

**KAJIAN TERHADAP SISTEM SUSPENSI BELAKANG
BAGI KERETA LUMBA FORMULA PELAJAR**

RAJA NOORZIHAN B RAJA AB KADIR

UNIVESITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

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 :EN WAN ZAILIMI B WAN ABDULLAH

Tarikh : 7 MEI 2009

KAJIAN TERHADAP SISTEM SUSPENSI BELAKANG
BAGI KERETA LUMBA FORMULA PELAJAR

RAJA NOORZIHAN B RAJA AB KADIR

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

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka

MEI 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 : RAJA NOORZIHAN B RAJA AB KADIR

Tarikh : 7 MEI 2009

Untuk Ayah dan Ibu 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, En. Wan Zailimi b Wan Abdullah@Zakaria 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

Kajian ini adalah melibatkan mengenai sistem suspensi belakang dan juga komponen-komponen yang diperlukan untuk kereta lumba (*formula racing car*). Komponen-komponen suspensi belakang untuk kereta lumba ini adalah melibatkan reka bentuk yang lengkap dan perlu menepati piawaian yang telah ditetapkan oleh Formula SAE. Setelah semua data yang diperlukan disiapkan, pengekodan akan dilakukan dalam *notepad*. Setelah pengekodan diselesaikan, fail tersebut akan disimpan dalam format *Adams/Solver Dataset (filename.adm)*. Dataset tersebut akan diimport kedalam ADAMS/View dan permodelan sistem suspensi belakang akan terhasil melalui ADAMS/View. Proses analisis pula akan dijalankan bagi menentukan parameter-parameter yang perlu ada dalam menyiapkan suspensi belakang untuk kereta lumba. Di dalam kajian yang dilakukan, beberapa keadaan perlu diambil kira seperti apabila kereta lumba mengambil selekoh, membrek dan juga memecut bagi mendapatkan prestasi suspensi yang maksimum dan juga selamat.

ABSTRACT

This study is about rear system suspension and also components that is required to develop a racing car. Rear suspension components to this racing car are involving complete design and is subjected to pass the standard that is set by the FSAE society. Command using the notepad will be done after all the required data is gathered. After command is ready, the file will be saving in the format of *Adams/Solver Dataset (filename.adm)*. The database then will be imported to the ADAMS/View and the modeling for rear suspension system can be made. After that, the process of analysis would be carried out to determine the parameters that must be completed for rear suspension system. In study which does, some circumstances should be taken into consideration as when racing car take corner, brakes and also accelerated to get maximum suspension performance and also to give safety to the driver.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGAKUAN	ii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI RAJAH	ix
	SENARAI LAMPIRAN	xi
BAB 1	Pengenalan	1
	1.1 Latar Belakang	1
	1.2 Objektif Kajian	2
	1.3 Skop Kajian	3
	1.4 Pernyataan Masalah	3
BAB 2	KAJIAN ILMIAH	4
	Sejarah Formula SAE	4
	2.2 Objektif Formula SAE	5
	2.3 Keperluan Formula SAE	5
	2.4 Syarat Formula SAE Untuk Sistem Suspensi	6
	2.5 Pengenalan	7
	2.6 Jenis-Jenis Sistem Suspensi	7
	2.6.1 Sistem Suspensi Gandar Kukuh / <i>Solid Axle</i>	8
	2.6.2 Sistem Suspensi Bebas/ <i>Independent Suspension System</i>	8

2.7 Sistem Suspensi Belakang	9
2.7.1 Sistem Suspensi Selangka Berganda / <i>Double Wishbone</i>	11
2.8 Sistem Suspensi Belakang Jenis Bergantung	13
2.9 <i>Bump Steer</i>	14
2.9.1 <i>Bump Dan Roll Steer</i>	14
2.10 Lengkung/ <i>Camber</i>	14
2.10.1 Kadar perubahan camber/ <i>camber rate change</i>	16
2.11 <i>Jounce Dan Rebound</i>	17
2.12 Peredam/ <i>Damper</i>	17
BAB 3	
METHODOLOGI	19
3.1 Sumber Kajian Ilmiah	21
3.2 Analisis	21
3.2.1 Analisis Reka Bentuk Asal	22
3.3 Simulasi Menggunakan Perisian Komputer	24
3.4 Komponen Dan Penghubung	26
3.5 Permodelan <i>Adams/View</i>	29
3.4 Data Dan Keputusan	23
BAB 4	
KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	38
4.1 Penyambung Revolot/ <i>Revolute Joint</i>	39
4.2 Penyambung Translasi/ <i>Translational Joint</i>	40
4.3 Penyambung Sfera/ <i>Spherical Joint</i>	40
4.4 Pekali Sudut Lengkung/ <i>Camber Angle Coefficient</i>	41
4.5 Menentukan Perubahan Sudut <i>Camber</i>	41
4.6 Graf Sudut <i>Camber</i> Melawan Jarak	43
4.7 Pengiraan <i>Camber Angle Coefficient</i>	45
4.8 Graf <i>Jounce Dan Rebound</i> Melawan Jarak	47

BAB 5	KESIMPULAN	48
	RUJUKAN	50
	LAMPIRAN	51

SENARAI RAJAH

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
1	sudut <i>rear roll</i>	9
2	Lakaran Skematik Untuk Suspensi Double A-Arm Untuk Tayar Belakang Dengan Partikel-Partikel Penting Dan Juga Koordinat Kerangka	10
3	Lukisan Skematik Sistem Suspensi Selangka Berganda	11
4	Sistem Suspensi Selangka Berganda	12
5	Kedudukan Komponen-Komponen Dalam Sistem Suspensi Selangka Berganda	13
6	Lengkung/ <i>Camber</i> Yang Positif	15
7	Lengkung/ <i>Camber</i> Yang Negatif	15
8	Perbezaan Antara Panjang Pandangan Hadapan Lengan Ayunan	16
9	Peredam	16

10	Carta Alir Proses Projek	20
11	Pandangan Isometrik Sistem Suspensi Belakang	23
12	Pandangan Depan Sistem Suspensi Belakang	23
13	Pandangan Atas Sistem Suspensi Belakang	24
14	Sistem Suspensi Belakang Beserta Penanda Dan Penghubung	25
15	Pandangan Isometrik Sistem Suspensi Belakang Menggunakan Perisian MSC ADAMS/View	30
16	<i>Upper Arm</i> Dan Penghubung	31
17	<i>Toe Adjuster</i> Dan <i>Lower Arm</i> Beserta Penghubung	32
18	Spring Dan Peredam Beserta Penghubung	33
19	<i>Suspension Connector</i> Beserta Penghubung	34
20	Penghubung Yang Digunakan Pada <i>Rocker</i>	35
21	<i>Wheel Knuckle</i> Beserta Penghubung	36
22	Tayar Dan Penghubung	37
23	ADAMS/View Menunjukkan Nilai Darjah Kebebasan Dan Penyambung Yang Terlibat	39

24	Perubahan Kedudukan Titik Pada Tayar Yang Mengakibatkan <i>Camber</i>	42
25	Sudut Pandangan Sistem Suspensi Dalam ADAMS/View	43
26	Sudut Lengkung/ <i>Camber Angle</i> Melawan Jarak	43
27	Pengiraan Pekali Sudut Lengkung/ <i>Camber Angle Coefficient</i> Untuk 50.8mm Bum	45
28	Kedudukan Tayar Apabila Melanggar Bum Dan Kewujudan Sudut <i>Camber</i>	45
29	Kedudukan Tayar Selepas Melanggar Bum Dan Kewujudan Sudut <i>Camber</i>	46
30	Jounce Dan Rebound Untuk 50.8mm Bum	47

SENARAI JADUAL

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
1	Komponen Dan Penghubung Yang Digunakan	26
2	Komponen-Komponen Dan Koordinat	27
3	Penghubung Yang Digunakan Pada <i>Upper Arm</i>	31
4	Penghubung Yang Digunakan Pada <i>Lower Arm Dan Toe Adjuster</i>	32
5	Penghubung Yang Digunakan Pada Spring Dan Peredam	33
6	Penghubung Yang Digunakan Pada <i>Suspension Connector</i>	34
7	Penghubung Yang Digunakan Pada <i>Rocker</i>	35
8	Penghubung Yang Digunakan Pada <i>Wheel Knuckle</i>	36
9	Penghubung Yang Digunakan Pada Tayar	37

SENARAI LAMPIRAN

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
1	Kod Atau <i>Command</i> Yang Digunakan Bagi Membina Sistem Suspensi Dalam ADAMS/View	51
2	Spesifikasi Kereta Lumba Super Mario State Technical University	56
3	Nota Buku <i>Race Cars Vehicle Dynamics</i>	57
4	Hieraki Simulasi	58
5	Keperluan Kereta Lumba Dalam Perlumbaan <i>Formula Student</i>	59
6	Gantt Chart	60

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Latar Belakang

Sistem suspensi telah digunakan secara meluas ke atas kenderaan daripada basikal hingga untuk kegunaan automobil moden dengan algoritma kawalan kompleks. Sistem suspensi untuk kenderaan kebiasaannya adalah berdasarkan 2 objektif, iaitu untuk mengasingkan badan kenderaan daripada ketaksekataan jalan dan untuk mengekalkan hubungan roda-roda dengan jalan. Suspensi untuk kenderaan perlu memenuhi beberapa syarat yang mana tujuannya adalah berbeza disebabkan oleh keadaan operasi yang berbeza dengan beban yang penuh dan beban yang kosong, pecutan dan daya membrek, jalan yang rata atau tidak rata dan samada melalui jalan yang lurus ataupun apabila mengambil selekoh.

Daripada sudut pandangan reka bentuk sistem, 2 kategori utama gangguan di sebuah kenderaan boleh ditentukan iaitu keadaan jalan dan muatan. Gangguan mempunyai ciri-ciri magnitud besar dalam frekuensi rendah dan juga magnitud kecil dalam frekuensi tinggi. Gangguan jalan termasuklah perbezaan muatan yang dicetuskan oleh pecutan, membrek dan mengambil selekoh. Oleh itu, satu rekaan sistem suspensi yang baik adalah berkaitan dengan menghapuskan gangguan-gangguan yang wujud. Dalam erti kata lain, sebuah sistem suspensi yang

konvensional perlu menjadi “lembut” untuk menebat pada gangguan-gangguan jalan dan “keras” untuk menebat pada gangguan-gangguan muatan. Oleh itu, kedua-dua matlamat ini perlu wujud persetujuan dalam mereka bentuk sistem suspensi yang sesuai.

Formula student race car ialah sebuah kereta lumba yang direka bentuk dan dihasilkan oleh pelajar dengan mematuhi peraturan yang telah ditetapkan oleh Society of Automotive Engineering (SAE). Ia dipanggil Formula SAE yang memberi peluang kepada pelajar-pelajar untuk mencipta satu kereta lumba Formula yang dibatasi oleh beberapa sekatan supaya pelajar-pelajar mampu untuk mengaplikasikan teori-teori daripada buku teks dan untuk didedahkan dengan situasi tempat kerja sebenar dan juga mampu untuk menyelesaikan masalah yang wujud dalam bidang kereta lumba.

Pada masa ini, Universiti Teknikal Melaka Malaysia (UTeM) mempunyai sebuah kereta lumba yang dihasilkan daripada *mild steel* dan tidak menepati piawaian SAE. Sistem suspensi yang digunakan sekarang adalah penggantungan tulang selangka ganda dua ataupun sistem suspensi jenis *double wishbone*. Oleh itu, untuk menambahkan prestasi dan mematuhi piawaian SAE, pembangunan baru sistem suspensi adalah perlu. Ideologi adalah untuk mengoptimumkan ciri-ciri sistem suspensi dan menambahbaikkan prestasi kereta lumba “Formula Student”.

1.2 Objektif Kajian

Matlamat kajian adalah untuk menjalankan kajian terhadap sistem suspensi belakang untuk kegunaan kereta lumba *Formula Student*.

1.3 Skop Kajian

1. Menjalankan kajian terhadap sistem suspensi tayar belakang kereta lumba untuk *Formula Student* apabila tayar belakang kenderaan melanggar *bump* ataupun bonggol.
2. Parameter yang perlu diambil kira dalam mereka bentuk sistem suspensi belakang adalah *camber angle* ataupun sudut lengkung.
3. Analisis bagi parameter-parameter tersebut akan dijalankan dengan menggunakan perisian ADAMS.

1.4 Pernyataan Masalah

Sistem suspensi merupakan salah satu faktor penting dalam menghasilkan sesebuah kenderaan dan ini termasuklah dalam menghasilkan sebuah kereta lumba. Fungsi sebuah sistem suspensi sesebuah kenderaan adalah terutamanya untuk mengasingkan struktur kenderaan dan penumpang ataupun muatan daripada getaran-getaran yang dihasilkan oleh permukaan jalan dan memberikan keselesaan kepada penumpang kenderaan tersebut.

Kegagalan sistem suspensi untuk berfungsi dengan baik boleh membahayakan pemandu. Oleh itu, kajian yang terperinci perlu dilakukan bagi memastikan sistem suspensi yang sesuai digunakan untuk kereta lumba sebelum membina kereta lumba bagi mengelakkan berlakunya kemalangan akibat kegagalan sistem suspensi.

BAB 2

KAJIAN ILMIAH

2.1 Sejarah Formula SAE

Idea untuk mengadakan formula SAE timbul daripada Dr. Kurt M. Marshek pada tahun 1978. Idea asal adalah untuk menghasilkan variasi kepada pertandingan Mini Baja. Pada tahun 1979, SAE dan Briggs & Strattons (B&S) telah menganjurkan pertandingan perlumbaan kereta lumba untuk pelajar yang pertama kali yang digelar SAE Mini-indy. Pertandingan tersebut telah diadakan di University of Houston. Syarat-syarat pertandingan adalah lebih kurang sama dengan pertandingan Mini-Baja dan satu pasukan akan menggunakan enjin-enjin dengan 5HP yang dihasilkan oleh B&S. Untuk perlumbaan edisi pertama ini, tiga belas buah sekolah telah menyertai pertandingan itu dan hanya dua pasukan yang gagal menamatkan perlumbaan tersebut. Pemenang keseluruhan untuk edisi pertama adalah Universiti Texas di El Paso.

Diinspirasikan daripada Dr. Ron Matthews, tiga pelajarnya Mike Best, Robert Edwards dan John Tellkamp melihat potensi perlumbaan ini dan mahu membuat satu perubahan baru dalam peraturan-peraturan untuk pertandingan itu. Peraturan baru mengekalkan sekatan enjin kepada paling minimum dan untuk empat tahun pertama, penggunaan apa-apa enjin empat lejang dengan kuasa terhad adalah dibenarkan. Satu nama baru telah diberikan untuk membezakan pertandingan baru dan persaingan lalu iaitu Formula SAE.

Formula SAE yang pertama telah diadakan pada tahun 1981 dan hanya empat buah sekolah yang pernah menyertai pertandingan itu iaitu Steven Institute (NJ), University Of Tulsa (OK), University Of Cincinnati (OH), Dan University Of Texas Di Austin. Untuk pertandingan ini, kereta lumba akan dihakimi dalam beberapa acara seperti “Penampilan Terbaik”, “Kecemerlangan Dalam Kejuruteraan Dan Kreativiti Reka Bentuk”, dan “Acara Persembahan”. Pemenang keseluruhan untuk pertandingan ini adalah Steven Institute.

2.2 Objektif Formula SAE

Objektif Formula SAE adalah untuk memberi peluang kepada pelajar-pelajar kejuruteraan dari seluruh dunia untuk menunjukkan kemahiran-kemahiran mereka dalam reka bentuk, fabrikasi dan menyiapkan kereta lumba mereka. Untuk mencabar pengetahuan, kreativiti dan imaginasi pelajar, sesetengah peraturan itu adalah terhad seperti batasan untuk bingkai kereta dan untuk enjin. Pertandingan ini juga membuktikan satu usaha berkumpulan di kalangan anggota pasukan untuk menyiapkan kereta lumba mereka.

2.3 Keperluan Formula SAE

Setiap reka bentuk kereta lumba akan dinilai dan dihakimi dengan reka bentuk pasukan lain untuk menentukan keseluruhan kereta yang terbaik. Semua kereta lumba setiap pasukan dalam pertandingan akan dihakimi secara berantai antara acara statik dan dinamik dengan kriteria berikut:

Acara	point
Acara Statik:	
Persembahan	75
Reka bentuk kejuruteraan	150
Analisis kos	100
Acara Dinamik:	
Pecutan	75
Skid-Pad	50
Autocross	150
Penggunaan minyak	50
Ketahanan	350
Jumlah Point:	1000

(sumber:<http://www.fsae.com>)

2.4 Syarat Formula SAE Untuk Sistem Suspensi

Kereta lumba tersebut perlu mempunyai sistem suspensi yang berfungsi sepenuhnya dengan mengandungi peredam hentakan untuk bahagian depan dan juga bahagian belakang tayar. Sistem suspensi yang digunakan mesti mematuhi beberapa syarat seperti jarak pergerakan tayar atau *wheel travel* mesti tidak boleh melebihi 50.8 mm (2 inci), dan sekurang-kurangnya 25.4 mm (1 inci) untuk *jounce* dan juga untuk *rebound* dengan kehadiran pemandu pada kereta tersebut (rujuk lampiran: lampiran 5).

(Sumber: <http://www.fsae.org>)

2.5 Pengenalan

Fungsi sebuah sistem suspensi sesebuah kenderaan adalah terutamanya untuk mengasingkan struktur kenderaan dan penumpang ataupun muatan daripada getaran-getaran yang dihasilkan oleh permukaan jalan. Sistem-sistem suspensi mengandungi unsur yang menyediakan hubungan antara tayar dan bodi kenderaan dan beberapa pertimbangan yang perlu diambil kira dalam mereka bentuk sistem suspensi adalah:

- i) keselesaan memandu
- ii) keadaan jalan
- iii) pengendalian yang bagus

(Sumber: R.E.D. Bishop, & Johnson, *the Mechanic of Vibration*)

Ideologi untuk mengasingkan struktur dan penumpang kenderaan daripada kejutan dan getaran-getaran adalah dengan memasang satu unsur yang kenyal untuk menyerap kejutan dan getaran yang dihasilkan oleh permukaan jalan. Oleh itu, penyelesaian yang praktikal terhadap masalah ini adalah suspensi spring. Ada beberapa jenis tentang spring yang digunakan dalam sistem suspensi kenderaan seperti spring kilasan, spring getah, spring gegelung heliks, spring udara dan spring jenis daun.

Bahagian paling penting adalah bagaimana untuk mereka bentuk suspensi yang mampu untuk menampung muatan yang wujud. Daya-daya mungkin boleh wujud secara membujur seperti daya membrek dan daya pecutan, atau dalam arah sisi seperti daya membrek atau boleh juga wujud melalui arah yang lurus.

2.6 Jenis-Jenis Sistem Suspensi

Secara umumnya, terdapat dua jenis sistem suspensi. Pertama ialah sebuah gandar ataupun *solid axle* yang kukuh yang mempunyai satu hubungan yang tegar antara roda-roda dengan sebuah gandar dan kedua ialah sistem suspensi yang bebas atau *independent suspensions* yang roda-roda adalah bergantung secara bebas di

antara satu sama lain. Selain itu, terdapat satu gandar yang menggabungkan ciri tegar gandar dan penggantungan roda bebas. Sistem suspensi jenis ini adalah dipanggil gandar separa tegar ataupun *semi-rigid axles*.

2.6.1 Sistem Suspensi Gandar Kukuh /*Solid Axle*

Sistem suspensi gandar kukuh ataupun *solid axle* mempunyai satu batang yang tegar di mana roda-roda adalah dipasang di hujung kedua-dua batang tersebut. Oleh itu, hubungan ini akan menyebabkan kemudi untuk kedua-duanya lengkung roda-roda kerana pergerakan yang terhasil antara satu roda akan dihantar ke roda yang bertentangan. Sistem suspensi jenis ini adalah digunakan dengan meluas untuk suspensi bahagian belakang dan trak serta banyak digunakan untuk bahagian hadapan kereta 4WD.

Kelebihan yang paling ketara untuk penggunaan sistem suspensi gandar kukuh adalah pergolekan untuk sesebuah kenderaan tidak mempengaruhi lengkung ataupun *camber* tayar dan ini membolehkan ia senang untuk diselenggarakan dan penyesuaian dapat dilakukan pada sistem suspensi tersebut. Contoh-contoh untuk sistem suspensi gandar kukuh ialah seperti Hotchkiss, Four Link dan De Dion.

(Sumber: Allan Staniforth 1999, *Competition Car Suspension; Design, Construction, Tuning, third edition*)

2.6.2 Sistem Suspensi Bebas/*Independent Suspension System*

Satu sistem suspensi yang bebas atau *Independent suspension system* tidak mempunyai tegar alur yang bermaksud bahawa penggantungan bebas membenarkan setiap roda untuk bergerak secara menegak tanpa mempengaruhi roda bertentangan. Ini adalah ciri utama sistem suspensi jenis ini. Kelebihan penggunaan sistem suspensi ini adalah seperti:

- Tidak memerlukan ruang yang luas
- Berat yang kurang
- Lebih mudah untuk dikemudikan.