

ANALISIS DAYA SERET (*DRAG FORCE*) TERHADAP RAK BUMBUNG  
KERETA KOMPAK DENGAN MENGGUNAKAN KAEDAH SIMULASI  
DINAMIK CFD

AHMAD SYAHIR BIN SULAIMAN

Laporan Teknikal ini dikemukakan sebagai memenuhi syarat kelayakan untuk  
peringkat Ijazah Sarjana Muda (Automotif)

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal  
Universiti Teknikal Malaysia Melaka

JUN 2012

Kepada keluarga tersayang dan rakan-rakan

## **PENGESAHAN PENYELIA**

‘Saya akui bahawa telah membaca  
karya ini dan pada pandangan saya, karya ini  
adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan  
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Automotif)’

Tandatangan :.....

Nama Penyelia I :Dr Abd Rahman Bin Dullah

Tarikh :.....

## **PENAKUAN**

“Saya akui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang tiap-tiap satunya saya telah jelaskan sumbernya”

Tandatangan :.....

Nama Penulis :Ahmad Syahir Bin Sulaiman

Tarikh :20 JUN 2012

## **PENGHARGAAN**

Secara jujurnya jutaan kata-kata syukur dipanjatkan ke hadirat Ilahi dengan limpah kurniaNya dapat pengarang melengkapkan laporan ini dan seterusnya memenuhi kehendak pihak universiti bagi syarat kelayakan untuk memegang segulung ijazah sarjana muda dalam bidang automotif.

Terima kasih yang tidak terhingga dilafazkan kepada seluruh ahli keluarga yang banyak menyokong dan mendorong pengarang supaya tabah menghadapi liku-liku ketika menuntut ilmu. Dan, tidak lupa juga kepada semua tenaga pengajar dan staf-staf universiti ini terutama kepada penyelia, Dr Abd Rahman Bin Dullah yang banyak memberi bimbingan dan pendapat untuk merealisasikan laporan ini.

## ABSTRAK

Aerodinamik berperanan penting dalam bidang automotif terutamanya untuk memberi kestabilan, penjimatan bahan api dan memberi kesan dari segi prestasi sesebuah kenderaan. Kajian yang dijalankan ini adalah berkaitan dengan kajian aerodinamik rak bumbung terhadap kereta bersaiz kompak. Prospek utama kajian ini memberi keutamaan dalam mengkaji kesan daya seret yang terhasil disekeliling model rak bumbung, selain itu kajian secara sampingan dilakukan terhadap kesan-kesan sudut hubungan (angle of contact) yang berlaku di bahagian hadapan dan belakang rak bumbung serta kesan-kesan kedudukan rak bumbung. Kaedah analisis dijalankan dengan mereka bentuk beberapa model rak bumbung kereta yang memiliki sudut condong hadapan dan belakang yang berbeza dan kesemua rak bumbung dihasilkan dengan nisbah berskala 1:35 serta menjalankan analisis menggunakan kaedah simulasi dinamik bendalir berkomputer. Hasil kajian akan diteruskan dengan membandingkan hasil daripada kaedah teoretikal iaitu kaedah simulasi dinamik bendalir berkomputer dengan kaedah eksperimental iaitu kaedah terowong angin.

## ABSTRACT

Aerodynamics which role an important in the automotive field especially for giving stability, low fuel consumption and affect of better vehicle performance. The study that carried out is about analysis of aerodynamic on car roof box for compact car. Major prospect in this study will give a priority in further study of energy drag resultant around box's model. Apart from that, an ancillary committed against relationship of angle effect (angle of contact) which occurred in front and at the rear of roof box and the effect of car roof box position also will be analyze. Analytical method carried out by few models car roof box that owning differ forward oblique angle and the entire roof box produced with scale ratio 1:35 and conduct analysis using computerized fluid dynamics simulation method. Survey results will be continued by comparing between the theoretical method namely computerized fluid dynamics simulation on the experimental method namely by wind tunnel method.

**ISI KANDUNGAN**

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	<b>ABSTRAK</b>	<b>i</b>
	<b>ABSTRACT</b>	<b>ii</b>
	<b>ISI KANDUNGAN</b>	<b>iii</b>
	<b>SENARAI GAMBARAJAH</b>	<b>vii</b>
	<b>SENARAI JADUAL</b>	<b>ix</b>
<b>BAB 1</b>	<b>PENGENALAN</b>	
1.1	Latar Belakang kajian	1
1.2	Objektif Kajian	2
1.3	Skop Kajian	2
1.4	Kepentingan Kajian	3
1.5	Pernyataan Masalah	3
1.6	Kesan Kajian	4
1.7	Carta alir	5



**BAB 2      KAJIAN ILMIAH**

2.1	Pengenalan	7
2.2	Rumusan Kajian-kajian Lepas	8
2.3	Pengelasan Aerodinamik	13
2.3.1	Teori asas aerodinamik	14
2.3.2	Garis Arus ( <i>Streamlines</i> )	15
2.3.3	Pengagihan Halaju Dan Tekanan	16
2.3.4	Pekali Tekanan	17
2.3.5	Aliran Lapisan Sempadan	18
2.3.6	Ketumpatan Dan Kelikatan	19
2.3.7	Nombor Reynolds	20
2.3.8	Vorteks	21
2.4	Faktor-faktor Dinamik kenderaan	22
2.4.1	Daya Seret ( <i>Drag Force</i> )	22
2.4.2	Pekali Seretan, $C_d$	23
2.4.3	Daya Angkatan	24
2.4.4	Pekali Daya Angkatan	25
2.5	Teknik simulasi Berbantu Berkomputer (CFD)	25
2.5.1	Bagaimana CFD berfungsi	26
2.5.1.1	Pra-pemproses (Pra-proses	27

2.5.1.2	Penyelesai (solver)	27
2.5.1.3	Pasca Pemproses (Post-processor)	28
2.6	Rak Bumbung	29
2.6.1	Kedudukan Rak Bumbung	30
2.6.2	Kekurangan Rak Bumbung	31
<b>BAB 3</b>	<b>KAEDAH KAJIAN</b>	
3.1	Pengenalan	33
3.2	Rajah Carta Alir Proses	35
3.2.1	Pemilihan Tajuk	35
3.2.2	Pengumpulan Maklumat	36
3.2.3	Konsep Rekabentuk	36
3.2.3.1	Konsep Rekabentuk rak bumbung	37
3.2.3.2	Model Myvi	39
3.2.3.3	Model Myvi dan Rak Bumbung	40
3.3	Analisis CFD	42
3.3.1	Proses Analisis CFD	42
3.3.1.1	ANSYS FLUENT 14.0	42
3.3.1.1.1	Pindah Data Dari CATIA ke ANSYS	43
3.3.1.1.2	Geometri	44

3.3.1.1.3 <i>Meshing</i>	47
3.3.1.1.4 Setup	48
3.3.1.1.5 Keputusan	53
3.3.2 Keadaan Sempadan Dalam Simulasi	55
3.3.3 Kualiti <i>Meshing</i>	56
<b>BAB 4 ANALISIS KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>	<b>57</b>
4.1 Pengenalan	57
4.2 Jangkaan Keputusan	58
4.3 Keputusan Analisis	58
4.3.1 Analisis CFD	58
4.3.2 Paparan Visual CFD	62
4.3.3 Perbandingan Dengan Analisis Terowong Angin	64
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN PENAMBAHBAIKKAN</b>	<b>67</b>
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Penambahbaikan	69

**SENARAI GAMBARAJAH**

Rajah 1.1: Carta alir PSM 1	5
Rajah 1.2: Carta alir PSM 2	6
Rajah 2.1: Kesan penggunaan spoiler	8
Rajah 2.2: Kedudukan penjana vorteks	10
Rajah 2.3: Kesan penjana vorteks terhadap daya	10
Rajah 2.4: Taburan tekanan pada kereta	11
Rajah 2.5: Kesan sudut condong cermin terhadap pekali seret	12
Rajah 2.6: Graf perbandingan data	13
Rajah 2.7: Aliran angin	15
Rajah 2.8: Garis arus	16
Rajah 2.9: Peralihan lapisan sempadan diatas bumbung kereta	20
Rajah 2.10: Aliran sempadan pada model kereta	20
Rajah 2.11: penghasilan vorteks	22
Rajah 2.12: Kesan pergerakan daya seret	23
Rajah 2.13: Kedudukan kotak bumbung.	31
Rajah 2.14: Kekurangan kotak bumbung	32
Rajah 3.1: Carta alir proses	35
Rajah 3.2: Model kereta sebenar yang dipasang rak bumbung	37
Rajah 3.3 Contoh model rak bumbung dengan sudut hadapan A dan belakang B	38

Rajah 3.4: Pandangan isometric model Myvi	40
Rajah 3.5: Model Myvi bersama pemegang	41
Rajah 3.6: Model Myvi beserta rak bumbung	41
Rajah 3.7: Menukar format CATIA kepada iges	43
Rajah 3.8: Workbench	44
Rajah 3.9: import file	45
Rajah 3.10: Enclosure	46
Rajah 3.11: Boolean	47
Rajah 3.12: Meshing	48
Rajah 3.13: Option	48
Rajah 3.14: Problem Setup	49
Rajah 3.15: Velocity inlet	49
Rajah 3.16: Reference Values	50
Rajah 3.17: Solution method	51
Rajah 3.18: Monitors	51
Rajah 3.19: Solution initialization	52
Rajah 3.20: Run calculation	52
Rajah 3.21: Report	53
Rajah 3.22: Contour setting	54
Rajah 3.23: Streamline setting	55
Rajah 3.24: Meshing	56

Rajah 4.1: Jumlah tindakan daya terhadap model Myvi pada kelajuan 30 m/s	60
Rajah 4.2: Tenaga kinetik pusaran ( <i>turbulence kinetic energy</i> )	63
Rajah 4.3: Jumlah tekanan	63
Rajah 4.4: Halaju angin dalam bentuk <i>streamline</i>	62
Rajah 4.5: Perbandingan pekali seret CD antara CFD dan terowong angin	65

## **SENARAI JADUAL**

Jadual 2.1 Peningkatan daya seret	9
Jadual 3.1: Model rak bumbung yang akan dianalisis	39
Jadual 3.2: Keadaan sempadan dalam simulasi	55
Jadual 4.1: Model Myvi berserta rak bumbung	59
Jadual 4.2: Data daripada analisis ANSYS	59
Jadual 4.3: Peratusan peningkatan daya seret terhadap model Myvi	62
Jadual 4.4: Daya seret dan pekali seret daripada eksperimen terowong angin	65

## **RUJUKAN**

## **LAMPIRAN**

## **BAB 1**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 Latar Belakang kajian**

Aerodinamik adalah salah satu aspek terpenting untuk mereka bentuk dalam bidang automotif. Ianya adalah satu bidang dinamik bendalir yang menekankan tentang daya aliran udara untuk memberi kestabilan, mengurangkan penggunaan bahan api serta memberi kesan terhadap prestasi kereta. Dalam mengkaji rekabentuk aerodinamik, terdapat dua kaedah yang boleh digunapakai iaitu kaedah teoritikal dan kaedah eksperimental. Kaedah-kaedah tersebut adalah kaedah dinamik bendalir berkomputer (CFD) sebagai kaedah teoritikal dan juga pengujian terowong udara sebagai kaedah eksperimental. Masing-masing kaedah mempunyai kelebihan dan kekurangan sendiri seperti pengujian terowong udara akan mengambil masa yang panjang tetapi hasilnya adalah tepat manakala CFD pula agak praktikal dalam mengkaji udara tetapi agak sukar untuk mewakili aliran udara dengan persamaan matematik. Selalunya aerodinamik berkait rapat dengan pengiraan ciri-ciri seperti halaju, tekanan, ketumpatan dan suhu sebagai fungsi ruang dan masa. Kajian ini hanya memberi penekanan terhadap aspek kesan daya seretan terhadap rak bumbung kereta dimana daya seretan ini dipengaruhi oleh pekali seretan (drag coefficient), sudut hubungan (angle of contact), halaju serta luas permukaan hadapan rak

bumbung. Seterusnya akan membandingkan hasil kajian ini terhadap analisis yang menggunakan kaedah eksperimental.

## **1.2 Objektif Kajian**

- Mengkaji kesan penggunaan rak bumbung kenderaan terhadap kereta bersaiz kompak.
- Mengkaji hubungan bentuk aerodinamik rak bumbung dengan daya seret (drag force) yang terhasil.
- Menentukan bentuk dan kedudukan rak bumbung kereta yang terbaik untuk mengurangkan daya seretan terhadap kereta kompak.

## **1.3 Skop Kajian**

- Menggunakan perisian (CAD) untuk menghasilkan model rak bumbung kereta.
- Menggunakan kaedah simulasi dinamik bendalir berkomputer (CFD) terhadap model rak bumbung kereta kompak.
- Menganalisis data yang diperolehi daripada kaedah simulasi dinamik bendalir berkomputer (CFD) untuk mengetahui kesan daya seretan terhadap model rak bumbung kereta.
- Membandingkan keputusan hasil daripada simulasi dengan eksperimen.



#### **1.4 Kepentingan Kajian**

Kepentingan kajian ini adalah untuk mendapatkan nilai pekali daya seret yang bertindak ke atas rak bumbung seterusnya mengaitkan hasil kajian terhadap rekaan rak bumbung di mana terdapat enam model rak bumbung berlainan kecuraman di bahagian hadapan dan belakang. Bentuk dan kedudukan rak bumbung adalah salah satu daripada aspek yang penting dalam mempengaruhi aerodinamik. Bentuk rak bumbung terbahagi kepada jenis kerangka ataupun bertutup, tetapi kajian ini hanya menumpukan kepada jenis rak yang bertutup. Rak yang bertutup memiliki bentuk yang bergaris lurus (streamline) dikatakan memberi kestabilan kepada kereta kerana aliran udara dapat melalui rak bumbung bertutup secara bebas. Begitu juga dengan kedudukan rak bumbung dimana ianya akan mempengaruhi sudut hubungan (angle of contact) ketika aliran udara yang laju apabila kereta bergerak memberi daya seretan dan daya angkatan kepada rak bumbung.

#### **1.5 Pernyataan Masalah**

Apabila kita mencari maklumat tentang langkah-langkah untuk mengurangkan penggunaan bahan api dan juga meningkatkan keupayaan pemanduan sesebuah kenderaan, kita seringkali dicadangkan untuk mengeluarkan rak bumbung apabila tidak digunakan. Ini bererti bahawa rak bumbung selalu dipandang sebagai beban kepada kenderaan. Akan tetapi penggunaanya sering diterima ramai sekiranya tidak memiliki ruang yang cukup untuk meletakkan barang berlebihan lebih-lebih lagi pada kenderaan yang kecil dan kompak. Hal ini disebabkan oleh kehadiran daya seret yang terhasil oleh pengaliran angin antara permukaan kenderaan dengan rak bumbung yang menghasilkan daya rintangan yang mampu mengurangkan kelajuan, menambahkan penggunaan minyak serta mengurangkan kestabilan terhadap kenderaan tersebut. Rak bumbung seharusnya memiliki sifat aerodinamik bagi mengatasi masalah tersebut. Kurangnya kajian ilmiah secara terperinci terhadap rak bumbung kereta ini mendorong penulis mengkaji permasalahan ini agar menjadi

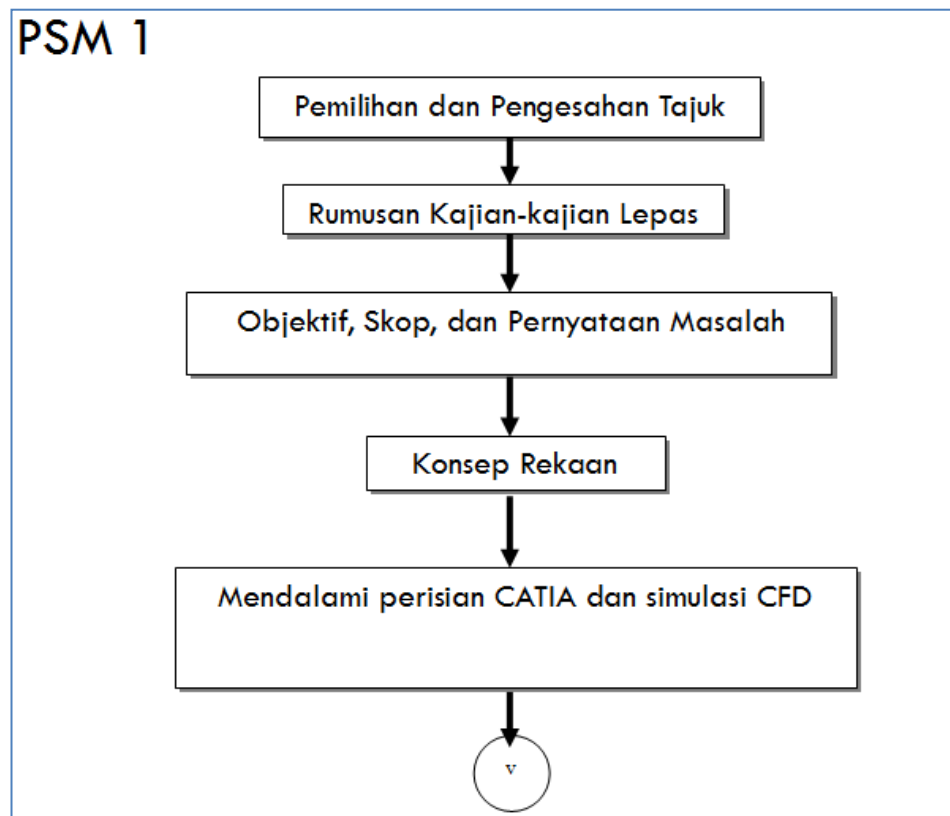
rujukan bukan sahaja kepada industri automotif malah untuk pengetahuan orang ramai.

## **1.6 Kesan Kajian**

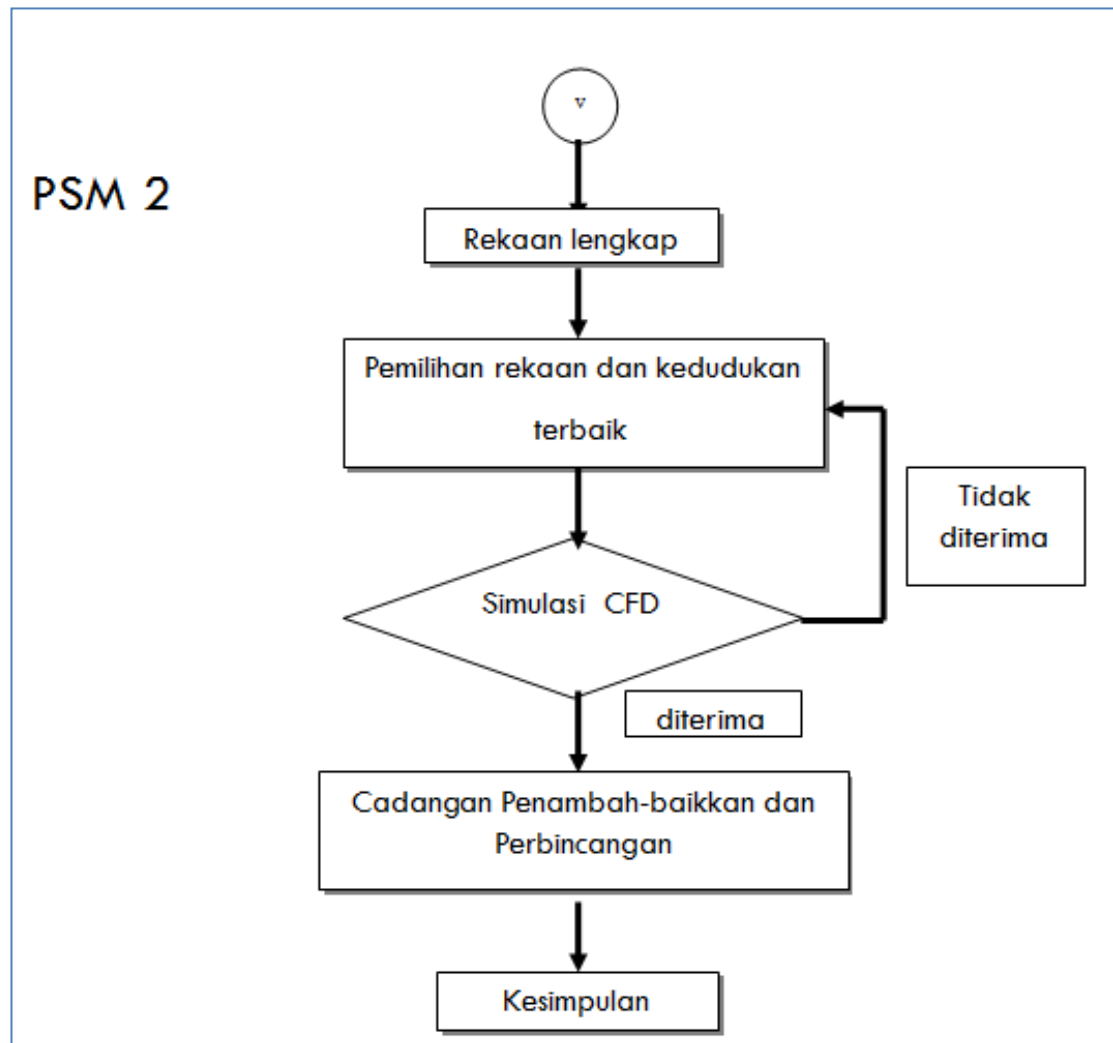
- Menambahkan kemahiran, pengetahuan dan pengalaman terhadap kaedah-kaedah yang boleh digunapakai untuk menganalisis aliran udara dan sifat-sifat aerodinamik sesuatu benda.
- Dapat melaksanakan simulasi CFD bagi mendapatkan maklumat penting yang berkaitan.
- Mampu menambahkan pemahaman terhadap cara penggunaan perisian CFD.
- Mampu untuk memahami data yang diperolehi seterusnya membuat perbandingan diantara kaedah teoretikal dan kaedah simulasi.

## 1.7 Carta Alir

Carta alir pada Rajah 1.1 dan Rajah 1.2 dibawah menunjukkan langkah-langkah yang telah disusun untuk memastikan kajian ini berjalan dengan lancar. Terbahagi kepada dua bahagian, iaitu sesi PSM 1 untuk semester pertama dan sesi PSM 2 untuk semester kedua.



Rajah 1.1: Carta Alir PSM 1



Rajah 1.2: Carta Alir PSM 2

## **BAB 2**

### **KAJIAN ILMIAH**

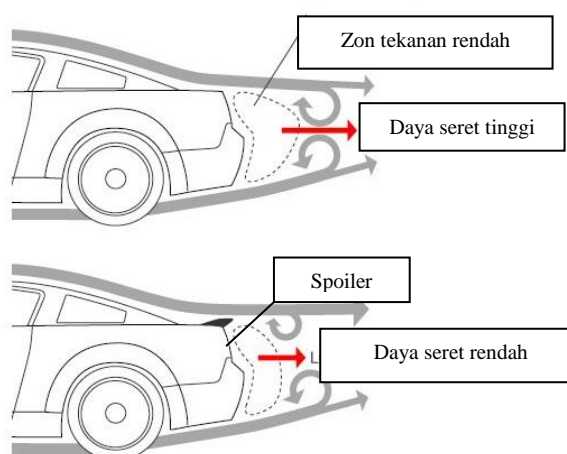
#### **2.1 Pengenalan**

Untuk menjayakan analisis ini, penulis telah membuat kajian ilmiah untuk memberi maklumat yang terperinci tentang latar belakang terhadap perkara yang berkaitan. Akan tetapi kajian terhadap kesan rak bumbung kereta tidak ditemui malah sangat sukar untuk mendapatkan sebarang bentuk maklumat yang boleh digunakan. Oleh hal yang demikian kajian yang banyak dibuat dari segi aspek aerodinamik kenderaan di mana ianya kelihatan berkait rapat dengan aerodinamik rak bumbung. Dimulakan dengan memahami kajian-kajian ilmiah yang telah dijalankan sebelum ini, penulis mendapat sedikit sebanyak gambaran dan garis panduan bagi menjayakan analisis ini. Seterusnya diikuti dengan kerja-kerja literasi (*literature*) dalam aspek yang berkaitan dengan kenderaan seperti pekali seretan, taburan tekanan, aliran visual dan kaedah CFD untuk mendapatkan kefahaman dan teori dalam mentafsir hasil analisis ini.

## 2.2 Rumusan Kajian-kajian Lepas

Berikut adalah beberapa kajian lepas yang berkaitan dengan kajian yang akan dilakukan untuk memahami dan mendapatkan fakta dan idea untuk menjalankan analisis kajian ini. Kebanyakan kajian yang diambil sebagai sumber rujukan adalah berkaitan dengan aerodinamik dan simulasi CFD.

Krisnani, P. N (2006) telah mengkaji langkah untuk mengurangkan kesan aerodinamik kenderaan jenis utility sukan (SUV) untuk mengurangkan kos bahan api serta menambah prestasi kenderaan. Pengarang membandingkan data yang diekstrak daripada eksperimen terowong angin dengan data berangka model SUV. Dengan menggunakan perisian FLUENT, pengiraan simulasi dinamik bendalir dilakukan pada alat yang mengurangkan daya seret seperti plat ekor bot dan spoiler seperti Rajah 2.1 di bawah. Apabila sudut ekor bot dikurangkan kepada  $10^0$ , daya seret berkurang daripada 0.349 hingga 0.306. Perubahan sudut itu mengurangkan daya seret daripada 0.354 hingga 0.350. Hasil kajian ini sedikit sebanyak memberi gambaran akan kesan penggunaan rak bumbung terhadap daya seret yang terhasil. Rumusan yang didapati adalah untuk sesebuah kenderaan, nilai pelaki seret ( $C_d$ ) normal yang diperolehi adalah sekitar 0.30 hingga 0.35 manakala untuk kenderaan jenis SUV pula adalah sekitar 0.35 hingga 0.45.



Rajah 2.1: Kesan penggunaan spoiler

(sumber: <http://www.ministryofwheels.com/aerodynamics-s50> (2011))

Jadual 2.1 di bawah menunjukkan hasil daripada kajian oleh pengarang dimana didapati setiap aksesori yang dipasang kepada kereta jenis SUV memiliki nilai pekali seret yang tersendiri. Rumusan yang dapat disimpulkan daripada kajian ini dengan memfokuskan kepada aksesori rak bumbung didapati penggunaan rak bumbung kereta (*roof box*) akan menyebabkan perubahan pekali seret  $C_d$  sekitar 0.05 hingga 0.075.

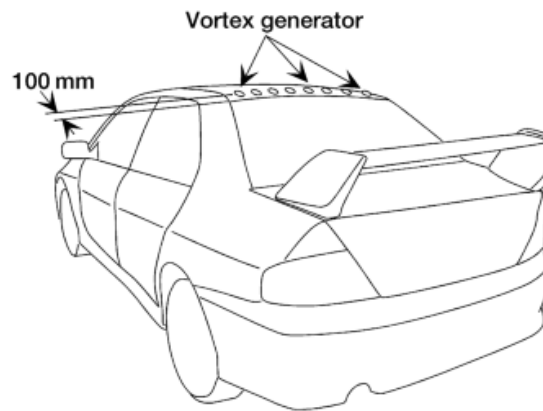
Jadual 2.1: Peningkatan daya seret terhadap aksesori-aksesori kereta

(sumber: Krisnani, P. N (2006))

<b>Accessory</b>	<b><math>\Delta C_D</math></b>
Roof box	0.050 -0.075
Snorkel	0.065
Bug deflector	0.015
Mudflaps (4)	0.011
Roof bars	0.001 – 0.011
Nudge bars	0.007 - 0.010
Headlamp protectors	0.004 – 0.006
Side steps	-0.003 - -0.006

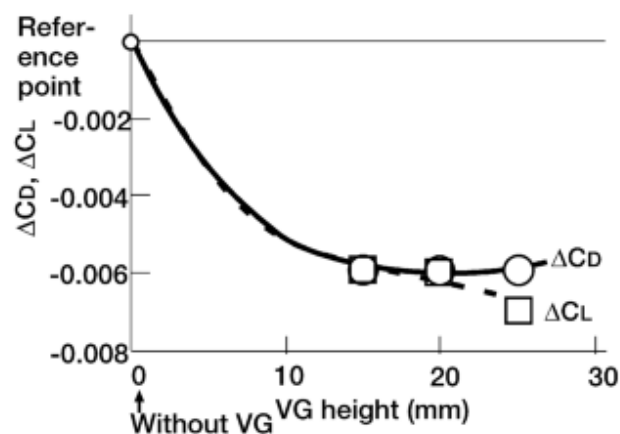
Masaru, K. *et. al* (2004) telah menganalisis kesan penggunaan penjana vorteks terhadap sifat aerodinamik kenderaan. Didapati punca utama daya seret kenderaan adalah pemisahan aliran belakang kenderaan. Bagi mendekatkan pemisahan aliran, penjana vorteks digunakan sebagai ujian. Penjana vorteks (*vortex generator*) biasanya didapati pada kapal terbang bagi mengelakkan pemisahan aliran, dimana penjana ini mengurangkan seretan dengan mengelakkan pemisahan aliran disekitar. Hasilnya penjana vorteks mengurangkan pekali seretan dan angkatan sebanyak 0.006. Vorteks menyebabkan titik pemisahan aliran beralih ke bahagian bawah lalu mengurangkan ruang antara aliran. Ini mengakibatkan peningkatan halaju belakang, serta mengurangkan daya seret dan daya angkatan. Kajian ini memberi gambaran bahawa akan berlaku vorteks dibahagian belakang seterusnya memberi kesan terhadap daya kepada rak bumbung. Merujuk kepada Rajah 2.2, kedudukan penjana vorteks dapat dilihat dengan lebih jelas lagi dimana ianya terletak dibahagian hujung bumbung atas kereta. Manakala gambarajah 2.3 menunjukkan kesan penggunaan penjana vorteks terhadap pekali seret  $C_d$  dan pekali angkat  $C_l$ . Didapati

penggunaan penjana vorteks mengurangkan pekali seret dan angkat daripada 0 kepada -0.05.



Rajah 2.2: Kedudukan penjana vorteks

(sumber: Masaru.K et.al (2004))



Rajah 2.3: Kesan penjana vorteks terhadap daya seret dan daya angkat.

(sumber: masaro.k et.al (2004))

Ismail@Hussain, R.S. (2007) memaparkan proses serta kajian kereta sedan mengikut aspek aerodinamik. Kajian dijalankan dengan mengambil data daripada CFD dan terowong angin bagi membandingkan keputusan yang terbaik. Setiap daya yang bertindak pada suatu arah pasti ada daya tindakbalas yang berlawanan arah akan terhasil. Dalam tesis ini ada menyatakan bahawa nilai sudut cermin dan sudut bonet kereta mempengaruhi kesan daya seret. Sudut yang curam akan menghasilkan halaju yang kurang pada permukaan kerana tekanan yang tinggi, bagi sudut landai