

**REKABENTUK DAN FABRIKASI SISTEM STERING KERETA LUMBA  
ELEKTRIK FORMULA VARSITI**

**MOHD NAZRUL BIN OTHMAN**

**UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA**

**PENGESAHAN PENYELIA**

“Saya akui bahawa telah membaca laporan ini dan pada pandangan saya laporan ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Rekabentuk & Inovasi).”

Tandatangan :.....

Penyelia : .....

Tarikh :.....

**REKABENTUK DAN FABRIKASI SISTEM STERING KERETA LUMBA  
ELEKTRIK FORMULA VARSITI**

**MOHD NAZRUL BIN OTHMAN**

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

**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal  
Universiti Teknikal Malaysia Melaka**

**JUN 2012**

## PENGAKUAN

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

Tandatangan :.....

Penulis: .....

Tarikh :.....

Khas buat ayahda tersayang, Dasar Bin Jurami,  
dan juga ibunda tercinta, Tuminah Bte Samingon.

## PENGHARGAAN

Pertama sekali saya bersyukur kepada Allah S.W.T kerana limpah dan kurnianya memberikan kesihatan dan kekuatan kepada saya untuk melaksanakan kajian ini. Selain dari usaha keras saya, projek sarjana muda ini mendapat galakkan dan sokongan dari pelbagai pihak sama ada penyelia, keluarga, rakan-rakan mahupun institusi yang telah memainkan peranan penting dalam membantu saya menyelesaikan projek ini. Saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih khas buat penyelia saya, Dr Muhammad Zahir Bin Hassan di atas pengawasan dan bantuan yang diberikan semasa dalam tempoh penyelidikan. Terima kasih di atas kesediaan Dr. Muhammad Zahir Bin Hassan untuk menilai kertas penyelidikan saya dan mengkaji semula laporan saya sebelum penyerahan dibuat. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada kedua ibu bapa saya dan kepada ahli keluarga kerana memberi sokongan moral yang tidak berbelah bahagi. Sokongan ibu dan ayah amat saya hargai tanpa mereka projek ini tidak mampu dilaksanakan dengan sempurna. Akhir sekali, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada Universiti Teknikal Malaysia Melaka (UTeM), rakan kelas tahun akhir bagi kursus Rekabentuk dan Inovasi tahun 2011/2012 di atas sokongan anda semua. Segala sumbangan anda semua amat saya hargai. Terima kasih diucapkan.

## ABSTRAK

Formula Varsity merupakan satu acara sukan perlumbaan berteraskan akademik yang telah lama diadakan. Universiti Teknikal Malaysia Melaka(UTeM) merupakan pencetus idea awal dalam kejohanan Formula Varsity ini. Oleh demikian, pelbagai tranformasi telah dilakukan dalam meningkatkan lagi prestasi dan penganjurannya. Kini pada tahun 2012, pasukan Universiti Teknikal Malaysia Melaka(UTeM) untuk pertama kalinya telah menghantar sebuah kereta lumba berkuasa elektrik. Dengan menggunakan motor elektrik sebagai sistem janakuasa menggantikan sistem enjin berkuasa petrol, ianya lebih menerapkan ciri-ciri mesra alam dan menolak kepada pencemaran alam sekitar. Universiti Teknikal Malaysia Melaka(UTeM) akan memperkenalkan “Kereta Lumba Elektrik Formula Varsity UTeM.” Bagi kajian projek sarjana muda(PSM) kali ini, kereta lumba ini telah mendapat kebenaran untuk dijadikan tajuk projek dengan membahagikan kereta ini kepada beberapa sistem. Kajian untuk laporan ini lebih menjurus kepada sistem stereng bertajuk “Rekabentuk dan Fabrikasi Sistem Stering Untuk Kereta Lumba Elektrik Formula Varsity.” Kajian ini merangkumi satu ulasan tentang stereng automotif mengikut spesifikasi daripada kereta lumba dan kaedah merekabentuknya. Dalam merekabentuk stereng tersebut, satu perisian telah digunakan iaitu perisian CATIA V5R16. Kajian ini juga melibatkan satu analisis sistem stereng bagi membuktikan modifikasi rekabentuknya dengan menggunakan perisian Adams.

## ABSTRACT

Formula Varsity is an academic event race that has long held. Universiti Teknikal Malaysia Melaka(UTeM) is the main idea of a trigger in this event. Thus, a variety of transformation has been done in improving the performance and the organization of this race. Now in 2012, Universiti Teknikal Malaysia Melaka(UTeM) team for the first time have sent an electric race car. By using the electric motor as a power system generators replace the petrol engine, it is applying the concept of environmentally friendly and refuse to environmental pollution. Universiti Teknikal Malaysia Melaka(UTeM) will introduce the "UTeM Formula Varsity Electric Racing Car." For the study of undergraduate project(PSM) this time, this race has obtained permission for the project by dividing the system into several title. Research for this report is more focused on the steering system entitled "Design and Fabrication Steering System of Formula Varsity Racing Car." This study includes a review of automotive steering wheel of a race car specifications and method. In the steering-wheel design, a software has been used, Catia V5R16 software. The study also involves an analysis of steering system for proving the correct modifications design and meets all required specification using the software Adams.



**KANDUNGAN**

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	<b>PENGAKUAN</b>	iii
	<b>DEDIKASI</b>	iv
	<b>PENGHARGAAN</b>	v
	<b>ABSTRAK</b>	vi
	<b>ABSTRACT</b>	vii
	<b>KANDUNGAN</b>	viii
	<b>SENARAI JADUAL</b>	xiv
	<b>SENARAI RAJAH</b>	xvi
	<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	xxii
<b>BAB I</b>	<b>Pengenalan</b>	1
	1.1 LATARBELAKANG	1
	1.2 OBJEKTIF	2

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	1.3 SKOP PROJEK	2
	1.4 ULASAN KESELURUHAN	3
	1.5 PERNYATAAN MASALAH	3
<b>BAB II</b>	<b>KAJIAN ILMIAH</b>	<b>5</b>
	2.1 SEJARAH KERETA ELEKTRIK	5
	2.2 JENIS-JENIS SISTEM ASAS KERETA	6
	2.3 SISTEM STERING	10
	2.4 SEJARAH STERING	11
	2.5 JENIS-JENIS STERING	12
	2.6 STERING RAK DAN PINAN	17
	2.6.1 Komponen utama stering rak dan pinan	18
	2.6.2 Prinsip di dalam stering	21
	2.6.3 Dinamik di dalam stering kenderaan	22
	2.6.4 Nisbah stering	24
	2.6.5 Sudut castor <i>caster</i>	24
	2.6.6 Sudut kamber <i>camber</i>	25
	2.6.7 Daya dan momen pada sistem stering	26

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	2.7 GEAR	31
	2.7.1 Tindakan gigi gear	33
	2.7.2 Syarat betul mencangkok	34
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI</b>	36
	3.1 PENGENALAN	36
	3.2 CARTA ALIR PROJEK	37
	3.3 KAJIAN ILMIAH	38
	3.4 REKABENTUK	38
	3.5 PEMILIHAN REKABENTUK	40
	3.6 FABRIKASI	41
	3.7 ANALISIS	41
	3.8 UJIKAJI	42
	3.9 KEPUTUSAN	42
	3.10 DATA ANALISIS	42
	3.11 LAPORAN	43
	3.12 CARTA GANTT (PSM 1)	43
	3.13 CARTA GANTT (PSM 2)	44

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
<b>BAB IV</b>	<b>REKABENTUK DAN PEMILIHAN BAHAN</b>	<b>45</b>
4.1	PENGENALAN REKABENTUK	45
4.1.1	Kaedah rekabentuk	45
4.1.2	Penilaian dan pemilihan konsep	49
4.1.3	Proses penilaian dan pembangunan konsep	54
4.1.4	Konsep pemilihan akhir	55
4.2	PENGENALAN PEMILIHAN BAHAN	56
4.2.1	Perbandingan	58
4.4.2	Kesimpulan	58
<b>BAB V</b>	<b>ANALISIS REKABENTUK</b>	<b>60</b>
5.1	PENGENALAN	60
5.2	ANALISIS TERHADAP REKABENTUK PINAN	60
5.2.1	Analisis statik gear taji	61
5.3	ANALISIS TERHADAP REKABENTUK RAK	63
5.3.1	Analisis statik rak	65
5.4	ANALISIS TERHADAP REKABENTUK ACI	66
5.4.1	Analisis statik aci	67

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
5.5	ANALISIS TERHADAP REKABENTUK RUMAH RAK DAN PINAN	69
5.5.1	Analisis statik rumah rak dan pinan	69
5.6	ANALISIS DINAMIK MEKANISME SISTEM RAK DAN PINAN	71
5.7	ANALISIS TERHADAP NISBAH PUSINGAN STERING	73
<b>BAB VI</b>	<b>FABRIKASI</b>	76
6.1	PENGENALAN	76
6.2	CARTA ALIR FABRIKASI	77
6.3	PERANCANGAN PROJEK	78
6.4	PEMBELIAN BARANG	79
6.5	LUKISAN PRODUK DAN DIMENSI	79
6.6	FABRIKASI	79
<b>BAB VII</b>	<b>KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>	86
7.1	PENGENALAN	86
7.2	PERBINCANGAN TERHADAP NISBAH STERING	87

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
7.3	PERBINCANGAN TERHADAP PENGURANGAN BERAT	88
7.4	PERBINCANGAN TERHADAP ANALISIS	89
7.5	PERBINCANGAN TERHADAP REKABENTUK DAN FABRIKASI	90
7.6	PERBINCANGAN TERHADAP KOS PEMBUATAN	92
<b>BAB VIII</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARANAN</b>	93
8.1	KESIMPULAN	93
8.2	SARANAN	94
	<b>RUJUKAN</b>	95
	<b>LAMPIRAN</b>	98

## SENARAI JADUAL

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
3.1	Ciri-ciri rekabentuk	40
3.2	Aktiviti mingguan (PSM 1)	43
3.2	Aktiviti mingguan (PSM 2)	44
4.1	Aplikasi logik digital terhadap pemilihan kriteria sistem stering	51
4.2	Faktor pemberat bagi setiap kriteria	52
4.3	Proses penilaian dan pembangunan konsep	54
4.4	Nilai rating	55
5.1	Analisis pusingan sistem stering	75
6.1	Pecahan struktur fabrikasi sistem stering	78
7.1	Perbandingan nisbah antara sistem stering baru dengan sistem stering lama(ZRT)	87
7.2	Perbandingan berat antara rekabentuk sistem stering baru dengan sistem stering lama(ZRT)	88

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
7.3	Faktor keselamatan bagi setiap komponen	89
7.4	Kos pembuatan sistem steering	92



**SENARAI RAJAH**

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2.1	Motor elektrik	7
2.2	Sistem gantungan	8
2.3	Sistem brek	8
2.4	<i>Knucle</i>	9
2.5	Chasis	9
2.6	Permukaan badan	10
2.7	Sistem stereng	10
2.8	<i>Fillers</i> pada kapal	12
2.9	Sistem stereng kuasa <i>power steering</i>	13
2.10	Stereng empat roda <i>four wheel steering</i>	13
2.11	Stereng berkelajuan sensitif <i>speed sensitive steering</i>	14
2.12	Stereng roda belakang <i>rear wheel steering</i>	15
2.13	Stereng peredaran bola <i>recirculating ball steering</i>	15

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2.14	Stering pandu-dawai <i>steer by wire</i>	16
2.15	Stering bersendi <i>articulated steering</i>	16
2.16	Stering go-kart	17
2.17	Stering rak dan pinan	18
2.18	Komponen dalam stering rak dan pinan	18
2.19	Getah puputan <i>rubber bellows</i>	19
2.20	Pinan <i>pinion</i>	19
2.21	Rak <i>rack</i>	20
2.22	Bola sendi dalam inner <i>ball joint or socket</i>	20
2.23	Rod penghubung <i>tie-rod</i>	21
2.24	Jari kaki dalam atau jari kaki keluar <i>toe-in or toe-out</i>	21
2.25	Prinsip <i>Ackerman</i>	22
2.26	<i>Understeer</i>	23
2.27	<i>Oversteer</i>	23
2.28	Sudut castor <i>caster</i>	25
2.29	Sudut kamber <i>camber</i>	25
2.30	Daya-daya bertindak pada permukaan roda	26
2.31	Tiga jenis daya dan tiga jenis momen yang bertindak pada permukaan roda	27

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2.32	Momen yang dihasilkan daripada daya menegak yang bertindak pada kecondongan sisi	28
2.33	Daya kilas stereng terbit daripada sudut kecondongan sisi	28
2.34	Momen yang dihasilkan daripada daya-daya menegak yang bertindak pada sudut castor <i>caster</i>	29
2.35	Momen stereng yang dihasilkan daripada daya sisi	29
2.36	Momen stereng yang dihasilkan daripada daya kuasa	30
2.37	Gear <i>spurs</i>	31
2.38	Gear heliks selari	32
2.39	Gear tulang <i>hearing</i>	32
2.40	Rak dan pinan	32
2.41	Sentuhan antara dua biji gear	33
2.42	Cangkokkan gear	34
3.1	Carta alir bagi PSM1 dan PSM 2	37
3.2	Sistem stereng rak dan pinan ringkas (Rekabentuk 1)	39
3.2	Sistem stereng rak dan pinan kompleks (Rekabentuk 2)	39
3.4	Sistem stereng konsep go-kart (Rekabentuk 3)	39
4.1	Jumlah kaedah rekabentuk	46
4.2	Sistem stereng rekabentuk 1	48

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
4.3	Sistem stereng rekabentuk 2	48
4.4	Sistem stereng rekabentuk 3	49
4.5	Graf palang kriteria faktor pemberat	54
4.6	Sistem stereng rekabentuk akhir	55
4.7	Keluli bekarbon rendah	59
5.1	Gear taji	61
5.2	Saiz gigi gear taji	61
5.3	Analisis statik gear taji	61
5.4	Anjakan translasi gear taji	62
5.5	Tekanan Von Mises gear taji	63
5.6	Gear rak	64
5.7	Saiz gear rak	64
5.8	Analisis statik gigi rak	65
5.9	Tekanan Von Mises gigi rak	65
5.10	Aci	66
5.11	Analisis statik aci	67
5.12	Anjakan translasi aci	67
5.13	Tekanan Von Mises aci	68
5.14	Rumah rak dan pinan	69
5.15	Analisis rumah rak dan pinan	69

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
5.16	Tekanan Von Mises rumah rak dan pinan	70
5.17	Lukisan Adams rak dan pinan	71
5.18	Analisis Adams sistem rak dan pinan	71
5.19	Graf <i>displacement</i> rak	72
5.20	Graf <i>relative velocity</i> rak	72
5.21	Graf <i>torque</i> gear taji	72
5.22	Sitem stereng prinsip <i>Ackerman</i>	73
5.23	Sistem stereng prinsip selari	74
5.24	Model sistem stereng	74
6.1	Carta-alir fabrikasi sistem stereng	77
6.2	Fabrikasi bahagian 1	80
6.3	Modifikasi rak	80
6.4	Komponen rumah rak dan pinan	81
6.5	Memotong keluli berongga segiempat sama	81
6.6	Memotong keluli berongga bulat	81
6.7	Menebuk lubang	82
6.8	<i>Milling process</i>	82
6.9	Proses mengimpal rumah rak dan pinan	82
6.10	Komponen lengan stereng	83
6.11	Modifikasi lengan stereng	83

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
6.12	Komponen rod penyambung stereng	83
6.13	Sambungan-U <i>U-joint</i>	84
6.14	Modifikasi rod penyambung	84
6.15	Proses mengecat produk	84
6.16	Proses mencantum produk	85
6.17	Produk sistem stereng	85
7.1	Tempahan gear dan rak yang gagal	91
7.2	Tempahan gear dan rak yang betul	91

**SENARAI LAMPIRAN**

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
A	Lukisan catia gear taji	101
B	Lukisan catia rak	102
C	Lukisan catia aci	103
D	Lukisan catia rumah rak dan pinan	104
E	Lukisan catia lengan stering	105
F	Lukisan catia rod penyambung stering	106
G	Lukisan pecahan komponen sistem stering	107
H	Lukisan produk sistem stering	108

## **BAB I**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 LATARBELAKANG**

Kereta adalah sebuah kenderaan yang mempunyai pelbagai sistem. Salah satu daripada sistem yang penting digunakan bagi mengubah arah haluan kereta dikenali sebagai sistem stereng. Sistem stereng merupakan satu sistem penting yang perlu ada di dalam sesebuah kereta selain sistem brek, sistem janakuasa dan sistem-sistem lain.

Dewasa ini terdapat pelbagai jenis sistem stereng yang menggunakan kuasa hidraulik, kuasa elektrik mahupun manual. Stereng jenis kuasa kini lebih banyak dibangunkan sesuai dengan era permodenan. Namun demikian, tidak kesemua kenderaan menggunakan sistem stereng jenis kuasa. Sistem stereng jenis manual masih lagi diperlukan mengikut kesesuaian kenderaan. Oleh yang demikian, sistem stereng jenis manual menjadi penanda aras bagi mereka yang baru berjinak-jinak mengenali atau mempelajari komponen paling asas yang terdapat dalam sistem stereng.