

## **PENGESAHAN PENYELIA**

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

Tandatangan :.....

Nama Penyelia :.....

Tarikh :.....

KAJIAN TERHADAP SISTEM SUSPENSI DEPAN  
BAGI KERETA LUMBA FORMULA PELAJAR


MOHD SHAFWAN BIN MOHD ZAHID

Laporan ini dikemukakan sebagai  
memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan  
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Automotif)

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal  
Universiti Teknikal Malaysia Melaka

APRIL 2009

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

Tandatangan :  .....

Nama Penulis : MOHD SHAFWAN BIN MOHD ZAHID

Tarikh : 07 MEI 2009

**Untuk ibu dan ayah tersayang**

## PENGHARGAAN

Bersyukur saya ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah kurniaNya dapat saya menyiapkan Projek Sarjana Muda ini. Tanpa bantuan dan berkat dariNya sudah tentu projek ini tidak akan berjalan dengan lancar. Terima kasih juga diucapkan kepada kumpulan-kumpulan atau orang perseorangan yang telah banyak memberikan tunjuk ajar dalam menjayakan projek ini.

Sekalung penghargaan dan jutaan terima kasih yang tidak terhingga kepada En. Wan Zailimi b Wan Abdullah@Zakaria, pensyarah di Jabatan Kejuruteraan Mekanikal Automotif Universiti Teknikal Malaysia Melaka (UTeM) merangkap penyelia Projek Sarjana Muda yang telah banyak memberi tunjuk ajar dan bimbingan sepanjang pengendalian projek ini berlangsung dan ini membolehkan kajian dapat dijalankan mengikut masa yang telah dirancangan.

Tidak lupa juga kepada kedua-dua ibu bapa saya yang banyak menyokong saya, jutaan terima kasih saya ucapkan untuk mereka. Penghargaan juga ditujukan kepada semua pihak yang telah terlibat samada secara langsung atau tidak langsung dalam membantu menjayakan projek ini.

Sekian, terima kasih.

## ABSTRAK

Kajian ini adalah melibatkan pengenalan kepada komponen-komponen sistem suspensi depan yang diperlukan untuk kereta lumba (formula SAE). Komponen-komponen suspensi depan untuk kereta lumba ini adalah melibatkan reka bentuk yang lengkap dan juga analisis terhadap beberapa parameter. Reka bentuk untuk komponen suspensi depan telah disediakan dengan menggunakan perisian DS Solid Works. Reka bentuk sistem suspensi depan ini perlu disimulasi dengan menggunakan perisian MSC ADAMS. Setelah reka bentuk lukisan diubahsuai dan dibetulkan, proses analisis akan dijalankan bagi menilai parameter-parameter apabila kereta lumba mengambil selekoh, membrek memecut dan statik bagi mendapatkan prestasi suspensi yang maksimum dan juga selamat.

## ABSTRACT

This study is involving introduction to the front system suspension and also components that is required to develop a racing car. Front suspension components to this racing car are involving design that is complete and also the analysis for the several component. For components design, front suspension has been provided using the DS Solid Works software. This front suspension system design must be simulate using the MSC ADAMS software. Next, the process of analysis would be carried out to determine the parameters when racing car take corner, brakes and also accelerated to get maximum suspension performance and also to give safety to the driver.

## KANDUNGAN

<b>BAB PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
<b>PENGAKUAN</b>	<b>ii</b>
<b>DEDIKASI</b>	<b>iii</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>v</b>
<b><i>ABSTRACT</i></b>	<b>vi</b>
<b>KANDUNGAN</b>	<b>vii</b>
<b>SENARAI RAJAH</b>	<b>ix</b>
<b>SENARAI JADUAL</b>	<b>xi</b>
<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	<b>xii</b>
<b>BAB 1 PENGENALAN</b>	
1.1 Latar Belakang Projek	1
1.2 Pernyataan Masalah	2
1.3 Objektif Projek	3
1.4 Skop Kajian	3
<b>BAB 2 KAJIAN LITERATUR</b>	
2.1 Objective Pertandingan Formula SAE	4
2.2 Syarat FSAE untuk sistem Suspensi	4
2.3 Suspensi Jenis <i>Double Wishbones</i>	5
2.4 <i>Camber angle</i>	8
2.5 <i>Caster Angle</i>	9
2.6 <i>Toe angle</i>	11
2.7 <i>Roll center</i>	11
2.8 <i>Bump steer</i>	12
2.9 <i>Bump and roll steer</i>	12



<b>BAB PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2.10 Peredam ( <i>dampers</i> )	13
2.11 Kadar perubahan camber	14
<b>BAB 3 KAEDAH KAJIAN</b>	
3.1 Penetapan Penyambung Dan Komponen	17
3.2 Senarai Penanda Dan Koordinat	18
3.3 Mengira Darjah Kebebasan ( <i>Degree Of Freedom</i> )	21
3.4 Permodelan MSC <i>Adams/View</i>	22
3.5 Memberikan Gerakan ( <i>Motion</i> ) Pada Sistem	23
3.6 Menentukan Perubahan Sudut <i>Camber Dan Toe</i>	24
<b>BAB 4 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>	
4.1 Penyambung (joint)	26
4.2 Perubahan Sudut Camber	30
4.3 Perubahan Sudut Toe	31
4.4 Pergerakan Jounce Dan Rebound	33
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	34
<b>RUJUKAN</b>	36
<b>LAMPIRAN</b>	37

## SENARAI RAJAH

BIL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Tulang selangka berganda berada kedudukan sisi casis kereta lumba	5
2.2	Kedudukan titik-titik penghubung dalam suspensi jenis tulang selangka berganda	6
2.3	Pandangan berjadual tulang dua selangka <i>A-arm</i> menunjukkan badan-badan lain dan penyambungan pelbagai arah	7
2.4	Tayar dengan <i>camber angle</i> negative	8
2.5	Kedudukan <i>caster angle</i> pada kenderaan	9
2.6	Kedudukan dan jenis <i>toe angle</i> pada kenderaan	10
2.7	Kedudukan <i>roll center</i> pada kenderaan	12
2.8	Perbezaan antara panjang pandangan hadapan lengan ayunan	15
3.1	Kedudukan komponen dan titik penyambung pada sistem suspensi depan kiri	17

3.2	Pandangan sistem suspensi dalam ADAMS/VIEW	23
3.3	Kedudukan penyambung primitive dan <i>motion</i> pada tayar	24
3.4	Perubahan kedudukan titik pada tayar yang mengakibatkan perubahan sudut <i>camber</i>	25
4.1	ADAMS/VIEW menunjukkan nilai darjah kebebasan dan penyambung yang terlibat	28
4.2	Graf Perubahan Sudut <i>Camber</i> Melawan Pergerakan Tayar (simulasi)	30
4.3	Graf Perubahan Sudut <i>Toe</i> Melawan Pergerakan Tayar (simulasi)	31
4.3	Graf Perubahan Sudut <i>Toe</i> Melawan Pergerakan Tayar (teori)	31
4.4	Graf Perubahan <i>Jounce</i> Dan <i>Rebound</i> Melawan Pergerakan Tayar (Simulasi)	33

**SENARAI JADUAL**

3.1	Senarai Penanda Dan Koordinat	18
3.2	Jenis-Jenis Penyambung Pada Setiap Titik Penyambung	21
4.1	Jenis-jenis penyambung pada setiap titik yang bersambung	26

**SENARAI LAMPIRAN**

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>
A1	Pengekodan Msc Adams/View
A2	Syarat Fsaе Untuk Sistem Suspensi
A3	Darjah Kebebasan Untuk Ujian Kinematik
A4	Paramater Untuk Sistem Suspensi Depan

## **BAB 1**

### **PENGENALAN**

Bahagian pertama laporan ini memberi penjelasan yang terperinci tentang maklumat asas projek sarjana muda yang di jalankan. Bahagian pengenalan memberikan maklumat tentang latar belakang projek, kepentingan projek, objektif projek, skop projek, serta pernyataan masalah yang menyebabkan projek ini dijalankan.

#### **1.1 Latar Belakang Projek**

Projek ini dijalankan dengan mengkaji, mereka bentuk, mengubahsuai dan membuat analisa sebagai mencari cara penyelesaian untuk menghasilkan satu sistem suspensi mematuhi syarat yang telah ditetapkan oleh Formula SAE bagi sebuah kereta lumba.

Suspensi adalah kumpulan komponen tertentu yang berfungsi meredam kejutan, getaran yang terjadi pada kenderaan akibat permukaan jalan yang tidak rata yang dapat meningkatkan keselesaan dan pengendalian kenderaan. Ada dua jenis utama suspensi iaitu suspensi jenis bergantung dan tidak bergantung.

Bagi sebuah kereta lumba, suspensi jenis yang tidak bergantung (*independant*) akan digunakan iaitu suspensi jenis tulang selangka berganda.

## 1.2 Pernyataan Masalah

Dalam mempertingkatkan prestasi sesebuah kereta lumba, sistem suspensi merupakan antara penyumbang yang besar dalam memberi kestabilan dan kawalan pada kereta. Sistem suspensi yang baik dapat memberikan kestabilan dan pengendalian yang baik bagi menghadapi situasi yang berbeza seperti mengambil selekoh, membrek dan juga memecut. Selain itu, faktor keselamatan juga perlu diambil kira dalam pemilihan sistem suspensi untuk kereta lumba.

Kegagalan sistem suspensi untuk berfungsi dengan baik terutamanya ketika membelok boleh menyebabkan kereta akan terbabas. Oleh itu, kajian yang mendalam perlu dilakukan bagi memastikan sistem suspensi yang sesuai digunakan untuk kereta lumba sebelum membina kereta lumba bagi mengelakkan berlakunya kemalangan akibat kegagalan sistem suspensi.

Kecekapan sebuah sistem suspensi dalam mengekalkan beberapa kriteria penting seperti perubahan sudut camber dapat memastikan sebuah kereta berada dalam prestasi yang baik dari segi pengendalian. Kos yang tinggi dalam melakukan kajian secara eksperimen juga dapat dikurangkan sekiranya kajian dilakukan secara simulasi.

### 1.3 Objektif Projek

Objektif projek sarjana muda ini adalah untuk mengkaji kadar perubahan yang berlaku pada sudut *camber*, sudut *toe* dan pergerakan *jounce* dan rebound pada spring dan peredam yang pada sistem suspensi kereta lumba ketika *bump*.

### 1.4 Skop Kajian

Skop kajian hanya melibatkan simulasi menggunakan perisian ADAMS/VIEW pada input sinusoidal setinggi 50.8mm. Kajian juga perlu disahkan dengan membandingkan kajian yang dilakukan dengan kajian yang lalu (data yang dikeluarkan oleh peserta yang mengikuti FSAE) ataupun sumber teori yang boleh dipercayai. Kajian yang dilakukan menggunakan MSC ADAMS/VIEW sebagai perisian pilihan kerana kelebihan yang dapat melakukan ujian kinematik bagi sistem suspensi.



## **BAB 2**

### **KAJIAN LITERATUR**

#### **2.1 Objective Pertandingan Formula SAE**

Siri Formula SAE ® bertujuan untuk memberi peluang kepada penuntut kejuruteraan dari seluruh dunia untuk menunjukkan kemahiran-kemahiran mereka dalam imaginasi, merekabentuk, fabrikasi dan menyerupai sebuah kereta lumba.. Ia juga dapat memberi ruang kepada pasukan-pasukan fleksibiliti reka bentuk yang maksimum dan kebebasan untuk menunjukkan kreativiti dan imaginasi dimana hanya sedikit syarat-syarat ke atas keseluruhan rekabentuk kereta. Kebanyakan pasukan lazimnya menghabiskan selama lapan untuk merekabentuk, membina, menguji dan menyediakan kenderaan sebelum satu pertandingan. Pertandingan memberikan peluang kepada pasukan untuk menunjukkan dan membuktikan kreativiti dan kemahiran kejuruteraan mereka dalam perbandingan antara pasukan-pasukan daripada universiti-universiti lain diseluruh dunia.

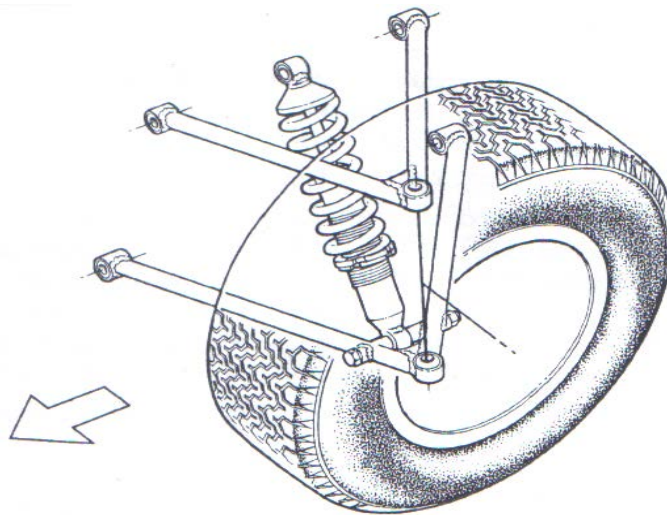
## 2.2 Syarat FSAE untuk sistem Suspensi

Kereta lumba tersebut perlu mempunyai system suspensi yang berfungsi sepenuhnya dengan mengandungi peredam kejutan untuk bahagian depan dan juga bahagian belakang tayar. System suspensi yang digunakan mesti mematuhi beberapa syarat seperti jarak *wheel travel* mesti tidak kurang 50.8 mm(2 inci), 25.4 mm (1 inci) untuk *jounce* dan juga untuk *rebound* dengan kehadiran pemandu pada kereta tersebut.

(Sumber: [http:// www.fsae.org](http://www.fsae.org))

## 2.3 Suspensi Jenis *Double Wishbones*

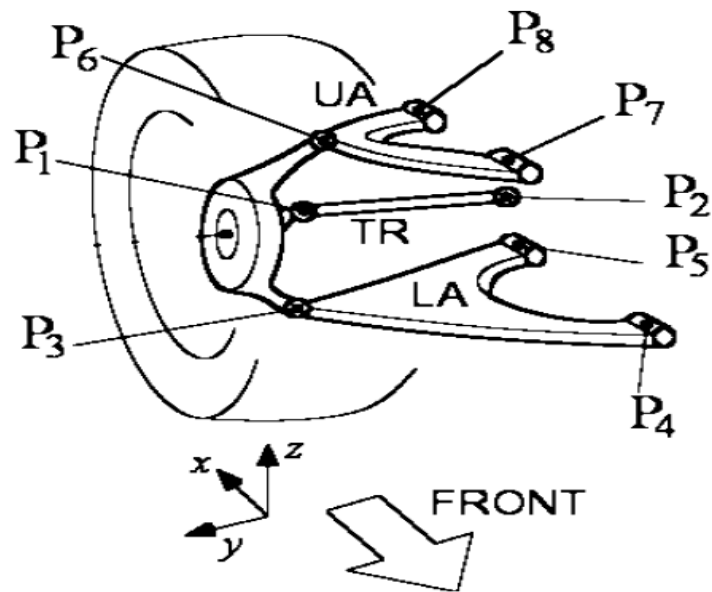
Suspensi jenis tulang selangka berganda atau *double wishbone suspension* merupakan sistem suspensi jenis yang tidak bergantung, didirikan oleh dua lengan (hampir selari antara lengan atas dan bawah) yang bersambung pada tayar kenderaan. Setiap tulang selangka mempunyai dua titik sambungan pada *chassis* dan satu titik disambungkan pada *kingpin*. Penyerap getaran (*shock absorber*) dan gegelung spring (*coil spring*) untuk tulang selangka bertujuan mengawal pergerakan vertikal tayar kenderaan. Rekaan-rekaan tulang selangka berganda membenarkan kawalan yang baik pada gerakan tayar melalui pengawalan parameter-parameter sistem suspensi, seperti *camber angle*, *caster angle*, *toe pattern*, *roll center height* dan sebagainya.



Gambarajah 2.1: Tulang selangka berganda berada kedudukan sisi casis kereta lumba  
(Sumber : Bishop dan Johnson, (1998) )

Hazem, (2002) dalam kertas *Dynamic Modeling of the Double Wishbone Motor-Vehicle Suspension System* menyatakan simulasi dinamik bagi suspensi tulang selangka berkembar merangkumi *chassis*, subsistem tulang-tulang selangka, rod stereng dan tayar kenderaan. Spring dan penyerap getaran (*shock absorber*) tergolong dalam subsistem pada suspensi kenderaan. Sistem ini terdiri daripada dua sistem tertutup iaitu *double wishbone*, dan rod stereng. *Chassis* adalah terkekang untuk bergerak secara menegak atau menurun, yang boleh dicontohi sebagai satu *translational joint* pada paksi vertical.

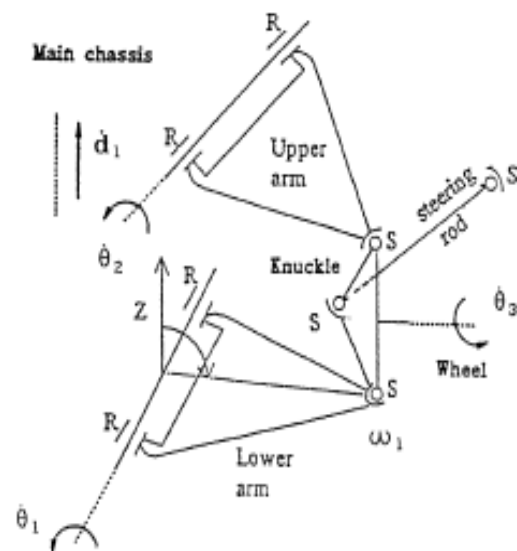
(Sangwoo Bael et al. 2001) dalam kajian tentang *Axiomatic Design of Automotive Suspension Systems* menyatakan bahawa *double wishbone suspension* meliputi lengan atas(UA) dan lengan bawah(LA) tulang selangka serta rod penyambungan ke system stereng(TR). Suspensi jenis ini terdiri daripada 8 titik penyambungan (P1-P8). Titik-titik penyambungan ini amat penting dalam simulasi menggunakan perisian MSC ADAMS bagi menetapkan pergerakan bahagian-bahagian yang terlibat pada sistem suspensi.



Gambarajah 2.2 : Kedudukan titik-titik penghubung dalam suspensi jenis tulang selangka berganda.

(Sumber : Sangwoo Bael et al. 2001)

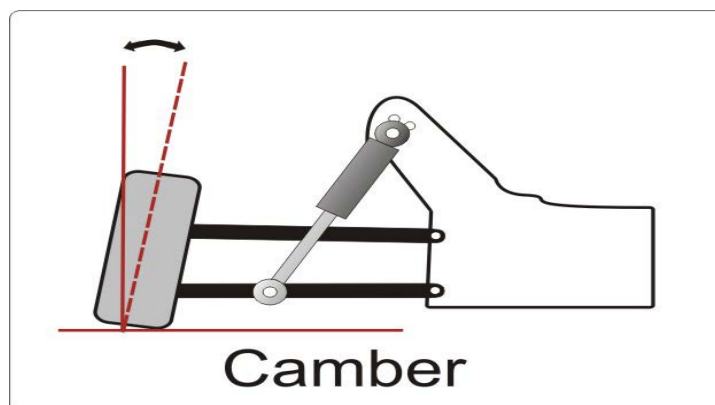
Menurut Hazem, (2001), model kereta sukuan (*quarter car model*) dengan tulang selangka berganda merupakan satu kitaran *multi-closed* sistem dengan sendi-sendi *revolute*, membulat, dan *translational* wujud. Setiap jasad tegar diwakili oleh persamaannya sistem zarah-zarah. Casis diganti oleh empat rendah zarah-zarah. Sendi buku dan A-arm masing-masing adalah diganti oleh tiga rendah zarah-zarah. Roda dimodelkan dengan sebuah sistem dua zarah utama sepanjang paksinya dan satu pemboleh ubah yang berputar. Keseluruhan sistem adalah diganti oleh sistem sepuluh zarah utama.



Gambarajah 2.3 : Pandangan berjadual tulang dua selangka A-arm menunjukkan badan-badan lain dan penyambungan pelbagai arah.

(Sumber : Hazem, (2001))

#### 2.4 Camber angle



Gambarajah 2.4 : Tayar dengan *camber angle* negative

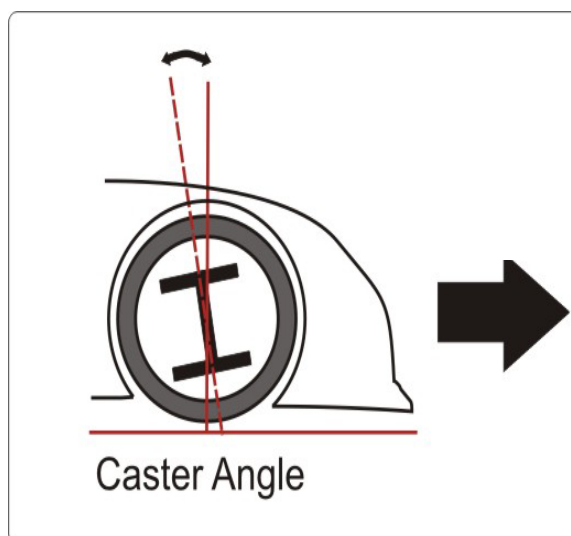
(Sumber : <http://rc-setup.com/guide.html>)

*Camber angle* adalah sudut antara paksi tegak roda dan paksi tegak kenderaan apabila dilihat daripada depan atau bahagian belakang kenderaan. Jika bahagian atas roda berada lebih jauh keluar daripada bahagian bawah tayar (jauh dari gandar), ia

dipanggil positif *camber angle* dan sekiranya bahagian bawah lebih besar daripada bahagian atas tayar, ia dipanggil negatif *camber angle*. *Camber angle* dapat memberikan pengendalian yang baik pada kereta sekiranya *camber angle* negative ditingkatkan (sekiranya tidak melebihi had). *Camber angle* negatif dapat memberikan cengkaman yang lebih kuat antara tayar dengan jalan terutamanya ketika mengambil selekoh (daya yang lebih besar antara tayar dengan jalan). Ini kerana tayar yang mengambil selekoh dengan kadar daya yang lebih tinggi, sudut yang lebih optimum, cengkaman antara jalan dengan tayar juga meningkat dan daya dapat dipindahkan melalui *vertical plane* pada tayar, begitu juga dengan *shear force* yang merentasinya.

*Camber intake* merupakan perubahan *camber angle* apabila suspensi dimampatkan. Ini dapat ditentukan dengan mengubah panjang dan sudut antara atas dan bawah lengan suspensi. Sekiranya lengan atas dan bawah suspensi berada dalam keadaan selari, *camber angle* tidak akan berubah walaupun suspensi dimampatkan. Sekiranya terdapat sudut antara dua lengan tersebut, *camber angle* akan bertambah akibat daripada suspensi yang termampat. Nilai *camber intake* yang tertentu diperlukan bagi memastikan cengkaman antara permukaan tayar dengan jalan dapat dikekalkan. Lengan suspensi kenderaan perlulah berada selari atau hampir antara satu sama lain terutamanya bahagian yang bersambung pada *chassis* kereta. Mempunyai lengan-lengan suspensi yang lebih rapat antara satu sama lain di bahagian tayar daripada pada kereta itu, akan mengakibatkan *camber angle* yang berbeza dengan radikal (dan sebuah kereta akan berkelakuan tidak terkawal). *Camber intake* yang baik dapat mengawal *roll center* sesebuah kereta lumba dengan lebih terkawal. *Roll center* kereta pula akan menentukan bagaimana pemindahan berat pada kereta ketika mengambil selekoh dan ini akan memberi kesan penting terhadap pengendalian kereta. (M-Racing Setup Systems, <http://rc-setup.com/guide.html> ).

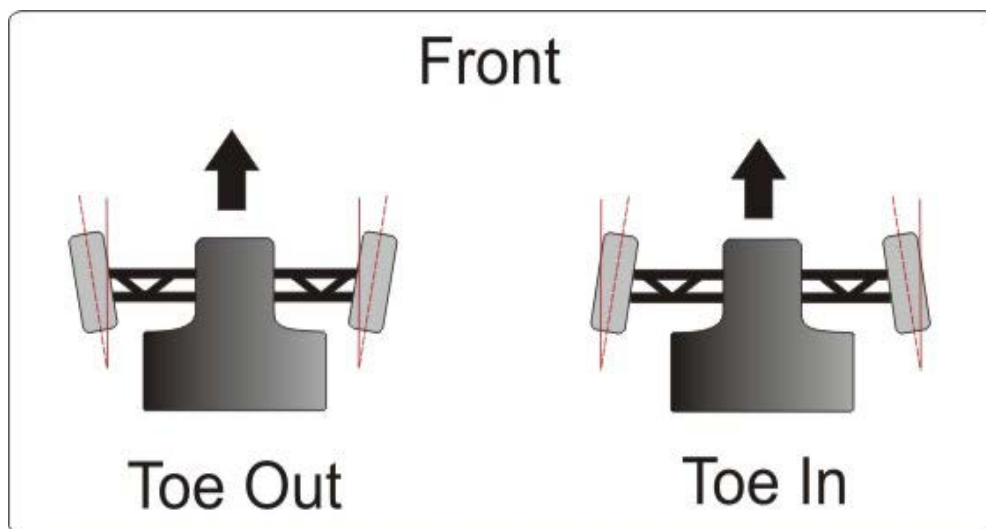
## 2.5 Caster Angle



Gambarajah 2.5 : Kedudukan caster angle pada kenderaan  
(Sumber : <http://rc-setup.com/guide.html>)

*Caster angle* adalah sesaran sudut daripada paksi menegak suspensi pada kereta, diukur dalam arah membujur (sudut *kingpin* apabila dilihat dari sisi kereta). Ia adalah sudut antara garis pangsi (*pivot line*) iaitu satu garis khayalan yang melalui pusat sendi bebola atas (*upper ball joint*) ke pusat sendi bebola lebih rendah (*lower ball joint*)) dengan paksi menegak *Caster angle* boleh diubah untuk mengoptimumkan ciri-ciri pengendalian sebuah kereta pada situasi tertentu. Titik-titik pangsi (*pivot points*) stereng adalah bersudut seperti satu garisan melalui persilangan permukaan jalan dengan tayar di hadapan sedikit. Ini bertujuan untuk menyediakan satu darjah sendiri pemusatan untuk stereng – *caster* roda berbentuk demikian bagi meninggalkan ruang terhadap paksi stereng. Ini membuatkan sebuah kereta lebih mudah untuk dipandu dan bertambah baik kestabilan lurusnya (mengurangkan kecenderungan untuk menyeleweng). *Caster angle* berlebihan akan membuat stereng lebih berat dan kurang responsif, walaupun, dalam gerakan biasa, *caster angle* besar digunakan untuk memperbaiki kemantapan *camber* semasa mengambil selekoh. (M-Racing Setup Systems, <http://rc-setup.com/guide.html> ).

## 2.6 Toe angle



Gambarajah 2.6 : Kedudukan dan jenis *toe angle* pada kenderaan

(Sumber : <http://rc-setup.com/guide.html>)

*Toe angle* adalah sudut simetri setiap roda itu membuat dengan paksi membujur kenderaan, sebagai satu fungsi geometri respon, dan kinematical. Ini boleh dibezakan dengan memandu, yang ada sudut simetri di mana titik roda-roda kedua-dua untuk kiri atau kanan, dalam selari (secara kasar). Sudut *toe* positif, atau kangkang ke luar ialah apabila muka roda menghala ke dalam respons *centerline* kenderaan.

Secara umumnya, pertambahan nilai *front toe in* (i.e. bahagian roda-roda depan adalah lebih rapat daripada bahagian belakang roda-roda depan) boleh menyebabkan *straight-line stability* lebih besar ketika pergerakan perlahan dalam memberi respons di selekoh, serta lebih sedikit *drag* sekiranya roda memacu sedikit ke sisi. *Toe-out* pada roda depan, akan mengakibatkan stereng yang lebih responsive dan lebih cepat bertindak. Bagaimanapun, *front toe-out* biasanya mengakibatkan sebuah kereta menjadi kurang stabil (i.e. lebih gugup). (M-Racing Setup Systems, <http://rc-setup.com/guide.html>).