

PENGESAHAN PENYELIA

“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 (Automotif)”

Tandatangan : 
Nama Penyelia : **ENCIK MOHD. AZMAN B. ABDULLAH**
.....Pensyarah.....
Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka
Tarikh : Karung Berkunci 1200, Ayer Keroh
75450 Melaka

03/05/07

**REKABENTUK DAN ANALISIS SISTEM STERING BAGI KERETA
LUMBA FORMULA**

**MOHD SYAHRIZAL BIN BASRI
B040310124**

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


**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka**

Mei 2007

MOHD AZMAN BIN ABDULLAH

PENGAKUAN

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

Tandatangan : 

Nama Penulis : MOHD SYAHRIZAL B. BASRI

Tarikh : 3 MEI 2007

PENGHARGAAN

Pertama kali bersyukur ke hadrat Illahi kerana berjaya menyiapkan projek yang telah diberi. Tanpa bantuan dan berkat dariNya sudah tentu projek ini tidak berjalan dengan lancarnya. Terima kasih juga diucapkan kepada kumpulan-kumpulan atau orang perseorangan yang telah memberi tunjuk ajar dalam menjayakan projek ini.

Tidak juga dilupakan kepada pensyarah penyelia saya En. Mohd Azman b. Abdullah kerana beliau merupakan individu yang banyak memberi bantuan dan tunjuk ajar. Di samping itu juga beliau banyak memberi semangat dan dorongan dalam menyelesaikan masalah yang dihadapi. Tunjuk ajar yang diberikan amat berharga bagi saya. Saya juga mengucapkan ribuan terima kasih kepada UTeM kerana memberi peluang untuk mendapatkan banyak pengalaman dan pengetahuan semasa menjalankan projek.

Juga tidak dilupakan kepada penaja saya semasa menjalankan pengajian di Universiti Teknikal Malaysia Melaka ini iaitu Perbadanan Tabung Pendidikan Tinggi Nasional (PTPTN) kerana tanpa bantuan darinya mungkin sukar untuk saya menyiapkan projek sarjana muda ini. Akhir sekali saya juga berterima kasih kepada kedua orang ibubapa saya, kawan-kawan dan orang perseorangan yang telah memberi bantuan dan galakan walaupun sekecil kuman dalam menjayakan projek ini. Terima Kasih.

ABSTRAK

Kajian ini melibatkan merekabentuk dan menganalisis sistem stering bagi kereta lumba formula yang dibuat untuk Projek Sarjana Muda di Universiti Teknikal Malaysia Melaka. Kajian ini merangkumi satu ulasan tentang stering automotif mengikut ulasan daripada kereta lumba formula dan alatan merekabentuknya. Dalam merekabentuk stering tersebut, satu perisian telah digunakan iaitu perisian CATIA V5R12. Ukuran awal telah dibuat dalam lukisan awal menggunakan perisian CATIA V5R12 ini sebelum ianya difabrikasikan menjadi bentuk yang sebenar. Kajian ini merangkumi satu analisis sistem stering bagi membuktikan modifikasi rekabentuk yang betul dan semua spesifikasi teknikal yang diperlukan. Analisis yang telah dibuat menggunakan perisian COSMOSXpress. Dalam membuat analisis bagi stering ini satu pengiraan telah dibuat untuk mencari daya masuk dan keluar pada stering sekaligus dapat mengira momen-momen yang terhasil. Penggunaan perisian COSMOSXpress ini digunakan untuk mencari tegasan dan menerbitkan nilai faktor keselamatan (*Safety Factor*).

ABSTRACT

This research was about design and analysis of steering system for Formula Racing Car which was done for Sarjana Muda Project at Universiti Teknikal Malaysia Melaka. This research included a study about automotive steering based on the formula racing car and its design process. In designing the steering, a software, CATIA V5R12 was used. The measurement was done in the early sketch using the software and the design was modified. This research also included the analysis of the steering system. The analysis that was done using the COSMOSXpress software. In the analysis of the steering, a calculation to find the force at steering was done. It also included the calculation for moment at the steering. The safety factor also determined from the COSMOSXpress analysis.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGAKUAN	i
	PENGHARGAAN	ii
	ABSTRAK	iii
	<i>ABSTRACT</i>	iv
	SENARAI ISI KANDUNGAN	v
	SENARAI JADUAL	viii
	SENARAI RAJAH	ix
	SENARAI SIMBOL	xi
	SENARAI LAMPIRAN	xii
1	Pengenalan	1
	1.1 Objektif	1
	1.2 Skop Projek	1
	1.3 Ulasan Keseluruhan	2
	1.4 Pernyataan Terhadap Masalah	4
2	Kajian Bahan Rujukan	6
	2.1 Sistem Stering	6
	2.1.1 Sambungan Stering (<i>Steering Linkage</i>)	7
	2.1.2 Sistem Stering Manual	10
	2.2 Rekabentuk Rak dan Pinan	15
	2.3 Daya dan Momen Pada Sistem Stering	17
	2.3.1 Daya Menegak (<i>Vertical Force</i>)	19
	2.3.2 Daya sisi (<i>Lateral Force</i>)	22

2.3.3	Daya Kuasa (<i>Tractive Force</i>)	23
2.3.4	Daya Kilas Susunan (<i>Aligning Torque</i>)	24
2.3.5	Momen Penentangan Berpusing (<i>Rolling Resistance Moment</i>) dan Momen Lebih Pusing (<i>Overturning Moment</i>)	25
2.4	Geometri Sistem Stering	25
2.5	Nisbah Stering	27
3	METODOLOGI	29
3.1	Carta Alir	29
3.2	Rekabentuk Menggunakan Perisian CATIA V5R12	30
3.3	Analisis Menggunakan Perisian COSMOSXpress	32
3.4	Rekabentuk Semula	35
3.4.1	Rekabentuk Rak Stering	36
3.4.2	Rekabentuk Batang Stering	37
3.4.3	Rekabentuk Rod Penyambung	38
3.4.4	Rekabentuk Roda Stering	39
3.4.5	Rekabentuk ' <i>U-Joint</i> '	40
4	ANALISIS	41
4.1	Analisis Rod Penyambung pada Sistem Stering Menggunakan COSMOSXpress	41
4.1.1	Bahan	41
4.1.2	Maklumat Beban	42
4.1.3	Keputusan ' <i>Stress</i> '	44
4.1.4	Keputusan Perubahan Jarak (<i>Displacement</i>)	45
4.1.5	Keputusan Perubahan Anjakan (<i>Deformation</i>)	46
4.2	Analisis Secara Teori	47

4.2.1	Daya Menegak Fz pada Tayar	47
4.2.2	Nisbah Pergerakan Stering	52
5	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	56
5.1	Keputusan	56
5.1.1	Analisis Menggunakan COSMOSXpress	56
5.1.2	Analisis Secara Teori	57
5.2	Perbincangan	58
5.2.1	Pengubahsuaian	58
5.2.2	Posisi Mekanisma Stering	58
6	KESIMPULAN DAN CADANGAN	63
6.1	Kesimpulan	63
6.2	Cadangan Masa Hadapan	64
	RUJUKAN	65
	LAMPIRAN	67

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
4.1	Berat dan isipadu bahan yang digunakan	42
4.2	Permukaan yang ditetapkan (<i>fixed</i>)	42
4.3	Permukaan yang dikenakan daya	42
4.4	Jumlah maksimum dan minimum tegasan yang dikenakan pada beban	44
4.5	Perubahan jarak yang berlaku	45
4.6	Perubahan anjakan	46
5.1	Nilai faktor keselamatan secara FEA dan Teori	57

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Jenis-jenis stering pada kenderaan	8
2.2	Kedudukan gear stering Bebola Edaran Semula	12
2.3	Pergerakan bebola dalam gear stering Bebola Edaran Semula	13
2.4	Kedudukan rak dan pinan dalam sistem stering rak dan pinan	14
2.5	Daya-daya bertindak pada permukaan roda	18
2.6	Tiga jenis daya dan momen yang bertindak pada permukaan roda	19
2.7	Momen yang dihasilkan dari daya-daya menegak yang bertindak pada kecondongan sisi	20
2.8	Daya kilas stering terbit daripada sudut kecondongan sisi	21
2.9	Momen dihasilkan daripada daya-daya menegak yang bertindak pada sudut ' <i>caster</i> '	22
2.10	Momen stering yang dihasilkan daripada daya sisi	22
2.11	Momen stering yang dihasilkan oleh daya kuasa	23
2.12	Syarat Ackermann	26
3.1	Carta alir Projek Sarjana Muda	29
3.2	Sistem stering yang telah dicantum (<i>assembled</i>)	31
3.3	Permukaan ' <i>U-Joint</i> ' yang telah ditetapkan	33
3.4	Jumlah daya yang dikenakan	33
3.5	Permukaan ' <i>U-joint</i> ' yang dikenakan daya	34
3.6	Keputusan faktor keselamatan	34

3.7	Keputusan analisis	35
3.8	Rekabentuk rak stering yang lama	36
3.9	Rekabentuk rak stering yang baru	36
3.10	Rekabentuk batang stering yang lama	37
3.11	Rekabentuk batang stering yang baru	37
3.12	Rekabentuk rod penyambung yang lama	38
3.13	Rekabentuk rod penyambung yang baru	38
3.14	Rekabentuk roda stering yang lama	39
3.15	Rekabentuk roda stering yang baru	39
3.16	Rekabentuk ' <i>U-Joint</i> ' yang lama	40
3.17	Rekabentuk ' <i>U-Joint</i> ' yang baru	40
4.1	Permukaan yang ditetapkan (<i>fixed</i>)	43
4.2	Permukaan yang dikenakan daya	43
4.3	Jumlah maksimum dan minimum tegasan pada rod penyambung	44
4.4	Perubahan jarak yang berlaku pada rod penyambung	45
4.5	Analisis anjakan pada rod penyambung	46
4.6	Kedudukan daya menegak pada kereta	47
4.7	Momen yang dihasilkan dari daya-daya menegak yang bertindak pada kecondongan sisi	50
4.8	Momen dihasilkan daripada daya-daya menegak yang bertindak pada sudut ' <i>caster</i> '	51
4.9	Luas permukaan hujung rod penyambung	54
5.1	Pandangan atas sistem stering	59
5.2	Pandangan hadapan sistem stering	60
5.3	Kedudukan pinan yang bersambung dengan rak	61
5.4	Penyambungan kotak stering	62

SENARAI SIMBOL

SIMBOL	DEFINISI
---------------	-----------------

A	Luas
B	Panjang
d	Jarak
F	Daya
g	Graviti
L	Panjang
M	Momen
r	Jejari
v	Sudut ' <i>caster</i> '

HURUF GREEK	DEFINISI
--------------------	-----------------

λ	Sudut condong
δ	Sudut ' <i>steer</i> '
θ	Sudut
σ	Tegasan

AKRONIM	DEFINISI
----------------	-----------------

CAD	<i>Computer Aided Design</i>
SAE	<i>Society of Automotive Engineer</i>
FEA	<i>Finite Element Analysis</i>
SUV	<i>Sport Utility Vehicle</i>

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
A	Keputusan Analisis	67
B	Lukisan Lakaran Sistem Stering	73

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Objektif

Objektif dalam menjalankan projek ini, antaranya ialah merekabentuk dan menganalisis satu sistem stering untuk kereta lumba formula dan menganalisis tahap keberkesanan atau fungsi sistem stering dengan baik.

1.2 Skop Projek

Skop yang merangkumi dalam menjalankan projek ini ialah merekabentuk sistem stering menggunakan CAD. Dalam penggunaan CAD ini, satu perisian yang dinamakan CATIA V5R12 telah digunakan. Sebab penggunaan perisian ini ialah kerana ianya mudah dan ringkas digunakan. Selain itu menganalisis menggunakan FEA pada sistem stering juga merupakan salah satu skop dalam projek ini. Melalui penggunaan FEA ini perisian COSMOSXpress telah digunakan. Skop yang ketiga pula ialah mengaplikasi analisis dalam perisian COSMOSXpress tadi. Skop yang keempat pula ialah mengubahsuai (*modification*) bahagian-bahagian pada stering bagi memudahkannya dicantum atau diletakkan pada '*chassis*' atau '*frame*'.

1.3 Ulasan Keseluruhan

Secara keseluruhannya kajian ini melibatkan merekabentuk dan menganalisis sistem stering bagi kereta lumba formula. Kajian ini merangkumi satu ulasan tentang stering automotif mengikut ulasan daripada Formula SAE dan alatan merekabentuknya. Dalam merekabentuk stering tersebut, satu perisian telah digunakan iaitu perisian CATIA V5R12. Ukuran awal telah dibuat dalam lukisan awal menggunakan perisian CATIA V5R12 ini sebelum ianya difabrikasikan menjadi bentuk yang sebenar. Kajian ini merangkumi satu analisis sistem stering bagi membuktikan modifikasi rekabentuk yang betul dan semua spesifikasi teknikal yang diperlukan. Analisis yang telah dibuat menggunakan perisian COSMOSXpress. Dalam membuat analisis bagi stering ini satu pengiraan telah dibuat untuk mencari daya masuk dan keluar pada stering sekaligus dapat mengira momen-momen yang terhasil. Faktor keselamatan (*Safety Factor*) juga digunakan untuk mencari tegasan/tekanan dalam menganalisis menggunakan perisian COSMOSXpress tersebut.

Bab 1 menerangkan tentang pengenalan bagi laporan ini yang meliputi objektif dan skop bagi projek ini. Objektif bagi projek ini ialah merekabentuk dan menganalisis satu sistem stering untuk kereta lumba formula dan menganalisis tahap keberkesanan atau fungsi sistem stering dengan baik manakala bagi skop projek ini pula ialah merekabentuk sistem stering menggunakan CAD, penggunaan FEA iaitu perisian COSMOSXpress dalam menganalisis, mengaplikasi analisis dalam perisian COSMOSXpress dan mengubahsuai (*modification*) bahagian-bahagian pada stering bagi memudahkannya dicantum atau diletakkan pada '*chassis*' atau '*frame*'. Bab 2 pula menerangkan tentang kajian bahan rujukan atau kajian ilmiah yang telah dijalankan pada projek-projek terdahulu. Dalam bab ini diterangkan serba sedikit tentang sistem stering bagi kereta yang merangkumi semua bahagian-bahagian pada sistem stering tersebut. Dalam bab ini juga menerangkan daya-daya yang terhasil pada sistem stering dimana daya pada tayar memberi kesan pada sistem stering tersebut. Bab 3 pula

menerangkan tentang metodologi atau cara kerja yang dilakukan dalam menjalankan projek ini. Carta alir yang menunjukkan kaedah atau cara kerja dilakukan dari permulaan sehingga ke akhir projek ini dijalankan. Bab ini juga menunjukkan rekabentuk-rekabentuk stereng yang telah dibuat menggunakan perisian CATIA V5R12 dan juga kaedah analisis menggunakan perisian COSMOSXpress. Manakala dalam Bab 4 pula merangkumi keputusan analisis yang dibuat menggunakan COSMOSXpress. Analisis yang dibuat ialah pada satu bahagian pada sistem stereng iaitu rod penyambung. Selain menganalisis menggunakan perisian, juga menunjukkan analisis yang dibuat secara teoritikal dimana diterangkan daya-daya yang terhasil pada tayar. Bagi Bab 5 pula diterangkan mengenai keputusan dan perbincangan yang telah diperolehi melalui projek ini. Dalam bab ini diterangkan sedikit mengenai keputusan analisis yang diperolehi melalui analisis yang telah dibuat melalui FEA dan juga analisis yang dibuat secara teori atau pengiraan. Manakala dalam bab yang terakhir pula iaitu Bab 6 ialah mengenai kesimpulan dan cadangan. Dalam bab ini diterangkan secara rumusan tentang objektif dan skop bagi projek ini adakah ianya tercapai atau pun tidak.

1.4 Pernyataan Terhadap Masalah

Projek ini pada keseluruhannya adalah bertujuan untuk merekabentuk dan menganalisis satu sistem stering untuk sebuah kereta lumba. Rekabentuk dan analisis yang dibuat menggunakan perisian komputer. Ini bagi memudah dan mempercepatkan lagi projek ini berjalan dengan lancar. Dalam merekabentuk sistem stering, satu perisian yang dinamakan CATIA V5R12 telah digunakan. Perisian ini mudah digunakan kerana ianya dapat dilukis dalam bentuk 3D. Dalam menganalisis sistem stering pula, perisian COSMOSXpress telah digunakan. Perisian ini digunakan adalah untuk mencari daya-daya yang terhasil pada sistem stering.

Terdapat beberapa masalah yang dihadapi dalam menjalankan projek ini. Masalah yang sering timbul adalah semasa menggunakan perisian yang dinyatakan seperti di atas. Dalam menggunakan perisian CATIA V5R12, masalah yang dihadapi ketika membuat pengukuran atau dimensi. Pengukuran sukar dibuat kerana ianya boleh mempengaruhi sistem stering tersebut. Contohnya dalam merekabentuk rak dan pinan bagi sistem stering. Rak dan pinan merupakan komponen utama bagi sistem stering yang berfungsi menukarkan pergerakan pusingan roda stering kepada pergerakan lurus yang diperlukan untuk memusingkan roda. Rak dan pinan adalah berkaitan kerana gear pinan yang berputar akan menggerakkan rak. Gigi-gigi pinan akan menyentuh gigi-gigi rak untuk menggerakkannya. Dengan itu, tanpa pengukuran atau dimensi yang betul dalam merekabentuk gigi-gigi pinan dan rak sudah tentu ianya tidak dapat berfungsi dengan baik.

Begitu juga dalam menggunakan perisian COSMOSXpress. Terdapat juga beberapa masalah dalam penggunaan perisian ini. Salah satunya ialah terpaksa mengeksport lukisan yang dibuat dalam perisian CATIA V5R12 ke dalam perisian SolidWorks. Ini kerana COSMOSXpress terdapat dalam SolidWorks. Masalah lain yang timbul pula ialah semasa menganalisis menggunakan perisian ini. Sebagaimana yang

diketahui untuk menganalisis sesuatu komponen bahan yang digunakan dalam komponen tersebut perlu diketahui. Bahan-bahan ini mempengaruhi dalam menghasilkan daya-daya yang terhasil. Ini kerana bahan yang berbeza mempunyai nilai *tegasan* yang berbeza. (Contohnya besi, karbon, aluminium dan lain-lain lagi). Dalam menganalisis menggunakan COSMOSXpress ini jumlah daya yang dikenakan pada permukaan yang dikehendaki dan faktor keselamatan bahan-bahan tersebut perlu juga diketahui. Ini sangat mempengaruhi dalam pengeluaran keputusan.

BAB 2

KAJIAN BAHAN RUJUKAN

2.1 Sistem Stering

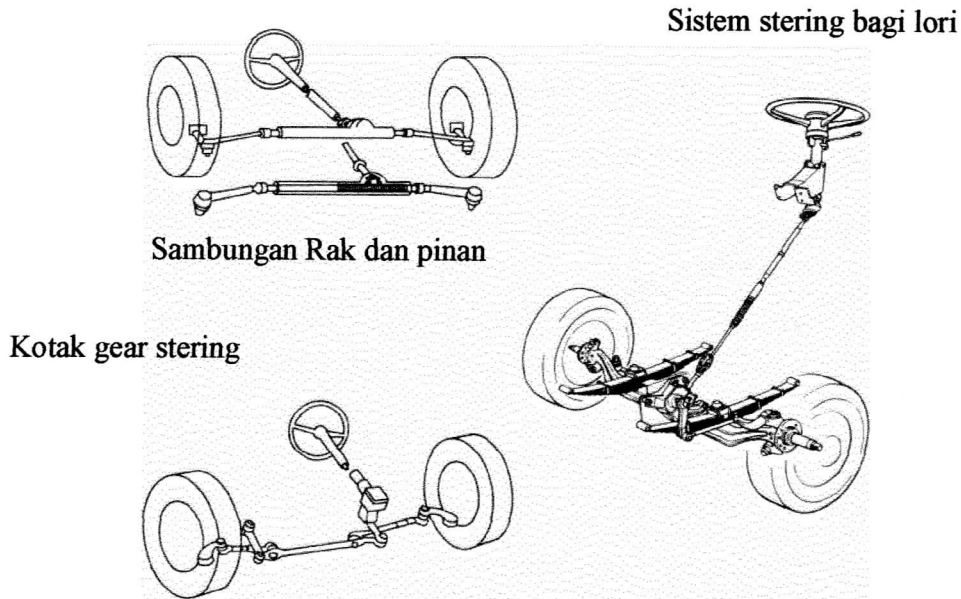
Dalam kenderaan, stering, gear, penghubung (*linkages*) dan komponen-komponen lain digunakan untuk mengawal pemanduan sebuah kenderaan. Disebabkan oleh geseran antara tayar hadapan dan permukaan jalan terutama sekali ketika meletak kereta, kerja diperlukan untuk memusing stering. Untuk mengurangkan kerja tersebut, roda telah dihubungkan melalui satu sistem gear kepada komponen-komponen dihadapan tayar. Sistem gear tersebut memberi pemandu satu kelebihan mekanikal contohnya mereka menggandakan daya yang telah dikeluarkan tetapi mereka juga meningkatkan jarak melaluinya dimana mereka mesti memusingkan roda stering untuk menggerakkan tayar. Pelbagai jenis gabungan gear dengan tiada kelebihan antara satu sama lain digunakan walaupun beberapa pengeluar lebih memilih kepada sistem rak dan pinan (*rack and pinion system*). Kenderaan-kenderaan yang lebih berat contohnya lori atau bas memerlukan daya yang besar untuk memusingkan roda. Tetapi ia menjadi lebih mudah sekiranya menggunakan sistem ini.

Banyak kereta menggunakan sistem stering kuasa (*power steering system*). Sistem ini mengandungi satu perangsang hidraulik (*hydraulic booster*), yang beroperasi apabila enjin yang sedang bergerak membekalkan daya ketika pemandu memusingkan roda. Apabila sebuah kenderaan melakukan pembelokan pada satu kadar yang berkadaran pada kadar di mana stering telah dipusingkan, ia adalah berkeadaan stering

normal. Jika ia membelok pada kadar lebih perlahan ia dikatakan pada pembelokan kurang (*understeer*). Jika ia membelok pada kadar lebih ia dikatakan pada pembelokan tajam (*oversteer*). Jika setiap kenderaan bertindak balas dalam setiap kes pada keadaan ekstrim kebanyakan kenderaan ini direka untuk pembelokan kurang (*understeer*). Kereta lumba biasanya direka untuk stering normal. Hanya segelintir sahaja kenderaan direka untuk pembelokan tajam (*oversteer*) kerana ianya dianggap berbahaya oleh kebanyakan autoriti. Untuk keselamatan dalam banyak kereta moden, batang (*column*) pada roda stering akan tercabut sekiranya berlaku perlanggaran. (Popa, 2005)

2.1.1 Sambungan Stering (*Steering Linkage*)

Sambungan stering adalah satu siri lengan (*arms*), rod, dan bola soket (*ball socket*) yang menyambungkan mekanisma stering kepada buku sendi stering (*steering knuckle*). Sambungan stering digunakan pada kebanyakan mekanisma stering manual dan stering kuasa termasuk lengan *pitman* (*pitman arm*), perangkai tengah (*center link*), lengan leka (*idler arm*) dan juga penyambungan rod penyambung (*tie-rod*). Gambarajah 2.1 menunjukkan jenis-jenis stering pada kenderaan.



Gambarajah 2.1 : Jenis-jenis stering pada kenderaan (Philippe, 2003)

Lengan Leka (*Idler Arm*)

Perangkai tengah digantung pada hujung lengan *pitman* bermakna pada lengan leka. Lengan leka menahan hujung hubungan tengah dan membolehkannya bergerak ke kanan dan ke kiri dengan mudah. Lengan leka diselak pada bingkai (*frame*).

Lengan *Pitman* (*Pitman Arm*)

Lengan *pitman* menukarkan pergerakan mekanisma stering kepada sambungan stering (*steering link*). Lengan *pitman* dibahagi kepada batang luar mekanisma stering (*pitman arm shaft*). Satu nat besar dan pelapik kunci (*lock washer*) menjaga lengan *pitman* kepada batang luar. Hujung luar pada lengan *pitman* biasanya menggunakan sambungan soket dan bola untuk disambungkan pada hubungan tengah.

Soket Bola (*Ball Socket*)

Soket bola ialah seperti penyambungan bola yang kecil. Ia berfungsi untuk pergerakan dalam semua arah antara dua komponen yang bersambung. Soket bola diperlukan untuk sambungan stereng. Ia tidak rosak atau pecah apabila roda bergerak ke atas dan ke bawah ketika melalui jalan yang tidak rata. Soket bola dipenuhi dengan minyak gris untuk mengurangkan geseran. Ada juga yang mempunyai tempat gris yang memberi rangka gris dimasukkan dengan gris 'gun'.

Perangkai Tengah (*Center Link*)

Sambungan stereng menggunakan perangkai tengah juga dikenali sebagai rod 'intermediate' atau rod 'track' yang mana merupakan satu besi bar yang disambung kepada lengan stereng (lengan *pitman*, hujung perangkai tengah, lengan leka). Pemusingan mekanisma stereng ditukar kepada perangkai tengah melalui lengan pitman.

Penyambungan Rod Penyambung (*Tie-Rod*)

Dua penyambungan rod penyambung digunakan untuk melajukan pergerakan perangkai tengah dengan sendi stereng. Bola soket digunakan pada kedua-dua belah hujung penyambungan rod penyambung. Satu sarung pelaras (*adjustment sleeves*) disambung pada bahagian luar dan bahagian dalam rod penyambung. Sarung pelaras ini direka seperti satu tiub dan mempunyai bebenang pada bahagian dalam dan bahagian luarnya. Sarung pelaras ini juga dilengkapi dengan satu bahagian dengan pelaras 'toe'. Pengapit (*clamp*) dan selak pengapit (*bolts clamp*) digunakan untuk menjaga sarung tersebut. Ada sesetengah pembuat atau pereka meletakkan pengapit pada sesetengah posisi samada pada bahagian atas atau bahagian bawah permukaan rod penyambung untuk mengelak daripada bertembung dengan komponen-komponen lain.

2.1.2 Sistem Stering Manual

Sistem stering manual diambil kira pada kenderaan yang biasa. Sistem ini adalah kemas, laju, dan tepat dalam pergerakan stering. Walaupun pada enjin yang besar dan berat, pengawalan stering akan menjadi lebih mudah. Mekanisma stering dengan nisbah gear yang tinggi digunakan tetapi bergantung pada kuasa sistem stering tersebut. Terdapat beberapa perbezaan jenis sistem stering manual iaitu '*worm and sector*', '*worm and roller*', '*cam and lever*', '*worm and nut*' dan '*rack and pinion*'.

'Worm and Sector'

Dalam gear stering '*worm and sector*' batang lengan *pitman* membawa gear sektor yang bersangkut dengan gear '*worm*' pada batang gear stering. Hanya satu gear sektor yang digunakan kerana ia berpusing melalui '*arc*' sebanyak 70°. Roda stering memusingkan '*worm*' pada hujung bawah batang gear stering yang mana memutarakan sektor dan lengan *pitman* melalui batang tersebut. '*Worm*' tersebut disambung pada galas '*tapered rotter*'.

'Worm and Roller'

Gear stering '*worm and roller*' adalah sama dengan gear stering '*worm and sector*' kecuali satu pemusing (*roller*) dibantu oleh satu bola atau galas '*rotter*' dalam sektor pada lengan *pitman*. Galas-galas ini membantu dalam menghasilkan geseran gelongsor antara '*worm and sector*'. Ketika roda stering memusingkan '*worm*', pemusing juga dipusingkan. Ia memberi daya pada sektor dan batang lengan *pitman* untuk berputar. Permukaan '*worm*' yang berbalang dimana terdapat lubang pada kedua-dua belah hujung hingga ke tengah, memberi lebih sentuhan antara '*worm and roller*' dalam semua posisi. Rekabentuk gear ini menghasilkan nisbah stering yang sesuai untuk stering yang lebih cekap.