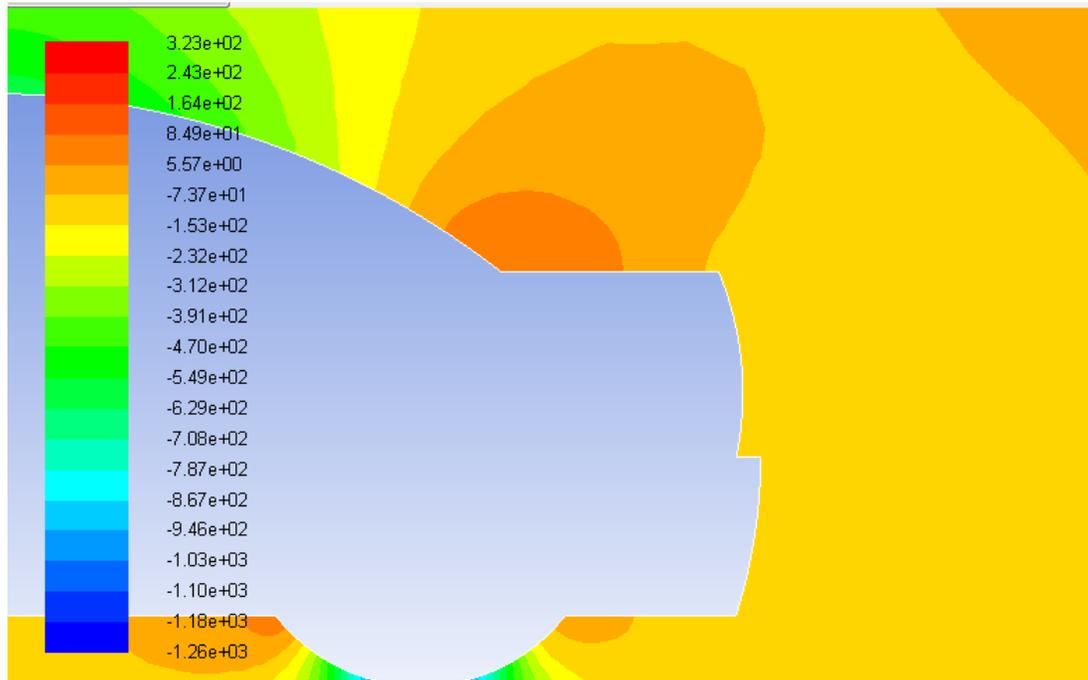
### C. Pembahasan

Analisa fenomena pada tiap model mobil sedan x

Pada setiap hasil simulasi, nilai *drag coefficient* paling rendah selalu terjadi pada model *non spoiler*. Untuk menganalisa hasil tersebut maka dilakukan analisa berdasarkan kontur tekanan statis, vektor kecepatan, dan *pathline* partikel fluida pada tiap model. Sebagai contoh untuk dianalisa adalah simulasi pada variasi kecepatan fluida 80 km/jam.

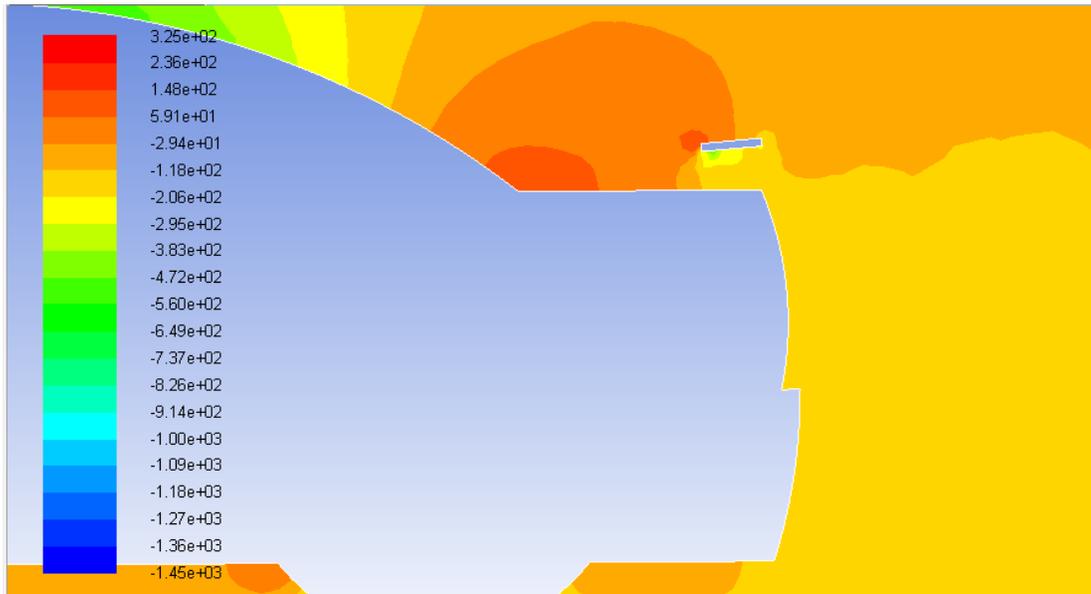
#### 1. Aerodinamika berdasarkan kontur tekanan statis

Kontur tekanan statis pada setiap pemodelan komputasi dilakukan untuk melihat fenomena tekanan yang terjadi disekitar kendaraan. Tekanan yang terjadi di sekitar kendaraan ditandai dengan adanya perbedaan warna sesuai dengan perbedaan tekanan yang terjadi. tekanan tertinggi yang dialami ditandai dengan kontur dengan warna merah, semakin pekat warna merah yang terlihat menunjukkan bahwa, objek kendaraan mengalami tekanan yang besar.



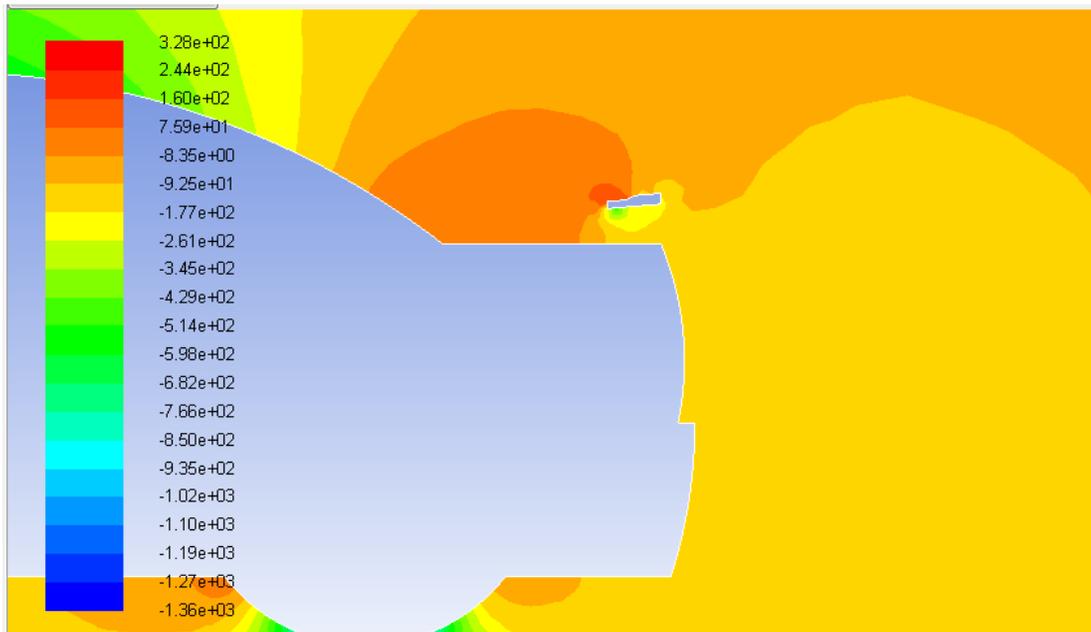
Gambar 4.7 Kontur Tekanan *Non Spoiler*

Pada gambar 4.7 terlihat distribusi tekanan statis terbesar terjadi di wilayah belakang. Hal ini dapat terlihat dari warna kontur tekanan yang tinggi pada bagian bagasi. Distribusi kontur berwarna merah terlihat pekat sehingga hal ini menyebabkan semakin besar nilai *drag coefficient* kendaraan tersebut. Pada bagian bagasi (tempat biasanya dipasangkan *spoiler*) kontur terlihat berwarna kuning dan orange. Pada analisa hasil simulasi mobil sedan x *non spoiler* menghasilkan nilai *drag coefficient* terendah dibandingkan dengan analisa hasil simulasi mobil sedan x menggunakan *spoiler*. Hal tersebut menyimpulkan bahwa mobil sedan x *non spoiler* mempunyai keunggulan dibandingkan dengan mobil sedan x yang menggunakan *spoiler*.



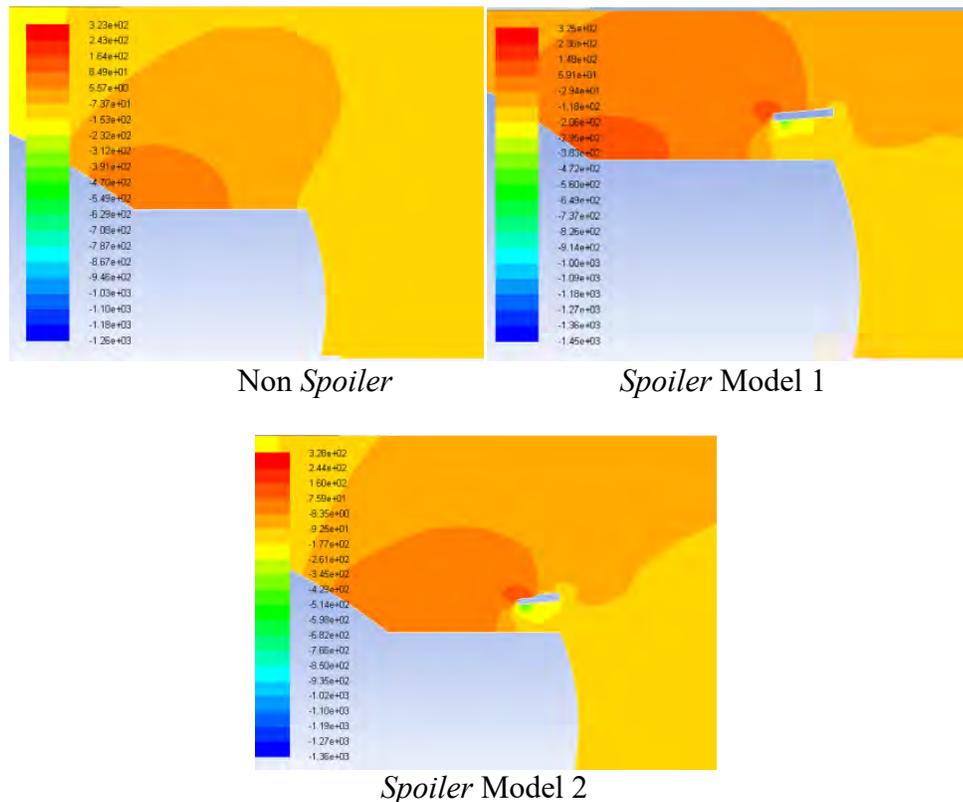
Gambar 4.8 Kontur Tekanan *Spoiler* model 1

Pada gambar 4.8 ini *spoiler* model 1 dengan sudut  $5^\circ$ . Terlihat distribusi tekanan statis terbesar terjadi di wilayah belakang. Hal ini dapat terlihat dari warna kontur tekanan yang tinggi pada bagian bagasi. Distribusi kontur berwarna merah terlihat pekat sehingga hal ini menyebabkan semakin besar nilai *drag coefficient* kendaraan tersebut. Pada bagian *spoiler* kontur terlihat berwarna kuning dan orange. Pada analisa hasil simulasi mobil sedan x *non spoiler* menghasilkan nilai *drag coefficient* terendah dibandingkan dengan analisa hasil simulasi mobil sedan x menggunakan *spoiler*. Hal tersebut menyimpulkan bahwa mobil sedan x *non spoiler* memiliki keunggulan dibandingkan dengan mobil sedan x menggunakan *spoiler*.



Gambar 4.9 Kontur Tekanan *Spoiler 2*

Pada gambar 4.9 ini *spoiler* model 2 dengan sudut  $5^{\circ}$ . Terlihat distribusi tekanan statis terbesar terjadi di wilayah belakang. Hal ini dapat terlihat dari warna kontur tekanan yang tinggi pada bagian bagasi. Distribusi kontur berwarna merah terlihat pekat sehingga hal ini menyebabkan semakin besar nilai *drag coefficient* kendaraan tersebut. Pada bagian *spoiler* kontur terlihat berwarna kuning dan orange. Pada analisa hasil simulasi mobil sedan x *non spoiler 2* lebih mendapatkan tekanan lebih besar dibandingkan *spoiler* model 1. Hal itu menyebabkan model 2 memiliki nilai *drag coefficient* lebih besar dibandingkan model 1.

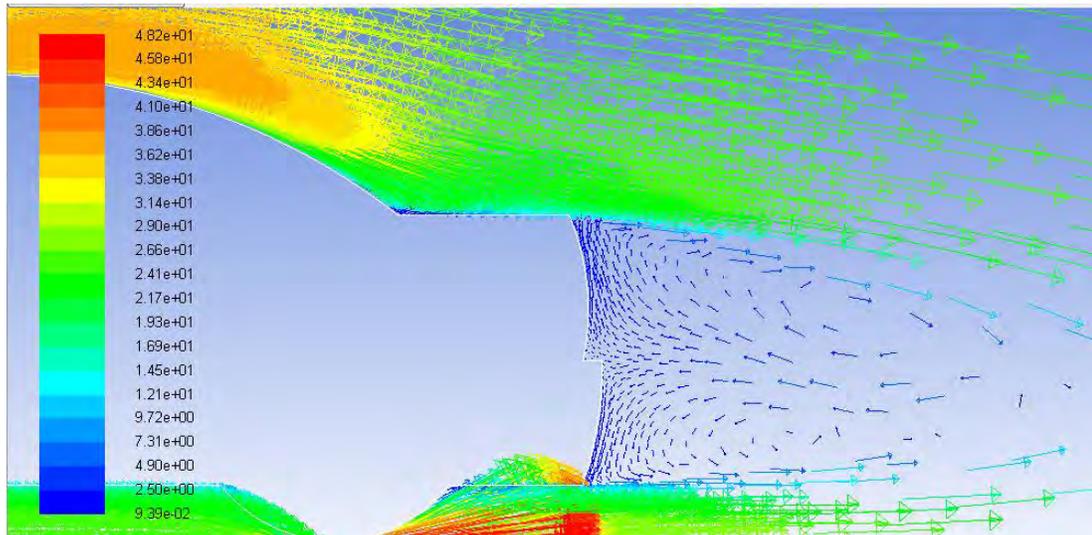


Gambar 4.10 Perbandingan Kontur

## 2. Aerodinamika Berdasarkan vektor kecepatan

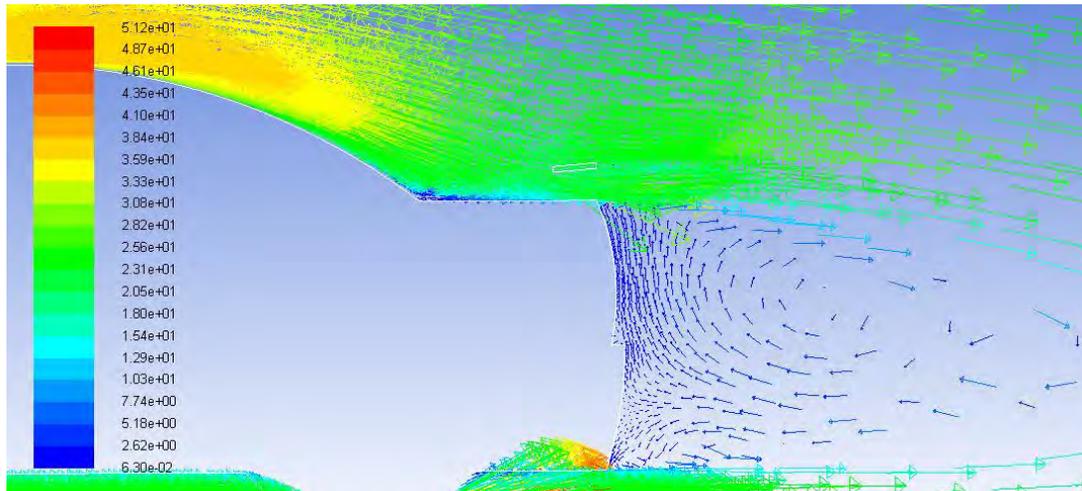
Vektor kecepatan pada setiap pemodelan komputasi dilakukan untuk melihat fenomena perbedaan nilai kecepatan dan arah fluida yang terjadi ketika kecepatan aliran fluida melewati kendaraan. Semakin kecil kecepatan fluida melewati model kendaraan maka semakin kecil pula *drag coefficient* kendaraan tersebut. Begitupun sebaliknya jika semakin besar kecepatan fluida melewati model kendaraan maka semakin besar pula *drag coefficient* kendaraan tersebut. Fenomena ini biasanya ditandai dengan perbedaan warna dan arah panah, untuk mempermudah analisa, warna yang menjadi tolak ukur

ialah warna hijau dan warna biru.



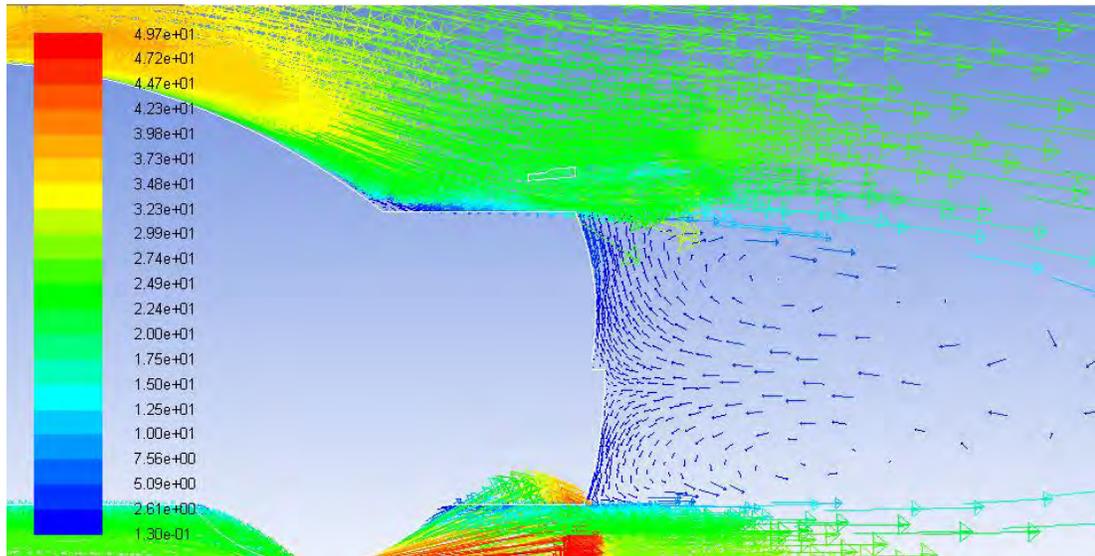
Gambar 4.11 *Vector Velocity Non Spoiler*

Pada gambar 4.11 ini sedan x *non spoiler* memperlihatkan bagaimana kecepatan fluida yang terjadi pada model kendaraan. Terlihat dari warna kontur kecepatan di area sekitar belakang kendaraan, vektor dengan warna biru tersebut menyatakan kecepatan fluida terlihat lambat, hal itu disebabkan karena terdapat pusaran fluida yang bersifat turbulen dibelakang kendaraan.



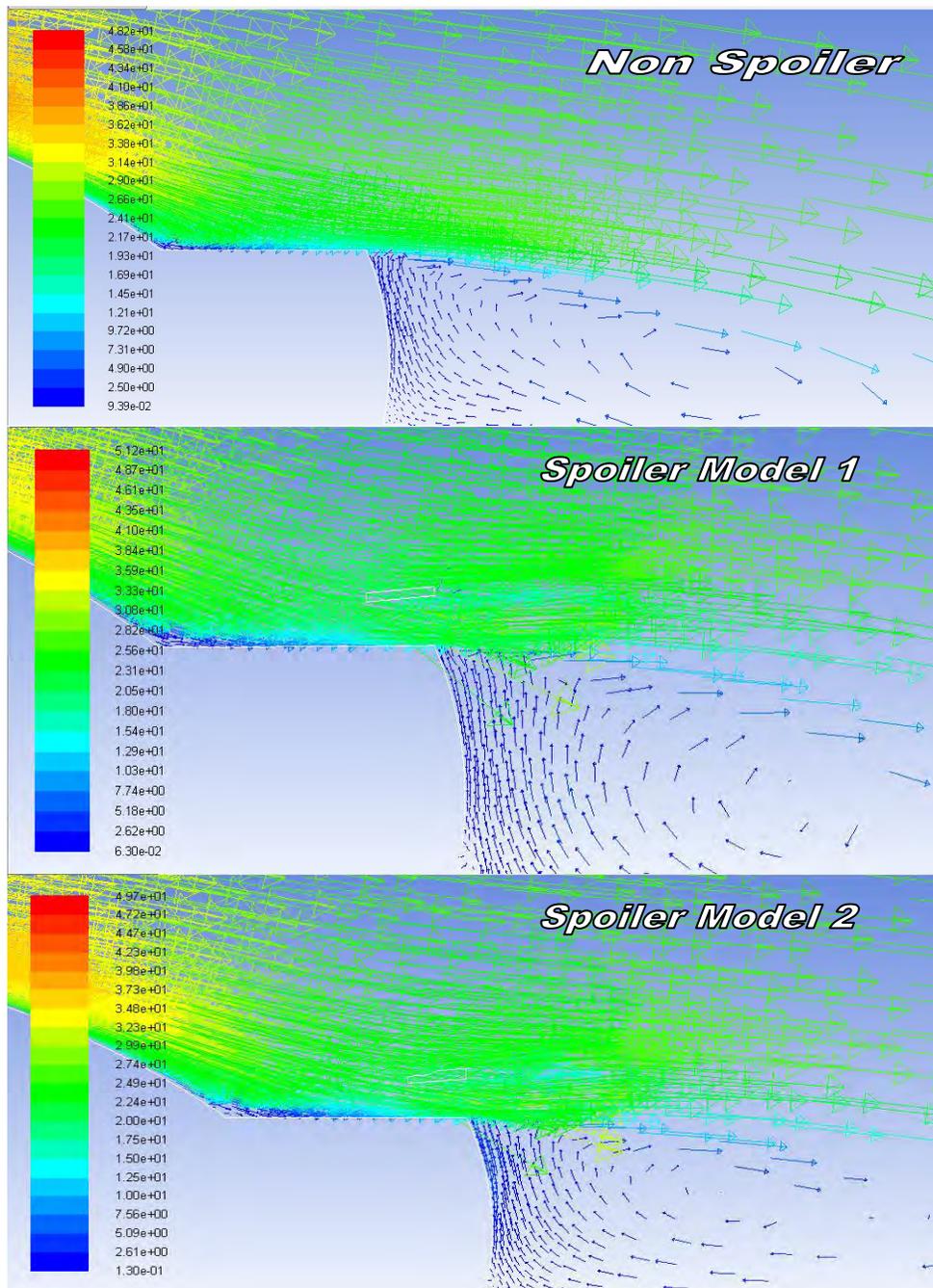
Gambar 4.12 *Vector Velocity Model 1*

Pada gambar 4.12 ini sedan x *spoiler* model 1 dengan sudut  $5^{\circ}$  memperlihatkan bagaimana kecepatan fluida yang terjadi pada model kendaraan. Terlihat dari warna vektor kecepatan di area sekitar belakang kendaraan, vektor dengan warna biru tersebut menyatakan kecepatan fluida terlihat rendah, hal itu disebabkan karena terdapat pusaran fluida yang bersifat turbulen dibelakang kendaraan.



Gambar 4.13 *Contour Velocity Model 2*

Pada gambar 4.13 ini sedan x *spoiler* model 2 dengan sudut  $5^{\circ}$  memperlihatkan bagaimana kecepatan fluida yang terjadi pada model kendaraan. Terlihat dari warna kontur kecepatan di area sekitar belakang kendaraan, kontur dengan warna biru tersebut menyatakan kecepatan fluida terlihat rendah, hal itu disebabkan karena terdapat pusaran fluida yang bersifat turbulen dibelakang kendaraan.



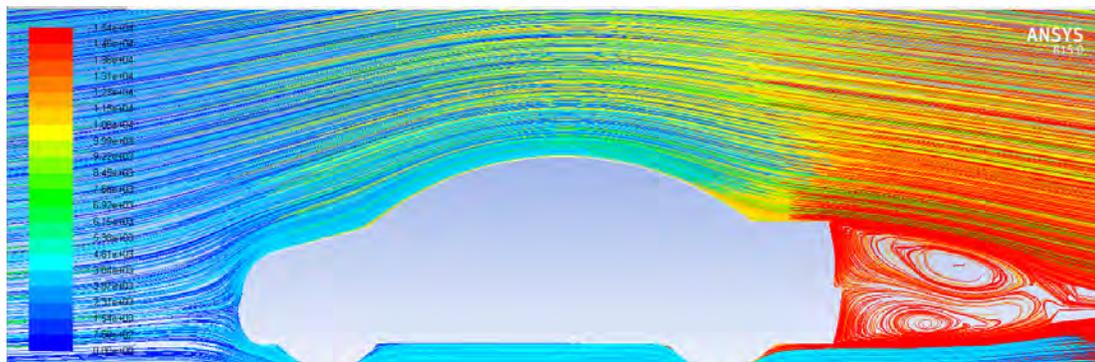
Gambar 4.14 Perbandingan *Contour Velocity*

Pada gambar 4.14 ini memperlihatkan perbandingan kontur kecepatan dari beberapa model. Kontur kecepatan di area sekitar belakang kendaraan,

vektor dengan warna biru tersebut menyatakan kecepatan fluida terlihat rendah. Terlihat vektor berwarna biru pada mobil sedan x *non spoiler* lebih banyak, hal itu disebabkan oleh kecepatan fluida yang bersifat turbulen dibandingkan dengan model lainnya.

### 3. Analisa Aerodinamika berdasarkan *pathline particle*

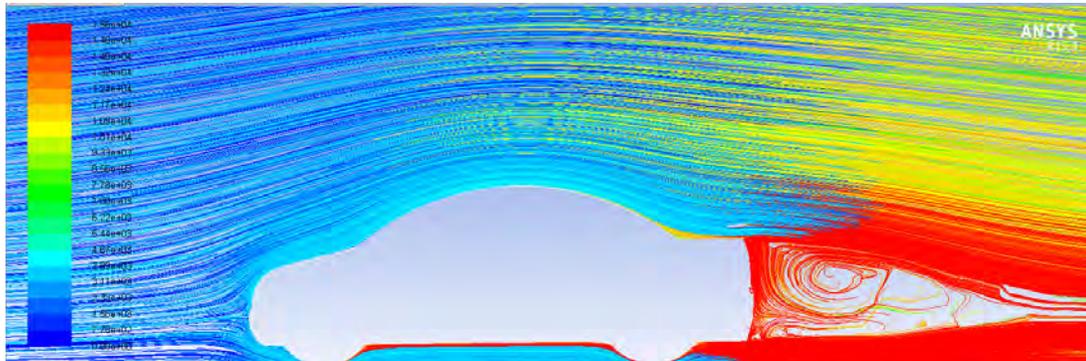
Untuk menganalisa rekam jejak aliran fluida pada kendaraan maka dilakukan analisa dengan menggunakan *pathline*, yang merupakan fungsi pada *ansys fluent* untuk melihat aliran fluida yang terjadi.



Gambar 4.15 *Pathline Non Spoiler*

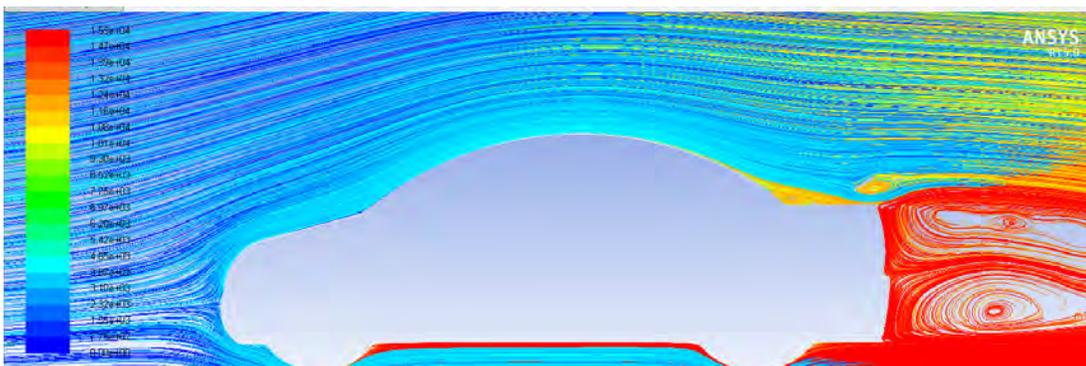
Terlihat pada gambar 4.15 ini sedan x *non spoiler* memiliki aliran fluida pada sekitar geometri kendaraan terdapat olakan pada dibelakang kendaraan. Sementara untuk distribusi aliran fluida pada bagian depan dan belakang kendaraan terdapat perbedaan jarak yang besar, sehingga hal ini menyebabkan besar nya nilai *drag coefficient* dari *geometry* mobil sedan x

*non spoiler* tersebut.



Gambar 4.16 *Pathline* Model 1

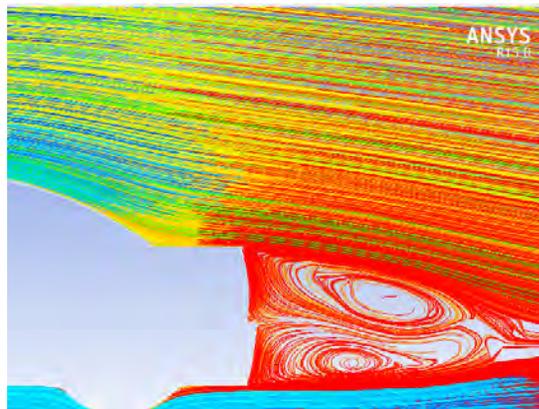
Terlihat pada gambar 4.16 ini sedan x model 1 *spoiler*  $5^{\circ}$  memiliki aliran fluida pada sekitar geometri kendaraan terdapat olakan pada dibelakang kendaraan. Sementara untuk distribusi aliran fluida pada bagian depan dan belakang kendaraan terdapat perbedaan jarak yang besar, sehingga hal ini menyebabkan besar nya nilai *drag coefficient* dari *geometry* kendaraan tersebut.



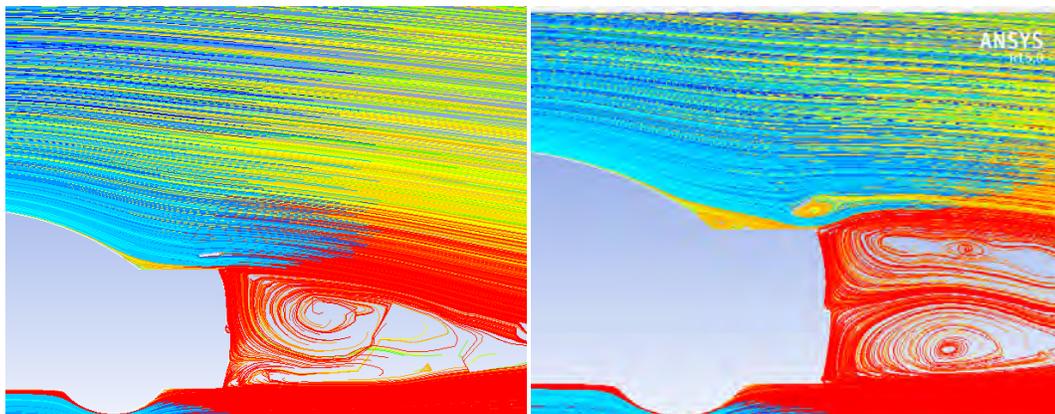
Gambar 4.17 *Pathline* Model 2

Terlihat pada gambar 4.17 ini sedan x model 2 *spoiler*  $5^{\circ}$  memiliki

aliran fluida pada sekitar geometri kendaraan terdapat olakan pada dibelakang kendaraan. Sementara untuk distribusi aliran fluida pada bagian depan dan belakang kendaraan terdapat perbedaan jarak yang besar, sehingga hal ini menyebabkan besarnya nilai *drag coefficient* dari *geometry* kendaraan tersebut.



*Non Spoiler*



*Spoiler Model 1*

*Spoiler Model 2*

Gambar 4.18 *Pathline*

Terlihat pada gambar 4.18 ini sedan x model 1 *spoiler*  $5^0$  memiliki aliran fluida lebih teratur dibandingkan model lain di sekitar belakang kendaraan. *Pathline* berwarna merah menunjukkan fluida tidak beraturan yang bersifat turbulen.

Dari keterangan diatas, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Mobil sedan x yang mempunyai daya hambat terendah terhadap nilai *drag coefficient* adalah model *non spoiler*. Hal ini dapat dilihat dari jumlah nilai rata-rata *drag coefficient* sebesar 0,674. Sedangkan bentuk *spoiler* yang mempunyai daya hambat besar terhadap nilai *drag coefficient* adalah model 2 dengan sudut  $30^0$ . Hal ini dapat dilihat dari jumlah nilai rata-rata *drag coefficient* sebesar 1,2.
2. Ada perbedaan nilai *drag coefficient* pada masing-masing model, yaitu model *non spoiler* memiliki nilai rata-rata *drag coefficient* sebesar 0,674, model 1 *spoiler*  $5^0$  memiliki nilai rata-rata *drag coefficient* 0,812, dan model 2 *spoiler*  $5^0$  memiliki nilai *drag coefficient* sebesar 0,841.
3. Ada pengaruh yang signifikan antara model *non spoiler* model 1, dan model 2 terhadap nilai *drag coefficient* berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap ke 2 bentuk dan variasi sudut pada mobil sedan x, maka didapat saran dan kesimpulannya sebagai berikut :

#### A. Kesimpulan

Dari simulasi yang telah dilakukan terhadap *spoiler* pada mobil sedan x dengan 2 konfigurasi dan variasi sudutnya masing-masing dengan kecepatan 80 km/jam, 100 km/jam dan 120 km/jam, maka dapat diambil beberapa kesimpulan :

1. *Spoiler* pada kendaraan mempengaruhi nilai *drag coefficient*. Hal ini dikarenakan terdapat perbedaan nilai *drag coefficient* dari setiap model *spoiler* dan variasi sudut yang dibuat. Dan usaha untuk mengurangi nilai *drag coefficient* ialah dengan membuat bentuk *spoiler* semakin landai, artinya semakin besar sudutnya, maka semakin besar nilai *drag coefficient* kendaraan tersebut. Terbukti model 1 *spoiler* sudut  $5^0$  memiliki nilai rata-rata *drag coefficient* 0,4994, sedangkan model 1 *spoiler* sudut  $15^0$  memiliki nilai rata-rata *drag coefficient* 0,5590, dan model 1 *spoiler* sudut  $30^0$  memiliki nilai rata-rata *drag coefficient* 0,7103.
2. Berdasarkan analisa kontur tekanan, vektor kecepatan dan juga

*pathline* menunjukkan bahwa model *non spoiler* mempunyai hambatan yang terendah dengan rata-rata nilai *drag coefficient* 0,4206, sementara model 1 dan model 2 dengan besar sudut  $30^0$  mempunyai nilai *drag coefficient* tertinggi dengan nilai rata-rata *drag coefficient* sebesar 0,7103 dan 0,7665.

3. Variasi sudut *spoiler* yang telah dibuat mempengaruhi dari nilai *drag coefficient* dari mobil sedan x. Model *non spoiler* mempunyai nilai *drag coefficient* terendah dengan nilai *drag coefficient* rata-rata 0.4206, Model 2 dengan besar sudut  $30^0$  mempunyai nilai *drag coefficient* tertinggi dengan nilai *drag coefficient* rata-rata 0,7103.

## **B. Saran**

Setelah melakukan penelitian terhadap *spoiler* pada mobil sedan x maka untuk kebaikan penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan aerodinamika, maka peneliti memberikan saran sebagai berikut.

1. Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya percobaan dilakukan tidak hanya melalui metode *computational* saja tetapi sebagai acuannya maka penelitian juga dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen
2. Sebaiknya percobaan untuk mengurangi nilai *drag coefficient* pada mobil tidak hanya berfokus pada *spoiler* saja, tetapi dibagian lain pada bodi kendaraan.
3. Sebaiknya variasi *spoiler* yang dibuat tidak hanya untuk mengurangi

nilai *drag coefficient* saja, tetapi juga dari aspek keindahan eksterior kendaraan.

4. Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya percobaan tidak hanya mencari nilai *drag coefficient* tetapi juga mencari nilai *lift coefficient*.

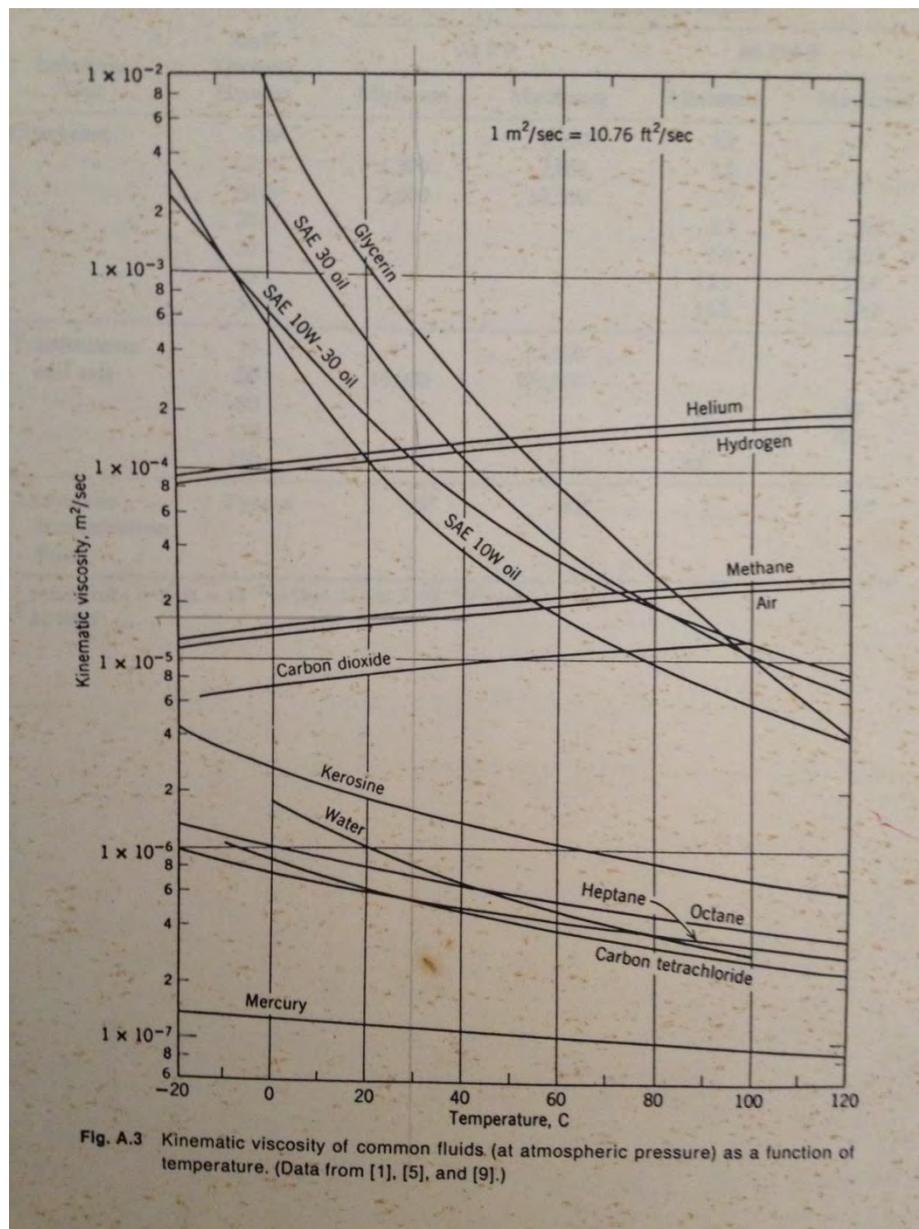
## DAFTAR PUSTAKA

- Akhadiah, Sabarti., Maidar G. Arsjad, dan Sakura H. Ridwan. 1988. *Pembinaan Kemampuan Menulis Bahasa Indonesia*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama
- Anderson, John.D. 2007. *Fundamentals Of Aerodynamics Fourth Edition*. New York: Mc Graw Hill.
- Cengel, Y. 2006. *Fluid Mechanics*. New York: Mc Graw Hill
- Edy, Alva T. 1990. *Pengaruh Koefisien Hambatan Udara Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Pada Kendaraan Mini Bus*. Media Teknik Tahun XII-No.3. 126
- Hakim Khaerizal, 2013. *Analisis Koefisien Hambat (Drag) dan Visualisasi Aliran pada Fairong Sepeda Motor Sport 150CC dengan Menggunakan Software CFD*. Fakultas Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta, Jakarta
- Hansen, O.L. Martin. 2008. *Aerodynamics Of Wind Turbines*. London: Earthscan Published
- Iryawan, Sony. 2005. *Perancangan dan Analisa Geometri Bodi Kendaraan Surya Lomba berbasis Airfoil NACA 66 Berbantuan Computational Fluid Dynamics*. Program Pascasarjana, Universitas Indonesia, Jakarta
- Finnemore John and Joseph B Franzini. 2002. *Fluid Mechanics With Engineering Applications* Newyork: Mc Graw Hill
- Suryabrata, Sumadi. 2011 *Metode Penelitian*. Jakarta: Raja Grafindo Persada
- Streeter, Victor L. 1993. *Mekanika Fluida: Edisi Delapan Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Tuakia, Firman. 2008. *Dasar-Dasar CFD Menggunakan Fluent*. Bandung: Informatika Bandung
- White, Frank M. 1975. *Mekanika Fluida : Jilid 2 Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga



## LAMPIRAN 2

Tabel kinematik viscosity of common fluids



### LAMPIRAN 3

#### 1. Nilai *drag coefficient non spoiler*:

##### a) Pada kecepatan 80 km/jam

```

1148 1.0309e-03 5.2480e-06 1.8280e-06 1.9758e-16 1.1723e-04 7.1786e-05 0:01:14 852
1149 1.0280e-03 5.1433e-06 1.7890e-06 1.9699e-16 1.1269e-04 6.8446e-05 0:00:59 851
1150 1.0423e-03 5.0218e-06 1.7424e-06 1.9442e-16 1.0600e-04 6.4030e-05 0:00:47 850
1151 1.0348e-03 4.9583e-06 1.7374e-06 1.9720e-16 9.7108e-05 5.9413e-05 0:00:38 849
1152 1.0068e-03 4.9136e-06 1.7259e-06 1.9704e-16 8.7814e-05 5.5911e-05 0:00:30 848
! 1153 solution is converged
1153 9.6598e-04 4.8689e-06 1.7127e-06 1.9251e-16 8.5516e-05 5.5286e-05 0:00:24 847
Writing "| gzip -2cf > D:\Materi Kuliah\Aaaaaa Skripsi\analisis ansys\non spoiler 53_files\dp0\FFF\F1u
Writing temporary file C:\Users\FAUZAN\1\AppData\Local\Temp\FIntgz-52525 ...
Done.

step flow-time      C1-1      Cd-1
2 2.0000e+00 1.1038e+00 4.2212e-01
Flow time = 2s, time step = 2

```

##### b) Pada kecepatan 100 km/jam

```

1170 1.2178e-03 4.8525e-06 2.0020e-06 1.8987e-16 1.4089e-04 6.8033e-05 0:01:54 830
1171 1.1923e-03 4.8300e-06 1.9660e-06 1.9004e-16 1.2889e-04 6.2769e-05 0:01:31 829
1172 1.1514e-03 4.7846e-06 1.9060e-06 1.8861e-16 1.1656e-04 5.7087e-05 0:01:13 828
1173 1.1060e-03 4.7788e-06 1.8592e-06 1.8980e-16 1.0981e-04 5.5083e-05 0:00:58 827
1174 1.0397e-03 4.7192e-06 1.7990e-06 1.9545e-16 1.0814e-04 5.5693e-05 0:00:47 826
! 1175 solution is converged
1175 9.8173e-04 4.6347e-06 1.7762e-06 1.9452e-16 1.0934e-04 5.8177e-05 0:00:37 825
Writing "| gzip -2cf > D:\Materi Kuliah\Aaaaaa Skripsi\analisis ansys\non spoiler 53_files\dp0\FFF\F1u
Writing temporary file C:\Users\FAUZAN\1\AppData\Local\Temp\FIntgz-52529 ...
Done.

step flow-time      C1-1      Cd-1
2 2.0000e+00 1.0638e+00 4.2082e-01
Flow time = 2s, time step = 2

```

##### c) Pada kecepatan 120 km/jam

```

1175 1.0858e-03 4.3783e-06 1.7589e-06 1.8547e-16 1.0751e-04 4.9785e-05 0:01:18 825
iter continuity x-velocity y-velocity      energy      k      epsilon      time/iter
1176 1.0753e-03 4.3010e-06 1.7319e-06 1.8311e-16 9.7605e-05 4.6063e-05 0:01:02 824
1177 1.0559e-03 4.2987e-06 1.7684e-06 1.8039e-16 9.1620e-05 4.5066e-05 0:00:50 823
1178 1.0130e-03 4.2719e-06 1.7814e-06 1.8069e-16 9.3297e-05 4.6241e-05 0:00:40 822
! 1179 solution is converged
1179 9.9094e-04 4.2073e-06 1.7684e-06 1.8315e-16 9.7695e-05 4.8878e-05 0:03:16 821
Writing "| gzip -2cf > D:\Materi Kuliah\Aaaaaa Skripsi\analisis ansys\non spoiler 53_files\dp0\FFF\F1u
Writing temporary file C:\Users\FAUZAN\1\AppData\Local\Temp\FIntgz-525213 ...
Done.

step flow-time      C1-1      Cd-1
2 2.0000e+00 1.0549e+00 4.1996e-01
Flow time = 2s, time step = 2

```

#### 2. Nilai *drag coefficient spoiler model 1* dengan sudut $5^0$ :

a) Pada kecepatan 80 km/jam

```

395 1.1333e-03 7.9520e-06 2.4607e-06 1.9961e-16 1.1271e-04 1.1965e-04 0:00:31 897
396 1.0635e-03 7.8455e-06 2.4487e-06 1.9544e-16 1.0581e-04 1.1624e-04 0:00:25 896
397 1.0694e-03 7.7521e-06 2.3839e-06 1.9535e-16 1.0488e-04 1.1537e-04 0:00:20 895
398 1.0061e-03 7.6472e-06 2.3620e-06 1.9337e-16 9.7651e-05 1.1114e-04 0:00:16 894
399 1.0099e-03 7.5594e-06 2.3035e-06 1.9637e-16 9.7505e-05 1.1019e-04 0:00:13 893
! 400 solution is converged
400 9.5474e-04 7.4693e-06 2.2764e-06 1.9762e-16 9.0025e-05 1.0520e-04 0:00:10 892
Writing "| gzip -2cf > D:\Materi Kuliah\Aaaaaa Skripsi\analisis ansys\model 1 spoiler 5 derajat 62_fil
Writing temporary file C:\Users\FAUZAN\1\AppData\Local\Temp\flntgz-19605 ...
Done.

step flow-time      C1-1      Cd-1
2 2.0000e+00 1.9156e+00 5.0801e-01
Flow time = 2s, time step = 2

```

b) Pada kecepatan 100 km/jam

```

iter continuity x-velocity y-velocity energy k epsilon time/iter
1099 1.0821e-03 6.4789e-06 2.2329e-06 1.8401e-16 1.2180e-04 1.0798e-04 0:02:04 901
1100 1.1125e-03 6.4091e-06 2.2025e-06 1.8323e-16 1.2329e-04 1.0973e-04 0:01:39 900
1101 1.0470e-03 6.3216e-06 2.1865e-06 1.8933e-16 1.2012e-04 1.0752e-04 0:01:19 899
1102 1.0617e-03 6.2470e-06 2.1441e-06 1.8308e-16 1.2026e-04 1.0799e-04 0:01:03 898
! 1103 solution is converged
1103 9.9630e-04 6.1613e-06 2.1308e-06 1.8285e-16 1.1465e-04 1.0437e-04 0:00:51 897
Writing "| gzip -2cf > D:\Materi Kuliah\Aaaaaa Skripsi\analisis ansys\model 1 spoiler 5 derajat 62_fil
Writing temporary file C:\Users\FAUZAN\1\AppData\Local\Temp\flntgz-19609 ...
Done.

step flow-time      C1-1      Cd-1
2 2.0000e+00 1.7919e+00 5.0646e-01
Flow time = 2s, time step = 2

```

c) Pada kecepatan 120 km/jam

```

1101 1.1200e-03 6.0223e-06 2.1454e-06 1.8274e-16 1.2324e-04 1.0330e-04 0:02:02 899
1102 1.0674e-03 5.9212e-06 2.1276e-06 1.8168e-16 1.2048e-04 1.0051e-04 0:01:37 898
1103 1.0905e-03 5.8584e-06 2.0902e-06 1.7920e-16 1.2144e-04 1.0091e-04 0:01:18 897
1104 1.0388e-03 5.7608e-06 2.0681e-06 1.7891e-16 1.1645e-04 9.7039e-05 0:01:02 896
1105 1.0471e-03 5.6999e-06 2.0190e-06 1.8228e-16 1.1605e-04 9.6405e-05 0:00:50 895
! 1106 solution is converged
1106 9.9812e-04 5.5921e-06 1.9759e-06 1.7951e-16 1.0979e-04 9.1849e-05 0:00:40 894
Writing "| gzip -2cf > D:\Materi Kuliah\Aaaaaa Skripsi\analisis ansys\model 1 spoiler 5 derajat 62_fil
Writing temporary file C:\Users\FAUZAN\1\AppData\Local\Temp\flntgz-196013 ...
Done.

step flow-time      C1-1      Cd-1
2 2.0000e+00 1.7643e+00 5.0565e-01
Flow time = 2s, time step = 2

```

3. Nilai *drag coefficient spoiler* model 1 dengan sudut  $15^{\circ}$ :

a) Pada kecepatan 80 km/jam

```

1183 1.1707e-03 4.4806e-06 1.7268e-06 1.9366e-16 1.0592e-04 6.0206e-05 0:02:21 817
1184 1.1337e-03 4.4277e-06 1.6871e-06 1.9289e-16 1.0264e-04 5.7732e-05 0:01:52 816
1185 1.0783e-03 4.3815e-06 1.6630e-06 1.9319e-16 1.0047e-04 5.5648e-05 0:01:30 815
1186 1.0362e-03 4.3306e-06 1.6455e-06 1.9076e-16 1.0052e-04 5.5001e-05 0:01:12 814
iter continuity x-velocity y-velocity energy k epsilon time/iter
! 1187 solution is converged
1187 9.8557e-04 4.2364e-06 1.6185e-06 1.9194e-16 1.0328e-04 5.6778e-05 0:00:57 813
Writing "| gzip -2cf > D:\Materi Kuliah\Aaaaaa Skripsi\analisis ansys\model 1 spoiler 15 derajat 71_fi
Writing temporary file C:\Users\FAUZAN\1\AppData\Local\Temp\FIntgz-883611 ...
Done.

step flow-time C1-1 Cd-1
2 2.0000e+00 2.2793e+00 5.9753e-01
Flow time = 2s, time step = 2

```

b) Pada kecepatan 100 km/jam

```

1194 1.1707e-03 4.0499e-06 1.6463e-06 1.8465e-16 1.0523e-04 5.4502e-05 0:00:30 806
1195 1.1300e-03 4.0538e-06 1.6244e-06 1.8396e-16 1.0282e-04 5.3231e-05 0:00:24 805
1196 1.1003e-03 4.0366e-06 1.5923e-06 1.8440e-16 1.0176e-04 5.3198e-05 0:00:19 804
1197 1.0378e-03 3.9970e-06 1.5816e-06 1.8428e-16 1.0078e-04 5.3351e-05 0:02:56 803
iter continuity x-velocity y-velocity energy k epsilon time/iter
! 1198 solution is converged
1198 9.9124e-04 3.9649e-06 1.5857e-06 1.8670e-16 1.0271e-04 5.4708e-05 0:02:21 802
Writing "| gzip -2cf > D:\Materi Kuliah\Aaaaaa Skripsi\analisis ansys\model 1 spoiler 15 derajat 71_fi
Writing temporary file C:\Users\FAUZAN\1\AppData\Local\Temp\FIntgz-883615 ...
Done.

step flow-time C1-1 Cd-1
2 2.0000e+00 2.2549e+00 5.9574e-01
Flow time = 2s, time step = 2

```

c) Pada kecepatan 120 km/jam

```

1214 1.0981e-03 3.7900e-06 1.5256e-06 1.8259e-16 1.1164e-04 5.3051e-05 0:02:33 786
1215 1.1066e-03 3.7678e-06 1.5227e-06 1.7877e-16 1.0595e-04 5.0270e-05 0:02:02 785
1216 1.1033e-03 3.7148e-06 1.5014e-06 1.7871e-16 9.9856e-05 4.7195e-05 0:01:38 784
1217 1.0647e-03 3.7062e-06 1.4799e-06 1.7903e-16 9.6628e-05 4.5557e-05 0:01:18 783
1218 1.0387e-03 3.6542e-06 1.4404e-06 1.7827e-16 9.4115e-05 4.4607e-05 0:01:02 782
iter continuity x-velocity y-velocity energy k epsilon time/iter
! 1219 solution is converged
1219 9.7386e-04 3.6378e-06 1.4773e-06 1.8017e-16 9.2628e-05 4.4591e-05 0:00:50 781
Writing "| gzip -2cf > D:\Materi Kuliah\Aaaaaa Skripsi\analisis ansys\model 1 spoiler 15 derajat 71_fi
Writing temporary file C:\Users\FAUZAN\1\AppData\Local\Temp\FIntgz-883619 ...
Done.

step flow-time C1-1 Cd-1
2 2.0000e+00 2.2228e+00 5.9460e-01
Flow time = 2s, time step = 2

```

4. Nilai *drag coefficient spoiler* model 1 dengan sudut 30°:

a) Pada kecepatan 80 km/jam

```

1994 1.1996e-03 7.8841e-07 1.5076e-06 1.9332e-16 4.8215e-05 1.8048e-04 0:00:00 6
1995 1.2140e-03 6.9085e-07 1.4223e-06 1.9434e-16 4.8167e-05 1.8048e-04 0:00:01 5
1996 1.1996e-03 7.8836e-07 1.5076e-06 1.9014e-16 4.8215e-05 1.8048e-04 0:00:01 4
1997 1.2140e-03 6.9079e-07 1.4223e-06 1.9392e-16 4.8167e-05 1.8048e-04 0:00:00 3
1998 1.1996e-03 7.8832e-07 1.5076e-06 1.9556e-16 4.8215e-05 1.8048e-04 0:00:00 2
1999 1.2140e-03 6.9073e-07 1.4223e-06 1.9235e-16 4.8167e-05 1.8048e-04 0:00:00 1
2000 1.1996e-03 7.8827e-07 1.5076e-06 1.9117e-16 4.8215e-05 1.8048e-04 0:00:00 0
Writing "| gzip -2cf > D:\Materi Kuliah\Aaaaaa Skripsi\analisis ansys\model 1 spoiler 30 derajat 83_fi
Writing temporary file C:\Users\FAUZAN\1\AppData\Local\Temp\FIntgz-62445 ...
Done.

step flow-time      C1-1      Cd-1
  2  2.0000e+00  3.0519e+00  7.1250e-01
Flow time = 2s, time step = 2

```

b) Pada kecepatan 100 km/jam

```

1510 1.0121e-03 1.0297e-06 1.5073e-06 1.8270e-16 5.3508e-05 1.7631e-04 0:01:46 490
1511 1.0024e-03 1.0433e-06 1.6229e-06 1.8135e-16 5.3491e-05 1.7590e-04 0:01:24 489
1512 1.0110e-03 1.0222e-06 1.5052e-06 1.8367e-16 5.3221e-05 1.7621e-04 0:01:07 488
1513 1.0007e-03 1.0414e-06 1.6214e-06 1.8686e-16 5.3402e-05 1.7588e-04 0:00:54 487
1514 1.0082e-03 1.0185e-06 1.5039e-06 1.8515e-16 5.3311e-05 1.7626e-04 0:00:43 486
! 1515 solution is converged
1515 9.9999e-04 1.0390e-06 1.6195e-06 1.8894e-16 5.3448e-05 1.7591e-04 0:00:34 485
Writing "| gzip -2cf > D:\Materi Kuliah\Aaaaaa Skripsi\analisis ansys\model 1 spoiler 30 derajat 83_fi
Writing temporary file C:\Users\FAUZAN\1\AppData\Local\Temp\FIntgz-62449 ...
Done.

step flow-time      C1-1      Cd-1
  2  2.0000e+00  3.0480e+00  7.0989e-01
Flow time = 2s, time step = 2

```

c) Pada kecepatan 120 km/jam

```

1738 1.0217e-03 8.9456e-07 1.3803e-06 1.8252e-16 5.5603e-05 1.6280e-04 0:00:46 262
1739 1.0094e-03 9.3571e-07 1.5028e-06 1.8599e-16 5.5413e-05 1.6192e-04 0:00:36 261
1740 1.0176e-03 8.9518e-07 1.3778e-06 1.8842e-16 5.5422e-05 1.6267e-04 0:00:29 260
1741 1.0008e-03 9.2543e-07 1.5022e-06 1.8607e-16 5.5589e-05 1.6189e-04 0:00:23 259
1742 1.0084e-03 9.0018e-07 1.3779e-06 1.8511e-16 5.5683e-05 1.6268e-04 0:00:18 258
! 1743 solution is converged
1743 9.9742e-04 9.1761e-07 1.5043e-06 1.8446e-16 5.5762e-05 1.6202e-04 0:00:15 257
Writing "| gzip -2cf > D:\Materi Kuliah\Aaaaaa Skripsi\analisis ansys\model 1 spoiler 30 derajat 83_fi
Writing temporary file C:\Users\FAUZAN\1\AppData\Local\Temp\FIntgz-624413 ...
Done.

step flow-time      C1-1      Cd-1
  2  2.0000e+00  3.0195e+00  7.0886e-01
Flow time = 2s, time step = 2

```

5. Nilai *drag coefficient spoiler* model 2 dengan sudut  $5^0$ :

a) Pada kecepatan 80 km/jam

```

1097 1.1563e-03 7.2453e-06 2.3312e-06 1.9804e-16 1.1827e-04 1.1794e-04 0:03:11 903
1098 1.1023e-03 7.1013e-06 2.2696e-06 1.9595e-16 1.1708e-04 1.1873e-04 0:02:33 902
iter continuity x-velocity y-velocity energy k epsilon time/iter
1099 1.0725e-03 7.0202e-06 2.2600e-06 1.9772e-16 1.1270e-04 1.1699e-04 0:02:02 901
1100 1.0257e-03 6.8824e-06 2.1839e-06 1.9602e-16 1.0919e-04 1.1636e-04 0:01:37 900
! 1101 solution is converged
1101 9.9360e-04 6.8006e-06 2.1697e-06 1.9509e-16 1.0414e-04 1.1404e-04 0:01:18 899
Writing "| gzip -2cf > D:\Materi Kuliah\Aaaaaa Skripsi\analisis ansys\model 2 spoiler 5 derajat 63_fil
Writing temporary file C:\Users\FAUZAN\1\AppData\Local\Temp\FIntgz-71169 ...
Done.

step flow-time C1-1 Cd-1
2 2.0000e+00 1.9633e+00 5.2569e-01
Flow time = 2s, time step = 2

```

b) Pada kecepatan 100 km/jam

```

1101 1.1420e-03 6.5767e-06 2.1279e-06 1.9105e-16 1.2226e-04 1.1011e-04 0:01:02 899
1102 1.1093e-03 6.5102e-06 2.1043e-06 1.8938e-16 1.1797e-04 1.0796e-04 0:00:50 898
1103 1.0880e-03 6.4037e-06 2.0282e-06 1.8923e-16 1.1470e-04 1.0611e-04 0:00:40 897
1104 1.0489e-03 6.3612e-06 2.0081e-06 1.8957e-16 1.1070e-04 1.0319e-04 0:00:32 896
1105 1.0302e-03 6.2790e-06 1.9396e-06 1.9077e-16 1.0765e-04 1.0069e-04 0:00:25 895
! 1106 solution is converged
1106 9.9848e-04 6.2497e-06 1.9274e-06 1.8613e-16 1.0399e-04 9.7336e-05 0:00:20 894
Writing "| gzip -2cf > D:\Materi Kuliah\Aaaaaa Skripsi\analisis ansys\model 2 spoiler 5 derajat 63_fil
Writing temporary file C:\Users\FAUZAN\1\AppData\Local\Temp\FIntgz-71165 ...
Done.

step flow-time C1-1 Cd-1
2 2.0000e+00 1.9146e+00 5.2469e-01
Flow time = 2s, time step = 2

```

c) Pada kecepatan 120 km/jam

```

1098 1.0890e-03 6.2794e-06 2.2505e-06 1.8460e-16 1.2970e-04 1.0165e-04 0:03:11 902
iter continuity x-velocity y-velocity energy k epsilon time/iter
1099 1.0711e-03 6.1553e-06 2.1705e-06 1.8308e-16 1.2987e-04 1.0223e-04 0:02:33 901
1100 1.0345e-03 6.0562e-06 2.1677e-06 1.8343e-16 1.2636e-04 1.0125e-04 0:02:02 900
1101 1.0146e-03 5.9391e-06 2.0896e-06 1.8155e-16 1.2333e-04 1.0049e-04 0:01:38 899
! 1102 solution is converged
1102 9.7530e-04 5.8474e-06 2.0775e-06 1.7855e-16 1.1798e-04 9.8179e-05 0:01:18 898
Writing "| gzip -2cf > D:\Materi Kuliah\Aaaaaa Skripsi\analisis ansys\model 2 spoiler 5 derajat 63_fil
Writing temporary file C:\Users\FAUZAN\1\AppData\Local\Temp\FIntgz-711613 ...
Done.

step flow-time C1-1 Cd-1
2 2.0000e+00 1.8986e+00 5.2453e-01
Flow time = 2s, time step = 2

```

6. Nilai *drag coefficient spoiler* model 2 dengan sudut 15°:

a) Pada kecepatan 80 km/jam

```

1121 1.0844e-03 6.0494e-06 1.9568e-06 1.9840e-16 8.4599e-05 8.2650e-05 0:00:39 879
1122 1.0438e-03 5.9248e-06 1.9152e-06 1.9882e-16 7.9836e-05 8.0131e-05 0:00:31 878
1123 1.0267e-03 5.8578e-06 1.8920e-06 1.9735e-16 7.7862e-05 7.8795e-05 0:00:25 877
1124 1.0089e-03 5.7856e-06 1.8637e-06 1.9380e-16 7.7133e-05 7.8094e-05 0:03:15 876
1125 1.0052e-03 5.7629e-06 1.8485e-06 1.9489e-16 7.7550e-05 7.7837e-05 0:02:36 875
! 1126 solution is converged
1126 9.9673e-04 5.7336e-06 1.8233e-06 1.9118e-16 7.8006e-05 7.7236e-05 0:02:05 874
Writing "| gzip -2cf > D:\Materi Kuliah\Aaaaaa Skripsi\analisis ansys\model 2 spoiler 15 derajat_files
Writing temporary file C:\Users\FAUZAN\1\AppData\Local\Temp\flntgz-72045 ...
Done.

step flow-time C1-1 Cd-1
2 2.0000e+00 2.4172e+00 6.2396e-01
Flow time = 2s, time step = 2

```

b) Pada kecepatan 100 km/jam

```

1123 1.1388e-03 4.6049e-06 1.8362e-06 1.9237e-16 1.3091e-04 7.8872e-05 0:00:16 877
1124 1.0928e-03 4.5886e-06 1.8005e-06 1.9107e-16 1.2668e-04 7.7921e-05 0:03:08 876
1125 1.0634e-03 4.5531e-06 1.7348e-06 1.9055e-16 1.2178e-04 7.7464e-05 0:02:30 875
1126 1.0414e-03 4.5582e-06 1.7181e-06 1.8720e-16 1.1728e-04 7.6211e-05 0:02:00 874
1127 1.0116e-03 4.4922e-06 1.6714e-06 1.8851e-16 1.1349e-04 7.5824e-05 0:01:36 873
! 1128 solution is converged
1128 9.7834e-04 4.4537e-06 1.6753e-06 1.9142e-16 1.1139e-04 7.4934e-05 0:01:17 872
Writing "| gzip -2cf > D:\Materi Kuliah\Aaaaaa Skripsi\analisis ansys\model 2 spoiler 15 derajat_files
Writing temporary file C:\Users\FAUZAN\1\AppData\Local\Temp\flntgz-72049 ...
Done.

step flow-time C1-1 Cd-1
2 2.0000e+00 2.2889e+00 6.2024e-01
Flow time = 2s, time step = 2

```

c) Pada kecepatan 120 km/jam

```

1122 1.1852e-03 4.3513e-06 1.9128e-06 1.8387e-16 1.4378e-04 7.2746e-05 0:01:15 878
1123 1.1456e-03 4.2653e-06 1.8315e-06 1.8100e-16 1.4061e-04 7.2794e-05 0:01:00 877
1124 1.0978e-03 4.2348e-06 1.7819e-06 1.8046e-16 1.3631e-04 7.2598e-05 0:00:48 876
1125 1.0631e-03 4.1321e-06 1.6983e-06 1.8198e-16 1.3077e-04 7.1641e-05 0:00:38 875
1126 1.0075e-03 4.0592e-06 1.6645e-06 1.8232e-16 1.2483e-04 7.0865e-05 0:00:31 874
! 1127 solution is converged
1127 9.6752e-04 3.9741e-06 1.6068e-06 1.8540e-16 1.1955e-04 6.9854e-05 0:00:25 873
Writing "| gzip -2cf > D:\Materi Kuliah\Aaaaaa Skripsi\analisis ansys\model 2 spoiler 15 derajat_files
Writing temporary file C:\Users\FAUZAN\1\AppData\Local\Temp\flntgz-720413 ...
Done.

step flow-time C1-1 Cd-1
2 2.0000e+00 2.2597e+00 6.1910e-01
Flow time = 2s, time step = 2

```

7. Nilai *drag coefficient spoiler* model 2 dengan sudut  $30^0$ :

a) Pada kecepatan 80 km/jam

```

turbulent viscosity limited to viscosity ratio of 1.000000e+05 in 2498 cells
3174 1.0073e-03 2.5197e-06 1.3632e-06 1.3970e-16 4.2568e-05 7.1756e-05 0:02:06 826
! 3175 solution is converged

turbulent viscosity limited to viscosity ratio of 1.000000e+05 in 2496 cells
3175 9.5395e-04 2.4328e-06 1.3436e-06 1.3947e-16 4.2109e-05 6.9949e-05 0:01:41 825
Writing "| gzip -2cf > D:\Materi Kuliah\Aaaaaa Skripsi\analisis ansys\model 2 spoiler 30 derajat 82_fi
Writing temporary file C:\Users\FAUZAN~1\AppData\Local\Temp\flntgz-77327 ...
Done.

step flow-time      Cl-1      Cd-1
  4  4.0000e+00  2.2595e+00  8.5492e-01
Flow time = 4s, time step = 4

```

b) Pada kecepatan 100 km/jam

```

turbulent viscosity limited to viscosity ratio of 1.000000e+05 in 101 cells
3517 1.0405e-03 4.9461e-06 1.9779e-06 1.7954e-16 1.6759e-04 5.6904e-05 0:03:23 944

turbulent viscosity limited to viscosity ratio of 1.000000e+05 in 101 cells
! 3518 solution is converged
3518 9.8610e-04 4.6859e-06 1.8811e-06 1.7715e-16 1.6254e-04 5.5831e-05 0:02:42 943
Writing "| gzip -2cf > D:\Materi Kuliah\Aaaaaa Skripsi\analisis ansys\model 2 spoiler 30 derajat 82_fi
Writing temporary file C:\Users\FAUZAN~1\AppData\Local\Temp\flntgz-773215 ...
Done.

step flow-time      Cl-1      Cd-1
  6  6.0000e+00  2.5995e+00  7.2206e-01
Flow time = 6s, time step = 6

```

c) Pada kecepatan 120 km/jam

```

turbulent viscosity limited to viscosity ratio of 1.000000e+05 in 52 cells
3506 1.0097e-03 3.3522e-06 1.5839e-06 1.7747e-16 1.7552e-04 4.9743e-05 0:01:55 949

turbulent viscosity limited to viscosity ratio of 1.000000e+05 in 52 cells
! 3507 solution is converged
3507 9.5417e-04 3.1724e-06 1.4978e-06 1.8036e-16 1.7147e-04 4.7597e-05 0:04:42 948
Writing "| gzip -2cf > D:\Materi Kuliah\Aaaaaa Skripsi\analisis ansys\model 2 spoiler 30 derajat 82_fi
Writing temporary file C:\Users\FAUZAN~1\AppData\Local\Temp\flntgz-773223 ...
Done.

step flow-time      Cl-1      Cd-1
  6  6.0000e+00  2.6422e+00  7.1968e-01
Flow time = 6s, time step = 6

```