

PENGESAHAN PENYELIA

„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 Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Struktur dan Bahan)“

Tandatangan :
Nama Penyelia I :
Tarikh :

Tandatangan :
Nama Penyelia II :
Tarikh :

KAJIAN TERHADAP KESESUAIAN
REKABENTUK PENGEWAP YANG DIGUNAKAN
DALAM KENDERAAN LPG

JUSTIN LASA

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

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka

MEI 2009

PENGAKUAN

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

Tandatangan :.....

Nama Penulis :.....

Tarikh :.....

ABSTRAK

Projek Sarjana Muda 1 merupakan satu kajian ilmiah dan saintifik yang berkaitan dengan bidang pengajian di Fakulti yang wajib diambil oleh setiap pelajar tahun akhir sebagai memenuhi salah satu syarat penganugerahan Ijazah Sarjana Muda di Universiti Teknikal Malaysia Melaka. Setiap pelajar dikehendaki menyiapkan satu laporan lengkap berkenaan dengan tajuk projek yang telah dipersetujui sebelumnya. Saya sebagai salah seorang pelajar yang telah mengambil subjek ini telah menyiapkan laporan ini dibawah tajuk kajian terhadap rekabentuk sebuah Pengewap yang digunakan dalam Gas petroleum Cecair (LPG) sistem. Kajian ini merangkumi kesesuaian rekabentuk Pengewap yang boleh berfungsi pada tahap terbaik. Dalam kajian ini, saya menggunakan perisian Solidworks 2003 untuk mengkaji rekabentuk Pengewap (Vaporiser) yang digunakan dalam kenderaan bi-fuel seterusnya mengubahsuai rekabentuk yang sedia ada supaya prestasi Pengewap dapat dipertingkatkan. Selain itu, kajian ini juga melibatkan pembelajaran tentang keseluruhan sistem LPG dalam automobil secara ringkas dan secara lengkap dalam rekabentuk Pengewap. Secara praktikalnya dalam kajian ini, saya telah membuka dan memasang serta melihat secara terus rekabentuk dan komponen-komponen Pengewap tersebut. Lanjutan aktiviti bagi PSM 1 ialah dengan menghasilkan sebuah model pengewap menggunakan rapid proto-typing (RP) dan menjalankan ujian tahap keselamatan ke atas komponen tersebut iaitu semasa PSM 2. Skop kajian juga melibatkan perbincangan terhadap keputusan analisis yang dijalankan dan aplikasi pemindahan haba melalui fin yang digunakan dalam pengewap. Kajian berkenaan tajuk dijalankan secara berkumpulan dan dibawah bimbingan Dr. Mohd. Yusoff selaku penyelia projek. Semua proses dan keputusan bagi projek ini diterangkan secara terperinci dalam Laporan PSM.

PENGHARGAAN

Di kesempatan ini saya ingin merakamkan ribuan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam menjayakan Projek Sarjana Muda 1 ini. Tanpa bantuan dan galakan yang diberikan, adalah mutahil untuk saya menghabiskan perancangan aktiviti yang telah dirancang sebelumnya. Di kesempatan ini juga saya ingin megucapkan setinggi-tinggi ucapan terima kasih kepada Dr. Mohd. Yusoff Sulaiman kerana sentiasa memberikan tunjuk ajar dan bimbingan tanpa rasa jemu. Begitu juga dengan juruteknik-juruteknik yang banyak menyediakan ruang dan keperluan kepada saya dalam menjalankan aktiviti di sepanjang tempoh projek. Tidak lupa kepada rakan-rakan sepelajar yang telah bersama-sama dengan saya membuat kajian dan menjalankan aktiviti serta perkongsian ilmu yang banyak membantu saya dalam projek ini. Akhir daripada ucapan ini saya ini memohon seribu kemaafan sekiranya saya ada tersilap kata dan perlakuan. Harapan saya adalah kerjasama seperti ini dapat dikekalkan di masa akan datang terutamanya dalam Projek Sarjana Muda nanti. Sekian dan terima kasih.

ISI KANDUNGAN

BAB	KANDUNGAN	MUKA SURAT
	ABSTRAK	i
	PENGHARGAAN	ii
	ISI KANDUNGAN	iii
	SENARAI JADUAL	vi
	SENARAI RAJAH	vii
	SENARAI SINGKATAN DAN SIMBOL	ix
	SENARAI LAMPIRAN	x
BAB 1	PENGENALAN	01
	1.1 Latarbelakang	01
	1.2 Objektif	02
	1.3 Skop	02
	1.4 Penyataan Masalah	03
	1.5 Faedah Kajian	04
BAB 2	KAJIAN ILMIAH	05
	2.1 Sejarah Penggunaan Sistem LPG Pada Kenderaan	05
	2.2 Gas Petroleum Cecair (LPG)	07
	2.3 Komponen Utama Dalam Sistem LPG	08

BAB	KANDUNGAN	MUKA SURAT
	2.3.1 Tangki LPG	09
	2.3.2 Pencampur	10
	2.3.3 Regulator	11
	2.3.4 Pengewap	11
	2.3.5 Injap Solenoid	12
2.4	Sistem Kenderaan LPG	12
2.5	Sistem Bi-Fuel	15
2.6	Penjimatan Kos Bahan Bakar Bagi Kenderaan LPG	15
2.7	Pengewap	16
	2.7.1 Pengenalan	16
	2.7.2 Jenis Pengewap	17
	2.7.3 Pengewap di Pasaran	17
	2.7.3.1 Pengewap Pneumatic Model P 100	18
	2.7.3.2 Pengewap Elektronik Model E 100	18
	2.7.3.3 Pengewap Bertekanan Rendah	19
	2.7.3.4 Pengewap Bertekanan Tinggi	20
	2.7.4 Kelebihan Sistem LPG dari Aspek Fungsi Pengewap	20
	2.7.5 Prinsip Rekabentuk Pengewap	22
	2.7.6 Teori Penambahan Sirip	24
2.8	Ringkasan Kajian	29
BAB 3	KAEDAH KAJIAN	30
3.1	Kaedah yang Terlibat	30
	3.1.1 Kajian Secara Ilmiah	31
	3.1.2 Lawatan Industri	32
	3.1.3 Kajian Secara Praktikal	32
	3.1.3.1 Sampel Kajian	32
	3.1.3.2 Perolehan Kajian Secara Praktikal	34
	3.1.3.2.1 Rekabentuk Pengewap Asal (Sampel)	34

BAB	KANDUNGAN	MUKA SURAT
	3.1.3.2.2 Mekanisma Pengewap	37
	3.1.4 Pengaplikasian Hasil Kajian	40
	3.1.4.1 Pengubahsuaian Rekabentuk Asal	41
	3.1.5 Pengiraan Pemindahan Haba	41
	3.1.6 Analisis Tahap Keselamatan Pengewap	42
	3.1.6.1 Cara Analysis FOS Dijalankan	43
	3.1.7 Rapid-Prototyping	44
BAB 4	KEPUTUSAN	46
	4.1 Analisis Pembebasan Haba Fin/Sirip	46
	4.1.1 Pengiraan	47
	4.2 Keputusan Analisis FOS bagi Rekabentuk Pengewap	51
	4.2.1 Analisis Tekanan dalam Peringkat-1 Pengewap	51
	4.2.2 Analisis Tekanan Peringkat-2 Pengewap	54
BAB 5	PERBINCANGAN	55
	5.1 Keberkesanan Fin	55
	5.1.1 Aspek Rekabentuk Fin	56
	5.1.2 Aspek Bahan untuk Fin.	58
	5.2 Analisis Tahap Keselamatan Rekabentuk dari Aspek FOS	60
	5.2.1 Rekabentuk Peringkat-1	61
	5.2.2 Rekabentuk Peringkat-2	62
BAB 6	KESIMPULAN	63
	6.1 Ringkasan Keseluruhan Projek	63
	6.2 Komen dan Cadangan	64
	RUJUKAN	66
	LAMPIRAN	67

SENARAI JADUAL

JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
Jadual 1.1	Anggaran Jumlah Kenderaan Bersistemkan LPG	06
Jadual 2.1	Pekali Lengkung Pendidihan	26
Jadual 5.1	Kekonduksian Haba	59

SENARAI RAJAH

RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
Rajah 2.1	Tangki LPG yang berbentuk Silinder dan Donut	09
Rajah 2.2	Ejen Pencampur	10
Rajah 2.3	Pengewap	11
Rajah 2.4	Injap Solenoid	12
Rajah 2.5	Sistem saluran untuk LPG sebelum masuk kedalam enjin	13
Rajah 2.6	Sistem Kenderaan LPG keluaran Syarikat Prins Alternative Fuel System	14
Rajah 2.7	Pengewap Pneumatic Model P 100	18
Rajah 2.8	Pengewap Elektronik Model E 100	19
Rajah 2.9	Pengewap Bertekanan Rendah	19
Rajah 2.10	Pengewap Bertekanan Tinggi	20
Rajah 2.11	Lakaran Pengewap	23
Rajah 2.12	Graf data bagi pendidihan FC-72	25
Rajah 2.13	Model sebilah fin/sirip yang linear	26
Rajah 2.14	Graf $q_f(W)$ melawan L_f	28
Rajah 2.15	Graf Pemindahan Habah (W) melawan Bilangan Fin	28
Rajah 3.1	Demostrasi Sistem LPG yang Lengkap	33
Rajah 3.2	Sampel Kajian yang Digunakan Dalam Kajian Praktikal	33
Rajah 3.3	Pengewap dileraikan kepada sub-sub komponen	34
Rajah 3.4	Rekabentuk Pengewap (sampel): Pandangan 3 Dimensi	35

RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
Rajah 3.5	Rekabentuk Pengewap; Pemisahan setiap komponen (explode)	36
Rajah 3.6	Lakaran Sebuah Sistem bagi Operasi Pengewap	37
Rajah 3.7	Pemilihan material	43
Rajah 3.8	Penentuan kawasan 'fixed'	43
Rajah 3.9	Mengenakan Tekanan	44
Rajah 3.10	Mesin Rapid-Prototyping FDM	45
Rajah 3.11	Model RP bagi Pengewap	45
Rajah 4.1	Dimensi salah satu fin yang terdapat dalam peringkat-2 pengewap	47
Rajah 4.2	FOS bagi rekabentuk pengewap – Peringkat 1	51
Rajah 4.3	Analisis Von Mises Stress – Peringkat 1	52
Rajah 4.4	Analisis perubahan bentuk (deformation) – Peringkat 1	53
Rajah 4.5	FOS bagi rekabentuk pengewap – Peringkat 2	54
Rajah 4.6	Analisis perubahan bentuk (deformation) – peringkat 2	54
Rajah 5.1	Keratan rentas bagi dua jenis fin	58
Rajah 5.2	Bahagian dimana maksimum stress dikenakan	62

SENARAI SINGKATAN DAN SIMBOL**SINGKATAN****KEPANJANGAN**

ECU	Electronic Control Unit
LPG	Gas Petroleum Cecair
FOS	Factor of Safety
ε	Keberkesanan fin memindahkan haba
h	Kekonduksian Haba
A_c	Luas Keratan Rentas Fin
\dot{Q}	Pemindahan Haba

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
Lampiran 1	Paparan Aktiviti Sepanjang Tempoh Projek	67
Lampiran 2	Paparan Keputusan Analisis FOS	71
Lampiran 3	Lakaran Kasar Setiap Komponen dalam Pengewap	73

BAB 1

PENGENALAN

Bab ini memberi pengenalan kepada projek atau penyelidikan. Ia meliputi pernyataan masalah, skop, objektif, dan ringkasan laporan keseluruhan di samping faedah terhadap kajian yang dijalankan.

1.1 Latarbelakang

Penggunaan gas petroleum cecair (Liquified Petroleum Gas, LPG) dalam aplikasi automobil telah bermula sejak sekian lama, tetapi perkembangan ketaranya tampak pada tahun 1987 terutamanya di negara-negara Eropah yang terlebih dahulu mengalami masalah kekurangan bahan bakar dalam kenderaan automobile. Mereka juga pada ketika itu sedar bahawa suatu hari nanti sumber gas asli akan habis dan alternatif lain diperlukan untuk mengatasi masalah ini. Maka dengan itu muncul idea menggunakan LPG sebagai bahan bakar gantian dimana penggunaan LPG sebagai bahan bakar enjin lebih menjimatkan sumber gas material yang sedia ada. Kenderaan LPG yang paling popular masa dulu dan kini ialah kenderaan yang menggunakan sistem bi-fuel, dimana enjin kenderaan ini boleh menggunakan samaada petrol atau LPG sebagai bahan bakar. Pengguna LPG dalam kereta khususnya, memerlukan pengubahsuaian pada system enjin kereta tersebut atau dalam erti kata yang lain, beberapa alatan baru perlu ditambahkan ke dalam system enjin supaya enjin tersebut boleh membakar bahan bakar LPG sama seperti enjin pembakaran dalam petroleum dan diesel. Antara bahagian enjin yang menggunakan sistem LPG ialah pengewap

(Vaporiser) yang mana bahagian ini adalah alatan yang paling penting sekali dalam sistem LPG. Kecekapan sesebuah enjin yang menggunakan sistem LPG bergantung kepada kecekapan pengewap itu menjalankan fungsinya. Maka untuk sebuah sistem LPG, pembinaan rekabentuk Pengewap perlu dititikberatkan. Di Malaysia pula, masalah bahan bakar untuk kenderaan automobil tidak seberapa terasa menyebabkan penggunaan sistem LPG dalam automobil tidak diambil perhatian sepenuhnya dan tidak dikembangkan. Pada masa kini, Malaysia juga adalah antara negara yang mula memajukan dan membangunkan sistem LPG dalam automobil. Kerajaan mula menyorotkan R&D untuk sistem LPG dilakukan di universiti tempatan dan salah satu universiti yang menyahut saranan kerajaan ini ialah Universiti Teknikal Malaysia Melaka.

1.2 Objektif

Di akhir daripada kajian ini, semua tujuan dan sebab kajian ini dijalankan mestilah diperolehi dan terlaksana. Antaranya ialah:

- Kajian secara khusus terhadap rekabentuk sesebuah pengewap
- Menghasilkan model pengewap yang memenuhi spesifikasi yang perlu ada pada sesebuah pengewap.
- Kajian secara ringkas tentang keseluruhan sistem operasi LPG dan komponen-komponen yang terlibat.

1.3 Skop

Berdasarkan tajuk projek yang diambil, beberapa skop projek yang mesti diselesaikan sepanjang tempoh projek iaitu semasa Projek Sarjana Muda 1 & 2.

- Mengkaji kesesuaian rekabentuk sesebuah pengewap yang digunakan dalam sistem LPG.
- Mengkaji teori yang terlibat dalam rekabentuk sesebuah pengewap

- Menggunakan perisian berbantu computer untuk merekabentuk pengewap, seterusnya mengubahsuai rekabentuk tersebut.
- Menggunakan mesin Rapid Prototyping (RP) untuk menghasilkan model.
- Analisis faktor keselamatan (factor of safety) rekabentuk pengewap

1.4 Penyataan Masalah

Enjin kereta yang menggunakan sistem LPG, yang mana menjadikan LPG sebagai bahan bakar, memerlukan tangki sebagai tempat penyimpanan bahan bakar (LPG), yang mana tangki tersebut mengandungi Gas Petroleum Cecair dalam bentuk cecair dimana dalam bentuk cecair pengangkutan bahan bakar melalui paip atau tiub amat sukar dan lambat. Baki ruang yang tidak diisi oleh cecair LPG pula diisi oleh gas LPG dimana gas ini lebih mudah dipindahkan dari satu tempat ke satu tempat. Jika suhu luar tangki lebih tinggi daripada takat didih cecair LPG (Propane -44°F \ -42°C ; Butane 32°F \ 0°C), haba akan diserap masuk menembusi dinding tangki ke dalam cecair LPG, maka haba yang diserap itu diguna pakai untuk proses pengewapan. Cecair LPG yang memperolehi haba dari luar akan meruap menjadi gas dan mengisi ruang kosong yang ada dalam tank. Maka, wap yang terhasil itulah yang dihantar kedalam enjin untuk proses pembakaran dalam. Masalahnya ialah, sejauh manakah wap yang terhasil itu boleh menampung keperluan enjin dari masa ke semasa, tambahan pula suhu luar tangki akan berkurangan dan pemindahan haba dari luar ke dalam tangki juga berkurangan dan apabila suhu luar dan suhu dalam tangki sama, proses pengewapan tidak akan berlaku lagi. Oleh sebab itu, Pengewap (Vaporiser) amat diperlukan untuk memastikan pembekalan gas untuk pembakaran dalam enjin (Feeding Rate) sentiasa mencukupi dan mampu meningkatkan tekanan gas yang dihantar kedalam enjin pada tempoh yang sesuai (Pressure Regulator). Dengan syarat, rekabentuk Pengewap mestilah memenuhi spesifikasi yang diperlukan. Dalam erti kata yang lain, rekabentuk yang dihasilkan mestilah kearah memudahkan penyerapan haba dari sumber haba kepada LPG. Untuk menyelesaikan masalah ini, rekabentuk sesebuah Pengewap mestilah mampu menerima LPG dalam

bentuk cecair dan memindahkannya kepada bentuk gas. Maka dalam projek ini, kajian tentang pemindahan dan pembebasan haba (heat transfer) perlu dilakukan terlebih dahulu.

1.5 Faedah Kajian

Kajian ke atas rekabentuk Pengewap (Vaporiser) amat penting dalam memastikan prestasi sesebuah enjin yang menggunakan LPG sebagai bahan api setanding dengan prestasi enjin yang menggunakan petrol sebagai bahan api. Kajian dan pembelajaran seperti ini diperlukan untuk mengetahui bagaimana dan apa spesifikasi yang perlu ada supaya Pengewap dapat menampung keperluan enjin dimana, pengewap dapat menukarkan cecair LPG kepada bentuk gas dengan cepat dan selamat serta menjimatkan penggunaan gas LPG pada tahap yang paling minimum tetapi mengekalkan tahap kekuasaan enjin. Secara amnya, dalam sistem LPG, pengewap merupakan aspek atau bahagian yang paling penting kerana alatan ini menentukan samaada sistem LPG itu lebih jimat berbanding sistem lain serta lebih mesra alam daripada pembakaran yang menggunakan petrol sebagai bahan api. Oleh yang demikian, kajian dan analisis perlu dilakuan untuk menghasil sebuah pengewap yang sempurna.

BAB 2

KAJIAN ILMIAH

Kajian Ilmiah ialah kajian yang dijalankan meliputi semakan terhadap kajian-kajian lepas yang berkenaan dengan projek yang dijalankan iaitu mengenai kajian terhadap kesesuaian rekabentuk sesebuah pengewap dan prinsip operasi pengewap tersebut.

2.1 Sejarah Penggunaan Sistem LPG Pada Kenderaan

Menurut sejarah (Jenning, 1993) pada awal tahun 1860, LPG telah mula digunakan sebagai bahan bakar utama dalam banyak sektor dan aplikasi termasuklah sebagai bahan bakar automobil yang mana, telah berkembang dengan begitu pesat sekali. Di Malaysia, penggunaan LPG sebagai bahan api kurang menyerlah berbanding dengan negara-negara lain seperti Amerika, Itali dan mana-mana negara Eropah yang lain. Di negara-negara lain yang telah menyedari akan masalah kehabisan bekalan bahan bakar berasaskan petrol dan diesel terlebih dahulu mencari ikhtiar untuk mencari bahan ganti untuk menampung masalah bahan bakar kenderaan. Maka LPG adalah inisiatif kepada permasalahan tersebut. Selaras dengan kenyataan tersebut, kenderaan-kenderaan yang dipakai tidak lagi di isi dengan petrol atau diesel tetapi dengan LPG yang biasanya dipakai untuk memasak di dapur. Kenderaan-kenderaan yang sedia ada direka khas menggunakan petrol atau diesel sebagai bahan api, maka dengan penambahan beberapa peralatan pada kenderaan atau automobil tersebut, kenderaan bersistemkan diesel atau petrol boleh

menggunakan LPG sebagai bahan bakar. Peralatan-peralatan tersebut ialah seperti tangki LPG, solenoid, Pencampur (mixer) dan bahagian yang paling penting sekali ialah Pengewap (Vaporiser). Maka dengan itu wujudlah satu peralatan dalam kenderaan yang menggunakan sistem LPG iaitu Pengewap atau biasanya disebut 'vaporiser'. Terdapat kira-kira 2,500,000 kenderaan yang menggunakan propane (LPG) sebagai bahan api kenderaan (Jenning, 1993). Jadual di bawah menunjukkan jumlah kenderaan yang mengaplikasikan sistem LPG di setiap negara pada awal tahun 1995.

Jadual 1: Anggaran Jumlah Kenderaan Bersistemkan LPG

(Sumber: Jennings, 1993)

Negara	LPG
Australia	200,000
New Zealand	50,000
Canada	140,000
Mexico	435,000
Netherlands	700,000
Korea	160,000
United States	500,000
Seluruh dunia	2,500,000

Pada masa sekarang, memandangkan masalah sumber minyak asli yang semakin gawat, pemikiran masyarakat semakin terbuka dan mula memberi perhatian terhadap keupayaan LPG menggantikan bahan api sedia ada. Kenderaan bersistemkan LPG semakin dihebahkan di Malaysia sehingga ada beberapa golongan yang telah mencuba sistem ini dan hal ini memerlukan masa untuk sesebuah kenderaan bersistemkan LPG betul-betul menjadi pilihan utama bagi pengguna di Malaysia. Kajian telah dijalankan oleh universiti-universiti tempatan seperti Universiti Teknikal Malaysia Melaka dan UiTM untuk memajukan sistem LPG di Malaysia. Pengewap adalah salah satu peralatan yang menjadi kajian utama dalam kajian sistem LPG dari banyak aspek. Kajian seperti ini amat penting untuk mengubahsuai sistem yang sedia ada supaya Malaysia boleh menghasilkan kenderaan bersistem LPG mengikut kesesuaian dan kehendak pengguna di Malaysia dan juga keadaan dan iklim di Malaysia.

2.2 Gas Petroleum Cecair (LPG)

Seperti yang telah diketahui sebuah kenderaan bersistemkan LPG menggunakan LPG sebagai bahan bakar/api menggantikan petrol atau diesel dengan melakukan pemasangan beberapa komponen tambahan supaya enjin yang sedia ada boleh menggunakan LPG sebagai bahan bakar. Operasi sesebuah pengewap amat berkait rapat dengan ciri fizikal LPG sama ada dalam bentuk gas atau cecair. Ini bermaksud sepanjang operasi atau process di dalam pengewap hanya melibatkan LPG. Oleh yang demikian, dalam kajian terhadap pengewap adalah amat penting untuk mengetahui apakah sebenarnya Liquefied Petroleum Gas (LPG) dan ciri-cirinya dalam bermacam keadaan. Maka, sebelum kajian lebih dalam terhadap pengewap dilakukan terlebih dahulu kajian dimulakan terhadap LPG.

Menurut fakta yang dikeluarkan oleh National Alternative Fuels Training Consortium, LP-Gas atau LPG adalah ringkasan bagi gas petroleum cecair yang biasanya disebut sebagai propane atau butane yang diperolehi dari proses pengekstrakan gas asli atau minyak mentah dari dasar laut atau dalam tanah. Kebanyakan teori ada mengatakan bahawa gas asli terjadi daripada bahan organik (tumbuhan akuatik atau haiwan yang mati dan kemudiannya reput dalam tanah) yang berubah secara kimia mengikut kesesuaian persekitaran dalam tempoh yang sangat lama. Pada tekanan dan suhu normal atmosfera, LPG wujud dalam keadaan gas. Walaubagaimanapun, keadaan LPG boleh ditukarkan kepada keadaan cecair pada tekanan tertentu. Hal inilah yang menyebabkan LPG yang disimpan atau diangkut didalam tangki mempunyai tekanan sekurang-kurangnya mencapai 250 psi.

Propane mempunyai 2516 BTU per kaki kubik (22390 kcal/m^3) berbanding dengan gas asli yang mempunyai 1020 BTU per kaki kubik (9005 kcal/m^3). Oleh yang demikian, jika propane dicampurkan udara (oksigen) pada kadar campuran yang betul, ia boleh menjadi bahan bakar yang lebih baik dalam enjin dan mampu menggantikan gas asli (natural gas), petrol dan diesel.

Merujuk kepada artikel (Alternate Energy Systems Ins, 2006), Propane (C_3H_8) mempunyai takat didih $-42 \text{ }^\circ\text{C}$ ($-44 \text{ }^\circ\text{F}$) pada tekanan atmosfera. Propane boleh menghasilkan tenaga (Calorific value) apabila terbakar sebanyak 2516 BTU/cuft atau $22,390 \text{ kcal/m}^3$. Jumlah haba yang diperlukan untuk propane mengewap menjadi gas (Latent heat of vaporization) ialah 785 BTU/cuft atau 103 kcal/kg. Propane atau LPG mempunyai ketumpatan 0.508 kg/liter, ini bermaksud, 1 liter propane cecair

pada suhu 15 °C boleh bertukar menjadi gas yang mempunyai isipadu 0.534 m³. Had peratus kandungan LPG gas dalam udara (oksigen) untuk satu pembakaran yang baik/lengkap ialah lebih kurang 2.4-9.6 peratus untuk propane dan 1.9-8.6 peratus untuk butane. Oleh itu, isipadu udara yang diperlukan untuk membakar lengkap 1 m³ gas propane ialah 23.86 m³. Semua maklumat ini diperlukan untuk mereka sebuah pengewap dalam sistem LPG. Maklumat-maklumat ini dipakai dalam pengiraan untuk menentukan saiz rekaan dan penyelarasan lain dalam pengewap. Pengewap mesti direka mengikut kesesuaian dan keperluan enjin. Dalam satu kitaran lengkap bagi pembakaran dalam enjin, sejumlah isipadu diperlukan oleh enjin dalam satu masa, maka pengewap ketika itu mesti mempunyai sejumlah isipadu yang mencukupi. Dalam erti kata yang lain, ruang isipadu dalam pengewap mestilah sama atau lebih dari isipadu ruang kebuk pembakaran enjin.

2.3 Komponen Utama Dalam Sistem LPG

Berdasarkan sebuah artikel (Jenning, 1993), bagi membolehkan kereta-kereta yang sedia ada sekarang ini menggunakan LPG sebagai bahan bakar/api beberapa pengubahsuaian dari segi penambahan peralatan perlu dilakukan untuk tujuan ini. Seperti yang telah dikatakan tadi, pengewap (vaporiser) adalah salah satu peralatan tambahan yang paling penting dalam kenderaan bersistemkan LPG. Dengan teknologi yang ada sekarang ini hampir semua kenderaan yang bermodelkan petrol boleh ditukarkan kepada kenderaan yang menggunakan LPG. Kenderaan berteknologi baru sekarang, sebagai contoh, Satria Neo yang bersistem komputer juga boleh diubahsuai sehingga boleh menggunakan LPG. Penukaran sistem mekanikal bagi kenderaan kepada yang bersistemkan LPG boleh dilakukan bermacam-macam cara/sistem dimana pemilihannya mengikut kesesuaian, keadaan dan kehendak pelanggan atau pengguna. Aspek keselamatan juga perlu diambil kira semasa membuat penukaran sistem. Penukaran sistem kepada sistem LPG adakalanya berbeza-beza mengikut sistem yang sedia ada. Penukaran sistem enjin yang bersistemkan diesel kepada LPG berbeza dengan petrol kepada LPG. Begitu juga dengan enjin yang menggunakan 'carburetor' dan yang menggunakan 'injection'. Penukaran bagi kedua-dua sistem ini adalah berbeza. Kenderaan yang

bersistemkan elektronik atau kawalan komputer juga boleh ditukar menjadi kenderaan yang boleh menggunakan LPG. Peralatan utama yang digunakan untuk menjadi pelengkap kepada penukaran sesuatu sistem kepada sistem LPG ialah seperti tangki LPG, solenoid, 'mixer', regulator, dan pengewap (vaporiser). Tetapi biasanya dalam sistem LPG, regulator adalah benda yang sama dengan pengewap kerana pengewap juga berfungsi sebagai. Walaubagaimanapun ini tertakluk kepada bagaimana pengewap itu direka dan kesesuaian kepada sistem enjin secara keseluruhannya.

2.3.1 Tangki LPG

Alatan ini berfungsi sebagai tempat simpanan cecair LPG dimana bahan api sesebuah enjin yang bersistemkan LPG disimpan dalam tangki khas pada tekanan kira-kira 250 psi. Walaupun terdapat tangki yang direka khas untuk LPG yang biasanya wujud dalam keadaan cecair bercampur gas tetapi tangki simpanan LPG yang biasa digunakan di dapur boleh digunakan terus dan dipasang dalam kenderaan. Tong gas LPG yang biasa digunakan oleh masyarakat Malaysia untuk memasak boleh digunakan sebagai tangki simpanan LPG. Pemilik kenderaan boleh menukar terus tong tersebut sekiranya LPG dalam tong tersebut habis digunakan. Bagi rekaan tangki LPG yang dilakukan, beberapa spesifikasi perlu dipenuhi untuk tujuan keselamatan dan memudahkan pengisian semula. Biasanya tangki LPG direka dalam bentuk silinder dan membulat.

Rajah 1: Tangki LPG yang berbentuk Silinder dan Donut



Rekaan mekanikal bagi tangki LPG mestilah mampu menahan tekanan dalam lebih kurang 250 psi. Selain itu, tangki LPG mestilah mempunyai injap keselamatan (relief valve) dimana injap ini berfungsi untuk melepaskan tekanan tinggi sekiranya berlaku dalam tangki. Biasanya, apabila tangki terdedah kepada haba yang tinggi, tekanan dalam tangki akan meningkat dan untuk mengelakkan tangki tersebut meletup injap keselamatan akan terbuka secara automatik dan melepaskan tekanan tersebut.

2.3.2 Pencampur (Mixer)

Peralatan ini bertujuan untuk menjadi ejen pencampur kepada LPG yang dalam keadaan gas dengan oksigen yang terkandung dalam udara. Untuk memperolehi kesan pembakaran dalam enjin yang sempurna/lengkap yang mana boleh menghasilkan tenaga maksima kepada kenderaan, nisbah campuran mestilah betul dan sesuai. Peralatan ini direka khas untuk tujuan disamping berfungsi sebagai pemberikan isyarat vakum kepada pengewap dimana enjin pada ketika itu memerlukan bekalan bahan bakar yang baru. Ini bermaksud, mixer menjadi pengantara antara kebuk pembakaan enjin dan pengewap.

Rajah 2: Ejen Pencampur (mixer)



2.3.3 Regulator

Peralatan ini pula bertujuan untuk mengawal arus masuk atau jumlah kemasukan dalam satu- satu masa bagi bahan bakar kedalam kebuk pembakaran enjin (feeding rate). Selain itu, alatan ini berfungsi untuk mengawal tekanan yang masuk dalam enjin dan juga dalam alatan itu sendiri. Ini bermaksud, alatan ini bertanggungjawab untuk menghentikan arus masuk bahan bakar kedalam enjin sekiranya enjin tidak memerlukan bahan bakar tersebut. Biasanya, apabila seseorang itu mengatakan mengenai regulator, ia merujuk kepada pengewap kerana dua alatan ini direka sekali dalam satu alat. Dalam erti kata yang lain, regulator dan pengewap adalah benda yang sama.

2.3.4 Pengewap (Vaporiser)

Pengewap merupakan alatan yang paling penting dimana fungsi utama pengewap ialah menukarkan LPG dari keadaan cecair kepada keadaan gas supaya mudah bercampur dengan udara dan kemudiannya mudah di bakar dalam kebuk pembakaran enjin. Bekalan haba secara berterusan diberikan ke atas pengewap supaya proses pengewapan boleh dilakukan dan mengelakan daripada LPG yang telah menjadi wap, menjadi beku atau terkondensasi. Dalam laporan kajian ini,