

**KAJIAN TERHADAP REKABENTUK INJAP SOLENOID BAGI SISTEM GAS
PETROLEUM CECAIR**

MOHD FAIZ BIN HAMIZAN

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

‘Saya/Kami* akui bahawa telah membaca karya
ini dan pada pandangan saya/kami* karya ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti
untuk tujuan penganugerahan
Ijazah Sarajan Muda Kejuruteraan Mekanikal (Struktur dan Bahan)’

Tandatangan :
Nama Penyelia : DR MOHD YUSOFF BIN SULAIMAN
Tarikh :

**Potong mana yang tidak berkenaan*

KAJIAN TERHADAP REKABENTUK INJAP SOLENOID BAGI SISTEM GAS
PETROLEUM CECAIR

MOHD FAIZ BIN HAMIZAN

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

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 telah jelaskan sumbernya”

Tandatangan :.....

Nama Penulis : MOHD FAIZ BIN HAMIZAN

Tarikh : APRIL 2009

Untuk kedua ibu bapa tersayang

Encik Hamizan Bin Ngah Mat Noh dan Puan Norma Binti Abu Bakar

Adik-beradik Saya

Atikah

Afifah

Sanak saudara yang lain, kawan lelaki dan kawan perempuan.

PENGHARGAAN

Bersyukur kehadiran Ilahi kerana dengan limpah dan kurnia-Nya dapatlah saya menyiapkan kajian Projek Sarjana Muda 2 saya ini dengan sempurna. Saya juga bersyukur kerana sepanjang saya menuntut ilmu di Universiti Teknikal Malaysia Melaka (UTeM) dipermudahkan oleh-Nya untuk menerima ilmu yang diajari.

Dikesempatan ini saya ingin mengucapkan setinggi-tinggi ucapan terima kasih kepada penyelia Dr. Mohd Yusoff Bin Sulaiman kerana bantuan, sokongan dan juga kesabaran beliau dalam menyelia kajian saya ini. Dari itu saya berasa berbangga kerana menjadi salah seorang pelajar dibawah seliaan beliau. Ini kerana, tanpa ilmu yang beliau miliki itu tidak mungkin saya dapat menyiapkan kajian ini dengan sempurna.

Saya juga ingin mengucapkan berjuta-juta terima kasih kepada juruteknik yang berpengalaman diatas pertolongan yang telah diberikan semasa kajian dilakukan. Tanpa pertolongan tersebut tidak mungkin saya dapat menyiapkan kajian ini.

Tidak lupa juga kepada kawan-kawan yang mana telah banyak memberi pertolongan dan dorongan dalam menyiapkan tesis ini. Akhir sekali, ucapan terima kasih yang tidak terhingga saya ucapkan kepada kedua ibu bapa tercinta kerana berkat doa mereka dapatlah tesis ini disiapkan. Jutaan terima kasih kepada semua.

ABSTRAK

Laporan ini merangkumi kajian yang dilakukan terhadap rekabentuk injap solenoid yang digunakan pada enjin bahan bakar gas petroleum cecair. Objektif projek ini adalah mengkaji kesesuaian rekabentuk injap solenoid untuk digunakan pada sistem enjin bahan bakar gas petroleum cecair. Kajian ini dilakukan kerana terdapat banyak injap solenoid yang digunakan didalam industri tetapi mempunyai fungsi yang berbeza. Oleh itu, laporan ini akan melengkap proses mengkaji rekabentuk yang sesuai bagi injap solenoid. Kajian turut dilakukan bagi mengenalpasti prinsip asas dan ciri-ciri yang perlu ada pada injap solenoid tersebut sebelum proses merekabentuk dilakukan. Pengumpulan maklumat diperolehi daripada journal dan juga rujukan laman web yang sedia ada. Projek ini melibatkan penggunaan mesin proto-taip pantas bagi menghasilkan model injap solenoid serta mengaplikasikan teori terhadap rekabentuk yang dihasilkan. Projek ini juga akan melibatkan proses fabrikasi bagi menghasilkan injap solenoid bagi tujuan ujikaji eksperimen. Ujikaji yang dilakukan adalah menguji rekabentuk injap solenoid tersebut dan mencari dan menyelesaikan masalah yang timbul semasa ujikaji dilakukan bagi proses penambahbaikan projek.

ABSTRACT

This report includes study have be done on design solenoid valves which is used on the liquefied petroleum gas system. Objective of this project are studying suitability designing solenoid valves to be used to fuel engine liquefied petroleum gas system. This study made because solenoid valves consisted of wide range of designs used for different applications. For liquefied gas system the valves need to be designed accordingly to meet the high safety requirement. Therefore, this report will complement process of studying designing suitably of solenoid valves. This studying also will comply done to identify basic principle and mode operates that should have at solenoid valves stated before process design make. Information obtainable from journal and reference web also has presented. This project involves rapid proto-typing machine to develop model solenoid valves and apply theory on design produce. This project also will involve the process fabrication proto-types for experimental testing. This experiment is to test designing solenoid valves and find and handle the problem appeal during experiment make in order to improvement project processing.

ISI KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	ISI KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	xii
	SENARAI RAJAH	xiii
	SENARAI RINGKASAN	xvi
	SENARAI LAMPIRAN	xvii
BAB I	Pengenalan	1
	1.1 Latar Belakang Projek	1
	1.2 Objektif	3
	1.3 Skop	3
	1.4 Penyataan Masalah	4
BAB II	KAJIAN ILMIAH	5
	2.1 Pengenalan	5
	2.2 Pencemaran Asap Oleh GPC	6
	2.3 GPC Sebagai Bahan Bakar Bersih	8
	2.4 Penggunaan GPC Pada Kenderaan	8
	2.5 Kelebihan GPC Berbanding Bahan Bahar Yang Lain	9

2.6	Produktiviti Gas Petroleum Cecair Di Malaysia	10
2.7	Komponen utama yang terdapat pada sistem GPC	11
2.7.1	Tangki Tekanan GPC	11
2.7.1.1	Jenis-jenis Tangki GPC yang Berada Di Pasaran	12
2.7.2	Alat Pemeluwap Gas Petroleum Cecair (Vaporizer)	14
2.7.2.1	Teori Operasi Alat Pemeluwap	16
2.7.3	Alat Pengisian GPC	19
2.7.4	Alat Pengukur dan Suia Bahan Bakar	20
2.7.5	Komponen Enjin	20
2.7.6	Injap Solenoid	20
2.8	Prinsip Asas Injap Solenoid	22
2.9	Ciri-Ciri Rekabentuk Injap Solenoid	24
2.10	Ulasan Terhadap Kajian Rekabentuk Injap Solenoid	25
2.10.1	Jenis Injap Solenoid dan Cara Beroperasi	25
2.10.1.1	2 (Dua) Aliran	25
2.10.1.2	3(Tiga) Aliran	26
2.10.1.3	4(Empat) Aliran	27
2.10.2	Kadar Voltan Pada Operasi Gegelung	27
2.10.3	Pembinaan Solenoid	27
2.10.4	Operasi Tekanan	28
2.10.5	Suhu Persekitaran	28
2.10.6	Tindakbalas Terhadap Masa	29
2.10.7	Jenis Sambungan	29

2.10.8 Kadar Aliran	30
2.11 Ulasan Daripada Kajian Terdahulu Berkaitan Dengan Rekabentuk Komponen Injap Solenoid Tanpa Gegendang	30
2.11.1 Jasad Injap	31
2.11.2 Penutup Injap	32
2.11.3 Gegelung	34
2.11.4 Batang Injap	34
2.11.5 Unsur Menampan	35
2.11.6 Spring	35
2.11.7 Pelekat Penutup Jasad	36
2.11.8 Skru	36
2.12 Sebab Yang Munasabah Injap Solenoid Terbakar	36
2.12.1 Sekiranya Gegelung Magnet Terbakar Ketika Ia Sedang Berfungsi	36
2.12.2 Sekiranya Gegelung Magnet Terbakar Kerana Injap Gagal Berfungsi	37
BAB III KAEDAH KAJIAN	38
3.1 Pengenalan Kaedah Kajian	38
3.2 Pengumpulan Maklumat	40
3.3 Permulaan Proses Merekabentuk	40
3.4 Pemilihan Rekabentuk Awal	40
3.4.1 Kebolehtutupan	41
3.4.2 Kaedah Tutupan	41
3.4.3 Rekaan Unsur Penutupan	41
3.4.4 Kaedah Gerakan	42

3.4.5	Ciri-ciri Aliran	42
3.4.6	Tekanan	42
3.4.7	Pengoptimunan Aliran	42
3.5	Pemilihan Bahan	43
3.6	Ciri-ciri Rekabentuk	44
3.7	Fabrikasi	45
3.7.1	Fabrikasi Injap Solenoid	46
3.7.2	Proses Merekabentuk	47
3.7.2.1	Rekabentuk Jasad Injap Solenoid	47
3.7.2.2	Rekabentuk Penutup Injap Solenoid	48
3.7.2.3	Rekabentuk Kepala Injap Solenoid	49
3.7.3	Proses Melarik dan Menebuk Lubang	50
3.7.4	Pemasangan Injap Solenoid	51
3.7.5	Fabrikasi Model Menggunakan Mesin Proto-taip Pantas	52
3.7.6	Prosedur FDM	53
3.8	Ujikaji	56

BAB IV UJIKAJI DAN KEPUTUSAN

4.1	Pengenalan	57
4.2	Perlaksanaan Ujikaji Injap Solenoid	58
4.3	Pemasangan Alatan untuk Ujikaji	59
4.4	Ujian Tekanan Gas Udara Termampat	61
4.5	Ujian Gegelung Solenoid	62
4.6	Ujian Kebocoran Injap Solenoid	63
4.7	Keputusan Ujikaji	63
a.	Ujian Tekanan Gas Udara	

	Termampat	63
	b. Ujian Gegelung Solenoid	65
	c. Ujian Kebocoran	66
BAB V	PERBINCANGAN	67
5.1	Pengenalan	67
5.2	Ujian Tekanan Gas Udara Termampat	67
5.3	Ujian Gegelung Solenoid	70
5.4	Pengubahsuaian Rekabentuk	71
	a. Rekabentuk Kepala Injap Solenoid	72
	b. Pengubahsuaian Lilitan Gegelung Solenoid	73
5.5	Kesan Perubahan Rekabentuk	75
	a. Ujian Tekanan Gas Udara Termampat	75
	b. Ujian Gegelung Solenoid	76
5.6	Perbandingan Rekabentuk	77
5.7	Masalah Menerusi Ujikaji	79
BAB VI	KESIMPULAN	80
6.1	Kesimpulan	80
6.2	Cadangan Penambahbaikan	82
	RUJUKAN	84
	LAMPIRAN A	86
	LAMPIRAN B	89
	LAMPIRAN C	106
	LAMPIRAN D	131

SENARAI JADUAL

BIL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Perbezaan Produktiviti Gas Asli Dengan Gas Petroleum Cecair Di Malaysia	10
4.1	Jenis-Jenis Pemasangan Injap Solenoid dan juga Penerangan Pemasangan.	59
4.2	Perbezaan tekanan masukan dan keluaran gas udara termampat.	64
5.1	Perbezaan tekanan masukan dan keluaran gas udara termampat.	75

SENARAI RAJAH

NO RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Tangki GPC dipasang pada tempat simpanan tayar ganti	11
2.2	Tangki GPC jenis Silinder	13
2.3	Tangki GPC jenis <i>Toroidal</i>	13
2.4	Tangki GPC jenis <i>Underslung</i>	14
2.5	Keratan rentas Alat Pemeluwap	18
2.6	Pelaras Pemeluwap	19
2.7	Alat pengisian GPC	19
2.8	Injap Solenoid dipasang pada kenderaan	21
2.9	Mekanisma Pergerakan Injap Solenoid	23
2.10	Gambarajah Keseluruhan Komponen Injap Solenoid	31
2.11	Jasad Injap	33
2.12	Penutup Injap	33
2.13	Batang Injap	35
3.1	Carta Alir Perlaksanaan Projek	39
3.2	Aluminium dan Tembaga Sebagai Bahan Fabrikasi	43
3.3	Injap Solenoid yang Biasa Terdapat Di Pasaran	44
3.4	Mesin-Mesin Proses Fabrikasi	46
3.5	Rekabentuk Jasad Injap Solenoid Dengan Menggunakan Perisian <i>Solid Work</i> .	47
3.6	Rekabentuk Penutup Injap Solenoid Dengan Menggunakan Perisian <i>Solid Work</i> .	48

3.7	Rekabentuk Kepala Injap Solenoid Dengan Menggunakan Perisian <i>Solid Work</i> .	49
3.8	Gambarajah <i>Icon Hidden Lines View</i>	49
3.9	Proses Melarik	50
3.10	Pemasangan <i>Oil Seal</i> pada Injap Solenoid	51
3.11	<i>Prodigy Plus Fdm Rapid Prototyping Machine</i>	52
3.12	Katrij untuk P400 ABS model dan P400 soluble support.	54
3.13	Model Pelbagai bentuk Injap Solenoid yang Telah Siap	55
4.1	Tolok Tekanan Gas Udara Termampat	64
4.2	Graf perubahan tekanan bagi salur masukan dan salur keluaran	65
4.3	Gegelung Solenoid Bertukar Warna	66
5.1	Lingkar Dawai yang Menghasilkan Satu Medan Magnet	68
5.2	Rajah Perubahan Rekabentuk Kedalaman bagi Kepala Injap Solenoid	69
5.3	Rajah Perubahan Saiz Diameter Kepala Injap Solenoid	70
5.4	Lilitan Gegelung Solenoid Dihasilkan Dengan Menggunakan Mesin Dynamo	71
5.5	Pelbagai Bentuk Kepala Injap Solenoid	72
5.6	Gambarajah Skematik bagi Melihat Perbezaan Kedalaman Kepala Injap Solenoid	73
5.7	Gegelung Tembaga dan Bekas Gegelung yang Diperbuat Daripada Gentian	74
5.8	Operasi Lilitan Dengan Menggunakan Mesin Dynamo	74
5.9	Graf perubahan tekanan bagi salur masukan dan	

	salur keluaran	76
5.10	Model Injap Solenoid Yang Dihasilkan Melalui Mesin Prodigy Plus FDM.	78
5.11	Mekanisma Aliran Gas Pada Jasad Injap Solenoid.	78
5.12	Mekanisma Aliran Gas Pada Jasad Injap Solenoid.	79

SENARAI RINGKASAN

SINGKATAN

MAKSUD

GPC	Gas Petroleum Cecair
LPG	Liquified Petroleum Gas
RON	Research Octane Number (Penyelidikan Nombor Oktana)
CO	Karbon Monoksida
HC	Hidrokarbon
NOX	Nitrogen Oksida
ASTM	American Standard Test Material
NPT	National Pipe Thread

SIMBOL

MAKSUD

μ	Ketertelapan Relatif (<i>Relative Permeability</i>)
μ_0	Pemalar magnetik
ω	Denyutan
P	Spesifik jisim bendalir
K _v	Faktor aliran injap

SENARAI LAMPIRAN

BIL	TAJUK	MUKA SURAT
1	Lampiran A – Carta Gantt	86
	Rajah I: Carta Gantt bagi Projek Sarjana Muda 1 2008	87
	Rajah II: Carta Gantt bagi Projek Sarjana Muda 2 2009	88
2	Lampiran B – Rekabentuk Injap Solenoid	89
3	Lampiran C – Jurnal	106
4	Lampiran D – Carta Alir Pengendalian PSM	131
	Rajah III: Carta Alir Perlaksanaan Projek Sarjana Muda I	132
	Rajah IV: Carta Alir Perlaksanaan Projek Sarjana Muda II	133

BAB I

PENGENALAN

1.1 Latar Belakang Projek

Gas petroleum cecair (GPC) ataupun “Liquefied Petroleum Gas” (LPG) merupakan campuran petroleum dan gas natural yang wujud didalam keadaan cecair pada suhu persekitaran apabila dibawah tekanan sederhana iaitu kurang daripada 1.5 Mpa atau 200psi. (Broettger, 2007) Sumber terbesar gas petroleum cecair ini adalah daripada proses gas natural dan penapisan petroleum. Gas natural mentah selalunya mengandungi lebihan propane dan butane dimana ianya perlu disingkirkan bagi melindungi pencecairannya pada tekanan yang tinggi didalam perpaipan.

Didalam proses penapisan petroleum, gas petroleum cecair dikumpulkan semasa proses penyulingan, dari kawasan larut didalam minyak mentah, yang terhasil didalam hidrokarbon. Dengan itu, gas petroleum cecair boleh dikatakan adalah sumber yang terbaik yang mengandungi campuran kimia yang tepat. Menurut Broettger (2007) dari jurnal yang bertajuk *Catalytic Mufflers for LPG Engines*, gas petroleum cecair mengandungi sekitar 8% tenaga per unit beban lebih daripada gas petrol. Secara teorinya, kenderaan yang beroperasi dengan gas petroleum cecair adalah lebih cekap berbanding dengan gas petrol iaitu kenderaan tersebut hendaklah memperolehi kecekapan penggunaan bahan bakar pada enjin dan peningkatan jarak perjalanan.

Di Thailand penggunaan gas petroleum cecair sebagai bahan bakar enjin telah digunakan bagi menggantikan sumber bahan bakar lain seperti petrol. Di dalam industri pula trak angkut telah menggunakan bahan bakar gas petroleum cecair bagi mengurangkan penyebaran bahan bakar enjin di dalam bangunan. Ini bersesuaian dengan gas petroleum cecair, dimana memiliki kadar penyebaran karbon monoksida yang rendah dan bersifat mesra alam. Didalam menghasilkan enjin bahan bakar gas petroleum cecair, proses mereka bentuk sesuatu komponen hendaklah dikaji bagi memastikan ianya bersesuaian dengan enjin kenderaan tersebut. Ini bagi memastikan prestasi enjin sentiasa berada pada tahap yang optimum.

Berikutan dengan harga petrol global yang tidak menentu dan kadar harga yang tinggi. Adalah wajar penggunaan enjin bahan bakar gas petroleum cecair dikomersilkan di Malaysia. Oleh itu, bagi merealisasikan penggunaan enjin bahan bakar gas petroleum cecair pengubahsuaian komponen kenderaan perlu dilakukan. Ini bertujuan setiap kenderaan mampu untuk berfungsi dengan bahan bakar gas petroleum cecair. Semakin banyak kenderaan yang diubahsuai, makin banyaklah pemaju yang akan menghasilkan komponen-komponen kenderaan untuk gas petroleum cecair. Antara komponen-komponen yang sering dititikberatkan dalam merekabentuk enjin gas petroleum cecair adalah seperti tangki simpanan, injap solenoid, alat pengewapan, dan juga suis gas petroleum cecair.

Dalam projek ini, satu kajian terhadap rekabentuk injap solenoid perlu dilakukan bagi mengenalpasti kesesuaian rekabentuk injap pada penggunaannya. Ini adalah penting kerana terdapat banyak jenis injap solenoid serta fungsi yang berbeza. Didalam laporan ini, ia akan melibatkan rekabentuk injap solenoid yang selalu terdapat dipasaran. Rekaan injap solenoid ini hendaklah memenuhi ciri-ciri yang telah ditetapkan. Oleh itu, kajian ini dapat membantu bagi mengenalpasti ciri-ciri yang terdapat pada injap solenoid

1.2 Objektif

Objektif utama projek ini adalah untuk melakukan suatu kajian bagi rekabentuk injap solenoid pada penggunaan bahan bakar enjin Gas Petroleum Cecair.

1.3 Skop

Terdapat beberapa skop projek yang akan dilakukan dalam menghasilkan kajian terhadap rekabentuk injap solenoid ini. Antaranya skop projek ini adalah:

1. Menggunakan perisian kejuruteraan *Solid Work* 2003 bagi merekabentuk model injap solenoid ini.
2. Menggunakan mesin proto-taip pantas bagi menghasilkan model.
3. Mengaplikasikan teori injap solenoid pada rekaan yang dihasilkan.
4. Proses fabrikasi proto-taip bagi tujuan ujikaji eksperimen.

1.4 Penyataan Masalah

Didalam industri terdapat banyak injap solenoid yang dihasilkan mengikut keperluan yang dikehendaki. Bagi komponen pengubahsuaian enjin bahan bakar gas petroleum cecair ini, rekaan injap solenoid hendaklah memenuhi ciri-ciri yang diperlukan. Perkembangan penggunaan kenderaan gas petroleum cecair telah banyak menyebabkan pemaju-pemaju automobil menghasilkan aksesori-aksesori bagi menukar komponen enjin bahan bakar petrol kepada komponen enjin bahan bakar gas petroleum cecair. Oleh itu, kajian perlu dilakukan bagi mengenal pasti rekabentuk injap solenoid yang bersesuaian dengan fungsinya. Dengan ini, ia dapat memberi informasi yang berguna dan membantu kita untuk mengetahui prestasi injap solenoid tersebut dan mungkin beberapa pengubahsuaian yang perlu dilakukan bagi menghasilkan injap solenoid yang lebih berkualiti dan murah.

BAB II

KAJIAN ILMIAH

2.1 Pengenalan

Autogas adalah istilah yang kerap digunakan untuk Gas Petroleum Cecair (GPC),dimana ianya digunakan sebagai bahan bakar untuk menggerakkan kenderaan dijalan raya. GPC diperolehi melalui hasil proses penyulingan minyak dari minyak mentah. Apabila tekanan diberikan, ianya akan berubah menjadi cecair dan dipam masuk ke dalam silinder ataupun tangki simpanan. GPC adalah hasil gabungan propana pada tekanan 12 bar, 37 °C dan butane pada tekanan 2.6 bar, 37 °C. Berbanding dengan petrol yang mempunyai kandungai oktana yang tinggi(berdasarkan kaedah RON). GPC juga menghasilkan nilai haba yang tinggi selaras dengan kuasa yang dihasilkan berbanding dengan petrol. (*Stargas Philippines, 2007 dari: <http://stargasphil.com/stargas/lpgfuel.htm>*)

Oleh itu, 1 liter GPC akan menghasilkan lebih tenaga berbanding dengan 1 liter petrol. Sekiranya GPC digunakan bagi mengganti petrol,keladak ataupun timbunan karbon tidak akan terhasil didalam enjin dan ini akan memanjangkan jangka hayat enjin. Ini dapat menjelaskan, mengapa pemaju tidak begitu spesifik dalam mereka bentuk kenderaan yang beroperasi secara GPC. Perkembangan kemajuan GPC tidak begitu ketara, dimana merekabentuk sistem suntikan enjin khas untuk GPC (sama seperti sistem suntikan enjin petrol) masih lagi dalam kajian. Walaubagaimanapun masih lagi