

Saya akui bahawa saya telah membaca karya ini dan pada pandangan saya karya ini memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Termal-Bendalir)

Tandatangan

Nama Penyelia

Tarikh


:
: Safarudin Gazali Herawan
:
: 7 Mei 2007
:

DESIGN AND TESTING LEVEL INDICATOR FOR LPG CYLINDER


AMEYRULLAH BIN ARSHAD
(B040410175)

Laporan ini diserahkan kepada Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Termal-Bendalir)

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka

APRIL 2007

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

Tandatangan : 

Nama Penulis : AMEYRULLAH BIN ARSHAD

Tarikh : 4 Mei 2007

Untuk ayahanda dan bonda yang disayangi, kaum keluarga tercinta
dan rakan-rakan seperjuangan

PENGHARGAAN

Puji-pujian bagi Allah S.W.T., Tuhan semesta alam. Selawat dan salam ke atas junjungan besar Nabi Muhammad s.a.w. Syukur ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah kurnianya, maka projek ini dapat disiapkan dalam tempoh yang telah ditetapkan.

Di sini, penulis ingin merakamkan jutaan terima kasih terutamanya kepada penyelia projek, En Safarudin Gazali Herawan yang telah banyak memberi bimbingan, kerjasama serta teguran membina sepanjang tempoh projek ini dijalankan.

Tidak lupa juga, setinggi-tinggi penghargaan ditujukan kepada juruteknik-juruteknik Fakulti Kejuruteraan Mekanikal, atas kerjasama memberi maklumat-maklumat yang berkaitan dalam usaha menyiapkan projek ini. Jutaan terima kasih juga diucapkan kepada sesiapa yang terlibat sama ada secara langsung atau tidak langsung dalam membantu menyiapkan projek ini. Semoga Allah S.W.T. membalas segala jasa baik kalian semua.

ABSTRAK

Tesis ini merupakan kompilasi semua maklumat, pengetahuan dan aktiviti yang dijalankan termasuk mengumpul maklumat, data dan menganalisis data yang berkaitan dengan objektif projek iaitu merekabentuk dan ujikaji terhadap alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder. Tesis ini juga menerangkan bagaimana objektif projek ini ingin dicapai melalui pelaksanaan skop projek. Pada bahagian awal tesis ini, kajian penyelidikan dan pengenalan mengenai LPG diterangkan. Pengenalan LPG ini merangkumi ciri-ciri fizikal, penyimpanan dan keselamatan pengendalian LPG. Bagi merekabentuk sebuah alat pengukuran seperti alat penunjuk aras kandungan LPG di dalam selinder, pengetahuan mengenai sistem pengukuran adalah penting. Di pertengahan tesis ini, pelaksanaan/metodologi projek dinyatakan. Pelaksanaan/metodologi projek ini adalah mengumpul maklumat, merekabentuk, fabrikasi dan ujikaji. Dalam proses merekabentuk, alat penunjuk paras kandungan bendalir kaedah berat dipilih. Proses fabrikasi melibatkan kerja-kerja memotong, mencanai, memateri dan kerja pemasangan. Ujikaji-ujikaji yang telah dijalankan ialah ujikaji menentukan skala pengukuran, ujikaji pelepasan LPG di atas penimbang berat dan di atas alat pengukuran paras kandungan LPG didalam selinder, ujian penentukuran (*calibration*) dan analisis generatif struktur. Pada bahagian data ujikaji tesis ini, data ujikaji bagi ujikaji yang telah dijalankan dinyatakan. Keputusan dan perbincangan data ujikaji diterangkan pada bahagian perbincangan.

ABSTRACT

This thesis is the compilation of all knowledge, activities including gathering information, data and data analysis which related to project objective design and testing level indicator for liquid petroleum gas storage cylinder. This thesis also describes how the initial stage project objectives want to achieve through the project scope. In the early part of this thesis, research and introduction about LPG is explained. Introduction about liquid petroleum gas covers properties, storage and safety when handling liquid petroleum gas. To design one measurement device such as liquid petroleum gas in the cylinder level indicator, knowledge about measurement system is important. Measurement system is needed to determine the efficiency and error on the measurement device. At the middle of this thesis, methodology of this project was explained. Methodology of this project are search information, design, fabrication and testing. Fabrication process involved process like grinding, cutting, welding and assemble. At testing part, all data from testing is explain. At the end of this thesis, have conclusion and recommendation.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	HALAMAN
	JUDUL	I
	PERAKUAN	II
	DEDIKASI	III
	PENGHARGAAN	IV
	ABSTRAK	V
	ABSTRACT	VI
	KANDUNGAN	VII
	SENARAI JADUAL	X
	SENARAI RAJAH	XI
	SENARAI LAMPIRAN	XII
I	Pengenalan	
	1.1 Pendahuluan	1
	1.2 Analisa masalah	2
	1.3 Objektif projek	3
	1.4 Skop projek	3
II	Kajian Ilmiah	
	2.1 Gas petroleum cecair	4
	2.1.1 Pengenalan	4
	2.1.2 Penyimpanan gas petroleum cecair	8
	2.1.2.1 Selinder gas petroleum cecair	8
	2.1.2.2 Spesifikasi selinder gas petroleum cecair	19

2.1.2.3 Proses pembersihan dan pengisian semula gas petroleum cecair.	10
2.1.2.4 Pengklasifikasian semula selinder gas petroleum cecair.	10
2.1.2.5 Prosedur pembersihan selinder gas petroleum cecair	12
2.1.3 Keselamatan pengendalian selinder gas petroleum cecair	15
2.1.4 Perkembangan gas petroleum cecair di Malaysia	15
2.2 Sistem pengukuran	16
2.2.1 Pengenalan	16
2.2.2 Jenis-jenis pengukuran	17
2.2.3 Ralat pengukuran	17
2.2.4 Penentuan	18
2.3 Pengukuran paras bendalir	19
2.3.1 Alatan pelampung	19
2.3.2 Alatan berbeza tekanan	21
2.3.3 Alatan kemuatan	22
2.3.4 Alatan pengaliran	23
2.3.5 Alatan ultrasonik	23
2.3.6 Alatan kaedah berat	24
2.4 Ulasan mengenai rekabentuk terdahulu	25
2.4.1 Alat Pengukur Paras Magnetik	25
2.4.2 Alat Penimbang Berat Propane	27

III	METODOLOGI	
3.1	Mengumpul maklumat	29
3.2	Merekabentuk	29
3.2.1	Pemilihan rekabentuk	29
3.2.2	Pemilihan bahan	31
3.2.3	Ciri-ciri rekabentuk	31
3.3	Fabrikasi	32
3.3.1	Proses fabrikasi	32
3.3.2	Pemilihan pegas	33
3.4	Ujikaji	35
3.4.1	Ujikaji menentukan skala pengukuran	35
3.4.2	Ujikaji pelepasan LPG di atas penimbang berat dan di atas alat penunjuk paras kandungan LPG	36
3.4.3	Ujian penentukuran	38
3.4.3	Analisis generaktif struktur	40
3.5	Pencarian dan penyelesaian masalah	42
3.6	Cadangan dan komen untuk pembaikan	43
IV	DATA UJIKAJI	
4.0	Pengenalan	44
4.1	Ujikaji menentukan skala pengukuran alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder	45
4.1.1	Data ujikaji	45
4.1.2	Keputusan	47
4.2	Ujikaji pelepasan LPG di atas penimbang berat dan di atas alat pengukur paras kandungan LPG	48
4.2.1	Data ujikaji	48
4.2.2	Keputusan	52
4.3	Ujian penentukuran	54
4.3.1	Data Ujikaji	54
4.3.2	Keputusan	56
4.4	Analisa Generatif Struktur	59
4.4.1	Data ujikaji	59
4.4.2	Keputusan	63

V	PERBINCANGAN	
5.0	Pengenalan	65
5.1	Ujikaji menentukan skala pengukuran alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder	66
5.2	Ujikaji pelepasan LPG di atas penimbang berat dan di atas alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder	67
5.3	Ujian penentukuran alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder	69
5.4	Analisa generatif struktur	71
VI	KESIMPULAN DAN CADANGAN	
6.1	Kesimpulan	73
6.2	Cadangan	76
	RUJUKAN	75
	LAMPIRAN	

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	HALAMAN
2.1	Siri nombor oktana bagi komponen Gas Petroleum Cecair dan gasolin	4
2.2	Data bagi kandungan hidrokarbon propana dan butana	5
2.3	Spesifikasi Selinder Gas Petroleum Cecair	11
2.4	Carta pengisian LPG dalam silinder	14
3.1	Spesifikasi pegas untuk alat penunjuk paras kandungan LPG	33
3.2	Kaedah `least-squares linear fit`	38
4.1	Bacaan berat bagi selinder penuh dan selinder kosong	45
4.2	Keputusan ujikaji menentukan skala pengukuran alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder	47
4.3	Bacaan pelepasan LPG di atas penimbang berat	48
4.4	Bacaan pelepasan LPG di atas alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder	49
4.5	Keputusan ujikaji pelepasan LPG ke udara di atas penimbang berat	52
4.6	Keputusan ujikaji pelepasan LPG ke udara di atas alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder	53
4.7	Data uikaji penentukuran alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder	54
4.8	Pengiraan menggunakan kaedah `least-squares linear fit`	56
4.9	Keputusan ujikaji penentukuran alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder	57
4.10	Data analisis generatif struktur alat penunjuk paras kandungan LPG	58

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	HALAMAN
4.11	Daya kenaan pada struktur bahagian bawah alat penunjuk paras kandungan LPG	59
4.12	Data analisis generatif struktur alat penunjuk paras kandungan LPG	61
4.13	Daya kenaan pada struktur bahagian atas alat penunjuk paras kandungan LPG	62
5.1	Keputusan ujikaji menentukan skala pengukuran alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder	66
5.2	Keputusan ujikaji penentukuran alat penunjuk paras kandungan LPG	69

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	HALAMAN
2.1	Alatan Pelampung	19
2.2	Alat kabel-pelampung	19
2.3	Alatan apungan menggunakan displacer	20
2.4	Alatan apungan menggunakan displacer dan pegas	20
2.5	Alatan berbeza tekanan	22
2.6	Alatan kemuaatan (<i>Capacitance</i>)	22
2.7	Alatan Ultrasonik	24
2.8	Alatan kaedah berat	24
2.10	Alat pengukur paras magnetik	26
2.11	Alat penimbang berat propane	27
3.1	Carta alir pelaksanaan alat pengukur paras kandungan gas petroleum cecair di dalam selinder	28
3.2	Rekabentuk awal alat penunjuk paras kandungan LPG	30
3.3	Rekabentuk akhir alat penunjuk paras kandungan LPG	30
3.4	Pandangan depan alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder	32
3.5	Pandangan sisi alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder	32
3.6	Proses menimbang berat selinder LPG di atas alat penimbang	36
3.7	Peralatan yang digunakan untuk ujikaji	37
3.8	Proses pelepasan LPG ke udara di atas alat penimbang dan alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder	38
3.9	Struktur asal rekabentuk sebelum analisa dijalankan	41

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	HALAMAN
3.10	Proses memasukan daya kenaan pada struktur	42
3.11	Gambarajah struktur setelah analisa generatif struktur dijalankan	42
4.1	Penentuan skala pengukuran pada alat penunjuk paras kandungan LPG	47
4.2	Struktur asal bahagian bawah alat penunjuk paras kandungan LPG	60
4.3	Struktur asal bahagian bawah alat penunjuk paras kandungan LPG	62
4.4	Perubahan struktur bahagian bawah alat penunjuk paras kandungan LPG	63
4.5	Taburan tegasan von mises terhadap stuktur bahagian bawah bawah alat penunjuk paras kandungan LPG	63
4.6	Perubahan struktur bahagian atas alat penunjuk paras kandungan LPG	64
4.7	Taburan tegasan von mises terhadap stuktur bahagian atas bawah alat penunjuk paras kandungan LPG	64
5.1	Graf berat LPG melawan masa bagi ujikaji pelepasan LPG di atas penimbang berat	67
5.2	Graf ukuran LPG melawan masa bagi ujikaji pelepasan LPG di atas alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder.	68

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	HALAMAN
5.3	Graf keputusan ujian ujikaji penentukuran alat penunjuk paras kandungan LPG	70
5.4	Taburan tegasan pada struktur bahagian bawah alat penunjuk LPG di dalam selinder apabila daya dikenakan	71
5.5	Taburan tegasan pada struktur bahagian atas alat penunjuk LPG di dalam selinder apabila daya dikenakan	72

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	HALAMAN
A	Carta Alir Pengendalian PSM 1	44
B	Perancangan Project PSM1	45
C	Lukisan Rekabentuk	46
D	Lab Sheet	
E	Analisa Generaktif Struktur	

BAB I

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

LPG adalah singkatan kepada Gas Petroleum Cecair yang terhasil daripada gas hidrokarbon dan kandungan utamanya adalah Propane (C_3H_8) dan Butane (C_4H_{10}). Dalam keadaan natural dan di bawah tekanan dan suhu atmosfera, LPG adalah dalam bentuk gas. Untuk memudahkan proses penghantaran dan penyimpanan, LPG ditukar ke dalam bentuk cecair melalui proses mampatan dan penyejukan. LPG dipasaran tidak mempunyai warna dan bau, namun untuk langkah keselamatan, satu pembau ditambah untuk memudahkan pengguna mengesan sebarang kebocoran gas.

Di Malaysia, LPG digunakan secara meluas di rumah untuk memanaskan alatan seperti ketuhar, dapur masak dan pemanas air. LPG juga digunakan di industri seperti industri besi dan keluli, industri aerosol, pengeluar kaca dan seramik dan pengeluar tembaga tiub dan kabel. gas petroleum cecair juga adalah bahan bakar alternatif untuk sektor automotiv bagi mengatasi masalah kenaikan harga minyak di pasaran sekarang.

Di pasaran Malaysia, LPG boleh didapati di dalam silinder bagi domestik dan industri kecil dan sederhana. Terdapat tiga saiz silinder di pasaran iaitu 12, 14 dan 50 kilogram. Untuk menggunakan LPG, satu alat yang dipanggil pengatur tekanan digunakan bagi mengawal tekanan LPG semasa digunakan. Alat pengatur tekanan ini amat penting kerana LPG di dalam silinder bertekanan tinggi dan alat ini berfungsi dengan merendahkan tekanan LPG sebelum ia sedia digunakan.

Di dalam projek ini, sebuah alat akan direkabentuk dan diuji untuk menunjukkan paras kandungan LPG di dalam silinder. Apabila alat penunjuk paras kandungan LPG ini terhasil, ia dapat membantu pengguna-pengguna silinder LPG mengetahui paras kandungan LPG di dalam silinder. Ini sekaligus mengatasi masalah kehabisan LPG semasa digunakan.

1.2 Analisa Masalah

LPG digunakan secara meluas di rumah dan di sektor perindustrian. Bagi penggunaan di rumah dan industri kecil dan sederhana, penggunaan LPG di dalam silinder digunakan. Apabila silinder LPG ini digunakan, paras kandungannya tidak diketahui kerana tiada alat penunjuk paras kandungan disetakan di silinder dan ia juga tidak terdapat dipasaran tempatan. Kandungan LPG di dalam silinder biasanya diketahui secara kasar melalui berat silinder itu sendiri. Oleh itu, kehabisan LPG di dalam silinder akan berlaku tanpa disedari.

1.3 Objektif Projek

Objektif utama projek ini dijalankan adalah:-

- Untuk merekabentuk sebuah alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam silinder.
- Untuk melakukan fabrikasi sebuah alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam silinder.
- Untuk melakukan ujikaji dan analisa alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam silinder.

1.4 Skop Projek

Skop utama projek ini adalah untuk merekabentuk dan melakukan ujikaji terhadap alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam silinder. Ia meliputi:

1. Mencari maklumat alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam silinder.
2. Merekabentuk alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam silinder menggunakan perisian CATIA V5R10.
3. Melakukan fabrikasi alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam silinder.
4. Melakukan ujikaji dan analisa terhadap alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam silinder.

BAB II

KAJIAN ILMIAH

2.1 Gas Petroleum Cecair (LPG)

2.1.1 Pengenalan

Gas Petroleum Cecair (LPG) ditakrifkan sebagai hasil petroleum berasaskan sifat kimia dan tindakbalasnya di mana sebatian hidrokarbon tersebut terdiri daripada ikatan hidrokarbon ataupun campuran kimia seperti propana, propilena, butana (isobutana atau butana) dan butilena. Hidrokarbon propana mempunyai ikatan formula C_3H_8 dan ikatan formula C_4H_{10} bagi butana. Hidrokarbon isomer bagi butana, isobutana mempunyai formula kimia yang sama tetapi ikatan kimianya adalah berbeza. Bagi propana, hidrokarbon tersebut digunakan secara meluas dalam bidang masakan sebagai bahan bakar disebabkan takat didihnya yang rendah iaitu $-44\text{ }^{\circ}\text{F}$ (-42.2°C). Ini bermaksud walaupun pada suhu yang begitu rendah propana akan meruap sebaik sahaja terbebas daripada silinder. Ini akan menghasilkan pembakaran bersih yang tidak memerlukan pelbagai peralatan, cukup dengan menggunakan nozel. Hidrokarbon butana mempunyai takat didih $32\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($-35\text{ }^{\circ}\text{C}$) bermakna butana tidak mudah dicecairkan walaupun pada takat suhu yang rendah. Ini merupakan salah satu sebab penggunaan butana tidak meluas dan perlu dicampurkan bersama propana.

Jadual 2.1: Siri nombor oktana bagi komponen Gas Petroleum Cecair dan gasolin

Komponen	Formula	Nombor Penyelidikan Oktana	Nombor Motor Oktana	Anggaran Maksimum Nisbah Pemampatan
Propane	C ₃ H ₈	111.5	100	11:01
n-butana	C ₄ H ₁₀	95	92	8:01
Isobutana	C ₄ H ₁₀	100.4	99	9:01
propilena	C ₃ H ₆	100.2	85	7.5:1
n-butana-1	C ₄ H ₁₀	100	80	6.5:1
n-butana-2	C ₄ H ₁₀	101	83	7:01
gasolin	C ₈ H ₁₈	92-95	83-86	9:01

Jadual 2.2: Data bagi kandungan hidrokarbon propana dan butana

Kandungan hidrokarbon		Propana	Butana
Formula kimia		C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
Takat didih cecair (tekanan atmosfera)	°F	-44	32
Graviti spesifik bagi wap (udara = 1)		1.53	2.00
Graviti spesifik bagi cecair (air = 1)		0.51	0.58
Nilai kalori @ 60 °F	BTU/ kaki persegi	2516	3280
	BTU/ gallon	91,690	102,032
	BTU/ paun	21,591	21,221
Haba pendam pengewapan	BTU/ galon	785.0	808.0
Berat cecair	Paun/ galon	4.24	4.81
Isipadu wap pada 60 °F (1 galon cecair)	Kaki persegi	36.39	31.26
Isipadu wap pada 60 °F (1 paun cecair)	Kaki persegi	8.547	6.506
Tahap pembakaran	% gas dalam udara	2.4-9.6	1.9-8.6
Pembakaran udara (1 kaki persegi)	Kaki persegi	23.86	31.02
Suhu pembakaran dalam udara	°F	920-1020	900-1000
Suhu nyalaan maksimum dalam udara	°F	3595	3616
Nombor oktana		Melebihi 100	92

LPG juga dikenali sebagai "bahan keluaran garis sempadan" memandangkan pada keadaan atmosfera hidrokarbon gas asli iaitu metana (ikatan formula CH_4) dan etana (ikatan formula C_2H_6) wujud dalam bentuk gas sementara semua hidrokarbon yang lebih tinggi wujud dalam bentuk cecair, sebagai contoh pentana, heksana dan sebatian hidrokarbon lain. Ini membolehkan LPG dijual dalam bentuk cecair kerana pada tekanan kerja yang sesuai, takat didihnya hampir sama dengan suhu bilik iaitu 27°C . Secara umumnya, LPG tersebut diesktrak daripada gas asli sebanyak 75 peratus manakala sebanyak 25 peratus lagi adalah operasi pemprosesan minyak mentah di pusat penapisan. Untuk penentuan sama ada LPG dapat dilakukan melalui ujikaji penentuan hidrokarbon tidak tepu. Sebagai contoh jika terdapat sebilangan kecil bahan propilena dalam LPG maka gas tersebut adalah daripada pusat penapisan minyak. Jika tiada hidrokarbon didapati dalam LPG maka sumber utama adalah daripada gas asli.

Secara relatifnya, kombinasi unik yang melibatkan kandungan fizikal menerangkan tentang kepentingan penggunaan LPG di pasaran. Salah satu kepentingan dan keunikan LPG adalah pada suhu dan tekanan atmosfera, LPG berkeadaan wap. Namun begitu, LPG boleh dicecairkan melalui melalui proses pemampatan pada suhu sekeliling atau disejukkan pada tekanan atmosfera atau kombinasi antara pemampatan dan penyejukan. Sebagai contoh, propana, hidrokarbon yang merangkumi 90% penggunaan LPG komersial, memenuhi sebanyak 270 kali ganda kurang ruang yang diperlukan berbanding dalam keadaan gas. Dengan keluasan sebanyak 270 kaki persegi gas propana mampu dikondensasikan kepada 1 kaki persegi bagi cecair propana (pada suhu 60°F). Butana mempunyai nisbah pengkondensasian yang lebih rendah akan tetapi dalam bentuk cecair butana boleh memenuhi kurang 0.5 peratus isipadu berbanding dalam keadaan gas juga pada suhu 60°F .

Untuk menggunakan LPG dalam bidang komersial dan industri, gas tersebut perlu berada dalam keadaan wap. Proses ini dapat dilakukan dengan mudah, hanya perlu mengembalikan LPG kepada suhu dan tekanan atmosfera. Apabila memperkatakan berkenaan produk LPG “mudah dicecairkan”, isu yang perlu diketahui terlebih dahulu adalah penggunaan dalam istilah perbandingan. Proses pemampatan dan penyejukan melibatkan sebatian tersebut perlu dikekalkan pada suhu di bawah takat didih. Takat didih bagi sesuatu bahan adalah suhu di mana bahan tersebut akan mengalami perubahan daripada keadaan cecair kepada keadaan gas. Bagi memastikan proses transformasi daripada keadaan cecair kepada keadaan gas berlaku, muatan haba tertentu perlu disertakan pada takat didih tertentu bahan tersebut. Keadaan tersebut dinamakan haba pendam pengewapan. Propana, kandungan hidrokarbon utama bagi sebahagian besar penggunaan LPG mempunyai takat didih $-44\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($-6.67\text{ }^{\circ}\text{C}$) pada tekanan atmosfera, dalam unit 14.7 paun inci persegi (101.352 932 016 kiloPascal). Takat didih bagi butana pada tekanan atmosfera adalah lebih tinggi, $32\text{ }^{\circ}\text{F}$.

Walaupun penggunaan suhu yang bersesuaian boleh dicapai bagi keadaan iklim tertentu, namun ia tidak praktikal untuk penyimpanan dan pemindahan produk cecair pada dan ketika perubahan suhu berkenaan berlaku secara semulajadi. Tambahan pula, suhu yang rendah bagi mengekalkan propana dalam keadaan cecair adalah tidak dapat dilakukan melalui proses penyejukan normal. Oleh yang demikian, produk LPG dicecairkan melalui proses penyejukan tetapi dikekalkan dalam keadaan cecair melalui proses pemampatan. Tekanan yang diperlukan bagi mengekalkan produk dalam keadaan cecair kepada suhu tertentu adalah unik bagi sesebuah produk dan merupakan satu fungsi bagi suhu. Tekanan tersebut dikenali sebagai tekanan wap bagi sesebuah cecair. Takat didih seperti air adalah berkadaran dengan tekanan, tekanan wap sesebuah produk LPG juga berkadaran dengan suhu.

2.1.2 Penyimpanan Gas Petroleum Cecair.

Gas Petroleum Cecair dijual dalam keadaan bertekanan di dalam tong selinder besi isian semula dalam berbagai saiz, dari tong selinder kecil untuk kegunaan memasak dirumah sehingga tangki besi untuk kegunaan sektor industri.

2.1.2.1 Selinder Gas Petroleum Cecair

Pembebasan wap Gas Petroleum Cecair (LPG) dari silinder akan merendahkan tekanan termampat. Ini menyebabkan cecair “mendidih” dalam usaha untuk memulihkan tekanan wap yang dijana untuk menggantikan wap yang telah dibebaskan. Haba pendam pengewapan yang diperlukan digantikan dengan cecair di mana suhu cecair akan menurun sejajar dengan pengembangan haba.

Haba yang hilang disebabkan pengewapan cecair digantikan haba dalam udara yang mengelilingi silinder. Haba ini kemudiannya dipindahkan dari udara ke dalam bekas silinder melalui permukaan logam. Permukaan tersebut yang bersentuhan dengan wap tidak diambil kira memandangkan haba diserap oleh wap diabaikan. Luas permukaan yang dipenuhi cecair LPG dikenali sebagai “permukaan basah” (wetted surface). Lebih besar permukaan basah, semakin besar kapasiti pengewapan sistem tersebut. Satu bekas silinder yang besar akan mempunyai luas permukaan serta kapasiti pengewapan yang lebih berbanding silinder yang kecil.

Jika cecair LPG dalam silinder menerima haba pendam pengewapan yang tinggi dari udara persekitaran, kadar pengewapan sistem sesuatu tersebut akan lebih tinggi. Berdasarkan keadaan tersebut, keadaan paling buruk berlaku bagi kadar pengewapan adalah apabila silinder mengandungi kuantiti cecair yang sedikit dalam silinder serta suhu udara persekitaran yang tinggi.

2.1.2.2 Spesifikasi Selinder Gas Petroleum Cecair

Semua selinder Gas Petroleum Cecair yang berada dipasaran sekarang telah di seragamkan dan telah direkabentuk untuk tekanan kerja maksimum sebanyak 240 psig (16.9 kg/cm^2) dimana ia adalah tekanan wap maksimum bagi LPG. Semua tong selinder LPG yang berada dipasaran sekarang juga telah diseragamkan untuk 33.3 Liter keupayaan air (untuk pengisian 15kg gas petroleum cecair).

Jadual 2.3: Spesifikasi Selinder Gas Petroleum Cecair [14]

SPEKIFIKASI SELINDER LPG		
Parameter	Selinder tempatan (14.2kg)	Bukan selinder tempatan (19kg)
IS spesifikasi	IS-3196	IS-3196
Pengisian penuh LPG	33.3 Liters	44 liters
Pengisian penuh LPG	14.2 Kg.	19 Kg.
Tekanan kerja maksimum	0.17 Bar	16.9 kg/sq.cm.
Tekanan Ujian	0.25 Bar	25.35 kg/sq.cm.
Keluli badan	IS-6240/IS-10787	IS-6240/IS-10787
Tinggi Keseluruhan	625 mm	725 mm
Diameter dalam	314.4 mm	330.1 mm
Ketebalan plat	2 mm min	2.4 mm min

2.1.2.3 Proses Pembersihan (Purging) Dan Pengisian Semula Gas Petroleum Cecair

Proses pembersihan (purging) merupakan proses di mana udara yang berada dalam tong silinder dikeluarkan dan Gas Petroleum Cecair (LPG) dimasukkan sebagai ganti. Ia merupakan proses yang perlu dilakukan oleh individu yang berkelayakan sahaja, berpengetahuan luas serta mengetahui langkah-langkah keselamatan. Penerangan berkenaan akan diterangkan dalam bahagian berikut.

2.1.2.4 Pengklasifikasian Semula Selinder Gas Petroleum Cecair

Selinder baru yang dikeluarkan mampu bertahan sehingga 12 tahun. Semua silinder kecil antara 2 hingga 20 kg perlu mempunyai injap *Over-Fill Protection Device (OPD)* dipasang pada Pengklasifikasian Semula Selinder *Cylinder Reclassification*. Salah satu jenis pengklasifikasian semula diperlukan sama ada *Department of Transportation (DOT)*, pemeriksaan visual atau ujian hidrostatik. Selepas 12 tahun tempoh penggunaan bermula dari tempoh dihasilkan di mana tarikh tersebut dilabelkan pada permukaan tong, setiap selinder perlu diklasifikasikan semula sebelum diisi semula dan digunakan kembali. Berikut merupakan kaedah pemeriksaan visual selinder :

1. Dengan menggunakan penyandar atas *upright stand*, terbalikkan selinder ke bawah dan tinggalkan dalam keadaan tersebut selama 24-36 jam. Ini untuk membenarkan bahan Ethyl Mercaptan *odorant* dikeluarkan sepenuhnya melalui injap.
2. Ketebalan bahagian bawah selinder diuji menggunakan tukul, semasa tempoh 36 jam tersebut.
3. Pemeriksaan dilakukan terhadap kesan pengaratan bahagian bawah selinder dan *foot-ring*. Jika ada, kesan karat dikikis dengan menggunakan berus dawai atau menggosoknya.
4. Bahagian bawah selinder disapu dan *foot-ring* dengan lapisan perlindungan karat.

5. Wap gas dikeluarkan daripada selinder selepas 24-36 jam memasukkan Ethyl Mercaptan (odorant). Kemudian selinder diisikan semula dengan sejumlah kecil wap untuk memulakan proses “purgings”.
6. Bebaskan tekanan dan ulang langkah no 5 selepas lapan jam.
7. Bersihkan selinder sepenuhnya.
8. Tampil pelekat pemasangan bahan mudah terbakar, pelekat amaran serta plag keselamatan *Dust Cover/POL* sebelum dinyatakan selinder tersebut boleh diguna semula.
9. Pada kolar selinder, huruf “E” serta tarikh pemeriksaan visual luaran dicetak. Pembersihan semula dan kalis karat dilakukan sebelum silinder tersebut boleh digunakan semula.
10. Semua aktiviti Pengklasifikasian Semula *Cylinder Reclassification* dicatat, dilakukan pada lampiran rekod dan fail untuk simpanan.

Pemeriksaan di atas hendaklah dilakukan setiap 5 tahun, selagi selinder tersebut boleh digunakan. Selinder tersebut memerlukan pengklasifikasian semula setiap 7 tahun bagi selinder yang pernah diklasifikasikan melalui kaedah ujian hidrostatik. Pemeriksaan visual untuk menentukan kebocoran, pengurangan berlebihan serta integriti selinder dilakukan setiap kali pengisian dibuat berdasarkan informasi dan kod pengisian yang telah ditetapkan.

2.1.2.5 Prosedur Pembersihan Selinder Gas Petroleum Cecair

Proses pembersihan dilakukan kepada semua tangki selinder yang terlibat yang telah dibersihkan serta diperiksa kandungannya seperti berikut :

1. Tekanan air terhidrasi dalam selinder dikeluarkan dengan cara dibebaskan ke atmosfera.
2. *Bobtail* dengan garisan pengewapan digunakan. selinder dipenuhi sehingga 20-30 paun (10-15 kg) tekanan dalam tolok tekanan. Gas petroleum cecair tidak boleh dimasukkan sama sekali kerana cecair akan mengkondensasikan wap air dalam tangki dan seterusnya berada dalam tangki sepanjang proses pengisian.
3. Injap hos wap ditutup dan berdasarkan kod Rego #3119A dengan adapter pengeluaran *withdrawal adapter*, dibebaskan ke udara pada tekanan kira-kira 1 paun.
4. Langkah ketiga diulang.
5. Kemudian, langkah kedua dan ketiga diulang seperti yang dikehendaki. Rujuk jadual 2.4 tangki pengisian di bawah.
6. Satu *pint* Menthol Alcohol dimasukkan bagi setiap 120 gallon gas petroleum cecair, satu "quart" atau suku isipadu Menthol Alcohol bagi 250-gallon silinder, setengah galon Menthol Alcohol untuk 500 galon selinder, dan satu galon Menthol Alcohol untuk 1,000 galon selinder.
7. Garisan cecair pada *Bobtail* digunakan serta silinder dipenuhi sehingga 5%.

Jadual 2.4 merupakan carta pengisian produk LPG dalam selinder. Turut dinyatakan berkenaan kepentingan proses pembersihan selinder (air purging) serta sebab larangan pengisian cecair LPG secara terus ke dalam selinder. Jika isipadu udara dalam selinder tidak dikeluarkan sebelum pengisian pertama dilakukan, perkara berikut akan berlaku :

1. Pemasangan pada musim panas dan bunga akan mengakibatkan bacaan tekanan selinder yang salah dan ekstrem. Ini menyebabkan injap lebih keselamatan dibuka dan tekanan berlebihan akan dibebaskan secara terpaksa.
2. Jika hos pengembalian wap gas petroleum cecair tidak digunakan, udara yang terperangkap akan dimampatkan pada paras cecair, mengakibatkan proses pengisian LPG mengambil masa.
3. Jika hos pengembalian wap LPG digunakan, sebarang kelembapan (udara) yang ada akan dikeluarkan serta merta dari silinder dan ini memudahkan proses pengisian LPG dalam selinder.

Sebagai tambahan, jika udara dikeluarkan dengan kaedah yang betul selinder akan lebih cepat diisi, peralatan berkaitan berfungsi lebih konsisten. Antara sebab LPG tidak boleh diisikan terus ke dalam selinder kerana LPG akan mengewap serta menyejukkan silinder. Apabila ini berlaku, sebarang kelembapan udara yang masih tertinggal dalam silinder akan dikondensasikan. Walaupun ia merupakan cara yang mudah dan pantas, ini mengakibatkan kurang 50 peratus atau hampir 25 peratus udara dapat dikeluarkan seterusnya mengurangkan kemampuan pengisian bahan gas petroleum cecair secara optimum.

Jadual 2.4 Carta pengisian LPG dalam selinder. [5]

Aktiviti Pembersihan	% Udara Tertinggal	% Propana Tertinggal
Pengisian Pertama	50	50
Pengisian Kedua	25	75
Pengisian Ketiga	12.5	87.5
Pengisian Keempat	6.25	93.75
Pengisian Kelima	3.13	96.87
Pengisian Keenam	1.56	98.44

2.1.3 Keselamatan Pengendalian Selinder Gas Petroleum Cecair

LPG di dalam selinder adalah cecair bertekanan. Oleh itu ia haruslah disimpan di tempat yang selamat. Penyimpanan haruslah ditempat yang mempunyai pengudaraan yang baik, jauh dari punca api dan punca elektrik. Penyimpanan di tempat yang hampir dengan punca haba atau cahaya matahari akan menyebabkan berlakunya letupan. Hos yang digunakan haruslah hos yang direkabentuk untuk penggunaan LPG. Panjang maksimum hos adalah 2 meter dan mempunyai pengikat di kedua-dua hujung. Jangka hayat penggunaan hos adalah 2 tahun. Selinder LPG mempunyai pengatur tekanan yang direkabentuk untuk mengatur tekanan apabila berlaku perubahan suhu. Penggunaan pengatur tekanan yang bersesuaian adalah penting.

2.1.4 Perkembangan Gas Petroleum Cecair (LPG) di Malaysia

Kelebihan hasil produk LPG berdasarkan fakta hidrokarbon tersebut dapat disimpan dalam keadaan cecair dan digunakan dalam keadaan gas. dalam keadaan termampat, LPG boleh disimpan dan dipindahkan dengan lebih efisien berbanding dalam keadaan gas. Ini merupakan satu keunikan yang akan mengurangkan kos penghantaran dan penyimpanan, di mana kos tersebut dapat menggantikan semula kos penyejukan dan pemampatan produk LPG serta menghasilkan keuntungan. Selain faktor tersebut serta nilai produk yang tinggi bagi pengguna, maka penghasilan produk LPG telah berkembang dengan pesat sejak kali pertama diperkenalkan di pasaran lebih kurang setengah abad yang lalu.

Penggunaan LPG di Malaysia bermula dengan kawasan simpanan gas dijumpai berjumlah 72 trillion kaki padu yang mana dianggarkan dapat bertahan selama seratus tahun. Lebih 30 tahun yang lalu, penggunaan LPG telah berkembang di Miri, Sarawak di mana gas asli diagihkan ke sektor domestik dan komersil melalui rangkaian sistem perpaipan. Pada tahun 1985, penggunaan LPG telah berkembang secara mendadak. Bagaimana pun, perkembangannya agak perlahan dengan bermulanya pelancaran Projek Penggunaan Gas Semenanjung (gas asli) serta hanya terhad di kawasan yang tidak diliputi oleh laluan rangkaian sistem perpaipan tersebut sahaja.

LPG yang dipasarkan kebanyakannya digunakan untuk tujuan masakan di rumah dan hotel atau restoran (penggunaan tong silinder), pemanasan atau pengeringan dalam industri pengilangan serta barangan pengguna seperti seramik, kereta, alat mainan, gelas dan sebagainya. LPG juga boleh digunakan untuk mengawet makanan, logam dan daun. LPG lebih popular sebagai bahan tenaga berbanding dengan bahan api cecair lain memandangkan faktor-faktor seperti mudah dikendalikan, kurang pencemaran, penjimatan ruang, penghasilan barangan yang berkualiti serta pengeluaran yang baik dan sebagainya.

2.2 Sistem Pengukuran

2.2.1 Pengenalan

Pengukuran adalah anggaran takat, dimensi dan keupayaan, biasanya berkaitan dengan standard atau unit pengukuran. Pengukuran dinyatakan sebagai sebilangan unit-unit standard (satu nombor nyata kali satu unit), seperti jarak dinyatakan dengan batu dan kilometer. Proses pengukuran melibatkan nisbah magnitud sesuatu quantiti dan magnitud sesuatu unit yang sama jenis sebagai contoh panjang, masa, berat dan sebagainya. Pengukuran adalah keputusan suatu proses seperti dinyatakan sebagai hasil dari satu nombor nyata dan satu unit, di mana nombor nyata adalah dianggarkan satu nisbah.

Pengukuran sesuatu bahan biasanya melibatkan perbandingan magnitud satu kuantiti dimiliki oleh sesuatu benda dengan sebuah unit piawai dengan menggunakan satu instrumen yang mempunyai syarat-syarat terkawal. Contoh alat pengukuran ialah thermometer, meter laju, penimbang dan voltmeter. Dengan tujuan diukur dengan tepat, alat-alat pengukuran disediakan dengan berhati-hati dan telah ditentukan. Bagaimanapun, semua pengukuran mempunyai beberapa darjah ketidakpastiaan yang berkaitan dengan alat tersebut, yang biasanya dinyatakan sebagai satu ralat piawai pengukuran. Ini bermaksud bahawa walaupun satu ukuran biasanya dinyatakan sebagai satu nombor diikuti oleh satu unit, setiap pengukuran mempunyai tiga komponen; anggaran, satu ralat terikat, dan satu kemungkinan yang magnitud sebenar terletak di dalam batas ralat anggaran.

2.2.2 Jenis-Jenis Pengukuran

Pengukuran mempunyai 2 jenis iaitu pengukuran langsung dan pengukuran tidak langsung. Pengukuran langsung adalah pengukuran satu sifat yang tidak bergantung kepada masa suhu atau apa-apa saja. Manakala pengukuran tidak terus adalah penilaian satu sifat terbitan (dalam bahagian) daripada sifat lain. Sebagai contoh, pengukuran suhu. Semua ukuran suhu adalah tidak langsung, di mana pengukuran adalah sukatan volumetri pengembangan (cecair dipenuhi termometer), pertukaran matra (termometer dwilogam), daya gerak elektrik (termogandingan), tentangan (suhu tentangan pegas, atau RTD), memancarkan sinaran tenaga (termometer radiasi), atau beberapa ciri lain suatu material bahawa berbeza-beza seperti yang diramalkan dan reproducibly dengan suhu.

2.2.3 Ralat Pengukuran

Beberapa standard terma digunakan untuk menentukan kesahihan pengukuran. Ralat pengukuran ditakrifkan sebagai perbezaan diantara nilai sukatan dan nilai sebenar bahan ukur.

$$\text{Ralat} = \text{nilai sukatan} - \text{nilai sebenar}$$

Ralat dalam penggunaan teknikal ini bukan menunjukkan terdapat sebarang kesilapan di dalam proses pengukuran walaupun kesilapan boleh menyebabkan ralat. Kebiasaanya, ralat sememangnya diketahui semasa proses pengukuran. Jika nilai sebenar pengukuran telah diketahui, pengukuran tidak perlu dilakukan kecuali di dalam proses penenturan, dimana pengukuran dibuat dari bahan ukur yang nilainya secara bebas diketahui.

Ralat di dalam pengukuran secara amnya terbahagi kepada 2 bahagian: Ralat sistematik dan Ralat rawak. Walaupun kedua-dua jenis ralat merendahkan kesahihan data, ia menyebabkan perbezaan dan tindakan harus dilakukan untuk meminimakan kedua-dua ralat.

2.2.4 Penentukuran (*Calibration*)

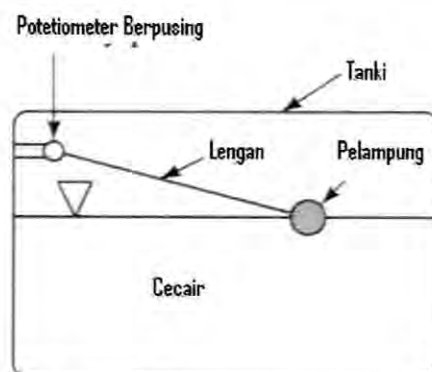
Semua sistem pengukuran harus melalui proses penentukuran, proses dimana satu set pengukuran dibuat dari nilai ukuran yang bebas. Kemudian bacaan itu boleh dibandingkan dengan nilai yang diketahui dan kemudian ralat boleh dikenalpasti. Bilangan nilai perbezaan diperlukan untuk proses penentukuran bergantung kepada jenis sistem pengukuran dan aplikasinya. Dalam sebahagian proses penentukuran, nilai bahan ukur diketahui kerana ia adalah nilai piawai. Di proses penentukuran yang lain, sistem pengukuran yang lain dimana ketepatannya di ketahui boleh digunakan untuk mengenal pasti nilai bahan yang diukur. Walaubagaimanapun penggunaan nilai piawai adalah lebih dipercayai.

2.3 Pengukuran Paras Bendalir

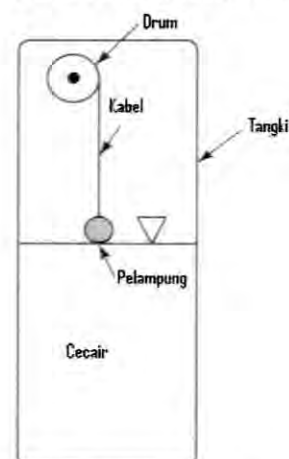
Terdapat satu keperluan yang kerap di dalam proses industri untuk mengukur atau mengawal paras bendalir di dalam tangki simpanan. Oleh itu, pelbagai alat telah direkabentuk untuk mengukur paras bendalir.

2.3.1 Alatan Pelampung

Rajah 2.1 menunjukkan alat pengukuran paras cecair jenis pelampung yang digunakan secara meluas di dalam automobil dan trak untuk mengukur paras bahan bakar di dalam tangki bahan bakar [8]. Pelampung, yang berada di permukaan cecair disertakan di lengan pemangsi untuk memusingkan *rotary potentiometer*. Kedudukan bersudut lengan adalah fungsi tidak linear untuk paras cecair. Walaubagaimanapun, keadaan berliku pada potentiometer ada kalanya direka untuk menggantikan susunan tidak linear ini. Manakala alat yang ditunjukkan di rajah 2.1 berfungsi dengan baik di dalam tangki kenderaan, dimana mempunyai permukaan cecair yang besar relatif kepada ketinggian tangki, tangki di dalam industri proses lebih tinggi relatif kepada diameter tangki. Alat kabel-pelampung seperti yang ditunjukkan di rajah 2.2 berfungsi dengan baik di dalam situasi ini. Pelampung disertakan dengan kabel pada gegendang beban berspring mengikut perubahan paras cecair dan kemudian gegendang melilit kabel. Gegendang disambungkan kepada rotary potentiometer.

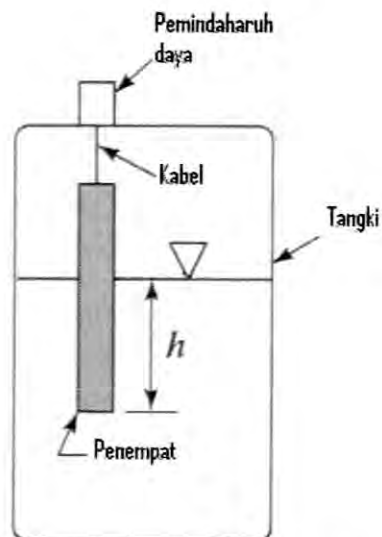


Rajah 2.1: Alatan Pelampung

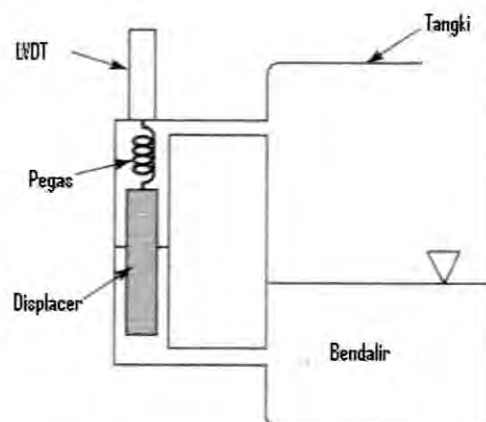


Rajah 2.2: Alat kabel pelampung

Rajah 2.3 menunjukkan alatan lain yang bergantung kepada daya apung [8]. Displacer disertakan diatas tangki melalui pemindaharuh daya. Ukuran daya menegak adalah berbeza antara berat daya kebawah dan berat daya keatas. Dalam rajah 2.4 displacer disokong oleh spring. Ia dalam keadaan menegak ketika pengukuran bersama pemindaharuh LVDT [8]. Ciri utama bagi rekaan ini adalah pergerakan displacer lebih berkurangan berbanding dengan pergerakan permukaan bendalir.



Rajah 2.3: Alatan apungan menggunakan displacer.



Rajah 2.4: Alatan apungan menggunakan displacer dan pegas

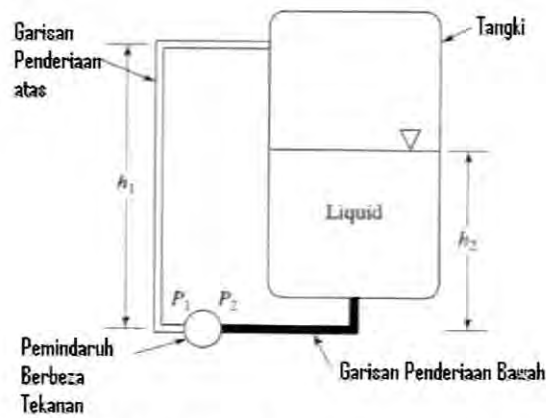
2.3.2 Alatan Berbeza tekanan.

Perbezaan diantara tekanan bendalir statik di atas permukaan dan tekanan bendalir statik di bawah permukaan pada kedalaman h diberi oleh formula:

$$\Delta P = \rho gh$$

dimana ρ adalah ketumpatan bendalir dan h adalah jarak menegak diantara permukaan bendalir dan titik pengukuran tekanan. Oleh itu, jika ketumpatan diketahui, pengukuran perbezaan tekanan boleh digunakan untuk memperoleh kedalaman bendalir, h . Rajah 2.5 menunjukkan konfigurasi yang boleh digunakan untuk memperoleh takat bendalir dengan menggunakan teknik ini. Kerana udara di bawah bendalir mempunyai ketumpatan yang sangat kecil, tekanan pada garis penderiaan atas adalah sama dengan tekanan permukaan bendalir. Nilai sebenar h yang diperolehi dari teknik ini adalah kedalaman pemindaharuh tekanan di bawah permukaan bendalir. Disebabkan pemindaharuh dalam keadaan menegak relatif kepada dasar tangki dan diketahui, nilai sebenar takat bendalir sedia diperolehi. Satu masalah dengan kaedah ini adalah pada garis penderiaan atas mungkin akan berlaku pemeluwapan atau dipenuhi oleh bendalir lain. Akibatnya akan berlaku ralat pengukuran. Jika bahagian atas tangki dilepaskan ke atmosfera.

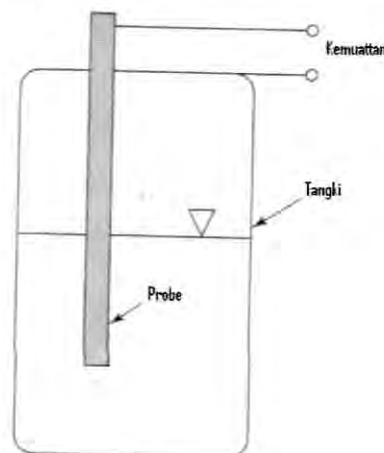
Garis penderiaan atas dapat disingkirkan, oleh itu bahagian tekanan rendah pada pemindaharuh tekanan dilepaskan terus ke atmosfera. Alternatifnye, garisan penderiaan atas akan diisi dengan bendalir secara sengaja. Ini akan memberi kesan kepada bacaan pemindaharuh dengan menolak nilai tetap. Jika bendalir mengandungi zarah-zarah dalam bentuk pepejal, garisan penderiaan mungkin akan terhalang sepanjang mase. Untuk mengatasi masalah ini, pemindaharuh khas boleh didapati dengan diaphragm yang menutup lubang pada dinding tangki, menyingkirkan garisan penderiaan bawah.



Rajah 2.5: Alatan berbeza tekanan [8]

2.3.3 Alatan Kemuatan (*capacitance*)

Jika sebatang rod besi dimasukkan ke dalam tangki melalui atas seperti di dalam rajah 2.6 rod besi dan dinding tangki akan menjadi pemuat (*capasitor*). Rod besi itu biasanya ditebat untuk mengekalkan ringtangan tinggi diantara rod dan cecair. Nilai pemuat bukan sahaja bergantung kepada bentuk geometri rod dan tangki, ia juga berantung kepada perkadaran pekali elektrik cecair di dalam tangki. Udara atau wap akan mendapat satu pemalar dielektrik, tetapi cecair akan mempunyai pekali nyahelektrik yang lebih tinggi, dalam julat 2 to 100 (bergantung kepada cecair). Oleh itu nilai kemuatan adalah satu fungsi yang kukuh oleh cecair di dalam tangki. Dengan isyarat yang besesuaian. Kemuatan ini akan ditukarkan kepada voltan, iaitu fungsi takat cecair.



Rajah 2.6: Alatan kemuatan (*Capacitance*) [8]

2.3.4 Alatan Pengaliran

Alatan ini mengandungi dua penebat elektrik dan dua pengalir elektrik yang dalam keadaan menegak dan kemudiannya dipasang pada tangki. Jika cecair adalah pengalir elektrik, rintangan diantara dua pengalir akan menjadi fungsi takat bendalir. Rintangan ini boleh ditukarkan kepada voltan dengan menggunakan litar *wheatstone-bridget*. Jenis alatan ini biasanya tidak berfungsi pada cecair yang mempunyai penebat seperti hidrokarbon.

2.3.5 Alatan Ultrasonic

Alatan ini menggunakan prinsip yang sama seperti alat sonar yang digunakan oleh kapal untuk mengetahui kedudukan dasar. Gelombang bunyi berfrekuensi tinggi di arahkan terus pada bawah permukaan cecair, dimana pantulan dan penerimaan oleh penerima ditunjukkan pada rajah 2.7. Jarak pergerakan pantulan adalah berkaitan dengan masa t untuk gelombang kembali sebahagian dari pemancar ke penerima.:

$$L = \frac{ct}{2}$$

Dimana c adalah kelajuan bunyi dan L adalah separuh pergerakan bunyi. Dengan mengukur masa, L diketahui.

Sensor takat ultrasonic adalah sangat berguna bagi cecair menghakis kerana sensor tidak menyentuh cecair secara terus. Ia juga boleh digunakan untuk mengukur takat pepejal seperti tepung. Satu kekurangan alatan ini adalah kelajuan bunyi adalah fungsi bagi komposisi kimia dan suhu wap. Oleh itu, alatan ini memerlukan penentuan dan pembetulan suhu dan mungkin tidak boleh digunakan jika komposisi wap adalah pemboleh ubah.

2.4 Ulasan Mengenai Rekabentuk Terdahulu

Hasil daripada maklumat yang diperolehi dari ilmiah dan internet, terdapat dua kaedah yang digunakan untuk mengukur atau menunjuk paras kandungan gas petroleum cecair di dalam tangki simpanan. Dua kaedah itu adalah:

1. Alat pengukur paras magnetik.
2. Alat penimbang berat selinder propane.

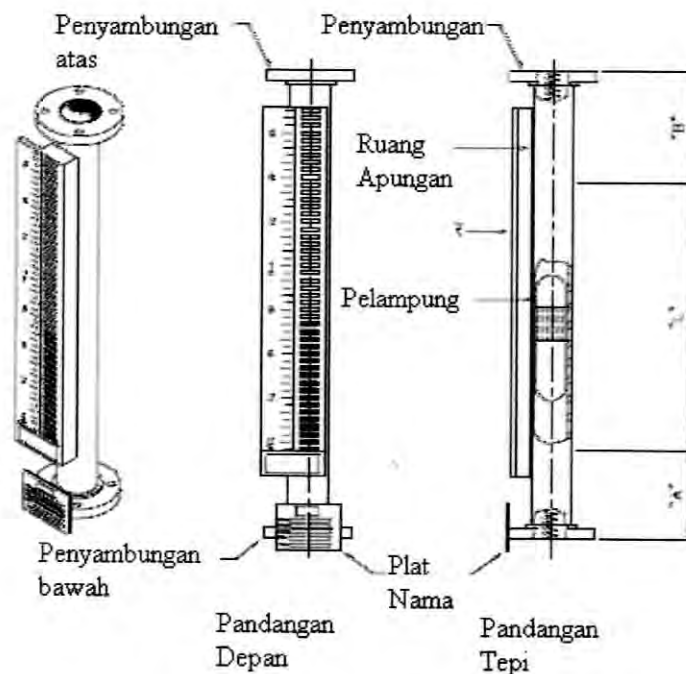
2.4.1 Alat Pengukur Paras Magnetik

Tangki simpanan bahan api bertekanan seperti gas petroleum cecair akan menimbulkan masalah ketika ingin mengukur paras kandungan didalam tangki simpanan. Kayu pengukur tidak praktikal digunakan untuk mengukur paras kandungan pada tangki simpanan bertekanan. Alatan elektronik memerlukan kos yang tinggi untuk digunakan serta memerlukan punca kuasa. Kaedah yang sering digunakan ialah *sight glass*. Tetapi kaedah ini biasanya digunakan untuk jarak penglihatan yang dekat dan untuk tangki simpanan yang bersaiz besar memerlukan tiga atau empat *sight glass*.

Semua yang berkaitan seperti paip dan penyambungan termasuk *glass seals* dan keretakan akan menyebabkan banyak kebocoran akan berlaku. Disebabkan masalah ini, pengukuran paras kandungan tanki simpanan tidak dapat dilakukan. Alat pengukur paras magnetik adalah kaedah yang sesuai untuk mengatasi masalah ini.

Alat pengukur paras magnetik terdiri daripada ruang pelampung, pelampung dan penunjuk aras. Ruang pelampung pada asasnya selinder bulat bersama paip penyambungan untuk tangki simpanan gas petroleum cecair. Pelampung bergerak atas dan bawah di dalam ruang pelampung mengikut perubahan paras gas petroleum cecair. Jenis pelampung yang digunakan ditentukan berdasarkan graviti tentu, tekanan dan suhu gas petroleum cecair. Bahan yang digunakan untuk menghasilkan pelampung juga mestilah sesuai dengan gas petroleum cecair.

Pelampung mestilah mempunyai berat yang cukup untuk kekal terapung dan mempunyai ciri yang membenarkan ia untuk kekal di dalam keadaan tekanan dan suhu. Didalam pelampung mempunyai penyambungan magnet yang sangat kuat. Tiub penunjuk dan penimbang disertakan pada bahagian luar ruang pelampung. Didalam tiub penunjuk mempunyai penunjuk magnetik ringan. Penunjuk magnetik ini akan bergerak bersama pelampung atas dan bawah didalam tiub penunjuk mengikut perubahan paras kandungan gas petroleum cecair didalam tangki simpanan.



Rajah 2.10: Alat pengukur paras magnetik

2.4.2 Alat Penimbang Berat Selinder Propane

Alat penimbang berat selinder propane ini menggunakan berat kandungan propane dan selinder simpanan sebagai medium untuk mengukur paras kandungan propane di dalam selinder simpanan. Bagi mengukur paras kandungan propane di dalam tong selinder, berat kandungan propane dan berat selinder digunakan sebagai medium untuk mengukur paras kandungan propane di dalam tong selinder. Alat penimbang ini mempunyai penunjuk yang menunjukkan paras kandungan propane di dalam tong selinder. Alat penimbang ini menggunakan pegas, dimana apabila kandungan propane di dalam tong selinder berkeadaan penuh, penunjuk aras akan berada pada paras bawah dan menunjukkan kandungan propane di dalam tong selinder berkeadaan penuh. Apabila gas petroleum cecair didalam tong selinder digunakan, pegas pada alat pengukuran akan menyebabkan tong selinder perlahan-lahan naik disebabkan pengurangan berat.

Ciri-ciri alat penimbang berat selinder propane

- Berasaskan berat dan tidak bergantung kepada suhu
- Mudah dikendalikan
- Tidak perlu pemasangan
- Tong selinder pada kedudukan statik tanpa menggunakan sebarang klip.
- Penggunaan pegas keluli tahan karat bagi mencegah karat di dalam apa jua keadaan cuaca.
- Rangka keluli untuk beban yang tinggi.

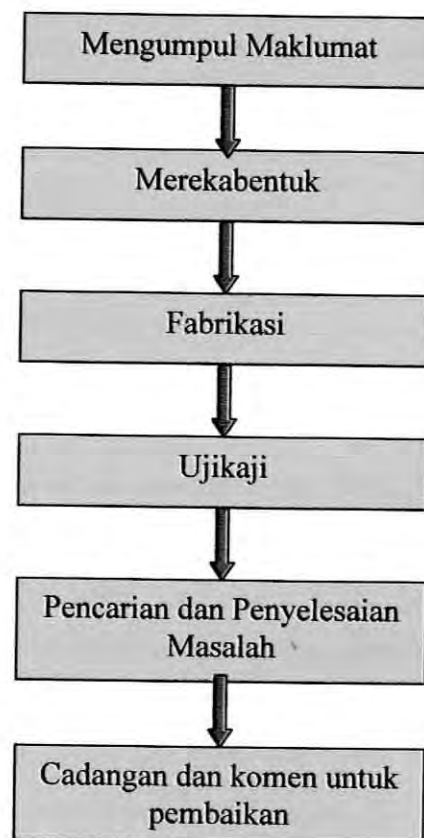


Rajah 2.11: Alat penimbang berat selinder propane

BAB III

METODOLOGI

Dalam melaksanakan projek ini, kaedah pelaksanaan dalam merekabentuk dan menjalankan ujikaji alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder adalah seperti berikut:



Rajah 3.1: Carta alir pelaksanaan alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder

3.1 Mengumpul Maklumat

Mengumpul segala maklumat mengenai ciri-ciri fizikal LPG, tong selinder LPG, alat pengukur paras bendalir dan sistem pengukuran. Kesemua maklumat yang diperoleh tidak semestinya daripada jurnal. Pelbagai maklumat boleh diambil asalkan ia berkaitan dengan rekabentuk dan ujikaji yang akan dilakukan. Pengumpulan maklumat penting untuk memudahkan proses rekabentuk dan ujikaji.

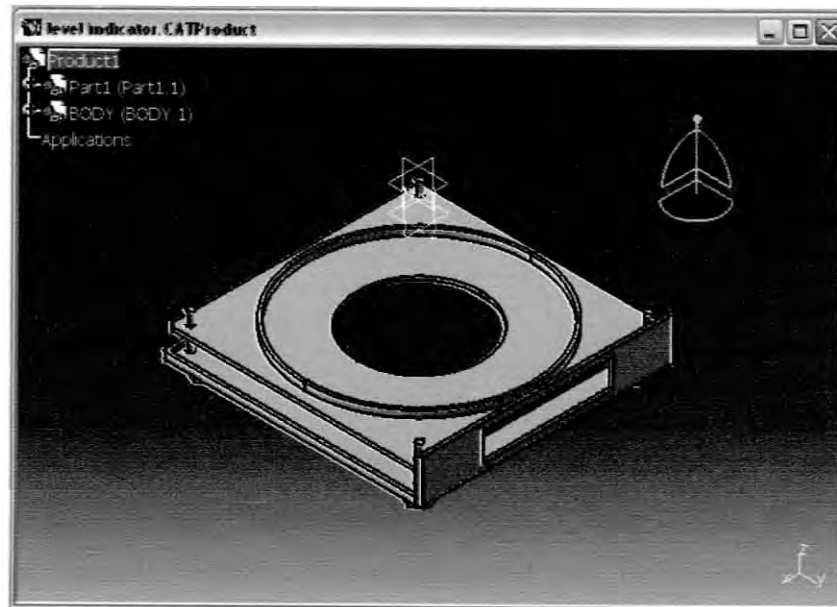
3.2 Merekabentuk

Memilih dan merekabentuk rekaan yang sesuai untuk alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam tong selinder. Proses merekabentuk akan dijalankan menggunakan perisian CATIA V5R10. Pakej perisian ini adalah dari Dassault System. Perisian ini membolehkan perekabentuk melakukan simulasi pada semua proses rekabentuk industri, dari fasa pra-projekt, rekabentuk terperinci, analisis, simulasi, pemasangan dan penyelenggaraan.

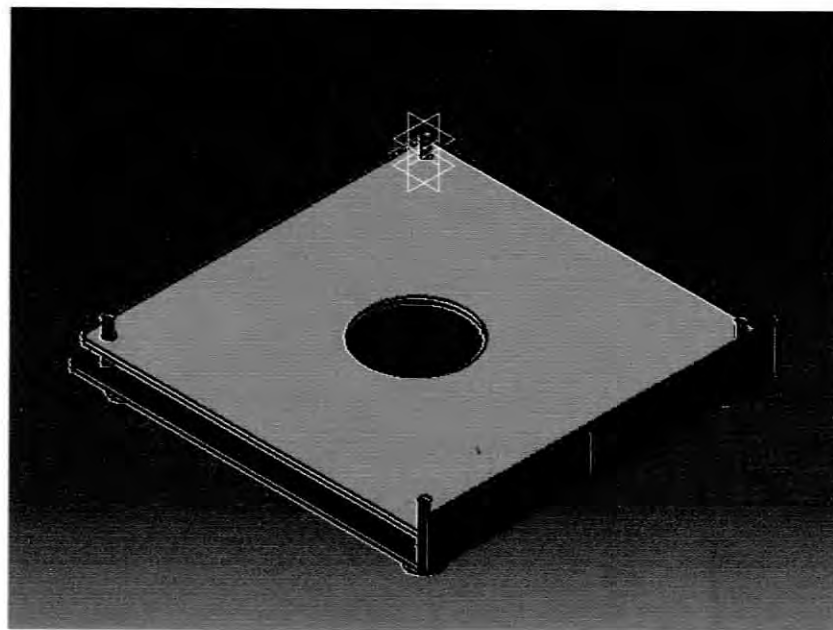
3.2.1 Pemilihan rekabentuk awal

Daripada kajian yang dilakukan, alat penunjuk paras kandungan bendalir kaedah berat dipilih. Kaedah ini menggunakan berat bendalir dan tangki simpanan sebagai medium untuk menunjukkan paras kandungan bendalir di dalam tanki simpanan. Bagi mengukur paras kandungan LPG di dalam tong selinder, berat kandungan LPG dan berat selinder digunakan sebagai medium untuk mengukur paras kandungan LPG di dalam tong selinder. Oleh itu sebuah alat pengukuran yang akan mengukur berat kandungan LPG dan tong selinder direkabentuk. Alat pengukuran ini akan mempunyai penunjuk yang akan menunjukkan paras kandungan LPG di dalam tong selinder.

Alat pengukuran ini menggunakan pegas, dimana apabila LPG di dalam tong selinder berkeadaan penuh, penunjuk aras akan berada pada paras bawah dan menunjukkan kandungan LPG di dalam tong selinder berkeadaan penuh. Apabila LPG di dalam tong selinder digunakan, pegas pada alat pengukuran akan menyebabkan tong selinder perlahan-lahan naik disebabkan pengurangan berat.



Rajah 3.2: Rekabentuk awal alat penunjuk paras kandungan LPG.



Rajah 3.3: Rekabentuk akhir alat penunjuk paras kandungan LPG.

3.2.2 Pemilihan Bahan

Pemilihan bahan adalah penting dalam rekabentuk. Pemilihan bahan akan menentukan jangka hayat dan ketahanan rekabentuk. Pemilihan bahan dibuat berdasarkan penggunaan rekabentuk itu dan jumlah beban yang ditampung oleh rekabentuk. Keadaan persekitaran dimana alat itu digunakan juga mempengaruhi pemilihan bahan. Bagi rekabentuk alat penunjuk paras kandungan LPG, keluli digunakan sebagai bahan bagi rangka alat penunjuk. Bagi pegas, pegas keluli tahan karat digunakan untuk mencegah karat dalam apa jua keadaan cuaca.

3.2.3 Ciri-ciri rekabentuk

Ciri-ciri rekabentuk yang telah dipilih adalah berasaskan berat dan tidak bergantung kepada suhu. Rekabentuk ini mudah dikendalikan dan tidak perlu pemasangan. Apabila selinder LPG diletakkan di atas rekabentuk, selinder berada pada kedudukan statik tanpa menggunakan sebarang klip. Rekabentuk ini menggunakan pegas keluli tahan karat bagi mencegah karat di dalam apa jua keadaan cuaca. Untuk mengukuhkan lagi rekabentuk, rangka keluli digunakan untuk beban yang tinggi.

3.3 Fabrikasi

Bagi merialisasikan sesuatu rekabentuk, fabrikasi perlu dilakukan. Fabrikasi melibatkan kerja-kerja memotong, mencanai, memateri dan kerja pemasangan. Bagi rekabentuk alat pengukur paras kandungan LPG, kerja-kerja yang terlibat adalah pengukuran bahan, pemotongan bahan, dan kerja pemasangan bahan. Bagi keseluruhan kerja fabrikasi bagi rekabentuk alat penunjuk paras kandungan LPG ini, tempoh yang dijangka bagi menyiapkan keseluruhan fabrikasi adalah empat hari.

3.3.1 Proses Fabrikasi

Proses fabrikasi alat pengukur paras kandungan LPG melibatkan kerja-kerja yang pengukuran bahan, pemotongan bahan, dan kerja pemasangan bahan. Untuk proses pengukuran, ia dilakukan untuk dua bahagian iaitu bahagian atas dan bahagian bawah alat penunjuk paras kandungan LPG. Proses seterusnya adalah proses pemotongan dan proses melipat. Proses pemotongan dilakukan dengan menggunakan pemotong plasma (plasma cutter). Manakala proses melipat dilakukan dengan menggunakan mesin melipat (bending machine). Proses pemasangan pula dilakukan dengan menggunakan kimpalan. Kimpalan yang digunakan adalah kimpalan arka dan kimpalan MIG (Metal Inert Gas Welding). Akhir sekali adalah proses kemas. Proses kemas ini melibatkan proses mencanai dan proses penyemburan cat.



Rajah 3.4 : Pandangan depan alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder



Rajah 3.5 : Pandangan sisi alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder

3.3.2 Pemilihan Pegas

Pemilihan pegas dilakukan dengan memilih pegas yang telah berada dipasaran. Ini kerana ia mudah diperolehi dan mempunyai belbagai saiz mengikut kehendak rekabentuk. Jadual 3.1 menunjukkan spesifikasi pegas yang telah dipilih.

Jadual 3.1: Spesifikasi pegas untuk alat penunjuk paras kandungan LPG

Bahan	Music wire A228
E	196.5 GPa
G	81.0 Gpa
Panjang, L_o	29 mm
Diameter, D	15 mm
Diameter pegas, d	2 mm
Bilangan Gelung, N	6

Apabila beban sebanyak 75 N dikenakan kepada pegas, pegas mengalami perubahan panjang sebanyak 10 mm. Berikut adalah pengiraan menentukan kekakuan pegas dan daya pegas ketika beban dikenakan.

- i. Kekakuan pegas.

$$k = \frac{d^4 G}{8D^3 N}$$

Dimana:

k = kekakuan pegas

d = diameter pegas

D = Diameter

N = Bilangan gelung pegas

Jika, $d = 2 \text{ mm}$, $G = 81 \text{ Gpa}$, $D = 15 \text{ mm}$ dan $N = 6$

$$k = \frac{d^4 G}{8D^3 N}$$

$$k = \frac{2^4 (81 \times 10^3)}{8(15^3)(6)}$$

$$k = 8 \text{ N/mm}$$

ii. Daya pegas ketika beban dikenakan

$$F = kx$$

Dimana:

F = Daya pegas ketika beban dikenakan

k = Kekakuan spring

x = perubahan panjang spring ketika beban dikenakan

Jika, $k = 8 \text{ N/mm}$, $x = 10 \text{ mm}$.

$$F = kx$$

$$F = (8)(10)$$

$$F = 80 \text{ N}$$

3.4 Ujikaji

Ujikaji terhadap rekabentuk alat penunjuk paras kandungan LPG dijalankan bagi menentukan kecekapan dan keboleharapan alat pengukuran ini dalam penunjuk paras kandungan LPG di dalam tong selinder. Ujikaji-ujikaji yang telah dijalankan ialah ujikaji menentukan skala pengukuran, ujikaji pelepasan LPG di atas penimbang berat dan di atas alat pengukuran paras kandungan LPG didalam selinder, ujian penentukuran (*calibration*) dan analisis generatif struktur.

3.4.1 Ujikaji menentukan skala pengukuran

Objektif ujikaji ini dijalankan adalah untuk menentukan berat silinder LPG ketika penuh dan ketika kosong dan untuk menentukan skala pengukuran alat penunjuk paras kandungan silinder LPG. Ujikaji ini menggunakan 2 selinder LPG jenama Petronas. Alatan lain yang digunakan untuk ujikaji ini ialah penimbang berat dan alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder.

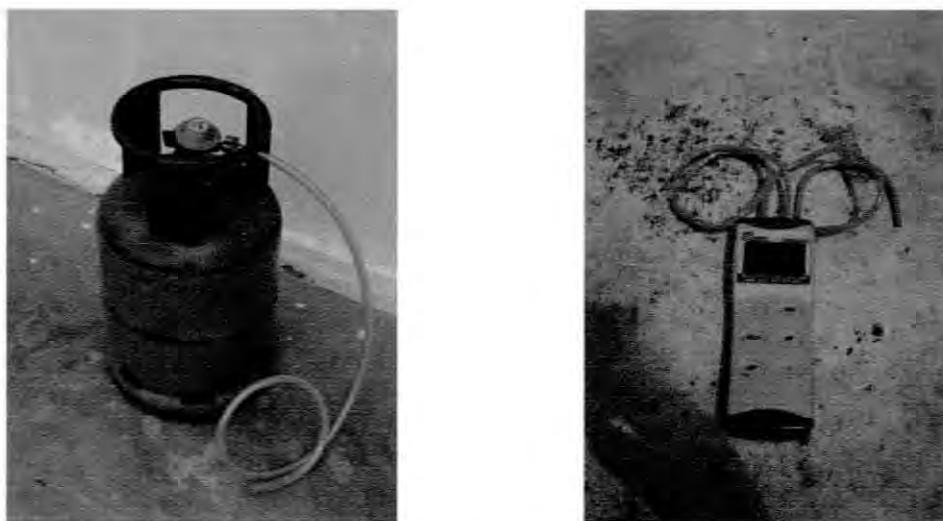
Ujikaji ini dijalankan dengan mengambil bacaan berat selinder LPG kosong dan selinder LPG penuh dengan menggunakan alat penimbang. Kemudian selinder LPG penuh diletakkan di atas alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder dan penanda ditentukan. Selinder LPG kosong diletakkan di atas alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder dan penanda ditentukan. Perbezaan berat diantara selinder LPG penuh dan kosong ditentukan. Begitu juga untuk perbezaan ukuran bagi selinder LPG penuh dan kosong di alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder. Kemudian skala pengukuran pada alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder ditentukan.



Rajah 3.6 : Proses menimbang berat selinder LPG di atas alat penimbang

3.4.2 Ujikaji pelepasan LPG di atas penimbang berat dan di atas alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder

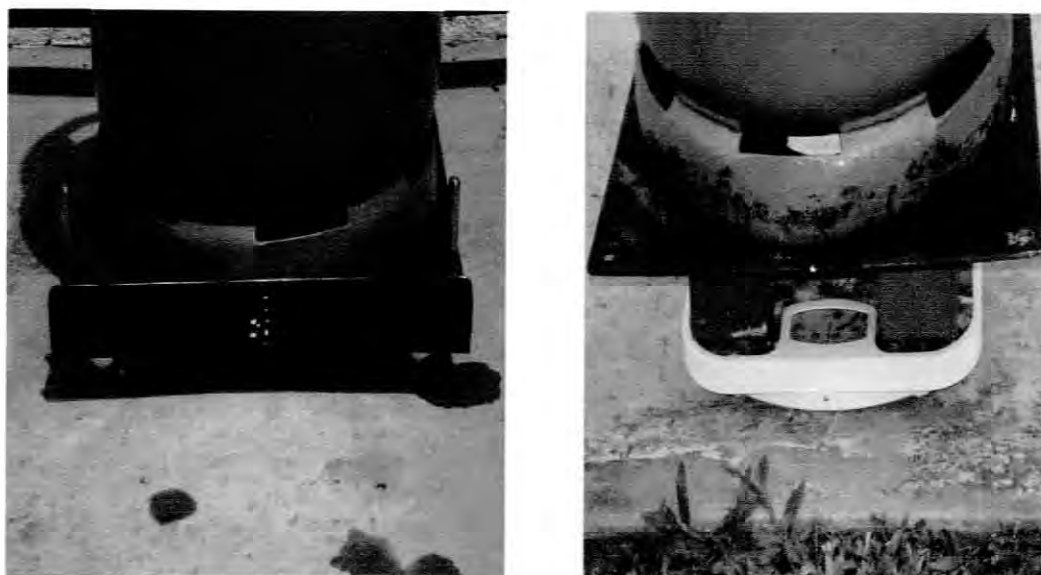
Objektif ujian ini dilakukan adalah untuk menentukan skala penurunan berat dan isipadu LPG apabila gas LPG dilepaskan di atas penimbang berat dan di atas alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder pada masa yang telah ditetapkan. Peralatan yang digunakan untuk ujikaji ini adalah 2 buah silinder LPG penuh dan kosong, hos penghantaran gas LPG, alat atur gas LPG, alat penunjuk paras kandungan silinder LPG, alat penimbang berat, jam randik, manometer dan alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder.



Rajah 3.7: Peralatan yang digunakan untuk ujikaji.

Ujikaji ini dijalankan dengan melepaskan LPG ke udara selama 5 minit. Setiap pelepasan LPG keudara dilakukan sebanyak 2 kali, pertama di atas penimbang berat dan yang kedua di atas alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder. Sebelum pelepasan LPG ke udara dilakukan, bacaan berat asal pada alat penimbang dicatat. Manakala bagi pelepasan di atas alat penunjuk paras kandungan, ukuran asal dicatat atau ditandakan. Selepas pelepasan LPG ke udara selama 5 minit dijalankan, bacaan berat pada alat penimbang dan ukuran pada skala pengukuran alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder di catat. Untuk pelepasan di atas alat penimbang berat, bacaan yang diambil adalah perbezaan berat, manakala bagi alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder pula, bacaan yang diambil adalah perbezaan ukuran pada skala pengukuran.

Setelah perbezaan berat pada alat penimbang dan perbezaan ukuran pada alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder diperolehi, maka nilai bagi isipadu dan bacaan berat dengan menggunakan alat pengukur paras kandungan LPG dapat ditentukan. Graf bacaan berat melawan masa bagi bacaan di atas penimbang dan di atas alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder diplot. Graf ini bertujuan untuk perbandingan bacaan diantara bacaan berat di atas penimbang dan di atas alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder.



Rajah 3.8: Proses pelepasan LPG ke udara di atas alat penimbang dan alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder

3.4.3 Ujikaji penentukuran

Semua sistem pengukuran harus melalui proses penentukuran, proses dimana satu set pengukuran dibuat dari nilai ukuran yang bebas. Kemudian bacaan itu boleh dibandingkan dengan nilai yang diketahui dan kemudian ralat boleh dikenalpasti. Bilangan nilai perbezaan diperlukan untuk proses penentukuran bergantung kepada jenis sistem pengukuran dan aplikasinya. Dalam sebahagian proses penentukuran, nilai bahan ukur diketahui kerana ia adalah nilai piawai. Di proses penentukuran yang lain, sistem pengukuran yang lain dimana ketepatannya di ketahui boleh digunakan untuk mengenal pasti nilai bahan yang diukur. Walaubagaimanapun penggunaan nilai piawai adalah lebih dipercayai.

Untuk ujikaji penentukuran alat penunjuk paras kandungan LPG ini, set bacaan di ambil dari ujikaji 3.1.4.2, iaitu ujikaji pelepasan LPG di atas penimbang berat dan di atas alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder. Set bacaan berat bagi pelepasan LPG di atas penimbang berat digunakan sebagai nilai piawai. Ujikaji penentukuran alat penunjuk paras kandungan LPG ini akan menentukan anggaran ralat piawai dan berat sebenar LPG apabila diukur menggunakan alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder. Kaedah yang digunakan untuk ujikaji penentukuran ini adalah '*least-squares linear fit*'. Berikut adalah pengiraan bagi mentukan berat sebenar LPG dan anggaran ralat piawai alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder.

Jadual 3.2 : Kaedah '*least-squares linear fit*'

Bil	x	y	x²	y²	xy
1					
2					
3					
4					
5					
6					
	$\sum x =$	$\sum y =$	$\sum x^2 =$	$\sum y^2 =$	$\sum xy =$

- a. Dengan menggunakan kaedah '*least-squares linear fit*',

$$a = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{\sum x^2 \sum y - (\sum x)(\sum xy)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

- b. Untuk menentukan nilai sebenar berat LPG,

$$m = ax + b$$

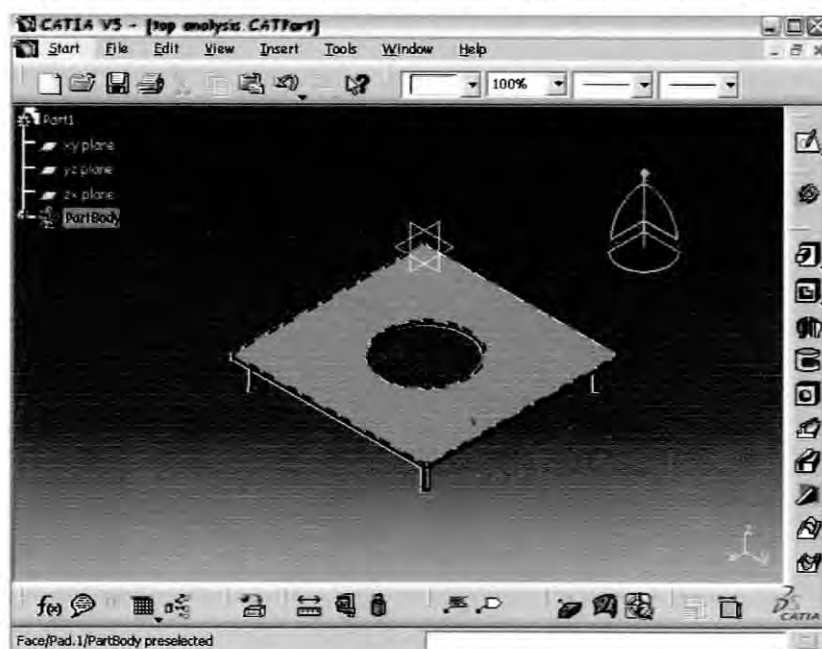
- c. Untuk menentukan anggaran ralat piawai alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder,

$$S = \sqrt{\frac{\sum y_i^2 - b \sum y_i - a \sum x_i y_i}{n - 2}}$$

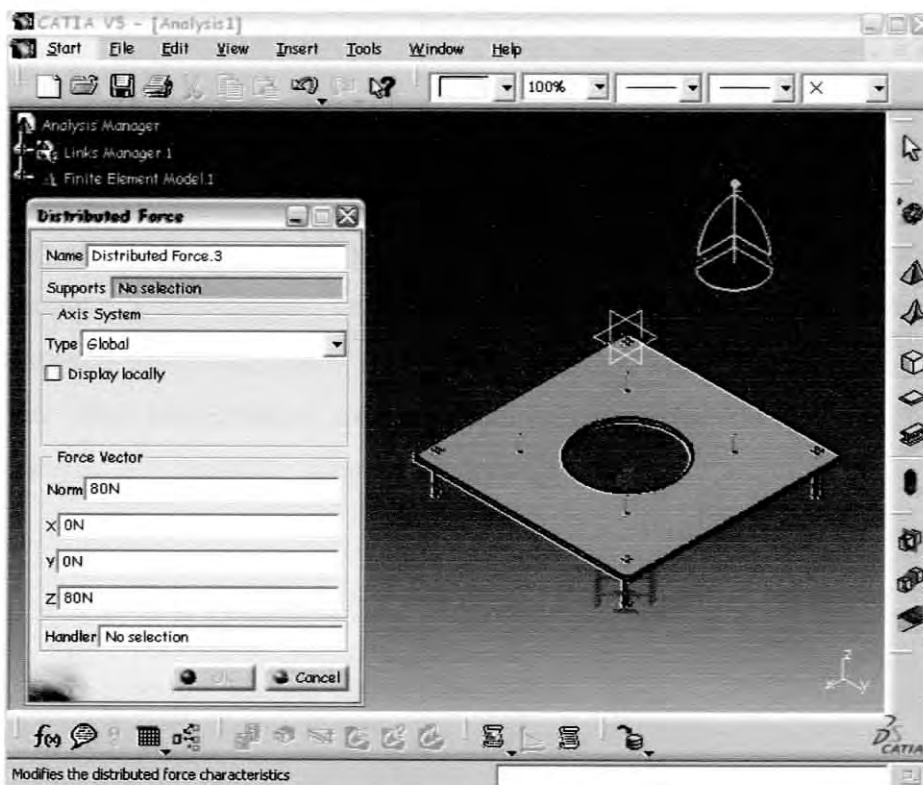
3.4.4 Analisis generatif struktur

Analisa generaktif struktur untuk alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder ini dilakukan dengan menggunakan perisian CATIA V5. Analisa generatif struktur CATIA ini mempunyai kebolehan dalam pra-pemprosesan struktur. Perekabentuk dapat melaksanakan beberapa analisis yang berkaitan dengan tegasan dan getaran termasuklah analisis sentuhan untuk bahagian mekanikal. Analisis struktur boleh dilakukan keatas bahagian isipadu, bahagian permukaan dan geometri wireframe. Untuk alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder ini, analisa generaktif stuktur digunakan bagi menentukan tegasan Von Mises pada struktur pabila tekanan atau beban dikenakan.

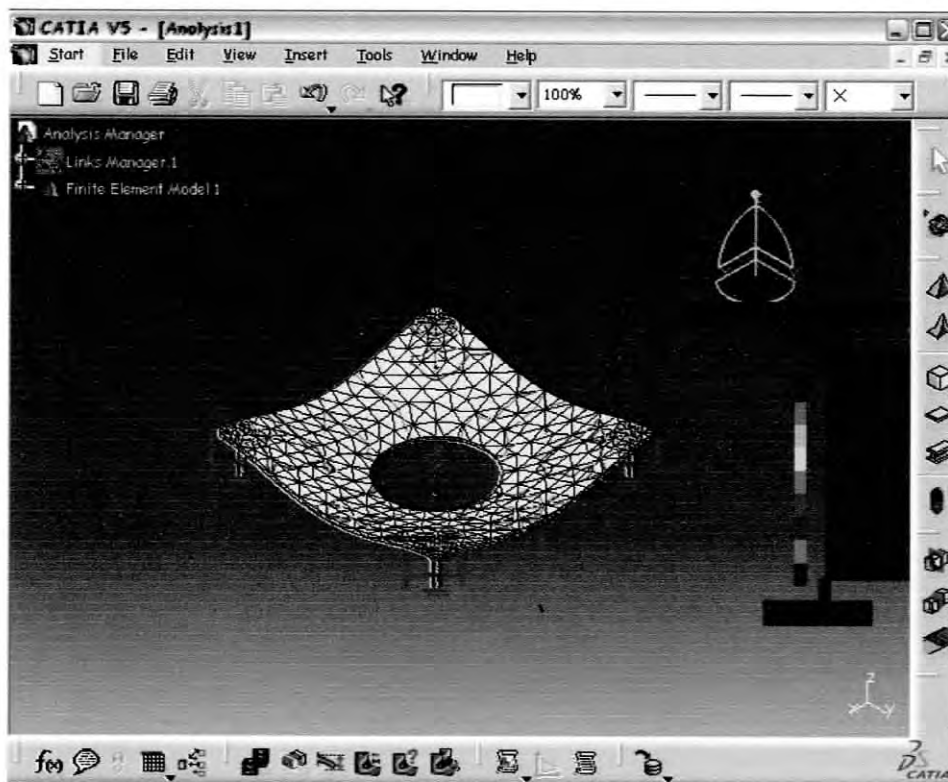
Analisa generaktif struktur untuk alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder ini terbahagi kepada 2 bahagian iaitu bahagian atas alat penunjuk paras kandungan LPG dan bahagian bawah alat penunjuk paras kandungan LPG. Sebelum analisis dijalankan, lukisan 3D alat penunjuk paras kandungan LPG disediakan. Kemudian pada bahagian analisis generaktif struktur, beban yang ingin dikenakan dimasukkan. Setelah beban telah dikenalpasti, pengiraan dimulakan. Hasil keputusan diperolehi dengan memilih *'result'* dan von mises stress.



Rajah 3.9 : Struktur asal rekabentuk sebelum analisa dijalankan



Rajah 3.10 : Proses memasukan daya keaan pada struktur



Rajah 3.11: Gambarajah struktur setelah analisa generatif struktur dijalankan.

3.5 Pencarian dan Penyelesaian Masalah

Pencarian dan penyelesaian masalah diperolehi daripada data diperolehi dari ujikaji yang dijalankan terhadap alat penunjuk paras kandungan gas petroleum cecair. Pencarian masalah menumpukan kepada ralat yang diperolehi daripada ujian penentukuran. Penyelesaian masalah menumpukan kepada bagaimana ingin mengurangkan ralat yang diperolehi dari ujian penentukuran yang dijalankan. Proses pencarian dan penyelesaian masalah ini dapat memperbaiki kecekapan dan keboleharapan alat pengukur paras kandungan LPG ini.

3.6 Cadangan dan komen untuk pembaikan.

Selepas melalui beberapa proses seperti mengumpul maklumat, merekabentuk, ujikaji dan pencarian dan penyelesaian masalah. Satu kesimpulan yang merupakan cadangan dan komen untuk pembaikan dibuat. Ini bertujuan untuk memperbaiki dan membangunkan alat penunjuk paras kandungan gas petroleum cecair ini pada masa hadapan. Di dalam cadangan dan komen untuk pembaikan ini juga akan terdapat cadangan-cadangan rekabentuk dan ujikaji yang boleh dilakukan pada masa hadapan.

BAB IV

DATA UJIKAJI

4.0 Pengenalan

Di dalam bab ini, data bagi semua ujikaji yang telah dijalankan dinyatakan. Data ujikaji ini tebahagi kepada 4 bahagian iaitu data ujikaji bagi ujian menentukan skala pengukuran alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder, data ujikaji bagi ujian pelepasan LPG keudara di atas penimbang berat dan di atas alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder, data ujikaji bagi ujian penentukuran dan data ujikaji bagi analisa generaktif struktur alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder.

Di dalam bab ini juga, keputusan bagi semua ujikaji yang telah dijalankan dinyatakan. Keputusan ujikaji dinyatakan dalam bentuk jadual dan juga graf. Bagi ujikaji menentukan skala pengukuran alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder, ujikaji pelepasan LPG keudara di atas penimbang berat dan di atas alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder, ujikaji bagi ujian penentukuran, keputusan ujikaji dibuat selepas data ujikaji diperolehi dan pengiraan dijalankan. Manakala keputusan bagi analisa generaktif struktur alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder, keputusan analisa dibuat setelah beberapa parameter dimasukkan kedalam data ujikaji.

4.1 Ujikaji menentukan skala pengukuran alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder.

4.1.1 Data Ujikaji

Jadual 4.1: Bacaan berat bagi selinder penuh dan selinder kosong

Bil	Ujikaji	Berat (kg)			
		Bacaan Pertama	Bacaan Kedua	Bacaan Ketiga	Purata Bacaan
1	Selinder penuh	28.7	28.9	29.1	28.9
2	Selinder kosong	16.6	16.8	17.0	16.8

a. Pengiraan menentukan isipadu (m^3)

Pengisian 33.3 liter LPG = 15 kg berat LPG

$$\therefore 1 \text{ liter LPG} = 0.5 \text{ kg LPG}$$

$$\therefore 1 \text{ kg LPG} = 2 \text{ liter LPG}$$

$$\therefore 1 \text{ liter} = 0.001 \text{ m}^3$$

Isipadu LPG di dalam selinder, V_{LPG}

$$V_{\text{LPG}} = (\text{Berat} - \text{Berat}_{\text{Silinder}_{\text{Kosong}}}) \times 2 \text{ liter} \times \frac{0.001 \text{ m}^3}{1 \text{ liter}}$$

Contoh pengiraan menentukan isipadu di dalam selinder, V_{LPG}

Bil	Masa (minit)	Berat (kg)			
		Bacaan Pertama	Bacaan Kedua	Bacaan Ketiga	Purata Bacaan
1	0	25	24.8	25.2	25.0

Berat selinder penuh = **28.9 kg**

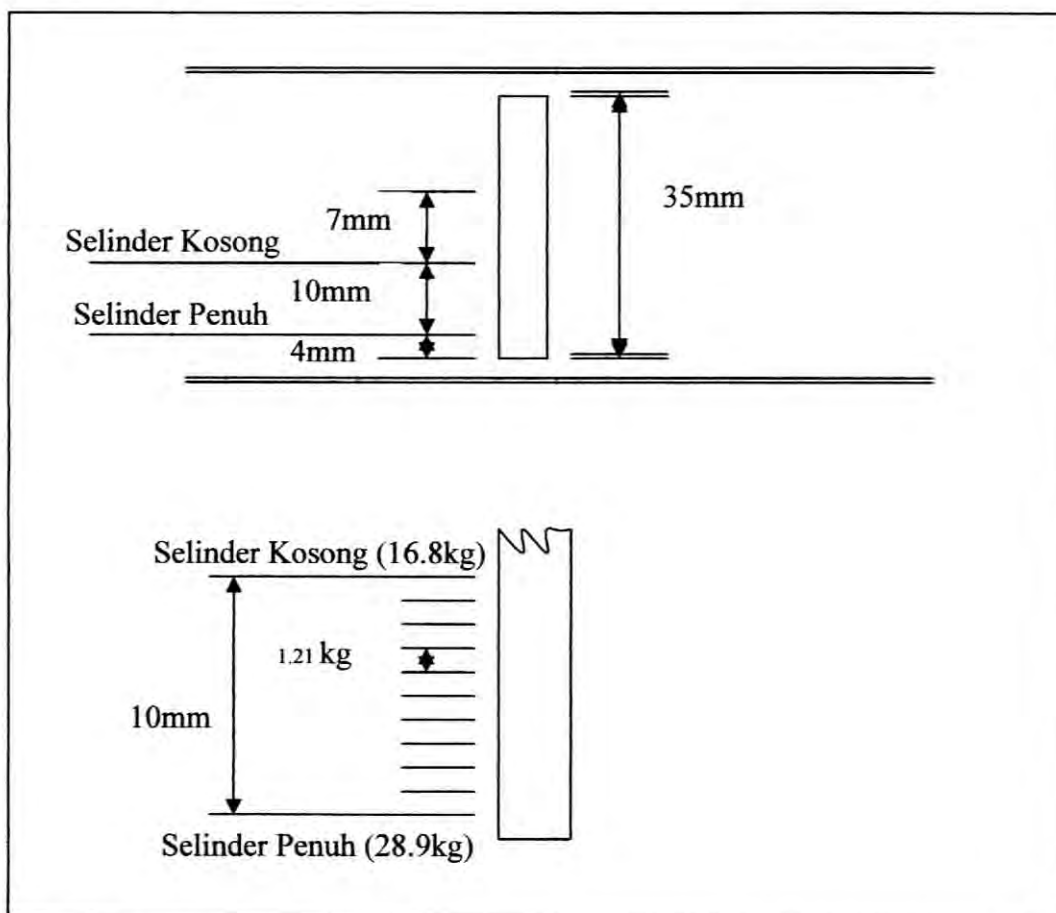
Berat selinder kosong = **16.8 kg**

$$V_{\text{LPG}} = (\text{Berat} - \text{Berat}_{\text{Silinder}_{\text{Kosong}}}) \times 2 \text{ liter} \times \frac{0.001 \text{ m}^3}{1 \text{ liter}}$$

$$V_{\text{LPG}} = (25 - 16.8) \times 2 \text{ liter} \times \frac{0.001 \text{ m}^3}{1 \text{ liter}}$$

$$V_{\text{LPG}} = 0.0164 \text{ m}^3$$

b. Menentukan skala pengukuran bagi selinder penuh dan selinder kosong



Rajah 4.1: Penentuan skala pengukuran pada alat penunjuk paras kandungan LPG

4.1.2 Keputusan

Jadual 4.2: Keputusan ujikaji menentukan skala pengukuran alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder

Bil	Ujikaji	Berat (kg)	Isipadu (m ³)	Ukuran (mm)
1	Selinder penuh	28.9	0.0284	0
2	Selinder kosong	16.8	0.0006	10

4.2 Ujikaji pelepasan LPG di atas penimbang berat dan di atas alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder

4.2.1 Data Ujikaji

a. Pelepasan LPG di atas penimbang berat.

Jadual 4.3: Bacaan pelepasan LPG di atas penimbang berat

Bil	Masa (minit)	Tekanan (Bar)	Berat (kg)			
			Bacaan Pertama	Bacaan Kedua	Bacaan Ketiga	Purata Bacaan
1	0	0.038	25	24.8	25.2	25.0
2	5	0.038	24.7	24.5	24.8	24.7
3	10	0.038	24.1	24.2	24.0	24.1
4	15	0.034	23.6	23.5	23.7	23.6
5	20	0.034	23.1	23.0	22.8	22.9
6	25	0.034	22.8	22.7	23.0	22.8
7	30	0.032	22.4	22.3	22.4	22.4
8	35	0.032	22.0	22.0	22.3	22.1
9	40	0.032	21.6	21.5	21.4	21.5
10	45	0.030	21.1	21.1	21.3	21.2
11	50	0.030	20.7	20.6	20.5	20.6
12	55	0.030	20.2	20.2	20.2	20.2
13	60	0.028	19.8	19.8	19.9	19.9

b. Pelepasan LPG di atas alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder

Jadual 4.4: Bacaan pelepasan LPG di atas alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder

Bil	Masa (minit)	Tekanan (Bar)	Ukuran (mm)			
			Bacaan Pertama	Bacaan Kedua	Bacaan Ketiga	Purata Bacaan
1	0	0.038	7	7	6.5	6.8
2	5	0.038	6.5	7	6.5	6.7
3	10	0.038	6	6	6	6
4	15	0.034	5.5	5.5	6	5.7
5	20	0.034	5.25	5.5	5.25	5.3
6	25	0.034	4.4	4.5	4.5	4.5
7	30	0.032	4.0	4.25	4.0	4.1
8	35	0.032	3.75	3.5	3.75	3.7
9	40	0.032	3.25	3.5	3.25	3.3
10	45	0.030	3.0	3.0	3.0	3
11	50	0.030	2.75	2.5	2.75	2.7
12	55	0.030	2.50	2.5	5.5	3.5
13	60	0.028	1.75	1.75	1.5	1.7

i. Pengiraan menentukan isipadu (m^3)

Pengisian 33.3 liter LPG = 15kg berat gas petrolium cecair.

$$\therefore 1 \text{ liter LPG} = 0.5\text{kg LPG}$$

$$\therefore 1 \text{ kg LPG} = 2 \text{ liter LPG}$$

$$\therefore 1 \text{ liter} = 0.001 \text{ m}^3$$

Isipadu LPG di dalam selinder, V_{LPG}

$$V_{\text{LPG}} = (\text{Berat} - \text{Berat}_{\text{ Silinder}_{\text{ Kosong}}}) \times 2\text{liter} \times \frac{0.001\text{m}^3}{1\text{liter}}$$

Contoh pengiraan menentukan isipadu di dalam selinder, V_{LPG}

Bil	Masa (minit)	Berat (kg)			
		Bacaan Pertama	Bacaan Kedua	Bacaan Ketiga	Purata Bacaan
1	0	25	24.8	25.2	25.0

Berat selinder penuh = **28.9 kg**

Berat selinder kosong = **16.8 kg**

$$V_{\text{LPG}} = (\text{Berat} - \text{Berat}_{\text{ Silinder}_{\text{ Kosong}}}) \times 2\text{liter} \times \frac{0.001\text{m}^3}{1\text{liter}}$$

$$V_{\text{LPG}} = (25 - 16.8) \times 2\text{liter} \times \frac{0.001\text{m}^3}{1\text{liter}}$$

$$V_{\text{LPG}} = 0.0164 \text{ m}^3$$

ii. **Pengiraan menentukan berat selinder, m_s**

Pada skala pengukuran alat penunjuk aras kandungan LPG, jarak antara penanda bagi selinder penuh dan penanda bagi selinder kosong adalah 10mm. Perbezaan berat antara selinder kosong dan selinder penuh adalah sebanyak 12.1 kg. Jadi, perubahan berat setiap satu mm di skala pengukuran mewakili perubahan 1.21 kg.

$$\text{Berat selinder, } m_s = \text{Berat selinder kosong} + (\text{ukuran} \times 1.21)$$

Contoh pengiraan.

Bil	Masa (minit)	Ukuran (mm)	Berat (kg)	Tekanan (Bar)	Isipadu (m³)
1	0	7	25.27	0.038	0.0175

Berat selinder penuh = **28.9 kg**

Berat selinder kosong = **16.8 kg**

$$\text{Berat selinder, } m_s = \text{Berat selinder kosong} + (\text{ukuran} \times 1.21)$$

$$\text{Berat selinder, } m_s = 16.8 + (7 \times 1.21)$$

$$\text{Berat selinder, } m_s = 25.27 \text{ kg}$$

4.2.2 Keputusan

a. Pelepasan LPG di atas penimbang berat.

Jadual 4.5: Keputusan ujikaji pelepasan LPG ke udara di atas penimbang berat.

Bil	Masa (minit)	Berat (kg)	Tekanan (Bar)	Isipadu (m³)
1	0	25.0	0.038	0.0172
2	5	24.7	0.038	0.0164
3	10	24.1	0.038	0.0151
4	15	23.6	0.034	0.0143
5	20	22.9	0.034	0.0134
6	25	22.8	0.034	0.0126
7	30	22.4	0.032	0.0118
8	35	22.1	0.032	0.0110
9	40	21.5	0.032	0.0102
10	45	21.2	0.030	0.0092
11	50	20.6	0.030	0.0084
12	55	20.2	0.030	0.0074
13	60	19.9	0.028	0.0066

b. Pelepasan LPG di atas alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder

Jadual 4.6: Keputusan ujikaji pelepasan LPG ke udara di atas alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder

Bil	Masa (minit)	Ukuran (mm)	Berat (kg)	Tekanan (Bar)	Isipadu (m³)
1	0	7	25.27	0.038	0.0175
2	5	6.5	24.67	0.038	0.0163
3	10	6	24.06	0.038	0.0151
4	15	5.5	23.46	0.034	0.0139
5	20	5.25	23.15	0.034	0.0133
6	25	4.4	22.26	0.034	0.0115
7	30	4.0	21.64	0.032	0.0103
8	35	3.75	21.34	0.032	0.0097
9	40	3.25	20.74	0.032	0.0085
10	45	3.0	20.43	0.030	0.0079
11	50	2.75	20.13	0.030	0.0073
12	55	2.50	19.8	0.030	0.0066
13	60	1.75	18.9	0.028	0.0048

4.3 Ujian penentukuran alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder

4.3.1 Data Ujikaji

Jadual 4.7: Data uikaji penentukuran alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder

Bil	Berat (Penimbang Berat) (kg) x	Berat (Alat Pengukur) (kg) y
1	25.0	25.27
2	24.7	24.67
3	24.1	24.06
4	23.6	23.46
5	22.9	23.15
6	22.8	22.26
7	22.4	21.64
8	22.1	21.34
9	21.5	20.74
10	21.2	20.43
11	20.6	20.13
12	20.2	19.8
13	19.9	18.9

- d. Dengan menggunakan kaedah '*least-squares linear fit*',

$$a = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{\sum x^2 \sum y - (\sum x)(\sum xy)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

- e. Untuk menentukan nilai sebenar berat LPG,

$$m = ax + b$$

- f. Untuk menentukan anggaran ralat piawai alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder,

$$S = \sqrt{\frac{\sum y_i^2 - b \sum y_i - a \sum x_i y_i}{n - 2}}$$

4.3.2 Keputusan

Jadual 4.8: Pengiraan menggunakan kaedah '*least-squares linear fit*'

Bil	x	y	x ²	y ²	xy
1	25.0	25.27	625	638.6	631.8
2	24.7	24.67	610.1	608.6	609.4
3	24.1	24.06	580.8	578.9	579.8
4	23.6	23.46	556.9	550.4	553.7
5	22.9	23.15	524.4	535.9	530.1
6	22.8	22.26	519.8	495.5	507.5
7	22.4	21.64	501.8	468.3	484.7
8	22.1	21.34	488.4	455.4	471.6
9	21.5	20.74	462.3	430.15	445.9
10	21.2	20.43	449.4	417.4	433.1
11	20.6	20.13	424.4	405.2	414.7
12	20.2	19.8	408.1	392.0	399.9
13	19.9	18.9	396.0	357.2	376.1
	$\sum x = 291$	$\sum y = 285.9$	$\sum x^2 = 6547.4$	$\sum y^2 = 6333.6$	$\sum xy = 6438.3$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \\
 &= \frac{(13)(6438.3) - (291)(285.9)}{13(6547.4) - (291)^2} \\
 &= \mathbf{1.15}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{\sum x^2 \sum y - (\sum x)(\sum xy)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \\
 &= \frac{(6547.4)(285.9) - (291)(6438.3)}{13(6547.4) - (291)^2} \\
 &= \mathbf{-3.776}
 \end{aligned}$$

Daripada data ujikaji,

$$a = 1.15, b = -3.776.$$

Nilai sebenar berat LPG,

$$m = 1.15x - 3.776$$

Jadual 4.9: Keputusan ujikaji penentukuran alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder

Bil	Berat (Penimbang Berat) (kg) x	Berat (Alat Pengukur) (kg) y	Berat Sebenar (Alat Pengukur) (kg) m
1	25.0	25.27	24.9
2	24.7	24.67	24.6
3	24.1	24.06	24.0
4	23.6	23.46	23.4
5	22.9	23.15	22.6
6	22.8	22.26	22.4
7	22.4	21.64	22.0
8	22.1	21.34	21.6
9	21.5	20.74	20.9
10	21.2	20.43	20.6
11	20.6	20.13	19.9
12	20.2	19.8	19.5
13	19.9	18.9	19.1

Oleh itu, anggaran ralat piawai:-

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{\frac{\sum y_i^2 - b \sum y_i - a \sum x_i y_i}{n-2}} \\ &= \sqrt{\frac{6333.6 - (-3.776)(285.9) - (1.15)(6438.3)}{13-2}} \\ &= \mathbf{0.9102} \end{aligned}$$

4.4 Analisis Generatif Struktur Alat Penunjuk Paras Kandungan LPG

4.4.1 Data Analisis

a. Bahagian badan alat penunjuk paras kandungan LPG

Jadual 4.9 menunjukkan data yang dimasukkan ke dalam analisa generatif struktur bagi bahagian bawah alat penunjuk paras kandungan LPG.

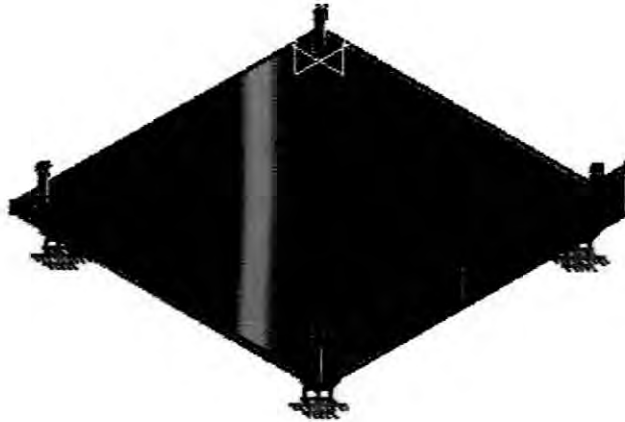
Jadual 4.10: Data analisis generatif struktur alat penunjuk paras kandungan LPG.

Bahan	Steel : Structural (ASTM-A36)
Modulus Young	2 e+11 N/m ²
Nisbah Poison	0.266
Ketumpatan	7860 kg/m ³
Pengembangan Haba	0.0000117
Kekuatan alah	2.5 e+8 N/m ²

Jadual 4.10 menunjukkan data daya kenaan yang dimasukkan ke dalam analisa generatif struktur bagi bahagian bawah alat penunjuk paras kandungan LPG.

Jadual 4.11: Daya kenaan pada struktur bahagian bawah alat penunjuk paras kandungan LPG

F _x	0	N
F _y	0	N
F _z	75	N



Rajah 4.2: Struktur asal bahagian bawah alat penunjuk paras kandungan LPG

Rajah 4.2 di atas menunjukkan struktur asal bahagian bawah alat penunjuk paras kandungan LPG dan daya-daya yang dikenakan sebelum analisa generaktif struktur dijalankan.

b. Bahagian atas alat penunjuk paras kandungan LPG

Jadual 4.11 menunjukkan data yang dimasukkan ke dalam analisa generatif struktur bagi bahagian atas alat penunjuk paras kandungan LPG.

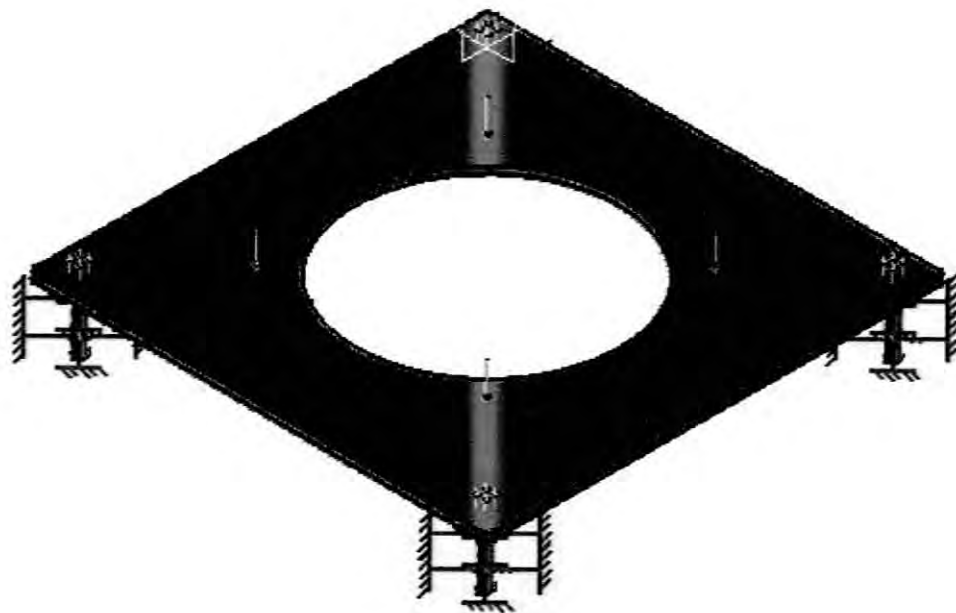
Jadual 4.12: Data analisis generatif struktur alat penunjuk paras kandungan LPG.

Bahan	Steel : Structural (ASTM-A36)
Modulus Young	2 e+11 N_m2
Nisbah Poisson	0.266
Ketumpuan	7860 kg/m3
Pengembangan Haba	0.0000117
Kekuatan Alah	2.5 e+8 N/m2

Jadual 4.12 menunjukkan data daya kenaan yang dimasukkan ke dalam analisa generatif struktur bagi bahagian atas alat penunjuk paras kandungan LPG.

Jadual 4.13: Daya kenaan pada struktur bahagian atas alat penunjuk paras kandungan LPG

Fx	0	N
Fy	0	N
Fz	-300	N



Rajah 4.3: Struktur asal bahagian bawah alat penunjuk paras kandungan LPG

Rajah 4.3 di atas menunjukkan bentuk asal bahagian bawah alat penunjuk paras kandungan LPG dan daya-daya yang dikenakan sebelum analisa generaktif struktur dijalankan.

4.4.2 Keputusan

a. Bahagian bawah alat penunjuk paras kandungan LPG

Rajah 4.4 menunjukkan perubahan struktur bahagian bawah alat penunjuk paras kandungan LPG selepas analisis generatif struktur dijalankan dan daya dikenakan keatas struktur.



Rajah 4.4: Perubahan struktur bahagian bawah alat penunjuk paras kandungan LPG

Rajah 4.5 menunjukkan taburan tegasan von mises terhadap stuktur bahagian bawah bawah alat penunjuk paras kandungan LPG selepas analisis generatif struktur dijalankan dan daya dikenakan keatas struktur.



Rajah 4.5: Taburan tegasan von mises terhadap stuktur bahagian bawah bawah alat penunjuk paras kandungan LPG

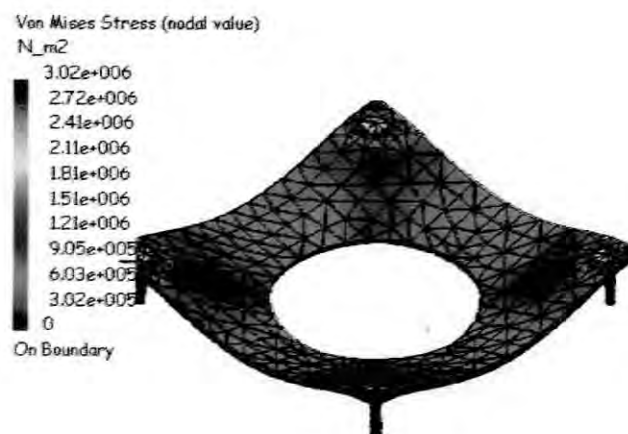
b. Bahagian atas alat penunjuk paras kandungan LPG

Rajah 4.6 menunjukkan perubahan struktur bahagian bawah alat penunjuk paras kandungan LPG selepas analisis generatif struktur dijalankan dan daya dikenakan keatas struktur.



Rajah 4.6: Perubahan struktur bahagian atas alat penunjuk paras kandungan LPG

Rajah 4.5 menunjukkan taburan tegasan von mises terhadap stuktur bahagian bawah bawah alat penunjuk paras kandungan LPG selepas analisis generatif struktur dijalankan dan daya dikenakan keatas struktur.



Rajah 4.7: Taburan tegasan von mises terhadap stuktur bahagian atas bawah alat penunjuk paras kandungan LPG

BAB V

PERBINCANGAN

5.0 Pengenalan

Di dalam bab perbincangan ini, keputusan ujikaji dibincangkan. Ujikaji-ujikaji yang terlibat adalah ujikaji menentukan skala pengukuran alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder, ujikaji pelepasan LPG keudara di atas alat penimbang dan di atas alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder, ujikaji penentuan alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder dan analisa generaktif struktur alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder. Perbincangan ini melibatkan hasil keputusan daripada daa ujikaji termasuklah hasil pengiraan dan graf yang dihasilkan.

5.1 Ujikaji menentukan skala pengukuran alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder.

Ujikaji ini dilakukan bagi menentukan skala pengukuran pada alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder. Berat selinder penuh dan kosong diperolehi daripada purata bagi tiga bacaan. Purata bacaan berat selinder penuh adalah 28.9 kg, manakala purata bacaan selinder kosong adalah 16.8 kg. Isipadu kandungan LPG di dalam selinder diperolehi dengan menggunakan data dari pembuat selinder iaitu pengisian 33.3 liter LPG bersamaan 15 kg berat LPG. Oleh demikian, 1 liter LPG bersamaan 0.5 kg LPG. Untuk ujikaji ini, isipadu LPG bagi selinder penuh adalah 0.0284 m^3 , manakala bagi selinder kosong, isipadu LPG adalah 0.0006 m^3 . Berikut adalah jadual keputusan bagi ujikaji menentukan skala pengukuran alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder.

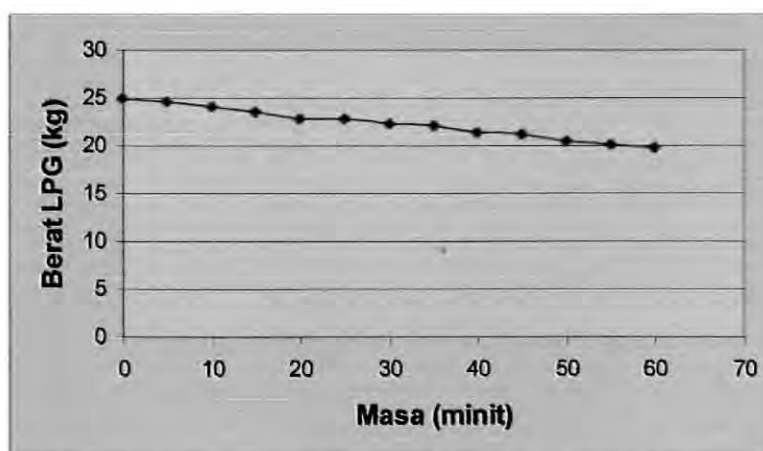
Jadual 5.1: Keputusan ujikaji menentukan skala pengukuran alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder.

Bil	Ujikaji	Berat (kg)	Isipadu (m^3)	Ukuran (mm)
1	Selinder penuh	28.9	0.0284	0
2	Selinder kosong	16.8	0.0006	10

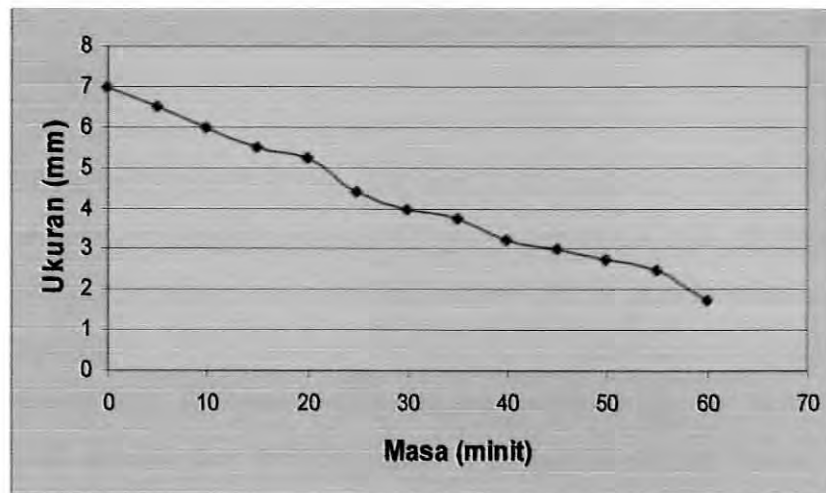
Dalam menentukan skala pengukuran pada alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder, perbezaan jarak antara penanda bagi selinder penuh dan penanda selinder kosong adalah 10 mm. Perbezaan berat antara selinder penuh dan selinder kosong adalah sebanyak 12.1 kg. Perbezaan berat ini merupakan berat kandungan LPG di dalam selinder. Oleh demikian, setiap perubahan 1 mm pada skala pengukuran mewakili perubahan berat LPG sebanyak 1.21 kg.

5.2 Ujikaji pelepasan LPG di atas penimbang berat dan di atas alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder.

Ujikaji pelepasan LPG di atas penimbang berat dan di atas alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder ini dilakukan bagi menentukan kadar penurunan berat dan LPG pada masa yang telah ditetapkan. Ujikaji ini juga dapat menentukan kadar penurunan berat dan LPG dengan menggunakan alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder. Berdasarkan keputusan yang diperolehi, kadar penurunan berat bagi ujikaji pelepasan LPG di atas penimbang berat adalah pada keadaan malar. Ini boleh dilihat pada rajah 5.1 graf berat LPG melawan masa bagi ujikaji pelepasan LPG di atas penimbang berat. Berat asal selinder LPG adalah 25 kg. Setelah pelepasan LPG keudara selama 60 minit, berat silinder berkurang kepada 19.9 kg. Oleh demikian pengurangan berat LPG adalah sebanyak 5.1 kg atau 20.4% bersamaan 0.0102 m³ isipadu LPG. Untuk pelepasan LPG ke udara di atas alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder, kadar penurunan juga dalam keadaan malar. Ukuran asal pada skala pengukuran adalah 6.8 mm. Setelah pelepasan LPG keudara selama 60 minit, ukuran pada skala pengukuran berkurang kepada 1.7 mm.oleh demikian, berlaku pengurangan ukuran sebanyak 5.1 mm bersamaan dengan 6.12 kg LPG dan 0.0122 m³ isipadu LPG. Penurunan ukuran pada keadaan malar ini secara langsung dapat dinyatakan penurunan berat juga pada keadaan langsung. Ini boleh dilihat pada rajah 5.2 graf ukuran LPG melawan masa bagi jikaji pelepasan LPG di atas alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder.



Rajah 5.1: Graf berat LPG melawan masa bagi ujikaji pelepasan LPG di atas penimbang berat



Rajah 5.2: Graf ukuran LPG melawan masa bagi ujikaji pelepasan LPG di atas alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder.

Di dalam ujikaji ini, pelepasan LPG ke udara selama lima minit, tekanan 0.038-0.028 bar akan menyebabkan penurunan berat purata sebanyak 0.5 kg. Jika berat bagi selinder penuh adalah 28.9 kg dan selinder kosong adalah 16.8 kg, anggaran masa bagi mengosongkan selinder pada tekanan pelepasan ke udara antara 0.038-0.028 bar adalah selama 121 minit atau dua jam 1 minit.

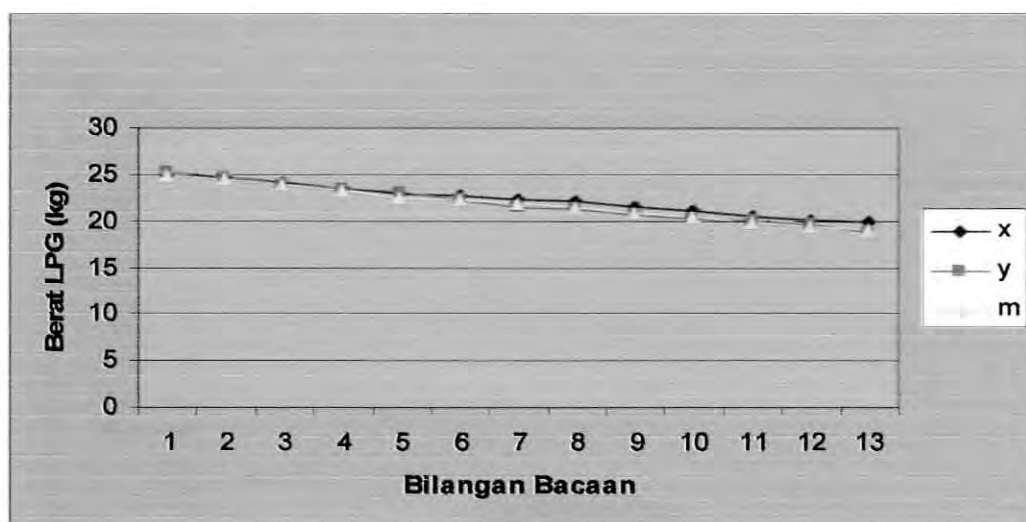
5.3 Ujikaji penentukuran alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder

Untuk ujikaji penentukuran alat penunjuk paras kandungan LPG ini, set bacaan di ambil dari ujikaji 3.1.4.2, iaitu ujikaji pelepasan LPG di atas penimbang berat dan di atas alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder. Set bacaan berat bagi pelepasan LPG di atas penimbang berat digunakan sebagai nilai piawai. Ujikaji penentukuran alat penunjuk paras kandungan LPG ini akan menentukan anggaran ralat piawai dan berat sebenar LPG apabila diukur menggunakan alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder. Kaedah yang digunakan untuk ujikaji penentukuran ini adalah '*least-squares linear fit*'. Setelah pengiraan dibuat, anggaran ralat piawai bagi alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder adalah 0.9102 kg. Manakala bacaan berat sebenar bagi set bacaan yang digunakan untuk ujikaji penentukuran ini adalah seperti di jadual 5.2.

Jadual 5.2: Keputusan ujikaji penentukuran alat penunjuk paras kandungan LPG

Bil	Berat (Penimbang Berat) (kg) x	Berat (Alat Pengukur) (kg) y	Berat Sebenar (Alat Pengukur) (kg) m
1	25.0	25.27	24.9
2	24.7	24.67	24.6
3	24.1	24.06	24.0
4	23.6	23.46	23.4
5	22.9	23.15	22.6
6	22.8	22.26	22.4
7	22.4	21.64	22.0
8	22.1	21.34	21.6
9	21.5	20.74	20.9
10	21.2	20.43	20.6
11	20.6	20.13	19.9
12	20.2	19.8	19.5
13	19.9	18.9	19.1

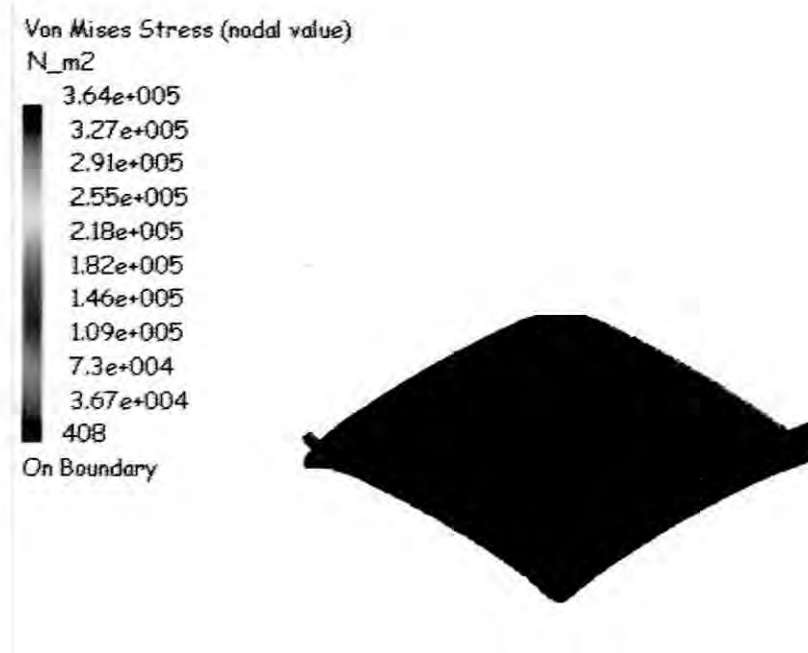
Rajah 5.3 menunjukkan graf bagi bacaan berat piawai, bacaan berat menggunakan alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder dan bacaan berat bacaan hasil dari ujian penentukuran. Garisan x yang mewakili set bacaan piawai, garisan y mewakili set bacaan berat dari pengukuran menggunakan alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder dan garisan m adalah bacaan berat sebenar yang diperolehi dari ujian penentukuran alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder.



Rajah 5.3: Graf keputusan ujian ujikaji penentukuran alat penunjuk paras kandungan LPG

5.4 Analisis generatif struktur alat penunjuk paras kandungan LPG

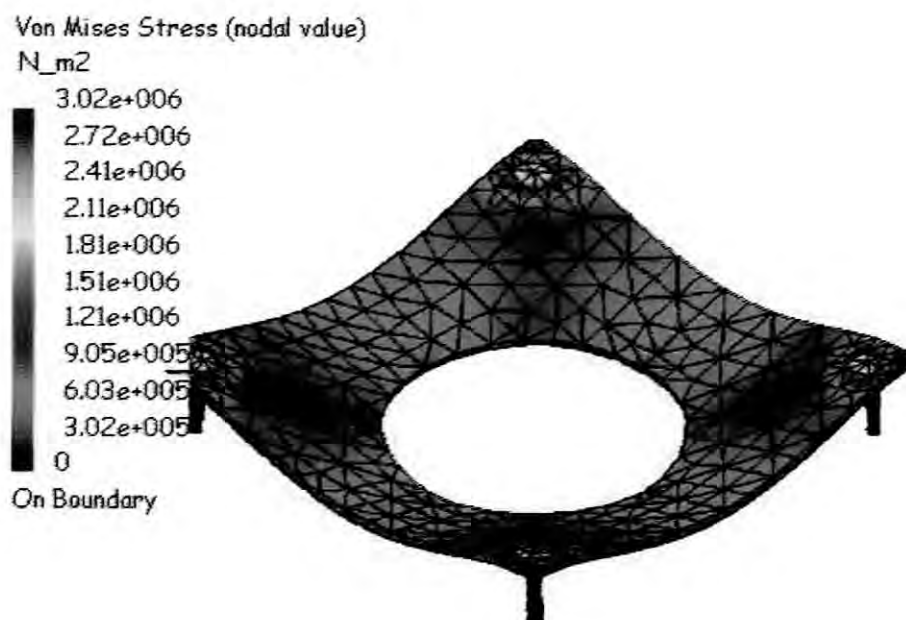
Analisa generaktif struktur untuk alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder ini terbahagi kepada 2 bahagian iaitu bahagian bawah alat penunjuk paras kandungan LPG dan bahagian bawah alat penunjuk paras kandungan LPG. Bagi bahagian bawah, bahan yang digunakan adalah besi, modulus young sebanyak 200 Gpa, ketumpatan 7860 kg/m^3 dan kekuatan alah sebanyak 250 Mpa. Daya yang dikenakan pada struktur ini adalah sebanyak 75 N pada tiang spring. Ini kerana untuk struktur bawah alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder ini, bahagian yang menahan daya adalah spring. Rajah 5.4 menunjukkan keputusan setelah analisa dijalankan.



Rajah 5.4: Taburan tegasan pada struktur bahagian bawah alat penunjuk LPG di dalam selinder apabila daya dikenakan

Dapat dilihat di Rajah 5.4, kawasan yang menerima tegasan yang tinggi adalah di kawasan yang menampung daya iaitu kawasan yang berwarna hijau dan kuning. Nilai tegasan yang terhasil di kawasan tersebut adalah di antara 109 KPa hingga 294 KPa.

Bagi bahagian atas, bahan yang digunakan adalah besi, modulus young sebanyak 200 Gpa, ketumpatan 7860 kg/m^3 dan kekuatan alah sebanyak 250 Mpa. Daya yang dikenakan pada struktur ini adalah sebanyak 300 N pada permukaan atas struktur tersebut. Manakala pada bahagian pula, daya yang dikenakan adalah sebanyak 30 N iaitu daya spring. Rajah 5.5 menunjukkan keputusan setelah analisa dijalankan.



Rajah 5.5: Taburan tegasan pada struktur bahagian atas alat penunjuk LPG di dalam selinder apabila daya dikenakan

Dapat dilihat di Rajah 5.5, kawasan yang menerima tegasan yang tinggi adalah di kawasan yang menampung daya iaitu kawasan yang bewarna hijau dan kuning. Nilai tegasan yang terhasil di kawasan tersebut adalah di antara 302 KPa hingga 3.02 MPa. Didapati juga berlaku ledingan pada struktur tersebut. Ini mungkin disebabkan daya beban yang ditampung adalah tinggi.

BAB IV

KESIMPULAN DAN CADANGAN

7.1 Kesimpulan

Secara keseluruhannya, dalam tempoh 30 minggu menyiapkan laporan ini, berbagai maklumat dan pengetahuan mengenai alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder diperolehi. Alatan ini merupakan parameter yang penting dalam menyiapkan laporan ini. Kajian dan penyelidikan secara teori dan amali adalah penting untuk mendapatkan keputusan yang lebih baik. Pada bahagian awal laporan ini, pengenalan projek dan penghasilan idea awal untuk melaksanakan projek diterangkan. Objektif utama projek ini adalah untuk merekabentuk, melakukan fabrikasi dan ujikaji alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder. Bagi merialisasikan projek ini, skop projek adalah mencari maklumat alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam silinder, merekabentuk alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam silinder menggunakan perisian CATIA V5R10, melakukan fabrikasi alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam silinder dan melakukan ujikaji dan analisa terhadap alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam silinder.

Di bahagian kajian ilmiah laporan ini, maklumat berkaitan projek dikumpul dan difahami bagi memudahkan pelaksanaan projek.. Gas Petroleum Cecair (LPG) ditakrifkan sebagai hasil petroleum berasaskan sifat kimia dan tindakbalasnya di mana sebatian hidrokarbon tersebut terdiri daripada ikatan hidrokarbon ataupun campuran kimia seperti propana, propilena, butana (isobutana atau butana) dan butilena. Alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder merupakan sebuah alat pengukuran paras bendalir. Alat ini menggunakan kaedah berat di mana berat kandungan LPG di dalam selinder dan berat selinder sebagai medium pengukuran.

Dalam melaksanakan projek ini, kaedah pelaksanaan atau metodologi dalam merekabentuk dan menjalankan ujikaji alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder adalah seperti mengumpul maklumat, merekabentuk, fabrikasi dan ujikaji. Dalam proses merekabentuk, alat penunjuk paras kandungan bendalir kaedah berat dipilih. Kaedah ini menggunakan berat bendalir dan tangki simpanan sebagai medium untuk menunjukkan paras kandungan bendalir di dalam tangki simpanan.. Proses fabrikasi melibatkan kerja-kerja memotong, mencanai, memateri dan kerja pemasangan. Bagi rekabentuk alat pengukur paras kandungan LPG, kerja-kerja yang terlibat adalah pengukuran bahan, pemotongan bahan, dan kerja pemasangan bahan. Ujikaji terhadap rekabentuk alat penunjuk paras kandungan LPG dijalankan bagi menentukan kecekapan dan keboleharapan alat pengukuran ini dalam penunjuk paras kandungan LPG di dalam tong selinder. Ujikaji-ujikaji yang telah dijalankan ialah ujikaji menentukan skala pengukuran, ujikaji pelepasan LPG di atas penimbang berat dan di atas alat pengukuran paras kandungan LPG didalam selinder, ujian penentukuran (*calibration*) dan analisis generatif struktur.

Setelah ujikaji-ujikaji dijalankan, berat asal selinder LPG adalah 25 kg. Setelah pelepasan LPG keudara selama 60 minit, berat silinder berkurang kepada 19.9 kg. Oleh demikian pengurangan berat LPG adalah sebanyak 5.1 kg atau 20.4% bersamaan 0.0102 m³ isipadu LPG. Untuk pelepasan LPG ke udara di atas alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder, kadar penurunan juga dalam keadaan malar. Ukuran asal pada skala pengukuran adalah 6.8 mm. Setelah pelepasan LPG keudara selama 60 minit, ukuran pada skala pengukuran berkurang kepada 1.7 mm. Oleh demikian, berlaku pengurangan ukuran sebanyak 5.1 mm bersamaan dengan 6.12 kg LPG dan 0.0122 m³ isipadu LPG. pelepasan LPG ke udara selama lima minit, tekanan 0.038-0.028 bar akan menyebabkan penurunan berat purata sebanyak 0.5 kg. Jika berat bagi selinder penuh adalah 28.9 kg dan selinder kosong adalah 16.8 kg, anggaran masa bagi mengosongkan selinder pada tekanan pelepasan ke udara antara 0.038-0.028 bar adalah selama 121 minit atau dua jam 1 minit. Bagi ujian penentukuran, kaedah yang digunakan untuk ujikaji penentukuran ini adalah *'least-squares linear fit'*. Setelah pengiraan dibuat, anggaran ralat piawai bagi alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder adalah 0.9102 kg.

7.2 Cadangan

Berikut adalah cadangan bagi tujuan penambahbaikan alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder untuk masa akan datang:-

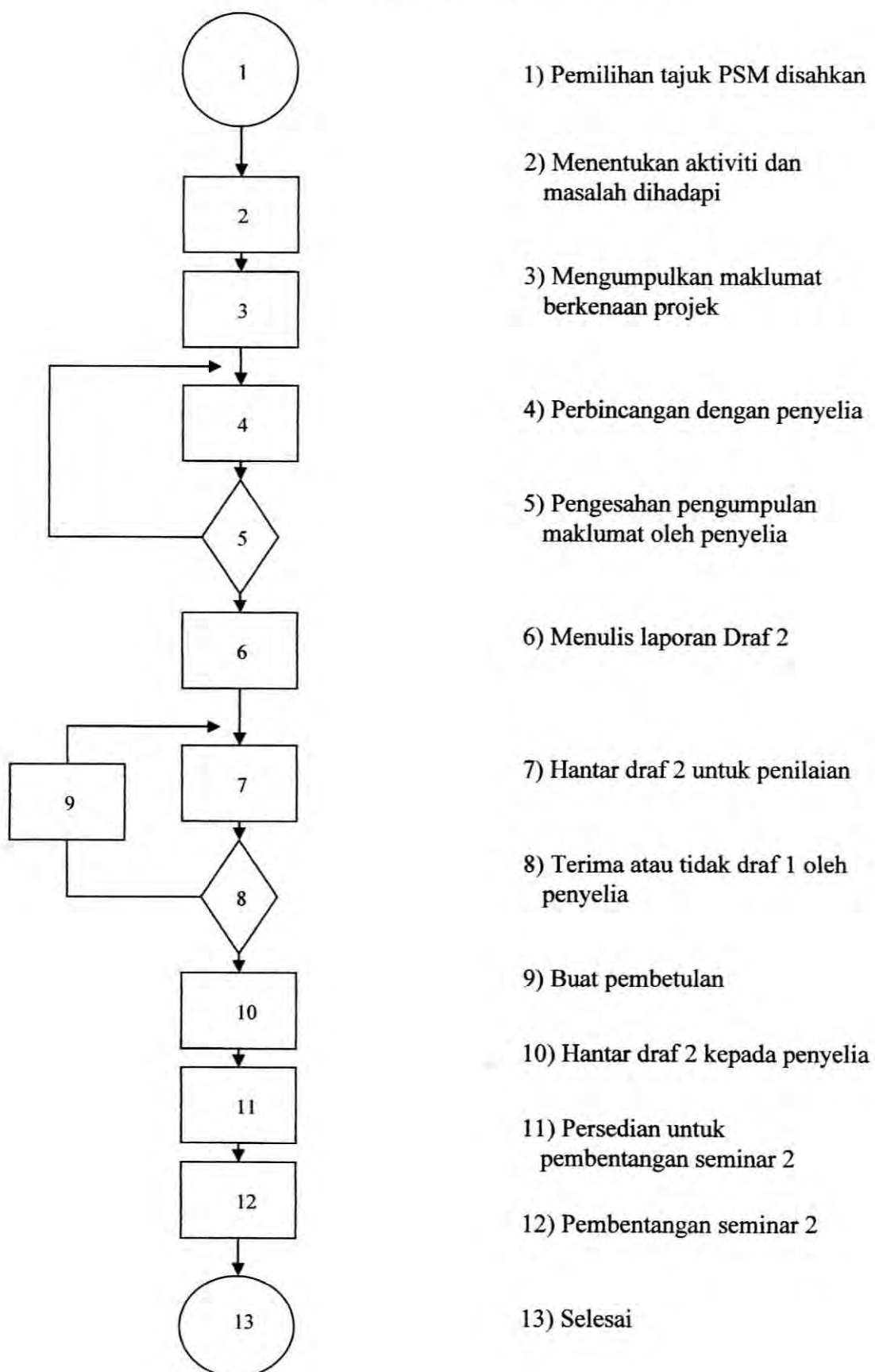
1. Membuat pengubahsuaian pada rekabentuk alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder supaya lebih mesra pengguna dan mudah dikendalikan.
2. Menggunakan pegas yang lebih sesuai. Ini bagi mendapatkan skala pengukuran yang lebih besar dan jelas.
3. Pengubahsuaian skala pengukuran dengan menggunakan skala digital. Ini bagi memudahkan pengguna menentukan jumlah isipadu dan berat LPG yang tinggal.
4. Pengubahsuaian skala pengukuran supaya skala pengukuran boleh digunakan untuk belbagai saiz dan jenama selinder LPG.
5. Alat penunjuk paras kandungan LPG di dalam selinder ini dipasarkan ke pasaran tempatan. Ini kerana tiada alat yang khusus di pasaran tempatan untuk menunjuk atau menyukat paras kandungan LPG di dalam selinder.

RUJUKAN

1. Rebecca L. Slagle: *Chapter 2 The Nature of LPG Products, Their Storage, Measurement and Delivery*; May (2005).
2. Handbook of Compressed Gases, 4th Edition: *Chapter 4 General Properties of Gases*; Compressed Gas Association Inc.; Kluwer Academic Publishers, USA. (2000)
3. Yunus A. Cengel; *Thermodynamics, An Engineering Approach, 4th Edition*, Chapter 2 Ideal Gas Equation of State ; McGraw-Hill, (2002)
4. NFPA 55, Standard for Storage, *Use and Handling of Compressed and Liquefied Gases in Portable Cylinder*, National Fire Protection Association, Battery-march Park, Quincy, MA 02269. (1998)
5. Engineered Controls International, Inc. (ECII); *LP-Gas Manual Services*; Elon, NC 27244 USA. (1995)
6. Alternate Energy Systems, Inc.; *Technical Data for Propane, Butane and LPG Mixtures*, Peachtree City, AES-PropData-0801; GA 30269, USA. (1997)
7. Growmark, Inc. Chapter 2 *Propane Cylinder Systems* ; Revised March, (1999)
8. Anthony J.Wheeler, Ahmad R.Ganji; *Introducing to Engineering Experimentation*; Chapter 10 Measuring Fluid Level; Pearson education. (2004)

9. MILLER, R; *Flow Measurement Engineering Book*; McGraw-Hill, New York. (2004)
10. Ernest O. Doebelin; *Measurement Systems, Application and Design, Fifth Edition*,; McGraw-Hill, New York. (2004)
11. John P. Bently; *Principles of Measurement System, 3rd Edition*,; Longman Group Limited. (1995)
12. J.P Holman; *Experimental Methods For Engineers*; McGraw-Hill, New York. (2001)
13. Tubal Chain; *Spring Design and Manufacture*; Argus Books. (1998)
14. <http://www.lpgforyou.com/>

LAMPIRAN B
CARTA ALIR PENGENDALIAN PSM



Nama: AMEYRULLAH BIN ARSHAD

No Matrik : B040410175

Jurusan : 4 BMCT1

Tajuk Projek : Merekabentuk Dan Ujikaji Penunjuk Aras Dan Pengatur Tekanan Tangki Simpanan LPG

Perancangan Project PSM 1

	2006															
	Julai		Ogos				September				Oktober					
Penerangan/Minggu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 Penerangan PSM																
Pemilihan tajuk																
Tajuk diluluskan																
Perbincangan bersama penyelia																
2 Kajian ilmiah																
Ciri-ciri LPG																
Cara penyimpanan LPG																
Selinder LPG																
Sistem pengukuran																
Alat pengukur paras bendalir																
Alat pengatur tekanan																
Research jurnal																
3 Merekabentuk																
Rekabentuk awal																
Pemilihan bahan																
Pemilihan ujikaji																
Seminar/presentation																
4 Report preparation																
Seminar 1																

Nama: AMEYRULLAH BIN ARSHAD

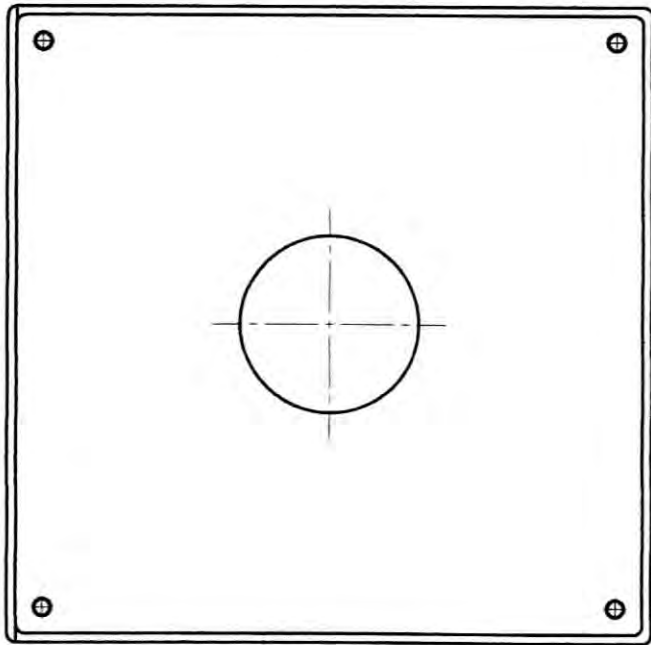
No Matrik : B040410175

Jurusan : 4 BMCT1

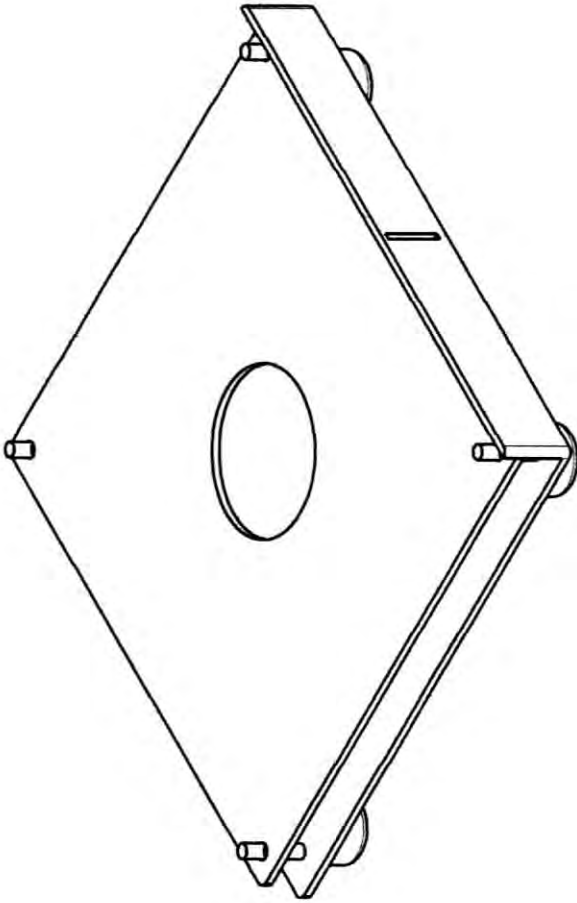
Tajuk Projek : Merekabentuk Dan Alat Ujikaji Penunjuk Aras LPG Di Dalam Selinder

Perancangan PSM 2

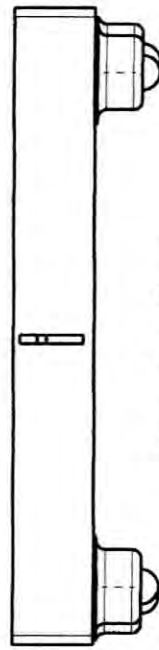
		2006															
		Dis		Jan		Feb		Mac		Apr		Maj		Jun			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Penerangan/Minggu																
1	Proses Fabrikasi																
	Proses pengukuran																
	Proses pemotongan																
	Proses pemasangan																
2	Ujikaji																
	Ujikaji skala pengukuran																
	Ujikaji pelepasan LPG ke udara																
	Ujikaji penentuan																
	Analisa generatif struktur																
3	Perbincangan																
	Ujikaji skala pengukuran																
	Ujikaji pelepasan LPG ke udara																
	Ujikaji penentuan																
	Analisa generatif struktur																
4	Kesimpulan																
	Kesimpulan dan cadangan																
5	Seminar/presentation																
	Report preparation																
	Seminar 2																



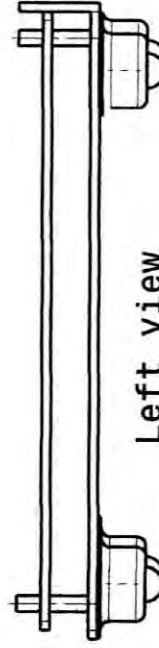
Top View
Scale: 1:4



Isometric view
Scale: 1:4



Front view
Scale: 1:4



Left view
Scale: 1:4

DESIGNED BY:	B040410175
DATE:	10/3/2007
CHECKED BY:	
DATE:	
SIZE:	A4
SCALE:	1:4
WEIGHT (KG)	
STUDYING NUMBER	PSM1
MARKS	2/4

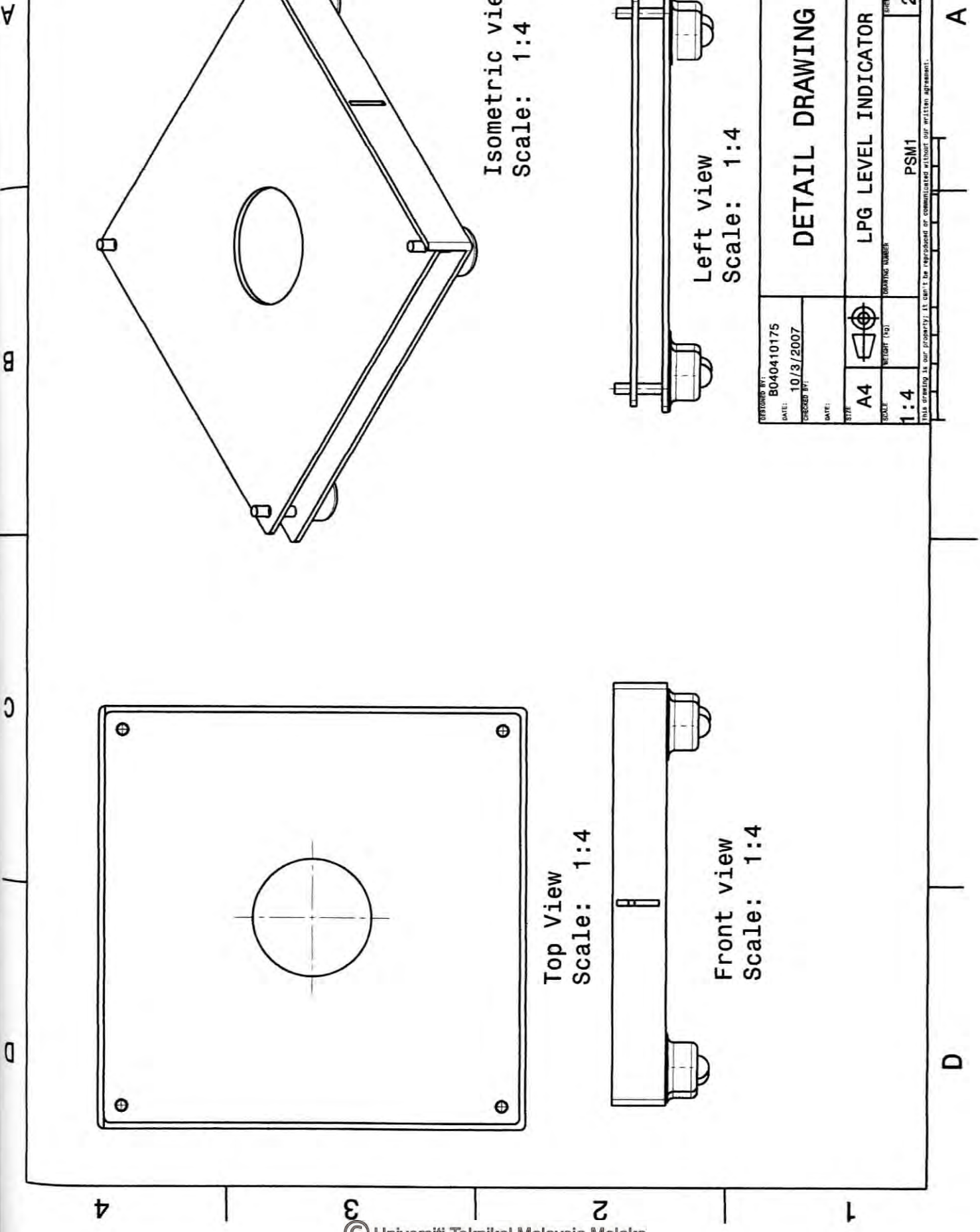
DETAIL DRAWING

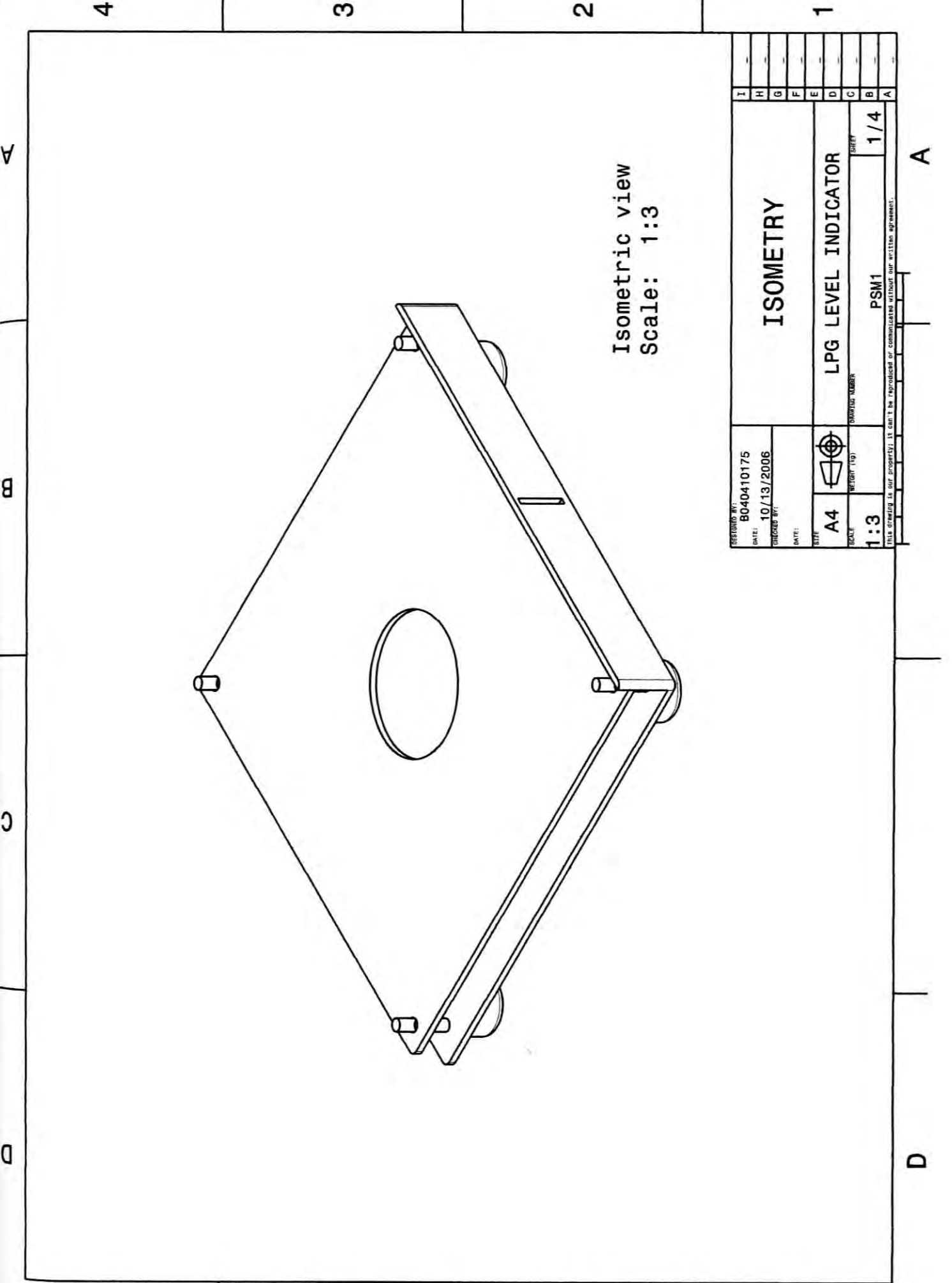
LPG LEVEL INDICATOR

PSM1

2/4

THIS DRAWING IS OUR PROPERTY. IT CAN BE REPRODUCED OR COMMERCIALIZED WITHOUT OUR WRITTEN AGREEMENT.





Isometric view
Scale: 1:3

PROJECT NO:	8040410175
DATE:	10/13/2006
DRAWING NO:	
DATE:	
SIZE:	A4
SCALE:	1:3
METRIC (M)	
UNIT NUMBER	PSM1
BRIEF	1/4

I
H
G
F
E
D
C
B
A

ISOMETRY

LPG LEVEL INDICATOR

PSM1

THIS DRAWING IS OUR PROPERTY. IT CAN BE REPRODUCED OR COMMUNICATED WITHOUT OUR WRITTEN AGREEMENT.

4

3

2

1

A

B

C

D

A

D

4

3

2

1

Tajuk:

Ujikaji Bagi Menentukan Skala Pengukuran Alat Penunjuk Paras Kandungan Silinder LPG.

Objektif:

1. Menentukan berat silinder LPG ketika penuh dan ketika kosong.
2. Menentukan skala pengukuran di alat penunjuk paras kandungan silinder LPG ketika penuh dan kosong.

Alatan Ujikaji:

1. 2 buah silinder LPG penuh dan kosong.
2. Hos penghantaran gas LPG
3. Alat atur gas LPG
4. Alat penunjuk paras kandungan silinder LPG
5. Alat penimbang berat.

Prosedur:

1. Ambil bacaan tekanan dan berat selinder LPG yang penuh.
2. Ambil bacaan tekanan dan berat selinder LPG yang kosong.
3. Letakkan selinder LPG yang penuh keatas alat penunjuk paras kandungan silinder LPG dan tandakan kedudukan alat penunjuk.
4. Letakkan selinder LPG yang kosong keatas alat penunjuk paras kandungan silinder LPG dan tandakan kedudukan alat penunjuk.
5. Ukur jarak diantara penanda di alat penunjuk paras kandungan silinder LPG bagi selinder kosong dan selinder penuh dengan menggunakan pembaris.
6. Catatkan semua bacaan di dalam jadual yang telah disediakan.

Data Ujikaji:

Bil	Ujikaji	Berat (kg)			
		Bacaan Pertama	Bacaan Kedua	Bacaan Ketiga	Purata Bacaan
1	Selinder penuh				
2	Selinder kosong				

Tajuk:

Ujikaji pelepasan LPG di atas penimbang berat dan di atas alat pengukur paras kandungan LPG di dalam selinder

Objektif:

1. Menentukan skala penurunan berat dan isipadu LPG apabila gas LPG dilepaskan pada tekanan dan masa yang telah ditetapkan.
2. Menentukan skala pengukuran alat penunjuk paras kandungan silinder LPG.

Alatan Ujikaji:

6. 2 buah silinder LPG penuh dan kosong.
7. Hos penghantaran gas LPG
8. Alat atur gas LPG
9. Alat penunjuk paras kandungan silinder LPG
10. Alat penimbang berat.
11. Jam randik
12. Manometer.

Prosedur:

7. Ambil bacaan tekanan dan berat selinder LPG yang penuh.
8. Ambil bacaan tekanan dan berat selinder LPG yang kosong.
9. Letakkan selinder LPG yang penuh keatas alat penunjuk paras kandungan silinder LPG dan tandakan kedudukan alat penunjuk.
10. Letakkan selinder LPG yang kosong keatas alat penunjuk paras kandungan silinder LPG dan tandakan kedudukan alat penunjuk.
11. Ukur jarak diantara penanda di alat penunjuk paras kandungan silinder LPG bagi selinder kosong dan selinder penuh dengan menggunakan pembaris.
12. Letakkan selinder penuh di atas alat penunjuk paras kandungan silinder LPG. Kemudian lepaskan gas LPG pada tekanan dan masa yang telah ditetapkan.
13. Tandakan perubahan paras pada alat penunjuk paras kandungan silinder LPG. Ambil bacaan berat selinder dengan menggunakan alat penimbang.
14. Ulang langkah 6 dan 7 sehingga kandungan selinder LPG kosong.
15. Catatkan semua bacaan di dalam jadual yang telah disediakan.

Data Ujikaji:

Bil	Masa (minit)	Tekanan (Bar)	Berat (kg)			
			Bacaan Pertama	Bacaan Kedua	Bacaan Ketiga	Purata Bacaan
1	0					
2	5					
3	10					
4	15					
5	20					
6	25					
7	30					
8	35					
9	40					
10	45					
11	50					
12	55					
13	60					

ANALYSIS1.CAT ANALYSIS

MESH:

Entity	Size
Nodes	796
Elements	1906

ELEMENT TYPE:

Connectivity	Statistics
TE4	1906 (100.00%)

ELEMENT QUALITY:

Criterion	Good	Poor	Bad	Worst	Average
Skewness	695 (36.46%)	1186 (62.22%)	25 (1.31%)	0.935	0.705
Stretch	1885 (98.90%)	21 (1.10%)	0 (0.00%)	0.234	0.421
Min. Length	1906 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	4.106	6.425
Max. Length	1906 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	34.663	22.701
Shape Factor	1646 (86.36%)	260 (13.64%)	0 (0.00%)	0.242	0.415
Length Ratio	1423 (74.66%)	483 (25.34%)	0 (0.00%)	6.636	3.786

PROPERTIES.1

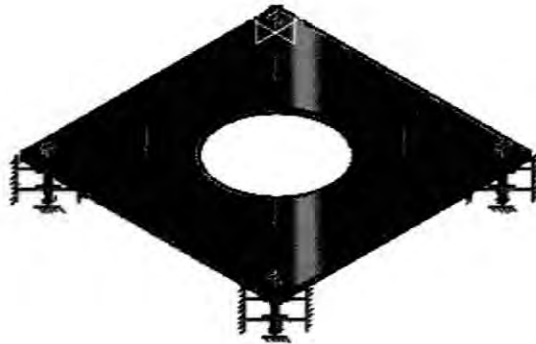
MATERIAL APPLY TO

Part1 - OCTREE Tetrahedron Mesh.1 : Part1

Material	Steel : Structural (ASTM-A36)
Young Modulus	2e+011N_m2
Poisson Ratio	0.266
Density	7860kg_m3
Thermal Expansion	0.0000117
Yield Strength	, 2.5e+008N_m2

STATIC CASE

BOUNDARY CONDITIONS



STRUCTURE COMPUTATION

Number of nodes : 796
Number of elements : 1906
Number of D.O.F. : 2388
Number of Contact relations : 0
Number of Kinematic relations : 0

Linear tetrahedron : 1906

RESTRAINT COMPUTATION

Name: RestraintSet.1

Number of S.P.C : 291

LOAD COMPUTATION

Name: LoadSet.1

Applied load resultant :

$F_x = 1.037e-010$ N
 $F_y = -5.429e-012$ N
 $F_z = -2.700e+002$ N
 $M_x = -4.725e+001$ Nxm
 $M_y = 4.725e+001$ Nxm
 $M_z = -3.039e-011$ Nxm

STIFFNESS COMPUTATION

Number of lines : 2388
Number of coefficients : 36096
Number of blocks : 1
Maximum number of coefficients per bloc : 36096
Total matrix size : 0.42 Mb

SINGULARITY COMPUTATION

Restraint: RestraintSet.1

Number of local singularities : 0
Number of singularities in translation : 0
Number of singularities in rotation : 0
Generated constraint type : MPC

CONSTRAINT COMPUTATION

Restraint: RestraintSet.1

Number of constraints : 291
Number of coefficients : 0
Number of factorized constraints : 291
Number of coefficients : 0
Number of deferred constraints : 0

NUMBERING COMPUTATION

Restraint: RestraintSet.1

Numbering Method : SLOAN
Number of connected nodes : 796
Nodal maximum front width : 43
Nodal maximum band width : 288

Method : SPARSE
Number of factorized degrees : 2097
Number of supernodes : 450
Number of overhead indices : 12144
Number of coefficients : 88506
Maximum front width : 123
Maximum front size : 7626
Size of the factorized matrix (Mb) : 0.675247
Number of blocks : 1
Number of Mflops for factorization : 5.883e+000
Number of Mflops for solve : 3.645e-001
Minimum relative pivot : 1.273e-003

Name: StaticSet.1

Restraint: RestraintSet.1

Load: LoadSet.1

Strain Energy : 5.726e-004 J

Equilibrium

Components	Applied Forces	Reactions	Residual	Relative Magnitude Error
Fx (N)	1.0372e-010	-7.0041e-011	3.3676e-011	1.4909e-013
Fy (N)	-5.4295e-012	-6.1284e-012	-1.1558e-011	5.1168e-014
Fz (N)	-2.7000e+002	2.7000e+002	1.0197e-009	4.5143e-012
Mx (Nxm)	-4.7250e+001	4.7250e+001	1.5173e-010	1.9192e-012
My (Nxm)	4.7250e+001	-4.7250e+001	-1.1848e-010	1.4986e-012
Mz (Nxm)	-3.0391e-011	2.7068e-011	-3.3233e-012	4.2035e-014

STATIC CASE SOLUTION.1 - DEFORMED MESH

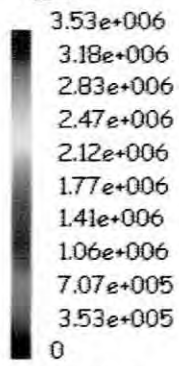


Display On Boundary ---- Over all the Model

STATIC CASE SOLUTION.1 - VON MISES STRESS (NODAL VALUE)

Van Mises Stress (nodal value)

N_m2



---- Volume Elements ---- : Components : ALL

Display On Boundary ---- Over all the Model

OTHER SENSORS

Sensor Name	Sensor Value
Energy	5.726e-004J

C:\DOCUMENTS AND
 SETTINGS\AMEYBMCT\DESKTOP\PSM1
 \DRAWING\ANALYSIS2.CAT\ANALYSIS

MESH:

Entity	Size
Nodes	1062
Elements	2799

ELEMENT TYPE:

Connectivity	Statistics
TE4	2799 (100.00%)

ELEMENT QUALITY:

Criterion	Good	Poor	Bad	Worst	Average
Skewness	1098 (39.23%)	1565 (55.91%)	136 (4.86%)	0.987	0.697
Stretch	2738 (97.82%)	61 (2.18%)	0 (0.00%)	0.228	0.430
Min. Length	2799 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	1.092	6.721
Max. Length	2799 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	34.612	22.633
Shape Factor	2199 (78.56%)	600 (21.44%)	0 (0.00%)	0.218	0.427
Length Ratio	2182 (77.96%)	617 (22.04%)	0 (0.00%)	7.649	3.613

PROPERTIES.1

MATERIAL APPLY TO

BODY - OCTREE Tetrahedron Mesh.1 : BODY

Material	Steel : Structural (ASTM-A36)
Young Modulus	2e+011N_m2
Poisson Ratio	0.266
Density	7860kg_m3
Thermal Expansion	0.0000117
Yield Strength	2.5e+008N_m2

STATIC CASE

BOUNDARY CONDITIONS



STRUCTURE COMPUTATION

Number of nodes : 1062
Number of elements : 2799
Number of D.O.F. : 3186
Number of Contact relations : 0
Number of Kinematic relations : 0

Linear tetrahedron : 2799

RESTRAINT COMPUTATION

Name: RestraintSet.1

Number of S.P.C : 96

LOAD COMPUTATION

Name: LoadSet.1

Applied load resultant :

$F_x = -3.856e-010$ N
 $F_y = 2.183e-011$ N
 $F_z = -7.500e+001$ N
 $M_x = -1.350e+001$ Nxm

My = 1.350e+001 Nxm
Mz = 5.249e-010 Nxm

STIFFNESS COMPUTATION

Number of lines : 3186
Number of coefficients : 50355
Number of blocks : 1
Maximum number of coefficients per bloc : 50355
Total matrix size : 0.59 Mb

SINGULARITY COMPUTATION

Restraint: RestraintSet.1

Number of local singularities : 0
Number of singularities in translation : 0
Number of singularities in rotation : 0
Generated constraint type : MPC

CONSTRAINT COMPUTATION

Restraint: RestraintSet.1

Number of constraints : 96
Number of coefficients : 0
Number of factorized constraints : 96
Number of coefficients : 0
Number of deferred constraints : 0

NUMBERING COMPUTATION

Restraint: RestraintSet.1

Numbering Method : SLOAN
Number of connected nodes : 1062
Nodal maximum front width : 66
Nodal maximum band width : 378

Method : SPARSE
Number of factorized degrees : 3090
Number of supernodes : 623
Number of overhead indices : 19590
Number of coefficients : 162534
Maximum front width : 159
Maximum front size : 12720
Size of the factorized matrix (Mb) : 1.24004
Number of blocks : 1
Number of Mflops for factorization : 1.347e+001
Number of Mflops for solve : 6.656e-001
Minimum relative pivot : 2.797e-003

Name: StaticSet.1

Restraint: RestraintSet.1

Load: LoadSet.1

Strain Energy : 1.432e-006 J

Equilibrium

Components	Applied Forces	Reactions	Residual	Relative Magnitude Error
Fx (N)	-3.8563e-010	3.8572e-010	9.5701e-014	1.1199e-014
Fy (N)	2.1828e-011	-2.1884e-011	-5.6066e-014	6.5607e-015
Fz (N)	-7.5000e+001	7.5000e+001	-9.6634e-013	1.1308e-013
Mx (Nxm)	-1.3500e+001	1.3500e+001	-8.1712e-014	2.6560e-014
My (Nxm)	1.3500e+001	-1.3500e+001	1.5454e-013	5.0234e-014
Mz (Nxm)	5.2488e-010	-5.2494e-010	-5.2566e-014	1.7086e-014

STATIC CASE SOLUTION.1 - DEFORMED MESH

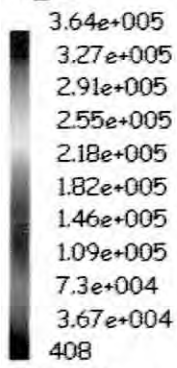


Display On Boundary ---- Over all the Model

STATIC CASE SOLUTION.1 - VON MISES STRESS (NODAL VALUE)

Von Mises Stress (nodal value)

N_m2



On Boundary



---- Volume Elements ---- : Components : ALL

Display On Boundary ---- Over all the Model

OTHER SENSORS

Sensor Name	Sensor Value
Energy	1.432e-006J

Gambarajah Projek

