

“ Saya akui bahawa saya 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 (Reka Bentuk & Inovasi)”

Tandatangan :.....

Nama penyelia 1 :.....

Tarikh :.....

Tandatangan :.....

Nama penyelia 2 :.....

Tarikh :.....

**MEREKABENTUK SISTEM SUSPENSI, BREK & SISTEM RODA UNTUK  
FORMULA SAE**

**KAMARUL ARIFFIN BIN RUSLANI**

**Laporan ini dikemukakan sebagai  
memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan  
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal ( Rekabentuk & Inovasi )**

**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal  
Universiti Teknikal Malaysia Melaka**

**12 MEI 2008**

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

Tandatangan :.....

Nama : KAMARUL ARIFFIN BIN RUSLANI

Tarikh : 12 MEI 2008

## PENGHARGAAN

Saya ingin menyatakan beribu kesyukuran yang besar pada Allah s.w.t dan Rasulullah s.a.w. yang memberi saya kehendak untuk meneruskan laporan ini sehingga ia selesai, keberanian untuk bertahan dalam penulisan laporan ini, dan kecekapan untuk berfikir dengan bijaksana ketika saya memerlukan semaksima yang mungkin. Saya juga ingin membaktikan satu penghargaan khas untuk ibu bapa saya yang sentiasa membantu saya sepanjang masa dan juga menggalakkan saya sehingga akhir di dalam semua perkara yang saya lakukan. Ucapan terima kasih juga khas untuk Prof Madya Ir Mustafar bin Abdul Kadir untuk idea-idea dan nasihat di dalam penghasilan laporan ini dengan perhatian secara fizikal, bukan sahaja dinyatakan dengan ucapan. Sesungguhnya, panduan, pengalaman dan kaedah mengajar betul-betul berguna untuk saya pada masa depan. Saya juga ingin berterima kasih kepada semua kawan-kawan saya untuk sumbangan dan hemat mereka. Saya berharap laporan lengkap ini adalah sebidang karya bertulis yang berkriteria dan bernilai untuk digunakan oleh orang lain kerana ia adalah usaha saya sendiri dalam menamatkan tugas ini dan adalah amat membanggakan jika ada orang yang memandang tinggi usaha saya.

## ABSTRAK

Perkara penting dalam sistem suspensi kenderaan adalah untuk memaksimumkan 'central joint node' antara roda dengan jalan pada sepanjang masa dalam mendapatkan cengkaman roda semaksimum yang mungkin di atas jalan. Apabila sesebuah kenderaan bergerak di atas jalan yang mempunyai pelbagai keadaan seperti jalan yang membelok, berbonggol dan berlubang, suhu juga boleh mempengaruhi keadaan semasa, dan begitu juga halaju bagi sesebuah kenderaan, pereka-pereka adalah dicabar untuk mengoptimumkan parameter sistem suspensi agar dapat memberikan sistem yang terbaik dengan pantas dan selamat dalam perlumbaan Formula SAE. Kestabilan kenderaan adalah kritikal dan sistem suspensi perlu memberi tindakan yang terbaik agar pemandu boleh membuat tindakan pengawalan yang betul. Disebabkan kos yang tinggi dalam membina sistem suspensi, program-program analisis sistem seperti CFX, ANSYS, ADAMS, COSMOSWORK, CATIA (infinite analysis) dan sebagainya, digunakan untuk mengurangkan kos dengan cepat dan tepat. Tesis dan penyelidikan hendaklah dijalankan secara terus dalam bidang ini dalam mencari pendekatan-pendekatan baru dan peningkatan pengetahuan. Tesis ini menerangkan tentang reka bentuk dan analisis sebuah sistem suspensi yang baru untuk perlumbaan Formula SAE.

## ABSTRACT

The main task for a vehicle suspension system is to maximize the central joint node between a wheel and the road at all time; this is to ensure the maximum grip of the wheel to the road. When a vehicle moves on road which have corners, bumpers and hole, the temperature and the velocity of the vehicle will affect the present situation and this is the challenged for the designers to optimize the system suspension parameters to give the fastest and safest preparation in the Formula SAE race. The stabilization of the vehicle is critical and the suspension systems have to give its best performance so that the driver could make the correct controlling decision. Due to the high cost in developing the suspension system, it is a remarkable thing to reduce the cost quickly and accurately by using the system analysis program such as CFX, ANSYS, ADAMS, COSMOS, CATIA (infinite analysis) and many more. The thesis and research must be done directly in the field to approach new contribution and adding information. This thesis will clarify the design and analysis of a new suspension system for Formula SAE race.

## ISI KANDUNGAN

<b>PENGHARGAAN</b>		i
<b>ABSTRAK</b>		ii
<b>ABSTRACT</b>		iii
<b>SENARAI GAMBARAJAH</b>		x
<b>SENARAI JADUAL</b>		xiii
<b>SENARAI SINGKATAN</b>		xiv
<b>BAB 1</b>	<b>Pengenalan kepada Sistem Suspensi, Brek &amp; Sistem Roda untuk Formula SAE</b>	
1.0	Pengenalan	1
1.1	Pendahuluan	1
1.2	Latar Belakang	1
	1.2.1 Matlamat Acara Pecutan	1
	1.2.2 Matlamat Pertandingan ' <i>drift control</i> '	2
	1.2.3 Matlamat Perlumbaan Di Dalam Litar Lumba	2
1.3	Objektif	2
1.4	Skop	3
2.0	PERBINCANGAN	3
2.1	Pendekatan	3
3.0	KESIMPULAN	4
3.1	Ringkasan	4

## BAB 2 SISTEM SUSPENSI

2.1	Pendahuluan	5
2.2	Bahagian asas dan operasi sistem suspensi	6
2.2.1	Lengan kawalan ( <i>control arm</i> )	6
2.2.2	Lingkar spring ( <i>coil spring</i> )	7
2.2.3	Batang kilasan ( <i>torsion bar</i> )	7
2.3	Bahagian hadapan sistem suspensi	8
2.3.1	'Wishbone' berkembar ( <i>double wishbone</i> )	8
2.3.2	Sangga MacPherson ( <i>MacPherson strut</i> )	10
2.3.3	Mengubah sangga MacPherson ( <i>Modified MacPherson Strut</i> )	11
2.3.4	Lengan penjejak ( <i>trailing arm</i> )	11
2.3.5	Sambungan pelbagai ( <i>multi-link</i> )	12
2.4	Bahagian belakang sistem suspensi	13
2.4.1	Gandar padu, spring keping ( <i>solid-axle, leaf spring</i> )	13
2.4.2	Gandar padu, lingkar spring ( <i>solid-axle, coil-spring</i> )	14
2.4.3	Gandar palang ( <i>beam axle</i> )	15
2.4.4	Suspensi bahagian belakang yang bebas ( <i>independent rear suspension</i> )	16
2.5	Suspensi FSAE	16
2.6	Bahagian asas dalam sistem suspensi FSAE ( <i>Basic part of FSAE suspension</i> )	17
2.6.1	A-Lengan ( <i>A-Arm</i> )	17
2.6.2	Rod tunjal dan rod terikan ( <i>Push rod and Pull rod</i> )	18
2.6.3	Lengan jumpelang ( <i>Rocker arm</i> )	19
2.6.4	Pemegang ( <i>Upright</i> )	19
2.7	Spesifikasi suspensi	20
2.8	Parameter suspensi	21
2.8.1	Panjang dan kecondongan king-pin ( <i>Kingpin length and inclination</i> )	21
2.8.2	Titik pusat seketika ( <i>Instant centers</i> )	22



2.8.3	<i>'Roll center'</i>	22
2.8.4	<i>'Scrub radius'</i>	23
2.8.5	Lereng ( <i>Caster</i> )	24
2.8.6	Lengkung ( <i>Camber</i> )	25
2.8.7	<i>'Toe in and toe out'</i>	26
2.8.8	<i>'Roll angle'</i>	26

### **BAB 3 SISTEM BREK**

3.1	Pendahuluan	27
3.2	Pengaruh Brek	27
3.2.1	Tekanan	27
3.2.2	Pekali geseran ( <i>Coefficient of Friction @ COF</i> )	28
3.2.3	Daya geseran sentuhan permukaan ( <i>Friction contact surface</i> )	28
3.2.4	Pelesenan haba ( <i>Heat dissipation</i> )	28
3.3	Jenis brek	29
3.3.1	Brek dram ( <i>Dram brake</i> )	29
3.3.2	Brek piring ( <i>Disc brake</i> )	29
3.4	Prinsip sistem brek hidraulik ( <i>Principle of hydraulic brake system</i> )	30
3.5	Sistem brek berkembar ( <i>Dual system brake</i> )	31
3.5.1	Sistem pisahan depan / belakang ( <i>Front / rear split system</i> )	31
3.5.2	Sistem pisahan pepenjuru ( <i>Diagonally split system</i> )	32
3.6	Pemasangan hab dan rotor ( <i>Hub and rotor assembly</i> )	33
3.7	Pemasangan angkup ( <i>Caliper assembly</i> )	34
3.7.1	Brek piring angkup kekal ( <i>Fixed caliper disc brakes</i> )	35
3.7.2	Brek piring angkup pengapungan ( <i>Floating caliper disc brakes</i> )	35
3.7.3	Brek piring angkup lincir ( <i>Sliding caliper disc brakes</i> )	36
3.8	Pemasangan silinder induk ( <i>Master cylinder assembly</i> )	37

3.9	Pemasangan brek pad ( <i>Brek pad assembly</i> )	39
3.10	Bendalir brek ( <i>Brake fluid</i> )	39
<b>BAB 4 REKABENTUK KONSEP</b>		
4.1	Konfigurasi Asas Suspensi	40
4.2	Rekabentuk Konsep	44
4.2.1	Rekabentuk Hadapan Sisitem Suspensi	45
4.2.2	Rekabentuk Belakang Sisitem Suspensi	48
4.3	Pengolahan Konsep	51
4.4	Kesimpulan	52
<b>BAB 5 REKABENTUK TERPERINCI</b>		
5.1	Geometri rekabentuk	54
5.2	Rekabentuk komponen	56
5.2.1	A-lengan	57
5.2.2	Gelendong ( <i>Spindle</i> )	58
5.2.3	Pemutus ( <i>Rocker</i> )	58
5.2.4	Sendi Engsel ( <i>Knuckle</i> )	59
5.2.5	Hub	60
5.2.6	Pemegang tegak ( <i>Upright</i> ) bahagian belakang	61
5.2.7	Pemegang ( <i>Mount</i> )	62
5.3	Pemilihan bahan	63
5.3.1	AISI 1018 Steel	64
5.3.2	AISI 4130 Steel	64
5.3.3	Aluminum 2024-T4	64
5.3.4	Aluminum 6005-T1	64
5.4	Pemilihan Rekabentuk	65
5.4.1	Pemilihan pedal	65
5.4.2	Pemilihan angkup	65
5.4.3	Pemilihan selinder utama	66
5.4.4	Pemilihan cakera	66

5.4.5	Pemilihan roda	66
<b>BAB 6 ANALISIS</b>		
6.1	Pengenalan	67
6.2	Sistem suspensi hadapan	71
6.3	Sistem suspensi belakang	76
6.4	<i>Ride rate</i>	79
6.5	<i>Roll rate</i>	80
6.6	Perubahan lengkung ( <i>camber change</i> )	82
6.7	<i>Bearing</i>	83
6.8	Sistem Brek	85
6.8.1	Angkup ( <i>Caliper</i> )	86
6.8.2	Alas ( <i>Pad</i> )	87
6.8.3	Piring	87
6.8.4	Silinder utama	89
6.8.5	Pedal brek	89
<b>BAB 7 ANALISIS UNSUR TERHINGGA</b>		
7.1	Pengenalan	96
7.2	Analisis sistem suspensi bahagian hadapan	96
7.2.1	Keputusan tegasan ' <i>von mises</i> '	97
7.2.2	Keputusan sesaran	99
7.2.3	Keputusan Faktor keselamatan	101
7.3	Sistem suspensi bahagian belakang	102
7.3.1	Keputusan tegasan ' <i>von mises</i> '	102
7.3.2	Keputusan sesaran	104
7.3.3	Faktor keselamatan	106

**BAB 8 PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN**

8.1	Sistem suspensi	107
	8.1.1 Analisis dinamik	107
	8.1.2 Analisis getaran	108
8.2	Sistem brek	108
8.3	Spesifikasi akhir	109
8.4	Kesimpulan	111
8.5	Cadangan untuk kajian masa hadapan	112

## SENARAI GAMBARAJAH

<b>Bil.</b>	<b>Tajuk</b>	<b>M.S</b>
1.	Rajah 2.1: Suspensi hadapan dan belakang	5
2.	Rajah 2.2: Mampatan dan lantunan	6
3.	Rajah 2.3: Lingkaran spring ( <i>coil spring</i> )	7
4.	Rajah 2.4: Batang kilasan ( <i>torsion Bar</i> )	8
5.	Rajah 2.5: Sistem suspensi ‘ <i>wishbone</i> ’ berkembar	9
6.	Rajah 2.6: Sistem suspensi jenis Sangga MacPherson	10
7.	Rajah 2.7: Sistem suspensi jenis lengan penjejak	11
8.	Rajah 2.8: Sistem suspensi jenis sambungan pelbagai ( <i>Multi-link</i> )	12
9.	Rajah 2.9: Sistem suspensi jenis Gandar padu, spring keping	13
10.	Rajah 2.10: Sistem suspensi jenis gandar padu, lingkaran spring	14
11.	Rajah 2.11: Sistem suspensi jenis gandar palang	15
12.	Rajah 2.12: Sistem suspensi jenis A-lengan berkembar	17
13.	Rajah 2.13: Rod tunjal	18
14.	Rajah 2.14: Rod terikan	18
15.	Rajah 2.15: Rod jumpelang ( <i>Rocker arm</i> )	19
16.	Rajah 2.16: Susunan jarak sesebuah FSAE untuk litar lumba	20
17.	Rajah 2.17: Bahagian depan sistem suspensi	21
18.	Rajah 2.18: Konstruksi titik pusat seketika	22
19.	Rajah 2.19: Konstruksi ‘ <i>Roll center</i> ’	23
20.	Rajah 2.20: Sudut lereng ( <i>Caster angle</i> )	24
21.	Rajah 2.21: Sudut lengkung	25
22.	Rajah 2.22: ‘ <i>Toe in and toe out</i> ’	26
23.	Rajah 3.1: Skema asas sistem brek automotif	30
24.	Rajah 3.2: Sistem pisahan depan / belakang	31
25.	Rajah 3.3: Sistem pisahan pepenjuru	32

<b>Bil.</b>	<b>Tajuk</b>	<b>M.S</b>
26.	Rajah 3.4: Rotor padu dan alih udara	33
27.	Rajah 3.5: Operasi angkup kekal	35
28.	Rajah 3.6: Operasi angkup pengapungan	36
29.	Rajah 3.7: Komponen silinder induk	38
30.	Rajah 4.1: Gambarajah berlabel sistem suspensi	44
31.	Rajah 4.2: Konsep 1 (Hadapan)	45
32.	Rajah 4.3: Konsep 2 (Hadapan)	46
33.	Rajah 4.4: Konsep 3 (Hadapan)	47
34.	Rajah 4.5: Konsep 1 (Belakang)	48
35.	Rajah 4.6: Konsep 2 (Belakang)	49
36.	Rajah 4.7: Konsep 3 (Belakang)	50
37.	Rajah 5.1 Geometri untuk sistem suspensi bahagian hadapan	55
38.	Rajah 5.2: A-lengan atas bahagian hadapan	57
39.	Rajah 5.3: Gelendong	58
40.	Rajah 5.4: Pemutus Hadapan	58
41.	Rajah 5.5: Sendi engsel	59
42.	Rajah 5.6: Hab Hadapan	60
43.	Rajah 5.7: Pemegang Tegak Bahagian Belakang	61
44.	Rajah 5.8: Pemegang Atas	62
45.	Rajah 6.1: Geometri sistem suspensi hadapan	71
46.	Rajah 6.2: Susun atur geometri pengayunan bahagian hadapan	73
47.	Rajah 6.3: Masa tanggapan untuk sistem suspensi bahagian hadapan	75
48.	Rajah 6.4: Masa tanggapan untuk sistem suspensi bahagian belakang	79
49.	Rajah 6.5: Tindakan beban di ' <i>bearing</i> ' tirus	83
50.	Rajah 6.6: Ilustrasi dimensi mengenai piring brek	87
51.	Rajah 6.7: Ilustrasi dimensi untuk pedal brek	89
52.	Rajah 7.1: Keputusan analisis tegasan ' <i>von mises</i> ' untuk A-lengan atas hadapan	97

<b>Bil.</b>	<b>Tajuk</b>	<b>M.S</b>
53.	Rajah 7.2: Keputusan analisis tegasan ' <i>von mises</i> ' untuk A-lengan bawah hadapan	98
54.	Rajah 7.3: Keputusan analisis sesaran untuk A-lengan atas hadapan	99
55.	Rajah 7.4: Keputusan analisis sesaran untuk A-lengan bawah hadapan	100
56.	Rajah 7.5: Keputusan analisis tegasan ' <i>von mises</i> ' untuk A-lengan atas belakang	102
57.	Rajah 7.6: Keputusan analisis tegasan ' <i>von mises</i> ' untuk A-lengan bawah belakang	103
58.	Rajah 7.7: Keputusan analisis sesaran untuk A-lengan atas belakang	104
59.	Rajah 7.8: Keputusan analisis sesaran untuk A-lengan bawah belakang	105
60.	Rajah 8.1: Rekabentuk Sistem Suspensi, Sistem Brek dan Sistem Roda	111

**SENARAI JADUAL**

<b>Bil.</b>	<b>Tajuk</b>	<b>M.S</b>
1.	Jadual 4.1: Pro dan kontra tentang sistem suspensi	41
2.	Jadual 4.2: Pengolahan bahagian depan sistem suspensi	42
3.	Jadual 4.3: Pengolahan bahagian belakang sistem suspensi	43
4.	Jadual 4.4: Pengolahan konsep bahagian depan sistem suspensi	51
5.	Jadual 4.5: Pengolahan konsep bahagian belakang sistem suspensi	52
6.	Jadual 5.1: Geometri tentang sistem suspensi	55
7.	Jadual 5.2: Senarai komponen	56
8.	Jadual 5.3: Pemilihan Bahan	63
9.	Jadual 8.1: Spesifikasi akhir didalam merekabentuk sistem suspensi	110



**SENARAI SINGKATAN**

<b>PSM</b>	Projek Sarjana Muda
<b>UTeM</b>	Universiti Teknikal Malaysia Melaka
<b>FSAE</b>	Formula SAE
<b>CAD</b>	Computer Aided Design
<b>PTO</b>	Power Take-Off
<b>ANSI</b>	American National Standard Institute
<b>ISO</b>	International Standardization Organization
<b>JIS</b>	Japanese Industrial Standard
<b>CAM</b>	Computer Aided Manufacturing
<b>CAE</b>	Computer Aided Element (Analysis)
<b>PDS</b>	Product Design Specification

## Bab 1

### PENGENALAN KEPADA SISTEM SUSPENSI FORMULA SAE

#### 1. PENGENALAN

##### 1.1 Pendahuluan

Cadangan ini akan diperlengkapkan secara terperinci tentang rekabentuk sistem suspensi FSAE yang mempunyai lebih kemampuan dari sistem yang biasa dan dapat berfungsi dengan lebih baik terutama kepada para peminat FSAE dan sistem ini boleh diperluaskan kepada para pelajar yang cuba untuk menghasilkan FSAE keperingkat pertandingan tidak kira diperingkat antara Universiti ataupun diperingkat antarabangsa.

##### 1.2 Latar Belakang

Terdapat tiga perkara dinamik berkaitan dengan FSAE yang mana sering dipertandingkan didalam sebuah pertandingan FSAE. Ianya adalah acara perlumbaan pecutan, pertandingan '*drift control*' (pengkajian dibahagian sisi), dan perlumbaan di dalam litar lumba (litar lumba yang mengikut saiz FSAE).

###### 1.2.1 Matlamat Acara Pecutan

Pertandingan utama didalam FSAE ialah acara pecutan iaitu perlumbaan pecut. Perlumbaan ini mengambil jarak 1/8 batu dan kereta lumba yang tiba digarisan penamat dengan masa yang paling cepat akan dikira menang dalam pertandingan ini. Bagi menghasilkan sebuah kereta yang berprestasi tinggi, kumpulan perekabentuk semestinya bekerjasama diantara satu sama lain bagi menghasilkan sebuah kereta yang mantap untuk memenangi perlumbaan ini. Salah satunya adalah sistem suspensi, bahagian depan sistem ini mesti direkabentuk supaya kereta dapat berjalan dengan stabil dan anti-lantun

di dalam semua kelajuan. Pada bahagian belakangnya pula, sistem ini harus memampatkan (tidak banyak geseran) sebaik yang boleh keatas sistem roda.

### **1.2.2 Matlamat Pertandingan ‘drift control’**

Pertandingan ini boleh dikatakan sebagai perlumbaan mengawal sesebuah kereta itu dengan cekap. Matlamatnya adalah untuk menguji ketahanan sistem roda dan sistem suspensi ketika membuat belokkan secara paksaan. Terdapat banyak kualiti kawalan yang akan dinilai oleh para pelumba di dalam pertandingan ini. Terdapat tiga daya yang mempengaruhi sesebuah kenderaan jika bergerak secara membelok. Ia adalah ‘*forces due to lateral acceleration*’, daya geseran ‘*friction*’ dan ‘*tangential acceleration*’. Kesan daripada ketiga-tiga daya ialah untuk memaksikan kenderaan tersebut di dalam arah yang bertentangan dengan belokkannya.

### **1.2.3 Matlamat Perlumbaan Di Dalam Litar lumba**

Perlumbaan ini lebih kepada daya gerak yang menyeluruh diantara semua perlumbaan FSAE yang lain. Ia menggabungkan semua unsur pecutan, ‘*drift control*’ ketika membuat belokkan, dan memerlukan sistem brek yang mantap dan lekat. Bagi mencapai matlamat di dalam perlumbaan ini, pereka-pereka seharusnya merekabentuk sistem suspensi yang bertindakbalas dengan baik apabila dipandu oleh pelumba, sistem brek yang mudah digunakan dan injap yang mengawal kelajuan harus direkabentuk dengan terperinci supaya ia tidak mengganggu pelumba semasa pembelokkan berlaku.

## **1.3 Objektif**

Objektif utama projek ini ialah untuk merekabentuk dan membuat kajian tentang sistem suspensi Formula SAE (*formula student car*) yang berkuasa 610cc, ianya juga termasuk rekabentuk tentang brek dan juga sistem roda.

## **1.4 Skop**

Berikut adalah skop projek:-

- i. Memahami bagaimana sistem suspensi Formula SAE berfungsi.
- ii. Menghasilkan reka bentuk baru tentang sistem suspensi Formula SAE termasuk juga brek dan sistem roda.
- iii. Membuat analisis kejuruteraan tentang sistem suspensi Formula SAE.
- iv. Membuat lukisan tentang sistem suspensi, brek, dan sistem roda dengan menggunakan program komputer CATIA.
- v. Menunjukkan lukisan terperinci sistem suspensi, brek & sistem roda FSAE.

## **2.0 PERBINCANGAN**

### **2.1 Pendekatan**

Cadangan bermula dengan Bab 1 dimana akan membincangkan dan meneliti tentang objektif dan latar belakang. Fungsi sistem suspensi secara terperinci akan diterangkan di dalam Bab 2. Bab 3 akan menguraikan tentang sistem brek. Manakala bab 4 akan menerangkan tentang pengembangan rekabentuk konsep. Rekabentuk terperinci akan ditunjukkan di dalam Bab 5. Bab 6 akan menerangkan tentang analisis kejuruteraan bagi FSAE. Manakala Bab 7 akan menerangkan analisis unsur terhingga. Perbincangan dan kesimpulan akan dihuraikan di dalam Bab 8.

### **3.0 KESIMPULAN**

#### **3.1 Ringkasan**

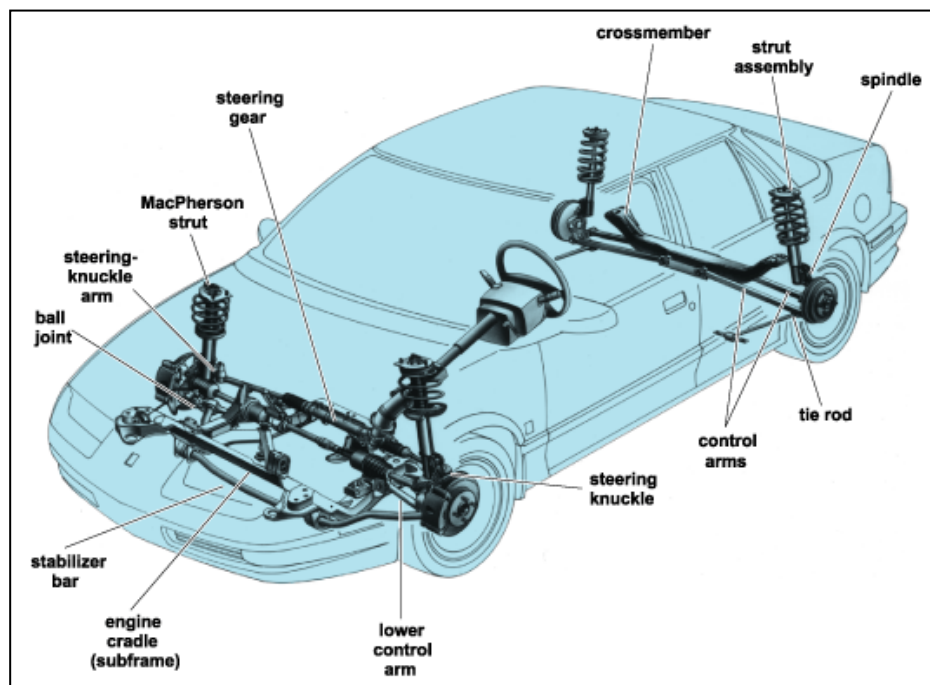
Cadangan ini adalah untuk menggambarkan rekabentuk baru sistem suspensi, brek dan sistem roda. Ianya meliputi tentang kelebihan sistem ini yang lebih stabil dan dapat berfungsi dengan baik kepada para peminat FSAE terutamanya para pelumba. Semua rekabentuk dan analisis kejuruteraan akan dipertimbangkan untuk mendapatkan penyelesaian yang terbaik.

## Bab 2

### Sistem Suspensi

#### 2.1 Pendahuluan

Sistem suspensi ialah sistem yang berkaitan dengan spring, penyerap hentakan (*absorber*), sesendal (*bushing*), rod, 'links', dan pemegang antara roda dan rangka kereta. Biasanya, sesebuah kenderaan mesti ada dua sistem suspensi. Satu berada di bahagian roda hadapan dan yang kedua berada bahagian roda belakang seperti yang ditunjuk dalam rajah 2.1. Dua sistem ini saling bekerjasama untuk mengawal sistem pemanduan dan daya brek untuk memastikan pemanduan berjalan dengan lancar.



Rajah 2.1: Suspensi hadapan dan belakang

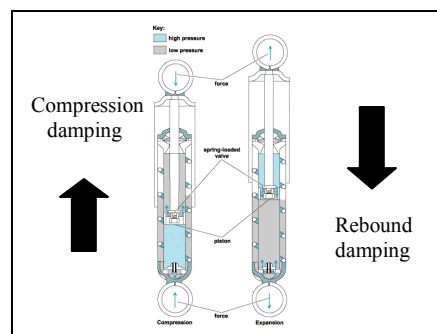
## 2.2 Bahagian asas dan operasi sistem suspensi

Pada umumnya sistem suspensi mempunyai bahagian asas yang sama dan mempunyai pengoperasian yang sama. Sistem suspensi hanya berlainan didalam proses selenggaraan.

### 2.2.1 Lengan kawalan (*control arm*)

Bahagian roda sesebuah kenderaan adalah bercantum dengan '*knuckle*' stereng kenderaan itu. Bahagian '*knuckle*' stereng itu bercantum dengan rangka kenderaan yang dikawal oleh dua lengan kawalan. Lengan kawalan adalah kekuda yang boleh dipaksi kebawah dan keatas. Lingkaran spring digunakan sebagai kekuda diantara lengan kawalan bawah dan rangka kenderaan.

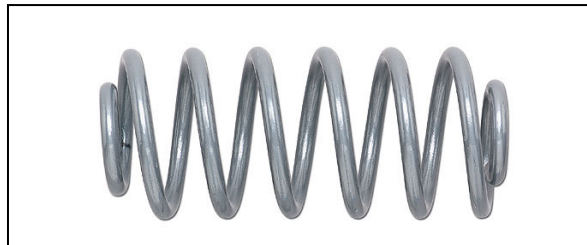
Apabila roda berputar diatas jalan yang mempunyai lekuk-lekak, lengan kawalan akan bergerak keatas dan berlaku pemampatan kepada spring. Lengan kawalan akan turun kebawah dan spring akan mengembang kembali kepada asal sekiranya roda berputar didalam condongan. Daya spring akan bawa lengan kawalan dan roda kembali kepada kedudukan asal dengan segera jika roda berputar diatas jalan yang rata. Pendapat ini telah diwujudkan dengan terbukti yang menunjukkan sistem tayar sentiasa bergerak keatas dan kebawah meskipun rangka dan bahagian badan sesebuah kenderaan bergerak dalam keadaan yang rata dan stabil. Rajah 2.2 menunjukkan gambaran bagaimana sesebuah penyerap spring (absorber) menjalankan operasi memampat dan melantun.



Rajah 2.2: Mampatan dan lantunan

### 2.2.2 Lingkaran spring (*Coil spring*)

Lingkaran spring adalah spring yang selalu digunakan dalam sistem suspensi samada dibahagian hadapan ataupun bahagian belakang sesebuah kenderaan. Ianya berbentuk sebatang besi yang bulat memanjang dan berlingkar seperti yang ditunjukkan dalam rajah 2.3. Biasanya, bahagian atas dan bahagian bawah lingkaran spring itu akan rapat bersama-sama dengan lingkaran yang tengah.



Rajah 2.3: Lingkaran spring

Lingkaran spring mempunyai kelemahan dalam menyokong pergerakan di bahagian sisi. Ketika kenderaan berjalan, roda dibahagian sisi pemandu akan mengalami tenaga putaran yang berat dan jika keadaan ini kerap berlaku kita perlu menyelenggara bahagian rumah gandar roda dengan kerap.

### 2.2.3 Batang kilasan (*torsion bar*)

Kebanyakan kenderaan yang ada sekarang ini menggunakan batang kilasan spring. Ianya panjang dan terdiri dengan sebatang besi padat yang diikat salah satu hujungnya pada lengan kawalan sistem suspensi dan hujungnya yang satu lagi akan diikat pada rangka kenderaan seperti yang ditunjukkan pada rajah 2.4. Kilasan membawa maksud memutarbalikkan tindakan yang berlaku pada batang besi itu seperti asal ketika salah satu daripada hujung batang besi itu termampat manakala hujungnya yang satu lagi berada dalam keadaan yang tetap. Apabila berlaku hentakan dalam keadaan mencancang pada roda, daya akan memindah terus dari bahagian lengan kawalan ke batang kilasan dan batang kilasan akan termampat untuk menyerap hentaman itu. Ianya