

MEREKABENTUK DAN MENGANALISIS
JISIM OPTIMUM PADA KAWALAN LENGAN ATAS

AHMAD SUFIAN BIN NAZRAN

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

PENGESAHAN PENYELIA

“Saya mengakui bahawa telah membaca laporan ini dan pada pandangan saya laporan ini adalah memadai daripada segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Automotif).”

Tandatangan :

Penyelia : Pn. Sushella Edayu Binti Mat Kamal

Tarikh : 29 Mei 2012

**MEREKABENTUK DAN MENGANALISIS JISIM OPTIMUM PADA
KAWALAN LENGAN ATAS**

AHMAD SUFIAN BIN NAZRAN

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

**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka**

MEI 2012

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

Tandatangan :

Penulis : Ahmad Sufian Bin Nazran

Tarikh : 29 Mei 2012

Khas buat

Ibu dan Ayah yang tersayang

PENGHARGAAN

Pertama sekali saya bersyukur ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah kurniaNya saya berjaya menyiapkan Projek Sarjana Muda yang telah diberikan. 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.

Jutaan terima kasih juga diucapkan kepada penyelia saya, Pn. Sushella Edayu Binti Mat Kamal kerana telah memberikan tunjuk ajar dan dorongan dalam menyiapkan projek ini. Beliau telah banyak meluangkan masa untuk memberikan tunjuk ajar serta panduan walaupun beliau sibuk dengan tugas beliau.

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

Komponen automotif pada masa kini seperti kawalan lengan atas adalah lebih ringan dan berkualiti daripada kawalan lengan atas pada zaman yang lalu berikutan teknologi-teknologi masa kini yang lebih canggih dan moden. Oleh itu, terdapat banyak kebaikan hasil daripada teknologi sekarang kerana ia dapat menyediakan kecekapan bahan api yang tinggi, meningkatkan prestasi kenderaan, mengurangkan pelepasan gas ekzos, mengurangkan jisim kenderaan, menjimatkan kos pembuatan dan juga mengurangkan kos hasil galian ataupun bahan mentah. Disamping itu, bentuk struktur dan sistem topologi yang besar keatas prestasi kawalan lengan atas dititikberatkan daripada segi kekuatan, ketegaran dan kelesuan. Kajian ini mencadangkan satu kaedah pengoptimuman struktur dan jisim bagi kawalan lengan atas pada sistem penggantungan sesebuah kenderaan. Kawalan lengan atas boleh direkabentuk dengan merekabentuk struktur yang canggih serta teknologi bahan yang tinggi. Prestasi kekuatan, ketegaran dan titik kelesuan adalah keperluan untuk merekabentuk struktur kawalan lengan atas. Penggunaan perisian lukisan berbantuan komputer telah digunakan bagi memudahkan penghasilan merekabentuk dan menganalisis rekabentuk yang sesuai serta pemilihan bahan-bahan yang sesuai bagi mendapat rekabentuk sistem penggantungan yang kukuh serta kuat. Perisian CATIA V5R12 telah digunakan untuk merekabentuk dan menganalisis bagi kawalan lengan atas daripada segi kekuatan, ketegaran dan titik kelesuan. Hasil merekabentuk dan menganalisis yang telah dibuat. Keputusan yang telah diperoleh sangat menepati kehendak objektif didalam projek ini.

ABSTRACT

Current automotive component such as upper control arm is more lightweight and quality of control arm at the same time follow the current technologies more sophisticated and modern. Thus, there are many advantages resulting from modern technologies because it can provide high fuel efficiency, improve vehicle performance, decrease exhaust emissions, lighten the mass of the vehicle, decrease the manufacturing cost and also reduce the cost of mineral resources or raw materials. In addition, the structure of material and the large system topology of the upper control arm performance is largely emphasized in terms of strength, stiffness, durability and fatigue failure. This project proposes a structural optimization method and the mass of upper control arm in vehicle suspension system. Upper control arm can be designed with a sophisticated structural design and high technology materials. Performance of strength, stiffness and fatigue failure is need to design the structure of upper control arm. Software of Computer Aided Drawing (CAD) was used to design and analyze the appropriate design and to select the appropriate materials in order to obtain a strong suspension system in term of design and operation. CATIA V5R12 software was implemented to design and analyze the upper control arm in term of strength, stiffness, durability and fatigue failure

ISI KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKASURAT
	JUDUL	ii
	PENGAKUAN	iii
	DEDIKASI	iv
	PENGHARGAAN	v
	ABSTRAK	vi
	ABSTRACT	vii
	KANDUNGAN	viii
	SENARAI JADUAL	x
	SENARAI RAJAH	xi
BAB 1	Pengenalan	
	1.1 Latar Belakang Tentang Sistem Penggantungan	1
	1.2 Penyataan Masalah	2
	1.3 Objektif Kajian	3
	1.4 Skop Kajian	3
BAB 2	Kajian Ilmiah	
	2.1 Sistem Penggantungan	4

2.2	Jenis-Jenis Sistem Penggantungan	5
2.2.1	Sistem Penggantungan Secara Bergantung	5
2.2.2	Sistem Penggantungan Secara Tidak Bergantung (<i>Independendant</i>)	6
2.3	Prinsip Sistem Penggantungan	7
2.3.1	Pergerakan Melintang (<i>Transverse</i>)	8
2.3.2	Pergerakan Membujur (<i>Longitudinal</i>)	8
2.4	Jenis-Jenis Sistem Penggantungan Hadapan	9
2.4.1	Sistem Penggantungan Jenis ' <i>Macpherson Struts</i> '	9
2.4.2	Sistem Penggantungan Jenis ' <i>Double Wishbone</i> '	10
2.4.3	Sistem Penggantungan Jenis ' <i>Multi-link</i> '	11
2.5	Lengan Kawalan Atas (<i>Upper Control Arm</i>)	12
2.6	Jenis-Jenis Bahan	13
2.6.1	Keluli Aloi (<i>Alloy Steel</i>)	14
2.6.2	Aluminium Aloi	15
2.6.3	Gentian Karbon	16

BAB 3 METODOLOGI

3.1	Carta Aliran Kajian	
3.1.1	Carta Aliran PSM 1	19
3.1.2	Carta Aliran PSM 2	20
3.2	Rumah Berkualiti (<i>House of Quality</i>)	21
3.3	Berat Keputusan Matrik (<i>Weight Decision Matrices</i>)	22
3.3.1	Jadual Berat Keputusan Matrik	23
3.4	Pemilihan Kriteria-Kriteria Yang Sesuai	23
3.5	Merekabentuk Kawalan Lengan Atas dengan menggunakan CATIA V5	25

3.6	Menganalisis Kawalan Lengan Atas menggunakan Generative Structural Analysis	31
3.6.1	Langkah-Langkah untuk Menganalisis	33
BAB 4	KEPUTUSAN	
4.1	Analisis Beban	40
4.1.1	Pemilihan Jenis Bahan	41
4.1.2	Analisis Tekanan Von Mises	42
4.1.3	Analisis Anjakan Vektor Translasi	43
4.2	Analisis Kekuatan, Berat dan Ketumpatan	44
4.3	Faktor Keselamatan	45
4.4	Perbincangan	46
BAB 5	KESIMPULAN	
5.1	Kesimpulan	48
5.2	Cadangan	49
	RUJUKAN	50
	LAMPIRAN	52

SENARAI JADUAL

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Perbandingan Gred Keluli (<i>http://:xnet3.uss.com</i>)	
2.2	Perbandingan Kekuatan Diantara Jenis-Jenis Aluminium aloi 6061 (<i>Http://:Autoaluminum.Org</i>)	
2.3	Kriteria-Kriteria Bagi Gentian Karbon (<i>Smith, 2006</i>)	
2.4	Jadual Berat Keputusan Matrik	
4.1	Keputusan Rekabentuk 1	
4.2	Keputusan Rekabentuk 2	
4.3	Keputusan Rekabentuk 3	
4.4	Faktor Keselamatan setiap Rekabentuk Kawalan Lengan Atas	

SENARAI RAJAH

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	'Axle Beam' yang menghubungkan diantara kedua-dua roda.	
2.2	Sistem penggantungan hadapan secara tidak Bergantung (<i>independent</i>).	
2.3	' <i>Transverse link</i> ' dibahagian hadapan	
2.4	' <i>Strut rods</i> ' digunakan untuk mengekalkan kedudukan Lengan kawalan daripada bergerak ke arah Hadapan atau belakang.	
2.5	Sistem penggantungan jenis ' <i>macpherson strut</i> '	
2.6	Sistem penggantungan jenis ' <i>double wishbone</i> '	
2.7	Sistem penggantungan jenis ' <i>multi-link</i> '	
2.8	Posisi kawalan lengan atas didalam sistem penggantungan Jenis ' <i>double wishbone</i> '	
2.9	Kawalan lengan atas yang diperbuat daripada keluli	
2.10	Kawalan lengan atas yang diperbuat daripada aluminium	
2.11	Kawalan lengan atas yang diperbuat daripada gentian karbon	
3.1	Rekabentuk 1	
3.2	Rekabentuk 2	
3.3	Rekabentuk 3	
3.4	Perbezaan diantara model asli dan model selepas dianalisis	
3.5	Proses FEA (<i>Finite Element Analysis</i>)	
4.1	Pemilihan jenis bahan untuk setiap model	

- 4.2 Perbezaan Tekanan Von Mises pada setiap model
- 4.3 Nilai anjakan vektor translasi mengikut model

BAB 1

Pengenalan

1.1 Latar Belakang Tentang Sistem Penggantungan

Sistem penggantungan merupakan salah satu sistem penting di dalam sesebuah kenderaan kerana ia menghubungkan rangka kenderaan dengan roda. Sistem penggantungan amat penting bagi kenderaan di darat seperti kereta, lori, bas, traktor, keretapi dan sebagainya, malah kapal terbang juga memerlukan sistem penggantungan ketika mendarat ataupun berlepas. Fungsi sistem penggantungan bukan sahaja menghubungkan di antara rangka kenderaan dan roda sahaja malah fungsi yang penting adalah menyerap hentakan yang terhasil daripada permukaan jalan yang tidak rata. Fungsi-fungsi lain seperti mengurangkan hingar atau bunyi bising hasil daripada bonggol, lubang, lekuk dan sebagainya. Tujuan utama sistem penggantungan dihasilkan adalah untuk mengendalikan kawalan kenderaan dengan mudah serta memberi keselesaan kepada penunggang sewaktu memandu.

Disamping itu, faktor keselamatan penunggang juga diambil kira untuk memberi keyakinan kepada pemandu untuk memandu. Selain daripada itu, sistem penggantungan berfungsi untuk mengekalkan kedudukan tayar supaya tayar bersentuhan dengan permukaan jalan bagi menghasilkan prestasi pemanduan yang lancar. Terdapat banyak kegunaan sistem penggantungan diantaranya ialah :

- a. memberi pemanduan yang lancar.
- b. memberi sudut ketepatan pada kemudi atau '*steering*' .
- c. memberi kestabilan pada kenderaan.
- d. mengendalikan brek dengan mudah.
- e. mengawal pergerakan kenderaan yang sempurna.

1.2 PENYATAAN MASALAH

Kekuatan dan keteguhan kawalan lengan atas perlu dititikberatkan untuk mengelakkan kenderaan daripada kemalangan serta keselamatan ketika memandu. Selain itu, juga pemanduan secara selesa amatlah penting untuk memastikan pemandu berasa selamat dan yakin ketika memandu tanpa rasa kerisauan. Cabaran utama adalah mendapatkan rekabentuk kawalan lengan atas yang mempunyai kekuatan yang teguh atau kuat serta jisim yang minimum.

1.3 OBJEKTIF KAJIAN

- a. Menganalisis dan merekabentuk kawalan lengan atas (*upper control arm*) didalam sistem gantungan (*suspension system*) sesebuah kenderaan.
- b. Memaksimumkan kekuatan struktur kawalan lengan atas didalam sistem gantung dengan menggunakan bahan dan rekabentuk yang sesuai.
- c. Meminimumkan jisim kawalan lengan atas dengan menggunakan bahan dan rekabentuk yang sesuai.

1.4 SKOP KAJIAN

- a. Menganalisis kekuatan kawalan lengan atas dengan menggunakan perisian CATIA.
- b. Mengkaji dan merekabentuk kawalan lengan atas dengan mengoptimumkan jisim serta mengukuhkan kekuatan bahan.

BAB 2

KAJIAN ILMIAH

2.1 SISTEM PENGGANTUNGAN

Sistem penggantungan merupakan salah satu sistem yang amat penting di dalam sesebuah kenderaan samada kereta, bas, lori, trak dan sebagainya. Ia merupakan satu mekanisma yang terletak di antara jisim pegas (rangka kenderaan) dan jisim tidak pegas (roda) pada kenderaan. Ia mengekalkan kedudukan roda pada permukaan jalan dan memberi keselesaan ketika memandu. Sistem penggantungan menghubungkan di antara rangka kenderaan dan juga roda. Tujuan utama sistem penggantungan ialah :

- a. Membantu pengendalian kenderaan.
- b. Membantu memberhentikan kenderaan (brek) untuk sistem keselamatan.
- c. Memberi keselesaan sewaktu memandu.
- d. Mengelak daripada bunyi bising hasil daripada permukaan jalan, bonggol dan getaran.
- e. Menyokong berat kenderaan.
- f. Mengurangkan daya yang berubah-ubah kepada badan kenderaan.

Semasa merekabentuk sistem penggantungan, adalah amat penting untuk menyediakan tahap kekuatan dan keselesaan sebaik mungkin terutama ketika mengambil selekoh, membrek dan melalui jalan yang tidak rata (J.D. Halderman, 2000).

Sistem penggantungan boleh dibahagikan kepada dua kategori, iaitu kukuh dan tidak utuh. Sistem penggantungan yang kukuh membenarkan permukaan jalan yang tidak rata untuk diserap hentakan hasil daripada pemanduan yang tidak selesa. Walaubagaimanapun, kawalan sistem penggantungan dapat dipertingkatkan prestasinya dengan kawalan parameter untuk mendapat pemanduan yang selesa serta mengurangkan kelesuan '*fatigue*' ketika melakukan pecutan, halaju, hentakan dan keadaan tayar untuk meningkatkan prestasi kawalan kenderaan.

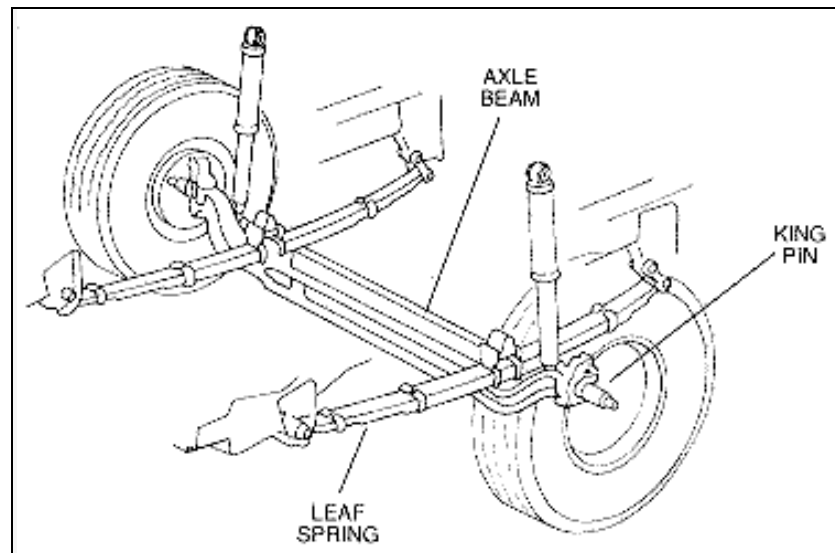
2.2 JENIS-JENIS SISTEM PENGGANTUNGAN

Sistem penggantungan boleh dibahagikan kepada dua kumpulan. Kedua-dua kumpulan ini bergantung kepada roda yang bertentangan bergerak secara sendiri atau bergantung diantara satu sama lain (J.D. Halderman, 2000).

- a. Bergantung '*dependant*'.
- b. Tidak bergantung '*independent*'.

2.2.1 Sistem Penggantungan secara Bergantung (*Dependent*)

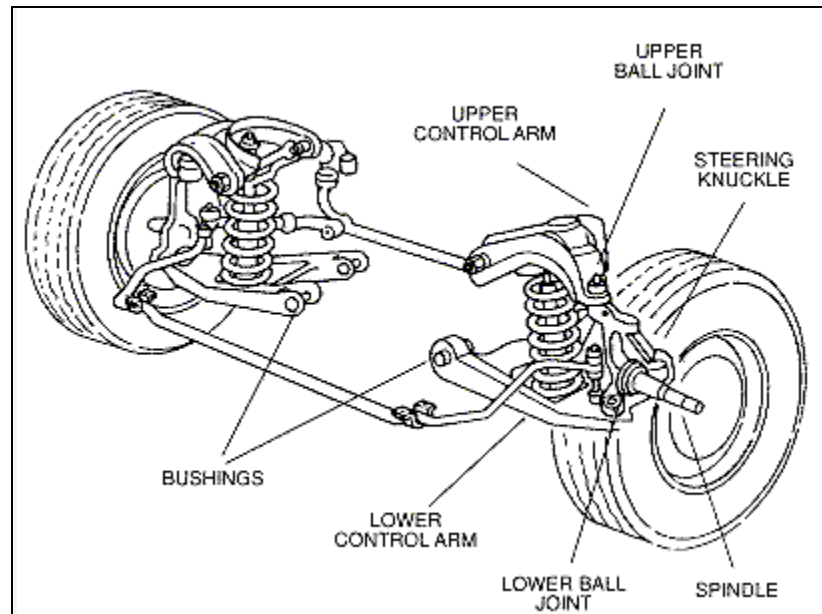
Sistem penggantungan jenis bergantung biasa digunakan pada kenderaan berat. Biasanya sistem penggantungan ini mempunyai gandar yang hidup (*live axle*) dibahagian tengah. Fungsinya ialah memegang roda yang selari diantara satu sama lain yang bersudut 90° pada gandar. Apabila sudut kamber pada satu roda berubah maka sudut kamber yang bertentangan dengannya juga turut berubah.



Rajah 2.1 : 'Axle Beam' yang menghubungkan diantara kedua-dua roda.

2.2.2 Sistem Penggantungan secara Tidak Bergantung (*Independent*)

Sistem penggantungan jenis tidak bergantung atau bebas ini biasa digunakan pada kenderaan penumpang ataupun trak ringan. Tetapi teknologi sekarang telah menghasilkan sistem penggantungan ini dibahagian penggantungan belakang dan terdapat banyak kenderaan telah diaplikasikan. Sistem penggantungan ini tidak menghubungkan roda kiri dan roda kanan sebaliknya kedua-dua roda bergerak dengan tanpa saling mempengaruhi antara kedua-dua roda. Dengan demikian, jika terdapat pergerakan pada sebelah roda maka roda bertentangan dengannya tidak dipengaruhi olehnya.



Rajah 2.2 : Sistem penggantungan hadapan secara tidak bergantung
'independent'

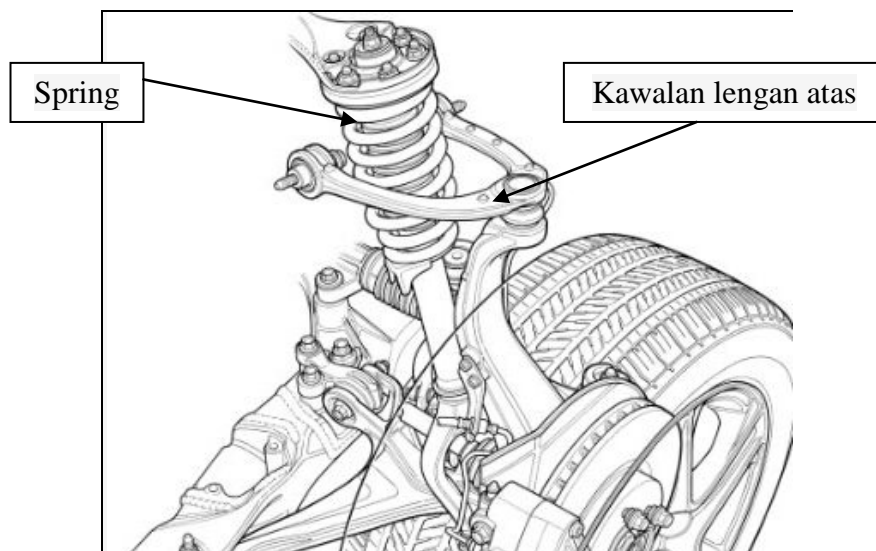
2.3 PRINSIP SISTEM PENGGANTUNGAN

Sistem penggantungan pelbagai lengan, penghubung dan penyambung untuk membolehkan roda bergerak secara bebas samada ke atas ataupun ke bawah. Sistem penggantungan hadapan juga membolehkan roda berpusing dengan lancar. Sistem penggantungan perlu menyediakan setiap kriteria tersebut, iaitu :

- a. Pergerakan Melintang (*Transverse*)
- b. Pergerakan Membujur (*Longitudinal*)

2.3.1 Pergerakan Melintang (*Transverse*)

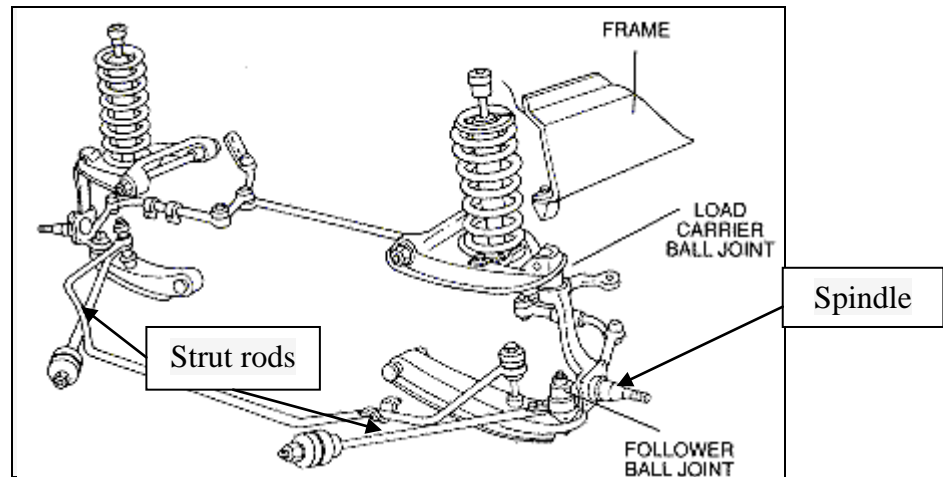
Apabila roda kenderaan bergerak ke atas atau ke bawah, sistem penggantungan perlulah menampung pergerakan dan sentiasa mengekalkan kedudukan roda supaya tidak bergerak ke arah tepi atau ke arah dalam kenderaan. Lengan kawalan dipautkan (*mounted*) pada rangka kenderaan. Roda dipasang pada 'spindle' yang dipasangkan pada 'ball joint' yang terletak pada hujung lengan kawalan. Pergerakan melintang ini juga dikenali sebagai '*lateral link*'.



Rajah 2.3 : '*Transverse link*' di bahagian hadapan

2.3.2 Pergerakan Membujur (*Longitudinal*)

Apabila roda kenderaan bergerak ke atas mahupun ke bawah, sistem penggantungan perlulah menampung pergerakan ini bagi mengekalkan kedudukan roda supaya tidak bergerak ke arah hadapan ataupun ke arah belakang walaupun melalui permukaan yang tidak rata. Terdapat dua lengan yang diperlukan bagi membolehkan pergerakan bebas ke atas atau ke bawah dan mengelakkan roda daripada bergerak ke hadapan, ke belakang, ke dalam mahupun keluar dari kedudukan asal. Ada dua jenis sistem penggantungan yang menambah alang '*member*' bagi mengawal pergerakan ke hadapan atau ke belakang roda.



Rajah 2.4 : 'Strut rods' digunakan untuk mengekalkan kedudukan lengan kawalan daripada bergerak kearah hadapan atau kebelakang.

2.4 JENIS-JENIS SISTEM PENGGANTUNGAN HADAPAN

Terdapat tiga jenis penggantungan yang biasanya digunakan pada kenderaan penumpang, iaitu :

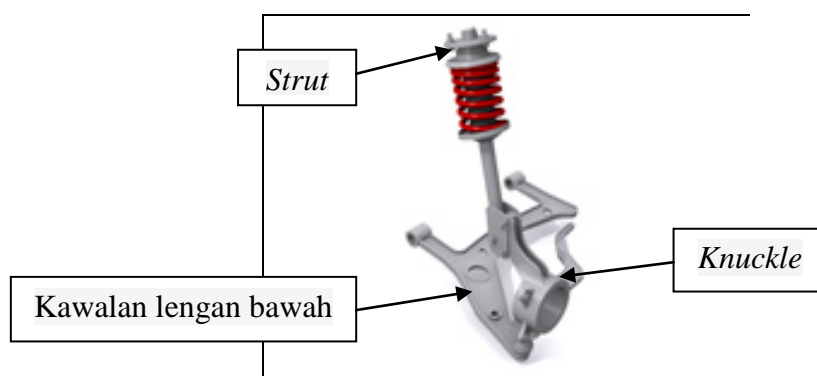
- a. *Macpherson Struts.*
- b. *Double Wishbone.*
- c. *Multi-link.*

2.4.1 Sistem Penggantungan Jenis 'Macpherson Struts'

Sistem penggantungan jenis ini adalah ringan dan menjimatkan ruang kerana hanya satu kawalan lengan yang diperlukan. Pusat pautan (*mounted*) untuk sistem penggantungan jenis ini adalah pada sambungan bebola (*ball joint*) dibahagian bawah dan pada pemasangan '*bearing mounting*' pada atas topang (*struts*). Galas cagak (*Bearing mounting*) dipasangkan pada rangka kenderaan. Berat kenderaan ditampung sepenuhnya oleh '*bearing mounting*'. Tiada beban yang ditampung oleh '*ball joint*' dibawah. Sistem penggantungan jenis '*Macpherson*' yang ringkas dapat

menjimatkan kos untuk dihasilkan atau dikilangkan dan memberi prestasi pemanduan yang lancar.

Keburukan utama sistem penggantungan jenis ini adalah ketinggian yang diperlukan untuk pemasangan '*strut*' dan kebolehan pengawalan yang terhad. Ini adalah kerana '*strut*' adalah salah satu daripada bahagian badan kenderaan tersebut dan apabila kenderaan condong untuk mengambil selekoh, '*strut*' juga turut condong dan menyebabkan tayar condong bersama-sama dengan strut. Sistem penggantungan jenis ini juga dikenali sebagai sistem penggantungan depan lengan tunggal.



Rajah 2.5 : Sistem Penggantungan Jenis '*Macpherson Strut*' (Longhurst, 2006)

2.4.2 Sistem Penggantungan Jenis '*Double Wishbone*'

Sistem penggantungan jenis '*double wishbone*' juga dikenali sebagai '*A-arm suspension*' atau panjang/pendek lengan ampaian (*short/long arm suspension*). Sistem penggantungan jenis ini menggunakan dua lengan kawalan iaitu satu pada bahagian bawah dan satu lagi dibahagian atas yang biasanya berbentuk A. Dua hujung pada lengan yang berbentuk A disambungkan pada rangka kenderaan dengan menggunakan sesendal getah (*rubber bush*) dan hujung satu lagi disambungkan pada sendi stereng (*steering knuckle*) dengan menggunakan '*ball joint*'. Kedua-dua kawalan lengan digabungkan dengan cara yang sama dan ditugaskan untuk mengawal pergerakan atas dan bawah roda.