

**UNIVERSITAS INDONESIA**

**KAJIAN EKSPERIMENTAL KEBOCORAN GAS LPG PADA TABUNG  
GAS DENGAN BERBAGAI TYPE SEAL PENGAMAN YANG  
TERPASANG**

**SKRIPSI**

**REFLIWANTO ALEXANDER PANJAITAN**

**0706267282**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
DEPOK  
JANUARI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**KAJIAN EKSPERIMENTAL KEBOCORAN GAS LPG PADA TABUNG  
GAS DENGAN BERBAGAI TYPE SEAL PENGAMAN YANG  
TERPASANG**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**REFLIWANTO ALEXANDER PANJAITAN**

**0706267282**

**FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
DEPOK  
JANUARI 2012**

**HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul :

**KAJIAN EKSPERIMENTAL KEBOCORAN GAS LPG PADA  
TABUNG GAS DENGAN BERBAGAI TYPE SEAL PENGAMAN  
YANG TERPASANG**

Yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan tiruan atau duplikasi dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya. Penulisan tugas akhir ini dibuat bersama dengan **Ferdy Bastian (0606073146)** dengan judul tugas akhir **Kajian Eksperimental Kebocoran Gas LPG Pada Tabung Gas Dengan Berbagai Type Katup Pengaman Yang Terpasang** sehingga terdapat kata-kata atau kalimat yang sama.

Nama : Refliwanto Alexander Panjaitan

NPM : 0706267282

Tanda Tangan : 

Tanggal : 6 Januari 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

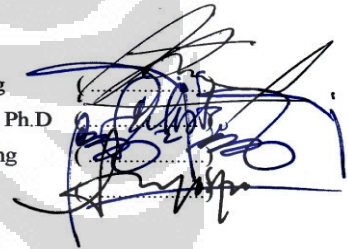
Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Refliwanto Alexander Panjaitan  
NPM : 0706267282  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : **Kajian Eksperimental Kebocoran Gas LPG Pada Tabung Gas Dengan Berbagai Type Seal Pengaman Yang Terpasang**

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. I Made Kartika, Dipl. Ing  
Penguji : Prof. Ir. Yulianto S. Nugroho, M.Sc., Ph.D  
Penguji : Prof. Dr. Ir. Bambang Sugiarto, M.Eng  
Penguji : Dr. Ir. Adi Surjosatyo, M.Eng



Ditetapkan di : Depok  
Tanggal : Januari 2012

## KATA PENGANTAR

Penulis panjatkan puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas berkat dan bimbingan-Nya selama proses pengerjaan skripsi dan dalam pengerjaan laporan skripsi, yang dapat terselesaikan dengan baik.

Buku laporan skripsi ini, dibuat berdasarkan hasil penelitian di Laboratorium Termodinamika, dengan judul, **Kajian Eksperimental Kebocoran Gas LPG Pada Tabung Gas Dengan Berbagai Type Seal Pengaman Yang Terpasang**. Berisikan secara umum mengenai proses terjadinya kebocoran pada tabung gas.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu dalam proses pengerjaan skripsi dan pengerjaan laporan ini. Adapun pihak-pihak tersebut,

1. Prof. Dr. Ir. I Made Kartika, Dipl. Ing selaku dosen pembimbing skripsi yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
2. Para dosen penguji yaitu, Prof. Ir. Bambang Sugiarto, M.Eng, Prof Ir. Yulianto S. Nugroho, M.Sc.Ph.D, dan Dr.Ir. Adi Surjosatyo, M.Eng yang telah menyediakan waktu dan memberikan saran kepada penulis.
3. Keluarga yang telah memberi dukungan secara moril dan material.
4. Untuk seseorang yang kasihi namun tidak dapat hadir dalam acara wisuda.
5. Ferdy Bastian sebagai sahabat dan teman skripsi yang selalu mendukung dalam pengerjaan skripsi ini hingga tuntas.
6. Frisman Sitanggang dan Tri Purwadi sebagai sahabat yang saling membantu, Teguh Santoso, Dede Sumantri, Eko, Eco, Rechman, dan teman-teman angkatan 2007.
7. Teman Lab lantai 2, yang telah teramat sangat banyak membantu dalam usaha untuk mengerjakan dan memperoleh data yang diperlukan.

8. Seluruh pegawai DTM-UI yang telah membantu pelaksanaan administrasi untuk ijin menggunakan lab, peminjaman buku.

Serta semua pihak yang telah membantu terlaksananya kerja praktek ini baik secara langsung maupun tidak dan yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis sadar bahwa dalam laporan ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, karena itu kami mengharapkan kritik dan saran membangun terkait dengan pembahasan dalam laporan ini. Diharapkan laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan juga perkembangan ilmu Teknik Mesin

Terimakasih

Depok, Januari 2012



Refliwanto Alexander Panjaitan

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

### TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Refliwanto Alexander Panjaitan  
NPM : 0706267282  
Program Studi : Teknik Mesin  
Departemen : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-***

***Free Right***) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

#### **KAJIAN EKSPERIMENTAL KEBOCORAN GAS LPG PADA TABUNG GAS DENGAN BERBAGAI TYPE SEAL PENGAMAN YANG TERPASANG**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 6 Januari 2012

Yang menyatakan



(Refliwanto Alexander Panjaitan)

## ABSTRAK

Nama : Refliwanto Alexander Panjaitan  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Kajian Eksperimental Kebocoran Gas LPG Pada Tabung Gas Dengan Berbagai Tipe Seal Pengaman yang Terpasang.

Program konversi dari minyak tanah ke LPG sebagai bahan bakar kompor menimbulkan banyak masalah di Indonesia. Salah satu dari masalah tersebut adalah terjadinya ledakan yang terjadi pada tabung gas LPG. Ledakan ini terjadi karena terjadinya kebocoran disalah satu komponen penunjang seperti karet pengaman, selang dan regulator. Pemerintah mencurigai karet pengaman sebagai salah satu sumber kebocoran pada sambungan katup-regulator. Untuk membuktikan pernyataan tersebut, sebuah kajian experimental dengan pendekatan analisis dilakukan. Kajian eksperimental ini menggunakan berbagai macam tipe dari katup dan karet pengaman untuk mengetahui tingkat kebocoran yang terjadi pada masing-masing katup dan karet pengaman. Parameter dari kajian eksperimental ini adalah massa, tekanan, dan waktu. Sebuah pendekatan analisis dilakukan pada parameter tersebut untuk memprediksi tingkat kebocoran berdasarkan waktu. Tingkat kebocoran tersebut dibandingkan antar kedua *seal* pengaman dalam setiap jenis katup yang diujicobakan.

Kata kunci : kebocoran, karet pengaman, LPG, katup.



## ABSTRACT

Name : Refliwanto Alexander Panjaitan

Major : Teknik Mesin

Final Assignment Title : Experimental study of LPG leakage on LPG cylinder through various types of rubber seal.

Conversion program from kerosin to LPG as stove fuel creating many problems in Indonesia . One of them is the explosion which is happened in the LPG cylinder. The explosion is happened because a leakage occurs in one of support component such as rubber seal, tube, and regulator. The government suspects rubber seal as the source of leakage in the valve-regulator connection. Proving that statement, an experimental study with analytical approach has been done. This experimental study used various types of valve and rubber seal to know the leakage rate on each valve and rubber seal. The parameter from this experimental study is mass, pressure and time. An analytical approach has been made on those parameter to know the prediction of leakage rate in base of time. The prediction of leakage is compared each other between two types of rubber seal in every tested-valve.

**Key word** : leakage, rubber seal, LPG, valve.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .... Error! Bookmark not defined.</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....</b>	<b>vi</b>
<b>TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Pembatasan Masalah.....	4
1.5 Metodologi Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
<b>2. DASAR TEORI.....</b>	<b>6</b>
2.1 <i>Liqified Gases</i> .....	6
2.2 Bahan Bakar Gas.....	6
2.3 Gas Alam (Gas Natural).....	7
2.4 Gas Buatan.....	7
2.5 LPG ( <i>Liquefied Petroleum Gas</i> ).....	8
2.6 Sifat-Sifat Gas LPG.....	10
2.6.1 Perubahan fase Gas LPG.....	10
2.6.2 Perubahan Volume Terhadap Temperature.....	10

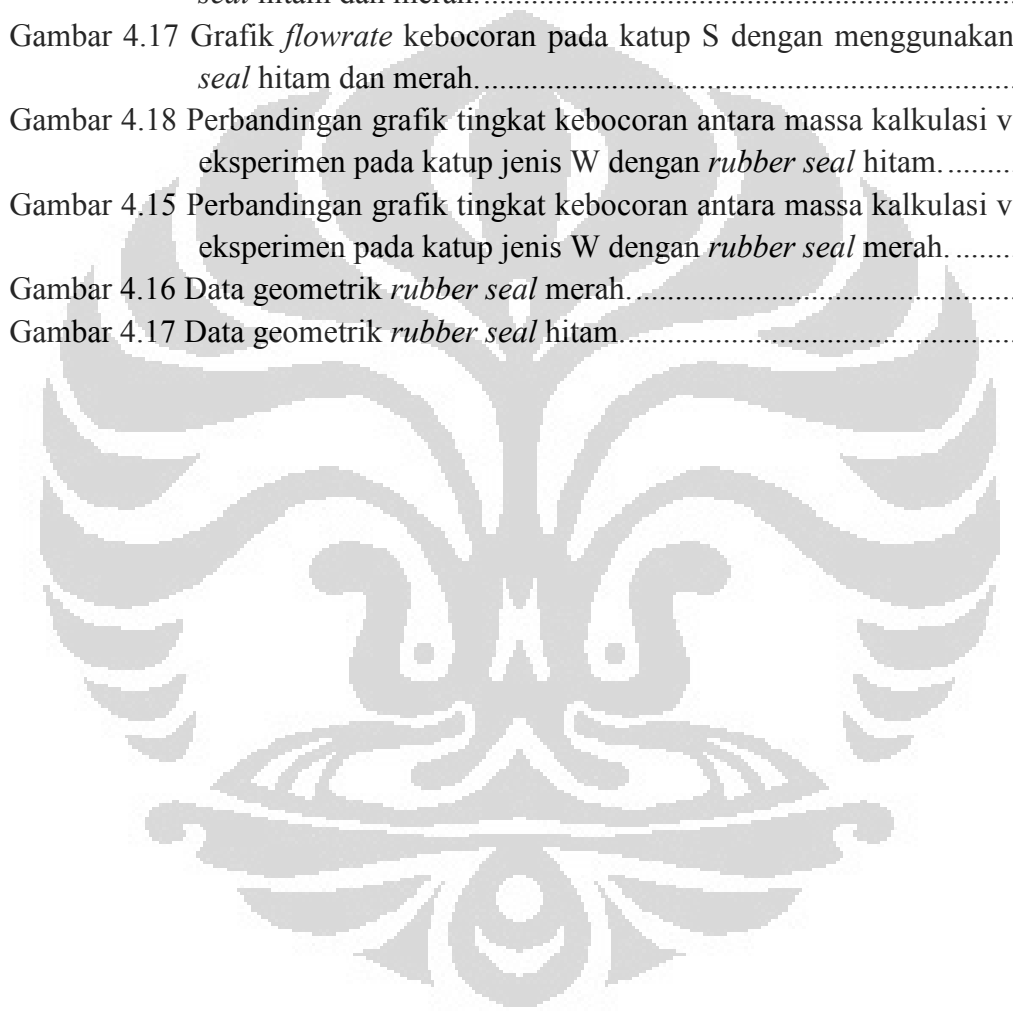
2.6.3	Temperatur dan Tekanan Uap ( <i>vapor pressure</i> ).....	11
2.7	Komponen LPG.....	11
2.7.1	Butana.....	11
2.7.2	Propana.....	12
2.8	Komposisi Gas <i>Mixture</i> : Fraksi Mol dan Gas. ....	13
2.9	Faktor Kompresibilitas.....	14
2.10	<i>Pseudocritical Properties</i> .....	15
2.11	<i>Pseudoreduced Properties</i> .....	16
2.12	Aturan Kay.....	16
2.13	Persamaan Hall and Yarborough (1973).....	17
<b>3.</b>	<b>METODE PENELITIAN</b> .....	<b>19</b>
3.1	Peralatan Penelitian.....	19
3.1.1	Tabung Gas LPG.....	19
3.1.2	<i>Weight Scale</i> .....	21
3.1.3	<i>Pressure Meter</i> .....	21
3.1.4	<i>Pressure Transducer</i> .....	22
3.1.5	Komputer PC.....	22
3.1.6	<i>Rubber Seal</i> (Karet Perapat).....	23
3.1.7	Regulator.....	23
3.1.8	Alat Pengukuran CMM.....	26
3.1.9	Katup Tabung Gas LPG.....	26
3.2	Langkah-Langkah Persiapan Alat.....	27
3.2.1	Pemasangan Alat.....	27
3.2.2	Pengetesan Kebocoran.....	28
3.3	Prosedur Percobaan.....	28
3.3.1	Persiapan Awal Peralatan Uji.....	28
3.3.2	Pengukuran Laju Kebocoran Gas LPG.....	28
3.4	Metode Pengambilan Data Kebocoran.....	29
<b>4.</b>	<b>HASIL DAN ANALISA</b> .....	<b>31</b>
4.1	Pengolahan Data.....	31

4.1.1	Contoh Pengolahan Data Eksperimental.....	31
4.1.2	Pengolahan Data Kalkulasi.....	36
4.2	Analisa Kebocoran Antara Rubber Seal Merah dan Hitam Untuk Setiap Katup. 43	
4.2.1	Analisa Grafik Kebocoran Untuk Katup M.....	43
4.2.2	Analisa Grafik Kebocoran Untuk Katup S.....	44
4.2.3	Analisa Grafik Kebocoran Untuk Katup A.....	45
4.2.4	Analisa Grafik Kebocoran Untuk Katup W.....	46
4.3	Analisa <i>Flowrate</i> Kebocoran.....	46
4.3.1	Analisa <i>Flowrate</i> Kebocoran Katup W Dengan <i>Rubber Seal</i> Merah dan Hitam.....	46
4.3.2	Analisa <i>Flowrate</i> Kebocoran Katup A Dengan <i>Rubber Seal</i> Merah dan Hitam.....	47
4.3.3	Analisa <i>Flowrate</i> Kebocoran Katup S Dengan <i>Rubber Seal</i> Merah dan Hitam.....	48
4.3.4	Analisa <i>Flowrate</i> Kebocoran Katup S Dengan <i>Rubber Seal</i> Merah dan Hitam.....	49
4.4	Analisa Massa Kalkulasi dengan Massa Eksperimen Katup W Dengan <i>Rubber Seal</i> Merah dan Hitam.....	50
4.5	Analisa Geometrik.....	52
4.5.1	Analisa Geometrik <i>Rubber Seal</i> Merah.....	52
4.5.2	Analisa Geometrik <i>Rubber Seal</i> Hitam.....	53
<b>5.</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>55</b>
5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran.....	55
	<b>DAFTAR ACUAN.....</b>	<b>56</b>
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>57</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik Kompresibilitas.....	17
Gambar 3.1	Skematik Eksperimen.....	19
Gambar 3.2	Bagian-bagian Tabung Gas.....	20
Gambar 3.3	<i>Weight Scale</i> .....	21
Gambar 3.4	<i>Pressure Meter</i> .....	21
Gambar 3.5	<i>Pressure Transducer</i> .....	22
Gambar 3.6	Komputer Perekam Penelitian.....	22
Gambar 3.7	Dimensi <i>Rubber Seal</i> (satuan mm).....	23
Gambar 3.8	Potongan Regulator.....	24
Gambar 3.9	Dimensi Regulator.....	24
Gambar 3.10	Dimensi Saluran Ke selang.....	25
Gambar 3.11	Alat pengukuran CMM.....	26
Gambar 3.12	Katup Tabung Gas LPG.....	27
Gambar 3.13	Plot grafik kebocoran.....	30
Gambar 4.1	Plot grafik untuk katup jenis W dengan <i>rubber seal</i> hitam.....	32
Gambar 4.2	Grafik hasil ekstrapolasi untuk katup jenis W dengan menggunakan <i>rubber seal</i> hitam.....	34
Gambar 4.3	Grafik hasil ekstrapolasi untuk katup jenis S dengan menggunakan <i>rubber seal</i> hitam.....	34
Gambar 4.4	Grafik hasil ekstrapolasi untuk katup jenis M dengan menggunakan <i>rubber seal</i> hitam.....	35
Gambar 4.5	Grafik hasil ekstrapolasi untuk katup jenis A dengan menggunakan <i>rubber seal</i> hitam.....	35
Gambar 4.6	<i>Flowrate</i> kebocoran untuk katup jenis W.....	36
Gambar 4.7	Grafik $\Delta$ massa kalkulasi.....	41
Gambar 4.8	Grafik $\Delta$ massa kalkulasi hasil dari ekstrapolasi pada katup W dengan menggunakan <i>rubber seal</i> merah.....	42
Gambar 4.9	Grafik $\Delta$ massa kalkulasi hasil dari ekstrapolasi pada katup W dengan <i>rubber seal</i> hitam.....	42
Gambar 4.10	Perbandingan grafik tingkat kebocoran antara menggunakan <i>rubber seal</i> merah dengan <i>rubber seal</i> hitam untuk jenis katup M.....	43
Gambar 4.11	Perbandingan grafik tingkat kebocoran dengan menggunakan <i>rubber seal</i> merah dan <i>rubber seal</i> hitam untuk jenis katup S.....	44
Gambar 4.12	Perbandingan grafik tingkat kebocoran dengan menggunakan <i>rubber seal</i> merah dan <i>rubber seal</i> hitam untuk jenis katup A.....	45

Gambar 4.13 Perbandingan grafik tingkat kebocoran dengan menggunakan <i>rubber seal</i> merah dan <i>rubber seal</i> hitam untuk jenis katup W. ....	46
Gambar 4.14 Grafik <i>flowrate</i> kebocoran pada katup W dengan menggunakan <i>rubber seal</i> hitam dan merah. ....	47
Gambar 4.15 Grafik <i>flowrate</i> kebocoran pada katup A dengan menggunakan <i>rubber seal</i> hitam dan merah. ....	48
Gambar 4.16 Grafik <i>flowrate</i> kebocoran pada katup S dengan menggunakan <i>rubber seal</i> hitam dan merah. ....	49
Gambar 4.17 Grafik <i>flowrate</i> kebocoran pada katup S dengan menggunakan <i>rubber seal</i> hitam dan merah. ....	49
Gambar 4.18 Perbandingan grafik tingkat kebocoran antara massa kalkulasi vs massa eksperimen pada katup jenis W dengan <i>rubber seal</i> hitam. ....	50
Gambar 4.15 Perbandingan grafik tingkat kebocoran antara massa kalkulasi vs massa eksperimen pada katup jenis W dengan <i>rubber seal</i> merah. ....	51
Gambar 4.16 Data geometrik <i>rubber seal</i> merah. ....	52
Gambar 4.17 Data geometrik <i>rubber seal</i> hitam. ....	53



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Properties Butana .....	12
Tabel 2.2 Properties Propana .....	13
Tabel 3.1 Tabel data penelitian katup M .....	29
Tabel 3.2 Tabel data penelitian katup S .....	30
Tabel 4.1 Contoh perhitungan $\Delta$ massa. ....	31
Tabel 4.2 Parameter x dan y untuk plot grafik .....	32
Tabel 4.3 Hasil perhitungan ekstrapolasi .....	33
Tabel 4.4 Data temperature dan tekanan kritikal gas butana dan propana .....	36
Tabel 4.5 Contoh hasil perhitungan data Tpr dan Ppr .....	38
Tabel 4.6 Nilai Z untuk seluruh data.....	40
Tabel 4.7 Massa kalkulasi.....	40
Tabel 4.8 $\Delta$ Massa ekstrapolasi. ....	41

## DAFTAR NOTASI

Daftar Simbol		
Simbol	Pengertian	Satuan
P	Tekanan	Paskal
P <sub>pc</sub>	Tekanan pseudokritikal	Paskal
P <sub>pr</sub>	Tekanan psudeoreduce	–
T	Temperatur	Kelvin
T <sub>pc</sub>	Temperatur pseudokritikal	Kelvin
T <sub>pr</sub>	Temperatur pseudoreduce	–
R	Konstanta universal gas	KJ/Kmol K
Z	Faktor kompresibilitas	–



## DAFTAR LAMPIRAN

Tabel data katup jenis W dengan <i>rubber seal</i> hitam .....	58
Tabel data katup jenis W dengan <i>rubber seal</i> merah .....	59
Tabel data katup jenis S dengan <i>rubber seal</i> merah.....	61
Tabel data katup jenis S dengan <i>rubber seal</i> hitam.....	62
Tabel data katup jenis A dengan <i>rubber seal</i> hitam .....	64
Tabel data katup jenis A dengan <i>rubber seal</i> merah.....	65
Tabel data katup jenis M dengan <i>rubber seal</i> merah.....	67
Tabel data katup jenis M dengan <i>rubber seal</i> hitam.....	68
Faktor Kompresibilitas Z.....	70



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang.

Kebutuhan masyarakat Indonesia akan bahan bakar gas sangat penting yang digunakan sebagai penunjang utama dari kebutuhan rumah tangga. Peningkatan kebutuhan bahan bakar gas meningkat tajam sejak pemerintah menjalankan program konversi minyak tanah menjadi gas LPG, pada tahun 2007. Program konversi ini telah mencakup seluruh daerah Indonesia kecuali untuk daerah Papua, dimana daerah tersebut mempunyai terrain yang cukup terjal sehingga sangat sulit untuk melakukan program konversi tersebut. Program konversi minyak tanah ke gas LPG dimaksudkan untuk mengurangi ketergantungan masyarakat akan bahan bakar minyak. Pemakaian gas lpg merupakan kebijakan yang tepat karena pemakaian gas lebih ramah lingkungan, lebih praktis, dan ketersediaannya lebih terjamin dibanding bahan bakar minyak BBM. Selain itu, dengan program konversi ini, negara dapat menghemat dana subsidi sekitar 25 triliun rupiah dengan jumlah 50 juta rumah tangga yang telah masuk ke dalam program konversi tersebut.

Program konversi minyak tanah ke gas harus didukung dengan pemahaman pemakaian alat penunjang seperti, kompor gas, regulator, dan selang, semua alat penunjang tersebut merupakan satu kesatuan dan tidak dapat dipisahkan. Alat-alat tersebut perlu diperhatikan secara cermat dan teliti, baik dari segi konstruksi dan kelayakannya serta penggunaannya oleh masyarakat umum. Kesalahan dalam konstruksi dan tidak layaknya alat penunjang tersebut dapat mengakibatkan kecelakaan yang fatal. Kecelakaan tersebut berupa ledakan yang disertai dengan sambaran api yang dapat menyebabkan terjadinya korban jiwa. Menurut data dari Pusat Studi Kebijakan Publik (Puskepi) sejak 2008-Juli 2010, telah terjadi 189 kasus ledakan gas, dengan perincian 61 kasus pada 2008, 50 kasus pada 2009 dan 79 kasus pada 2010[1]. Kasus-kasus

ledakan tersebut disebabkan beberapa faktor yaitu, dari faktor kelalaian, faktor dari alat penunjang tersebut dan faktor dari tabung gas yang tidak layak. Untuk faktor kelalaian, hal ini tidak dapat diterima sejumlah kalangan dan masyarakat karena dalam pemakaian sehari-hari masyarakat mampu menggunakannya dengan baik. Tabung gas yang tidak layak juga menjadi penyebab terjadinya ledakan yang diakibatkan kebocoran dari tabung gas tersebut. Disejumlah SPBE Kabupaten Cirebon, terdapat ribuan tabung gas yang rusak, bocor dan berkarat. Kerusakan pada tabung gas tersebut, diakibatkan karena benturan-benturan yang terjadi selama distribusi tabung gas dari SPBE hingga ke konsumen sedangkan kebocoran pada bagian klep dan ulir disebabkan karena tertekan oleh tabung lain sehingga menyebabkan posisinya tergeser. Untuk faktor alat penunjang, Badan Standarisasi Nasional mengatakan bahwa penelitian menunjukkan ledakan gas yang kerap terjadi belakangan ini bukan disebabkan oleh tabungnya yang bermasalah, namun dikarenakan aksesoris dan kompor gas misalnya selang dan *rubber seal* didalam katup, *katup*, *regulator* dan kompor. Untuk memperkuat argumentasinya, pihak Badan Standarisasi pun mengajukan data, bahwa 20 persen *regulator*, 50 persen kompor gas, 66 persen katup tabung, dan 100 persen selang yang diuji tidak memenuhi syarat mutu SNI. Pendapat BSN diperkuat pula oleh penyelidikan Asosiasi Industri Tabung Baja (Asitab), yang menyatakan bahwa sekitar 21 persen dari sedikitnya 48 kasus kebakaran diakibatkan kebocoran pada selang karet tabung gas[2].

Berdasarkan penelitian dari Depnakertrans, tabung gas LPG sudah diteliti dengan menekan tabung dengan berbagai variasi tekanan. Disamping itu pihak Pertamina sudah melakukan berbagai tindakan pengawasan terhadap tabung gas LPG sehingga tidak ada tabung bocor yang beredar. Beberapa kecelakaan yang belakangan marak terjadi bukan disebabkan oleh tabung, melainkan kurangnya kualitas aksesoris yang terdapat pada tabung gas LPG. Disamping itu Dirjen Minyak dan Gas, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) meminta kepada masyarakat untuk lebih mawas diri terhadap pentingnya

menjaga keselamatan penggunaan elpiji. Selain menjaga keselamatan, masyarakat perlu juga memperhatikan kondisi asesoris produk konversi elpiji seperti selang, katup, regulator, *rubber seal* dan kompor karena produk-produk seperti itu memiliki jangka waktu tertentu.

Beberapa penyebab terjadinya ledakan gas telah disebutkan bahwa sebagian besar alat-alat penunjang menyumbang terjadinya kebocoran yang dapat mengakibatkan ledakan. Kondisi dan kelayakan alat penunjang tersebut perlu diperhatikan dari segi umur dan kualitasnya. Kondisi dan kualitas dari alat penunjang dijelaskan dalam Standar Nasional Indonesia, dimana alat-alat penunjang tersebut dijelaskan struktur, dimensi, bahan material, dan uji-uji yang dipakai untuk dilakukan pengetesan terhadap alat tersebut. Alat-alat penunjang yang dijelaskan dalam Standar Nasional Indonesia adalah *rubber seal* (karet perapat), *katup*, *regulator*, selang, dan tabung gas tersebut.

Dari sejumlah alat penunjang yang disebutkan diatas, alat penunjang yang paling diprotes adalah penggunaan *rubber seal*. Menurut BPPT ketika kualitas *rubber seal* kurang maka akan terjadi kebocoran antara *regulator* dan *rubber seal*. Karena tekanan gas di dalam tabung cukup besar yaitu sekitar 7 bar, maka akibat kebocoran tersebut gas yang keluar sangat banyak[3]. Hal ini juga diperjelas dari Direktur Pemasaran dan Niaga Pertamina, bahwa masalah *rubber seal* ini sering dikeluhkan masyarakat karena sering mengakibatkan kebocoran dalam penggunaan LPG, kalau ini terjadi maka kemungkinan besar ledakan akan terjadi[4].

## 1.2 Perumusan Masalah.

Tugas akhir ini akan mencoba mengetahui bagaimana terjadinya kebocoran yang menyebabkan terjadinya ledakan. Dalam kehidupan sehari-hari terjadinya kebocoran dapat terjadi di bagian selang, katup dengan cincin leher katup, *rubber seal* yang terdapat didalam katup tabung, regulator, dan selang.

Namun dalam penelitian yang kami buat, pengukuran kebocoran lebih diutamakan pada bagian *rubber seal* yang terdapat di dalam katup tabung.

Percobaan akan difokuskan pada tabung gas LPG yang biasa digunakan dalam kehidupan masyarakat.

### **1.3 Tujuan Penelitian.**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui laju kebocoran dari tabung gas LPG yang difariasikan pada jenis katup dari tabung tersebut dan karet pengaman yang terpasang pada katup. Type katup yang akan dianalisis ada 4 type dan 2 jenis karet pengaman yang akan dianalisis. Penelitian ini dilakukan dengan cara mengukur penurunan massa dan tekanan tabung gas yang di ukur setiap lima menit selama 150 menit.

### **1.4 Pembatasan Masalah.**

Agar bahasan penelitian ini tidak menjadi luas dan terarah demi tercapainya tujuan penelitian, maka perlu diberikan batasan. Adapun batasan-batasannya adalah sebagai berikut:

1. Membahas mengenai penyebab kebocoran pada tabung gas dalam kehidupan sehari-hari
2. Membahas bagian tabung gas yang kemungkinan mengalami kebocoran.
3. Menentukan bagian keret *rubber seal*, sebagai penyebab terjadinya kebocoran
4. Perbandingan tingkat kebocoran antara *rubber seal* merah dan hitam.

### **1.5 Metodologi Penelitian.**

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain:

1. Tahap perumusan masalah, yaitu mencari variabel-variabel yang berpengaruh dalam penelitian, sekaligus referensi yang berkaitan.
2. Tahap kegiatan, yaitu merancang proses penelitian, melakukan pengujian alat, kalibrasi, dan melakukan penelitian-penelitian dan pengamatan.

3. Tahap penelitian dan pengambilan data, yaitu menyusun langkah-langkah penelitian, pengambilan data-data, dan melakukan pengolahan data.
4. Tahap penulisan skripsi, yaitu melakukan analisa terhadap data-data hasil penelitian yang didasarkan pada rumusan dan teori yang telah ada di berbagai literatur, dan selanjutnya menyajikan dalam bentuk karya tulis skripsi.

### **1.6 Sistematika Penulisan.**

Penyusunan laporan tugas akhir agar memiliki struktur yang baik dan tujuan penulisan dapat tercapai dengan baik maka penulisan tugas akhir akan mengikuti sistematika sebagai berikut :

- **BAB 1 PENDAHULUAN**

Berisi latar belakang sebagai dasar penelitian dilakukan, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

- **BAB 2 DASAR TEORI**

Berisi landasan teori umum yang digunakan untuk menjelaskan masalah yang dibahas.

- **BAB 3 PROSEDUR PENGAMBILAN DATA**

Berisi tentang proses dan alur pengambilan data kebocoran tabung gas.

- **BAB 4 HASIL dan ANALISIS**

Berisi tentang data yang didapat dari hasil penelitian berdasarkan prosedur untuk melihat hasil kebocoran beserta grafik yang di buat .

- **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran untuk penelitian sejenis di masa mendatang.

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 *Liqufied Gases.*

Liqufied gas adalah gas yang dapat menjadi fase cair didalam storage tank dengan temperature yang mendekati temperature atmosfer yaitu dengan jangkauan sekitar  $-130^{\circ}\text{F}$  hingga  $30^{\circ}\text{F}$  ( $-90^{\circ}\text{C}$  hingga  $-3.9$  atau  $1.1^{\circ}\text{C}$ ). Propana dan Butana adalah salah satu contoh dari liquefied gas.

#### 2.2 Bahan Bakar Gas.

Ditinjau dari sudut teknis dan ekonomis, bahan bakar diartikan sebagai bahan yang apabila dibakar (dipanaskan sampai mencapai temperature yang memungkinkan terjadinya reaksi kimia dengan oksidator) dapat meneruskan proses pembakaran tersebut dengan sendirinya, disertai dengan penegeluaran kalor. Bahan bakar dibakar dengan tujuan untuk memperoleh kalor tersebut, untuk digunakan baik secara langsung maupun tak langsung.

Bahan bakar konvensional, ditinjau dari keadaannya dan wujudnya dapat padat, cair atau gas, sedang ditinjau dari cara terjadinya dapat alamiah dan non alamiah atau buatan atau “*manufactured*”. Termasuk bahan bakar padat alamiah ialah: antrasit, batubara bitumen, lignit, kayu api, sisa tumbuhan. Termasuk bahan bakar padat non alamiah antara lain: kokas, semi kokas, arang, briket, bris, serta bahan bakar nuklir. Bahan bakar cair non-alamiah antara lain: bensin gasoline, kerosin atau minyak tanah, minyak solar, minyak residu, dan juga bahan bakar padat yang diproses menjadi bahan bakar cair seperti minyak resin dan bahan bakar sintetis. Bahan bakar gas alamiah misalnya: gas alam, dan gas petroleum, sedang bahan bakar gas non alamiah misalnya gas rengkah (atau cracking gas) dan “*producer gas*”.

Bahan bakar fosil dan bahan bakar organik lainnya umumnya tersusun dari unsur-unsur C (karbon), H (hydrogen), O (oksigen), N (nitrogen), S (belerang), P (fosfor) dan unsure-unsur lainnya dalam jumlah kecil, namun unsur-unsur kimia yang

penting adalah C, H, S, yaitu unsur-unsur yang jika terbakar menghasilkan kalor, dan disebut sebagai “bahan bakar yang dapat terbakar” atau “*combustible matter*”, disingkat dengan BDT. Unsur-unsur lain yang terkandung dalam bahan bakar namun tidak dapat terbakar adalah O, N, bahan mineral atau abu dan air. Komponen-komponen ini disebut sebagai “bahan yang tidak dapat terbakar” atau “*non-combustible matter*”, disingkat dengan non-BDT.

Bahan bakar gas, jika tersedia merupakan bahan bakar yang ideal untuk digunakan pada berbagai keperluan pembakaran karena kemudahan dalam penanganannya, kandungan residu padat dapat diabaikan dan rendahnya kebutuhan udara lebih (*excess air*) sehingga dapat diperoleh efisiensi pemanfaatan yang tinggi.

### **2.3 Gas Alam (Gas Natural).**

Bahan bakar gas dapat diklasifikasikan atas gas alam (*natural gas*) maupun gas buatan (*manufactured gas*). Biasanya gas alam dijumpai pada deposit minyak dan batubara. Gas alam sebagian besar merupakan campuran dari senyawa hidrokarbon dengan sedikit jumlah materi nonhidrokarbon yang berfase gas. Sebagian bahan bakar, gas alam sangat ideal karena umumnya bebas dari kandungan gas tidak terbakar atau residu padat. Pada saat dibakar umumnya menghasilkan nyala berwarna biru dan sangat mudah terbakar jika tercampur udara pada komposisi yang tepat.

Komposisi kimia gas alam sebagian besar terdiri dari metana ( $\text{CH}_4$ ) dan sejumlah yang lebih sedikit etana ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), propana ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), butana ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ), serta pentana ( $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ). Kadang-kadang terkandung juga sulfur, namun jumlahnya dapat diabaikan. Karbondioksida dan nitrogen merupakan komponen tak terbakar yang sering terdapat dalam gas alam dalam jumlah sangat kecil[6].

### **2.4 Gas Buatan.**

Bahan bakar gas buatan banyak diproduksi melalui proses gasifikasi atau karbonisasi bahan bakar padat (terutama batubara), dan beberapa proses lainnya. Kadang-kadang gas-gas ini diberi perlakuan tertentu untuk meningkatkan nilai kalornya. Jenis-jenis bahan bakar gas buatan meliputi *Liquefied Petroleum Gas*



(LPG), *refinery oil gas*, *producer gas*, *water gas*, *blast furnace gas*, *wood gas*, *peat gas*, *coal gas*, *coke oven gas*, dan *bio gas*.

LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) yang populer di Indonesia dengan nama Elpiji didapat dari proses pengolahan gas alam atau dari minyak mentah (*Crude Oil*). Dari gas alam selain dihasilkan LNG juga didapat LPG, sedangkan dari pengolahan minyak mentah sebagian besar produk ringan dapat menghasilkan LPG dengan proses fraksional, *nafta reforming*, *thermal/catalytic cracking*. Untuk lebih jelasnya mengenai LPG akan dijelaskan pada bagian selanjutnya.

## 2.5 LPG (*Liquefied Petroleum Gas*).

ELPIJI merupakan merk dagang dari LPG atau *Liquefied Petroleum Gas*. Merupakan campuran dari berbagai hydrocarbon, sebagai hasil penyulingan minyak mentah, berbentuk gas. Dengan menambah tekanan atau menurunkan suhunya membuat menjadi cairan. Inilah yang kita kenal dengan bahan bakar gas cair. Terutama digunakan oleh para ibu rumah tangga dan restoran sebagai pengganti bahan bakar minyak yang kian menipis persediaannya. Elpiji merupakan senyawa hidrokarbon yang dikenal sebagai Butana, Propana, Isobutana atau campuran antara Butana dengan Propana. Secara umum ELPIJI bersifat :

- Berat jenis gas ELPIJI lebih besar dari udara, yaitu :
  - Butana mempunyai berat jenis dua kali berat jenis udara.
  - Propana mempunyai berat jenis satu setengah kali berat udara.
- Tidak mempunyai sifat pelumasan terhadap metal.
- Merupakan Solvent yang baik terhadap karet, sehingga perlu diperhatikan terhadap kemasan atau tabung yang di pakai.
- Tidak berwarna baik berupa cairan maupun dalam bentuk gas.
- Tidak berbau. Sehingga untuk keselamatan, ELPIJI komersial perlu ditambah zat odor, yaitu Ethyl Mercaptane yang berbau menyengat seperti petai.
- Tidak mengandung racun.
- Bila menguap di udara bebas akan membentuk lapisan karena kondensasi sehingga adanya aliran gas.

- Setiap kilogram ELPIJI cair dapat berubah menjadi kurang lebih 500 liter gas ELPIJI.

Sebagai sumber energi (bahan bakar), digunakan oleh rumah tangga untuk memasak, penerangan, water heater, gas stoves, rice cookers, setrika, dan sebagainya. Secara umum, ELPIJI digunakan oleh restoran, rumah makan, rumah sakit, laboratorium. Industri yang menggunakan ELPIJI sebagai bahan bakar adalah pabrik-pabrik, penyulingan, perusahaan keramik, dok perkapalan, bengkel dan sebagainya. Selain digunakan sebagai bahan bakar, gas ELPIJI digunakan pula sebagai bahan penekan. Digunakan untuk hasil produksi yang berjenis spray, seperti deodorant, minyak wangi spray, cat pylox, dan kosmetik sejenisnya.

Secara garis besar, fungsi LPG adalah sebagai berikut :

- Sebagai bahan untuk rumah tangga meliputi kompor, Pemanas Air dan lampu penerangan.
- Sebagai bahan bakar industri, meliputi industri Makanan, Kertas, Tekstil, Percetakan, Cat, Keramaik, Gelas, Industri Logam dan sebagainya.
- Berguna pula sebagai bahan penekan atau zat penyemprotan seperti pada obat nyamuk Spray, cat Spray (Pilox) dan deodorant.
- Sebagai bahan baku.

Bahan bakar gas cair ELPIJI mempunyai ciri khas sebagai berikut :

- Sensitif terhadap api.
- Mudah terbakar.
- Tidak berwarna dan berbau.
- Mempunyai daya pemanasan yang tinggi karena mempunyai nilai kalor yang
- relatif lebih tinggi per satuan beratnya dibanding bahan bakar lain untuk kegunaan yang sama.
- Bersih, tidak berwarna, mudah dan aman dalam pengangkutan dan penyimpanannya.
- Tidak menyebabkan pengkaratan pada besi dan tabung kemasan

Untuk mengetahui kebocoran pada tabung gas, bahan bakar ini diberikan aroma khusus (gas MERCAPTANE) yang berbau seperti petai. Bau ini amat menusuk hidung, sehingga bila tabung bocor dapat segera terdeteksi dan dapat ditanggulangi secepatnya. Penggunaan yang tepat bahan bakar ini dapat menghemat waktu karena memudahkan saat memasak Kompor ELPIJI berpemantik api otomatis, sehingga tidak perlu menyediakan korek api setiap hari.

Bahan bakar gas ELPIJI tidak meninggalkan sisa pembakaran seperti bahan bakar lainnya. Ruangan dapur pun akan terjamin kebersihannya. Memasak dengan ELPIJI membutuhkan waktu lebih sedikit dibanding dengan bahan bakar lainnya.

## **2.6 Sifat-Sifat Gas LPG.**

### **2.6.1 Perubahan fase Gas LPG.**

ELPIJI merupakan campuran dari beberapa gas natural yang mudah dapat berubah fase menjadi liquid dan gas kembali. Untuk berubah fase menjadi cair sebuah zat (gas natural) harus dikondisikan pada temperature dibawah titik didihnya. Titik didih merupakan temperatur dimana sebuah zat berubah fase dari fase cair menjadi fase gas. Propana yang merupakan campuran dari LPG dapat berubah fase menjadi cair ketika didinginkan dengan temperatur dibawah  $-42^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan atmosfer di atas 7 bar (700 kPa) dengan temperatur konstan. Berbeda dengan propane, butane dapat berubah fase menjadi cair dengan kondisi temperature dibawah  $0.5^{\circ}\text{C}$  dan tekanan atmosfer di atas 2 bar (200 kPa). Dengan adanya perubahan fase dari gas-gas natural tersebut maka gas tersebut dapat dikompresikan. Propana dapat dikompresikan hingga perbandingan 1:270 dari fase gas menjadi fase cair, sedangkan propane dapat dikompresikan hingga mencapai 1:240 dari fase gas menjadi fase cair. Karena sifat-sifat tersebut, maka ELPIJI dapat disimpan dalam *storage tank* (bejana tangguh).

### **2.6.2 Perubahan Volume Terhadap Temperature.**

ELPIJI baik dalam fase cair maupun gas, akan memuai jika terkena panas, dan menyusut jika didinginkan. Pada saat memuai volume ELPIJI akan bertambah dan

berkurang jika didinginkan. Oleh karena pengaruh temperature yang sangat besar, volume ELPIJI dapat menyusut sebesar 1% dengan perubahan temperature 6 F (-14.4°C).

### 2.6.3 Temperatur dan Tekanan Uap (*vapor pressure*).

Untuk menjaga ELPIJI tetap dalam fase cairnya, ELPIJI harus dikondisikan dalam temperatur dan tekanan tertentu. Hal ini telah dijelaskan sebelumnya dalam perubahan fase. Jika temperature propane dinaikan, maka tekanan yang dibutuhkan untuk menjaga propane dalam fase cair harus dinaikan juga, hal yang sama juga berlaku untuk gas natural butana.

## 2.7 Komponen LPG.

Komponen utama pengisi LPG adalah senyawa hidrokarbon Propana ( $C_3H_8$ ) dan Butana ( $C_4H_{10}$ ) dengan komposisi 30% Propana dan 70% Butana, Namun ada di beberapa Negara komposisi LPG berbeda yaitu 50% Propana dan 50% Butana. Komposisi 30% propana dan 70% Butana merupakan komposisi yang biasa digunakan dalam rumah tangga dan merupakan komposisi paling aman.

### 2.7.1 Butana.

Butana, yang sering juga disebut n-butana, adalah alkane yang memiliki empat atom Karbon ( $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$ ). Butana sangat mudah terbakar, tidak berwarna dan mudah untuk dicairkan (*liquified gases*). Pada pembakaran dengan jumlah oksigen yang banyak, butane akan berubah menjadi karbon dioksida dan uap air. Jika kadar oksigen yang tersedia terbatas, karbon mono oksida (CO) kemungkinan akan terbentuk.

Gas butane biasa dijual dalam bentuk LPG, dimana gas butane dicampur dengan propane dan gas-gas hidrokarbon lain. Gas butane biasa digunakan untuk keperluan rumah tangga. Karakteristik butane antara lain sebagai berikut:

Tabel 2.1 Properties Butana

Properties Butana	
Molecular Formula	$C_4H_{10}$
Molar Mass	$58.12 \text{ g mol}^{-1}$
Appearance	Colorless gas
Density	$2.48 \text{ kg/m}^3$ , gas ( $15^\circ\text{C}$ , 1 atm)
	$600 \text{ kg/m}^3$ , Liquid ( $0^\circ\text{C}$ , 1 atm)
Kalor spesifik (Cp)	$1.7164 \text{ kJ/kg.K}$ , gas ( $15^\circ\text{C}$ , 1 atm)
	$2.31 \text{ kJ/kg.K}$ , Liquid ( $0^\circ\text{C}$ , 1 atm)
Cv	$1.5734 \text{ kJ/kg.K}$
M	$6.8\text{E-}06 \text{ Pa.s}$ , liquid ( $0^\circ\text{C}$ , 1 atm)
	$8.4\text{E-}06 \text{ Pa.s}$ , Gas ( $15^\circ\text{C}$ , 1 atm)
k	1.091
R	$0.1433 \text{ kJ/kg.K}$
Volume	$0.2547 \text{ m}^3/\text{kmol}$
Melting Point	$-138.4^\circ\text{C}$ ( $135.4 \text{ K}$ )
Boiling Point	$-0.5^\circ\text{C}$ ( $272.6 \text{ K}$ )

(Sumber: *Fundamental of Thermal-Fluid Science: Yunus A Cengel and Robert H Turner*)

### 2.7.2 Propana.

Propana merupakan hidrokarbon alkana berkarbon tiga. Wujud umumnya adalah gas, namun dapat dikompresi sampai menjadi bentuk cair untuk kemudahan transportasi. Propana diturunkan dari minyak jenis lain melalui proses distilasi minyak mentah maupun dari gas alam (*natural gas*). Untuk keperluan komersil gas propane dicampur dengan gas lainnya seperti *propylene*, *butane*, dan *butylene* untuk mendapatkan produk baru seperti pada gas LPG.

Tidak seperti gas alam, propane lebih berat atau memiliki densitas lebih besar dari udara. Pada kondisi standar dan bebas, propana cenderung untuk jatuh

akibat gravitasi karena beratnya. Propana cair akan berubah menjadi uap pada tekanan atmosfer dan berwujud putih karena pengembunan dari udara.

Propana bisa digunakan sebagai bahan bakar industry, bahan bakar kendaraan, dan sebagai refrigerant pada butana refrigerasi. Beberapa karakteristik dari butana terdapat di table berikut

Tabel 2.2 Properties Propana

Properties Propana	
Molecular Formula	$C_3H_8$
Molar Mass	$44.1 \text{ g mol}^{-1}$
Appearance	Colorless gas
Density	$2.0098 \text{ kg/m}^3$ , gas ( $15 \text{ }^\circ\text{C}$ , 1 atm)
	$581.2 \text{ kg/m}^3$ , liquid ( $0 \text{ }^\circ\text{C}$ , 1 atm)
Kalor Spesifik ( $C_p$ )	$1.6794 \text{ kJ/kg.K}$ , gas ( $15 \text{ }^\circ\text{C}$ , 1 atm)
	$2.25 \text{ kJ/kg.K}$ , liquid ( $0 \text{ }^\circ\text{C}$ , 1 atm)
$C_v$	$1.4909 \text{ kJ/kg.K}$
M	$8\text{E-}06 \text{ Pa.s}$ , Liquid( $0 \text{ }^\circ\text{C}$ , 1 atm)
	$8.029\text{E-}06 \text{ Pa.s}$ , Gas ( $15 \text{ }^\circ\text{C}$ , 1 atm)
k	1.126
R	$0.1885 \text{ kJ/kg.K}$
Volume	$0.1998 \text{ m}^3/\text{kmol}$
Melting Point	$-187.7 \text{ }^\circ\text{C}$
Boiling Point	$-42.1 \text{ }^\circ\text{C}$

(Sumber: *Fundamental of Thermal-Fluid Science: Yunus A Cengel and Robert H Turner*)

## 2.8 Komposisi Gas Mixture: Fraksi Mol dan Gas.

Untuk menetapkan properties atau sifat dari gas mixture, terlebih dahulu menentukan komposisi dari gas mixture serta sifat dari masing-masing komponen gas mixture. Ada dua cara dalam menggambarkan komposisi dari sebuah gas mixture yaitu dengan menspesifikasikan jumlah mol dari masing-masing penyusun gas

tersebut disebut dengan molar analysis atau dengan menspesifikasikan massa dari masing-masing komponen penyusun gas mixture disebut dengan gravimetric analysis. Dengan pemahaman bahwa sebuah gas mixture disusun dari k komponen. Massa dari mixture  $m_m$  adalah jumlah massa dari masing-masing komponen dan jumlah mol dari mixture  $N_m$  adalah jumlah mol dari masing-masing komponen.

$$m_m = \sum_{i=1}^k m_i \quad N_m = \sum_{i=1}^k N_i$$

Rasio dari massa komponen dari massa mixture adalah fraksi massa dan rasio mol dari mol komponen terhadap jumlah mol mixture adalah fraksi mol.

$$m_f i = \frac{m_i}{m_m} \quad \text{dan} \quad y_i = \frac{N_i}{N_m}$$

## 2.9 Faktor Kompresibilitas.

Faktor gas kompresibilitas umumnya disebut sebagai factor deviasi atau factor  $z$ . Nilai daripada factor  $z$  merefleksikan berapa banyak gas riil yang terdeviasi dari gas ideal pada tekanan dan temperature yang ditentukan. Fungsi lain daripada faktor kompresibilitas  $Z$  adalah untk memodifikasi hukum gas ideal agar dapat untuk menghitung sifat-sifat dari gas riil. Untuk gas ideal faktor kompresibilitas  $Z$  mempunyai nilai 1 dan untuk gas riil nilai faktor kompresibilitas  $Z$  dapat berdeviasi menjadi positif maupun negatif yang bergantung dari gaya intermolekuler dari gas tersebut. Definisi dari faktor kompresibilitas adalah

$$Z = \frac{V_{\text{actual}}}{V_{\text{ideal}}}$$

Faktor  $Z$  dapat diekspresikan didalam gas ideal untuk gas riil

$$PV_m = RT$$

Dan koreksi dari gas ideal untuk ketidakidealan didefenisikan sebagai berikut,

$$PV_m = ZRT$$

Sehingga

$$Z = \frac{PV_m}{RT}$$

Dimana

- P = tekanan  
 V<sub>m</sub> = Volume molar gas  
 R = Konstanta universal gas  
 T = Temperatur

Persamaan diatas merupakan persamaan paling sederhana dan umum digunakan untuk gas riil *equation of state* (EOS). Keterbatasan dari persamaan ini adalah bahwa faktor kompresibilitas Z tidak konstan tetapi bervariasi dari satu jenis gas ke jenis lainnya dengan temperatur dan tekanan tertentu. Ada tiga bagian yang mempengaruhi faktor kompresibilitas,

1. Nilai faktor kompresibilitas mendekati 1 dan tekanan gas mendekati 0 maka sifat gas tersebut mendekati sifat gas ideal.
2. Nilai faktor kompresibilitas kurang dari 1 ditekanan tingkat menengah, hal ini dikarenakan gaya tarik intermolekuler yang menyebabkan volume actual lebih kecil dari nilai idealnya.
3. Nilai faktor kompresibilitas Z lebih dari 1 dan dengan tekanan yang sangat tinggi, hal ini dikarenakan gaya dorong intermolekuler menyebabkan volume actual lebih besar dari volume idealnya.

### 2.10 *Pseudocritical Properties.*

Sifat-sifat kritikal dari gas dapat ditentukan dari sifat-sifat kritikal dari masing-masing gas penyusun dari gas mixture, cara ini disebut dengan *pseudocritical properties*. Tekanan gas pseudocritical dan temperature *pseudocritical* dapat diekspresikan sebagai berikut,

$$P_{pc} = \sum_{i=1}^{N_c} y_i P_{Ci}$$

$$T_{pc} = \sum_{i=1}^{N_c} y_i T_{Ci}$$

Dimana P<sub>ci</sub> dan T<sub>ci</sub> adalah tekanan kritikal dan temperature kritikal dari masing-masing komponen.



### 2.11 *Pseudoreduced Properties.*

Untuk gas campuran, tekanan dan temperature reduce disebut dengan tekanan dan temperature *pseudoreduce* yang harus dibedakan dari komponen penyusun gas campuran tersebut, dan dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_{pr} = \frac{P}{P_c}$$

$$T_{pr} = \frac{T}{T_c}$$

Dimana  $P_{pr}$  dan  $T_{pr}$  adalah tekanan dan temperature *reduce* dari gas campuran tersebut. Temperatur yang digunakan harus absolut yang dinotasikan dengan  $^{\circ}\text{C}+273$ .

### 2.12 **Aturan Kay.**

Untuk menggeneralisasikan faktor kompresibilitas  $Z$  dari grafik untuk gas campur, maka harus menetapkan sifat-sifat kritikal dari masing-masing gas penyusunnya. Hal ini bisa dilihat dari persamaan W. B. Kay (1936).

$$T_{pc} = y_1 T_{c1} + y_2 T_{c2} + y_3 T_{c3} \dots$$

$$P_{pc} = y_1 P_{c1} + y_2 P_{c2} + y_3 P_{c3} \dots$$

Dimana

$T_{pc}$  = Temperatur pseudokritikal gas campur

$P_{pc}$  = Tekanan pseudokritikal gas campur

$T_{c1}, T_{c2}, T_{c3}$  = Temperatur kritikal komponen gas campur

$P_{c1}, P_{c2}, P_{c3}$  = Tekanan kritikal komponen gas campur

$y_1, y_2, y_3$  = Fraksi mol dari gas campur.

Dengan didapatnya tekanan dan temperature kritikal dari gas campur maka nilai faktor kompresibilitas  $Z$  dapat ditetapkan dari grafik dengan menggunakan persamaan pseudoreduced.

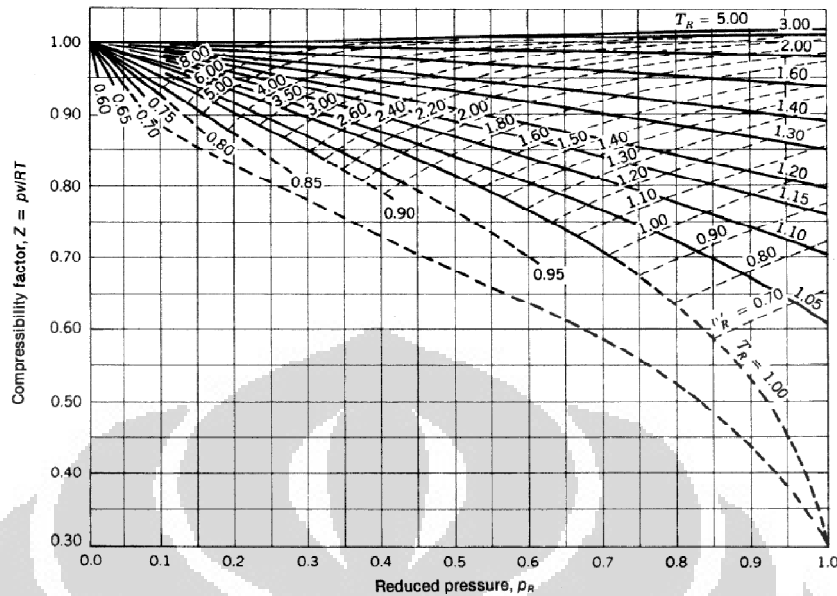


Figure A-1 Generalized compressibility chart,  $p_R \leq 1.0$ . Source: E. F. Obert, *Concepts of Thermodynamics*, McGraw-Hill, New York, 1960.

Gambar 2.1 Grafik Kompresibilitas  
(Sumber: *Engineering Thermodynamics*)

### 2.13 Persamaan Hall and Yarborough (1973).

Persamaan Hall and Yarborough digunakan untuk menemukan faktor kompresibilitas  $Z$ . Persamaan ini menggunakan parameter  $P_{pr}$  dan  $T_{pr}$  sebagai masukan dari persamaan ini. Berikut adalah persamaan Hall dan Yarborough (1973),

$$t = \frac{1}{T_{pr}}$$

$$A = 0.06125 \times t \times e^{-1.2(1-t)^2}$$

$$B = t(14.76 - (9.76 \times t) + 4.58t^2)$$

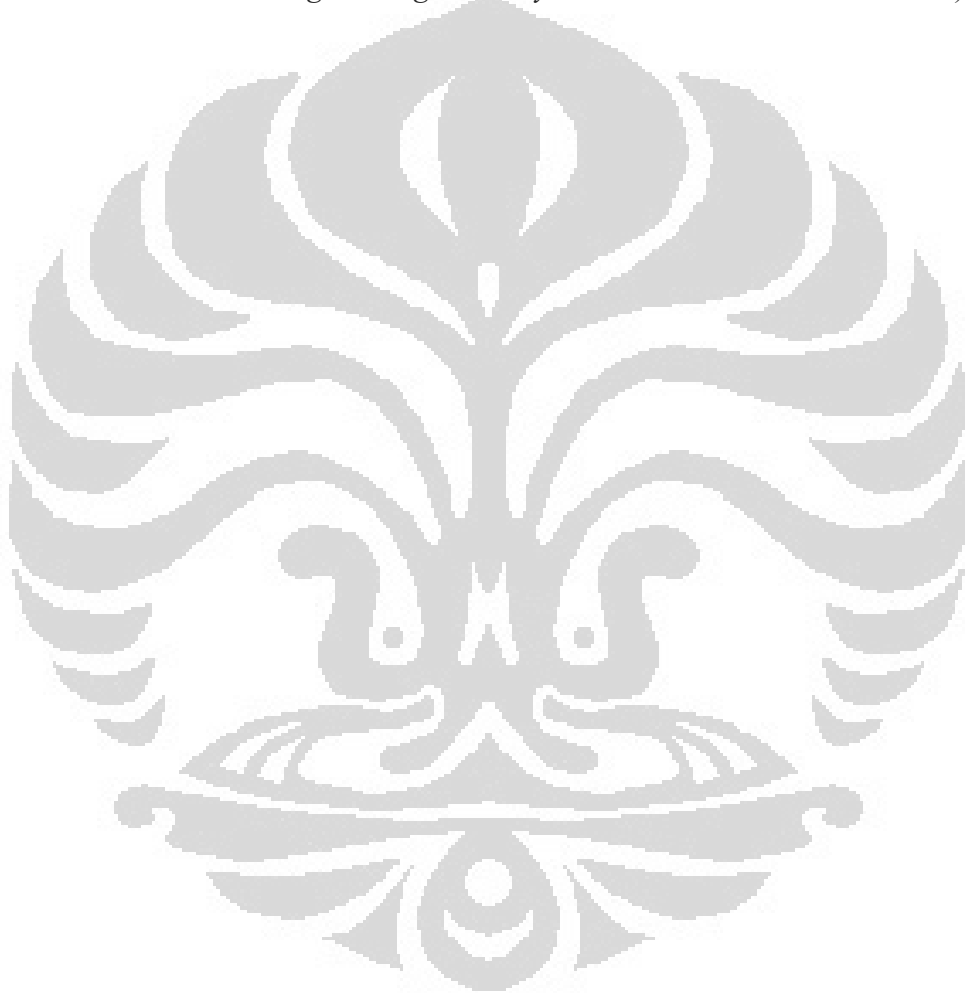
$$C = t(90.7 - (242.2 \times t) + 42.4t^2)$$

$$D = 2.18 + 2.82 \times t$$

$$f(Y) = \frac{Y + Y^2 + Y^3 - Y^4}{(1-Y)^3} - A \times Ppr - BY^2 + CY^D = 0$$

$$Z = \frac{A \times Ppr}{Y}$$

(Sumber: *Natural Gas Engineering: Dr. Boyun Guo and Dr. Ali Ghalambor*)

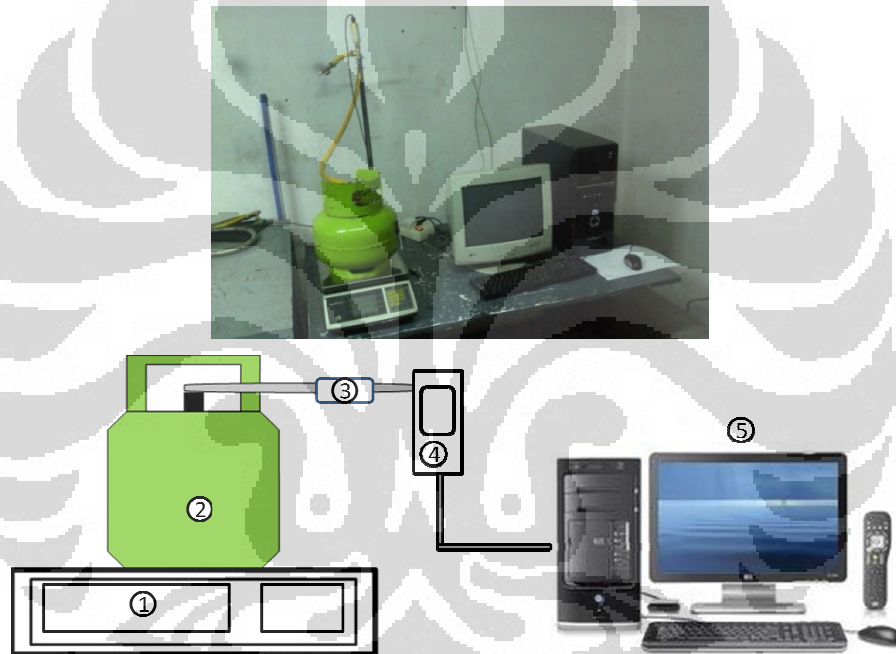


## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Peralatan Penelitian.

Peralatan penelitian yang digunakan untuk penelitian ini terdiri dari tabung gas LPG, pressure meter, weight scale, dan computer. Skema pengambilan data dapat dilihat sebagai berikut,

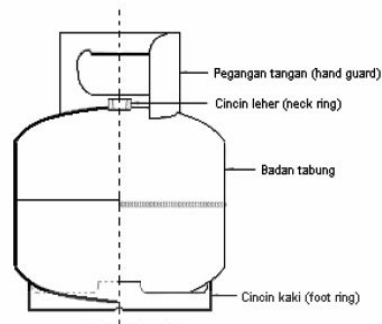


Gambar 3.1 Skematik Eksperimen

1. Weight Scale
2. Tabung Gas LPG
3. Pressure Transducer
4. Pressure Meter
5. Komputer

#### 3.1.1 Tabung Gas LPG .

Salah satu alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah tabung gas LPG. Tabung gas ini berfungsi sebagai media penyimpanan gas LPG.



Gambar 3.2 Bagian-bagian Tabung Gas

Tebal dinding tabung diperoleh dari perhitungan berdasarkan rumus (AS 2469-1998) sebagai berikut[7]:

$$tebal = 2.5 \left( \frac{D_i}{R_m} \right)^{1/2} \quad \text{dan} \quad tebal = \left( \frac{P_h \times D_o}{2f + P_h} \right)$$

$$tebal \text{ minimum} = t + CA$$

Dengan

t adalah tebal minimum badan tabung (mm), diambil nilai terbesar hasil perhitungan dari rumus 1 dan 2

$D_i$  adalah diameter dalam tabung (mm)

$D_o$  adalah diameter dalam tabung (mm)

$P_h$  adalah tekanan uji (MPa)

f adalah tegangan maksimal yang dibolehkan (permissible stress), diambil dari nilai Yield Strength material tabung yang digunakan, bila nilai f dari yield strength lebih besar dari 60% nilai Tensile Strenght ( $R_m$ ), maka nilai f yang dipergunakan adalah 60%  $R_m$ ;

$R_m$  adalah kuat tarik minimu (MPa);

CA adalah Corrosion Allowance sebesar 0.01 mm pertahun dengan perhitungan umur pakai 5 tahun

Setiap tabung gas mempunyai valve dengan berbagai vendor yang berbeda, dalam penelitian ini dipilih tabung gas dengan valve dari vendor MTU, SCG, ABP, dan WMK. Valve tersebut telah memenuhi kondisi yang ditetapkan oleh SNI.

### 3.1.2 *Weight Scale.*

*Weight scale* digunakan untuk mengetahui massa yang berkurang setiap 5 menit dalam penelitian yang berlangsung. *Weight scale* yang digunakan memakai satuan gram dengan menggunakan empat angka penting.

Merk : D-Scale

Type Weight Scale : JCS-A 15K

Capacity : 15 kg

Ketelitian : 0.5 g



Gambar 3.3 *Weight Scale*

### 3.1.3 *Pressure Meter.*

Pressure meter digunakan untuk mengukur tekanan dalam gas LPG dalam sistem penelitian. Pressure meter yang digunakan memakai satuan bar.

Merk : LT Lutron PS-9302

Ketelitian : 0.02 bar

Max Tekanan : 20 bar



Gambar 3.4 *Pressure Meter*

### 3.1.4 Pressure Transducer.

Pressure transducer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tekanan. Cara kerja pressure transducer, mengubah arus yang diterima pressure transducer menjadi tekanan, yang kemudian diubah menjadi bentuk digital ke pressure meter.

Spesifikasi pressure transducer:

Merk : LT Lutron

Tekanan Max : 20 bar



Gambar 3.5 Pressure Transducer

### 3.1.5 Komputer PC.

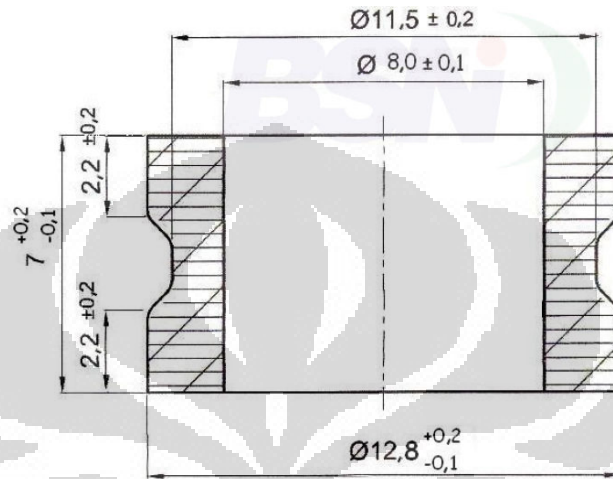
Komputer dapat digunakan untuk mengumpulkan dan merekam jejak data selama penelitian berlangsung dan data yang bisa di rekam cukup banyak. Saat pengambilan data dapat ditinggal tanpa di pantau selama penelitian.



Gambar 3.6 Komputer Perekam Penelitian

### 3.1.6 Rubber Seal (Karet Perapat).

*Rubber seal* atau karet perapat adalah karet yang diletakan didalam katup untuk mencegah terjadinya kebocoran ketika regulator dihubungkan dengan katup pada saat pemakaian atau pengisian. Berikut adalah dimensi *rubber seal*[8]



Gambar 3.7 Dimensi *Rubber Seal* (satuan mm)

$$\text{Tinggi} = 7^{+0,2}_{-0,1} \text{ mm}$$

$$\text{Diameter luar} = 12,8^{+0,2}_{-0,1} \text{ mm}$$

$$\text{Diameter pinggang} = 11,5 \pm 0,2 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter dalam} = 8,0^{+0,1}_{-0,1} \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi sebelum atau sesudah pinggang} = 2,2 \pm 0,2 \text{ mm}$$

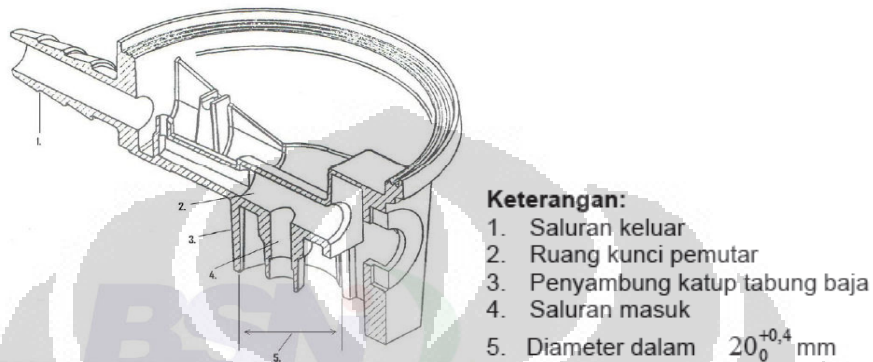
*Rubber seal* yang ada dipasaran terbuat dari material karet alam, NBR, dan karet vulkanisat. Untuk penelitian *rubber seal* yang digunakan terbuat dari material NBR.

### 3.1.7 Regulator.

Regulator adalah alat yang berfungsi untuk menghubungkan antara selang dan katup tabung gas. Regulator yang dipakai adalah regulator yang bertekanan rendah. Namun dalam pengambilan data skripsi, Regulator dibongkar yang gunanya untuk mendapatkan tekanan sesuai dalam tabung yaitu sebesar 6 bar lebih. Bagian yang di bongkar adalah bagian 23embrane yang fungsinya sebelum dibongkar yaitu mencegah keluarnya tekanan dari regulator tinggi selain itu fungsi 23embrane

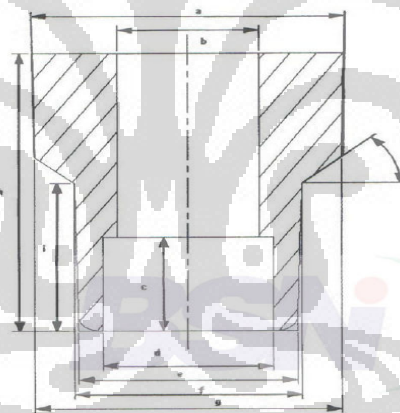


mencegah terjadinya bleve (keluarnya fase cair dan gas bersamaan ke dalam burner). Sistem yang digunakan dalam regulator ini adalah system pengancing (clip-on system) dimana jarum regulator akan mendorong jarum katup tabung gas kedalam lalu menguncinya sehingga gas LPG dalam tabung keluar.



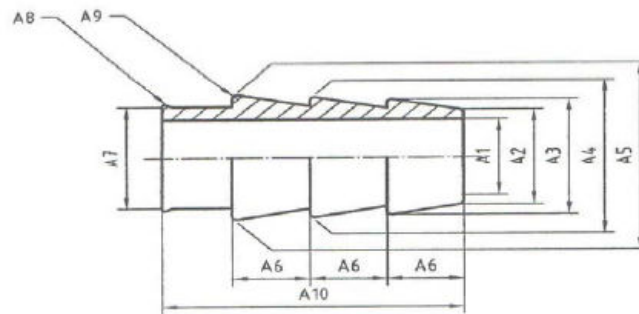
Gambar 3.8 Potongan Regulator

Berikut adalah dimensi untuk regulator yang digunakan[9],



Gambar 3.9 Dimensi Regulator

No	Uraian	Nilai
1	Diameter luar saluran masuk (a)	11 mm
2	Diameter dalam saluran masuk (b)	$(5 \pm 0,1)$ mm
3	Tinggi bagian dalam (c)	5 mm
4	Diameter bagian dalam saluran luar (d)	6 mm
5	Diameter sisi luar saluran keluar (e)	$(7,7 \pm 0,1)$ mm
6	Diameter ketirusan sisi luar saluran keluar (f)	$(8 \pm 0,1)$ mm
7	Diameter ketirusan saluran masuk (g)	$(10,8 - 10,95)$ mm
8	Tinggi spindel (h)	15 mm
9	Tinggi ketirusan bagian luar saluran keluar (i)	8 mm
10	Sudut ketirusan (j)	$45^\circ$



Gambar 3.10 Dimensi Saluran Ke selang

No	Uraian	Nilai (mm)
1	Diameter dalam uliran saluran ke selang (A1)	$7,5 \pm 0,1$
2	Diameter luar uliran ke-1 (A2)	$10,0 \pm 0,1$
3	Diameter luar uliran ke-2 (A3)	$12,5 \pm 0,1$
4	Diameter luar uliran ke-3 (A4)	$13,0 \pm 0,1$
5	Diameter luar uliran ke-4 (A5)	$13,5 \pm 0,1$
6	Jarak uliran (A6)	6,5
7	Diameter luar uliran saluran dalam (A7)	11,0 – 11,5
8	Jarak pipih ( <i>Ronness/kebulatan</i> ) (A8)	1,0 – 1,5
9	Jarak pipih uliran (A9)	0,3 – 0,5
10	Jarak uliran ke-1 dengan uliran ke-4 (A10)	4 x 6,5

### 3.1.8 Alat Pengukuran CMM.

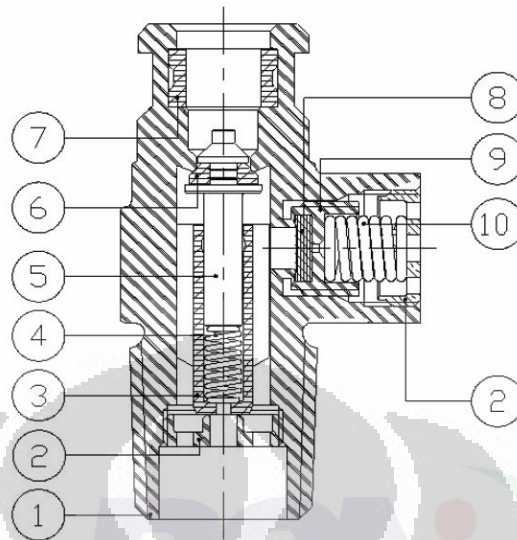


Gambar 3.11 Alat pengukuran CMM

CMM merupakan kepanjangan dari *Coordinate Measuring Machine* yang merupakan sebuah instrument atau alat yang digunakan untuk mengukur tiga dimensi (3D), dimensi yang diukur adalah ruang yang memiliki panjang, lebar dan tinggi, yang diterjemahkan ke dalam system koordinat kartesian adalah X, Y dan Z. Kemudian data koordinat yang terukur oleh CMM dikonversikan menjadi data pengukuran seperti posisi, diameter, jarak, dan sudut. Secara sederhana cara kerja CMM adalah membaca perubahan posisi dari suatu titik *origin* acuan nol suatu part yang diukur atau terhadap *origin* mesin itu sendiri. Perubahan posisi tersebut kemudian direkam dan diproses menjadi data hasil pengukuran menggunakan software yang disertakan dalam CMM.

### 3.1.9 Katup Tabung Gas LPG.

Katup tabung berfungsi untuk sebagai jalur masuk dan keluarnya gas LPG dari tabung gas. Katup tabung gas terdiri dari dua jenis yaitu jenis quick-on dan handwheel. Katup yang digunakan dalam penelitian yaitu katup yang diproduksi oleh perusahaan yang berbeda, jenis katup-katup tersebut yaitu katup jenis W, A, M, dan S. Berikut adalah dimensi dari katup tabung gas LPG[10],



**Keterangan gambar:**

1. Badan katup
2. Penahan/pengatur pegas
3. Plastik pengarah
4. Pegas katup kendali
5. Katup kendali
6. Karet katup kendali
7. Karet Seal
8. Karet Pad
9. Piston pengaman (*Relieve Valve Piston*)
10. Pegas pengaman

Gambar 3.12 Katup Tabung Gas LPG

### 3.2 Langkah-Langkah Persiapan Alat.

#### 3.2.1 Pemasangan Alat.

Dalam pemasangan alat untuk mengukur kebocoran tabung gas diperlukan ketelitian agar data yang didapat tidak melenceng atau terjadi kesalahan pada saat mengukur. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menginstal penelitian ini yaitu :

- a. Pemilihan pressure meter, pressure meter yang terdapat pada lab memiliki 2 type yaitu type dengan tekanan maksimal 2 bar dan 20 bar oleh karena itu dalam penelitian kami gunakan type 20 bar.

- b. Pemasangan selang pada penelitian ini harus sangat kuat, dan selang yang digunakan adalah selang kompresor yang mampu menahan tekanan lebih dari 10 bar.
- c. Pemasangan klep pengencang, yang fungsinya untuk menguatkan selang agar tidak lepas karena tekanan dari gas LPG.

### **3.2.2 Pengetesan Kebocoran .**

Dalam penelitian kebocoran tabung gas ini, peneliti mengetahui kebocoran tabung gas pada karet *rubber seal* yang terdapat dalam katup, Sehingga untuk menghindari terjadinya kebocoran dari bagian lain peneliti memeriksa setiap bagian yang tidak diinginkan terjadinya kebocoran. Untuk memeriksa bagian tersebut digunakan busa sabun. Ciri-ciri terjadinya kebocoran yaitu busa sabun akan mengembang membentuk balon.

### **3.3 Prosedur Percobaan.**

#### **3.3.1 Persiapan Awal Peralatan Uji.**

1. Mempersiapkan peralatan yang akan diperlukan dalam melakukan pengujian seperti tabung gas dengan 4 katup berbeda, *Regulator*, Selang, *Pressure meter*, *Pressure transducer*, karet tabung gas warna merah dan hitam.
2. Membongkar membran regulator yang fungsinya untuk mendapatkan tekanan yang sama dengan tekanan tabung.
3. Memastikan tidak adanya kebocoran pada selang gas, atau penghubung antara *pressure transducer* dengan fitting.
4. Mengencangkan klep selang.

#### **3.3.2 Pengukuran Laju Kebocoran Gas LPG.**

1. Memasang karet pengaman ke dalam katup tabung.
2. Memasang *pressure transducer* ke fitting
3. Mengaitkan *Regulator* pada katup tabung gas hingga kencang sehingga gas mengalir dalam selang.

4. Memeriksa kebocoran pada selang dengan menggunakan busa sabun, jika terjadi kebocoran maka harus mengencangkan kembali klep selang.
5. Memasang kabel pengukur *pressure transducer* ke *pressure meter*.
6. Meletakkan tabung gas ke atas timbangan kemudian mengukur/mengambil data tekanan dan massa setiap 5 menit selama 150 menit.
7. Mengulangi langkah 1 sampai 6 untuk karet dan katup lainnya.

### 3.4 Metode Pengambilan Data Kebocoran.

Pengambilan data selama penelitian dilakukan secara manual yaitu dengan merekam jejak data secara langsung. Parameter yang direkam jejak selama penelitian adalah massa dan tekanan. Parameter massa digunakan untuk mengetahui massa gas LPG yang lolos (bocor) dari sambungan regulator-karet-katup tabung gas. Parameter tekanan digunakan untuk mengetahui tekanan selama penelitian dan juga digunakan untuk perhitungan data yaitu untuk mencari nilai faktor kompresibilitas  $z$ . Variasi yang diukur pada pengambilan data ini yaitu *rubber seal* merah dan *rubber seal* hitam yang dipasangkan pada 4 katup tabung gas secara bergantian selama 150 menit.

Setiap data-data yang diambil setiap penelitian di masukkan dalam table, dengan format sebagai berikut:

Tabel 3.1 Tabel data penelitian katup M

DATA SHEET				
	T =		Valve = M	8-Jul-11 12-Jul-11
Po =	Mo =		Data collector	Ferdy Bastian Refliwanto A P
	$\Delta$ Pressure (bar)		$\Delta$ Massa (g)	
Time	Black seal	Red seal	Black seal	Red seal
0				
.				
.				
150				

Tabel 3.2 Tabel data penelitian katup S

DATA SHEET				
	T =		Valve = S	8-Jul-11 12-Jul-11
Po =	Mo =		Data collector	Ferdy Bastian Refliwanto A P
	$\Delta$ Pressure (mbar)		$\Delta$ Massa (kg)	
Time	Black seal	Red seal	Black seal	Red seal
0				
.				
.				
150				

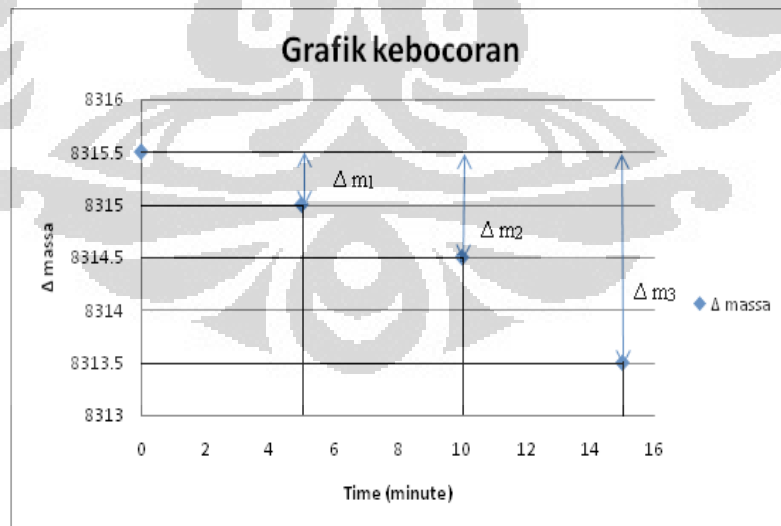
Untuk nilai  $\Delta m$  atau massa yang hilang dapat menggunakan pengolahan data sebagai berikut

$$\Delta m_1 = \text{massa kebocoran total 1} = m_0 - m_1$$

$$\Delta m_2 = \text{massa kebocoran total 2} = m_0 - m_2$$

dst

Dimana massa kebocoran total ( $\Delta m$ ) dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 3.13 Plot grafik kebocoran

## BAB IV

### HASIL DAN ANALISA

#### 4.1 Pengolahan Data.

Pengolahan data dilakukan untuk mendapatkan nilai kebocoran yang terjadi untuk *rubber seal* merah dan *rubber seal* hitam disetiap jenis katup. Nilai kebocoran yang didapat diplot kedalam sebuah grafik dengan perbandingan kebocoran ( $\Delta$ massa hilang) antara kedua *rubber seal*. Data yang didapat selama penelitian dimasukkan dan diolah sebagai berikut,

##### 4.1.1 Contoh Pengolahan Data Eksperimental.

Data yang didapat selama penelitian berlangsung berupa dua variable yaitu massa yang hilang dan tekanan didalam tabung. Untuk itu akan diberi contoh perhitungan dimana massa pada menit ke-0 dikurangi oleh massa untuk tiap 5 menit berikutnya, berikut adalah contoh hasil perhitungan untuk  $\Delta$  massa yang hilang.

Tabel 4.1 Contoh perhitungan  $\Delta$  massa.

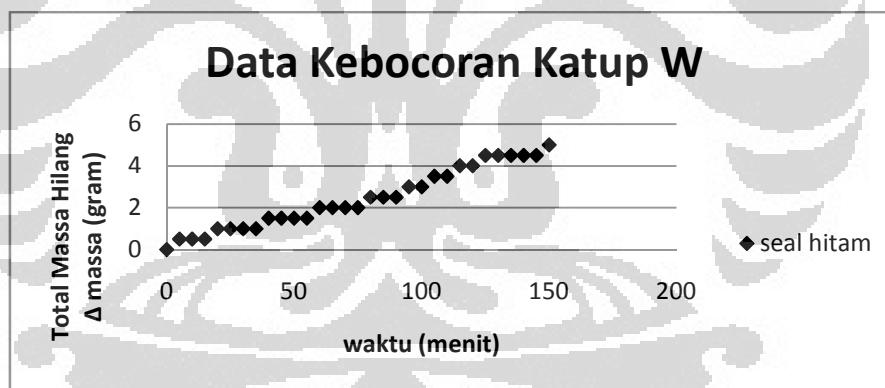
Waktu (menit)	Massa (gram)	Pressure (bar)	$\Delta$ massa
0	8315.5	5.92	0
5	8315	5.86	0.5
10	8315	5.76	0.5
15	8315	5.66	0.5
20	8314.5	5.6	1
...	...	...	...



Setelah didapatkan  $\Delta$  massa untuk semua data hingga menit ke 150, maka data tersebut diplot kedalam grafik dengan parameter x yaitu adalah waktu (menit) dan parameter y adalah  $\Delta$  massa.

Tabel 4.2 Parameter x dan y untuk plot grafik

X	y
0	0
5	0.5
10	0.5
15	0.5
20	1
...	...



Gambar 4.1 Plot grafik untuk katup jenis W dengan rubber seal hitam

Dari plot grafik, dilakukan regresi eksponensial dengan menggunakan software ORIGIN, sehingga didapat persamaan eksponensial sebagai berikut

$$y = A_1 * \exp(x/t_1) + A_2 * \exp(x/t_2) + y_0$$

Dimana nilai-nilai berikut didapatkan:

$$A_1 = 2.600011$$

$$A_2 = 2.6001$$

$$t_1 = 229.63651$$

$$t_2 = 229.74098$$

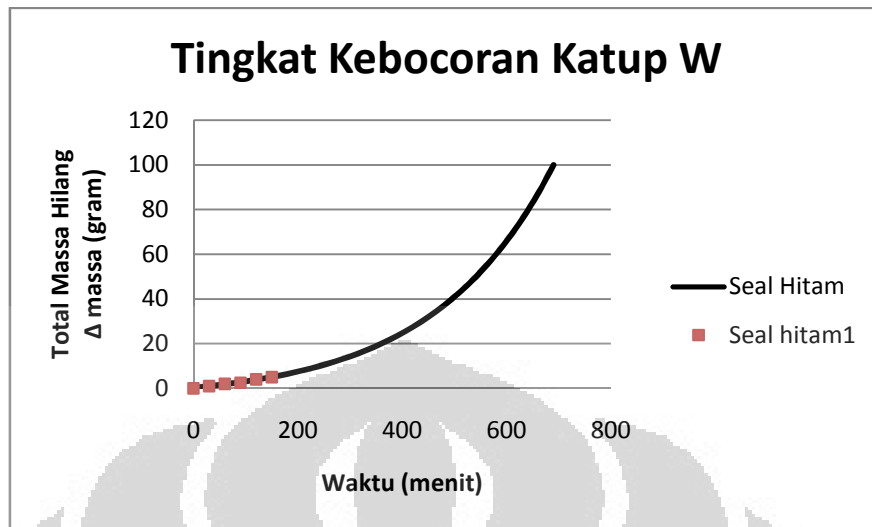
$$y_0 = -4.90052$$

Dengan didapatkannya persamaan regresi eksponensial, maka dilakukan ekstrapolasi dengan memasukan nilai x sebagai waktu (menit) dan data-data yang didapatkan sehingga menghasilkan y yaitu sebagai  $\Delta$  massa. Berikut adalah hasil perhitungan dari ekstrapolasi.

Tabel 4.3 Hasil perhitungan ekstrapolasi

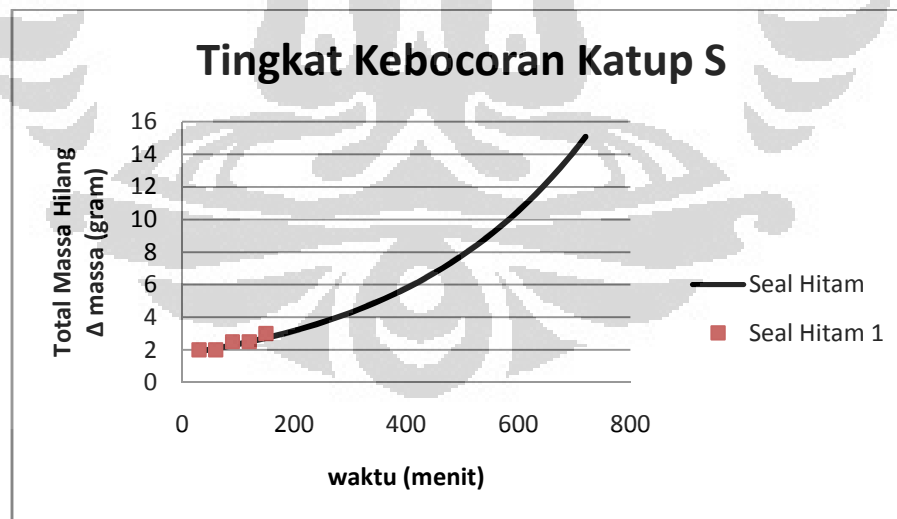
Waktu (menit)	$\Delta$ massa hilang
0	0.3
5	0.4144
10	0.5313
15	0.650921
20	0.77308
25	0.8979
...	...

Dari hasil perhitungan ekstrapolasi, data-data tersebut diplot dalam grafik dengan interval waktu 30 menit yang dimulai dari menit ke 30.

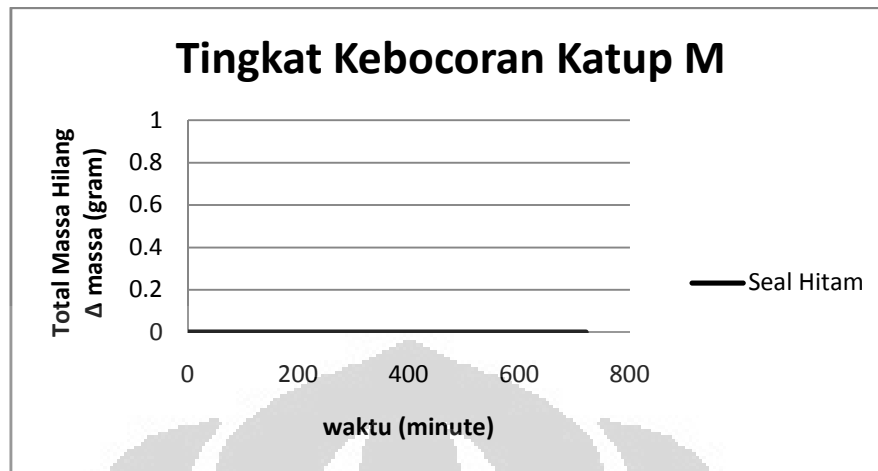


Gambar 4.2 Grafik hasil ekstrapolasi untuk katup jenis W dengan menggunakan rubber seal hitam.

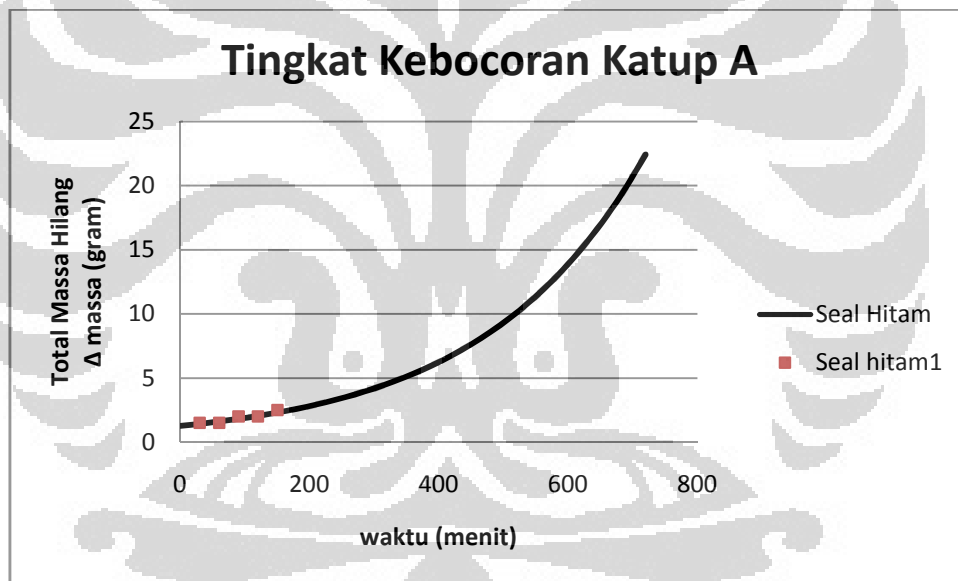
Untuk empat jenis katup berbeda yaitu katup S dengan *rubber seal* yang sama juga dipergunakan langkah-langkah diatas sehingga didapat grafik hasil ekstrapolasi sebagai berikut,



Gambar 4.3 Grafik hasil ekstrapolasi untuk katup jenis S dengan menggunakan rubber seal hitam.



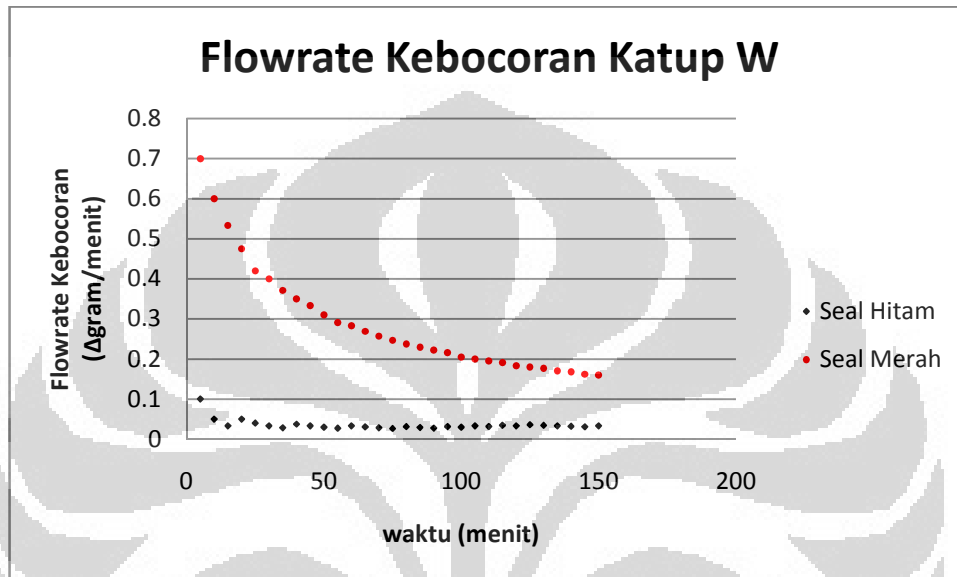
Gambar 4.4 Grafik hasil ekstrapolasi untuk katup jenis M dengan menggunakan rubber seal hitam.



Gambar 4.5 Grafik hasil ekstrapolasi untuk katup jenis A dengan menggunakan rubber seal hitam.

Dengan didapatkan keempat grafik tersebut, maka grafik dengan *rubber seal* merah didapatkan juga dengan cara yang sama, kemudian dibandingkan satu sama lainnya dengan jenis katup yang sama dengan *rubber seal* yang berbeda.

Untuk selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk *flowrate* kebocoran. Pengolahan data untuk *flowrate* kebocoran dilakukan dengan cara membagi jumlah massa dengan jumlah waktu sehingga didapatkan plot grafik salah satu jenis katup sebagai berikut,



Gambar 4.6 *Flowrate* kebocoran untuk katup jenis W.

#### 4.1.2 Pengolahan Data Kalkulasi.

Pengolahan data kalkulasi dilakukan untuk memprediksikan kebocoran yang terjadi di *rubber seal*. Untuk mendapatkan tingkat kebocoran yang terkalkulasi, maka parameter yang harus didapat adalah faktor kompresibilitas  $Z$  yaitu faktor deviasi dari gas ideal yang digunakan untuk mengetahui sifat dari gas riil. Berikut adalah contoh perhitungan untuk mendapatkan faktor kompresibilitas  $Z$ .

Tabel 4.4 Data temperature dan tekanan kritikal gas butana dan propana

Gas	Temperatur kritikal (K)	Tekanan kritikal (MPa)
Butana	425.12	3.796
Propana	369.83	4.248

Dengan diketahui komposisi LPG adalah 70% butane dan 30% propana maka dengan menggunakan aturan W. B. Kay (1936) dilakukan perhitungan untuk nilai temperatur dan tekanan kritikal sebagai berikut.

Temperatur pseudokritikal

$$T_{pc} = y_1T_{c1} + y_2T_{c2} + y_3T_{c3}...$$

$$T_{pc} = (0.7 \times 425.12) \text{ K} + (0.3 \times 369.83) \text{ K}$$

$$T_{pc} = 297.584 \text{ K} + 110.949 \text{ K}$$

$$T_{pc} = 408.533 \text{ K}$$

Tekanan pseudokritikal

$$P_{pc} = y_1P_{c1} + y_2P_{c2} + y_3P_{c3}...$$

$$P_{pc} = (0.7 \times 3.796) \text{ MPa} + (0.3 \times 4.248) \text{ MPa}$$

$$P_{pc} = 2.6572 \text{ MPa} + 1.2744 \text{ MPa}$$

$$P_{pc} = 3.9316 \text{ MPa}$$

Dengan diketahuinya nilai temperature dan tekanan kritikal maka bisa dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai dari temperature dan tekanan *pseudoreduced*. Untuk tekanan tabung gas dan temperature dari LPG didapatkan dari selama penelitian. Berikut adalah contoh pengolahan data untuk mendapatkan nilai temperature dan tekanan *pseudoreduced*.

Temperatur *pseudoreduced*

$$T_{pr} = \frac{T}{T_c}$$

$$T_{pr} = \frac{(26.32 + 273.15) \text{ K}}{408.553 \text{ K}}$$

$$T_{pr} = 0.733$$

Tekanan *pseudoreduced*

$$P_{pr} = \frac{P}{P_c}$$

$$P_{pr} = \frac{5.92 \times 10^5 / 10^6 \text{ MPa}}{3.9316 \text{ MPa}}$$

$$P_{pr} = 0.15$$

Berikut adalah hasil perhitungan data temperature dan tekanan pseudoreduced.

Tabel 4.5 Contoh hasil perhitungan data T<sub>pr</sub> dan P<sub>pr</sub>

Waktu (menit)	Temperatur (K)	Tekanan (MPa)	T <sub>pr</sub>	P <sub>pr</sub>
0	299.47	0.592	0.733002	0.150575
5	299.47	0.586	0.733002	0.149049
10	299.47	0.576	0.733002	0.146505
15	299.47	0.566	0.733002	0.143962
20	299.47	0.56	0.733002	0.142436
...	...	...	...	...

Untuk mencari Z digunakan formula Hall dan Yarborough (1973), berikut adalah contoh perhitungannya,

$$t = \frac{1}{T_{pr}}$$

$$t = \frac{1}{0.733}$$

$$t = 1.364$$

$$A = 0.06125 \times t \times e^{-1.2(1-t)^2}$$

$$A = 0.06125 \times 1.364 \times e^{-1.2(1-t)^2}$$

$$A = 0.0712$$

$$B = t(14.76 - (9.76 \times t) + 4.58t^2)$$

$$B = 1.364(14.76 - (9.76 \times 1.364) + 4.58 \times 1.364^2)$$

$$B = 13.6$$

$$C = t(90.7 - (242.2 \times t) + 42.4t^2)$$

$$C = 1.364(90.7 - (242.2 \times 1.364) + 42.4 \times 1.364^2)$$

$$C = -219.36$$

$$D = 2.18 + 2.82 \times t$$

$$D = 2.18 + 2.82 \times 1.364$$

$$D = 6.027$$

$$f(Y) = \frac{Y + Y^2 + Y^3 - Y^4}{(1-Y)^3} - A \times Ppr - BY^2 + CY^D = 0$$

$$f(Y) = \frac{Y + Y^2 + Y^3 - Y^4}{(1-Y)^3} - 0.0712 \times 0.15 - 13.6 + (-219.36Y^{6.027})$$

$$f(Y) = Y = 0.0124$$

$$Z = \frac{A \times Ppr}{Y}$$

$$Z = \frac{0.0712 \times 0.15}{0.0124}$$

$$Z = 0.8821$$



Sehingga didapatkan Z untuk keseluruhan data dengan tabel sebagai berikut

Tabel 4.6 Nilai Z untuk seluruh data

Menit ke-	Ppr	Tpr	t	A	B	C	D	a Z	Z
0	0.154136	0.733037	1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.012451	0.882092
5	0.154136	0.733037	1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.012451	0.882092
10	0.154136	0.733037	1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.012451	0.882092
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Dengan diketahuinya nilai Z maka nilai molar gas LPG didalam tabung dapat dicari dengan menggunakan hukum gas ideal dengan faktor Z.

$$PV = nZRT$$

$$n = \frac{PV}{ZRT}$$

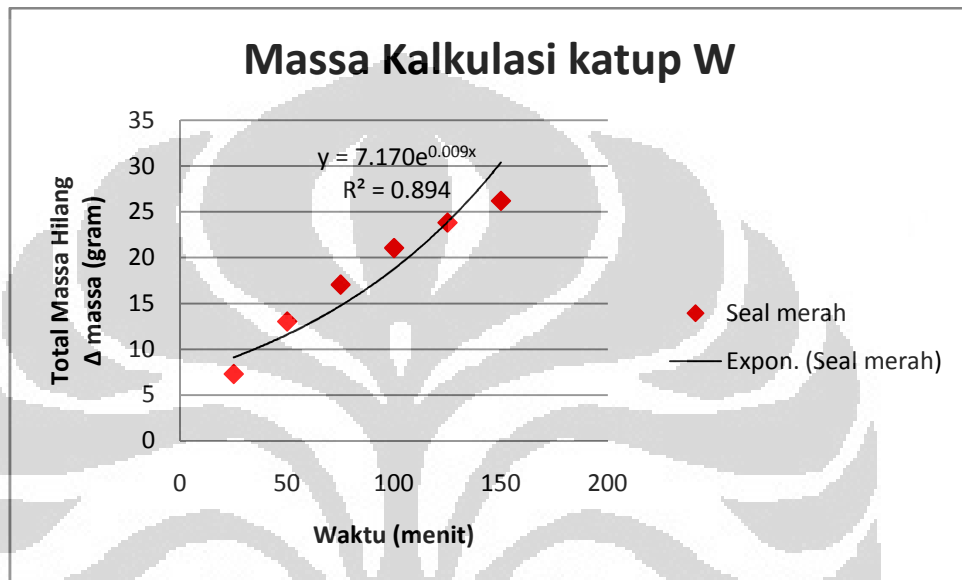
Jika nilai molar diketahui maka massa gas LPG pun diketahui dengan mengkalikan nilai molar dengan massa molecular LPG. Berikut adalah tabel hasil perhitungan untuk massa gas LPG.

Tabel 4.7 Massa kalkulasi.

Menit ke-	mol	Massa(gram)
0	2.069335	111.5665215
5	2.069335	111.5665215
...	...	...

Dari massa kalkulasi yang didapatkan, dilakukan perhitungan untuk mencari delta massa yang kemudian diplot kedalam grafik kemudian didapatkan persamaan Eksponensial dari grafik tersebut.

$$y = 7.170 \times e^{0.009x}$$

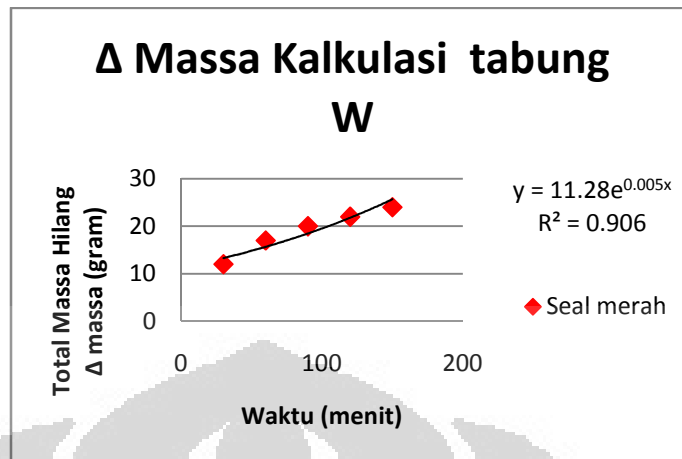


Gambar 4.7 Grafik  $\Delta$  massa kalkulasi.

Dari persamaan tersebut didapat, maka dilakukan ekstrapolasi hingga menit ke 720 kemudian diplot ke dalam grafik.

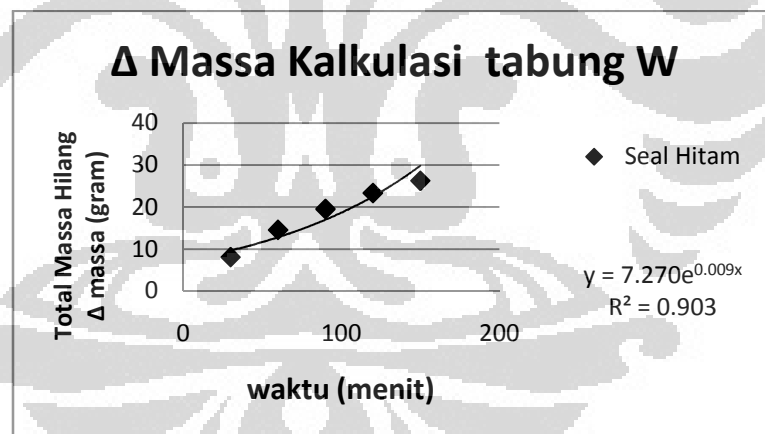
Tabel 4.8  $\Delta$  Massa ekstrapolasi.

Waktu (menit)	$\Delta$ Massa (gram)
15	0
20	0
25	0.191937
...	...



Gambar 4.8 Grafik  $\Delta$  massa kalkulasi hasil dari ekstrapolasi pada katup W dengan menggunakan *rubber seal* merah

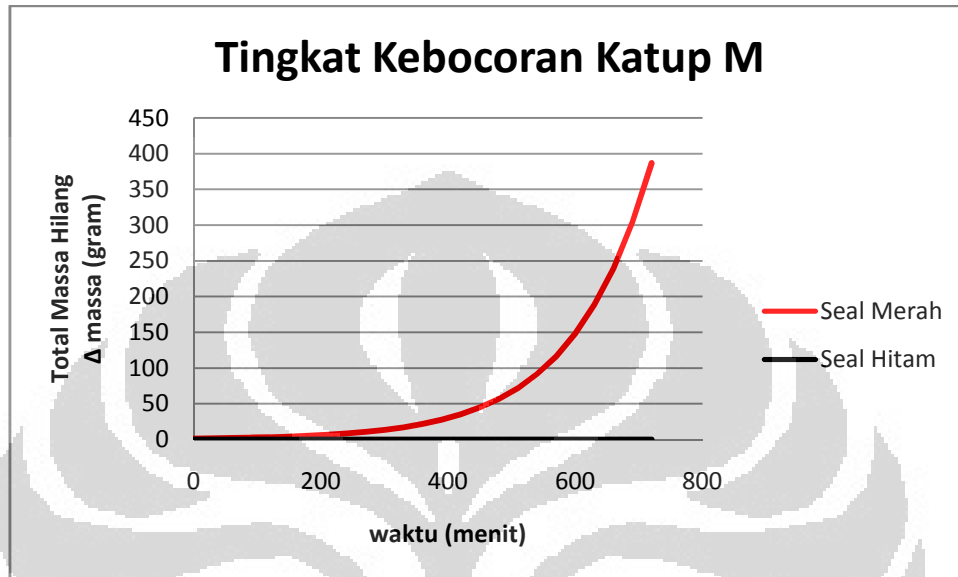
Untuk *rubber seal* hitam, dipakai cara pengolahan data yang sama seperti sebelumnya sehingga didapat grafik hasil ekstrapolasi sebagai berikut,



Gambar 4.9 Grafik  $\Delta$  massa kalkulasi hasil dari ekstrapolasi pada katup W dengan *rubber seal* hitam

## 4.2 Analisa Kebocoran Antara Rubber Seal Merah dan Hitam Untuk Setiap Katup.

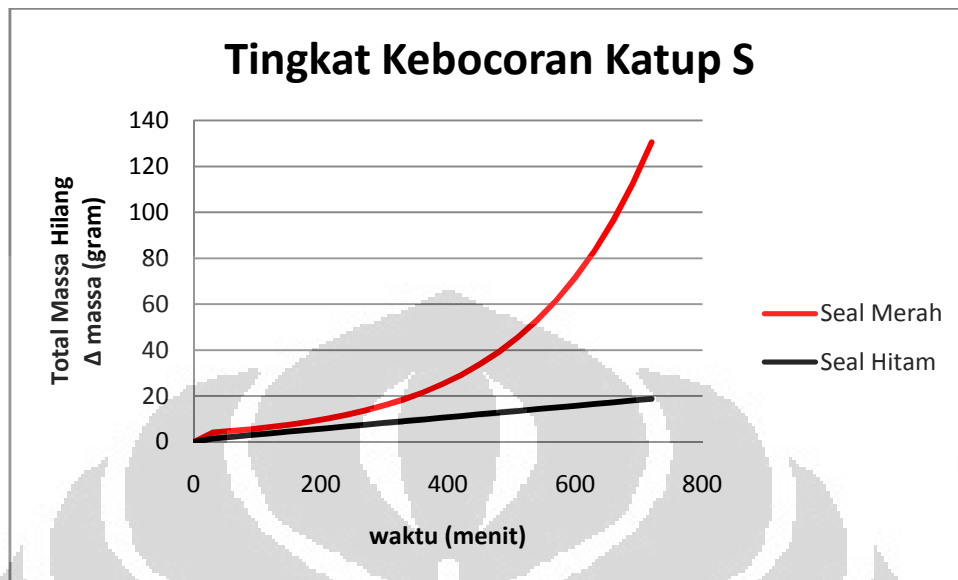
### 4.2.1 Analisa Grafik Kebocoran Untuk Katup M.



Gambar 4.10 Perbandingan grafik tingkat kebocoran antara menggunakan *rubber seal* merah dengan *rubber seal* hitam untuk jenis katup M.

Dari grafik hubungan antara  $\Delta$ massa dan waktu pada katup jenis M dengan *rubber seal* merah dan hitam, menggambarkan kondisi bahwa tingkat kebocoran untuk *rubber seal* merah jauh lebih besar bila dibandingkan dengan *rubber seal* hitam. Untuk *rubber seal* merah antara menit ke-0 dan menit ke-30 terjadi kebocoran dengan massa yang hilang sekitar 1.2 gram dan bertambah berdasarkan waktu hingga mencapai total massa yang hilang sekitar 386 gram pada menit ke-720. Kebocoran yang terjadi pada *rubber seal* merah cenderung mengalami kenaikan tiap 5 menitnya hal ini bisa dilihat dari grafik dan data dimana selisih massa yang hilang tiap 5 menit mengalami peningkatan berdasarkan waktu. Untuk *rubber seal* hitam tidak terjadi kebocoran pada dari menit ke-0 hingga menit ke-720. Hal ini dibuktikan dari massa yang dan tekanan yang diukur tidak mengalami penurunan.

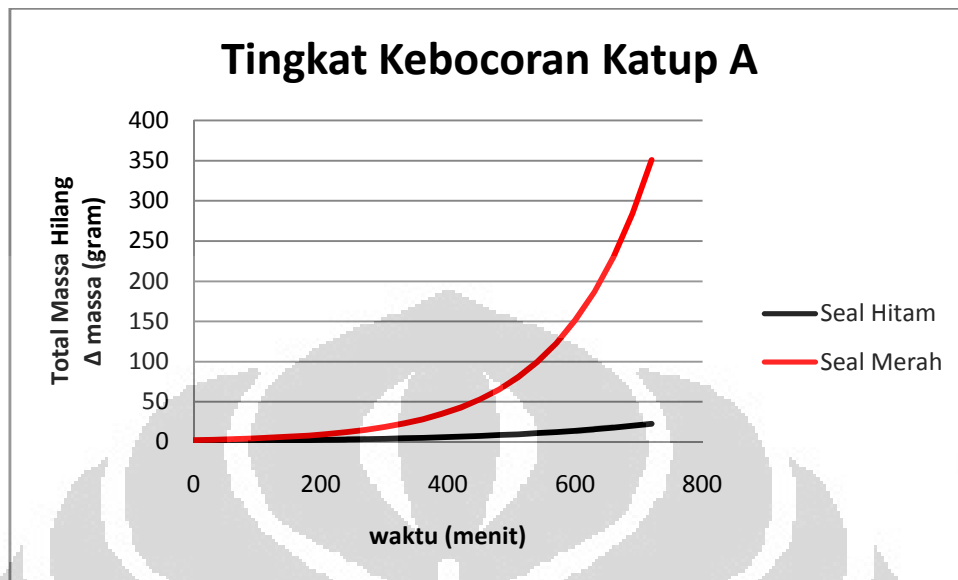
#### 4.2.2 Analisa Grafik Kebocoran Untuk Katup S.



Gambar 4.11 Perbandingan grafik tingkat kebocoran dengan menggunakan *rubber seal* merah dan *rubber seal* hitam untuk jenis katup S.

Untuk perbandingan antara *rubber seal* merah dan hitam pada tabung gas dengan katup S, berdasarkan grafik didapat bahwa kebocoran *rubber seal* merah jauh lebih besar bila dibandingkan dengan *rubber seal* hitam. Untuk *rubber seal* merah, ketika setelah regulator yaitu pada menit ke-0 dipasang tidak ada kebocoran. Pada menit ke-30 massa yang hilang adalah sekitar 4.14 gram, hingga menit ke-720 massa total yang hilang mencapai 130 gram. Kebocoran yang terjadi pada *rubber seal* merah cenderung mengalami kenaikan tiap 5 menitnya hal ini bisa dilihat dari grafik dan data dimana selisih massa yang hilang tiap 5 menit mengalami peningkatan berdasarkan waktu. Untuk *rubber seal* hitam tidak ada kebocoran yang terjadi pada menit ke-0. Pada menit ke-30 massa yang hilang adalah sekitar 1.9 gram dan pada menit ke 720 total massa yang hilang mencapai 15 gram. Dimana jumlah tersebut jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan menggunakan *rubber seal* hitam. Tingkat kebocoran yang terjadi pada *rubber seal* hitam juga cenderung mengalami kenaikan tetapi tidak sebesar bila dibandingkan dengan *rubber seal* merah.

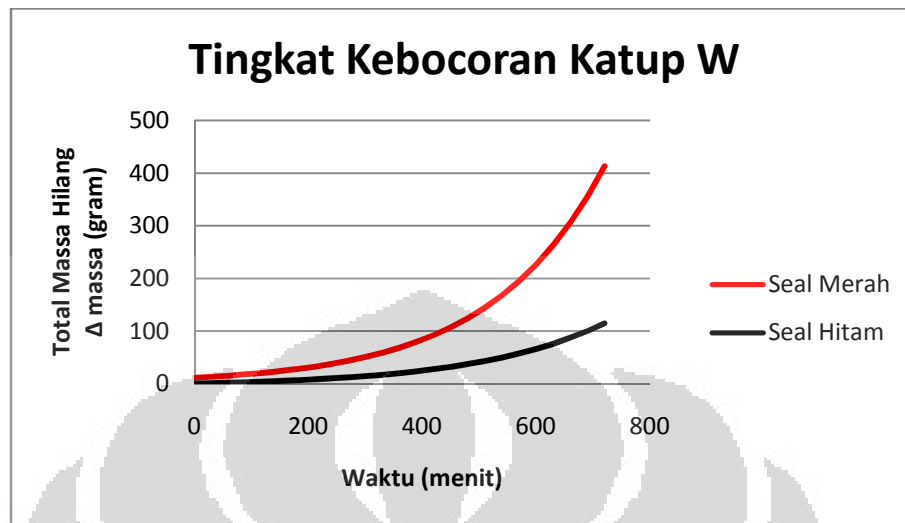
#### 4.2.3 Analisa Grafik Kebocoran Untuk Katup A.



Gambar 4.12 Perbandingan grafik tingkat kebocoran dengan menggunakan *rubber seal* merah dan *rubber seal* hitam untuk jenis katup A.

Dari grafik hubungan antara  $\Delta$ massa dan waktu pada katup jenis S dengan *rubber seal* merah dan hitam, menggambarkan kondisi bahwa tingkat kebocoran untuk *rubber seal* merah jauh lebih besar bila dibandingkan dengan *rubber seal* hitam. Untuk *rubber seal* merah antara ke-0 dan menit ke-30 terjadi kebocoran dengan massa yang hilang sekitar 2.8 gram dan bertambah terus berdasarkan waktu hingga mencapai total massa yang hilang sekitar 350 gram pada menit ke-720. Untuk *rubber seal* hitam terjadi kebocoran antara menit ke-0 dan menit ke-30 dengan massa yang hilang yang sekitar 1.4 gram. Tingkat kebocoran yang terjadi pada *rubber seal* hitam juga meningkat berdasarkan waktu hingga menit ke-720 dengan total massa yang hilang sekitar 22.4 gram. Berdasarkan gambaran dari grafik didapat bahwa kedua *rubber seal* mengalami peningkatan tingkat kebocoran berdasarkan waktu, hal ini tidak bisa dihindari karena terjadinya kebocoran diantara sambungan katup-*rubber seal*-regulator.

#### 4.2.4 Analisa Grafik Kebocoran Untuk Katup W.



Gambar 4.13 Perbandingan grafik tingkat kebocoran dengan menggunakan *rubber seal* merah dan *rubber seal* hitam untuk jenis katup W.

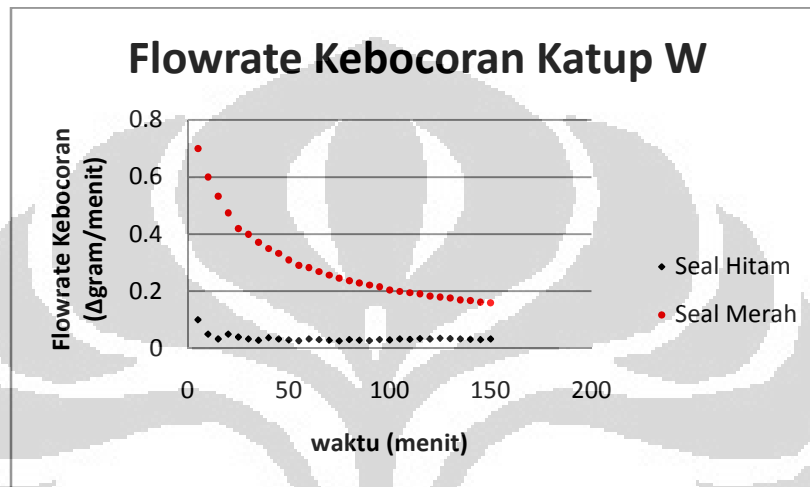
Dari grafik hubungan antara  $\Delta$ massa dan waktu pada katup jenis W dengan *rubber seal* merah dan hitam, menggambarkan kondisi bahwa tingkat kebocoran untuk *rubber seal* merah jauh lebih besar bila dibandingkan dengan *rubber seal* hitam. Untuk *rubber seal* merah antara ke-0 dan menit ke-30 terjadi kebocoran dengan massa yang hilang sekitar 13 gram dan bertambah terus berdasarkan waktu hingga mencapai total massa yang hilang sekitar 412 gram pada menit ke-720. Untuk *rubber seal* hitam terjadi kebocoran antara menit ke-0 dan menit ke-30 dengan massa yang hilang yang sekitar 1 gram. Tingkat kebocoran yang terjadi pada *rubber seal* hitam meningkat berdasarkan waktu hingga menit ke-720 dengan total massa yang hilang sekitar 114 gram.

### 4.3 Analisa *Flowrate* Kebocoran

#### 4.3.1 Analisa *Flowrate* Kebocoran Katup W Dengan *Rubber Seal* Merah dan Hitam.

Berdasarkan grafik dibawah, didapatkan bahwa *flowrate* kebocoran pada *rubber seal* hitam lebih kecil dibandingkan dengan *rubber seal* merah. Pada menit ke-5

*flowrate* untuk *rubber seal* merah mencapai 0,7 gram/menit dan berkurang dalam basis waktu hingga pada akhir penelitian yaitu pada menit ke 150 *flowrate* mencapai 0.16 gram. Untuk *rubber seal* hitam *flowrate* kebocoran pada menit ke-5 yaitu sebesar 0.1 gram dan mengalami penurunan hingga cenderung konstan dengan *flowrate* pada akhir penelitian mencapai 0.033 gram/menit.

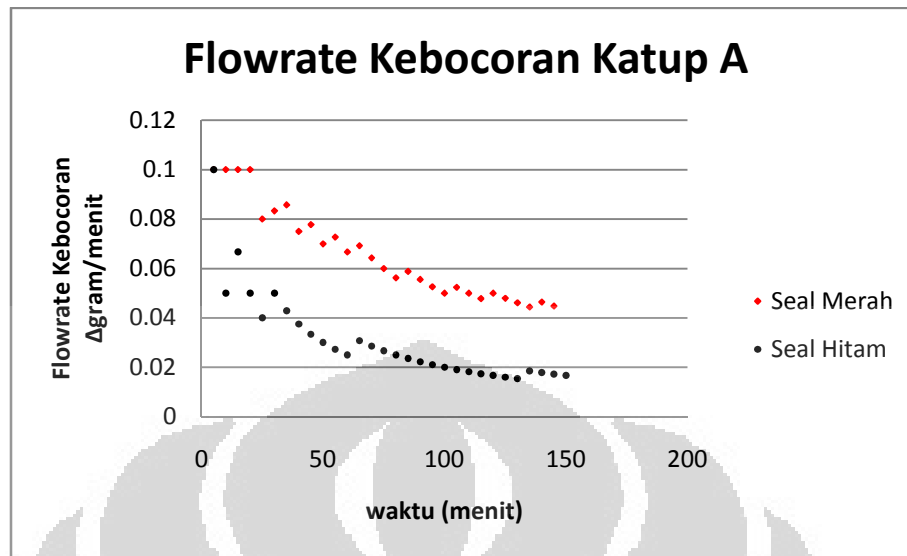


Gambar 4.14 Grafik *flowrate* kebocoran pada katup W dengan menggunakan *rubber seal* hitam dan merah.

#### 4.3.2 Analisa *Flowrate* Kebocoran Katup A Dengan *Rubber Seal* Merah dan Hitam.

Berdasarkan grafik dibawah, didapatkan bahwa *flowrate* kebocoran pada *rubber seal* hitam lebih kecil dibandingkan dengan *rubber seal* merah. Pada menit ke-5 *flowrate* untuk *rubber seal* merah mencapai 0,1 gram/menit dan berkurang dalam basis waktu hingga pada akhir penelitian yaitu pada menit ke 150 *flowrate* mencapai 0.43 gram. Untuk *rubber seal* hitam *flowrate* kebocoran pada menit ke-5 yaitu sebesar 0.1 gram dan mengalami penurunan dengan *flowrate* pada akhir penelitian mencapai 0.016 gram/menit.

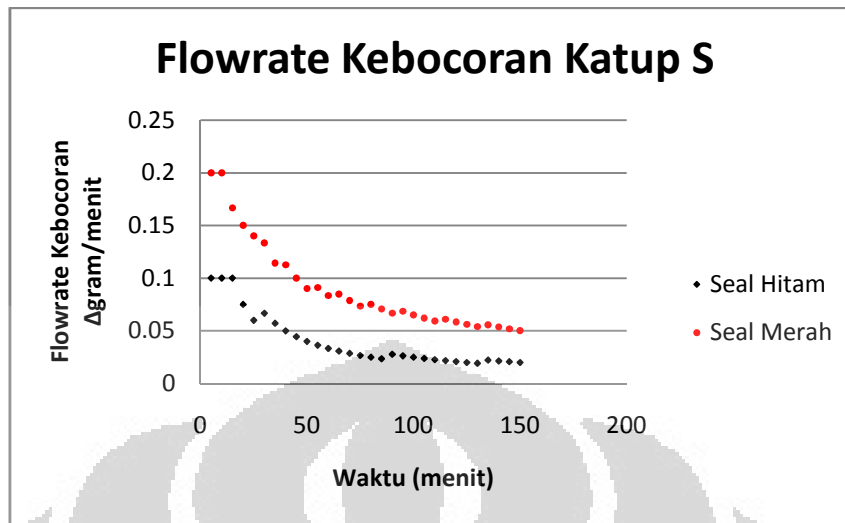




Gambar 4.15 Grafik flowrate kebocoran pada katup A dengan menggunakan *rubber seal* hitam dan merah.

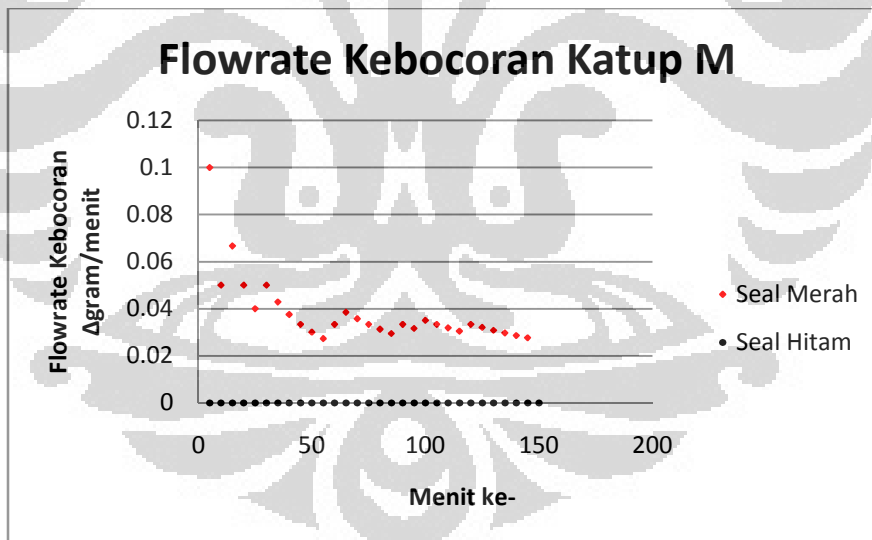
#### 4.3.3 Analisa *Flowrate* Kebocoran Katup S Dengan *Rubber Seal* Merah dan Hitam.

Berdasarkan grafik dibawah, hasil yang sama juga didapatkan bahwa *flowrate* kebocoran pada *rubber seal* hitam lebih kecil dibandingkan dengan *rubber seal* merah. Pada menit ke-5 *flowrate* untuk *rubber seal* merah mencapai 0,2gram/menit dan berkurang dalam basis waktu hingga pada akhir penelitian yaitu pada menit ke 150 *flowrate* mencapai 0.05 gram. Untuk *rubber seal* hitam *flowrate* kebocoran pada menit ke-5 yaitu sebesar 0.1 gram dan mengalami penurunan dengan *flowrate* pada akhir penelitian mencapai 0.02 gram/menit.



Gambar 4.16 Grafik flowrate kebocoran pada katup S dengan menggunakan *rubber seal* hitam dan merah.

#### 4.3.4 Analisa *Flowrate* Kebocoran Katup S Dengan *Rubber Seal* Merah dan Hitam.

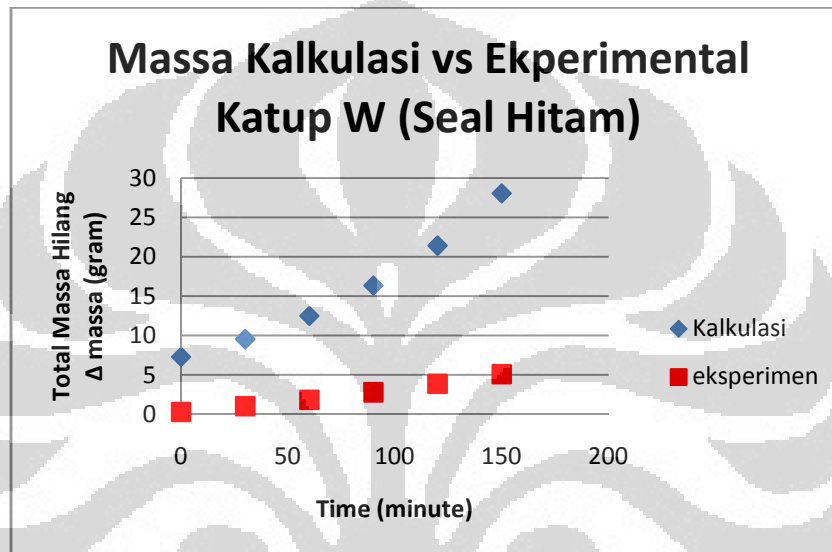


Gambar 4.17 Grafik flowrate kebocoran pada katup S dengan menggunakan *rubber seal* hitam dan merah.

Berdasarkan grafik diatas, hasil yang sama juga didapatkan dari sebelumnya bahwa *flowrate* kebocoran pada *rubber seal* hitam lebih kecil dibandingkan dengan

*rubber seal* merah. Pada menit ke-5 *flowrate* untuk *rubber seal* merah mencapai 0,1gram/menit dan berkurang dalam basis waktu hingga pada akhir penelitian yaitu pada menit ke 150 *flowrate* mencapai 0.02 gram. Untuk *rubber seal* hitam *flowrate* kebocoran tidak ada atau dengan kata lain tidak terjadi kebocoran.

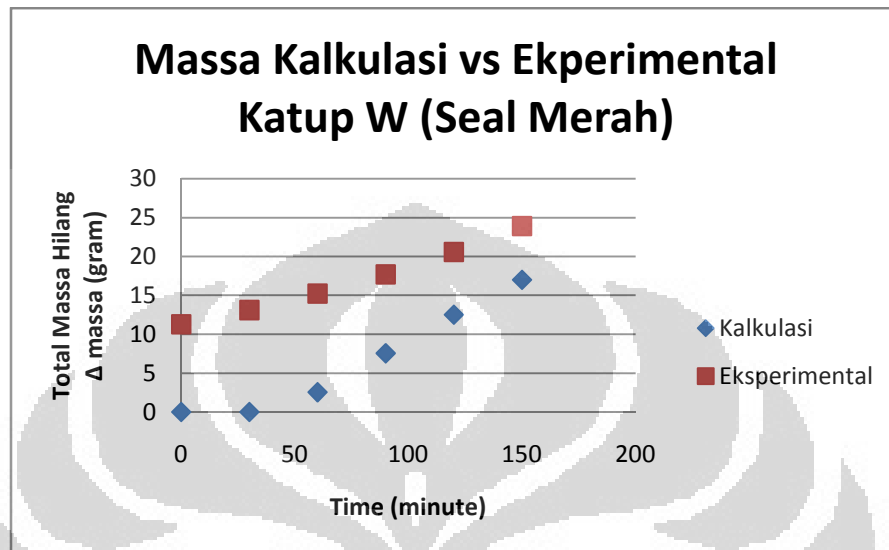
#### 4.4 Analisa Massa Kalkulasi dengan Massa Eksperimen Katup W Dengan *Rubber Seal* Merah dan Hitam.



Gambar 4.18 Perbandingan grafik tingkat kebocoran antara massa kalkulasi vs massa eksperimen pada katup jenis W dengan *rubber seal* hitam.

Berdasarkan grafik didapatkan bahwa massa yang hilang untuk kalkulasi jauh lebih besar bila dibandingkan dengan massa eksperimen. Massa kalkulasi yang hilang pada menit-menit awal yaitu sekitar 7 gram dan terus bertambah hingga menit 150 massa total yang hilang mencapai sekitar 28 gram. Untuk eksperimen didapatkan bahwa kebocoran yang terjadi berjalan lambat dengan massa hilang pada menit ke-0 adalah sekitar 0.3 gram, dan terus bertambah hingga menit ke 150 massa total yang hilang adalah sekitar 5 gram. Lebih besarnya nilai kalkulasi dibandingkan nilai eksperimen dapat disebabkan oleh beberapa hal. Hal yang mempengaruhi adalah LPG merupakan gas campur antara propana dan butana sehingga memungkinkan bahwa kedua gas tersebut tidak tercampur seutuhnya. Komponen C pada propana lebih

sedikit daripada butana, sehingga gas yang berlebih keluar dari tabung gas adalah propana.

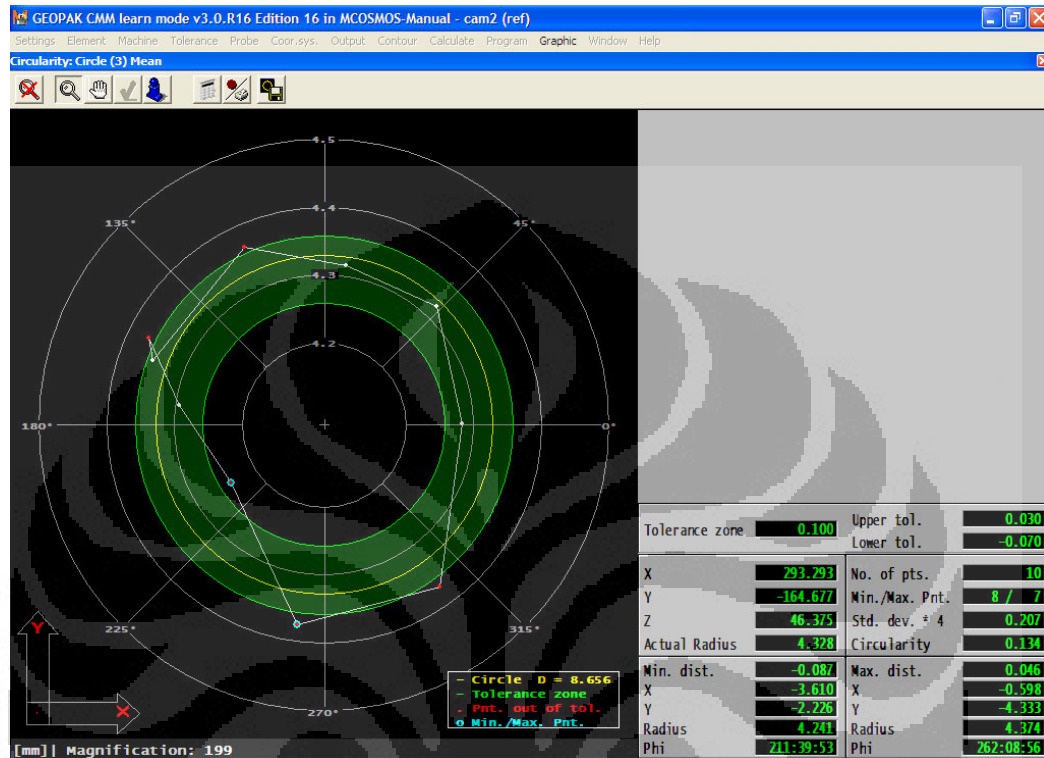


Gambar 4.15 Perbandingan grafik tingkat kebocoran antara massa kalkulasi vs massa eksperimen pada katup jenis W dengan *rubber seal* merah.

Untuk *rubber seal* merah, berdasarkan grafik, tingkat kebocoran yang terjadi pada data eksperimen jauh lebih besar bila dibandingkan dengan data kalkulasi. Pada grafik menunjukkan bahwa kebocoran yang terjadi pada menit ke-0 untuk data eksperimen adalah sekitar 11.28 gram dengan massa total hilang sekitar 23.8 gram pada menit ke 150. Untuk data kalkulasi massa, tidak ada kebocoran pada menit-menit awal, kebocoran terjadi pada sekitar menit 30 keatas. Kebocoran untuk data kalkulasi cenderung bertambah secara drastis dengan massa total yang hilang mencapai sekitar 17 gram.

## 4.5 Analisa Geometrik.

### 4.5.1 Analisa Geometrik *Rubber Seal* Merah.

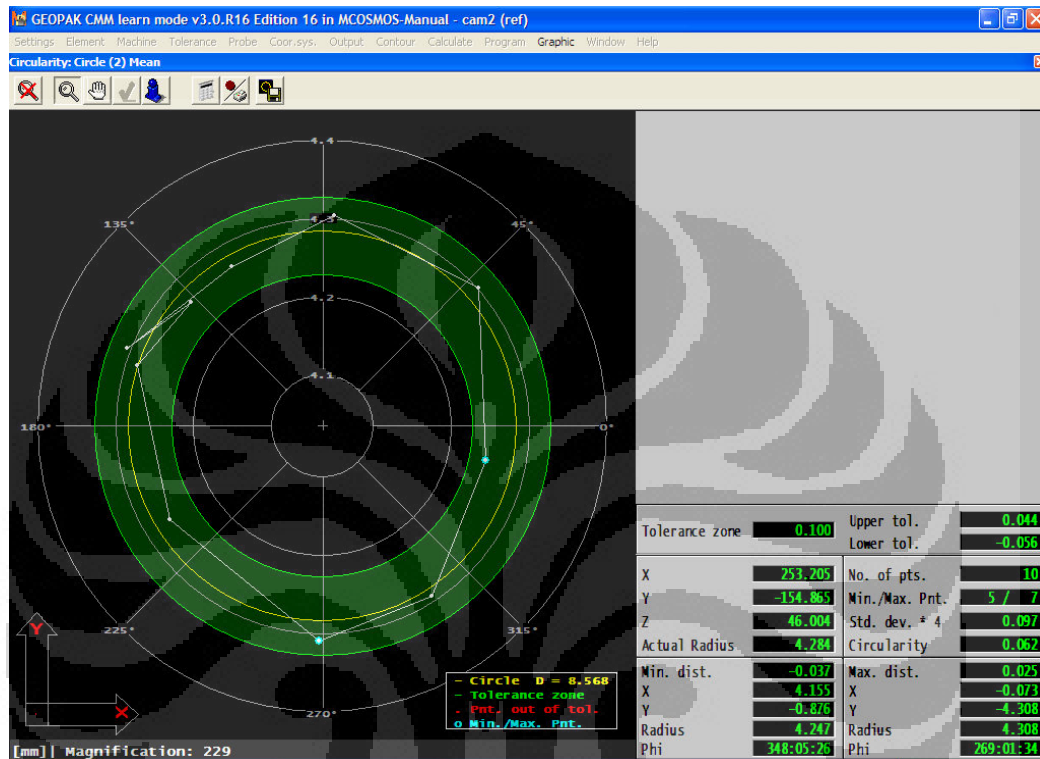


Gambar 4.16 Data geometrik *rubber seal* merah.

Analisa geometrik untuk *rubber seal* merah dilakukan dengan alat pengukuran CMM dimana pengambilan data dilakukan pada 10 titik berbeda disekeliling lubang *rubber seal* merah. Setelah dilakukan pengukuran dengan menggunakan alat ukur CMM didapatkan data-data geometrik untuk *rubber seal* merah. Berdasarkan gambar diatas, jari-jari terbesar dan aktual untuk *rubber seal* merah yaitu  $4.374 \pm 0.05$  mm dan  $4.328 \pm 0.05$  mm. Dimensi jari-jari *rubber seal* tersebut melebihi batas dari yang dianjurkan oleh SNI yaitu  $4 \pm 0.05$  mm. Dengan dimensi aktual *rubber seal* merah yang melewati batas dari yang dianjurkan oleh SNI, maka kebocoran terjadi pada sambungan katup-regulator yang melalui *rubber seal*. Hal ini dibuktikan dengan data-data eksperimental yang diambil pada saat penelitian. Untuk data kebundaran, *rubber seal* merah mempunyai nilai sekitar 0.134. Dari gambar kebundaran, terlihat dengan

jelas bahwa ada empat titik data yang melebihi nilai toleransi, sehingga dapat dikatakan bahwa bentuk *rubber seal* merah kurang bundar.

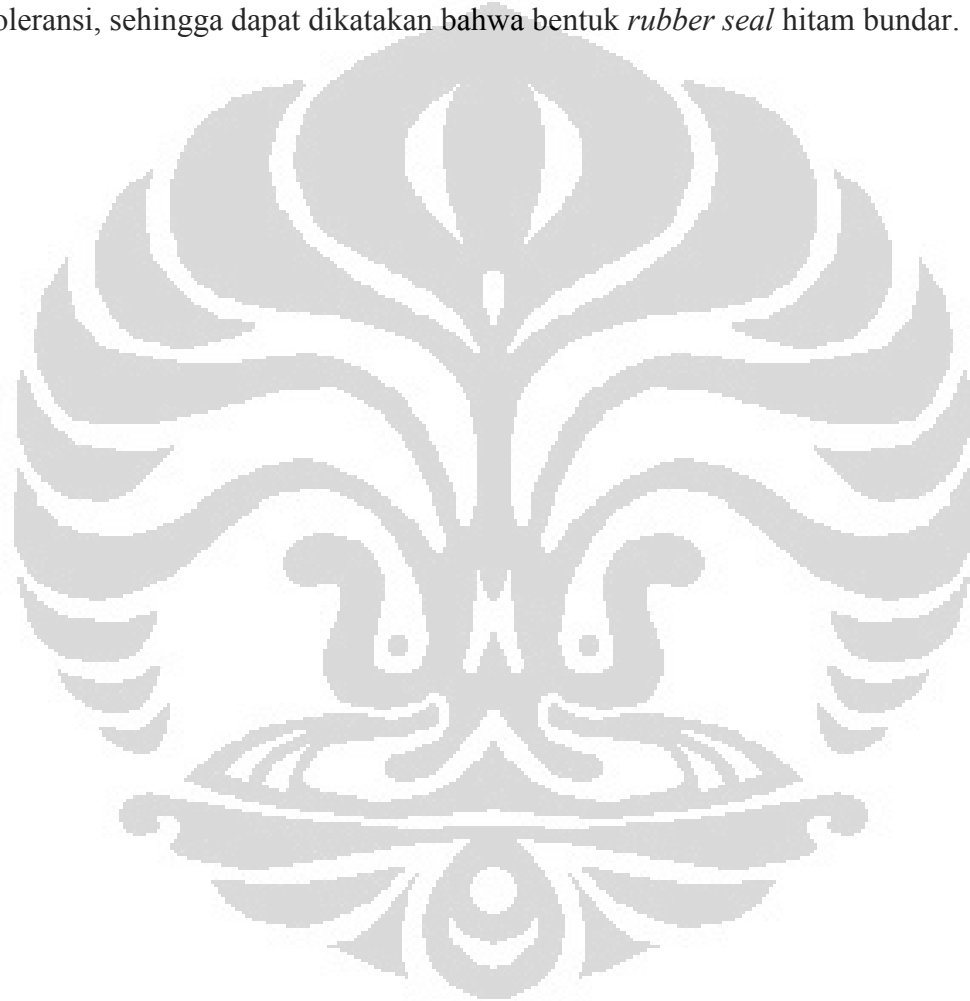
#### 4.5.2 Analisa Geometrik *Rubber Seal* Hitam.



Gambar 4.17 Data geometrik *rubber seal* hitam.

Analisa geometrik untuk *rubber seal* hitam juga dilakukan dengan alat pengukuran CMM dimana pengambilan data dilakukan pada 10 titik berbeda disekeliling lubang *rubber seal* hitam. Setelah dilakukan pengukuran dengan menggunakan alat ukur CMM didapatkan data-data geometrik untuk *rubber seal* hitam. Berdasarkan data pengukuran, jari-jari terbesar dan aktual untuk *rubber seal* merah yaitu  $4.308 \pm 0.05 \text{ mm}$  dan  $4.284 \pm 0.05 \text{ mm}$ . Nilai jari-jari tersebut lebih kecil bila dibandingkan dengan *rubber seal* merah tetapi nilai dimensi jari-jari *rubber seal* tersebut juga melebihi batas dari yang dianjurkan oleh SNI yaitu  $4 \pm 0.05 \text{ mm}$ . Dengan dimensi aktual *rubber seal* merah yang melewati batas dari yang dianjurkan oleh SNI, maka kebocoran juga terjadi pada sambungan katup-regulator yang melalui

*rubber seal* hitam ini. Pembuktian adanya kebocoran didapatkan dari data-data eksperimental yang diambil pada saat penelitian. Untuk data kebundaran, *rubber seal* hitam mempunyai nilai sekitar 0.067 dimana nilai kebundaran tersebut lebih kecil dibandingkan dengan *rubber seal* merah. Nilai kebundaran yang kecil menunjukkan bahwa kebocoran yang terjadi pada *rubber seal* hitam lebih kecil. Dari gambar kebundaran, terlihat dengan jelas bahwa ada tidak ada titik data yang melebihi nilai toleransi, sehingga dapat dikatakan bahwa bentuk *rubber seal* hitam bundar.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan.

1. Dari pengolahan data eksperimental yang dilakukan, didapat bahwa *rubber seal* berwarna hitam jauh lebih baik bila dibandingkan dengan *rubber seal* merah dimana tingkat kebocoran untuk *rubber seal* hitam jauh lebih kecil dibandingkan dengan *rubber seal* merah yang dipasang diberbagai katup dengan kondisi eksperimental yang sama.
2. Tingkat kebocoran terkecil terjadi pada *rubber seal* hitam dengan menggunakan katup jenis M dan tingkat kebocoran terbesar terjadi pada *rubber seal* merah pada katup jenis W.
3. Rata-rata sambungan katup-*rubber seal*-regulator terjadi kebocoran (kecuali katup MTU dengan *rubber seal* hitam), hal ini diakibatkan adanya *clearance* diantara sambungan tersebut.
4. Dari data geometrik nilai kebundaran dan diameter aktual dari *rubber seal* hitam lebih baik dibandingkan dengan *rubber seal* merah. Hal ini mendukung kesimpulan nomor 1 dan kepastian terjadinya kebocoran untuk setiap jenis katup dan *rubber seal*.

#### 5.2 Saran.

1. Untuk kedepannya jika penelitian dilanjutkan kembali, diharapkan menggunakan weight scale yang dapat tersambung dengan komputer dan logika *fuzzy* sehingga bisa didapatkan data secara otomatis, lebih banyak dan lebih akurat dari penelitian sebelumnya.



## DAFTAR ACUAN

- [1]. IHL. (2010). *Perang melawan teroris gas elpiji (LPG)*. July 13, 2010. <http://politik.kompasiana.com/2010/07/13/perang-melawan-teroris-gas-elpiji-lpg/>
- [2]. HL. (2010). *Perang melawan teroris gas elpiji (LPG)*. July 13, 2010. <http://politik.kompasiana.com/2010/07/13/perang-melawan-teroris-gas-elpiji-lpg/>
- [3]. BPPT. (2011). *BPPT rekomendasikan penggantian regulator untuk tabung gas LPG 3KG*. Januari 24, 2011. [http://www.bppt.go.id/index.php?option=com\\_content&view=article&id=670:bppt-rekomendasikan-penggantian-regulator-untuk-tabung-gas-lpg-3kg&catid=63:kebijakan-teknologi](http://www.bppt.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=670:bppt-rekomendasikan-penggantian-regulator-untuk-tabung-gas-lpg-3kg&catid=63:kebijakan-teknologi)
- [4]. Poskota Kaltim. (2010). *Tiap hari 30 ton gas LPG untuk Kaltim*. Agustus 18, 2010. <http://www.poskotakaltim.com/berita/read/7078Ruber%20Seal%20Tabung%20LPG%20Rusak%20Harus%20Diganti>
- [5] Handbook of Compressed Gases 4<sup>th</sup> Edition. Springer.1999
- [6]. Firmansyah, Rachmat Harris. "*Penelitian Kestabilan dan panjang nyala api premix akibat variasi diameter dalam ring menggunakan gas propana pada bunsen burner*".DTM FTUI (2008)
- [7] SNI 1452: 2007
- [8] SNI 7655: 2010
- [9] SNI 7369: 2008
- [10] SNI 1591: 2008

## DAFTAR PUSTAKA

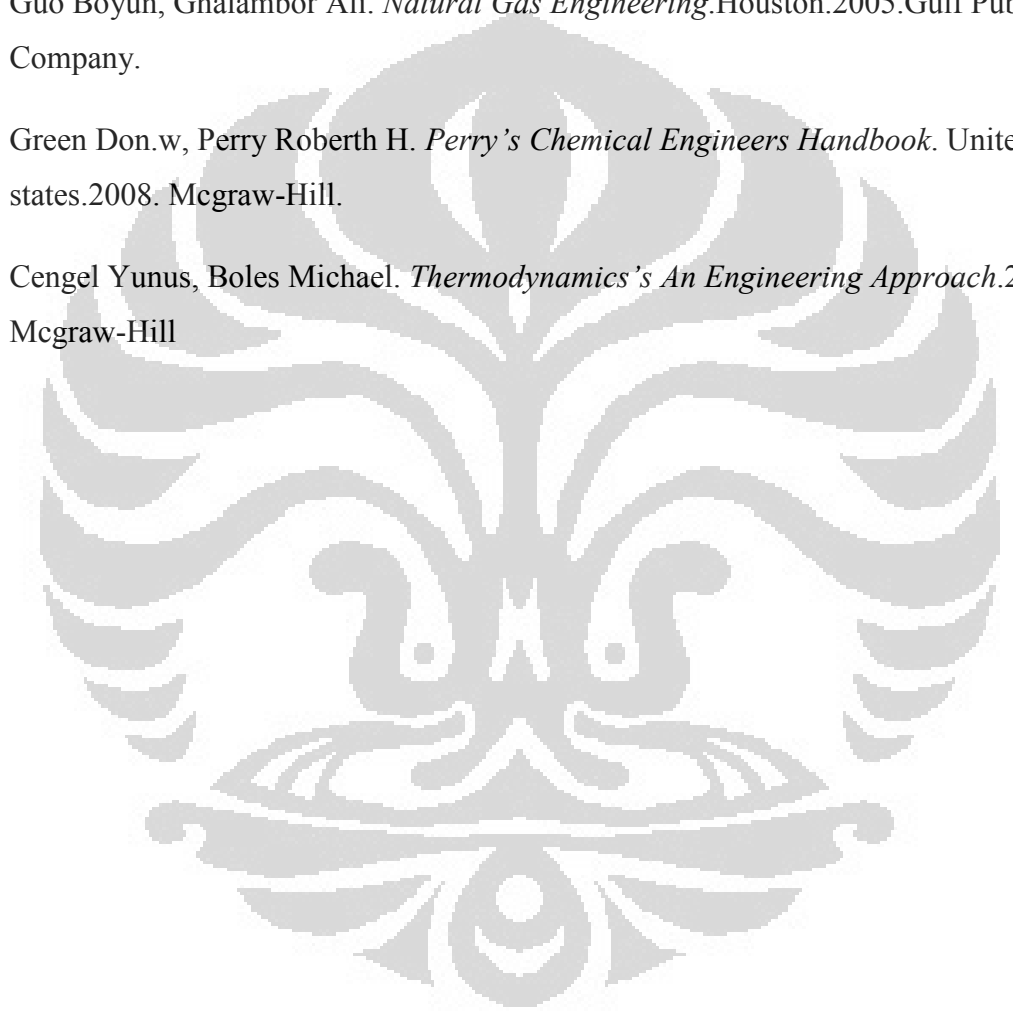
Handbook of Compressed Gases. Springer 4<sup>th</sup> .1999

Moran J, Shapiro N.M, *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. England. 2000.  
John Wiley & Sons Inc

Guo Boyun, Ghalambor Ali. *Natural Gas Engineering*. Houston. 2005. Gulf Publishing  
Company.

Green Don.w, Perry Robert H. *Perry's Chemical Engineers Handbook*. United  
states. 2008. Mcgraw-Hill.

Cengel Yunus, Boles Michael. *Thermodynamics's An Engineering Approach*. 2006.  
Mcgraw-Hill



## LAMPIRAN

Tabel data katup jenis W dengan *rubber seal* hitam

waktu (menit)	massa (gr)	tekanan (bar)	$\Delta$ massa (gr)
0	8315.5	5.92	0
5	8315	5.86	0.5
10	8315	5.76	0.5
15	8315	5.66	0.5
20	8314.5	5.6	1
25	8314.5	5.52	1
30	8314.5	5.46	1
35	8314.5	5.4	1
40	8314	5.36	1.5
45	8314	5.3	1.5
50	8314	5.24	1.5
55	8314	5.22	1.5
60	8313.5	5.16	2
65	8313.5	5.12	2
70	8313.5	5.08	2
75	8313.5	5.04	2
80	8313	5	2.5
85	8313	4.96	2.5
90	8313	4.92	2.5

95	8312.5	4.88	3
100	8312.5	4.84	3
105	8312	4.8	3.5
110	8312	4.78	3.5
115	8311.5	4.76	4
120	8311.5	4.74	4
125	8311	4.7	4.5
130	8311	4.68	4.5
135	8311	4.64	4.5
140	8311	4.62	4.5
145	8311	4.58	4.5
150	8310.5	4.54	5

**Tabel data katup jenis W dengan *rubber seal* merah**

waktu (menit)	massa (gram)	tekanan (bar)	$\Delta$ massa (gram)
0	8323.5	6.06	0
5	8320	6.06	3.5
10	8317.5	6.06	6
15	8315.5	6.06	8
20	8314	6.06	9.5
25	8313	6.06	10.5
30	8311.5	6.06	12

35	8310.5	6.06	13
40	8309.5	6.04	14
45	8308.5	6.02	15
50	8308	6	15.5
55	8307.5	6	16
60	8306.5	5.94	17
65	8306	5.9	17.5
70	8305.5	5.86	18
75	8305	5.82	18.5
80	8304.5	5.78	19
85	8304	5.76	19.5
90	8303.5	5.7	20
95	8303	5.66	20.5
100	8303	5.62	20.5
105	8302.5	5.58	21
110	8302	5.54	21.5
115	8301.5	5.5	22
120	8301.5	5.46	22
125	8301	5.42	22.5
130	8300.5	5.38	23
135	8300.5	5.34	23
140	8300	5.32	23.5
145	8300	5.28	23.5

150	8299.5	5.24	24
-----	--------	------	----

**Tabel data katup jenis S dengan *rubber seal* merah**

waktu (menit)	massa (gram)	tekanan (bar)	$\Delta$ massa (gram)
0	8162.5	6	0
5	8161.5	6	1
10	8160.5	6	2
15	8160	6	2.5
20	8159.5	6	3
25	8159	6	3.5
30	8158.5	6	4
35	8158.5	6	4
40	8158	6	4.5
45	8158	6	4.5
50	8158	6	4.5
55	8157.5	6.02	5
60	8157.5	6.02	5
65	8157	6.02	5.5
70	8157	6.02	5.5
75	8157	6.02	5.5
80	8156.5	6.02	6
85	8156.5	6.02	6

90	8156.5	6.02	6
95	8156	6.02	6.5
100	8156	6.02	6.5
105	8156	6.04	6.5
110	8156	6.04	6.5
115	8155.5	6.04	7
120	8155.5	6.04	7
125	8155.5	6.04	7
130	8155.5	6.04	7
135	8155	6.06	7.5
140	8155	6.06	7.5
145	8155	6.06	7.5
150	8155	6.06	7.5

**Tabel data katup jenis S dengan *rubber seal* hitam**

waktu (menit)	massa (gram)	tekanan (bar)	$\Delta$ massa (gram)
0	8183	6.08	0
5	8182.5	6.08	0.5
10	8182	6.08	1
15	8181.5	6.08	1.5
20	8181.5	6.08	1.5
25	8181.5	6.08	1.5

30	8181	6.08	2
35	8181	6.1	2
40	8181	6.1	2
45	8181	6.12	2
50	8181	6.12	2
55	8181	6.12	2
60	8181	6.12	2
65	8181	6.12	2
70	8181	6.1	2
75	8181	6.1	2
80	8181	6.08	2
85	8181	6.08	2
90	8180.5	6.06	2.5
95	8180.5	6.02	2.5
100	8180.5	6.02	2.5
105	8180.5	6.02	2.5
110	8180.5	6	2.5
115	8180.5	5.96	2.5
120	8180.5	5.96	2.5
125	8180.5	5.92	2.5
130	8180.5	5.92	2.5
135	8180	5.9	3
140	8180	5.86	3



145	8180	5.82	3
150	8180	5.78	3

**Tabel data katup jenis A dengan *rubber seal* hitam**

waktu (menit)	massa (gram)	tekanan (bar)	$\Delta$ massa (gram)
0	8267.5	5.08	0
5	8267	5.1	0.5
10	8267	5.1	0.5
15	8266.5	5.12	1
20	8266.5	5.12	1
25	8266.5	5.12	1
30	8266	5.12	1.5
35	8266	5.12	1.5
40	8266	5.12	1.5
45	8266	5.12	1.5
50	8266	5.12	1.5
55	8266	5.12	1.5
60	8266	5.12	1.5
65	8265.5	5.12	2
70	8265.5	5.12	2
75	8265.5	5.12	2
80	8265.5	5.12	2

85	8265.5	5.12	2
90	8265.5	5.12	2
95	8265.5	5.12	2
100	8265.5	5.12	2
105	8265.5	5.12	2
110	8265.5	5.12	2
115	8265.5	5.12	2
120	8265.5	5.12	2
125	8265.5	5.12	2
130	8265.5	5.12	2
135	8265	5.12	2.5
140	8265	5.12	2.5
145	8265	5.12	2.5
150	8265	5.12	2.5

**Tabel data katup jenis A dengan *rubber seal* merah.**

waktu (menit)	massa (gram)	tekanan (bar)	$\Delta$ massa (gram)
0	8247.5	5	0
5	8247	5	0.5
10	8246.5	5	1
15	8246	5	1.5
20	8245.5	5	2

25	8245.5	5	2
30	8245	5	2.5
35	8244.5	5.02	3
40	8244.5	5.02	3
45	8244	5.02	3.5
50	8244	5.02	3.5
55	8243.5	5.02	4
60	8243.5	5.02	4
65	8243	5.02	4.5
70	8243	5.02	4.5
75	8243	5.02	4.5
80	8243	5.02	4.5
85	8242.5	5.02	5
90	8242.5	5.02	5
95	8242.5	5.04	5
100	8242.5	5.04	5
105	8242	5.04	5.5
110	8242	5.04	5.5
115	8242	5.04	5.5
120	8241.5	5.04	6
125	8241.5	5.04	6
130	8241.5	5.04	6
135	8241.5	5.04	6

140	8241	5.04	6.5
145	8241	5.04	6.5
150	8241	5.04	6.5

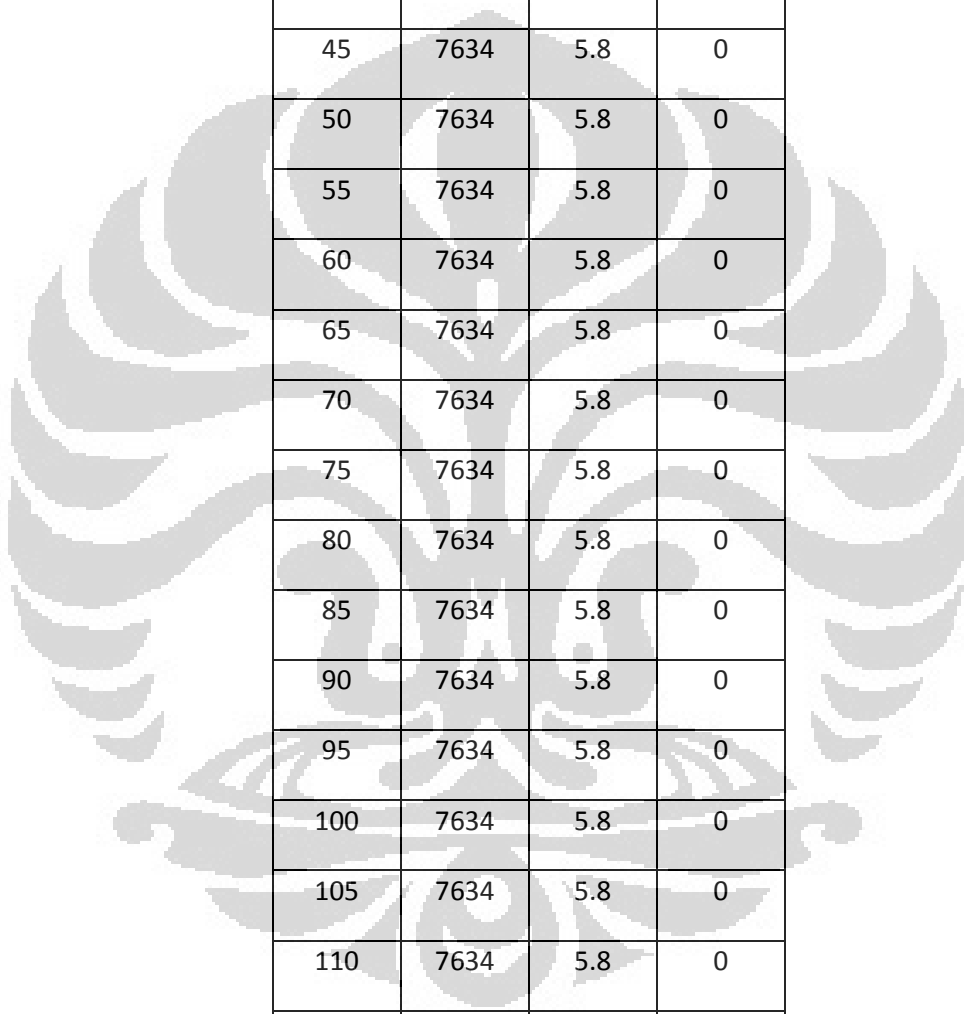
**Tabel data katup jenis M dengan *rubber seal* merah.**

waktu (menit)	massa (gram)	tekanan (bar)	$\Delta$ massa (gram)
0	7477.5	5.8	0
5	7477	5.8	0.5
10	7477	5.8	0.5
15	7476.5	5.8	1
20	7476.5	5.8	1
25	7476.5	5.8	1
30	7476	5.8	1.5
35	7476	5.8	1.5
40	7476	5.8	1.5
45	7476	5.8	1.5
50	7476	5.8	1.5
55	7476	5.8	1.5
60	7475.5	5.8	2
65	7475	5.8	2.5
70	7475	5.8	2.5
75	7475	5.8	2.5

80	7475	5.8	2.5
85	7475	5.8	2.5
90	7474.5	5.8	3
95	7474.5	5.8	3
100	7474	5.8	3.5
105	7474	5.8	3.5
110	7474	5.8	3.5
115	7474	5.8	3.5
120	7473.5	5.78	4
125	7473.5	5.78	4
130	7473.5	5.78	4
135	7473.5	5.78	4
140	7473.5	5.78	4
145	7473.5	5.78	4
150	7473.5	5.78	4

**Tabel data katup jenis M dengan *rubber seal* hitam.**

waktu (menit)	massa (gram)	tekanan (bar)	$\Delta$ massa (gram)
0	7634	5.8	0
5	7634	5.8	0
10	7634	5.8	0
15	7634	5.8	0



20	7634	5.8	0
25	7634	5.8	0
30	7634	5.8	0
35	7634	5.8	0
40	7634	5.8	0
45	7634	5.8	0
50	7634	5.8	0
55	7634	5.8	0
60	7634	5.8	0
65	7634	5.8	0
70	7634	5.8	0
75	7634	5.8	0
80	7634	5.8	0
85	7634	5.8	0
90	7634	5.8	0
95	7634	5.8	0
100	7634	5.8	0
105	7634	5.8	0
110	7634	5.8	0
115	7634	5.8	0
120	7634	5.8	0
125	7634	5.8	0
130	7634	5.8	0

135	7634	5.8	0
140	7634	5.8	0
145	7634	5.8	0
150	7634	5.8	0

### Faktor Kompresibilitas Z

Katup W Seal merah								
t	A	B	C	D	Y	B	A*Ppr	Z
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.012451	0.010983	0.010983	0.882092
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.012451	0.010983	0.010983	0.882092
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.012451	0.010983	0.010983	0.882092
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.012451	0.010983	0.010983	0.882092
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.012451	0.010983	0.010983	0.882092
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.012451	0.010983	0.010983	0.882092
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.012451	0.010983	0.010983	0.882092
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.012451	0.010983	0.010983	0.882092
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.012405	0.010947	0.010947	0.882441
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.012357	0.01091	0.01091	0.882935
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.01231	0.010874	0.010874	0.883362
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.01231	0.010874	0.010874	0.883362
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.012168	0.010765	0.010765	0.884734
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.012075	0.010693	0.010693	0.885544
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.01198	0.01062	0.01062	0.886515

1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.011887	0.010548	0.010548	0.887352
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.011794	0.010475	0.010475	0.888203
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.011747	0.010439	0.010439	0.888671
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.011608	0.01033	0.01033	0.889944
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.011515	0.010258	0.010258	0.890836
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.011422	0.010185	0.010185	0.891743
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.01133	0.010113	0.010113	0.892585
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.011238	0.01004	0.01004	0.893441
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.011147	0.009968	0.009968	0.894232
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.011055	0.009896	0.009896	0.895116
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010963	0.009823	0.009823	0.896015
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010873	0.009751	0.009751	0.896764
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010781	0.009678	0.009678	0.897692
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010736	0.009642	0.009642	0.898079
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010644	0.009569	0.009569	0.89903
1.364187	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010554	0.009497	0.009497	0.899828



katup W seal hitam								
t	A	B	C	D	Y		A*Ppr	Z
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.012050	0.010674	0.010764	0.8932702
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.01203	0.010655	0.010655	0.885974
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.01179	0.010473	0.010473	0.8882109
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.01156	0.010291	0.010291	0.8904013
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.01142	0.010182	0.010182	0.8917192
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.01123	0.010037	0.010037	0.8934068
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.0111	0.009927	0.009927	0.8947669
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.01096	0.009818	0.009818	0.8960798
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.01087	0.009746	0.009746	0.8968085
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.01073	0.009637	0.009637	0.8980918
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.01059	0.009527	0.009527	0.8994932
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.01055	0.009491	0.009491	0.8998832
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.01055	0.009491	0.009382	0.8895397
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.01032	0.009309	0.009309	0.9020763
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.01023	0.009237	0.009237	0.9027972
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.01014	0.009164	0.009164	0.9036377
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.01005	0.009091	0.009091	0.9044932
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.00996	0.009018	0.009018	0.9054551
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.00987	0.008946	0.008946	0.9061593
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.00978	0.008873	0.008873	0.9070615
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.00969	0.0088	0.0088	0.9078869

1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.0096	0.008727	0.008727	0.9088221
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.00956	0.008691	0.008691	0.9091061
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.00952	0.008655	0.008655	0.9095838
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.00947	0.008618	0.008618	0.9100661
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.00938	0.008546	0.008546	0.9107532
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.00934	0.008509	0.008509	0.9112479
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.00925	0.008437	0.008437	0.9120546
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.00921	0.0084	0.0084	0.9124637
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.00912	0.008327	0.008327	0.9133939
1.364254	0.07148	13.60041	-219.383	6.02719	0.00912	0.008327	0.008255	0.9054167

Katup S seal Hitam								
t	A	B	C	D	Y		A*Ppr	Z
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013708	0.011019	0.011019	0.80385
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013708	0.011019	0.011019	0.80385
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013708	0.011019	0.011019	0.80385
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013708	0.011019	0.011019	0.80385
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013708	0.011019	0.011019	0.80385
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013708	0.011019	0.011019	0.80385
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013708	0.011019	0.011019	0.80385
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013767	0.011055	0.011055	0.803038
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013767	0.011055	0.011055	0.803038
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013828	0.011092	0.011092	0.802116

1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013828	0.011092	0.011092	0.802116
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013828	0.011092	0.011092	0.802116
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013828	0.011092	0.011092	0.802116
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013828	0.011092	0.011092	0.802116
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013767	0.011055	0.011055	0.803038
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013767	0.011055	0.011055	0.803038
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013708	0.011019	0.011019	0.80385
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013708	0.011019	0.011019	0.80385
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013649	0.010983	0.010983	0.804669
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.01353	0.01091	0.01091	0.806388
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.01353	0.01091	0.01091	0.806388
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.01353	0.01091	0.01091	0.806388
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.01347	0.010874	0.010874	0.807289
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013355	0.010802	0.010802	0.808812
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013355	0.010802	0.010802	0.808812
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013236	0.010729	0.010729	0.810607
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013236	0.010729	0.010729	0.810607
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013179	0.010693	0.010693	0.811362
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013062	0.01062	0.01062	0.81308
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.012948	0.010548	0.010548	0.81464
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.012833	0.010475	0.010475	0.816291



1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013589	0.010947	0.010947	0.805554
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013589	0.010947	0.010947	0.805554
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013589	0.010947	0.010947	0.805554
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013589	0.010947	0.010947	0.805554
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013589	0.010947	0.010947	0.805554
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013589	0.010947	0.010947	0.805554
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013648	0.010983	0.010983	0.804728
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013648	0.010983	0.010983	0.804728
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013648	0.010983	0.010983	0.804728
1.364187	0.071255	18.44845	-219.36	6.027007	0.013648	0.010983	0.010983	0.804728

Katup jenis M seal merah								
t	A	B	C	D	Y		A*Ppr	Z
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543

1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012891	0.01051	0.010512	0.81543
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012833	0.01048	0.010475	0.816291
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012833	0.01048	0.010475	0.816291
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012833	0.01048	0.010475	0.816291
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012833	0.01048	0.010475	0.816291
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012833	0.01048	0.010475	0.816291
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012833	0.01048	0.010475	0.816291
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012833	0.01048	0.010475	0.816291
1.36419	0.07125	18.4484	-219.36	6.02701	0.012833	0.01048	0.010475	0.816291



1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.02701	0.57245	0.48301	0.48301	0.84376
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.02701	0.57245	0.48301	0.48301	0.84376
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.02701	0.57245	0.48301	0.48301	0.84376
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.02701	0.57245	0.48301	0.48301	0.84376
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.02701	0.57245	0.48301	0.48301	0.84376
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.02701	0.57245	0.48301	0.48301	0.84376
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.02701	0.57245	0.48301	0.48301	0.84376
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.02701	0.57245	0.48301	0.48301	0.84376
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.02701	0.57245	0.48301	0.48301	0.84376
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.02701	0.57245	0.48301	0.48301	0.84376

Katup jenis A seal hitam								
t	A	B	C	D	y		A*Ppr	Z
1.36426	0.071254	13.60045	-219.384	6.0272	0.00888	0.008094	0.00921	1.036325
1.36426	0.071254	13.60045	-219.384	6.0272	0.00892	0.008122	0.00924	1.036451
1.36426	0.071254	13.60045	-219.384	6.0272	0.00892	0.008122	0.00924	1.036451
1.36426	0.071254	13.60045	-219.384	6.0272	0.00895	0.008149	0.00928	1.036667
1.36426	0.071254	13.60045	-219.384	6.0272	0.00895	0.008149	0.00928	1.036667
1.36426	0.071254	13.60045	-219.384	6.0272	0.00895	0.008149	0.00928	1.036667
1.36426	0.071254	13.60045	-219.384	6.0272	0.00895	0.008149	0.00928	1.036667
1.36426	0.071254	13.60045	-219.384	6.0272	0.00895	0.008149	0.00928	1.036667
1.36426	0.071254	13.60045	-219.384	6.0272	0.00895	0.008149	0.00928	1.036667
1.36426	0.071254	13.60045	-219.384	6.0272	0.00895	0.008149	0.00928	1.036667





Katup jenis A seal merah								
t	A	B	C	D	Y		A*Ppr	Z
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010014	0.009062	0.009062	0.90491
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010014	0.009062	0.009062	0.90491
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010014	0.009062	0.009062	0.90491
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010014	0.009062	0.009062	0.90491
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010014	0.009062	0.009062	0.90491
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010014	0.009062	0.009062	0.90491
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010014	0.009062	0.009062	0.90491
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010014	0.009062	0.009062	0.90491
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010059	0.009098	0.009098	0.90447
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010059	0.009098	0.009098	0.90447
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010059	0.009098	0.009098	0.90447
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010059	0.009098	0.009098	0.90447
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010059	0.009098	0.009098	0.90447
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010059	0.009098	0.009098	0.90447
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010059	0.009098	0.009098	0.90447
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010059	0.009098	0.009098	0.90447
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010059	0.009098	0.009098	0.90447
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010059	0.009098	0.009098	0.90447
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010059	0.009098	0.009098	0.90447
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010059	0.009098	0.009098	0.90447
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010104	0.009134	0.009134	0.90403
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010104	0.009134	0.009134	0.90403

1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010104	0.009134	0.009134	0.90403
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010104	0.009134	0.009134	0.90403
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010104	0.009134	0.009134	0.90403
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010104	0.009134	0.009134	0.90403
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010104	0.009134	0.009134	0.90403
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010104	0.009134	0.009134	0.90403
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010104	0.009134	0.009134	0.90403
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010104	0.009134	0.009134	0.90403
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010104	0.009134	0.009134	0.90403
1.36419	0.071255	13.5995	-219.36	6.027007	0.010104	0.009134	0.009134	0.90403

