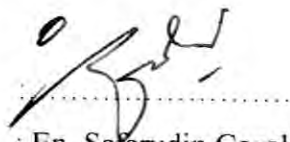


“Saya akui bahawa saya telah membaca karya ini dan pada pandangan saya karya ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Termal-Bendalir)”

Tandatangan



Nama Penyelia

: En. Safarudin Gazali Herawan

Tarikh

: 7 Mei 2007

**MENGOPTIMUMKAN PENGISIAN GAS PETROLEUM CECAIR (LPG)
DARIPADA TANGKI KOMERSIAL KEPADA TANGKI KENDERAAN**


SY AHMAD FAIRUZ B YULAIMI

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

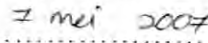
Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka (UTeM)

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 : Sy Ahmad Fairuz Bin Yulaimi

Tarikh : 

PENGHARGAAN

Alhamdulillah. Segala puji bagi Allah Tuhan Sekalian Alam kerana dengan izin-Nya memberikan saya kemampuan dan inspirasi untuk menyiapkan laporan Projek Sarjana Muda (PSM) BMCU 4973.

Pertama sekali saya ingin menitipkan ucapan terima kasih kepada penyelia projek saya, En. Safarudin Gazali Herawan. Terima kasih atas bimbingan, inspirasi serta sokongan beliau kepada saya dalam proses menyiapkan laporan PSM. Selain itu, banyak tunjuk ajar dan bimbingan diberikan untuk meningkatkan lagi kefahaman dan pengetahuan untuk dipraktikkan. Kerjasama dari beliau amat dihargai. Selain itu sokongan moral dan kerjasama oleh rakan-rakan amat dihargai serta dialu-alukan.

Akhir sekali, tidak lupa sekalung penghargaan dan terima kasih kepada mereka yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam proses menyiapkan laporan PSM. Semoga Allah merahmati dan memberkati mereka semua.

ABSTRAK

Gas Petroleum Cecair (LPG) yang dianggap sebagai ciri penting dan istimewa adalah ia merupakan gas pada suhu dan tekanan atmosfera, namun boleh dicecairkan dan dimampatkan dalam fasa cecair untuk proses penyimpanan dan penghantaran. Berdasarkan projek ini, kajian berkenaan pemilihan kaedah pengisian dan pengoptimuman penghantaran LPG dari tangki komersial ke tangki kenderaan amat penting. Bagi tujuan tersebut, proses pengisian silinder menggunakan peralatan makmal dipilih dan pengisian dilakukan pada suhu rendah dilaksanakan. Penggunaan peralatan yang efisien akan memaksimumkan pengisian silinder LPG serta mengoptimumkan penghantaran produk LPG. Selain itu, kajian dilakukan berdasarkan sifat-sifat kritikal produk LPG seperti suhu, tekanan serta isipadu silinder sebagai parameter kajian berdasarkan pengisian pada suhu rendah. Aplikasi setiap sifat-sifat tersebut dalam produk LPG diambil kira bagi penentuan proses memaksimumkan pengisian bahan api LPG dalam silinder dan penghantaran ke tangki bahan api. Daripada kajian yang dilakukan, didapati bahawa tangki tersebut dapat diisi dengan bahan api LPG pada kadar 80% daripada isipadu tangki. Oleh yang demikian, pengisian LPG ke dalam tangki kenderaan pada suhu rendah adalah langkah yang terbaik dan berkesan bagi mengoptimumkan pengisian serta penghantaran bahan api LPG ke dalam tangki kenderaan.

ABSTRACT

Liquefied Petroleum Gas (LPG) has the unique and relative combination due of these properties which is that LPG products are gases at atmospheric temperatures and pressures, but they can be liquefied and maintained in their liquid state with relative ease for storage and delivery. For this project, the study is mainly concerned regarding appropriate refilling methods and optimizing LPG delivery from commercial tank to vehicle tank which are essential. For that purpose, the LPG refilling process of cylinder using laboratory equipments are chosen and the process are done in subzero temperature. The efficient usage and selection of instruments will enable to maximize LPG cylinder refilling and delivery process of LPG products. Besides that, parameters study is based on the LPG products' critical properties such as temperature, pressure and cylinder volume within sub zero's temperature filling process. Each property's application has to be taken critically for the LPG cylinder refilling process together with LPG products delivery to the fuel tank. Based from the study and analysis done, fuel tank can be filled with LPG until 80% of its volume. Therefore, the LPG refilling process to the fuel tank within subzero temperature is regarded as best solution for LPG refilling and delivery fuel optimization from LPG cylinder to fuel tank.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	HALAMAN
	PENGESAHAN PENYELIA	
	HALAMAN JUDUL	i
	HALAMAN PENGAKUAN	ii
	PENGHARGAAN	iii
	ABSTRAK	iv
	ABSTRACT	v
	SENARAI ISI KANDUNGAN	vi
	SENARAI JADUAL	x
	SENARAI RAJAH	xii
	SENARAI SIMBOL	xvi
1	Pengenalan	
	1.1 Objektif	2
	1.2 Skop	2
	1.3 Pernyataan Masalah	3
	1.4 Analisis Permasalahan	3
2	Kajian Ilmiah	
	2.1 Sifat-Sifat Umum bagi Gas	
	2.1.1 Persamaan Fasa	
	2.1.1.1 Konsep Gas Ideal	4
	2.1.1.2 Persamaan Ideal bagi Fasa	4
	2.1.1.3 Gas Sebenar	5
	2.1.1.4 Graf Fasa	5
	2.1.1.5 Faktor Pemampatan	6

2.1.2	Fungsi Termodinamik	
2.1.2.1	Hukum Pertama Termodinamik	8
2.1.2.2	Haba Pendam Pengewapan Spesifik	9
2.1.3	Sifat-Sifat Kritikal Gas	
2.1.3.1	Gerakan Molekul	10
2.1.3.2	Suhu, Tekanan dan Isipadu Kritikal	12
2.1.4	Aplikasi Termodinamik Berkaitan Pengisian Silinder dan Pengeluaran Produk	13
2.2	Pengenalan kepada Gas Petroleum Cecair (LPG)	
2.2.1	Sejarah Perkembangan LPG di Malaysia	15
2.2.2	Kandungan serta Sifat-Sifat Gas Petroleum Cecair (LPG)	16
2.2.3	Suhu dan Tekanan Gas Petroleum Cecair (LPG)	19
2.2.4	Perubahan Isipadu dan Suhu Gas Petroleum Cecair (LPG)	21
2.3	Proses Pembersihan dan Pengisian Semula Gas Petroleum Cecair (LPG)	
2.3.1	Silinder Penyimpanan Gas Petroleum Cecair (LPG)	22
2.3.2	Pengklasifikasian Semula Silinder DOT	23
2.3.3	Prosedur Pembersihan Silinder LPG	24
2.3.4	Komponen Utama bagi Sistem Penghantaran Gas Petroleum Cecair (LPG)	
2.3.4.1	Tangki/Silinder Simpanan	27
2.3.4.2	Unit Pam	27
2.3.4.3	Unit Meter	28
2.3.4.4	Alat Pengasingan Wap	28
2.3.4.2	Injap Perbezaan Tekanan	28
2.3.4.1	Muncung Penghantaran	29

2.3.5	Komponen Asas Pada Tangki LPG	
2.3.5.1	Tangki LPG Keluaran Wap	30
2.3.5.2	Tangki LPG Keluaran Cecair	31
2.3.6	Jenis-jenis Tangki LPG yang Berada di Pasaran	
2.3.6.1	Silinder	32
2.3.6.2	Toroidal	32
2.3.6.3	Underslung	33
2.4	Kajian Ilmiah Terdahulu berkenaan Gas Petroleum Cecair (LPG)	
2.4.1	Ketumpatan Cecair Tepu Propana pada Suhu antara 280 Kelvin hingga 365 Kelvin	
2.4.1.1	Objektif	34
2.4.1.2	Keputusan	35
2.4.1.3	Kesimpulan	40
2.4.2	Kaedah Pengukuran Tepat bagi Bahan Sampingan dalam Gas Petroleum Cecair (LPG)	
2.4.2.1	Pengenalan	41
2.4.2.2	Kaedah digunakan	41
2.4.2.3	Kesimpulan	44
3	METODOLOGI	
3.1	Pengenalan	45
3.2	Carta Alir Prosedur	
3.2.1	Mengumpul Maklumat	47
3.2.2	Menentukan Ujikaji	47
3.2.3	Penggunaan Rumus	53
3.2.4	Pelaksanaan Ujikaji	54
3.2.5	Penyelesaian Berkaitan Masalah	70
3.2.6	Cadangan Pembaikan dan Penambahsuaian	70

4	DATA UJIKAJI DAN ANALISIS	
4.1	Pengenalan	
4.1.1	Pelaksanaan Data Ujikaji	71
4.1.2	Analisis Data Ujikaji	72
4.1.3	Pengiraan Data	88
5	KESIMPULAN	98
	RUJUKAN	99
	LAMPIRAN A - F	101-121

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	HALAMAN
2.1	Siri nombor oktana bagi komponen hidrokarbon Gas Petroleum Cecair (LPG)	16
2.2	Data kandungan hidrokarbon utama propana dan butana dalam LPG	17
2.3	Carta pengisian LPG dalam silinder	26
2.4	Data bagi tekanan, suhu serta ketumpatan propana pada lingkungan kawasan tepu dalam satu fasa bagi siri 1 dan 2	35
2.5	Data bagi tekanan, suhu serta ketumpatan propana pada lingkungan kawasan tepu dalam satu fasa bagi siri 3	36
2.6	Data ujikaji bagi ketumpatan cecair tepu propana	39
2.7	Toleransi bagi tiub emparan	43
3.1	Carta alir proses pembersihan serta pengisian LPG dalam silinder	46
3.2	Ketepatan serta julat bacaan termogandingan digital dua input	49
3.3	Spesifikasi bacaan bagi manometer saintifik Model 840083	51
3.4	Spesifikasi bagi satu silinder LPG 14 kg	52
4.1	Isipadu lawan masa bagi silinder LPG	72
4.2	Isipadu lawan masa bagi silinder LPG	73
4.3	Suhu lawan masa bagi silinder LPG	75
4.4	Suhu lawan masa bagi silinder LPG	76
4.5	Tekanan lawan masa bagi hos silinder LPG	78
4.6	Tekanan lawan masa bagi hos silinder LPG	79
4.7	Halaju lawan pusingan pengawalatur bagi hos silinder LPG	81

4.8	Halaju lawan pusingan pengawalatur bagi hos silinder LPG	81
4.9	Berat lawan masa bagi hos silinder LPG	83
4.10	Berat cecair LPG lawan masa bagi silinder LPG	84
4.11	Berat cecair LPG lawan masa bagi tangki kenderaan LPG	86
4.12	Berat cecair LPG lawan masa bagi tangki kenderaan LPG	86
4.13	Spesifikasi bagi tangki silinder LPG	89
4.14	Isipadu di dalam tangki berdasarkan ketinggian isipadu di dalam tangki	90
4.15	Perbezaan antara data pengiraan dan ujikaji makmal bagi pengisian LPG ke dalam tangki kenderaan	97

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	HALAMAN
2.1	Graf fasa bagi gas sebenar	6
2.2	Graf suhu, T lawan entropi spesifik, s bagi satu gas	9
2.3	Graf Lennard Jones bagi satu molekul gas	11
2.4	Graf fasa antara tekanan lawan suhu bagi gas	13
2.5	Komponen asas pada tangki Gas Petroleum Cecair (LPG)	30
2.6	Tangki jenis silinder	32
2.7	Tangki jenis toroidal	33
2.8	Tangki jenis underslung	33
2.9	Data keadaan sifat-sifat hidrokarbon propana pada sepanjang isothermal pada lingkungan kawasan tepu pada suhu, $T = 6.85\text{ }^{\circ}\text{C}$	37
2.10	Data keadaan sifat-sifat hidrokarbon propana pada sepanjang isothermal pada lingkungan kawasan tepu pada suhu, $T = 26.85\text{ }^{\circ}\text{C}$	37
2.11	Data keadaan sifat-sifat hidrokarbon propana pada sepanjang isothermal pada lingkungan kawasan tepu pada suhu, $T = 46.85\text{ }^{\circ}\text{C}$	38
2.12	Data keadaan sifat-sifat hidrokarbon propana pada sepanjang isothermal pada lingkungan kawasan tepu pada suhu, $T = 66.85\text{ }^{\circ}\text{C}$	38
2.13	Data keadaan sifat-sifat hidrokarbon propana pada sepanjang isothermal pada lingkungan kawasan tepu pada suhu, $T = 91.85\text{ }^{\circ}\text{C}$	38

2.14	Data keadaan sifat-sifat hidrokarbon propana pada sepanjang isothermal pada lingkungan kawasan tepu pada suhu, $T = 91.85\text{ }^{\circ}\text{C}$	39
2.15	Tiub emparan (<i>centrifuge tube</i>) berbentuk kon	42
2.16	Radas pra-penyejukan	43
3.1	Termogandingan termometer jenis Fluke ^R 52: dua input digital	48
3.2	Komponen bagi termogandingan digital dua input	49
3.3	Manometer Sper Scientific Ltd. Model 840083	50
3.4	Thermo Anemometer PROVA AVM-03	51
3.5	Silinder LPG (bersama hos dan pengawalatur)	52
3.6	Proses <i>purging</i> menggunakan sistem pengisian automatik	54
3.7	Proses pembersihan dan pengisian (<i>purging</i>) LPG	55
3.8	Proses pembersihan dan pengisian (<i>purging</i>) LPG	56
3.9	Proses <i>purging</i> secara manual	57
3.10	Radas ujikaji pengeluaran isipadu silinder (suhu persekitaran)	58
3.11	Radas ujikaji pengeluaran isipadu silinder (suhu takat beku)	59
3.12	Radas ujikaji perubahan suhu bagi silinder LPG (suhu persekitaran)	60
3.13	Radas ujikaji perubahan suhu bagi silinder LPG (suhu takat beku)	61
3.14	Radas ujikaji perubahan tekanan silinder LPG (suhu takat beku)	62
3.15	Radas ujikaji perubahan tekanan silinder LPG (suhu persekitaran)	63
3.16	Radas ujikaji perubahan halaju silinder LPG (suhu persekitaran)	64
3.17	Radas ujikaji perubahan halaju silinder LPG (suhu takat beku)	65
3.18	Radas ujikaji perubahan berat silinder LPG (suhu takat beku)	66
3.19	Radas ujikaji perubahan berat silinder LPG (suhu persekitaran)	67

3.20	Radas ujikaji perubahan berat tangki LPG (suhu takat beku)	68
3.21	Radas ujikaji perubahan berat tangki LPG (suhu persekitaran)	69
4.1	Graf isipadu lawan masa bagi silinder LPG	73
4.2	Graf suhu permukaan silinder lawan masa bagi silinder LPG	76
4.3	Graf tekanan lawan masa bagi hos silinder LPG	79
4.4	Graf halaju pengeluaran LPG lawan bilangan pusingan pengawalatur	82
4.5	Graf berat cecair LPG lawan masa bagi silinder LPG	84
4.6	Graf berat cecair LPG lawan masa bagi tangki kenderaan LPG	87
4.7	Keratan rentas bagi satu tangki LPG	88
4.8	Gambarajah diagram bagi tangki LPG	89
4.9	Spesifikasi bahagian silinder bagi tangki LPG	91
4.10	Spesifikasi bahagian bujur bagi tangki LPG	93

SENARAI SIMBOL

R_i	-	Pemalar gas, $\text{kPa} \cdot \text{m}^3/\text{kg} \cdot \text{K}$
P	-	Tekanan mutlak, Pa
v	-	Isipadu spesifik, m^3/kg
T	-	Suhu mutlak, $^{\circ}\text{C}$ atau K
T_c	-	suhu kritikal, $\text{K} = 370.100 \text{ K}$
m	-	Jisim, kg
M	-	Jisim molar, kg/kmol
z	-	Faktor pemampatan
F	-	Daya, N
ΔQ	-	Kuantiti haba di luar, kJ
ΔT	-	Perubahan suhu, $^{\circ}\text{C}$ atau K
ΔV	-	Perubahan isipadu, m^3
ΔF	-	Perubahan daya, N
s	-	Entropi spesifik, $\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$
ε	-	<i>Emissivity</i>
σ	-	Pemalar Stefan-Boltzmann = $5.66961 \times 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^4$
r	-	Radius, m
E	-	Tenaga, kJ
ρ	-	Ketumpatan, kg / m^3
ρ_c	-	Ketumpatan kritikal = $221.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

SENARAI LAMPIRAN

NO. LAMPIRAN	TAJUK	HALAMAN
LAMPIRAN A	- Carta alir pengendalian PSM 1	101
LAMPIRAN B	- Carta alir pengendalian PSM 2	102
LAMPIRAN C	- Carta Gantt bagi PSM 1	103
LAMPIRAN D	- Carta Gantt bagi PSM 2	104
LAMPIRAN E	- Carta campuran propana-butana komersial	105
LAMPIRAN F	- Jadual umum Gas Petroleum Cecair (LPG)	106

BAB 1

Pengenalan

Projek Sarjana Muda (PSM) merupakan salah satu pelajaran yang ditawarkan oleh Fakulti Kejuruteraan Mekanikal (FKM) semasa pelajar FKM berada di tahun akhir pengajian Ijazah Sarjana Muda. Ia adalah salah satu syarat yang perlu dipenuhi dan ditetapkan oleh pihak Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia sebelum seseorang pelajar tersebut dianugerahkan Ijazah Sarjana Muda. Projek Sarjana Muda merupakan satu aktiviti akademik yang dilakukan secara individu dan diselia oleh pensyarah FKM.

Tujuan pelaksanaan Projek Sarjana Muda adalah meningkatkan keupayaan serta kemahiran pelajar terutamanya dalam aspek menyelidik, menganalisis dan menyelesaikan masalah berkenaan tajuk yang telah dipersetujui dan diperolehi melalui kajian ilmiah mahupun saintifik.

Berdasarkan penerangan tersebut, tajuk **Mengoptimumkan Pengisian Gas Petroleum Cecair (LPG) Daripada Tangki Komersial Kepada Tangki Kenderaan** merupakan tajuk yang telah dipersetujui dan diluluskan bagi Projek Sarjana Muda. Pengendalian serta pelaksanaan Projek Sarjana Muda merangkumi aktiviti bermula dari pengesahan tajuk hingga penghantaran laporan Projek Sarjana Muda berjilid.

1.1 Objektif

Objektif Projek Sarjana Muda bagi tajuk **Mengoptimumkan Pengisian Gas Petroleum Cecair (LPG) Daripada Tangki Komersial Kepada Tangki Kenderaan** merangkumi perkara-perkara berikut:-

1. Memahami dan menentukan kandungan Gas Petroleum Cecair (LPG) serta sifat-sifatnya dalam tangki silinder.
2. Menganalisa kaedah pengoptimuman Gas Petroleum Cecair ke dalam tangki kenderaan.
3. Menentukan kaedah terbaik bagi memaksimumkan pengisian dan penghantaran Gas Petroleum Cecair dari tangki komersial kepada tangki kenderaan.

1.2 Skop

Pengoptimuman adalah berkenaan pemilihan penyelesaian terbaik antara kaedah-kaedah set kuantitatif yang berkesan. Berikut dinyatakan tentang skop kajian merangkumi perkara – perkara seperti:-

1. Melaksanakan proses pengisian tong silinder dan tangki kenderaan bagi mengisi Gas Petroleum Cecair (LPG).
2. Pemilihan alat / radas yang memenuhi kriteria proses pengisian LPG.
3. Menentukan kriteria pengoptimuman serta penggunaan persamaan matematik dalam memaksimumkan pengisian dan pemindahan Gas Petroleum Cecair.
4. Membandingkan data proses pengisian Gas Petroleum Cecair bagi pengesahan pemilihan kaedah terbaik.

1.3 **Penyataan Masalah**

Seperti telah dinyatakan sebelum ini, tujuan utama kajian adalah untuk mendapatkan kaedah terbaik bagi mengoptimumkan pengisian Gas Petroleum Cecair (LPG) daripada tangki komersial kepada tangki kenderaan. Pemahaman mendalam berkenaan teori gas, persamaan fasa dan sifat-sifat umum perlu diteliti dalam melakukan kajian. Selain itu, permasalahan berkaitan penggunaan radas dalam eksperimen, pemilihan parameter berkaitan seperti suhu, tekanan, isipadu dan faktor pemampatan perlu diambilkira.

1.4 **Analisis Permasalahan**

Beberapa kaedah telah dikenalpasti dan diambil kira untuk mengatasi pernyataan masalah yang diterangkan sebelum ini. Antaranya adalah :

1. Mengenalpasti semua masalah berkaitan dan mendapatkan penyelesaian terbaik.
2. Mengkaji dan memahami kandungan, sifat –sifat serta kuantiti relatif bagi gas sebenar (real gas).
3. Membuat kajian berkenaan kandungan Gas Petroleum Cecair (LPG) serta sifat-sifatnya
4. Membiasakan diri dengan persamaan, konsep dan hipotesis berkaitan permasalahan kajian.
5. Melaksanakan eksperimen berkenaan proses pengisian LPG dalam silinder.
6. Mengumpulkan data berkaitan daripada eksperimen dan menganalisis kaedah atau parameter yang digunakan.
7. Pemilihan kaedah terbaik bagi mengoptimumkan pemindahan LPG daripada silinder LPG ke tangki kenderaan.

BAB 2

KAJIAN ILMIAH

2.1 Sifat-Sifat Umum Bagi Gas

2.1.1 Persamaan Fasa

2.1.1.1 Konsep Gas Ideal

Pertama sekali, segala kuantiti relatif bagi gas perlu ditentukan dalam fasa-fasa yang berlainan. Konsep gas ideal terdiri daripada partikel-partikel yang boleh diabaikan isipadunya. Daya tarikan dan penolakan antara zarah-zarah tidak mempunyai perubahan dengan jarak antara zarah-zarah.

2.1.1.2 Persamaan Ideal Bagi Fasa

$$pV = R_1 T \text{ ----- (Persamaan 2.1)}$$

Atau

$$pV = \frac{m}{M} R_1 T \text{ ----- (Persamaan 2.2)}$$

Di mana p = tekanan (kPa)
 v = isipadu (m^3)
 R_i = pemalar gas ($\text{kPa} \cdot \text{m}^3/\text{kg} \cdot \text{K}$)
 T = suhu (Kelvin)

2.1.1.3 Gas Sebenar

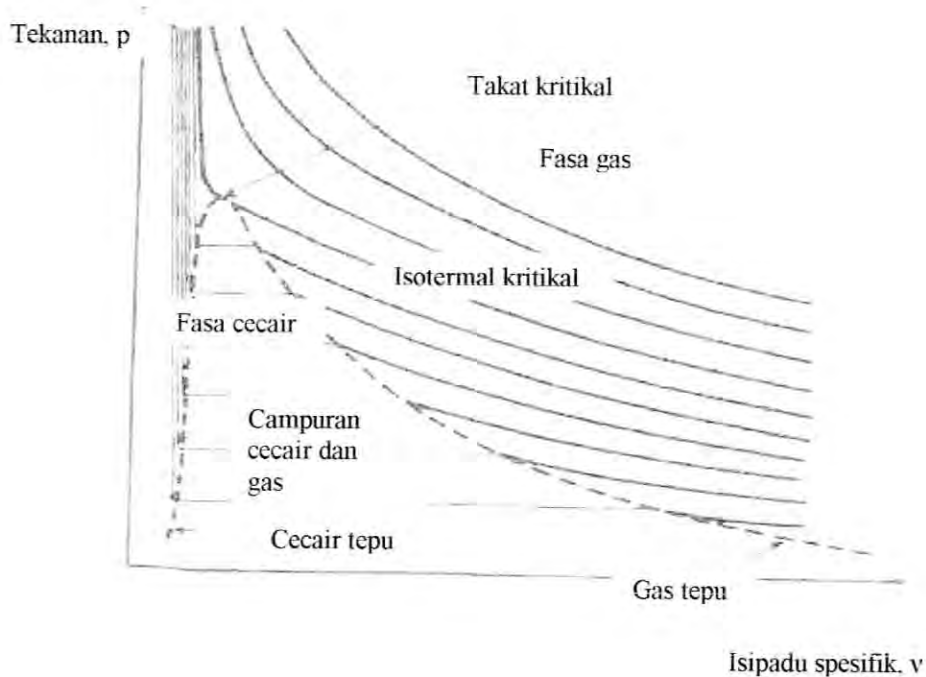
Bagi gas sebenar, terdapat sedikit percanggahan berkenaan teori persamaan ideal bagi satu fasa tertentu. Perbezaan tersebut menjadi ketara dan diambilkira pada tekanan tinggi dan pada suhu menyamai titik kondensasi bagi satu jenis gas tersebut.

Pada keadaan tertentu apabila gas sebenar digunakan, molekul wap terdiri daripada satu bahagian yang penting berpandukan jumlah isipadu. Segala daya antara molekul yang dikenali akan berubah berdasarkan jarak tertentu. Jika jarak kesan pengembangan lebih berbanding purata jarak antara molekul-molekul berdekatan maka ini akan membawa kepada perbezaan hukum gas ideal. Daya antara molekul melibatkan daya tarikan komponen yang meningkat sejajar dengan peningkatan suhu dan tekanan juga turut meningkat. Pada takat titik kondensasi, daya tarikan menjadi sangat dominan.

2.1.1.4 Graf Fasa

Perubahan dalam fasa sesuatu gas sebenar boleh digambarkan melalui graf berkenaan hubungan antara tekanan, p diikuti isipadu, v dan suhu, T . Pada kebiasaannya, tekanan dan isipadu adalah merujuk paksi koordinat, suhu sebagai pemalar dan hasil lengkungan dikenali sebagai isothermal. **Rajah 2.1** menunjukkan isothermal bagi gas sebenar dalam peralihan fasa antara gas dan cecair. Bagi gas ideal, p dan v adalah pemalar di mana ia menghasilkan satu hiperbola dengan paksi koordinat dikenali sebagai *asymptotes*.

Graf fasa adalah mencukupi bagi pembelajaran umum berkenaan gas pada penghampiran takat kondensasi. Akan tetapi pembelajaran berkenaan turut merangkumi fungsi termodinamik atau sedikit perbezaan antara gas ideal dan gas sebenar pada ketumpatan rendah.



Rajah 2.1 : Graf fasa bagi satu gas sebenar

2.1.1.5 Faktor Pemampatan

Untuk mengira perubahan fasa bagi gas sebenar dengan lebih tepat, rumus dan formula gas ideal dan memperbetulkan nilai sisihan pada gas sebenar. Faktor pembetulan, z , iaitu faktor pemampatan ditakrifkan seperti berikut:

$$z = \frac{pV}{R_i T} \text{----- (Persamaan 2.3)}$$

Di mana

- p = tekanan (kPa)
- v = isipadu (m³)
- R_i = pemalar gas (kPa . m³/kg .K)
- T = suhu (Kelvin)

Sisihan daripada persamaan ideal bagi satu fasa berlaku apabila z mencapah berbanding nilai 1. Faktor pemampatan pada umumnya adalah bergantung langsung dengan suhu dan tekanan. Pengukuran dan taburan telah dilakukan bagi kebanyakan gas.

2.1.2 Fungsi Termodinamik

Kajian berkenaan hubungan antara pelbagai bentuk tenaga dikenali sebagai termodinamik. Kepentingannya tidak dapat dinafikan di mana hampir semua proses melibatkan tenaga yang boleh ditukarkan daripada satu bentuk ke bentuk yang lain.

Dalam kimia, tujuan yang paling penting dalam termodinamik adalah menentukan takat keseimbangan bagi sesuatu tindakbalas kimia dan meramalkan sama ada sesuatu tindakbalas kimia adalah spontan dalam keadaan tertentu. Termodinamik tidak membekalkan sebarang maklumat berkenaan kadar di mana tindakbalas berlaku.