



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS POTENSI RISIKO KESELAMATAN *LIQUEFIED*
PETROLEUM GAS (LPG) DI DEPOK TAHUN 2011**

TESIS

**IKE PUJIRIANI
1006798663**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
PROGRAM STUDI MAGISTER KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
DEPOK
JANUARI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS POTENSI RISIKO KESELAMATAN *LIQUEFIED*
PETROLEUM GAS (LPG) DI DEPOK TAHUN 2011**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister
Keselamatan dan Kesehatan Kerja**

**IKE PUJIRIANI
1006798663**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
PROGRAM STUDI MAGISTER KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
DEPOK
JANUARI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Ike Pujiriani

NPM : 1006798663

Tanda Tangan : 

Tanggal : 24 Januari 2012

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini

Nama : Ike Pujiriani

NPM : 1006798663

Mahasiswa Program : Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Tahun Akademik : 2010

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tesis saya yang berjudul :

**“ANALISIS POTENSI RISIKO KESELAMATAN *LIQUEFIED*
PETROLEUM GAS (LPG) DI DEPOK TAHUN 2011”**

Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

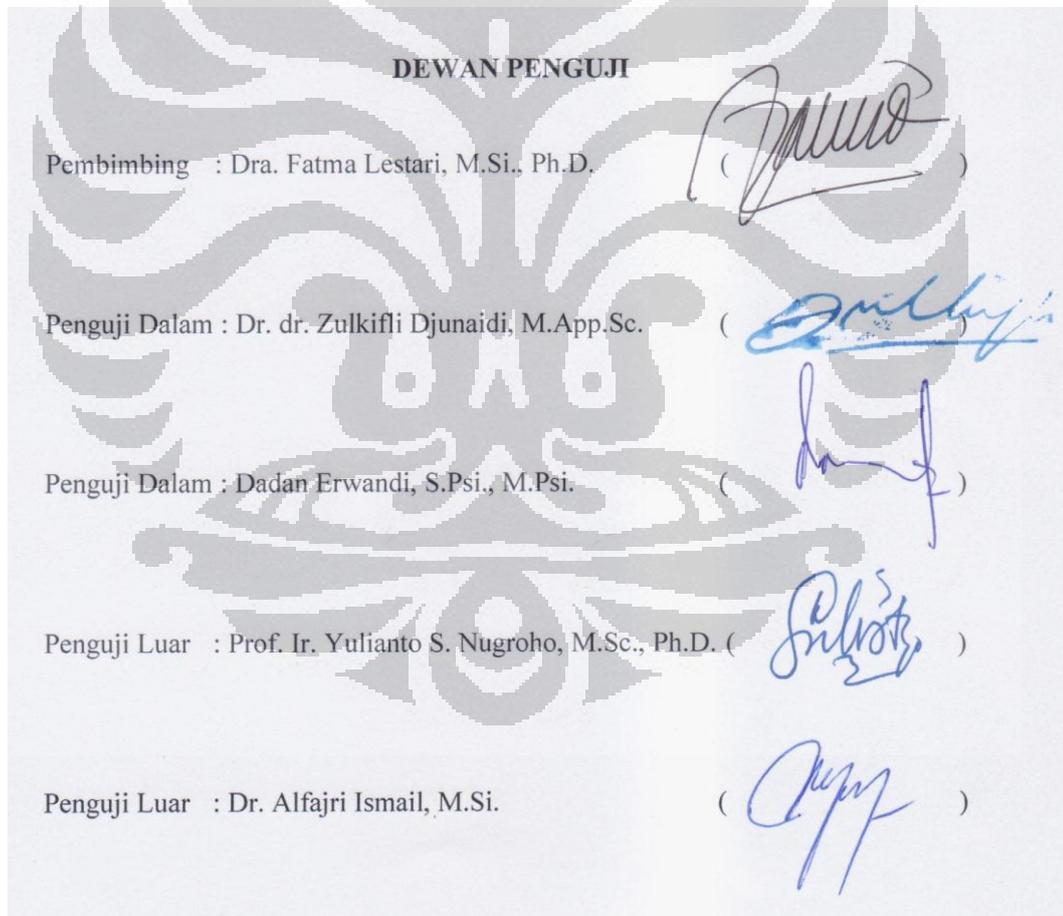
Demikian surat ini saya buat dengan sebenar-benarnya.



HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Ike Pujiriani
NPM : 1006798663
Program Studi : Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja
Judul Tesis : Analisis Potensi Risiko Keselamatan *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) di Depok Tahun 2011

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Program Studi Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia.



Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 24 Januari 2012

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi syarat untuk mencapai gelar Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
- (2) Dra. Fatma Lestari, M.Si.,Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini;
- (3) Prof. Ir. Yulianto Sulistyono Nugroho, M.Sc., Ph.D., yang telah bersedia meluangkan waktu untuk mengarahkan saya dalam menggunakan *BREEZE Incident Analyst* dan menjadi penguji tesis ini;
- (4) Dr. dr. Zulkifli Djunaidi, M.AppSc.; Dadan Erwandi, S.Psi., M.Psi.; dan Dr. Alfajri Ismail, M.Si. yang bersedia meluangkan waktu menjadi penguji tesis;
- (5) Dr. dr. L. Meily Kurniawidjaja, M.Sc.,Sp.Ok. yang selalu memberikan dukungan dan saran bagi saya dalam penyusunan tesis ini;
- (6) Bapak M. Athar Susanto selaku Ketua HISWANA MIGAS Depok yang memberikan data mengenai agen LPG di wilayah Depok, Jawa Barat; dan
- (7) Sahabat-sahabat saya (Diah, "The Asdos", "SUP", "BC", dan lain-lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu), yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 24 Januari 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Ike Pujiriani

NPM : 1006798663

Program Studi : Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Departemen : Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Fakultas : Kesehatan Masyarakat

Jenis karya : Tesis

demikian 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:

ANALISIS POTENSI RISIKO KESELAMATAN *LIQUEFIED PETROLEUM GAS*(LPG) DI DEPOK TAHUN 2011

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, 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 : 24 Januari 2012

Yang menyatakan



(Ike Pujiriani)

ABSTRAK

Nama : Ike Pujiriani
Program Studi : Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja
Judul : Analisis Potensi Risiko Keselamatan *Liquefied Petroleum* (LPG)
diDepok Tahun 2011

Tesis ini pertama membahas dispersi gas, kebakaran dan ledakan akibat kebocoran tangki propana dan butana serta tabung LPG 3 kg. Bersifat kuantitatif. Disarankan pemilik tangki/penyalur LPG mengestimasi jarak aman; membuat rencana tanggap darurat; mempersiapkan deteksi dini kebocoran dan *maintenance*. Pemerintah disarankan lebih teliti memberikan izin mendirikan tangki; melakukan pengawasan operasi tangki penyimpanan, terutama yang berlokasi di sekitar pemukiman penduduk. Kedua, keselamatan penyalur LPG 3 kg di Depok. Bersifat deskriptif. Disarankan penyalur LPG melakukan perbaikan secara bertahap, terutama pelatihan petugas; pemasangan lampu *gas proof*, alarm keadaan darurat dan *gas detector*; pembuatan OKD; penyediaan kotak P3K. Pemerintah disarankan mengawasi dan memfasilitasi kebutuhan penyalur.

Kata Kunci: Keselamatan, LPG, Dispersi Gas, Kebakaran, Ledakan

ABSTRACT

Name : Ike Pujiriani
Study Program: Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja
Title : Analysis of Safety Risk potential of Liquefied Petroleum Gas (LPG) at Depok 2011

This thesis firstly discuss the gas dispersion, fires, explosions caused by the propane and butane tank and LPG cylinder 3 kg leakage. Quantitatively. Tank owners/LPG distributors are suggested to estimate safe distance; create ERP; prepare for early leakage detection and maintenance. The Government are suggested more thoroughly give set-up tank permission; supervise storage tank operations, especially those located around settlements. Secondly, the safety of LPG 3 kg's distributor in Depok. Descriptively. Distributors are suggested to do improvements, especially training; gas proof lamps, emergency alarm and gas detector; emergency organization-making; first aid boxes provision. The government are advised to oversees and facilitates the distributors's needs.

Keywords: Safety, LPG, Gas Dispersion, Fire, Explosion

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR/ UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GRAFIK.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	4
1.3.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, Spherical dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana	4
1.3.2. Analisis Keselamatan Penyalur Tabung LPG 3 kg di Depok	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.4.1. Tujuan Umum.....	5
1.4.2. Tujuan Khusus	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.5.1. Manfaat Bagi Pemilik Tangki Penyimpanan Propana dan Butana	6
1.5.2. Manfaat Bagi Penyalur LPG.....	6
1.5.3. Manfaat Bagi Pemerintah.....	6
1.5.4. Manfaat Bagi Peneliti.....	7
1.5.5. Manfaat Bagi Institusi Pendidikan.....	7
1.5.6. Manfaat Bagi Pembaca.....	7
1.6 Ruang Lingkup Penelitian.....	8

1.6.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, Spherical dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana	8
1.6.2. Analisis Keselamatan Penyalur Tabung LPG 3 kg di Depok	8
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. <i>Liquefied Petroleum Gas (LPG)</i>	9
2.2. Analisis Regulasi Terkait Penanganan dan Penyimpanan LPG	11
2.2.1. NFPA 58:1998. <i>Liquefied Petroleum Gas Code</i>	11
2.2.2. Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi)	12
2.3. Tabung LPG	17
2.4. Jalur Distribusi LPG	22
2.5. Model Dispersi Atmosferik.....	23
2.6. Kebakaran	24
2.6.1. Definisi Kebakaran	24
2.6.2. Klasifikasi Kebakaran Hidrokarbon.....	25
2.7. Ledakan Gas (<i>Gas Explosion</i>).....	27
2.8. Tangki Penyimpanan (<i>Storage Tanks</i>).....	31
2.9. <i>BREEZE Incident Analyst</i>	32
2.10. Perbandingan <i>BREEZE Incident Analyst</i> dengan <i>Software</i> Lain.....	37
2.11. Kerangka Teori.....	39
2.11.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, <i>Spherical</i> dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana	39
2.11.2. Analisis Keselamatan Penyalur LPG 3 kg di Depok.....	40
BAB 3 KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL.....	41
3.1 Kerangka Konsep	41
3.1.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, <i>Spherical</i> dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana	41
3.1.2. Analisis Keselamatan Penyalur LPG 3 Kg di Depok.....	41
3.2 Definisi Operasional	43
3.2.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana.....	43
3.2.2. Analisis Keselamatan Penyalur LPG 3 kg di Depok	45

BAB 4 METODOLOGI PENELITIAN	47
4.1. Jenis Penelitian	47
4.1.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, <i>Spherical</i> dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana	47
4.1.2. Analisis Keselamatan Penyalur LPG 3 kg di Depok	47
4.2. Lokasi dan Waktu	47
4.2.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, <i>Spherical</i> dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana	47
4.2.2. Analisis Keselamatan Penyalur LPG 3 Kg di Depok.....	47
4.3. Unit Analisis.....	48
4.3.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, <i>Spherical</i> dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana	48
4.3.2. Analisis Keselamatan Penyalur LPG 3 kg di Depok	48
4.4. Pengumpulan Data.....	48
4.4.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, <i>Spherical</i> dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana	48
4.4.2. Analisis Keselamatan Penyalur LPG 3 kg di Depok	48
4.5. Jenis dan Sumber Data.....	49
4.5.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, <i>Spherical</i> dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana	49
4.5.2. Analisis Keselamatan Penyalur LPG 3 kg di Depok.....	49
4.6. Instrumen Penelitian	49
4.6.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, <i>Spherical</i> dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana	49
4.6.2. Analisis Keselamatan Penyalur LPG 3 kg di Depok	49
4.7. Analisis Data	50
4.7.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, <i>Spherical</i> dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana	50
4.7.2. Analisis Keselamatan Penyalur <i>Liquefied Petroleum Gas</i> 3 kg di Depok	51
BAB 5 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	52
5.1. Keterbatasan Penelitian.....	52
5.2. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, <i>Spherical</i> dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana	53
5.2.1. Tangki Penyimpanan Horizontal	53

5.2.2.	Tangki Penyimpanan <i>Spherical</i>	64
5.2.3.	Tabung LPG	75
5.3.	Analisis Keselamatan Penyalur LPG 3 kg di Depok	86
5.3.1.	Penanganan Tabung	88
5.3.2.	Prosedur Keselamatan dan Kompetensi Petugas	99
5.3.3.	Fasilitas Keselamatan dan Rambu-Rambu Keselamatan	103
5.3.4.	Proteksi Kebakaran	113
5.3.5.	Keselamatan Penyimpanan dan Penanganan Tabung LPG 3 Kg.....	119
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN		122
6.1.	Kesimpulan	122
6.1.1.	Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, <i>Spherical</i> dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana	122
6.1.2.	Analisis Keselamatan Penyalur <i>Liquefied Petroleum Gas</i> 3 Kg di Depok ..	123
6.2.	Saran	124
6.2.1.	Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, <i>Spherical</i> dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana	124
6.2.2.	Analisis Keselamatan Penyalur <i>Liquefied Petroleum Gas</i> 3 Kg di Depok 124	
DAFTAR REFERENSI.....		126
LAMPIRAN		

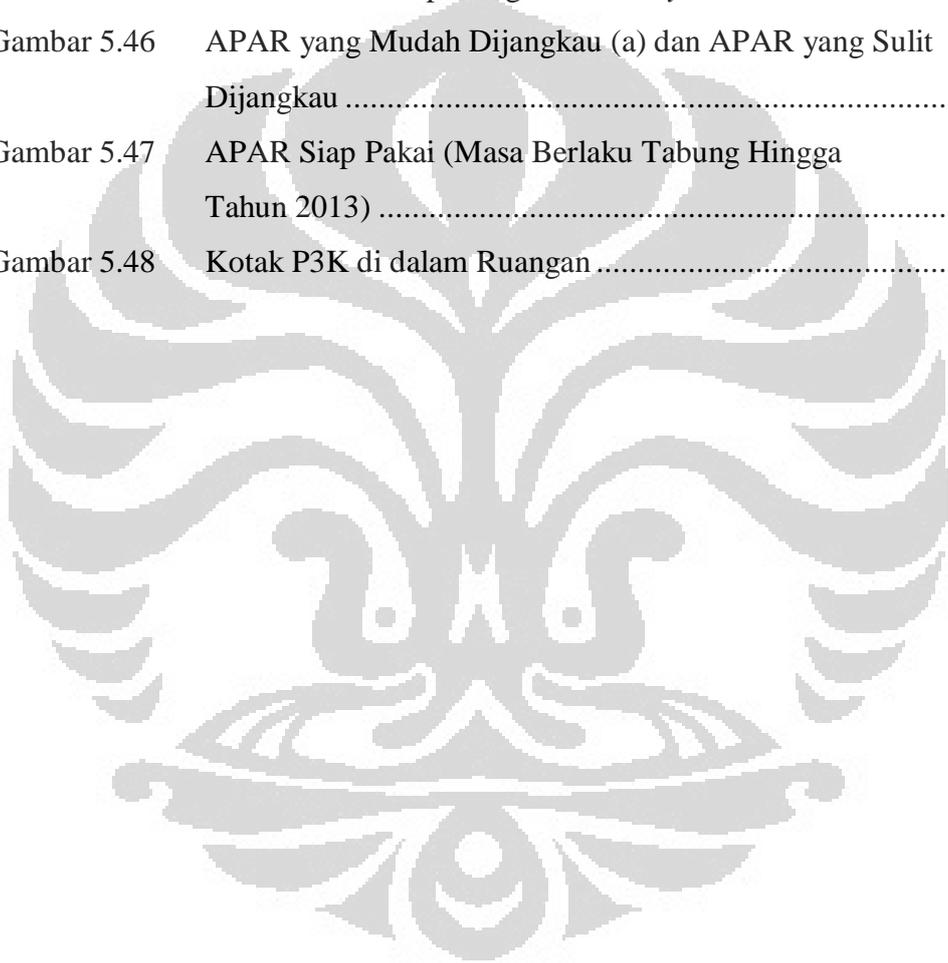
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Konstruksi Tabung LPG 3 Kg.....	21
Gambar 2.2	Alur Distribusi LPG.....	23
Gambar 2.3	Segitiga Api.....	24
Gambar 2.4	<i>Fire Tetrahedron</i>	25
Gambar 2.5	<i>Jet Fire</i>	25
Gambar 2.6	<i>Pool Fire</i>	26
Gambar 2.7	BLEVE.....	27
Gambar 2.8	Proses Terjadinya Peledakan Gas.....	28
Gambar 2.9	<i>Confined Space Explosions</i>	29
Gambar 2.10	<i>Partly Confined Gas Explosions</i>	29
Gambar 2.11	<i>Unconfined Gas Explosions</i>	30
Gambar 2.12	Jenis-Jenis Tangki Penyimpanan (<i>Storage Tanks</i>)	32
Gambar 2.13	<i>Overview BREEZE Software</i>	34
Gambar 2.14	<i>Overview Model Dispersi Gas BREEZE Software</i>	35
Gambar 2.15	<i>Overview Model Kebakaran BREEZE Software</i>	36
Gambar 2.16	<i>Overview Model Ledakan BREEZE Software</i>	37
Gambar 2.17	Kerangka Teori Subpenelitian 1	39
Gambar 2.18	Kerangka Teori Subpenelitian 2	40
Gambar 2.19	Kerangka Konsep Subpenelitian 1.....	41
Gambar 2.20	Kerangka Konsep Subpenelitian 2.....	42
Gambar 5.1	Tangki Propana Horizontal Milik Herrig Bros yang Terbakar dan Meledak di Iowa, AS, Tahun 1998.....	54
Gambar 5.2	Hasil Simulasi <i>Toxic Dispersion</i> Tangki Propana Horizontal dalam Bentuk <i>Chart</i>	56
Gambar 5.3	Hasil Simulasi Dampak Kebakaran (Tingkat Radiasi) Tangki Propana Horizontal dalam Bentuk <i>Map</i>	57
Gambar 5.4	Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki Propana Horizontal dalam Bentuk <i>Map.Surface Explosion Overpressure</i>	58

Gambar 5.5	Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki Propana Horizontal dalam Bentuk <i>Map.Free Air Explosion Overpressure</i>59
Gambar 5.6	Hasil Simulasi <i>Toxic Dispersion</i> Tangki Butana Horizontal dalam Bentuk <i>Chart</i>61
Gambar 5.7	Hasil Simulasi Dampak Kebakaran (Tingkat Radiasi) Tangki Butana Horizontal dalam Bentuk <i>Map</i>62
Gambar 5.8	Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki Butana Horizontal dalam Bentuk <i>Map.Surface Explosion Overpressure</i>63
Gambar 5.9	Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki Butana Horizontal dalam Bentuk <i>Map.Free Air Explosion Overpressure</i>64
Gambar 5.10	Tangki <i>Spherical</i>65
Gambar 5.11	Hasil Simulasi <i>Toxic Dispersion</i> Tangki Propana <i>Spherical</i> dalam Bentuk <i>Chart</i>66
Gambar 5.12	Hasil Simulasi Dampak Kebakaran (Tingkat Radiasi) Tangki Propana <i>Spherical</i> dalam Bentuk <i>Map</i>68
Gambar 5.13	Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki Propana <i>Spherical</i> dalam Bentuk <i>Map.Surface Explosion Overpressure</i>69
Gambar 5.14	Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki Propana <i>Spherical</i> dalam Bentuk <i>Map.Free Air Explosion Overpressure</i>69
Gambar 5.15	Hasil Simulasi <i>Toxic Dispersion</i> Tangki Butana <i>Spherical</i> dalam Bentuk <i>Chart</i>71
Gambar 5.16	Hasil Simulasi Dampak Kebakaran (Tingkat Radiasi) Tangki Butana <i>Spherical</i> dalam Bentuk <i>Map</i>72
Gambar 5.17	Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki Butana <i>Spherical</i> dalam Bentuk <i>Map.Surface Explosion Overpressure</i>73
Gambar 5.18	Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki Butana <i>Spherical</i> dalam Bentuk <i>Map.Free Air Explosion Overpressure</i>74
Gambar 5.19	Tabung LPG 3 Kg.....76
Gambar 5.20	Hasil Simulasi <i>Toxic Dispersion</i> Tangki LPG Propana 3 Kg dalam Bentuk <i>Chart</i>77
Gambar 5.21	Hasil Simulasi Dampak Kebakaran (Tingkat Radiasi) Tangki

	LPG Propana 3 Kg dalam Bentuk <i>Map</i>	78
Gambar 5.22	Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki LPG Propana 3 Kg dalam Bentuk <i>Map.Surface Explosion Overpressure</i>	79
Gambar 5.23	Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki LPG Propana 3 Kg dalam Bentuk <i>Map.Free Air Explosion Overpressure</i>	80
Gambar 5.24	Hasil Simulasi <i>Toxic Dispersion</i> Tangki LPG Butana 3 Kg dalam Bentuk <i>Chart</i>	82
Gambar 5.25	Hasil Simulasi Dampak Kebakaran (Tingkat Radiasi) Tangki LPG Butana 3 Kg dalam Bentuk <i>Map</i>	83
Gambar 5.26	Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki LPG Butana 3 Kg dalam Bentuk <i>Map.Surface Explosion Overpressure</i>	84
Gambar 5.27	Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki LPG Butana 3 Kg dalam Bentuk <i>Map.Free Air Explosion Overpressure</i>	85
Gambar 5.28	Peta Lokasi Penyalur LPG yang Menjadi Unit Analisis Penelitian	87
Gambar 5.29	Salah Satu Penyalur yang Menyimpan LPG Lebih dari 4540 Kg	89
Gambar 5.30	Tabung ditempatkan Dalam Posisi Kepala Tabung Menghadap ke Bawah	90
Gambar 5.31	Tabung LPG 3 Kg 6 Susun dalam Satu Tumpuk	91
Gambar 5.32	Jarak Antara 4 Susun Tabung Kurang dari 1 Meter	92
Gambar 5.33	Rambu Keselamatan	93
Gambar 5.34	Tempat Penyimpanan Tabung Kosong (a) dan Tempat Penyimpanan Tabung Isi (b)	94
Gambar 5.35	Tabung LPG yang Mudah dihitung	95
Gambar 5.36	Perbandingan Tabung Asli (kiri) dan Tabung (kanan)	98
Gambar 5.37	Lantai Penyimpanan Tabung Kosong Terlihat Kering	104
Gambar 5.38	Tabung LPG 3 Kg yang Terpapar Sinar Matahari Langsung .	105
Gambar 5.39	Ventilasi pada Ruang Penyimpanan LPG yang Tertutup	106
Gambar 5.40	Tempat Penyimpanan LPG Tidak Mengganggu Kegiatan Penyalur	107

Gambar 5.41	Area Penyimpanan LPG Belum Bebas dari Bahan Mudah Terbakar	110
Gambar 5.42	Kerusakan pada Lantai Tempat Penyimpanan Tabung LPG ..	110
Gambar 5.43	Lampu Penerangan di Area Penyimpanan Jenis <i>Florescence</i> Biasa.....	112
Gambar 5.44	Rambu HSE yang Terpasang di Area Penyimpanan Tabung LPG	113
Gambar 5.45	Alat Pemadam Api Ringan Jenis <i>Dry Chemical Powder</i>	115
Gambar 5.46	APAR yang Mudah Dijangkau (a) dan APAR yang Sulit Dijangkau	116
Gambar 5.47	APAR Siap Pakai (Masa Berlaku Tabung Hingga Tahun 2013)	117
Gambar 5.48	Kotak P3K di dalam Ruangan.....	118

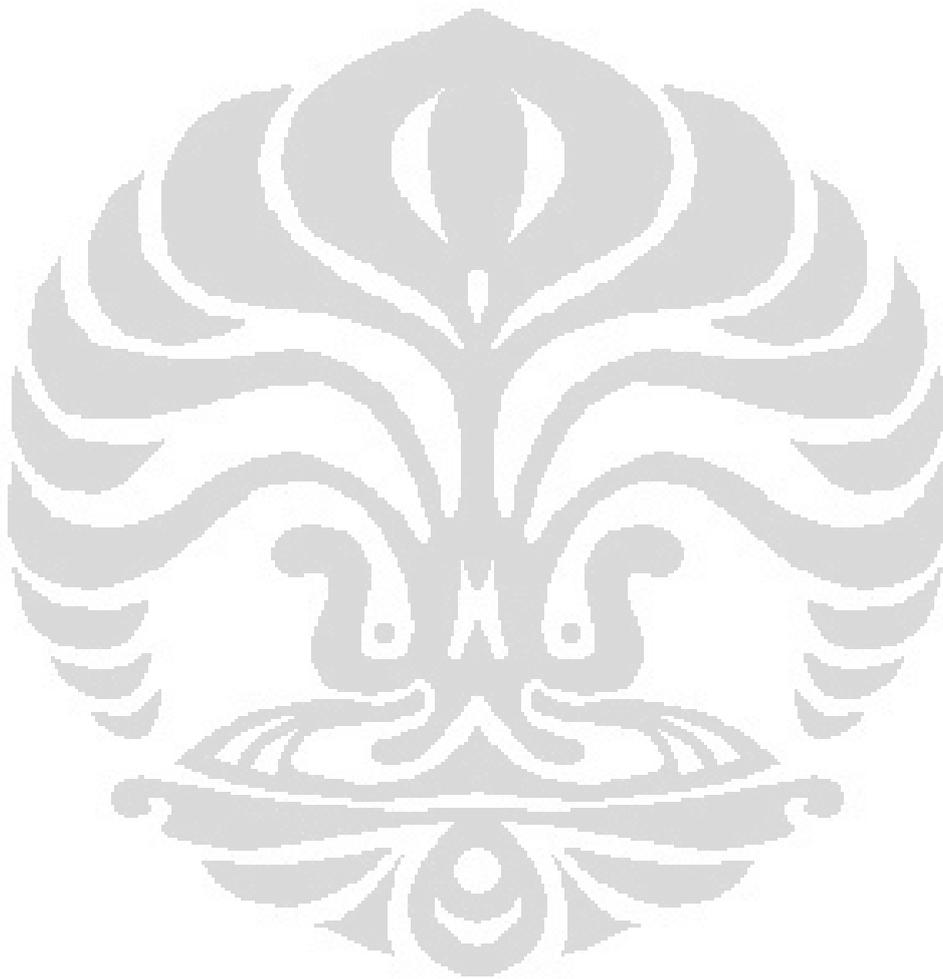


DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik LPG Beserta Campurannya	10
Tabel 2.2	Ketentuan Jarak Penyimpanan LPG di Tempat Terbuka	11
Tabel 2.3	Jarak Minimum Tempat Penyimpanan LPG di Dalam Bangunan dengan Bangunan Umum	13
Tabel 2.4	Jarak Minimum Tempat Penyimpanan LPG di Tempat Terbuka dengan Bangunan Umum	15
Tabel 2.5	Spesifikasi Bj TG SG 255 dan SG 295	18
Tabel 2.6	Ukuran dan Toleransi Tebal Bj TG 255 dan TG 295.....	19
Tabel 2.7	Komposisi Kimia Bahan Cincin Leher Tabung LPG.....	19
Tabel 2.8	Spesifikasi Bahan Pembuat Cincin Kaki dan Pegangan Tabung LPG	20
Tabel 3.1	Definisi Operasional Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran, dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, <i>Spherical</i> , dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana	43
Tabel 3.2	Definisi Operasional Analisis Keselamatan Penyalur LPG 3 Kg di Depok.....	45
Tabel 5.1	Karakteristik Propana dan Butana.....	54
Tabel 5.2	Jarak Tempat Penyimpanan LPG dengan Bangunan Umum	107
Tabel 5.3	Kategori Pengelompokan Keselamatan Penyimpanan dan Penanganan Tabung pada Penyalur LPG 3 Kg.....	119
Tabel 5.4	Kategori Keselamatan Penyimpanan dan Penanganan Tabung pada Penyalur LPG 3 Kg di Depok Tahun 2011	119
Tabel 5.5	10 Persyaratan yang Paling Banyak Tidak Dipenuhi Oleh 6 Penyalur LPG di Depok Tahun 2011	121

DAFTAR GRAFIK

- Grafik 5.1 Kategori Keselamatan Penyimpanan dan Penanganan Tabung
LPG pada Penyalur LPG 3 Kg di Depok Tahun 2011 120



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : *Checklist* Agen LPG 3 Kg
- Lampiran 2 : MSDS LPG
- Lampiran 3 : MSDS Propana
- Lampiran 4 : MSDS Butana
- Lampiran 5 : MSDS Metil Merkaptan



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak tahun 2007, pemerintah memberlakukan kebijakan konversi minyak tanah ke LPG. Program konversi ini bertujuan untuk mengurangi subsidi BBM (Mustafa, 2010). Alasan lain pemerintah melakukan pemberlakuan kebijakan tersebut adalah karena LPG memiliki berbagai macam keunggulan antara lain 1) pemanasan lebih sempurna dan merata, 2) praktis dan mudah digunakan, 3) pembakaran mudah disesuaikan, dan 4) ramah lingkungan. Namun di sisi lain, kebijakan pemerintah melakukan konversi minyak tanah ke LPG memberikan berbagai macam dampak, mulai dari dampak yang menguntungkan hingga dampak yang merugikan. Menguntungkan karena daya pemanasan serta efisiensi penggunaan LPG lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar jenis lain namun merugikan karena dapat terjadi kebakaran dan ledakan jika tidak ditangani dengan baik (Badan Penelitian dan Pengembangan Propinsi Sumatera Utara, 2009).

Frekuensi kecelakaan kebakaran dan ledakan pada tabung LPG 3 kg tergolong cukup tinggi. Tercatat telah terjadi sebanyak lebih dari 20 kali setelah kebijakan pemerintah tersebut diterapkan. Kejadian tersebut tidak hanya di tingkat masyarakat pengguna LPG namun juga di tingkat penyalur. Jumlah kerugian yang ditimbulkan pun sangat besar mulai dari korban jiwa hingga kerugian lain baik kerugian material maupun nonmaterial. Berikut beberapa kejadian kebakaran dan ledakan di penyalur yang terjadi selama pemberlakuan kebijakan konversi minyak tanah ke LPG:

- Tanggal 13 November 2009 terjadi kebakaran dan ledakan di pengecer LPG yang bukan merupakan penyalur resmi PT. Pertamina (Persero). Kejadian tersebut berlangsung di Jalan Swadaya Raya No. 26, Duren Sawit, Jakarta Timur (Agustian, 2011).

- Tanggal 22 Juli 2010 terjadi kebakaran yang menghanguskan gudang penampungan LPG 3 kg di Jl. Ruwan No. 65, Tenggarong, Kalimantan Timur. Kebakaran itu berasal dari tempat penyimpanan tabung gas. (Daud, 2011).
- Tanggal 5 Januari 2011, seperti dikutip dari situs berita metrotvnews.com, terjadi kebakaran di penyalur tabung LPG 3 kg di Jl. Raya Bojongsoang, Bandung. Kejadian tersebut memakan 1 korban tewas yang merupakan adik dari pemilik tempat tersebut.

Pemerintah Indonesia sesungguhnya telah memiliki "Panduan Penyimpanan LPG di Penyalur dan Pengguna" yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) RI. Panduan tersebut merupakan modifikasi dari National Fire Protection Association No. 58:1998 (*Liquefied Petroleum Gas Code*). Namun pada kenyataannya, tidak semua penyalur mengetahui akan panduan tersebut yang menyebabkan banyak sekali penyalur yang tidak memenuhi persyaratan berdasarkan panduan tersebut.

Gambaran penyalur LPG yang ada di beberapa wilayah di Indonesia hampir serupa. Sebagian besar masih belum memenuhi standar yang diterapkan oleh Direktorat Jenderal Migas Kementerian ESDM. Penelitian yang serupa mengenai keselamatan penyimpanan dan penanganan tabung LPG 3 kg pada penyalur di DKI Jakarta tahun 2011 memperoleh hasil bahwa dari 15 penyalur yang menjadi sampel penelitian, hanya 7% (1 penyalur dengan predikat sangat baik). Sisanya 40% (6 penyalur) termasuk dalam kategori baik, sementara 53% (8 penyalur) masuk dalam kategori cukup. Sebagian besar tidak memiliki program pelatihan bagi petugas, dokumen pengecekan tabung dan prosedur tanggap darurat (Djunaidi dkk., 2011).

Sebelumnya, ada beberapa penelitian yang dilakukan terkait dengan tabung LPG 3 kg, antara lain penelitian oleh Febrina Dhyani Putri (2010) pada ibu rumah tangga di Jakarta Timur menunjukkan bahwa tingkat pengetahuan responden masih rendah terhadap cara pemakaian LPG ukuran 3 kg; penelitian oleh Oktomi Wijaya (2010) pada para pedagang yang menggunakan LPG di daerah Depok menunjukkan bahwa tingkat pengetahuan responden terhadap pemasangan dan

penggunaan LPG cukup tinggi; penelitian oleh Agung Dewa Candra (2010) pada regulator LPG, memperoleh hasil bahwa 60% regulator LPG belum memenuhi standar SNI; penelitian oleh Intania Mega Victorian (2011) tentang pengetahuan para ibu rumah tangga di Depok terhadap LPG 3 kg menunjukkan hasil bahwa pengetahuan mereka terhadap LPG yang biasa digunakan masih kurang.

Sementara informasi mengenai faktor utama penyebab kejadian kebakaran dan ledakan seringkali simpang siur. Salah satu kemungkinan penyebab terjadinya ledakan LPG adalah karena gas tersebut bocor di ruangan tertutup yang diikuti dengan akumulasi gas, kemudian terdapat api menyala hingga terjadilah kebakaran dan ledakan (Tauseef, Abbasi & Abbasi, 2010). Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai keselamatan penyalur LPG 3 kg (studi kasus pada tingkat penyalur di Depok) tahun 2011.

Sementara itu, propana dan butana merupakan komponen utama LPG yang digunakan di Indonesia. Sebelum diisikan ke tabung-tabung ukuran 3 kg, 12 kg atau 50 kg, LPG disimpan di dalam tangki-tangki penyimpanan, baik berbentuk horizontal maupun *spherical*. Tangki penyimpanan tersebut dapat menampung hingga ribuan m³ LPG. Oleh karena sifat propana dan butana yang mudah terbakar dan meledak, menjadikan area penyimpanan LPG termasuk dalam tempat berisiko tinggi.

Sebuah kejadian ledakan dan kebakaran tangki penyimpanan 18000 galon LPG propana pernah terjadi di Albert City, Iowa, Amerika Serikat pada 9 April 1998. Kejadian tersebut berawal dari kebocoran tangki hingga menyebabkan kebakaran dan ledakan yang mengakibatkan 2 orang (petugas pemadam kebakaran) meninggal dan 7 warga lainnya luka parah. Selain korban jiwa, kejadian ini juga mengakibatkan kerugian material hingga mencapai \$250000 (U.S. Chemical Safety Hazard and Investigation Board, 1998). Oleh karena itu, simulasi dispersi gas, kebakaran dan ledakan dilakukan untuk mengetahui sejauh mana dampak yang dapat timbul jika terjadi peristiwa kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana agar kejadian serupa seperti di Iowa tidak terulang kembali.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan serial kasus kejadian kebakaran dan ledakan gas di tingkat penyalur selama tahun 2009 – 2011 yang menimbulkan korban jiwa serta berbagai macam kerugian lainnya, baik material maupun nonmaterial, maka diperlukan penelitian analisis keselamatan penyimpanan dan penanganan tabung LPG 3 kg yang meliputi penanganan tabung, prosedur keselamatan yang ada, kompetensi petugas, fasilitas dan rambu keselamatan serta proteksi kebakaran pada penyalur LPG 3 kg.

Selain itu, perlu juga dilakukan simulasi dispersi gas, kebakaran dan ledakan akibat kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana (tangki horizontal dan *spherical*) sebagai bagian dari upaya awal pengendalian potensi risiko keselamatan penanganan *liquefied petroleum gas* 3 kg di depok tahun 2011 agar diketahui sejauh mana dampak yang timbul sehingga para petugas di lapangan dapat mengetahui bagaimana cara penganggulangan jika terjadi peristiwa tersebut. Dengan demikian, diharapkan kerugian akibat kebocoran tangki dapat diminimalisir.

1.3 Pertanyaan Penelitian

1.3.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, Spherical dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana

1. Bagaimana simulasi dampak kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana (tangki horizontal dan *spherical*)?
2. Bagaimana simulasi dampak dispersi gas jika terjadi kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana (tangki horizontal dan *spherical*)?
3. Bagaimana simulasi dampak kebakaran jika terjadi kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana (tangki horizontal dan *spherical*)?
4. Bagaimana simulasi dampak ledakan jika terjadi kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana (tangki horizontal dan *spherical*)?
5. Bagaimana simulasi dampak ledakan jika terjadi kebocoran tabung propana ukuran 3 kg?

6. Bagaimana simulasi dampak ledakan jika terjadi kebocoran tabung butana ukuran 3 kg?

1.3.2. Analisis Keselamatan Penyalur Tabung LPG 3 kg di Depok

1. Bagaimana keselamatan penyimpanan dan penanganan tabung LPG 3 kg pada penyalur di Depok?
2. Bagaimana penanganan tabung LPG 3 kg pada penyalur di Depok?
3. Bagaimana prosedur keselamatan pada penyalur LPG 3 kg di Depok?
4. Bagaimana kompetensi petugas penyimpanan dan penanganan tabung LPG 3 kg pada penyalur di Depok?
5. Bagaimana fasilitas dan rambu keselamatan pada penyalur LPG 3 kg di Depok?
6. Bagaimana proteksi kebakaran pada penyalur LPG 3 kg di Depok?

1.4 Tujuan Penelitian

1.4.1. Tujuan Umum

1. Diketuainya dampak kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana (tangki horizontal dan *spherical*).
2. Diketuainya keselamatan penyimpanan dan penanganan tabung LPG 3 kg pada penyalur di Depok.

1.4.2. Tujuan Khusus

1. **Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, Spherical dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana**
 - 1) Diketuainya dampak dispersi gas jika terjadi kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana (tangki horizontal dan *spherical*).
 - 2) Diketuainya dampak kebakaran jika terjadi kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana (tangki horizontal dan *spherical*).
 - 3) Diketuainya dampak ledakan jika terjadi kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana (tangki horizontal dan *spherical*).

2. Analisis Keselamatan Penyalur Tabung LPG 3 kg di Depok

- 1) Diketuainya penanganan tabung LPG 3 kg pada penyalur di Depok.
- 2) Diketuainya prosedur keselamatan pada penyalur LPG 3 kg di Depok.
- 3) Diketuainya kompetensi petugas penyimpanan dan penanganan tabung LPG 3 kg pada penyalur di Depok.
- 4) Diketuainya fasilitas dan rambu keselamatan pada penyalur LPG 3 kg pada Depok.
- 5) Diketuainya proteksi kebakaran pada penyalur LPG 3 kg di Depok.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1. Manfaat Bagi Pemilik Tangki Penyimpanan Propana dan Butana

1. Sebagai bahan tambahan informasi terkait dampak yang akan timbul jika terjadi kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana (tangki horizontal dan *spherical*).
2. Sebagai bahan masukan tambahan dalam upaya tanggap darurat jika terjadi kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana (tangki horizontal dan *spherical*).

1.5.2. Manfaat Bagi Penyalur LPG

1. Sebagai bahan tambahan informasi terkait sistem penyimpanan tabung LPG 3 kg.
2. Sebagai bahan masukan tambahan dalam upaya perbaikan sistem penyimpanan dan penanganan tabung di penyalur LPG.
3. Sebagai bahan tambahan informasi terkait dampak yang akan timbul jika terjadi kebocoran tabung propana dan butana ukuran 3 kg.
4. Sebagai bahan masukan tambahan dalam upaya tanggap darurat jika terjadi kebocoran tabung propana dan butana ukuran 3 kg.

1.5.3. Manfaat Bagi Pemerintah

1. Sebagai bahan tambahan informasi dalam pengawasan penyalur LPG.

2. Sebagai bahan tambahan informasi dalam pemberian izin bagi peletakan tangki-tangki penyimpanan LPG, baik LPG propana, LPG Butana, dan LPG campuran.

1.5.4. Manfaat Bagi Peneliti

1. Sebagai sarana mengaplikasikan teori yang didapatkan selama masa perkuliahan.
2. Sebagai sarana untuk menambah pengetahuan, pengalaman, memperluas wawasan berpikir serta mempertajam kemampuan analitik peneliti dalam aspek keselamatan penyimpanan tabung LPG 3 kg di tingkat penyalur.
3. Sebagai sarana untuk menambah pengetahuan, pengalaman, memperluas wawasan berpikir serta mempertajam kemampuan analitik peneliti mengenai dispersi gas, kebakaran dan ledakan yang terjadi akibat kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana.

1.5.5. Manfaat Bagi Institusi Pendidikan

Menambah khasanah keilmuan K3 di lingkup penelitian.

1.5.6. Manfaat Bagi Pembaca

1. Sebagai bahan bacaan yang dapat memperkaya pengetahuan dalam lingkup keselamatan penyimpanan tabung LPG 3 kg.
2. Sebagai bahan acuan bagi penulis lain dalam melakukan penelitian lebih lanjut mengenai keselamatan penyimpanan tabung LPG 3 kg serta dispersi gas, kebakaran dan ledakan yang terjadi akibat kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana.

1.6 Ruang Lingkup Penelitian

1.6.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, Spherical dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana

Subpenelitian kedua mengenai dampak dispersi gas, kebakaran dan ledakan akibat kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana ini menggunakan unit analisis berupa tangki penyimpanan propana dan butana (horizontal dan *spherical*). Tujuannya untuk mengetahui dispersi gas, model kebakaran dan model ledakan yang akan terjadi jika ada kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana (horizontal dan *spherical*) serta tabung LPG 3 Kg. Penelitian dilakukan pada bulan Januari 2012 dengan menggunakan perangkat lunak "*BREEZE Incident Analyst*" untuk membuat simulasi dampak kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana (horizontal dan *spherical*) serta tabung LPG 3 Kg tersebut.

1.6.2. Analisis Keselamatan Penyalur Tabung LPG 3 kg di Depok

Subpenelitian pertama mengenai analisis keselamatan pengelolaan dan penanganan tabung LPG 3 kg ini dilakukan pada penyalur LPG 3 kg di wilayah Depok, Jawa Barat pada tahun 2011. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keselamatan penyimpanan dan penanganan LPG 3 kg pada tingkat penyalur tahun 2011. Unit analisis berupa penyalur LPG 3 kg di wilayah Depok, Jawa Barat. Penelitian berlangsung pada bulan September – Desember 2011 dengan mengambil data primer melalui observasi, pengisian *checklist* dan wawancara singkat dengan penyalur yang dikunjungi.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Liquefied Petroleum Gas (LPG)*

Liquefied Petroleum Gas (LPG) atau gas yang dicairkan merupakan campuran gas hidrokarbon yang diproduksi dari gas alam dan ekstraksi minyak bumi (66%) serta dari pengilangan minyak bumi (34%). Dengan menambah tekanan dan menurunkan suhunya, gas berubah menjadi cair. Komponennya didominasi propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}). LPG juga mengandung hidrokarbon ringan lain dalam jumlah kecil, misalnya etana (C_2H_6) dan pentana (C_5H_{12}) (Flogas, 2011).

Sementara menurut Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Migas Kementerian ESDM RI, *Liquefied Petroleum Gas (LPG)* adalah gas hidrokarbon yang dicairkan dengan tekanan untuk memudahkan penyimpanan, pengangkutan dan penanganannya yang pada dasarnya terdiri atas propana, butana atau campuran keduanya.

Liquefied Petroleum Gas (LPG) PERTAMINA dengan *brand* Elpiji, merupakan gas hasil produksi dari kilang minyak (Kilang BBM) dan Kilang gas, yang komponen utamanya adalah gas propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}) lebih kurang 99 % dan selebihnya adalah gas pentana (C_5H_{12}) yang dicairkan. ELPIJI lebih berat dari udara dengan berat jenis sekitar 2.01 (dibandingkan dengan udara), tekanan uap Elpiji cair dalam tabung sekitar 5.0 – 6.2 Kg/cm² (Pertamina, 2007).

- Perbandingan komposisi, propana (C_3H_8) : butana (C_4H_{10}) = 30:70.
- Nilai kalori: + 21.000 BTU/lb.
- Zat merkaptan biasanya ditambahkan kepada elpiji untuk memberikan bau yang khas, sehingga kebocoran gas dapat dideteksi dengan cepat.
- Elpiji PERTAMINA dipasarkan dalam kemasan tabung (3 Kg, 6 Kg, 12 Kg, 50 Kg) dan curah.

Pada kondisi atmosfer, LPG berbentuk gas. Volume LPG dalam bentuk cair lebih kecil dibandingkan dalam bentuk gas untuk berat yang sama. Karena itu LPG dipasarkan dalam bentuk cair dalam tabung-tabung logam bertekanan. Untuk memungkinkan terjadinya ekspansi panas (*thermal expansion*) dari cairan yang dikandungnya, tabung LPG tidak diisi secara penuh, hanya sekitar 80-85% dari kapasitasnya (“Minyak Bumi dan Dampak Penggunaannya”).

Menurut spesifikasinya, LPG dibagi menjadi tiga jenis yaitu LPG campuran, LPG propana dan LPG butana. Spesifikasi masing-masing LPG tercantum dalam Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Nomor: 25K/36/DDJM/1990. LPG yang dipasarkan Pertamina adalah LPG campuran.

LPG memiliki sifat-sifat antara lain: 1) Cairan dan gasnya sangat mudah terbakar; 2) tidak berwarna dan biasanya berbau menyengat; 3) Gas dikirirkan sebagai cairan yang bertekanan di dalam tangki atau silinder; 4) Cairan dapat menguap jika dilepas dan menyebar dengan cepat; 5) Gas ini lebih berat dibanding udara sehingga akan banyak menempati daerah yang rendah (Badan Penelitian dan Pengembangan Propinsi Sumatera Utara, 2009).

Salah satu risiko penggunaan LPG adalah terjadinya kebocoran pada tabung atau instalasi gas sehingga bila terkena api dapat menyebabkan kebakaran. Pada awalnya, gas LPG tidak berbau, tapi bila demikian akan sulit dideteksi apabila terjadi kebocoran pada tabung gas. Menyadari itu Pertamina menambahkan gas merkaptan, yang baunya khas dan menusuk hidung. Langkah itu sangat berguna untuk mendeteksi bila terjadi kebocoran tabung gas. Tekanan LPG cukup besar (tekanan uap sekitar 120 psig), sehingga kebocoran LPG akan membentuk gas secara cepat dan mengubah volumenya menjadi lebih besar (“Elpiji”).

Tabel 2.1. Karakteristik LPG Beserta Campurannya

Karakteristik	LPG*	Butana**	Propana***	Metil Merkaptan****
<i>Form</i>	<i>Liquefied gas</i>	Gas	Gas	Gas
<i>Color</i>	<i>Colorless</i>	<i>Colorless</i>	<i>Colorless</i>	<i>Colorless</i>
<i>Odor</i>	<i>Odorless</i>	<i>Unpleasant odor</i>	<i>Gasoline odor</i>	<i>Garlic odor</i>
<i>Odor threshold</i>	NA	6.16 ppm	5000-20000 ppm	0.0021 pm
<i>Boiling point</i>	-40°C	-1°C	-42.1°C	-40°C
<i>Flash point</i>	-104° C	-60°C	-104°C	-18°C

<i>Ignition temperature</i>	NA	287°C	450°C	374°C
LEL	2.1%	1.9%	2.1%	3.9%
UEL	9.5%	8.5%	9.5%	21.8%

Sumber:

* Dikutip dari Tsocorp (2011).

** Dikutip dari Chemadvisor (2011)

*** Dikutip dari Mathesongas (2011).

**** Dikutip dari Mathesongas (2011)

2.2. Analisis Regulasi Terkait Penanganan dan Penyimpanan LPG

2.2.1. NFPA 58:1998. *Liquefied Petroleum Gas Code*

Salah satu standar internasional yang mengatur tentang penyimpanan tabung LPG dan digunakan di banyak Negara di dunia adalah standar yang dikeluarkan oleh National Fire Protection Association (NFPA) No. 58:1998. Penyimpanan Tabung yang akan Digunakan, Dijual atau Diganti tercantum pada *Chapter 5 NFPA 58* dengan ketentuan sebagai berikut:

- Tabung yang disimpan harus ditempatkan pada lokasi yang sedikit terpajan suhu tinggi atau kerusakan fisik
- Bangunan atau ruangan khusus yang digunakan untuk menyimpan tabung sebaiknya tidak berlokasi dekat dengan sekolah, tempat ibadah, rumah sakit, ataupun bangunan umum lainnya
- Konstruksi bangunan yang digunakan untuk menyimpan tabung harus memiliki ventilasi yang cukup (baik dari bagian bawah maupun atas bangunan)
- Tempat penyimpanan terbuka sebaiknya berjarak 6.1m dari bangunan publik; 6.1 m dari stasiun pengisian bahan bakar (selengkapnya ada pada Tabel 2.2.)

Tabel 2.2. Ketentuan Jarak Penyimpanan LPG di Tempat Terbuka

Jumlah LPG yang disimpan Ib (kg)	Jarak mendatar dalam ft (m) ke		
	(a) dan (b)	(c) dan (d)	(e)
≤ 720 (227)	0	0	5 (1.5)
721 to 2500 (227+ to 1134)	0	10 (3)	10 (3)

2501 to 6000 (1134+ to 2721)	10 (3)	10 (3)	10 (3)
6001 to 10,000 (2721+ to 4540)	20 (6.1)	20 (6.1)	20 (6.1)
> 10,000 (4540)	25 (7.6)	25 (7.6)	25 (7.6)

Sumber: NFPA 58 (1998).

- Tempat penyimpanan harus dilengkapi dengan minimal 1 (satu) alat pemadam api ringan dengan kapasitas minimum 8.2 kg tipe *Dry Chemical*.

2.2.2. Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi)

Pedoman lain yang mengatur mengenai penyimpanan LPG 3 kg di tingkat penyalur berasal dari Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) yang berjudul “Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna”. Kriteria penyimpanan tabung LPG di tingkat penyalur tertulis di dalam poin (5). Isi poin (5) adalah sebagai berikut:

Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur

Pedoman teknis penyimpanan tabung LPG di Penyalur ini berisikan ketentuan dan persyaratan penyimpanan tabung LPG di Penyalur tabung LPG. Penyimpanan tabung LPG ini berlaku sama untuk tabung dalam kondisi isi dan kosong. Tabung LPG yang telah diisi dan siap edar disalurkan dari Instalasi Pengisian LPG ke Penyalur, selanjutnya disalurkan ke pengguna di sektor industri, komersial dan rumah tangga.

- **Persyaratan Tempat Penyimpanan Tabung LPG di Dalam Bangunan**

Persyaratan tempat penyimpanan tabung LPG dalam suatu bangunan sebagai berikut:

- Maksimum jumlah LPG yang disimpan dalam suatu bangunan tidak lebih dari 4.540 kg.
- Tempat penyimpanan tabung LPG harus cukup ventilasi, dengan letak ventilasi maksimal 30 cm dari atas lantai.
- Jarak minimum dengan bangunan umum dan atau lokasi yang memungkinkan terjadinya sumber api, adalah sesuai dengan tabel 2.3

Tabel 2.3. Jarak Minimum Tempat Penyimpanan LPG di Dalam Bangunan dengan Bangunan Umum

Total LPG yang Disimpan (Kg)	Minimum Jarak Aman dengan Lokasi (m)		
	1	2	3
≤300	0	0	1.5
301 s.d 3000	3	3	3
3001 s.d 4540	6.1	6.1	6.1
>4540	7.6	7.6	7.6

Catatan:

- 1 : Bangunan penting atau beberapa bangunan
- 2 : Fasilitas umum seperti sekolah, tempat ibadah, tempat jalan kaki
- 3 : Stasiun pengisian bahan bakar

Sumber: Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna (Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian ESDM RI).

- Tempat penyimpanan harus dibangun dari bahan yang tidak mudah terbakar dan mempunyai konstruksi yang baik.
- Pintu-pintu ruang penyimpanan tabung LPG terbuat dari bahan yang tidak mudah terbakar. Pintu-pintu tersebut harus dapat dikunci.
- Lantai terbuat dari bahan yang tidak mudah menimbulkan percikan api/bunga api.
- Tidak terdapat tanaman/rumput-rumput kering yang mudah terbakar dalam jarak minimal 3 meter dari tempat penyimpanan tabung LPG.
- Di kawasan tempat penyimpanan dipasang pagar tembok, dengan tinggi minimal 2.25 meter.

- Harus terdapat jalan keluar alternatif/pintu darurat. Pintu-pintu ditempatkan dan dikonstruksikan sedemikian rupa sehingga memudahkan personil untuk menyelamatkan diri jika terjadi kebakaran atau keadaan bahaya lain.
 - Pintu utama tidak berada satu jalur dengan pintu darurat untuk keluar dari bangunan, kecuali untuk penyalur yang menyimpan tabung LPG dengan kapasitas LPG kurang dari 600 kg.
 - Ruang penyimpanan harus dapat diakses setiap saat untuk memudahkan pemindahan tabung jika terjadi keadaan darurat.
 - Pintu-pintu untuk ruang penyimpanan berukuran tidak kurang dari 1 meter lebarnya dan harus membuka keluar.
 - Bahan-bahan/material yang mudah menimbulkan terjadinya percikan api/nyala dilarang ditempatkan/disimpan kurang dari 3 meter dari pintu atau ventilasi.
 - Lampu penerangan di ruang penyimpanan harus menggunakan jenis *gas proof*.
 - Tempat penyimpanan harus dilengkapi dengan *gas detector*.
 - Sambungan-sambungan kabel diisolasi dengan baik dan *fitting-fitting* terletak di luar bangunan.
 - Jika terdapat saluran/selokan, alur saluran/selokan tidak mengarah ke sumber nyala api atau ke permukiman penduduk atau bangunan umum.
 - Harus dipasang tanda larangan merokok.
 - Tempat penyimpanan hanya khusus dipergunakan untuk tabung LPG.
 - Ruang penyimpanan tabung LPG tidak terletak di bagian atas bangunan atau tidak berjarak 1 meter dari saluran pipa bahan bakar lain (jika ada).
 - Cukup tersedia alat-alat pemadam kebakaran, sesuai dengan ketentuan keselamatan.
- **Persyaratan Tempat Penyimpanan Tabung LPG di Tempat Terbuka**
Penyimpanan tabung LPG dapat juga dilakukan di tempat terbuka. Persyaratan penyimpanan tabung LPG di tempat terbuka dilakukan sebagai berikut:

- Jarak minimum dengan bangunan-bangunan umum dan atau lokasi yang memungkinkan terjadinya sumber api, adalah sesuai dengan tabel 2.4.:

Tabel 2.4. Jarak Minimum Tempat Penyimpanan LPG di Tempat Terbuka dengan Bangunan Umum

Total LPG yang Disimpan (Kg)	Minimum Jarak Aman dengan Lokasi (m)		
	1	2	3
≤300	0	0	1.5
301 s.d 3000	3	3	3
3001 s.d 4540	6.1	6.1	6.1
>4540	7.6	7.6	7.6

Catatan:

- 1: Bangunan penting atau beberapa bangunan
- 2 : Fasilitas umum seperti sekolah, tempat ibadah, tempat jalan kaki
- 3 : Stasiun pengisian bahan bakar

Sumber: Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna (Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian ESDM RI).

- Jarak tempat penyimpanan tabung LPG dengan dispenser pengisian bahan bakar selain LPG, minimum 7.6 meter (*25 feet*).
- Lantai tempat penyimpanan terbuat dari bahan yang tidak mudah menimbulkan percikan api/bunga api.
- Tidak terdapat tanaman/rumput-rumput kering yang mudah terbakar dengan jarak minimum 3 meter dari tempat penyimpanan tabung LPG.
- Di kawasan tempat penyimpanan, dipasang pagar dengan tinggi minimal 2.25 meter.
- Akses jalan utama menuju tempat penyimpanan tidak berada satu jalur dengan pintu darurat.
- Tempat penyimpanan harus terlindung dari hujan dan panas langsung matahari, dengan memasang atap atau *shelter*.
- Jika terdapat saluran/selokan, saluran/selokan di sekitar tempat penyimpanan tidak mengarah ke sumber nyala api atau ke permukiman penduduk atau bangunan umum.
- Di sekitar lokasi penyimpanan tabung harus dipasang tanda larangan merokok dan tanda keselamatan lain yang diperlukan.

- Hanya orang yang berkepentingan yang boleh masuk ke tempat penyimpanan.
- Tempat penyimpanan hanya khusus dipergunakan untuk tabung LPG.
- Cukup tersedia alat-alat pemadam kebakaran, sesuai dengan ketentuan keselamatan.

• **Penanganan Tabung LPG**

Penanganan tabung LPG di tempat penyimpanan, berdasarkan Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna (Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian ESDM RI, dilakukan sebagai berikut:

- Penanganan tabung LPG kosong sama dengan tabung LPG isi.
- Tabung LPG disusun rapi dan teratur sehingga memudahkan pada saat:
 - Pemandahan dan pemeriksaan tabung LPG
 - Evakuasi personil dan barang pada saat terjadi kebakaran
- Tabung LPG harus disimpan dalam posisi tegak lurus/vertikal dengan katup menghadap ke atas.
- Setiap penempatan 4 baris tabung LPG harus diberikan jalan akses minimal sebesar 1 meter.
- Untuk tabung LPG ukuran isi 3 kg dapat disusun, maksimum 5 tingkat.
- Untuk tabung LPG ukuran isi 12 kg dapat disusun, maksimum 2 tingkat.
- Untuk tabung LPG ukuran isi 50 kg tidak boleh ditumpuk.
- Untuk tabung ukuran lain disesuaikan dengan ketentuan dari badan usaha yang bersangkutan.
- Tabung yang disimpan, tidak ditempatkan di dekat pintu akses masuk atau keluar atau di dekat tangga.
- Tabung-tabung tidak boleh diletakkan dekat barang-barang yang bersifat korosif atau yang mudah terbakar.
- Tempat penyimpanan tabung LPG harus bersih dan kering.

- Menghindari dari kemungkinan bahaya-bahaya yang dapat merusak tabung dan katupnya. Misalnya benturan antartabung, tertabrak kendaraan dan lainnya.
- Tabung-tabung hanya disimpan pada tempat yang mempunyai ventilasi pada permukaan lantai (*floor ventilation*) yang baik.
- Tabung-tabung disimpan sejajar dengan permukaan lantai.
- Tabung LPG disimpan jauh dari gudang bawah tanah (*cellars*), selokan-selokan, dan area yang berpotensi mengakibatkan terkumpulnya uap LPG.
- Tidak boleh menyimpan tabung LPG melebihi kapasitas gudang penyimpanannya.
- Hanya menyimpan tabung LPG di tempat penyimpanan tabung LPG dan tidak menyimpan bahan lain di tempat tersebut.
- Khusus untuk tabung LPG ukuran isi 50 kg baik dalam keadaan isi maupun kosong, maka katup harus terlindung dengan penutup/*cap* atau pelindung lainnya selama dalam penyimpanan atau pengangkutan.
- Penyimpanan tabung LPG isi dan kosong agar ditempatkan secara terpisah.
- Tidak menggunakan tempat penyimpanan LPG untuk kegiatan lainnya.
- Hanya mengizinkan orang yang berwenang di dalam menangani tabung LPG di tempat penyimpanan LPG.
- Tabung tidak diperkenankan untuk keperluan atau maksud lain. Seperti untuk ganjal, tempat duduk atau sandaran.
- Tabung tidak boleh dipanaskan atau terpapar panas yang berlebihan.
- Pengujian/pemeriksaan terhadap indikasi adanya kebocoran tidak boleh dilakukan dengan api terbuka.
- Alat pemadam api harus tersedia di tempat yang mudah diambil.
- Personil yang bertugas mengangkat atau mengangkut tabung-tabung LPG harus mengetahui faktor keamanan tabung LPG.

2.3. Tabung LPG

Sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 1452:2007, tabung baja LPG merupakan tabung bertekanan yang dibuat dari plat baja karbon canai panas,

digunakan untuk menyimpan gas LPG dengan kapasitas pengisian antara 3 kg sampai dengan 50 kg dan memiliki tekanan rancang bangun minimum 18.6kg/cm^2 .

Tabung baja LPG dikasifikasikan menjadi dua, yaitu:

1. Konstruksi 2 bagian (*two pieces*), 3 kg sampai dengan maksimal 15 kg
2. Konstruksi 3 bagian (*three pieces*), di atas 15 kg sampai dengan maksimal 50 kg

2.3.1. Syarat-syarat Bahan Baku

A. Badan Tabung

Bahan untuk badan tabung sesuai dengan SNI 07-3018-2006, Baja Lembaran Pelat dan Gulungan Canai Panas untuk Tabung Gas (Bj TG) atau JIS G 3116, kelas SG 26 (SG 255), SG 30 (SG 295). Menurut SNI 07-3018-2006, baja tabung gas (Bj TG) merupakan baja yang berbentuk lembaran, pelat dan gulungan yang dibuat dari baja berbentuk slab yang dilakukan proses canai panas di atas temperatur rekristalisasi. Bj TG ini digunakan untuk tabung gas bertekanan dengan proses pembentukan dan proses las seperti tabung gas LPG, asetilen dan berbagai macam jenis gas Freon dengan kapasitas lebih kecil dari 500 liter.

Spesifikasi lengkap mengenai Bj TG SG 255 dan SG 295 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.5. Spesifikasi Bj TG SG 255 dan SG 295

No.	Spesifikasi	Bj TG 255	Bj TG 295
1.	Tebal (mm)	2.5 – 6.0	3.0 – 6.0
Komposisi Kimia (%) Maksimum			
2.	Karbon (C)	0.20	0.2
3.	Silikon (Si)	–	0.35
4.	Mangan (Mn)	0.30	1.00
5.	Fosfor (P)	0.040	0.040
6.	Sulfur (S)	0.040	0.040
Sifat Mekanik Bj TG			
7.	Batas Luluh kg/mm^2 (N/mm^2) (min)	26 (255)	30 (295)

8. Kuat Tarik kg/mm ² (N/mm ²) (min)	41 (400)	45 (440)
9. Regangan minimum (%)	28	26
10. Benda Uji Tarik	No. 5 searah canai	No. 5 searah canai
11. Sudut	180°	180°
12. Radius Dalam	1 x tebal	1.5 tebal
13. Benda Uji	No. 3 searah canai	No. 3 searah canai

Sumber: SNI 07-3018-2006

Ukuran tebal, lebar dan panjang nominal serta toleransi Bj TG tertera pada tabel berikut:

Tabel 2.6. Ukuran dan Toleransi Tebal Bj TG 255 dan TG 295

Tebal Nominal	Bj TG 255			Bj TG 295		
	Lebar			Lebar		
	L<1200 (mm)	1200≤L<1500 (mm)	1500≤L<1900 (mm)	L<1200 (mm)	1200≤L<1500 (mm)	1500≤L<1900 (mm)
2.5	±0.19	±0.21	-	-	-	-
2.8	±0.19	±0.21	-	-	-	-
3.0	±0.19	±0.21	-	±0.19	±0.21	-
3.2	±0.21	±0.23	-	±0.21	±0.23	-
3.6	±0.21	±0.23	-	±0.21	±0.23	-
4.0	±0.24	±0.26	±0.28	±0.24	±0.26	±0.28
4.5	±0.24	±0.26	±0.28	±0.24	±0.26	±0.28
5.0	±0.26	±0.28	±0.29	±0.26	±0.28	±0.29
5.6	±0.26	±0.28	±0.29	±0.26	±0.28	±0.29
6.0	±0.29	±0.30	±0.30	±0.29	±0.30	±0.31

Sumber: SNI 07-3018-2006

B. Cincin leher (*Neck Ring*)

Bahan untuk cincin leher sesuai dengan JIS G 4051 kelas S17C sampai dengan S45C dengan rincian spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 2.7. Komposisi Kimia Bahan Cincin Leher Tabung LPG

Kelas	Komposisi Kimia				
	Karbon (C)	Silikon (Si)	Mangan (Mn)	Fosfor (P)	Sulfur (S)
S17C	0.15 – 0.20	0.15 – 0.35	0.30 – 0.60	Maks 0.030	Maks 0,035
S20C	0.18 – 0.23	0.15 – 0.35	0.30 – 0.60	Maks 0.030	Maks 0,035
S22C	0.20 – 0.25	0.15 – 0.35	0.30 – 0.60	Maks 0.030	Maks 0,035
S25C	0.22 – 0.28	0.15 – 0.35	0.30 – 0.60	Maks 0.030	Maks 0,035
S28C	0.25 – 0.31	0.15 – 0.35	0.30 – 0.90	Maks 0.030	Maks 0,035
S30C	0.27 – 0.33	0.15 – 0.35	0.30 – 0.90	Maks 0.030	Maks 0,035
S33C	0.30 – 0.36	0.15 – 0.35	0.30 – 0.90	Maks 0.030	Maks 0,035
S35C	0.32 – 0.38	0.15 – 0.35	0.30 – 0.90	Maks 0.030	Maks 0,035
Kelas	Komposisi Kimia				

	Karbon (C)	Silikon (Si)	Mangan (Mn)	Fosfor (P)	Sulfur (S)
S38C	0.35 – 0.41	0.15 – 0.35	0.30 – 0.90	Maks 0.030	Maks 0,035
S40C	0.37 – 0.43	0.15 – 0.35	0.30 – 0.90	Maks 0.030	Maks 0,035
S43C	0.40 – 0.46	0.15 – 0.35	0.30 – 0.90	Maks 0.030	Maks 0,035
S45C	0.42 – 0.48	0.15 – 0.35	0.30 – 0.90	Maks 0.030	Maks 0,035

Sumber: SNI 07-3018-2006

C. Cincin Kaki (*Foot Ring*) dan Pegangan Tangan (*Hand Guard*)

Bahan yang digunakan untuk cincin kaki dan pegangan tangan tabung LPG sesuai dengan SNI 07-0722-1989 “Baja Canai Panas untuk Konstruksi Umum”, JIS kelas SS400 atau sesuai dengan bahan untuk badan tabung tersebut. Spesifikasi bahan pembuat cincin kaki dan pegangan tangan tabung LPG adalah sebagai berikut:

Tabel 2.8. Spesifikasi Bahan Pembuat Cincin Kaki dan Pegangan Tabung LPG

No.	Spesifikasi	SS400
Komposisi Kimia (%) Maksimum		
1.	Karbon (C)	–
2.	Silikon (Si)	–
3.	Mangan (Mn)	–
4.	Fosfor (P)	0.050
5.	Sulfur (S)	0.050
Sifat Mekanik		
7.	<i>Yield Strength Minimum</i> (MPa)	
	- Ketebalan <16mm	245
	- Ketebalan ≥16mm	235
8.	<i>Tensile Strength</i> (MPa)	400 - 510
No.	Spesifikasi	SS400
9.	Regangan minimum (%)	
	- Ketebalan <5mm	21
	- Ketebalan 5 – 16 mm	17
	- Ketebalan ≥16mm	21
10.	<i>Impact Resistance Minimum</i> (J)	–

Sumber: SNI 07-3018-2006

2.3.2. Konstruksi Tabung

Tabung LPG 3 kg (2 *pieces*) terdiri dari beberapa bagian sesuai dengan Gambar 2.1., yaitu:

- 1) Badan tabung terdiri dari bagian atas (*top*) dan bawah (*bottom*)

Badan tabung bagian atas dan bawah berbentuk ellipsoidal atau torispherical. Bentuk ellipsoidal memiliki rasio maksimal 2:1 terhadap diameter dalam dari tabung.

2) Cincin leher (*neck ring*)

Cincin leher berbentuk *flense* dan berfungsi untuk memasang katup.

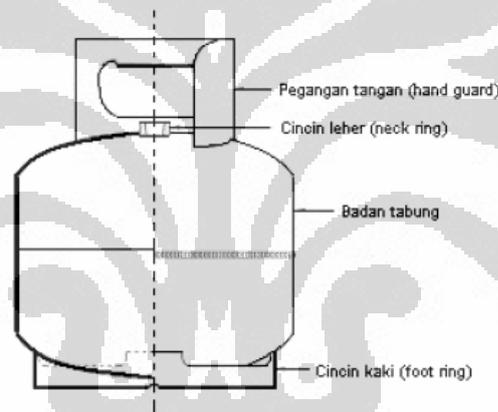
3) Pegangan tangan (*hand guard*)

Pegangan tangan harus dapat melindungi katup (*valve*) apabila terjadi benturan serta harus kuat menahan berat dan isi tabung saat diangkat.

4) Cincin kaki (*foot ring*)

Cincin kaki harus mampu menopang tabung secara kokoh dan harus dapat berdiri dengan tegak. Bentuk kaki tidak boleh menimbulkan genangan air.

Tinggi tabung 2 *pieces* tidak boleh lebih dari 4 kali diameter badan tabung.



Gambar 2.1. Konstruksi Tabung LPG 3 Kg

Sumber: SNI 1452:2007

2.3.3. Persyaratan Mutu

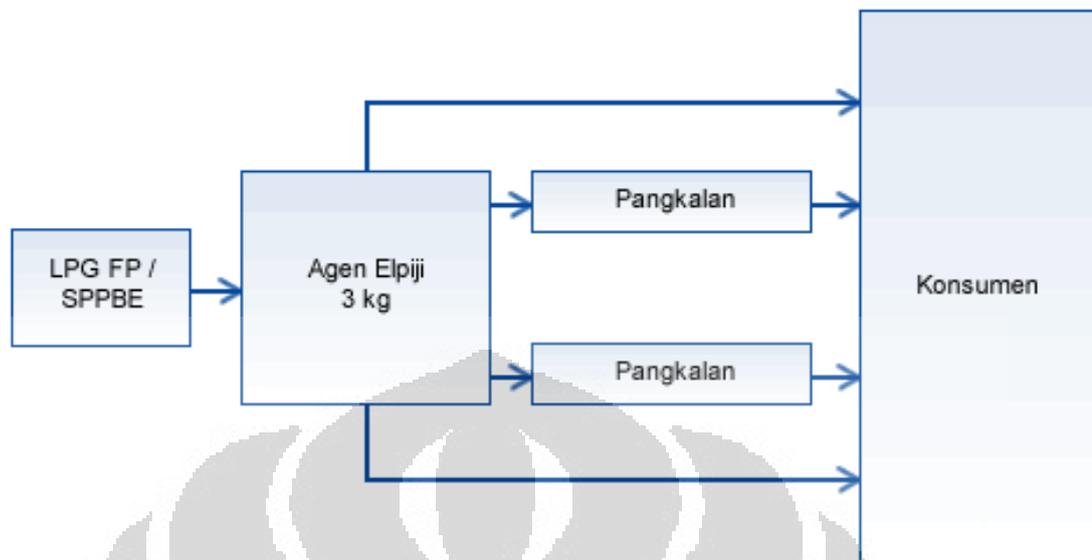
Sesuai SNI 1452:2007 tentang Tabung Baja LPG, Tabung LPG harus memiliki persyaratan mutu sebagai berikut:

- a. Setiap permukaan tabung baja LPG tidak boleh ada cacat atau kurang sempurna dalam pengerjaannya yang dapat mengurangi kekuatan dan keamanan dalam penggunaannya. Cacat tersebut dapat berupa luka gores, penyok dan perubahan bentuk.
- b. Tabung yang telah dilengkapi dengan katup harus kedap udara atau tidak boleh bocor pada tekanan udara sebesar 18.6 kg/cm^2 .

- c. Uji ketahanan pecah (uji *bursting*). Tabung ditekan secara hidrostatik sampai pecah. Tekanan saat pecah tidak boleh $<110 \text{ kg/cm}^2$.
- d. Uji ketahanan ekspansi volume tetap. Tabung ditekan secara hidrostatik dengan tekanan sebesar 31 kg/cm^2 selama 30 detik. Ekspansi volume tetap yang terjadi tidak boleh $>1/5000$ volume awal. Tidak boleh terjadi kebocoran dan tampak perubahan bentuk.
- e. Sambungan las harus mulus. Rigi-rigi las harus rata dan tidak boleh terjadi cacat-cacat pengelasan yang dapat mengurangi kekuatan dalam pemakaian.
- f. Lapisan cat harus mampu memenuhi pengujian lapisan cat.
- g. Setiap tabung yang telah dinyatakan lulus uji harus diberi penandaan dengan huruf yang tidak mudah hilang (dalam bentuk *emboss/stamp*). Data yang wajib tertera pada tabung minimal berupa:
 - 1) Identitas perusahaan/merek/logo
 - 2) Nomor urut pembuatan
 - 3) Berat kosong tabung
 - 4) Bulan dan tahun pembuatan
 - 5) Tekanan pengujian
 - 6) Volume air
 - 7) Lingkaran merah pada cincin leher.

2.4. Jalur Distribusi LPG

Jalur distribusi LPG 3 kg mengacu pada “Pedoman Pencatatan dan Distribusi Elpiji 3 Kg” Nomor 1688/F10000/2007-S3. Pedoman tersebut berlaku terhitung mulai tanggal 1 Agustus 2007. Tabung LPG kosong diisi di Stasiun Pengisian Bulk Elpiji (SPBE) atau Stasiun Pengisian dan Pengangkutan Bulk Elpiji (SPPBE). Tabung-tabung yang telah terisi kemudian dibawa oleh penyalur-penyalur LPG untuk disalurkan kembali ke pangkalan-pangkalan sebelum akhirnya sampai di tangan konsumen (Gambar 2.2.).



Gambar 2.2. Alur Distribusi LPG

Sumber: Pertamina (2007)

2.5. Model Dispersi Atmosferik

Model dispersi atmosferik merupakan simulasi matematis mengenai bagaimana cara polutan di udara menyebar di ambien atmosfer. Hal ini diketahui dengan menggunakan program komputer dan algoritma yang mensimulasikan penyebaran polutan. Model dispersi digunakan untuk memprediksi konsentrasi polutan atau toksin dari industri, kendaraan bermotor atau rilisnya bahan kimia yang bergerak searah dengan arah angin (National Research Council, 2003).

Model dispersi udara juga digunakan oleh *safety responders* dan petugas manajemen tanggap darurat untuk perencanaan kejadian rilisnya bahan kimia. Model ini digunakan untuk menentukan konsekuensi dari kejadian rilisnya bahan kimia berbahaya atau beracun (National Research Council, 2003).

2.6. Kebakaran

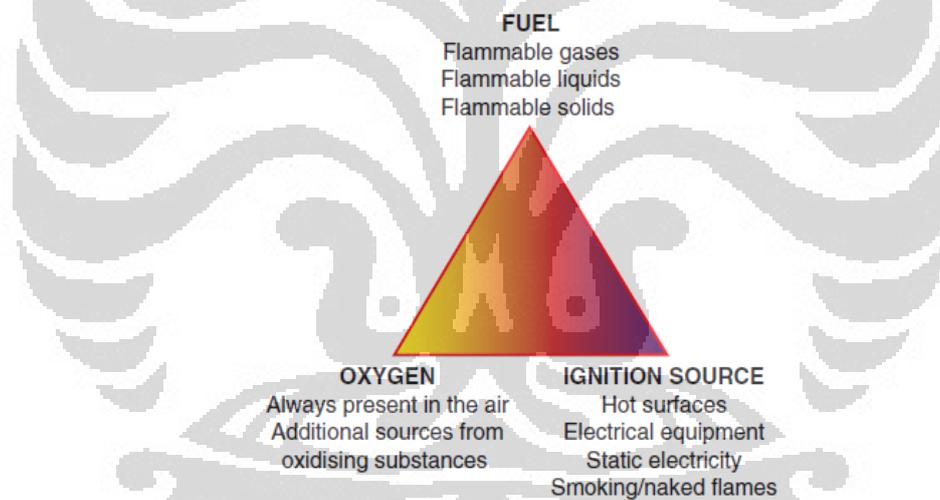
2.6.1. Definisi Kebakaran

Kebakaran adalah suatu kejadian yang tidak diinginkan, sebagai akibat dari hasil pembakaran suatu bahan dalam udara dan mengeluarkan energi panas dan nyala api. Api tidak terjadi begitu saja, melainkan merupakan suatu proses kimia antara uap bahan bakar dan oksigen dengan bantuan panas (Furness & Muckett, 2007).

Terdapat beberapa teori mengenai api, yaitu:

- Segitiga Api (*Fire Triangle*)

Menurut teori ini, api terjadi karena 3 (tiga) faktor yaitu bahan bakar, sumber panas dan oksigen. Ketiga unsur api ini saling bereaksi satu sama lain. tanpa adanya salah satu unsur tersebut, api tidak akan terjadi (Furness & Muckett, 2007).

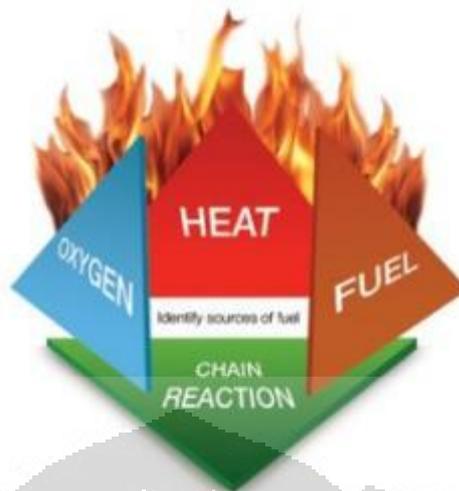


Gambar 2.3. Segitiga Api

Sumber: Furness & Muckett (2007). *Introduction to Fire Safety Management*.

- *Fire Tetrahedron*

Kemudian teori mengenai segitiga api berkembang dan ditemukannya unsur keempat yang menyebabkan timbulnya api yaitu rantai-reaksi. Tanpa adanya reaksi pembakaran maka api tidak akan dapat hidup terus menerus (Ramli, 2010).



Gambar 2.4. Fire Tetrahedron

Sumber : Lorddraven,2011

2.6.2. Klasifikasi Kebakaran Hidrokarbon

Terdapat beberapa tipe kebakaran hidrokarbon yang dipengaruhi oleh pelepasan material, kondisi lingkungan sekitar dan waktu ignisi. Klasifikasi kebakaran hidrokarbon adalah sebagai berikut:

- *Jet Fires*

Jika terjadi kebocoran yang menyebabkan lepasnya gas bertekanan tinggi yang berasal dari cairan yang mudah terbakar di dalam *vessel* atau pipa yang kemudian terignisi maka akan terjadi *Jet Firse*. *Jet fires* ini biasanya menimbulkan desis suara yang tinggi dan menimbulkan energi panas yang sangat besar (Assael & Kakosimos, 2010).



Gambar 2.5. Jet Fire

Sumber : Anonim, 2011

- *Pool Fire*

Jenis kebakaran hidrokarbon berikutnya adalah *pool fire*. *Pool fire* biasanya menyangkut cairan mudah terbakar seperti minyak atau cairan bahan kimia. *Pool Fire* dapat terjadi jika suatu cairan tumpah dan mengenai suatu tempat atau di dalam wadah terbuka seperti tangki timbun. Besarnya api ditentukan oleh jumlah bahan yang terbakar, sifat fisik dan kimia bahan serta kondisi lingkungan (misalnya cuaca dan arah angin). Kebakaran jenis ini banyak terjadi pada tangki timbun yang dilengkapi dengan tanggul di sekelilingnya. Pada saat tangki pecah/bocor, minyak akan menggenang di sekitar tanggul membentuk kolam cairan yang kemudian terbakar (Assael & Kakosimos, 2010).



Gambar 2.6. Pool Fire

Sumber : Anonim, 2011

- *Flash Fire*

Flash fire terjadi jika suatu uap bahan bakar di udara (*vapor cloud*) menyala secara tiba-tiba. Api akan menyala sekilas menuju pusat api dan biasanya berlangsung dalam waktu yang singkat. *Flash fire* akan mengeluarkan energi

panas yang tinggi sehingga dapat menghanguskan benda ataupun manusia yang berada di sekitarnya. *Flash fire* terjadi jika uap bahan bakar yang bocor atau menguap dari sumbernya tersebut bercampur dengan oksigen dari udara dan kemudian mencapai titik nyalanya. *Flash fire* banyak terjadi dalam kasus kebocoran tabung LPG di dapur. Gas berakumulasi dan bercampur dengan oksigen, kemudian mencapai titik nyalanya dan meledak (Ramli, 2010).

- *Fire Ball*

Fire ball biasanya terjadi akibat gas bertekanan di dalam suatu tempat yang tiba-tiba bocor karena pecah. Misalnya tangki LPG yang tiba-tiba bocor akan mengakibatkan gas mengembang dengan cepat ke udara dan tiba-tiba terbakar. Salah satu penyebab terjadinya fenomena *fire ball* adalah peristiwa *Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion* (BLEVE). Kebakaran jenis ini biasanya berlangsung singkat namun dampaknya dapat menghancurkan area yang cukup luas (Ramli, 2010).



Gambar 2.7. BLEVE

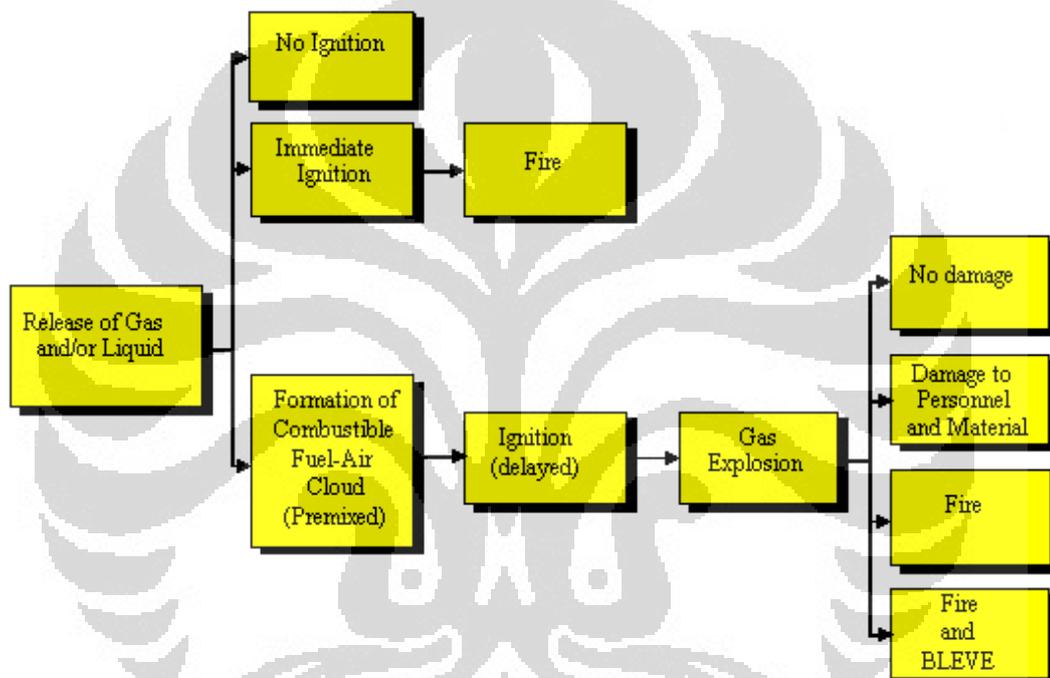
Sumber : Anonim, 2011

2.7. Ledakan Gas (*Gas Explosion*)

Ledakan didefinisikan sebagai suatu kejadian yang mengarah pada kenaikan tekanan secara cepat. Kenaikan tekanan ini dapat disebabkan oleh banyak faktor seperti reaksi nuklir, bahan yang mudah meledak, pembakaran debu, *mist* atau gas (termasuk uap) di udara atau bahan pengoksidasi lainnya.

Sedangkan ledakan gas berarti sebuah proses dimana pembakaran dari campuran awan gas (misalnya bahan bakar dengan udara atau bahan bakar dengan bahan pengoksidasi lainnya) menyebabkan kenaikan tekanan secara cepat (Bjerketvedt, D., Bakke and Wingerden, 1997).

Ledakan gas dapat bermula dari bocornya gas dan atau cairan dari sebuah tempat penyimpanan. Apabila dari kebocoran tersebut terbentuk campuran awan gas dengan proses ignisi yang tertunda maka terjadilah ledakan gas. Berikut skema yang dapat menjelaskan terjadinya ledakan gas:



Gambar 2.8. Proses Terjadinya Ledakan Gas

Sumber : Bjerketvedt, D., Bakke and Wingerden, 1997

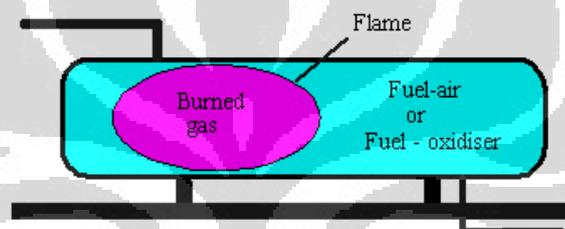
Peristiwa ledakan dapat mengakibatkan konsekuensi yang beragam. Bjerketvedt, Bakke and Wingerden (1997) menyatakan bahwa besar kecilnya konsekuensi yang timbul akibat sebuah ledakan tergantung dari beberapa hal, yaitu:

- jenis bahan bakar (*fuel*) dan bahan pengoksidasi
- ukuran dan konsentrasi awan *combustible*
- lokasi titik ignisi

- kekuatan sumber ignisi
- jenis dan lokasi ventilasi di area ledakan
- lokasi dan ukuran elemen dan peralatan
- skema mitigasi

Bjerketvedt, Bakke and Wingerden (1997) dalam Gas Explosion Handbook menjelaskan bahwa ledakan gas diklasifikasikan berdasarkan tempat terjadinya ledakan. Jenis-jenis ledakan tersebut adalah:

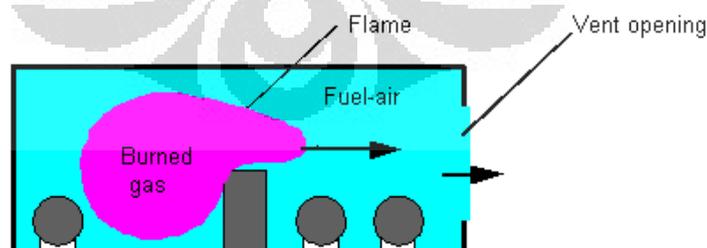
- Ledakan Gas di Ruang terbatas (*Confined Gas Explosions*), misalnya di dalam tangki, sistem pembuangan ruang tertutup dan instalasi bawah tanah. Ledakan jenis ini juga disebut sebagai ledakan internal (*internal explosions*).



Gambar 2.9. Confined Gas Explosions

Sumber : Bjerketvedt, D., Bakke and Wingerden, 1997

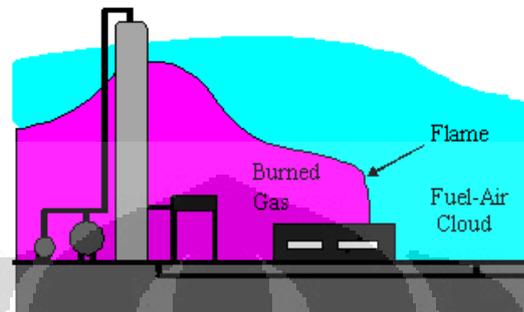
- Ledakan Gas di Ruang Setengah Terbatas, terjadi apabila terjadi *fuel release* secara tiba-tiba di dalam sebuah bangunan yang setengah tertutup, misalnya di ruang kompresor atau *off-shore*. Ruang akan membatasi ledakan kemudian tekanan ledakan hanya dapat berkurang melalui area ventilasi.



Gambar 2.10. Partly Confined Gas Explosions

Sumber : Bjerketvedt, D., Bakke and Wingerden, 1997

- Ledakan Gas di Ruang Terbuka (*Unconfined Gas Explosions*), misalnya pada *plant* proses. Telah banyak penelitian yang dilakukan terkait ledakan jenis ini dan mengarah pada kesimpulan bahwa ledakan gas jenis ini hanya akan menghasilkan kelebihan tekanan yang rendah pada saat terbakar (*flash fire*).



Gambar 2.11. Unconfined Gas Explosions

Sumber : Bjerketvedt, D., Bakke and Wingerden, 1997

Apabila sebuah ledakan gas yang kuat terjadi di dalam suatu area proses atau di dalam kompartemen, lingkungan di sekitarnya akan terkena gelombang ledakan. Besarnya gelombang ledakan tergantung dari sumber (termasuk tekanan dan durasi ledakan) serta jarak dari ledakan (Bjerketvedt, D., Bakke and Wingerden, 1997).

- *TNT Equivalency Method*
Metode ledakan *Tri Nitro Toluene* (TNT) telah digunakan untuk mengestimasi area ledakan dari sebuah ledakan gas, walaupun cukup banyak perbedaan antara ledakan gas dengan ledakan TNT. Untuk beberapa jenis hidrokarbon seperti metana, propana dan butana panas pembakarannya akan 10 kali lebih tinggi daripada reaksi panas TNT (Bjerketvedt, D., Bakke and Wingerden, 1997).
- *TNO Multi-Energy Model*
Model ini berdasarkan alasan bahwa ledakan gas hanya dapat terjadi di dalam porsi dari awan uap yang mudah terbakar (*flammable vapor cloud*) yang terbatas. Jumlah energi yang dilepas selama ledakan gas terbatas, baik dari segi volume *flammable vapor cloud* atau volume *vapor cloud* (Sari, 2011).

- Baker-Strehlow

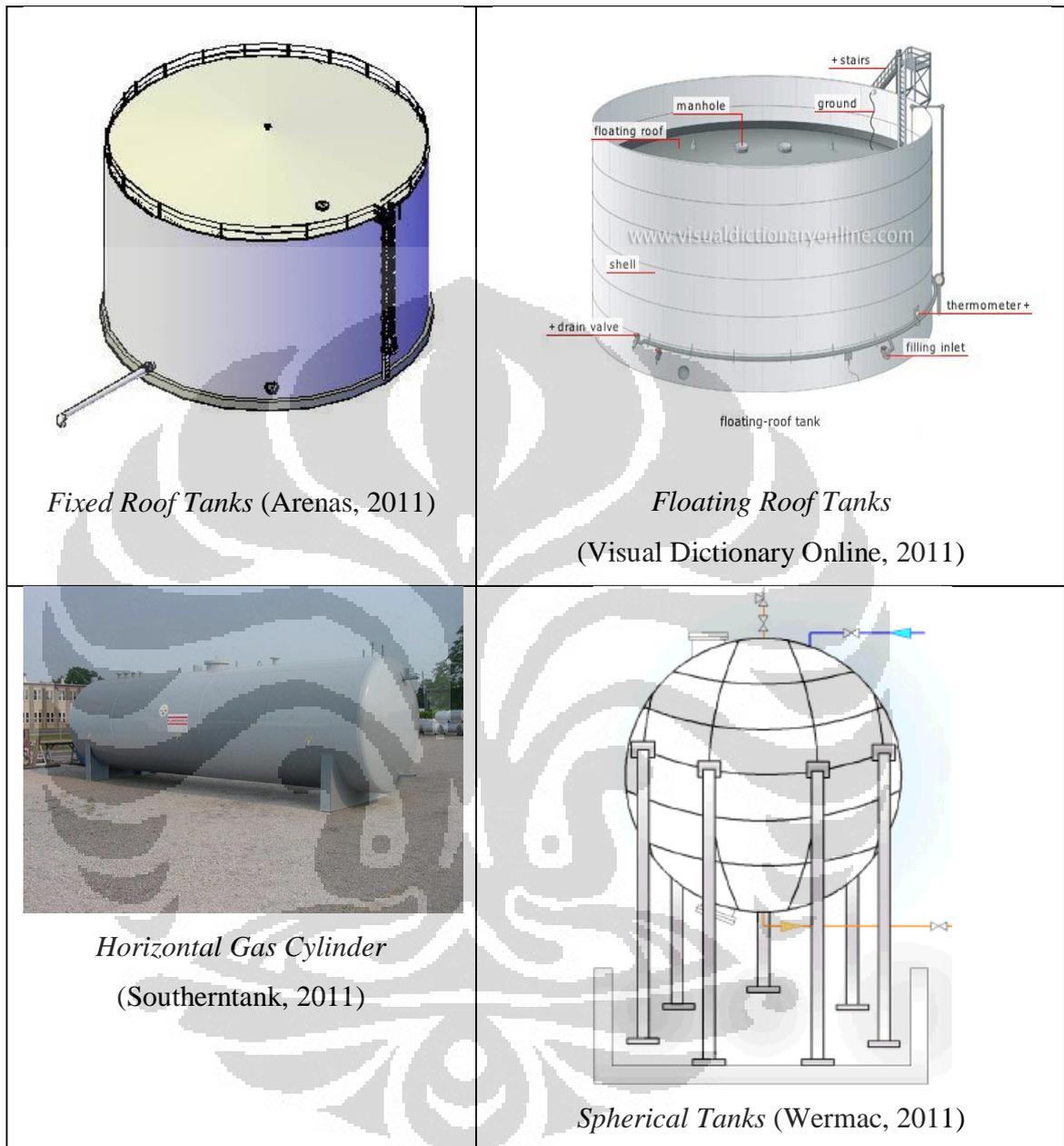
Model ini hampir sama dengan TNO *Multi Energy Model*. Perbedaan utama antara keduanya adalah model Baker-Strehlow digunakan untuk membangun hubungan grafik antara kelebihan tekanan dan skala jarak *combustion energy* (Sari, 2011).

2.8. Tangki Penyimpanan (*Storage Tanks*)

Storage tank adalah suatu tempat yang dapat digunakan untuk menyimpan berbagai macam material/bahan kimia, baik dalam bentuk cairan maupun gas bertekanan. Jenis, bentuk dan ukuran tangki bermacam-macam, mulai dari ukuran diameter 2 meter hingga 60 meter atau lebih disesuaikan dengan kebutuhan dan bahan kimia yang disimpan di dalamnya. Tangki penyimpanan banyak ditemukan di industri yang memproduksi petroleum dan pengilangan, industri kimia dan petrokimia, serta industri lain yang memanfaatkan atau memproduksi cairan dan uap (Wermac, 2011). Jenis-jenis tangki penyimpanan adalah sebagai berikut:

- *Fixed Roof Tanks*, digunakan untuk menyimpan cairan dengan *flash point* yang sangat tinggi (misalnya bahan bakar minyak). Atap (*roof*) tangki jenis ini bermacam-macam, yang banyak digunakan yaitu *cone roof*, *dome roof*, dan *umbrella roof*.
- *Floating Roof Tanks*, hampir sama bentuknya dengan *fixed roof tanks*, hanya saja atapnya dapat bergerak naik-turun mengikuti volume cairan yang tersimpan di dalamnya. Tangki ini dibedakan menjadi 2, yaitu 1) *external floating roof* yang digunakan untuk menyimpan produk petroleum dalam jumlah yang sangat besar seperti *crude oil*; dan 2) *internal floating roof* yang digunakan untuk cairan dengan *flash point* rendah seperti etanol dan *gasoline*.
- *Horizontal Gas Cylinder*, digunakan untuk menyimpan gas bertekanan seperti hidrogen, propana, butana dan klorin.

- *Spherical Tanks*, merupakan tangki bertekanan yang digunakan untuk menyimpan cairan dan gas dengan tekanan uap yang tinggi.



Gambar 2.12. Jenis-Jenis Tangki Penyimpanan (Storage Tanks)

2.9. *BREEZE Incident Analyst*

BREEZE Incident Analysis dirancang untuk memprediksi toksisitas, kebakaran, dan potensi dampak ledakan bahan kimia. *Software* ini dapat digunakan untuk memprediksi konsentrasi bahan kimia dan *flammability level*;

model radiasi termal untuk memprediksi fluks radiasi dan kenaikan suhu, dan model untuk memprediksi *overpressures* akibat ledakan (Breeze Software, 2011).

BREEZE Incident Analyst mudah digunakan. Pengguna dapat memasukkan *input* yang dibutuhkan dan opsional yang terkait dengan rilis bahan kimia potensial (misalnya ukuran dan posisi tangki pecah, bentuk tangki penyimpanan dan volume tumpahan), serta memilih algoritma yang sesuai. Hasil disediakan dalam format tabular dan grafik termasuk kontur 2 dimensi, volume 3 dimensi, dan grafik *time-series*. Fitur *BREEZE Incident Analyst* meliputi:

- Model kunci bahaya termasuk toksisitas, radiasi termal, serta *overpressure* yang terkait dengan rilis bahan kimia yang menghasilkan dispersi gas beracun, kebakaran, dan/atau ledakan.
- Termasuk pilihan untuk model dispersi gas, baik secara *neutrally bouyant* maupun *gas plume*.
- Memiliki kemampuan *multiple sources* secara bersamaan.
- Desain yang mudah digunakan mencakup langkah-langkah *set-up* dan eksekusi.
- Menggunakan *start-up template* yang memungkinkan operasi yang efisien.
- Target lokasi dapat ditentukan dan digambar menggunakan program seperti AutoCAD DXF, Erisi Shapefile, atau *raster image* menggunakan *mouse*.
- Dapat digunakan pada komputer dengan sistem operasi Microsoft Windows XP, Vista, atau 7.
- Kesalahan operator diminimalkan melalui tanda peringatan dan penjelasan yang jelas.

Sumber: Breeze Software (2011)

breeze

Trinity Consultants | **breeze** | On Demand | Sign up for our email newsletter! | About BREEZE | Contact Us | Login

Home | Software | Data | Services | Support | Resources | My BREEZE

Why BREEZE?
Quality, innovation, expertise & a lot more. [MORE](#)

Training
Training on model fundamentals and real world applications. [MORE](#) | [LEARNING](#)

Special Offers
Special AERMOD, training, and data offers. [MORE](#)

Purchase BREEZE
Same day delivery on many software and data products. [SALES](#) | [EDUC/NG](#)

Home > Software > Hazardous > Incident Analyst

Menu

Related Products

- LFS FireRisk

Related Training

- Modeling Lab for Flammable / Toxic Releases

Incident Analyst

Purchase for: [\\$4,935](#)

Incident Analyst, the successor to the BREEZE HAZ suites, is the all-new software program designed to predict the potential toxic, fire, and explosion impacts of chemical releases.

With the retirement of BREEZE HAZ, our developers have been hard at work to bring you a state of the art software program for modeling hazardous releases. Incident Analyst incorporates a suite of industry standard neutrally buoyant and dense toxic gas dispersion models to predict chemical concentration and flammability levels; thermal radiation fire models to predict radiation fluxes and temperature rise; and explosion models to predict blast force and overpressure. Read the tabs below for information on the models built into Incident Analyst. These models include:

- DEGAZIS
- SLAB
- INPUFF
- AFTOX
- Confined & Unconfined Pool Fire
- BLEVE
- U.S. Army TNT Equivalency
- U.K. HSE TNT Equivalency
- TNT Multi-Energy
- Baker-Strevick

Features | Dispersion Models | Fire Models | Explosion Models

In addition to the technical capabilities of BREEZE Incident Analyst, the product is easy to use and quick to run. An intuitive interface guides the user through entering required and optional inputs associated with a potential chemical release (e.g. size and position of tank rupture, shape of storage tank, spill volume, and existence of an impoundment basin), and selecting the appropriate algorithms. Results are provided in both tabular and graphical formats including 2D contour, 3D volume, and time-series chart.

Features in BREEZE Incident Analyst include:

- Models key hazards including toxicity, thermal radiation (heat), and overpressure (explosion blast force) related to chemical releases that result in toxic gas dispersion, fires, and/or explosions.
- Includes options to model the dispersion of both neutrally buoyant and dense gas plumes.
- Has the ability to model multiple sources simultaneously.
- Easy-to-use design includes a step-by-step source term wizard for easy model set up and execution.
- Users can create and use start up templates which allows for efficient and successful operation during high-pressure situations.
- Receptor/target locations can be user defined and drawn over a base map (AutoCAD DXF, ERSI Shapefile, or raster image) using a mouse for precise placement.
- Runs quickly on standard personal computers using Microsoft Windows XP, Vista, or 7 operating systems.
- Operator error is greatly minimized via a clear list of model run warnings and fatal errors along with on-screen help that offers quick access to explanations of available features and options.
- And many more!

GSA Advantage! | NDIA | Microsoft CERTIFIED

Copyright 2011 Trinity Consultants, Inc. All Rights Reserved. | [Homepage](#) | [Site Map](#) | [Privacy Policy](#)

Gambar 2.13. Overview BREEZE Software

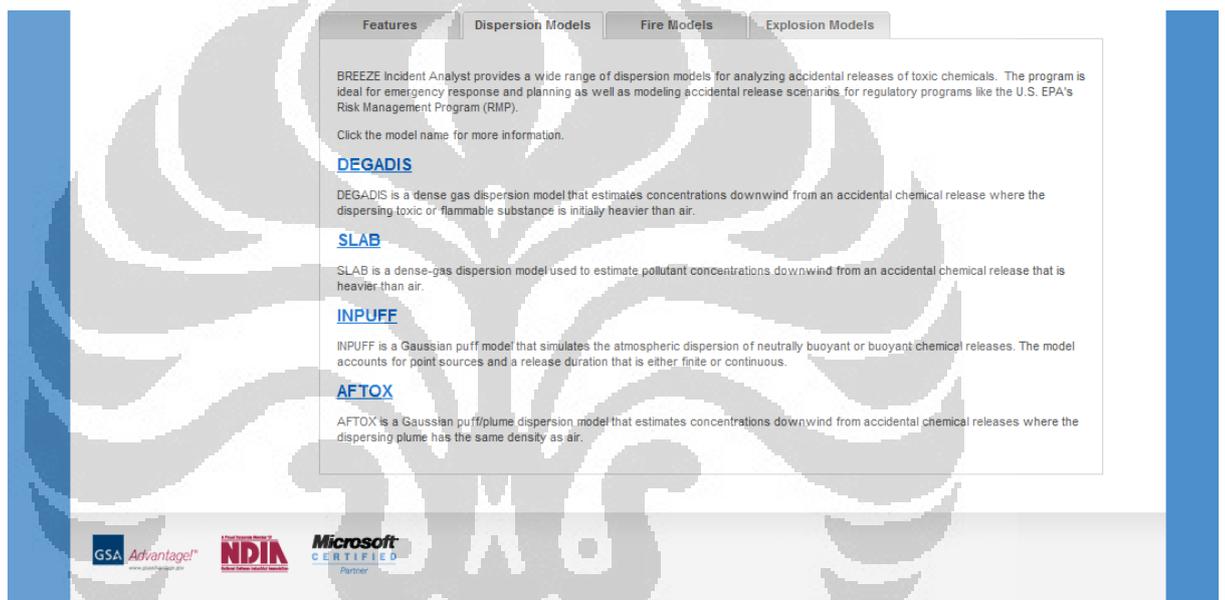
Sumber : Breeze Software, 2011

BREEZE *Incident Analyst* menyediakan berbagai macam model dispersi untuk menganalisis bahan kimia beracun. Program ini sangat ideal untuk tanggap

darurat dan perencanaan serta skenario kecelakaan untuk program seperti manajemen risiko. Model-model yang dipakai dalam *Incident Analysis* meliputi:

- Model Dispersi, seperti
 - *Dense Gas Dispersion* (DEGADIS)
 - SLAB
 - INPUFF
 - AFTOX

Sumber: Breeze Software (2011)

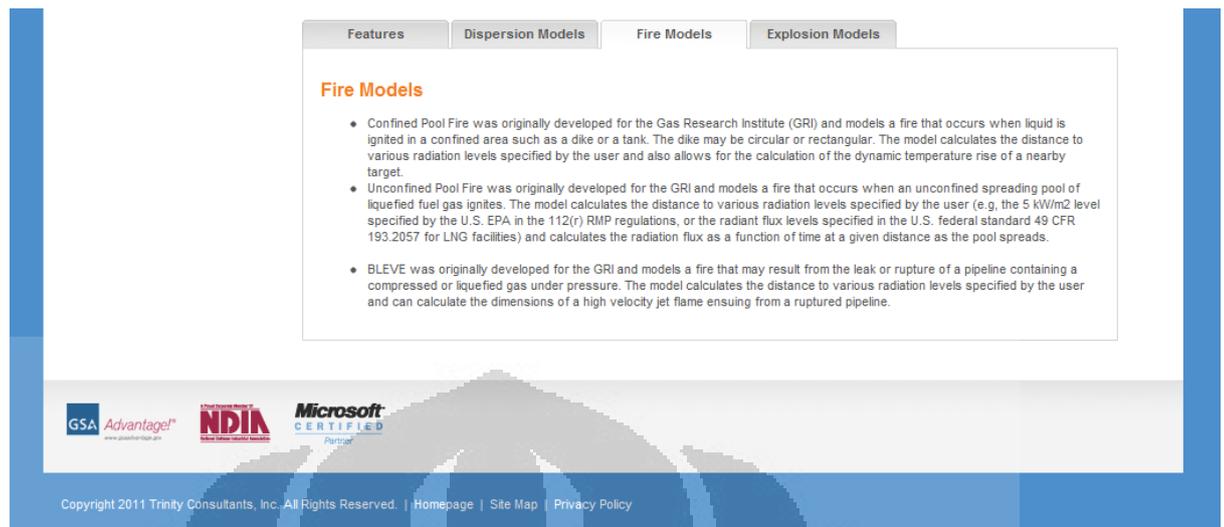


Gambar 2.14. Overview Model Dispersi Gas BREEZE Software

Sumber: Breeze Software, 2011

- Model Kebakaran, dikembangkan untuk mengkalkulasi fluks radiasi panas yang berhubungan dengan potensi ledakan dan kebakaran, meliputi *confined pool fires*, *unconfined pool fires*, *jet fires*, dan BLEVE
 - *Confined Pool Fire*
 - *Unconfined Pool Fire*
 - BLEVE.

Sumber: Breeze Software (2011)

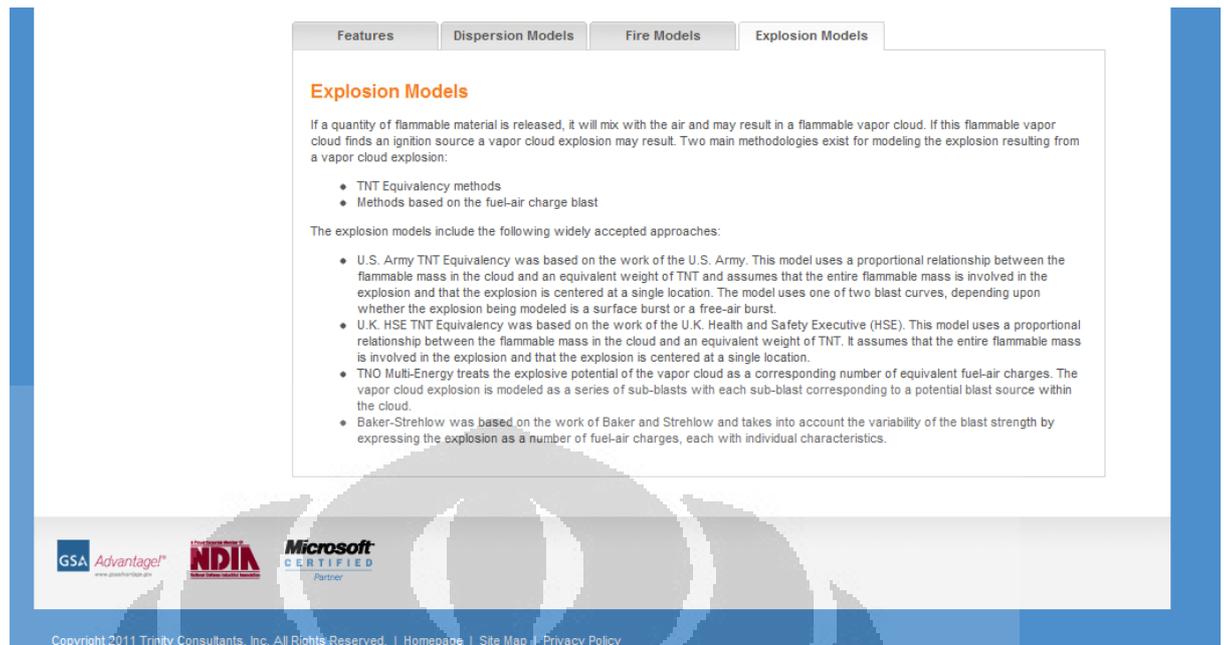


Gambar 2.15. Overview Model Kebakaran BREEZE Software

Sumber : Breeze Software, 2011

- Model Ledakan
Jika bahan yang mudah terbakar terlepas ke udara, maka akan bercampur dengan udara dan dapat menyebabkan *vapor cloud* yang mudah terbakar. Jika *vapor cloud* yang mudah terbakar bertemu dengan sumber api, ledakan *vapor cloud* dapat terjadi. Beberapa metodologi utama yang ada untuk pemodelan ledakan yang dihasilkan dari ledakan *vapor cloud*:
 - *US Army TNT Equivalency.*
 - *UK. HSE TNT Equivalency.*
 - *TNO Multi-Energy.*
 - *Baker-Strehlow.*

Sumber: Breeze Software (2011)



Gambar 2.16. Overview Model Ledakan BREEZE Software

Sumber : Breeze Software, 2011

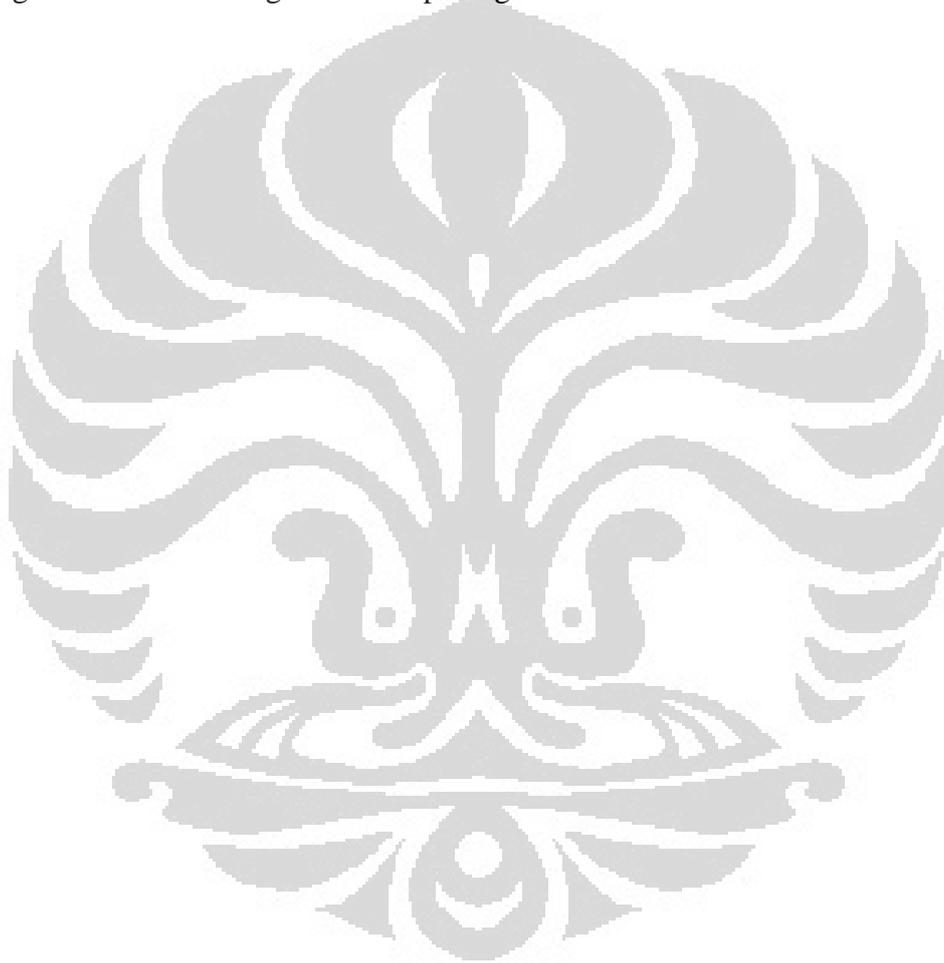
2.10. Perbandingan *BREEZE Incident Analyst* dengan Software Lain

Terdapat beberapa software lain yang dipergunakan untuk menganalisis potensi risiko kebakaran dan ledakan. Salah satu diantaranya yang banyak digunakan adalah *Areal Location of Hazardous Atmosphere* (ALOHA).

ALOHA dapat digunakan untuk menganalisis berbagai macam bahan kimia dan mudah digunakan. Namun, ALOHA memiliki beberapa kekurangan seperti Hasil dari ALOHA kurang akurat : model ALOHA menggunakan informasi atmosfer untuk estimasi penyebaran chemical release. Jika ada perubahan kondisi yang berubah secara substansi (seperti kecepatan angin) selama respon, sebaiknya perbaiki lagi dari mulai input dan buat threat zone plot yang baru karena plot yang lama tidak akurat. ALOHA tidak dapat menganalisis efek partikulat, kebakaran, reaksi kimia, atau campuran kimia. Hasil ALOHA juga tidak akurat untuk beberapa kondisi, yaitu : saat kecepatan sangat rendah, kondisi atmosfer sangat stabil, pergantian arah angin dan efek terrain steering, konsentrasi patchiness terutama dekat sumber rilis, rilis dalam ruangan, selama hujan atau kondisi bersalju, untuk jarak lebih dari 6 mil dari poin rilis, untuk rilis lebih dari

satu jam. Jika bahan kimia tidak ada dalam *ALOHA's chemical library*, atau tidak diketahui *LOC (Level of Concern)*, maka ALOHA tidak dapat menghasilkan "*footprint*". Kelemahan ALOHA juga dalam analisis model dispersi (Environmental Protection Agency, 2007).

Sementara itu, sama halnya dengan ALOHA, *BREEZE Incident Analyst* juga mudah digunakan dan dapat digunakan untuk berbagai macam bahan kimia. Kelebihan dari *BREEZE Incident Analyst* dari ALOHA antara lain dapat digunakan untuk menganalisis dispersi gas.

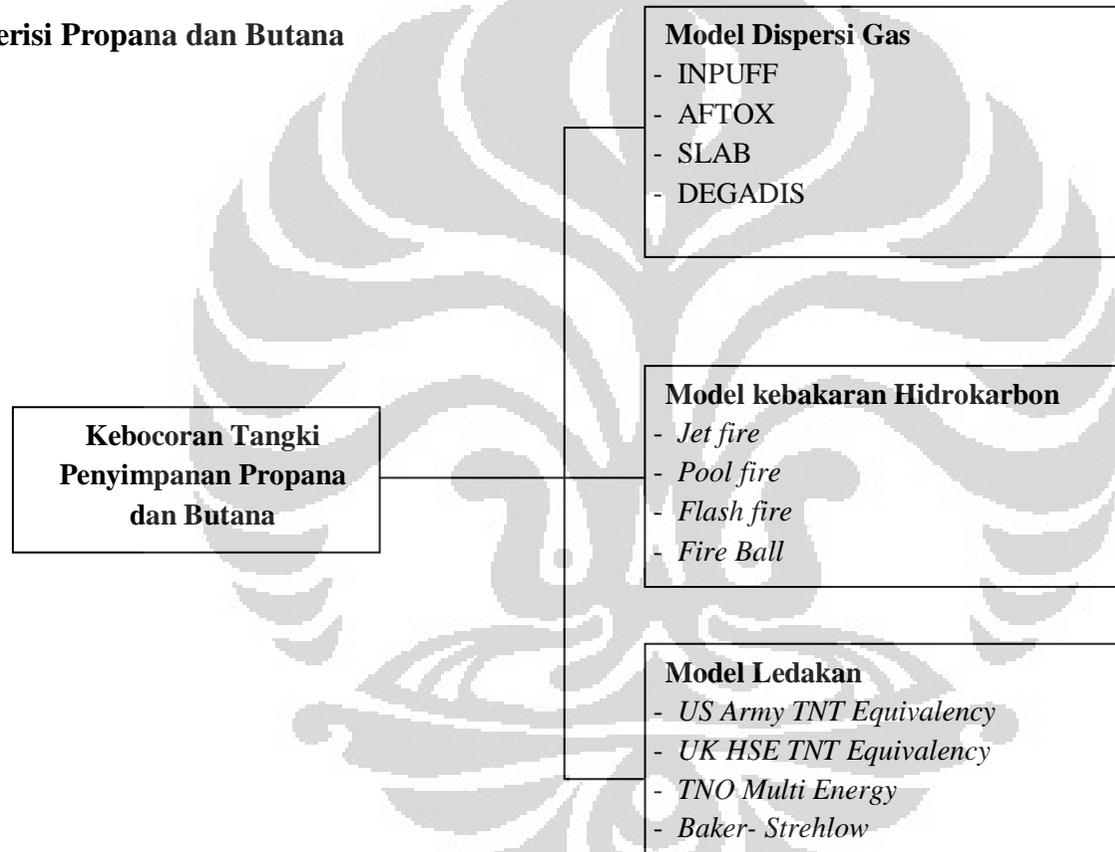


2.11. Kerangka Teori

Berdasarkan tinjauan pustaka, maka kerangka dari teori penelitian ini adalah sebagai berikut:

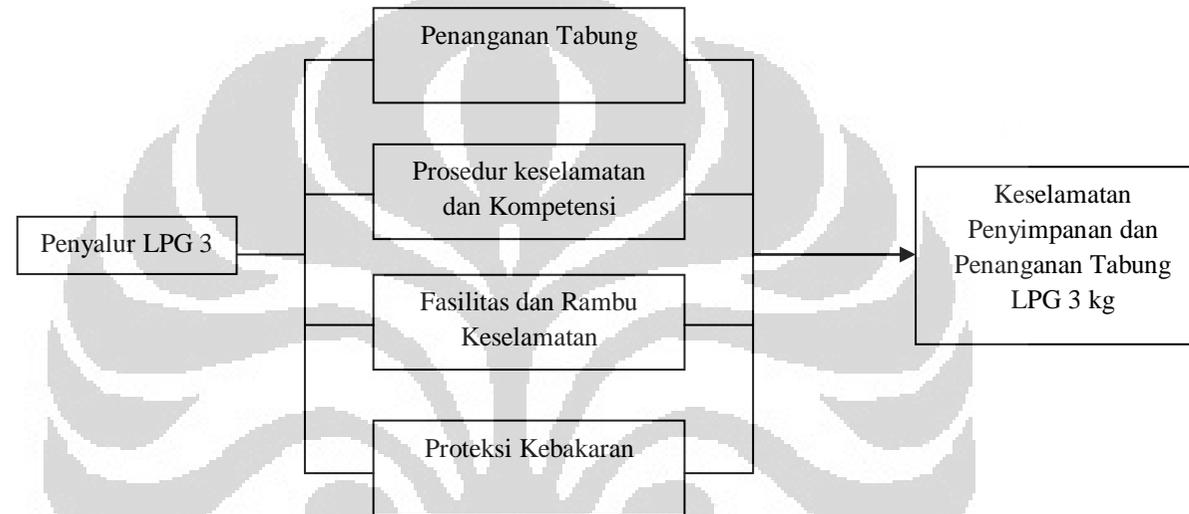
2.11.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, *Spherical* dan Tabung LPG 3

Kg Berisi Propana dan Butana



Gambar 2.17. Kerangka Teori Subpenelitian 1

2.11.2. Analisis Keselamatan Penyalur LPG 3 kg di Depok



Gambar 2.18. Kerangka Teori Subpenelitian 2

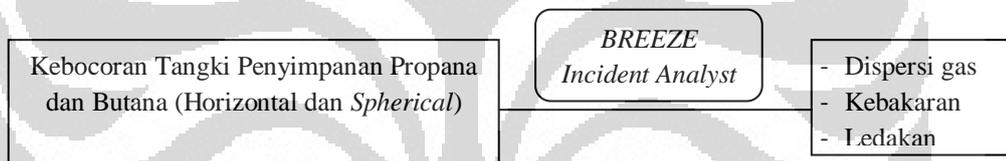
BAB 3

KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL

3.1 Kerangka Konsep

3.1.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, *Spherical* dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana

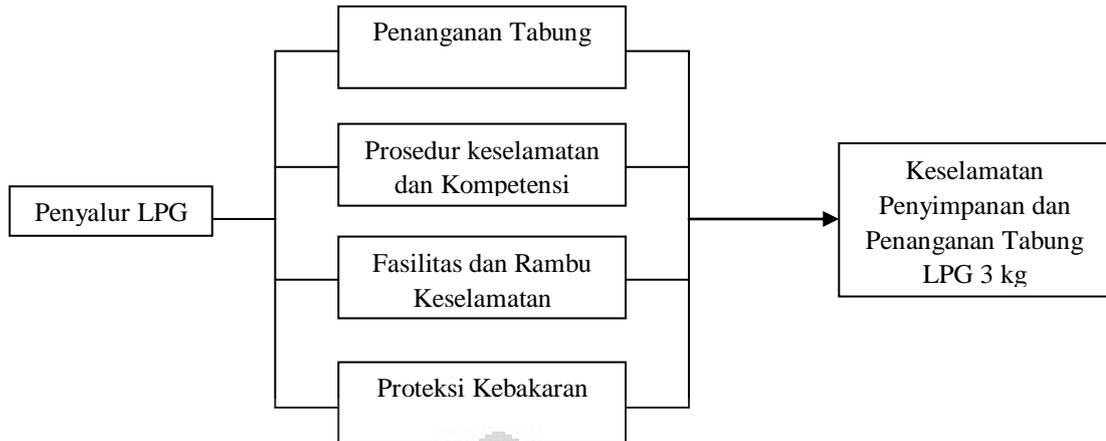
Variabel independen berupa model kebocoran tangki penyimpanan serta tabung LPG 3 kg yang berisi propana dan butana yang dianalisis menggunakan perangkat lunak *BREEZE Incident Analyst* dengan variabel dependen berupa model dispersi gas, ledakan dan kebakaran yang mungkin terjadi akibat bocornya sebuah tangki penyimpanan propana dan butana (horizontal dan *spherical*) serta tabung LPG ukuran 3 kg seperti kerangka konsep berikut:



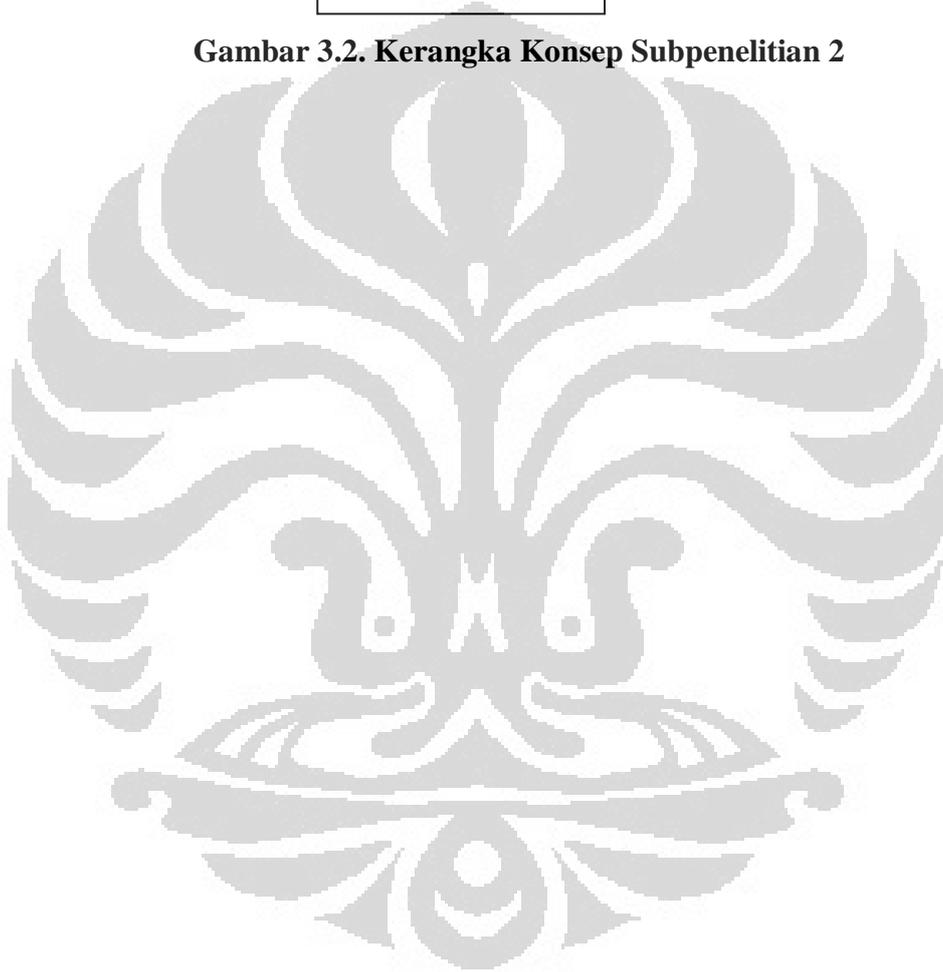
Gambar 3.1. Kerangka Konsep Subpenelitian 1

3.1.2. Analisis Keselamatan Penyalur LPG 3 Kg di Depok

Variabel dependen pada subpenelitian ini adalah Keselamatan Penyimpanan dan Penanganan Tabung LPG 3 kg. Sedangkan variabel independen pada penelitian ini adalah penanganan tabung, prosedur keselamatan dan kompetensi petugas yang melakukan penyimpanan dan penanganan tabung, fasilitas dan rambu keselamatan serta proteksi kebakaran yang ada pada penyalur LPG 3 kg. Semua variabel dituangkan dalam kerangka konsep seperti berikut:



Gambar 3.2. Kerangka Konsep Subpenelitian 2



3.2 Definisi Operasional

3.2.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana

Tabel 3.1. Definisi Operasional Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran, dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, Spherical, dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana

No.	Variabel	Definisi	Alat Ukur	Cara Ukur	Skala Ukur	Hasil ukur
Variable Independen						
1.	Model kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana (horizontal dan <i>spherical</i>) serta tabung LPG ukuran 3 kg	Prediksi model kebocoran tabung LPG 3 kg serta tangki penyimpanan horizontal dan <i>spherical</i> berupa hasil simulasi dengan mempertimbangkan 3 aspek yaitu dispersi gas, kebakaran dan ledakan.	<i>BREEZE</i> <i>Incident</i> <i>Analyst</i>	Simulasi dan analisis	Ordinal	Hasil simulasi
Variabel Dependen						
2.	Dispersi gas	Jenis penyebaran gas akibat terjadinya kebocoran tabung LPG 3 kg	<i>BREEZE</i> <i>Incident</i> <i>Analyst</i>	Simulasi dan analisis	Ordinal	Jenis dispersi gas: 1. DEGADIS 2. SLAB 3. INPUFF 4. AFTOX

No.	Variabel	Definisi	Alat Ukur	Cara Ukur	Skala Ukur	Hasil ukur
3.	Kebakaran	Jenis kebakaran yang mungkin timbul jika terjadi kebocoran tabung LPG 3 kg	<i>BREEZE Incident Analyst</i>	Simulasi dan analisis	Ordinal	Jenis kebakaran: 1. <i>Confined Pool Fire</i> 2. <i>Unconfined Pool Fire</i> 3. BLEVE
4.	Ledakan	Jenis ledakan yang mungkin timbul jika terjadi kebocoran tabung LPG 3 kg	<i>BREEZE Incident Analyst</i>	Simulasi dan analisis	Ordinal	Jenis ledakan: 1. US Army TNT Equivalency 2. UK HSE TNT Equivalency 3. TNO Multi-Energy 4. Baker Strehlow

3.2.2. Analisis Keselamatan Penyalur LPG 3 kg di Depok

Tabel 3.2. Definisi Operasional Analisis Keselamatan Penyalur LPG 3 Kg di Depok

No.	Variabel	Definisi	Alat Ukur	Cara Ukur	Skala Ukur	Hasil ukur
Variabel Dependen						
1.	Keselamatan penyimpanan dan penanganan tabung LPG 3 kg	Performa penyalur tabung LPG 3 kg dilihat dari aspek penanganan tabung, prosedur keselamatan dan kompetensi petugas, fasilitas dan rambu keselamatan serta proteksi kebakaran yang diukur menggunakan <i>checklist</i> sebanyak 49 nomor pernyataan.	<i>Checklist</i>	Menghitung rata-rata nilai <i>checklist</i> dari masing-masing penyalur LPG sampel	Ordinal	1. Kurang (≤ 50) 2. Dasar (50.1 – 60) 3. Cukup (60.1 – 70) 4. Baik (70.1 – 80) 5. Sangat baik (80.1 – 90) 6. Memuaskan (90.1–100)
Variabel Independen						
2.	Penanganan tabung	Cara petugas penyalur menangani tabung LPG 3 kg. Meliputi pertanyaan No. 1–17 pada <i>checklist</i> pengambilan data primer	<i>Checklist</i> , kamera digital	Observasi dan wawancara	Ordinal	1. Baik (Nilai 100) 2. Kurang baik (Nilai 50) 3. Buruk (Nilai 0)
3.	Prosedur keselamatan dan kompetensi petugas	Tata urutan penanganan tabung serta kemampuan petugas penyalur dalam melakukan pekerjaannya. Meliputi pertanyaan no. 18–27 pada <i>checklist</i> pengambilan data primer	<i>Checklist</i> , kamera digital	Observasi dan wawancara	Ordinal	1. Ada, dilaksanakan (Nilai 100) 2. Ada, tidak dilaksanakan (Nilai 50)

						3. Tidak (Nilai 0)
--	--	--	--	--	--	--------------------

No.	Variabel	Definisi	Alat Ukur	Cara Ukur	Skala Ukur	Hasil ukur
4.	Fasilitas dan rambu keselamatan	Peralatan dan tanda-rambu yang berhubungan dengan keselamatan di penyalur LPG. Meliputi pertanyaan No. 28–41 pada <i>checklist</i> pengambilan data primer	<i>Checklist</i> , kamera digital	Observasi dan wawancara	Ordinal	1. Ada, terpasang (Nilai 100) 2. Ada, tidak terpasang (Nilai 50) 3. Tidak (Nilai 0)
5.	Proteksi kebakaran	Serangkaian sistem yang meliputi tata urutan hingga peralatan yang digunakan untuk mencegah terjadinya kebakaran pada penyalur LPG 3 kg. Meliputi pertanyaan No. 42–49 pada <i>checklist</i> pengambilan data primer	<i>Checklist</i> , kamera digital	Observasi dan wawancara	Ordinal	1. Ada, kondisi baik, sesuai persyaratan (Nilai 100) 2. Ada, kondisi kurang baik, tidak sesuai persyaratan (Nilai 50) 3. Tidak ada (Nilai 0)

BAB 4

METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Jenis Penelitian

4.1.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, *Spherical* dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana

Subpenelitian pertama mengenai model dispersi gas, kebakaran dan ledakan akibat kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana (horizontal dan *spherical*) serta tabung LPG ukuran 3 kg merupakan penelitian yang bersifat kuantitatif karena menggunakan *BREEZE Incident Analyst*.

4.1.2. Analisis Keselamatan Penyalur LPG 3 kg di Depok

Subpenelitian kedua mengenai analisis penyimpanan dan penanganan tabung LPG 3 kg pada tingkat penyalur di Depok tahun 2011 ini merupakan penelitian yang bersifat deskriptif. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keselamatan penyimpanan dan penanganan tabung LPG 3 kg di tingkat penyalur dilihat dari 4 (empat) aspek, yaitu penanganan tabung, prosedur keselamatan dan kompetensi petugas yang menyimpan dan menangani tabung, fasilitas dan rambu-rambu keselamatan serta proteksi kebakaran yang ada pada penyalur LPG 3 kg.

4.2. Lokasi dan Waktu

4.2.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, *Spherical* dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana

Subpenelitian kedua dilakukan bulan Januari 2012.

4.2.2. Analisis Keselamatan Penyalur LPG 3 Kg di Depok

Subpenelitian pertama dilakukan bulan September – Desember tahun 2011

pada penyalur LPG 3 kg di wilayah Depok, Jawa Barat.

4.3. Unit Analisis

4.3.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, *Spherical* dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana

Unit analisis pada subpenelitian ini berupa tangki penyimpanan propana dan butana, baik tangki jenis horizontal maupun *spherical* serta tabung LPG ukuran 3 kg.

4.3.2. Analisis Keselamatan Penyalur LPG 3 kg di Depok

Unit analisis subpenelitian ini adalah 6 penyalur LPG 3 kg dari total 21 penyalur LPG 3 kg di wilayah kota Depok, Jawa Barat.

4.4. Pengumpulan Data

4.4.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, *Spherical* dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana

Data untuk subpenelitian ini dikumpulkan menggunakan perangkat lunak. Perangkat lunak *BREEZE Incident Analyst* yang digunakan untuk membuat model dispersi gas, kebakaran dan ledakan akibat kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana (*horizontal* dan *spherical*) serta tabung LPG ukuran 3 kg.

4.4.2. Analisis Keselamatan Penyalur LPG 3 kg di Depok

Pengumpulan data untuk subpenelitian pertama dilakukan dengan cara melakukan observasi dan wawancara. Observasi dilakukan dengan bantuan *checklist* yang telah dimodifikasi berdasarkan NFPA 58: 1998 (*Liquefied Petroleum Gas Code*) serta Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna (dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia).

4.5. Jenis dan Sumber Data

4.5.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, *Spherical* dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana

Sumber data yang dipakai dalam subpenelitian ini adalah data sekunder mengenai tangki penyimpanan propana dan butana, baik jenis horizontal maupun *spherical* serta tabung LPG ukuran 3 kg untuk kemudian dianalisis dan modeling menggunakan *BREEZE Incident Analyst*. Data tangki horizontal penyimpanan propana dan butana tersebut dilihat dari kasus hasil investigasi Chemical Safety Hazard and Investigation Board (1998).

4.5.2. Analisis Keselamatan Penyalur LPG 3 kg di Depok

Sumber data yang dipakai dalam subpenelitian ini adalah data primer dengan cara melakukan observasi dan wawancara dengan pemilik atau petugas penyalur LPG 3 kg tahun 2011 di wilayah Depok, Jawa Barat.

4.6. Instrumen Penelitian

4.6.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, *Spherical* dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana

Instrumen yang digunakan dalam pengumpulan data berupa perangkat lunak *BREEZE Incident Analyst* untuk membuat simulasi dispersi gas, kebakaran dan ledakan akibat kebocoran tangki propana dan butana.

4.6.2. Analisis Keselamatan Penyalur LPG 3 kg di Depok

Instrumen yang digunakan dalam pengumpulan data berupa kamera digital dan *checklist* sebagai alat bantu observasi.

4.7. Analisis Data

4.7.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, *Spherical* dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana

Semua variabel dianalisis menggunakan perangkat lunak komputer *BREEZE Incident Analyst*. Langkah-langkah penggunaan *BREEZE Incident Analyst* adalah sebagai berikut:

1. Menentukan tanggal, koordinat lokasi dan *chemical* yang akan dianalisis
2. Mengisi "Source Term Wizard"
3. Menentukan "Source" (model dispersi gas, kebakaran dan ledakan)
4. Menentukan "Gridded Receptor"
5. "Run", kemudian hasilnya (baik berupa chart, map atau model 3 dimensi) akan terlihat pada *BREEZE 3D Analyst*

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam simulasi dispersi gas, kebakaran dan ledakan akibat kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana:

- Data Dimensi Tangki Horizontal
 - panjang tangki : 14 m
 - diameter tangki : 2 m
 - volume tangki : 43982 m³
 - temperatur dalam tangki : 32°C
 - tekanan dalam tangki : 20 atm
- Data Dimensi Tangki *Spherical*
 - diameter tangki : 21.216 m
 - volume tangki : 5000.22 m³
 - temperatur dalam tangki : 35°C
 - tekanan dalam tangki : 20 atm
- Data Dimensi Tabung LPG 3 kg
 - diameter tabung : 0.26 cm
 - volume tabung : 0.009 m³
 - temperatur dalam tabung : 25°C
 - tekanan dalam tabung : 18.6 atm

- Data Meteorologi
 - koordinat lokasi : *Universal Transverse Mercator (UTM) Zone 48*
 - temperatur : 25.03°C
 - tekanan : 760 mmHg
 - kelembaban relatif : 50%
 - arah angin : 270°
 - kecepatan angin : 1.5 m/s
 - *stability class* : D (A = *very unstable*; F = *very stable*)

4.7.2. Analisis Keselamatan Penyalur *Liquefied Petroleum Gas* 3 kg di Depok

Analisis data semua variabel independen (keselamatan penyimpanan dan penanganan tabung LPG 3 kg) dan variabel dependen (penanganan tabung, prosedur keselamatan dan kompetensi petugas yang menyimpan dan menangani tabung, fasilitas dan rambu-rambu keselamatan serta proteksi kebakaran) dilakukan dengan bantuan komputer. Analisis yang dilakukan meliputi analisa univariat yang dimaksudkan untuk melihat gambaran karakteristik setiap variabel yang ada di dalam *checklist*. Analisis univariat ini disajikan dalam bentuk deskriptif berupa teks, tabel, atau grafik.

BAB 5

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Secara umum, penelitian ini membahas 2 hal. Pertama yaitu hasil simulasi dispersi gas, kebakaran dan ledakan akibat kebocoran tangki serta tabung LPG berukuran 3 kg yang berisi propana dan butana. Hasil simulasi tersebut berupa jarak aman dari titik kejadian kebocoran berdasarkan beberapa asumsi seperti arah angin, kecepatan angin, volume tangki dan *flammable mass*.

Sementara hal kedua yang dibahas mengenai keselamatan penanganan dan penyimpanan tabung LPG pada penyalur LPG 3 kg di wilayah Depok, Jawa Barat. Hasilnya, dari 6 penyalur yang dijadikan sebagai unit analisis dalam penelitian, masih banyak yang belum memenuhi ketentuan Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna yang dikeluarkan Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.

5.1. Keterbatasan Penelitian

Peneliti menyadari bahwa masih banyak terdapat keterbatasan dalam pelaksanaan maupun hasil yang ada dalam penelitian ini. Beberapa keterbatasan penelitian yang dijumpai dalam penelitian mengenai "Analisis Potensi Risiko Keselamatan *Liquefied Petroleum Gas* Tahun 2011" adalah sebagai berikut:

1. Pada awalnya, simulasi akan dilakukan dengan bahan kimia berupa *Liquefied Petroleum Gas* (LPG). Namun karena keterbatasan *software*, maka simulasi dilakukan menggunakan skenario propana dan butana (2 gas yang menjadi komponen utama LPG) yang disimpan pada 2 jenis tangki (tangki horizontal dan tangki *spherical*) serta pada tabung LPG berukuran 3 kg.
2. Hanya 6 penyalur LPG 3 Kg di wilayah Depok yang menjadi unit analisis dalam penelitian, sehingga tidak dapat dilakukan generalisasi mengenai Keselamatan Penyimpanan dan Penanganan Tabung LPG pada keseluruhan penyalur di Depok.

3. *Checklist* yang digunakan dalam penelitian mengadopsi dari penelitian sebelumnya yang berjudul "Analisis Keselamatan Penggunaan *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) 3 Kg" (Djunaidi dkk, 2011).
4. Pengambilan gambar pada saat observasi kurang.
5. Wawancara yang mengiringi observasi saat pengambilan data pada beberapa penyalur dilakukan hanya dengan petugas penyalur, bukan pemilik sehingga informasi yang didapat tergolong kurang lengkap.

5.2. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, *Spherical* dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana

Penelitian dilakukan melalui pembuatan skenario dan simulasi kebocoran tangki penyimpanan dan tabung berukuran 3 kg. menggunakan *BREEZE Incident Analyst*. Hal ini didasarkan karena LPG propana dan butana disimpan terlebih dahulu pada tangki-tangki penyimpanan, baik yang berbentuk horizontal maupun *spherical*, sebelum diisikan ke dalam tabung-tabung logam bertekanan, khususnya yang berukuran 3 kg. Hasil simulasi ditampilkan dalam beberapa bentuk seperti *map* dan *chart*.

5.2.1. Tangki Penyimpanan Horizontal

Dimensi tangki horizontal tempat penyimpanan propana dan butana yang digunakan untuk simulasi sama dengan tangki penyimpanan propana yang terbakar dan meledak di Iowa, AS tahun 1998 (U.S. Chemical Safety Hazard and Investigation Board, 1998). Dimensi tangki tersebut adalah sebagai berikut:

- panjang tangki : 14 meter
- diameter tangki : 2 meter
- volume tangki : 43982 m³
- temperatur dalam tangki : 32°C
- tekanan dalam tangki : 20 atm



Gambar 5.1. Tangki Propana Milik Herrig Bros yang Terbakar dan Meledak di Iowa, AS, Tahun 1998

Sumber : U.S. Chemical Safety Hazard and Investigation Board, 1998

Sementara karakteristik propana dan butana yang disimpan di dalam tangki horizontal adalah sebagai berikut:

Tabel 5.1. Karakteristik Propana dan Butana

No.	Karakteristik	Propana	Butana
1.	Bentuk	<i>Liquefied gas</i>	<i>Liquefied gas</i>
2.	<i>Chemical BREEZE ID</i>	BRZ108	BRZ018
3.	<i>CAS Number</i>	74-98-6	106-97-8
4.	Berat molekul	44.097 g/g-mole	58.124g/g-mole
5.	Titik didih	231.078 K	272.65 K
6.	Temperatur kritis	369.8 K	425.156 K
7.	Tekanan kritis	41.94 atm	37.493 atm
8.	Volume kritis	203 cm ³ /g-mole	254.707 cm ³ /g-mole
9.	<i>Liquid heat capacity</i>	500.5 J/kg-K	2420 J/kg-K
10.	<i>Heat of vaporization</i>	425740 J/kg	390000 J/kg
11.	<i>Flammability</i>	Yes	Yes
12.	LEL	2.1%	1.9%
13.	UEL	9.5%	8.5%

A. Simulasi Skenario Propana

Sebuah kejadian kebocoran tangki penyimpanan propana terjadi pada tanggal 12 Januari 2012 pukul 11:34. Tangki penyimpanan tersebut menampung 50% (21991 m³) dari kapasitas penuhnya yaitu sebesar 43982

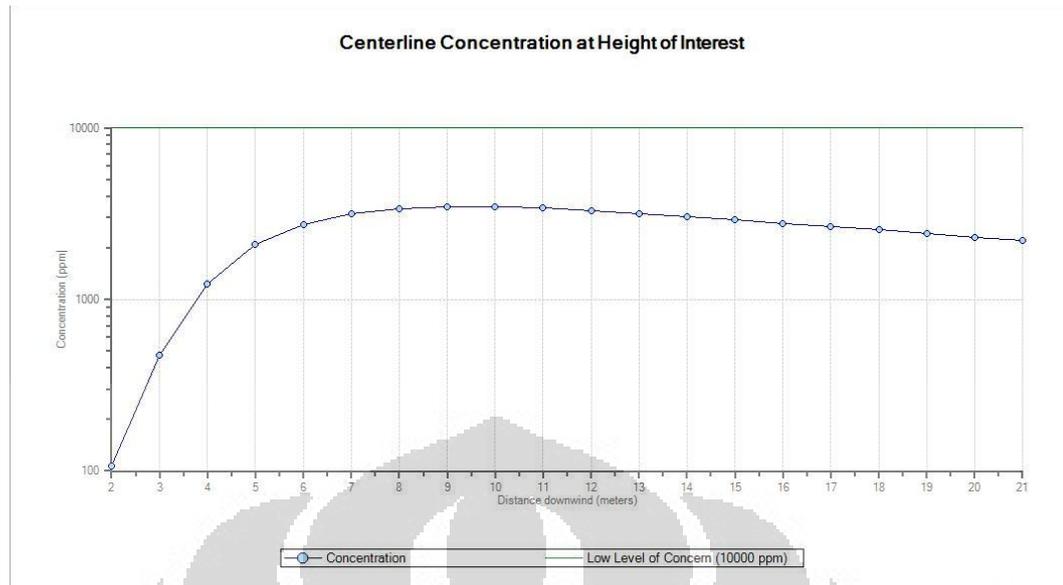
m³. Titik kebocoran berada pada bagian bawah tangki. Lubang kebocoran berdiameter ± 2 mm. Kejadian kebocoran tersebut kemudian berdampak pada kejadian *toxic dispersion*, kebakaran dan ledakan. Berikut data meteorologi pada saat kejadian:

- koordinat lokasi : *Universal Transverse Mercator (UTM) Zone 48*
- temperatur : 25.03°C
- tekanan : 760 mmHg
- kelembaban relatif : 50%
- arah angin : 270°
- kecepatan angin : 1.5 m/s
- *stability class* : D (A = *very unstable*; F = *very stable*)

Skenario kejadian kebakaran ini kemudian disimulasikan menggunakan *BREEZE Incident Analyst* dan *BREEZE 3D Analyst*. Hasilnya adalah sebagai berikut:

1. *Toxic Dispersion*

Data tangki dan karakteristik propana di-*input* ke dalam *BREEZE Incident Analyst*, kemudian diperoleh rekomendasi analisis *toxic dispersion* menggunakan DEGADIS. Data yang di-*input* dalam DEGADIS adalah *emission rate* sebesar 0.064 kg/s. Menghasilkan *chart* sebagai berikut:



Gambar 5.2. Hasil Simulasi *Toxic Dispersion* Tangki Propana Horizontal dalam Bentuk *Chart*

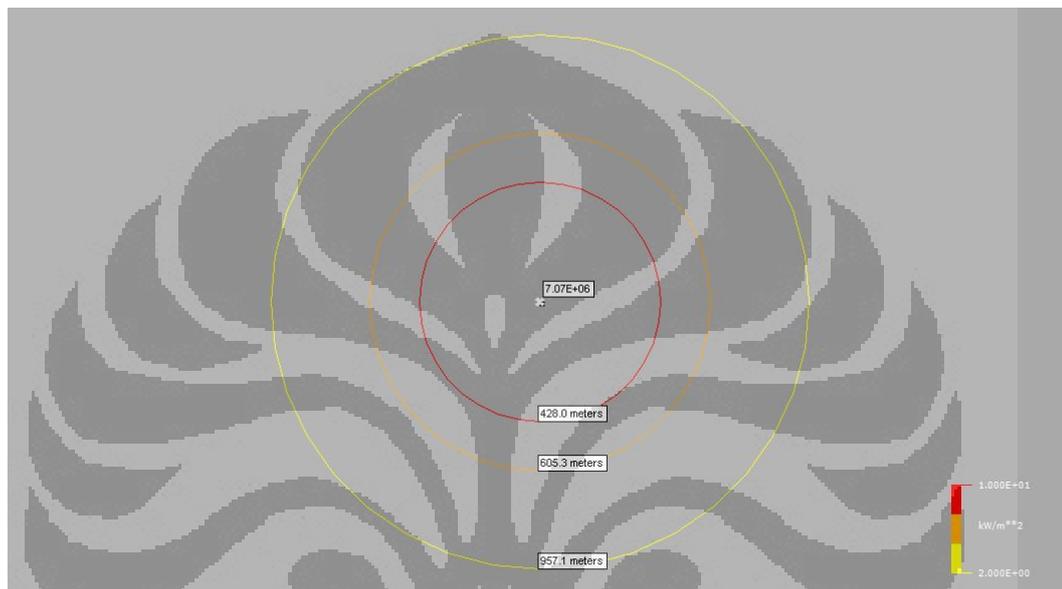
Peristiwa bocornya tangki horizontal berisi gas propana yang dicairkan sebanyak 21991 m^3 dengan tingkat emisi sebesar 0.064 kg/s diperkirakan menimbulkan dampak toksik yang akan menyebar ke daerah-daerah di sekitarnya. Terlebih lagi, lokasi bocor berada pada bagian bawah tangki dengan waktu kebocoran terus menerus. Cairan yang bocor akan tertampung di tanah dan menyebabkan timbunan propana yang akan berubah menjadi fase gas. Gas tersebut akan bergerak mengikuti arah angin (skenario: 270° dengan kecepatan angin 1.5 m/s) dan menyebar ke lingkungan di sekitar tempat kejadian kebocoran.

Proses simulasi *Breeze Incident Analyst* menggunakan DEGADIS (*Dense Gas Release*). DEGADIS digunakan dalam simulasi karena sesuai untuk mengestimasi konsentrasi kebocoran suatu bahan kimia yang lebih berat dari udara (berat jenis propana 1.5 kali berat jenis udara) pada area yang searah dengan arah angin. Dari hasil simulasi ini diketahui bahwa konsentrasi *toxic dispersion* akan bergerak naik dari sumber kebocoran. Konsentrasi tersebut mencapai puncaknya (3000 ppm) pada jarak 8 m dari sumber yang kemudian akan bergerak turun hingga konsentrasi 1100 ppm pada jarak 21 m dari sumber kebocoran.

Jarak ini dapat menjadi acuan bagi pihak yang berkepentingan untuk membuat rencana tanggap darurat dengan memasukkan komponen evakuasi lingkungan sekitar terutama yang dilalui arah angin.

2. Kebakaran (*Fire*)

Jenis kebakaran yang terjadi adalah BLEVE dengan *input* data *flammable mass* sebesar 12798.762 kg.



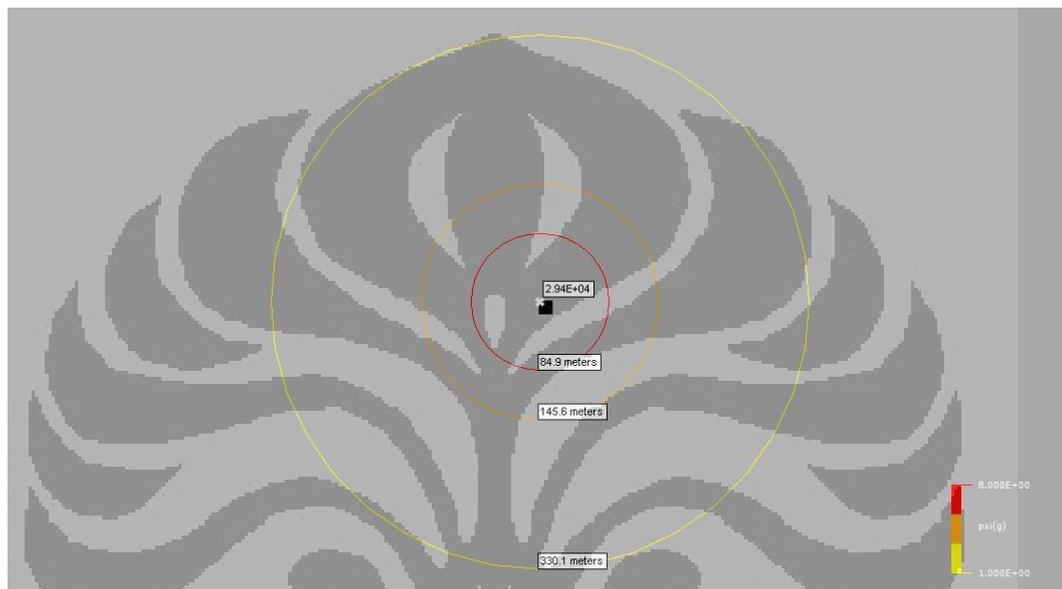
Gambar 5.3. Hasil Simulasi Dampak Kebakaran (Tingkat Radiasi) Tangki Propana Horizontal dalam Bentuk Map

Kebocoran gas memicu terjadinya BLEVE. Propana cair yang bocor akan menguap, ditambah dengan panas lingkungan menambah tekanan yang ada di dalam tangki. Tekanan tersebut terus bertambah hingga pada saat tangki tidak mampu lagi menahan tekanan, maka tangki akan pecah dan meledak. Dengan *flammable mass* sebesar 12798.762 kg, tingkat radiasi akibat BLEVE cukup luas. Batas *level of concern* (LoC) tingkat tinggi (10 kW/m^2) hingga pada jarak 428 m, *level of concern* tingkat menengah (5 kW/m^2) hingga jarak 605.3 m dan baru mencapai tingkat aman (2 kW/m^2) pada radius 957.1 meter.

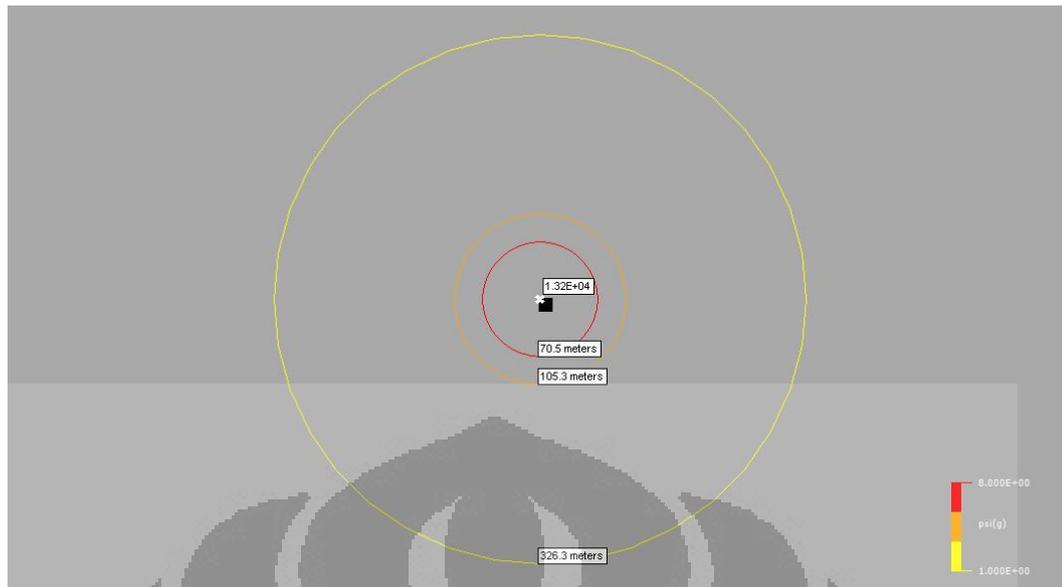
3. Ledakan (*Explosion*)

Jenis *explosion* yang direkomendasikan berdasarkan *BREEZE Incident Analyst* berupa *single vapor cloud (TNT equivalency method) U.S. Army TNT Equivalency* dengan *input data* berupa *flammable mass* sebesar 12798.762 kg, % *yield of TNT* 5%, dan ketinggian ledakan 100 cm.

Dari data tersebut diperoleh hasil *surface explosion overpressure* serta *free air explosion overpressure* sebagai berikut:



Gambar 5.4. Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki Propana Horizontal dalam Bentuk *Map. Surface Explosion Overpressure*



Gambar 5.5. Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki Penyimpanan Propana Horizontal dalam Bentuk Map. *Free Air Explosion Overpressure*

Kejadian bocornya tangki penyimpanan propana juga memicu terjadinya ledakan. Ledakan disimulasikan menggunakan TNT *Equivalency method* untuk mengestimasi area ledakan, baik di permukaan maupun ke udara bebas (Bjerketvedt, Bakke and Wingerden, 1997). Dengan *flammable mass* sebesar 12798.762 kg, tinggi ledakan 100 cm dan % *yield of TNT* sebesar 5% (normal 3 – 5%) (Bjerketvedt, Bakke and Wingerden, 1997), diketahui bahwa area ledakan di permukaan zona *high level of concern* (8 psig) hingga radius 84.9 meter, zona *mid level of concern* (5 psig) hingga radius 145.6 meter sedangkan zona *low level of concern* (1 psig) berada pada jarak minimal 330.1 meter. Sementara estimasi area ledakan ke udara bebas zona *high level of concern* (8 psig) hingga radius 70.5 meter, zona *mid level of concern* (5 psig) hingga radius 105.3 meter sedangkan zona *low level of concern* (1 psig) berada pada jarak minimal 326.3 meter.

B. Simulasi Skenario Butana

Sebuah kejadian kebocoran tangki penyimpanan butana terjadi pada tanggal 12 Januari 2012 pukul 09:30. Tangki penyimpanan tersebut menampung 50% (21991 m³) dari kapasitas penuhnya yaitu sebesar 43982 m³. Titik kebocoran berada pada bagian bawah tangki. Lubang kebocoran berdiameter ± 2 mm. Kejadian kebocoran tersebut kemudian berdampak pada kejadian *toxic dispersion*, kebakaran dan ledakan. Berikut data meteorologi pada saat kejadian:

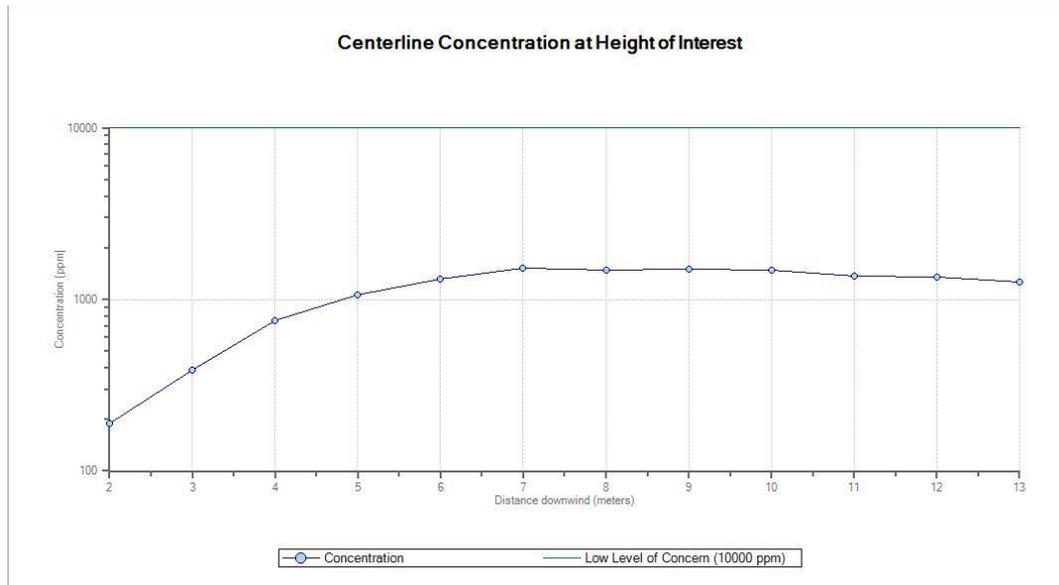
- koordinat lokasi : *Universal Transverse Mercator (UTM) Zone 48*
- temperatur : 25.03°C
- tekanan : 760 mmHg
- kelembaban relatif : 50%
- arah angin : 270°
- kecepatan angin : 1.5 m/s
- *stability class* : D (A = *very unstable*; F = *very stable*)

Skenario kejadian kebakaran ini kemudian disimulasikan menggunakan *BREEZE Incident Analyst* dan *BREEZE 3D Analyst*. Hasilnya adalah sebagai berikut:

1. *Toxic Dispersion*

Data tangki dan karakteristik butana di-*input* dalam *BREEZE Incident Analyst*, kemudian diperoleh rekomendasi analisis *toxic dispersion* menggunakan DEGADIS. Data yang di-*input* dalam DEGADIS berupa *emission rate* sebesar 0.028 kg/s.

Hasil simulasi *toxic dispersion* dituangkan dalam bentuk *chart* sebagai berikut:



Gambar 5.6. Hasil Simulasi *Toxic Dispersion* Tangki Butana Horizontal dalam Bentuk *Chart*

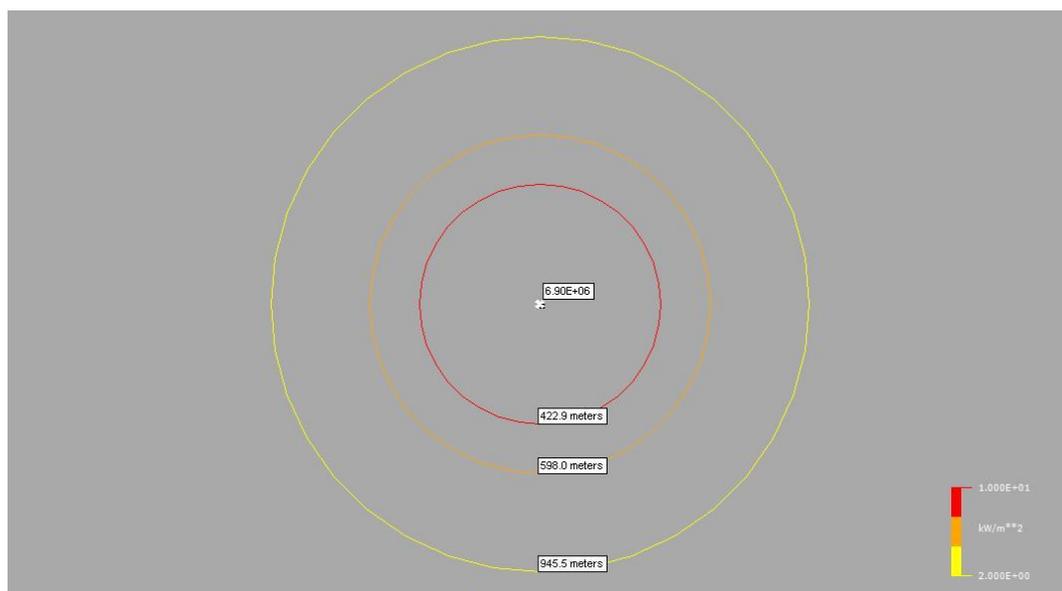
Peristiwa bocornya tangki horizontal berisi gas butana yang dicairkan sebanyak 21991 m³ dengan tingkat emisi sebesar 0.028 kg/s diperkirakan menimbulkan dampak toksik yang akan menyebar ke daerah-daerah di sekitarnya. Terlebih lagi, lokasi bocor berada pada bagian bawah tangki dengan waktu kebocoran terus menerus. Cairan yang bocor akan tertampung di tanah dan menyebabkan timbunan butana yang akan berubah menjadi fase gas. Gas tersebut akan bergerak mengikuti arah angin (skenario: 270° dengan kecepatan angin 1.5 m/s) dan menyebar ke lingkungan di sekitar tempat kejadian kebocoran.

Proses simulasi *Breeze Incident Analyst* menggunakan DEGADIS (*Dense Gas Release*). DEGADIS digunakan dalam simulasi karena sesuai untuk mengestimasi konsentrasi kebocoran suatu bahan kimia yang lebih berat dari udara (berat jenis butana 2 kali berat jenis udara) pada area yang searah dengan arah angin. Dari hasil simulasi ini diketahui bahwa konsentrasi *toxic dispersion* akan bergerak naik dari sumber kebocoran. Konsentrasi tersebut mencapai puncaknya (1500

ppm) pada jarak 7 m dari sumber yang kemudian akan bergerak turun hingga konsentrasi 1100 ppm pada jarak 13 m dari sumber kebocoran. Jarak ini dapat menjadi acuan bagi pihak yang berkepentingan untuk membuat rencana tanggap darurat dengan memasukkan komponen evakuasi lingkungan sekitar terutama yang dilalui arah angin.

2. Kebakaran (*Fire*)

Jenis kebakaran yang terjadi adalah BLEVE dengan *input* data berupa *flammable mass* sebesar 12589.835 kg.



Gambar 5.7. Hasil Simulasi Dampak Kebakaran (Tingkat Radiasi) Tangki Butana Horizontal dalam Bentuk Map

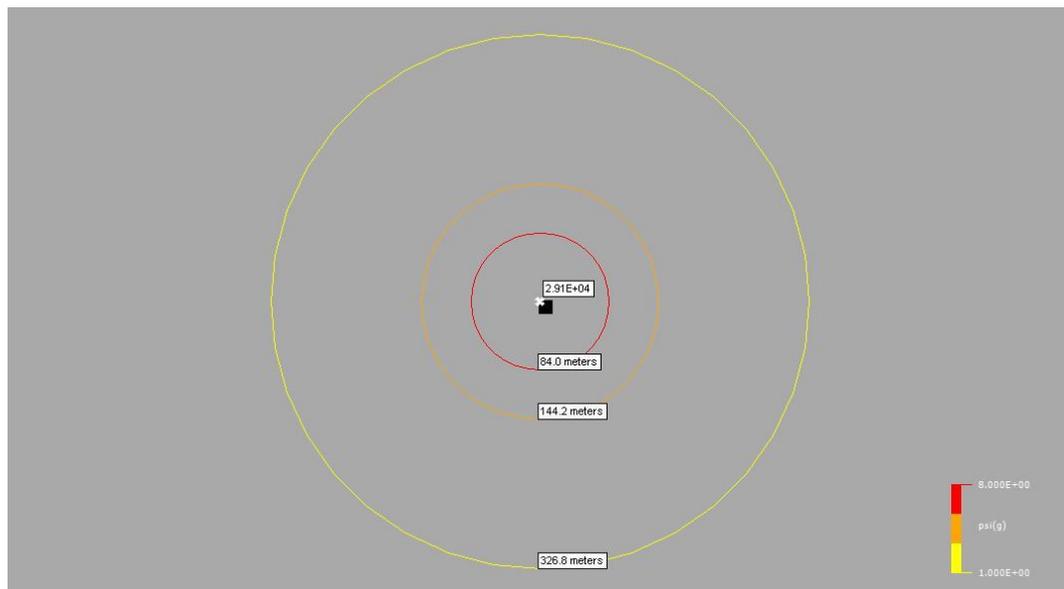
Kebocoran gas memicu terjadinya BLEVE. Propana cair yang bocor akan menguap, ditambah dengan panas lingkungan menambah tekanan yang ada di dalam tangki. Tekanan tersebut terus bertambah hingga pada saat tangki tidak mampu lagi menahan tekanan, maka tangki akan pecah dan meledak. Dengan *flammable mass* sebesar 12589.835 kg, tingkat radiasi akibat BLEVE cukup luas. Batas *level of concern* (LoC) tingkat tinggi (10 kW/m^2) hingga pada jarak 422.9 m, *level of concern* tingkat

menengah (5 kW/m^2) hingga jarak 598 m dan baru mencapai tingkat aman (2 kW/m^2) pada radius 945.5 meter.

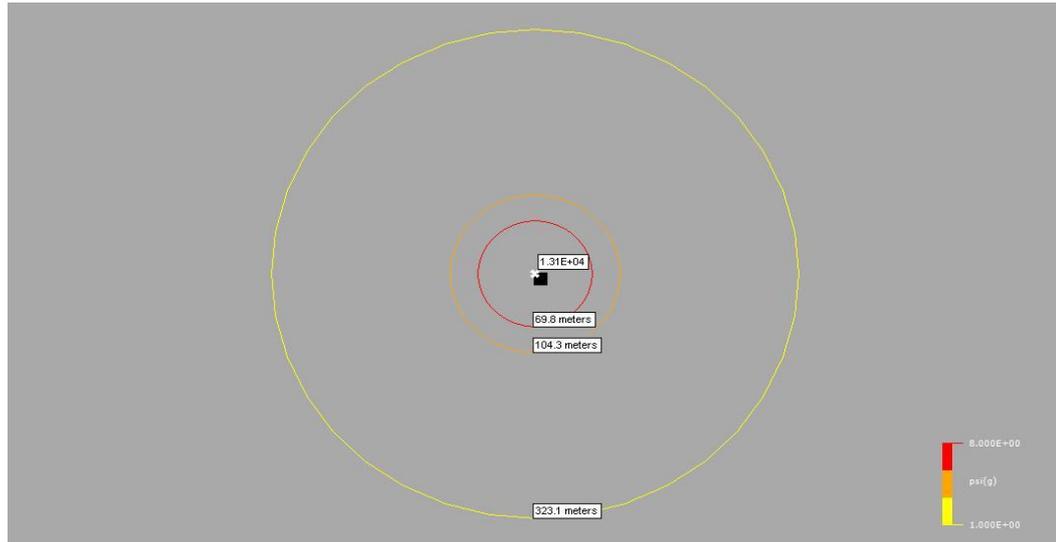
3. Ledakan (*Explosion*)

Jenis explosion yang direkomendasikan berupa *single vapor cloud (TNT equivalency method) U.S. Army TNT Equivalency* dengan *input data* berupa *flammable mass* sebesar 12589.835 kg, % *yield of TNT* sebesar 5% dan *explosion height* 100 cm.

Dari data tersebut diperoleh hasil *surface explosion overpressure* serta *free air explosion overpressure* sebagai berikut:



Gambar 5.8. Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki Penyimpanan Butana Horizontal dalam Bentuk *Map. Surface Explosion Overpressure.*



Gambar 5.9. Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki Penyimpanan Butana Horizontal dalam Bentuk *Map. Free Air Explosion Overpressure*

Kejadian bocornya tangki penyimpanan propana juga memicu terjadinya ledakan. Ledakan disimulasikan menggunakan TNT *Equivalency method* untuk mengestimasi area ledakan, baik di permukaan maupun ke udara bebas (Bjerketvedt, Bakke and Wingerden, 1997). Dengan *flammable mass* sebesar 12589.835 kg, tinggi ledakan 100 cm dan % *yield of TNT* sebesar 5% (normal 3 – 5%) (Bjerketvedt, Bakke and Wingerden, 1997), diketahui bahwa area ledakan di permukaan zona *high level of concern* (8 psig) hingga radius 84 meter, zona *mid level of concern* (5 psig) hingga radius 144.2 meter sedangkan zona *low level of concern* (1 psig) berada pada jarak minimal 326.8 meter. Sementara estimasi area ledakan ke udara bebas zona *high level of concern* (8 psig) hingga radius 69.8 meter, zona *mid level of concern* (5 psig) hingga radius 104.3 meter sedangkan zona *low level of concern* (1 psig) berada pada jarak minimal 323.1 meter.

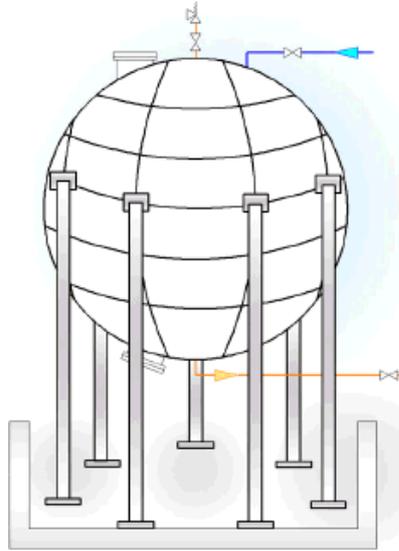
5.2.2. Tangki Penyimpanan *Spherical*

Dimensi tangki *spherical* yang digunakan untuk menyimpan propana dan butana adalah sebagai berikut:

- diameter tangki : 2121.6 cm

- volume tangki : 5000.22 m³
- temperatur dalam tangki : 35°C
- tekanan dalam tangki : 20 atm

Sedangkan karakteristik propana dan butana yang disimpan dalam tangki *spherical* tersebut mengacu pada **Tabel 5.1**.



Gambar 5.10. Tangki Spherical

Sumber : Wermac, 2011

A. Simulasi Skenario Propana

Sebuah kejadian kebocoran tangki penyimpanan propana terjadi pada tanggal 12 Januari 2012 pukul 10:30. Tangki penyimpanan tersebut menampung 85% (4250.187 m³) dari kapasitas penuhnya yaitu sebesar 5000.22 m³. Titik kebocoran berada pada bagian bawah tangki. Lubang kebocoran berdiameter ± 2 mm. Kejadian kebocoran tersebut kemudian berdampak pada kejadian *toxic dispersion*, kebakaran dan ledakan. Berikut data meteorologi pada saat kejadian:

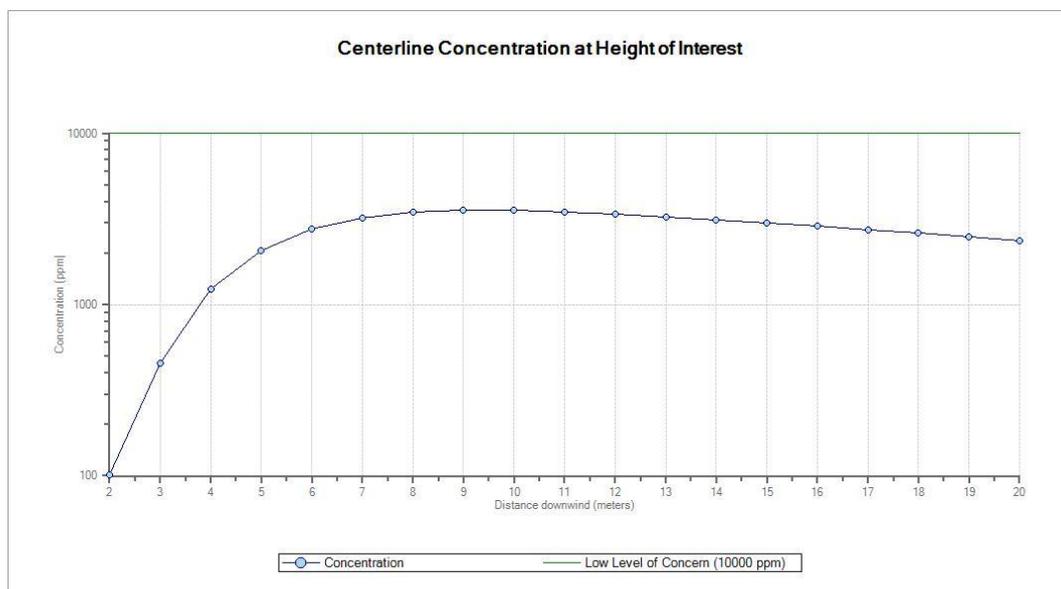
- koordinat lokasi : *Universal Transverse Mercator (UTM) Zone 48*
- temperatur : 25.03°C
- tekanan : 760 mmHg
- kelembaban relatif : 50%
- arah angin : 270°

- kecepatan angin : 1.5 m/s
- *stability class* : D (A = *very unstable*; F = *very stable*)

Skenario kejadian kebakaran ini kemudian disimulasikan menggunakan *BREEZE Incident Analyst* dan *BREEZE 3D Analyst*. Hasilnya adalah sebagai berikut:

1. *Toxic Dispersion*

Data tangki dan karakteristik propana di-*input* dalam *BREEZE Incident Analyst*, kemudian diperoleh rekomendasi analisis *toxic dispersion* menggunakan DEGADIS. Data yang di-*input* dalam DEGADIS berupa *emission rate* sebesar 0.066 kg/s. Hasil simulasi *toxic dispersion* berbentuk *chart* seperti berikut:



Gambar 5.11. Hasil Simulasi *Toxic Dispersion* Tangki Propana *Spherical* dalam Bentuk *Chart*

Peristiwa bocornya tangki *spherical* berisi gas propana yang dicairkan sebanyak 4250.187 m³ dengan tingkat emisi sebesar 0.066 kg/s diperkirakan menimbulkan dampak toksik yang akan menyebar ke daerah-daerah di sekitarnya. Terlebih lagi, lokasi bocor berada pada bagian bawah tangki dengan waktu kebocoran terus menerus. Cairan yang bocor akan tertampung di tanah dan menyebabkan timbunan

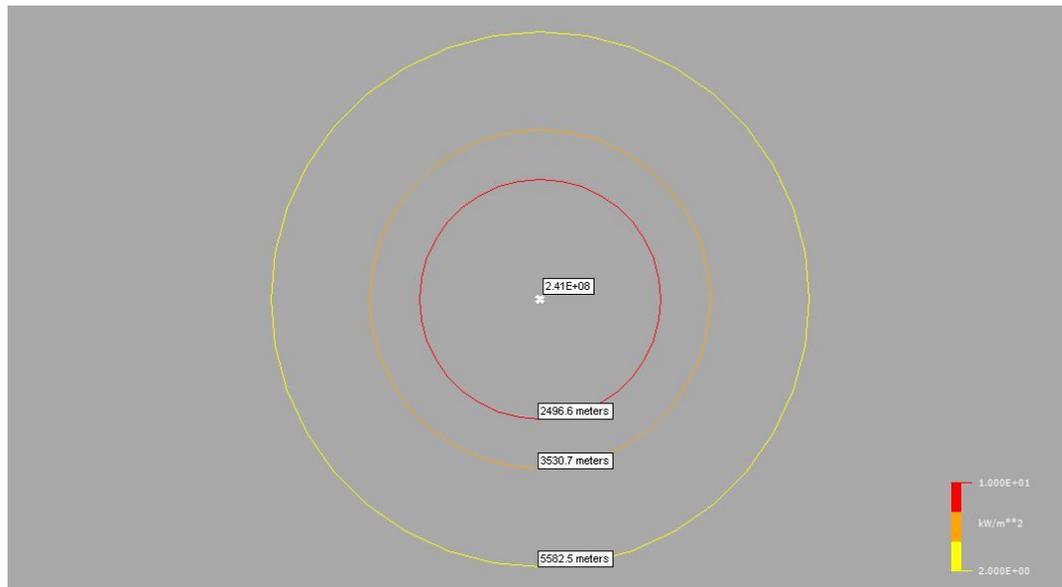
propana yang akan berubah menjadi fase gas. Gas tersebut akan bergerak mengikuti arah angin (skenario: 270° dengan kecepatan angin 1.5 m/s) dan menyebar ke lingkungan di sekitar tempat kejadian kebocoran.

Proses simulasi *Breeze Incident Analyst* menggunakan DEGADIS (*Dense Gas Release*). DEGADIS digunakan dalam simulasi karena sesuai untuk mengestimasi konsentrasi kebocoran suatu bahan kimia yang lebih berat dari udara (berat jenis propana 1.5 kali berat jenis udara) pada area yang searah dengan arah angin. Dari hasil simulasi ini diketahui bahwa konsentrasi *toxic dispersion* akan bergerak naik dari sumber kebocoran. Konsentrasi tersebut mencapai puncaknya (3000 ppm) pada jarak 7 m dari sumber yang kemudian akan bergerak turun hingga konsentrasi 2000 ppm pada jarak 20 m dari sumber kebocoran.

Jarak ini dapat menjadi acuan bagi pihak yang berkepentingan untuk membuat rencana tanggap darurat dengan memasukkan komponen evakuasi lingkungan sekitar terutama yang dilalui arah angin.

2. Kebakaran (*Fire*)

Jenis kebakaran yang terjadi adalah BLEVE dengan *input* data berupa *flammable mass* sebesar 2473608.907 kg.

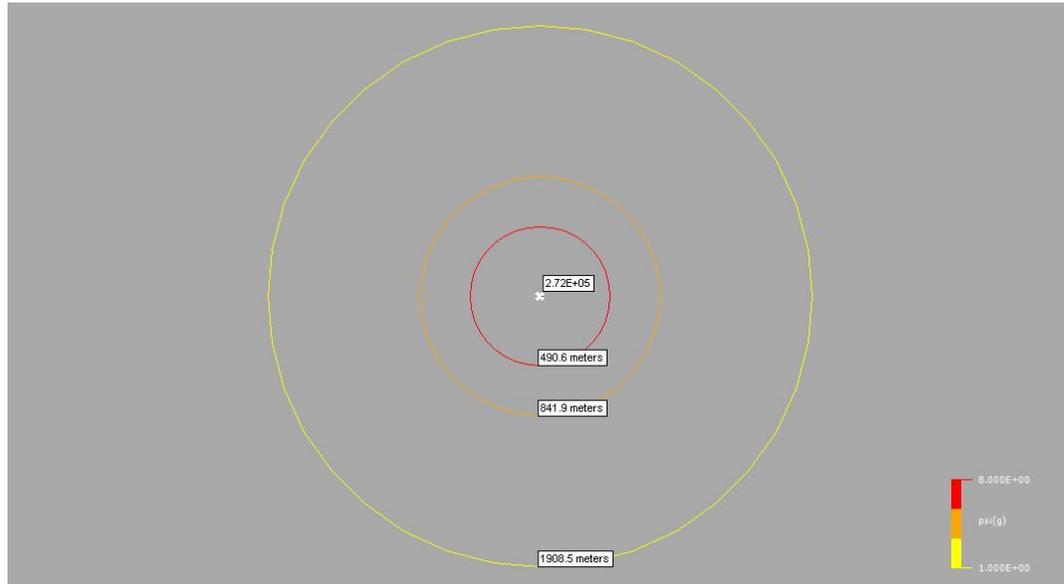


Gambar 5.12. Hasil Simulasi Dampak Kebakaran (Tingkat Radiasi) Tangki Propana *Spherical* dalam Bentuk Map

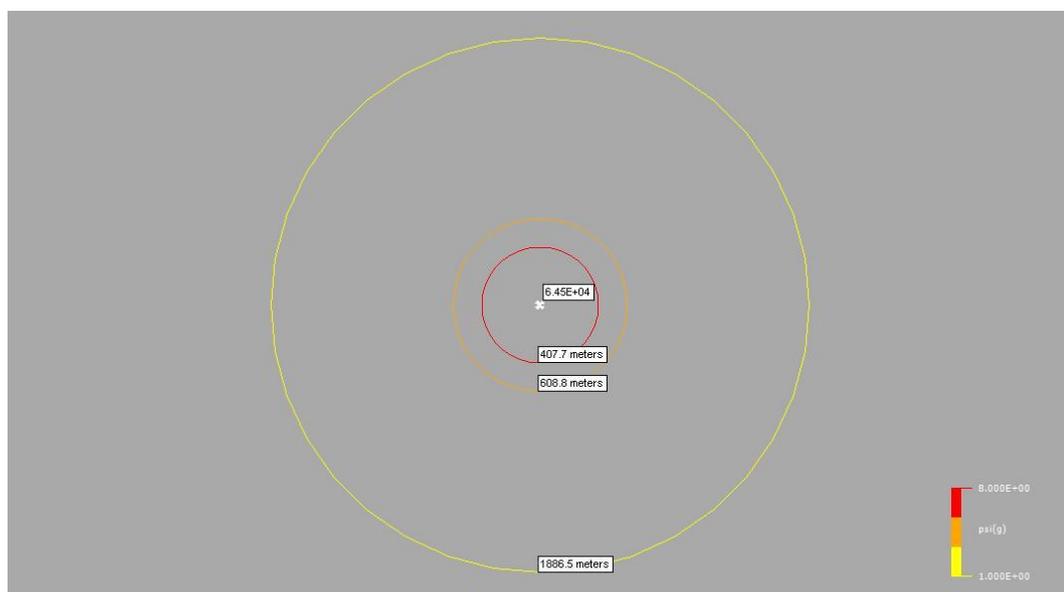
Kebocoran gas memicu terjadinya BLEVE. Propana cair yang bocor akan menguap, ditambah dengan panas lingkungan menambah tekanan yang ada di dalam tangki. Tekanan tersebut terus bertambah hingga pada saat tangki tidak mampu lagi menahan tekanan, maka tangki akan pecah dan meledak. Dengan *flammable mass* sebesar 2473608.907 kg, tingkat radiasi akibat BLEVE cukup luas. Batas *level of concern* (LoC) tingkat tinggi (10 kW/m^2) hingga pada jarak 2496.6 m, *level of concern* tingkat menengah (5 kW/m^2) hingga jarak 3530.7 m dan baru mencapai tingkat aman (2 kW/m^2) pada radius 5582.5 meter.

3. Ledakan (*Explosion*)

Jenis *explosion* yang direkomendasikan berupa *single vapor cloud (TNT equivalency method) U.S. Army TNT Equivalency* dengan input data berupa *flammable mass* sebesar 2473608.907 kg, % *yield of TNT* 5% dan *explosion height* 100 cm. Dari input data diperoleh hasil *surface explosion overpressure* serta *free air explosion overpressure* sebagai berikut:



Gambar 5.13. Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki Penyimpanan Propana *Spherical* dalam Bentuk *Map. Surface Explosion Overpressure*



Gambar 5.14. Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki Penyimpanan Propana *Spherical* dalam Bentuk *Map. Free Air Explosion Overpressure*

Kejadian bocornya tangki penyimpanan propana juga memicu terjadinya ledakan. Ledakan disimulasikan menggunakan TNT *Equivelency method* untuk mengestimasi area ledakan, baik di permukaan maupun ke udara

bebas (Bjerketvedt, Bakke and Wingerden, 1997). Dengan *flammable mass* sebesar 12589.835 kg, tinggi ledakan 100 cm dan % *yield of TNT* sebesar 5% (normal 3 – 5%) (Bjerketvedt, Bakke and Wingerden, 1997), diketahui bahwa area ledakan di permukaan zona *high level of concern* (8 psig) hingga radius 490.6 meter, zona *mid level of concern* (5 psig) hingga radius 841.9 meter sedangkan zona *low level of concern* (1 psig) berada pada jarak minimal 1908.5 meter. Sementara estimasi area ledakan ke udara bebas zona *high level of concern* (8 psig) hingga radius 407.7 meter, zona *mid level of concern* (5 psig) hingga radius 608.8 meter sedangkan zona *low level of concern* (1 psig) berada pada jarak minimal 1866.5 meter.

B. Simulasi Skenario Butana

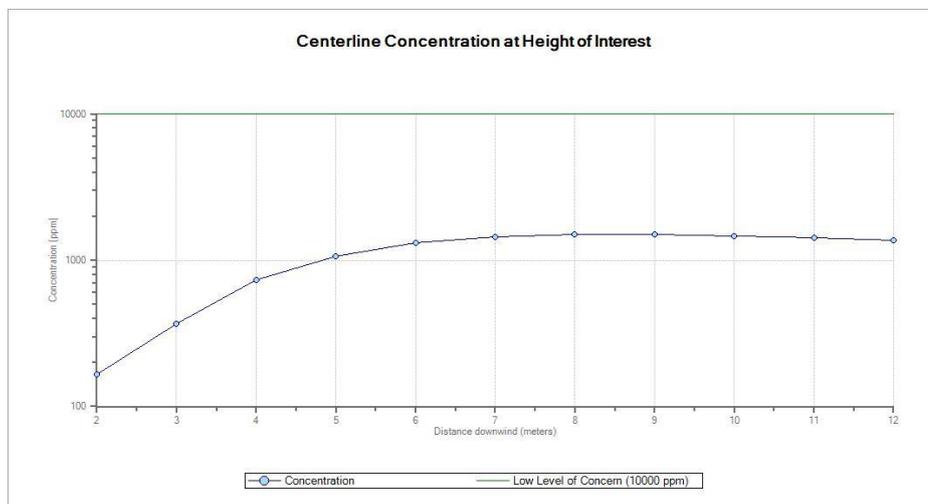
Sebuah kejadian kebocoran tangki penyimpanan butana terjadi pada tanggal 12 Januari 2012 pukul 10:58. Tangki penyimpanan tersebut menampung 85% (4250.187 m³) dari kapasitas penuhnya yaitu sebesar 5000.22 m³. Titik kebocoran berada pada bagian bawah tangki. Lubang kebocoran berdiameter ± 2 mm. Kejadian kebocoran tersebut kemudian berdampak pada kejadian *toxic dispersion*, kebakaran dan ledakan. Berikut data meteorologi pada saat kejadian:

- koordinat lokasi : *Universal Transverse Mercator (UTM) Zone 48*
- temperatur : 25.03°C
- tekanan : 760 mmHg
- kelembaban relatif : 50%
- arah angin : 270°
- kecepatan angin : 1.5 m/s
- stability class : D (A= *very unstable*; F=*very stable*)

Skenario kejadian kebakaran ini kemudian disimulasikan menggunakan *BREEZE Incident Analyst* dan *BREEZE 3D Analyst*. Hasilnya adalah sebagai berikut:

1. Toxic Dispersion

Data-data yang ada dimasukkan ke dalam *BREEZE Incident Analyst*, kemudian diperoleh rekomendasi analisis *toxic dispersion* menggunakan DEGADIS. Data yang di-*input* dalam DEGADIS adalah *emission rate* sebesar 0.03 kg/s. Hasil yang diperoleh dari simulasi ditampilkan dalam bentuk *chart* seperti berikut:



Gambar 5.15. Hasil Simulasi *Toxic Dispersion* Tangki Butana *Spherical* dalam Bentuk *Chart*

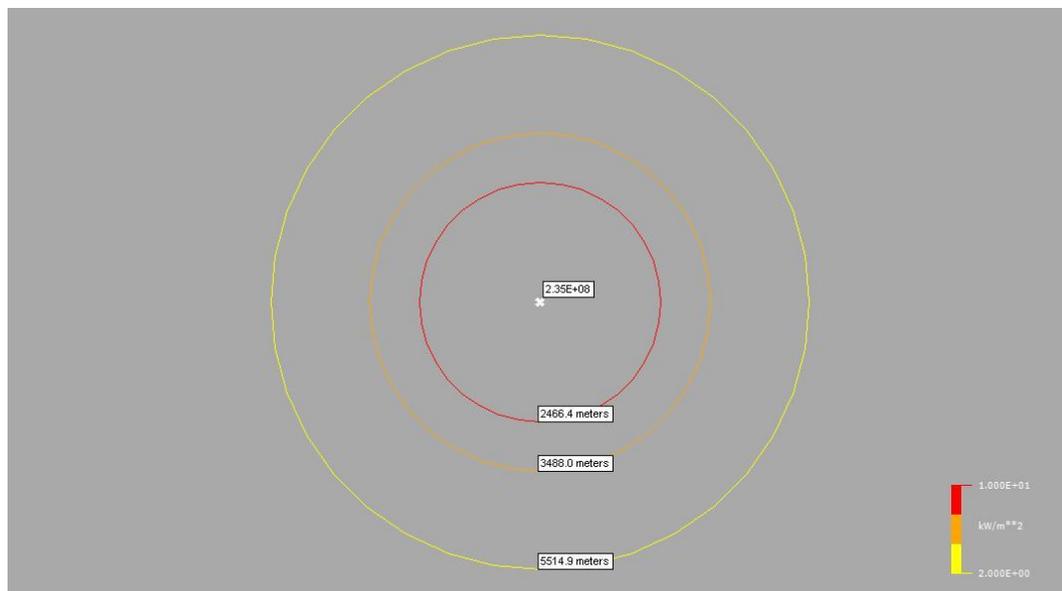
Peristiwa bocornya tangki *spherical* berisi gas butana yang dicairkan sebanyak 4250.187 m³ dengan tingkat emisi sebesar 0.03 kg/s diperkirakan menimbulkan dampak toksik yang akan menyebar ke daerah-daerah di sekitarnya. Terlebih lagi, lokasi bocor berada pada bagian bawah tangki dengan waktu kebocoran terus menerus. Cairan yang bocor akan tertampung di tanah dan menyebabkan timbunan butana yang akan berubah menjadi fase gas. Gas tersebut akan bergerak mengikuti arah angin (skenario: 270° dengan kecepatan angin cukup rendah 1.5m/s) dan menyebar ke lingkungan di sekitar tempat kejadian kebocoran.

Proses simulasi *Breeze Incident Analyst* menggunakan DEGADIS (*Dense Gas Release*). DEGADIS digunakan dalam simulasi karena sesuai untuk mengestimasi konsentrasi kebocoran suatu bahan kimia yang lebih berat dari udara (berat jenis butana 2 kali berat jenis udara)

pada area yang searah dengan arah angin. Dari hasil simulasi ini diketahui bahwa konsentrasi *toxic dispersion* akan bergerak naik dari sumber kebocoran. Konsentrasi tersebut mencapai puncaknya (1500 ppm) pada jarak 8 m dari sumber yang kemudian akan bergerak turun hingga konsentrasi 1100 ppm pada jarak 12 m dari sumber kebocoran. Jarak ini dapat menjadi acuan bagi pihak yang berkepentingan untuk membuat rencana tanggap darurat dengan memasukkan komponen evakuasi lingkungan sekitar terutama yang dilalui arah angin.

2. Kebakaran (*Fire*)

Jenis kebakaran yang terjadi adalah BLEVE dengan *input* data berupa *flammable mass* sebesar 2433229.721 kg. Hasil simulasi ditampilkan dalam bentuk *map* sebagai berikut:



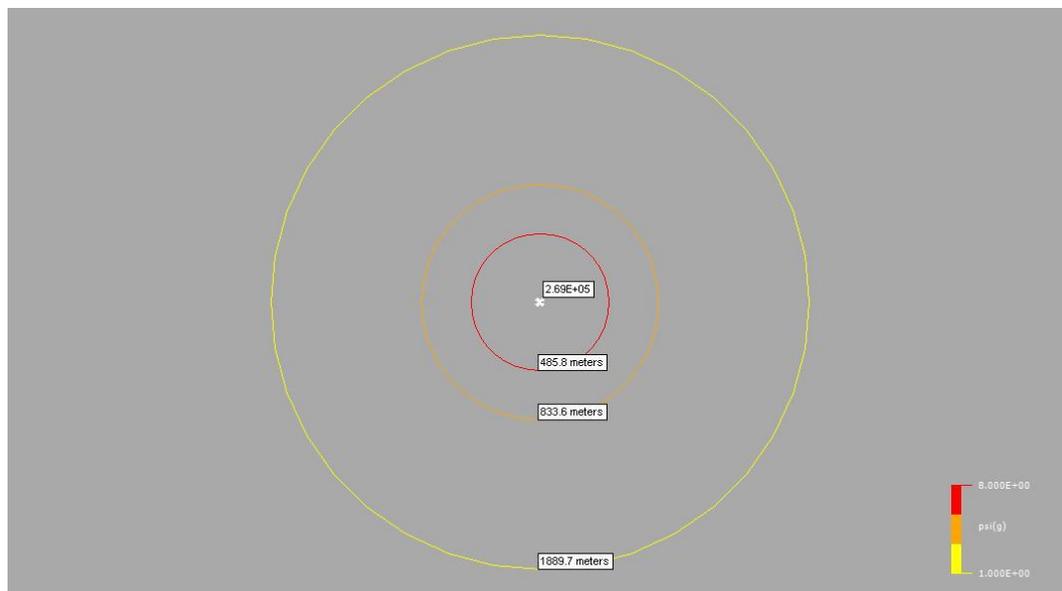
Gambar 5.16. Hasil Simulasi Dampak Kebakaran (Tingkat Radiasi) Tangki Butana *Spherical* dalam Bentuk *Map*

Kebocoran gas memicu terjadinya BLEVE. Butana cair yang bocor akan menguap, ditambah dengan panas lingkungan menambah tekanan yang ada di dalam tangki. Tekanan tersebut terus bertambah hingga pada saat tangki tidak mampu lagi menahan tekanan, maka tangki akan pecah dan

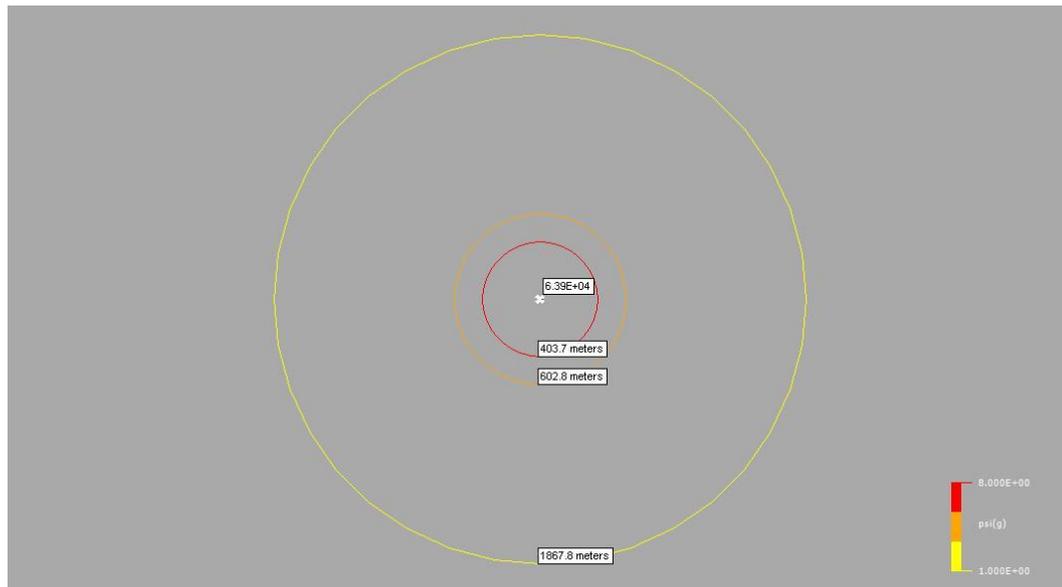
meledak. Dengan *flammable mass* sebesar 2433229.721 kg, tingkat radiasi akibat BLEVE cukup luas. Batas *level of concern* (LoC) tingkat tinggi (10 kW/m^2) hingga pada jarak 2486.4 meter, *level of concern* tingkat menengah (5 kW/m^2) hingga jarak 3480 meter dan baru mencapai tingkat aman (2 kW/m^2) pada radius 5514.9 meter.

3. Ledakan (*Explosion*)

Jenis explosion yang direkomendasikan berupa *single vapor cloud (TNT equivalency method) U.S. Army TNT Equivalency* dengan *input data* berupa *flammable mass* sebesar 2433229.721 kg, % *yield of TNT* 5% dan *explosion height* 100 cm. Dari data tersebut diperoleh hasil *surface explosion overpressure* serta *free air explosion overpressure* sebagai berikut:



Gambar 5.17. Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki Penyimpanan Butana Spherical dalam Bentuk Map. Surface Explosion Overpressure



Gambar 5.18. Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki Penyimpanan Butana Spherical dalam Bentuk Map. Free Air Explosion Overpressure

Kejadian bocornya tangki penyimpanan propana juga memicu terjadinya ledakan. Ledakan disimulasikan menggunakan TNT *Equivalency method* untuk mengestimasi area ledakan, baik di permukaan maupun ke udara bebas (Bjerketvedt, Bakke and Wingerden, 1997). Dengan *flammable mass* sebesar 2433229.721 kg, tinggi ledakan 100 cm dan % *yield of TNT* sebesar 5% (normal 3 – 5%) (Bjerketvedt, Bakke and Wingerden, 1997), diketahui bahwa area ledakan di permukaan zona *high level of concern* (8 psig) hingga radius 485.8 meter, zona *mid level of concern* (5 psig) hingga radius 833.6 meter sedangkan zona *low level of concern* (1 psig) berada pada jarak minimal 1889.7 meter. Sementara estimasi area ledakan ke udara bebas zona *high level of concern* (8 psig) hingga radius 403.7 meter, zona *mid level of concern* (5 psig) hingga radius 602.8 meter sedangkan zona *low level of concern* (1 psig) berada pada jarak minimal 1867.8 meter.

Hasil simulasi yang berupa radius bahaya maupun radius aman dapat digunakan sebahai bahan pertimbangan dalam menempatkan tangki-tangki

penyimpanan bahan kimia (dalam hal ini propana dan butana). Selain itu dapat juga dipergunakan dalam pembuatan rencana tanggap darurat (terkait dengan rencana evakuasi) pekerja maupun masyarakat di lingkungan sekitar. Deteksi dini kebocoran juga penting dimasukkan dalam rencana tanggap darurat untuk meminimalisir dampak negatif yang timbul akibat kejadian kebocoran. Sementara *maintenance* berkala terhadap tangki penyimpanan material beracun dan berbahaya harus dilakukan dengan baik untuk mencegah terjadinya kebocoran tangki.

Pengendalian dan tanggap darurat sangat penting dilakukan mengingat jika terpajan gas propana dengan konsentrasi tinggi, dapat terjadi kerusakan suunan saraf pusat sedangkan jika terpajan propana dalam bentuk cairan dapat menyebabkan luka bakar (NIOSH, 2008).

5.2.3. Tabung LPG

Dimensi tabung LPG ukuran 3 kg yang banyak beredar di pasaran adalah sebagai berikut:

- diameter : 260 mm
- tinggi tabung : 190 mm
- volume : 7.3 liter
- tekanan : 18.6 atm
- temperatur dalam tabung : 25°C

Sedangkan karakteristik propana dan butana yang disimpan dalam tangki *spherical* tersebut mengacu pada **Tabel 5.1**.



Gambar 5.19. Tabung LPG 3 Kg

A. Simulasi Skenario Propana

Sebuah kejadian kebocoran tabung LPG 3 kg terjadi pada tanggal 24 Januari 2012 pukul 13:27:17. Tabung tersebut menyimpan 85% (0.008 m^3) dari kapasitas penuhnya yaitu sebesar 0.009 m^3 . Titik kebocoran berada pada bagian bawah tabung. Lubang kebocoran berdiameter 1 mm. Kejadian kebocoran tersebut kemudian berdampak pada kejadian *toxic dispersion*, kebakaran dan ledakan. Berikut data meteorologi pada saat kejadian:

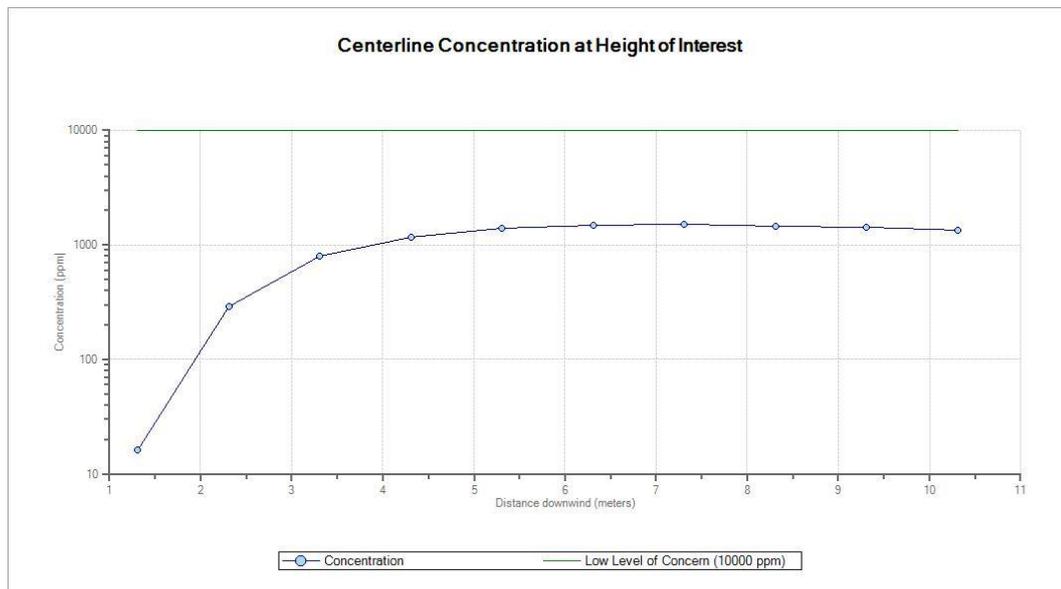
- koordinat lokasi : *Universal Transverse Mercator (UTM) Zone 48*
- temperatur : 25.03°C
- tekanan : 760 mmHg
- kelembaban relatif : 50%
- arah angin : 270°
- kecepatan angin : 1.5 m/s
- *stability class* : D (A = *very unstable*; F = *very stable*)

Skenario kejadian kebakaran ini kemudian disimulasikan menggunakan *BREEZE Incident Analyst* dan *BREEZE 3D Analyst*. Hasilnya adalah sebagai berikut:

1. Toxic Dispersion

Data tabung dan karakteristik propana di-*input* dalam *BREEZE Incident Analyst*, kemudian diperoleh rekomendasi analisis *toxic dispersion* menggunakan DEGADIS. Data yang di-*input* dalam DEGADIS berupa

emission rate sebesar 0.014 kg/s. Hasil simulasi *toxic dispersion* berbentuk *chart* seperti berikut:



Gambar 5.20. Hasil Simulasi *Toxic Dispersion* Tabung LPG Propana 3 Kg dalam Bentuk *Chart*

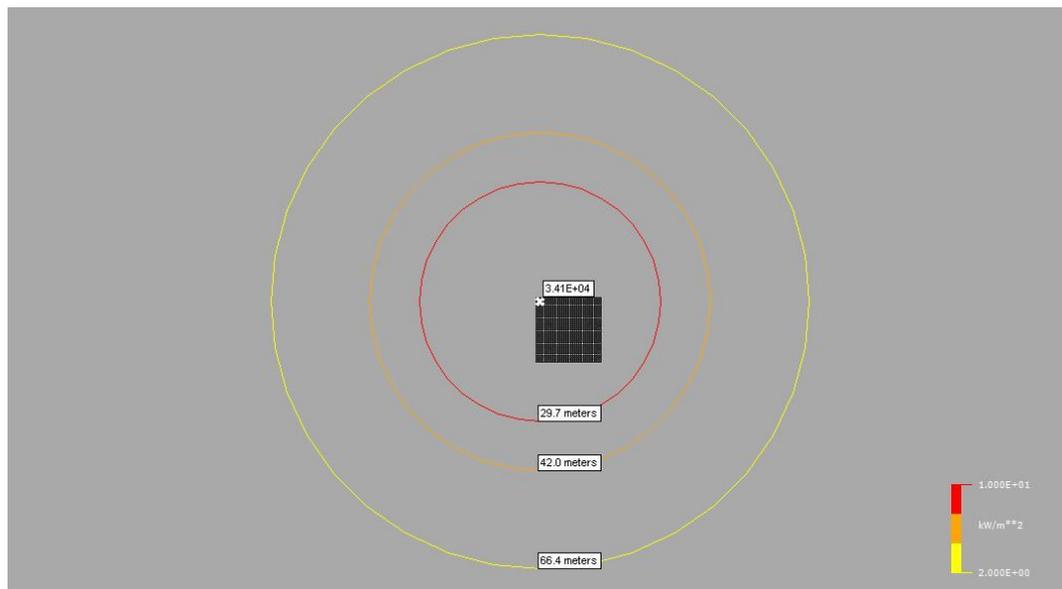
Peristiwa bocornya tabung LPG 3 kg berisi gas propana yang dicairkan sebanyak 0.008 m^3 dengan tingkat emisi sebesar 0.014 kg/s diperkirakan menimbulkan dampak toksik yang akan menyebar ke daerah-daerah di sekitarnya. Terlebih lagi, lokasi bocor berada pada bagian bawah tangki dengan waktu kebocoran terus menerus. Cairan yang bocor akan tertampung di tanah dan menyebabkan timbunan propana yang akan berubah menjadi fase gas. Gas tersebut akan bergerak mengikuti arah angin (skenario: 270° dengan kecepatan angin 1.5 m/s) dan menyebar ke lingkungan di sekitar tempat kejadian kebocoran.

Proses simulasi *Breeze Incident Analyst* menggunakan DEGADIS (*Dense Gas Release*). DEGADIS digunakan dalam simulasi karena sesuai untuk mengestimasi konsentrasi kebocoran suatu bahan kimia yang lebih berat dari udara (berat jenis propana 1.5 kali berat jenis udara) pada area yang searah dengan arah angin. Dari hasil simulasi ini diketahui bahwa konsentrasi *toxic dispersion* akan bergerak naik dari

sumber kebocoran. Konsentrasi tersebut mencapai puncaknya (1100 ppm) pada jarak 5.5 m dari sumber yang kemudian akan bergerak turun hingga konsentrasi 1050 ppm pada jarak 10.5 m dari sumber kebocoran. Jarak ini dapat menjadi acuan bagi pihak yang berkepentingan untuk membuat rencana tanggap darurat dengan memasukkan komponen evakuasi lingkungan sekitar terutama yang dilalui arah angin.

2. Kebakaran (*Fire*)

Jenis kebakaran yang terjadi adalah BLEVE dengan *input* data berupa *flammable mass* sebesar 4.452 kg.



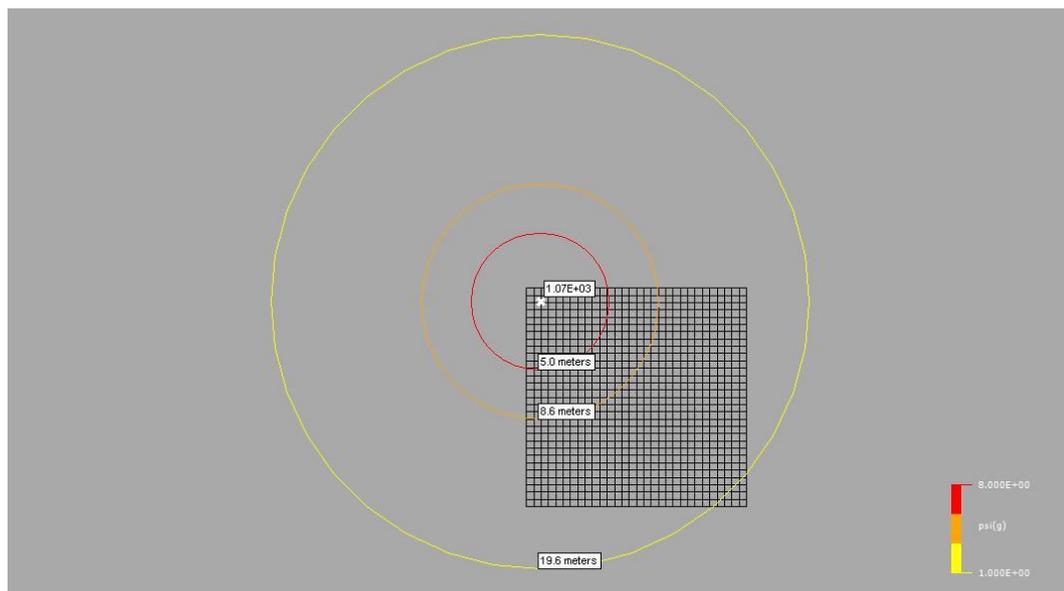
Gambar 5.21. Hasil Simulasi Dampak Kebakaran (Tingkat Radiasi) Tangki LPG Propana 3Kg dalam Bentuk *Map*

Kebocoran gas memicu terjadinya BLEVE. Propana cair yang bocor akan menguap, ditambah dengan panas lingkungan menambah tekanan yang ada di dalam tangki. Tekanan tersebut terus bertambah hingga pada saat tangki tidak mampu lagi menahan tekanan, maka tangki akan pecah dan meledak. Dengan *flammable mass* sebesar 4.452 kg, tingkat radiasi akibat BLEVE cukup luas. Batas *level of concern* (LoC) tingkat tinggi (10 kW/m²) hingga pada jarak 29.7 m, *level of concern* tingkat menengah (5

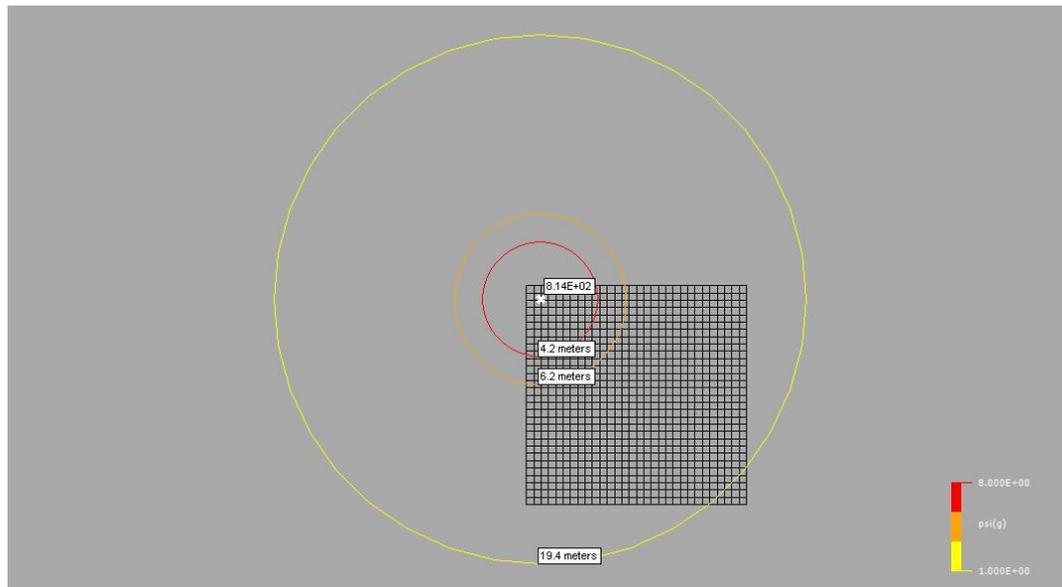
kW/m^2) hingga jarak 42 m dan baru mencapai tingkat aman (2 kW/m^2) pada radius 66.4 meter.

3. Ledakan (*Explosion*)

Jenis *explosion* yang direkomendasikan berupa *single vapor cloud (TNT equivalency method) U.S. Army TNT Equivalency* dengan input data berupa *flammable mass* sebesar 4.452 kg, % *yield of TNT* 3% dan *explosion height* 10 cm. Dari input data diperoleh hasil *surface explosion overpressure* serta *free air explosion overpressure* sebagai berikut:



Gambar 5.22. Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki Penyimpanan LPG Propana 3 Kg dalam Bentuk *Map. Surface Explosion Overpressure*



Gambar 5.23. Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki Penyimpanan LPG Propana 3Kg dalam Bentuk Map. *Free Air Explosion Overpressure*

Kejadian bocornya tangki penyimpanan propana juga memicu terjadinya ledakan. Ledakan disimulasikan menggunakan TNT *Equivalency method* untuk mengestimasi area ledakan, baik di permukaan maupun ke udara bebas (Bjerketvedt, Bakke and Wingerden, 1997). Dengan *flammable mass* sebesar 4.452 kg, tinggi ledakan 10 cm dan % *yield of TNT* sebesar 5% (normal 3 – 5%) (Bjerketvedt, Bakke and Wingerden, 1997), diketahui bahwa area ledakan di permukaan zona *high level of concern* (8 psig) hingga radius 5 meter, zona *mid level of concern* (5 psig) hingga radius 8.6 meter sedangkan zona *low level of concern* (1 psig) berada pada jarak minimal 19.4 meter. Sementara estimasi area ledakan ke udara bebas zona *high level of concern* (8 psig) hingga radius 4.1 meter, zona *mid level of concern* (5 psig) hingga radius 6.2 meter sedangkan zona *low level of concern* (1 psig) berada pada jarak minimal 19.2 meter.

C. Simulasi Skenario Butana

Sebuah kejadian kebocoran tabung LPG butana ukuran 3 kg terjadi pada tanggal 24 Januari 2012 pukul 14:48:12. Tabung tersebut menampung 85%

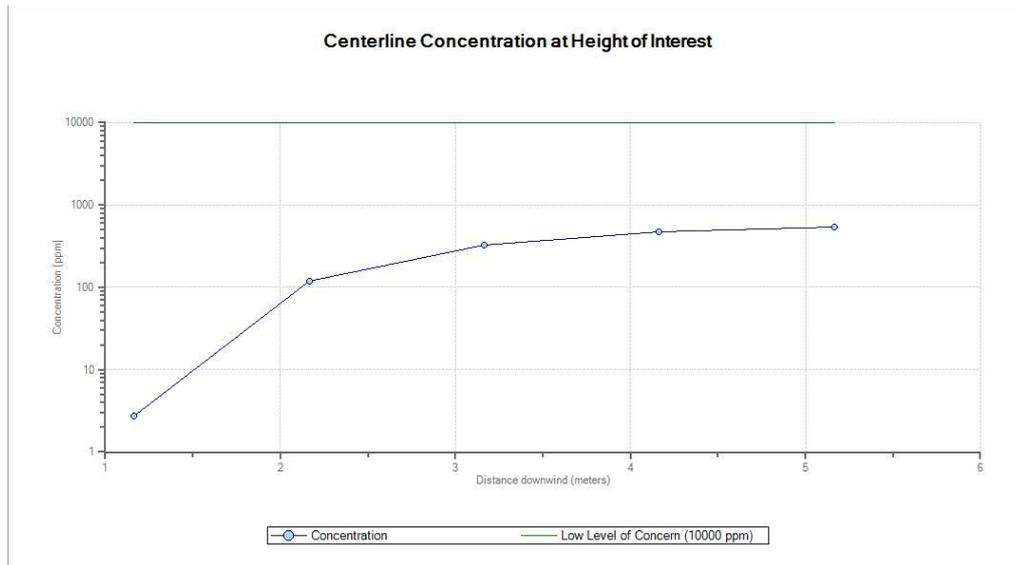
(0.008 m³) dari kapasitas penuhnya yaitu sebesar 0.009 m³. Titik kebocoran berada pada bagian bawah tangki. Lubang kebocoran berdiameter 1 mm. Kejadian kebocoran tersebut kemudian berdampak pada kejadian *toxic dispersion*, kebakaran dan ledakan. Berikut data meteorologi pada saat kejadian:

- koordinat lokasi : *Universal Transverse Mercator (UTM) Zone 48*
- temperatur : 25.03°C
- tekanan : 760 mmHg
- kelembaban relatif : 50%
- arah angin : 270°
- kecepatan angin : 1.5 m/s
- stability class : D (A= *very unstable*; F=*very stable*)

Skenario kejadian kebakaran ini kemudian disimulasikan menggunakan *BREEZE Incident Analyst* dan *BREEZE 3D Analyst*. Hasilnya adalah sebagai berikut:

1. *Toxic Dispersion*

Data-data yang ada dimasukkan ke dalam *BREEZE Incident Analyst*, kemudian diperoleh rekomendasi analisis *toxic dispersion* menggunakan DEGADIS. Data yang di-*input* dalam DEGADIS adalah *emission rate* sebesar 0.006 kg/s. Hasil yang diperoleh dari simulasi ditampilkan dalam bentuk *chart* seperti berikut:



Gambar 5.24. Hasil Simulasi *Toxic Dispersion* Tabung LPG Butana 3Kg dalam Bentuk *Chart*

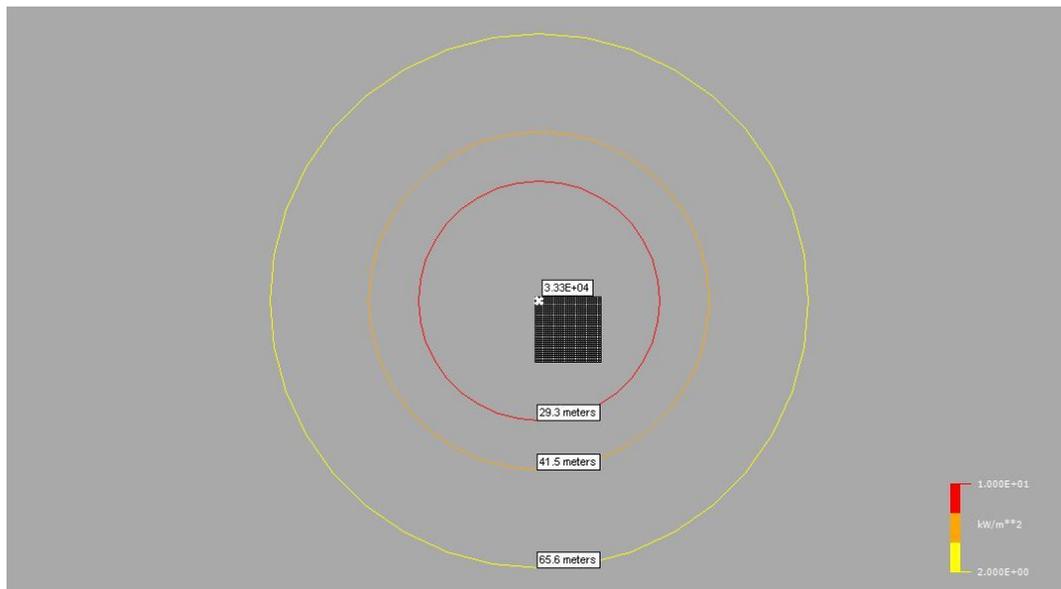
Peristiwa bocornya tabung berisi gas butana yang dicairkan sebanyak 0.008 m^3 dengan tingkat emisi sebesar 0.006 kg/s diperkirakan menimbulkan dampak toksik yang akan menyebar ke daerah-daerah di sekitarnya. Terlebih lagi, lokasi bocor berada pada bagian bawah tangki dengan waktu kebocoran terus menerus. Cairan yang bocor akan tertampung pada permukaan dan menyebabkan timbunan butana yang akan berubah menjadi fase gas. Gas tersebut akan bergerak mengikuti arah angin (skenario: 270° dengan kecepatan angin cukup rendah 1.5 m/s) dan menyebar ke lingkungan di sekitar tempat kejadian kebocoran.

Proses simulasi *Breeze Incident Analyst* menggunakan DEGADIS (*Dense Gas Release*). DEGADIS digunakan dalam simulasi karena sesuai untuk mengestimasi konsentrasi kebocoran suatu bahan kimia yang lebih berat dari udara (berat jenis butana 2 kali berat jenis udara) pada area yang searah dengan arah angin. Dari hasil simulasi ini diketahui bahwa konsentrasi *toxic dispersion* akan bergerak naik dari sumber kebocoran. Konsentrasi tersebut mencapai puncaknya (500 ppm) pada jarak 5.5 m .

Jarak ini dapat menjadi acuan bagi pihak yang berkepentingan untuk membuat rencana tanggap darurat dengan memasukkan komponen evakuasi lingkungan sekitar terutama yang dilalui arah angin.

2. Kebakaran (*Fire*)

Jenis kebakaran yang terjadi adalah BLEVE dengan *input* data berupa *flammable mass* sebesar 4.38 kg. Hasil simulasi ditampilkan dalam bentuk *map* sebagai berikut:

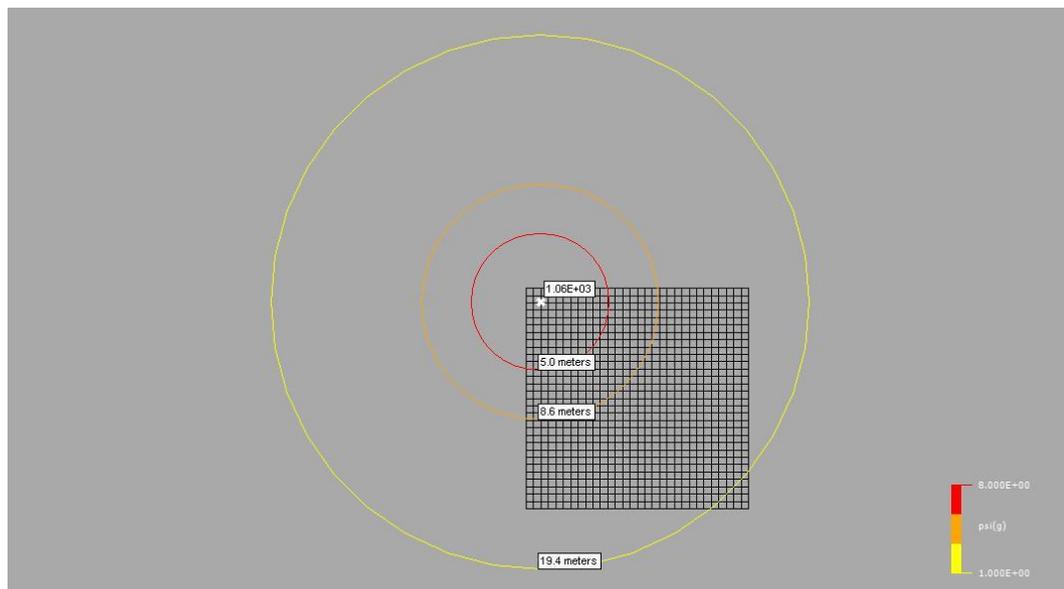


Gambar 5.25. Hasil Simulasi Dampak Kebakaran (Tingkat Radiasi) Tangki LPG Butana 3Kg dalam Bentuk *Map*

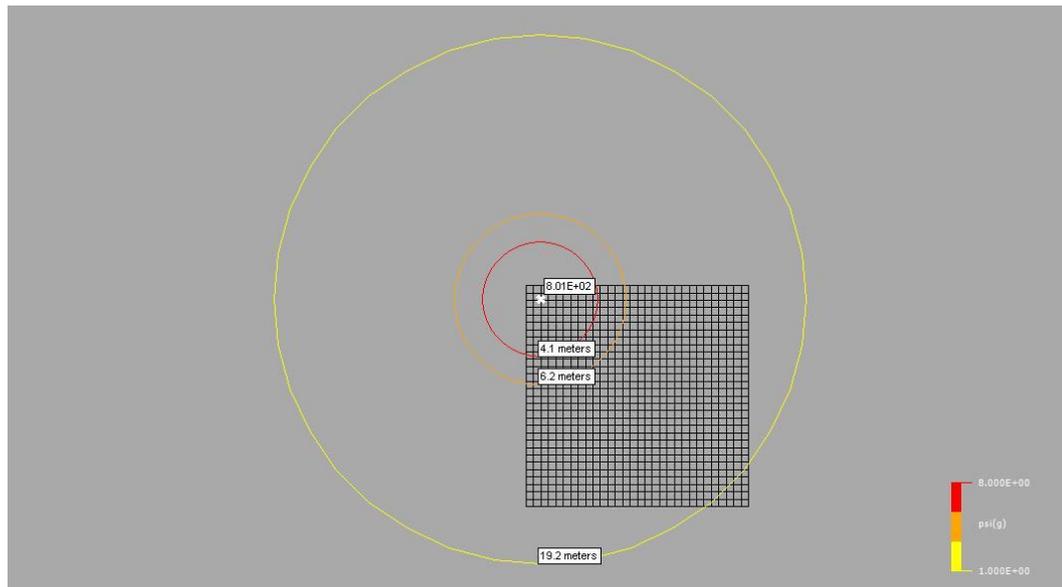
Kebocoran gas memicu terjadinya BLEVE. Butana cair yang bocor akan menguap, ditambah dengan panas lingkungan menambah tekanan yang ada di dalam tangki. Tekanan tersebut terus bertambah hingga pada saat tangki tidak mampu lagi menahan tekanan, maka tangki akan pecah dan meledak. Dengan *flammable mass* sebesar 4.38 kg, tingkat radiasi akibat BLEVE cukup luas. Batas *level of concern* (LoC) tingkat tinggi (10 kW/m^2) hingga pada jarak 29.3 meter, *level of concern* tingkat menengah (5 kW/m^2) hingga jarak 41.5 meter dan baru mencapai tingkat aman (2 kW/m^2) pada radius 65.6 meter.

3. Ledakan (*Explosion*)

Jenis explosion yang direkomendasikan berupa *single vapor cloud (TNT equivalency method) U.S. Army TNT Equivalency* dengan *input data* berupa *flammable mass* sebesar 43.8 kg, % *yield of TNT* 3% dan *explosion height* 10 cm. Dari data tersebut diperoleh hasil *surface explosion overpressure* serta *free air explosion overpressure* sebagai berikut:



Gambar 5.26. Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki Penyimpanan LPG Butana 3Kg dalam Bentuk *Map. Surface Explosion Overpressure*



Gambar 5.27. Hasil Simulasi Dampak Ledakan Tangki Penyimpanan LPG Butana 3Kg dalam Bentuk Map. *Free Air Explosion Overpressure*

Kejadian bocornya tangki penyimpanan propana juga memicu terjadinya ledakan. Ledakan disimulasikan menggunakan TNT *Equivalency method* untuk mengestimasi area ledakan, baik di permukaan maupun ke udara bebas (Bjerketvedt, Bakke and Wingerden, 1997). Dengan *flammable mass* sebesar 43.8 kg, tinggi ledakan 10 cm dan % *yield of TNT* sebesar 3% (normal 3 – 5%) (Bjerketvedt, Bakke and Wingerden, 1997), diketahui bahwa area ledakan di permukaan zona *high level of concern* (8 psig) hingga radius 5 meter, zona *mid level of concern* (5 psig) hingga radius 8.6 meter sedangkan zona *low level of concern* (1 psig) berada pada jarak minimal 19.4 meter. Sementara estimasi area ledakan ke udara bebas zona *high level of concern* (8 psig) hingga radius 4.1 meter, zona *mid level of concern* (5 psig) hingga radius 6.2 meter sedangkan zona *low level of concern* (1 psig) berada pada jarak minimal 19.2 meter.

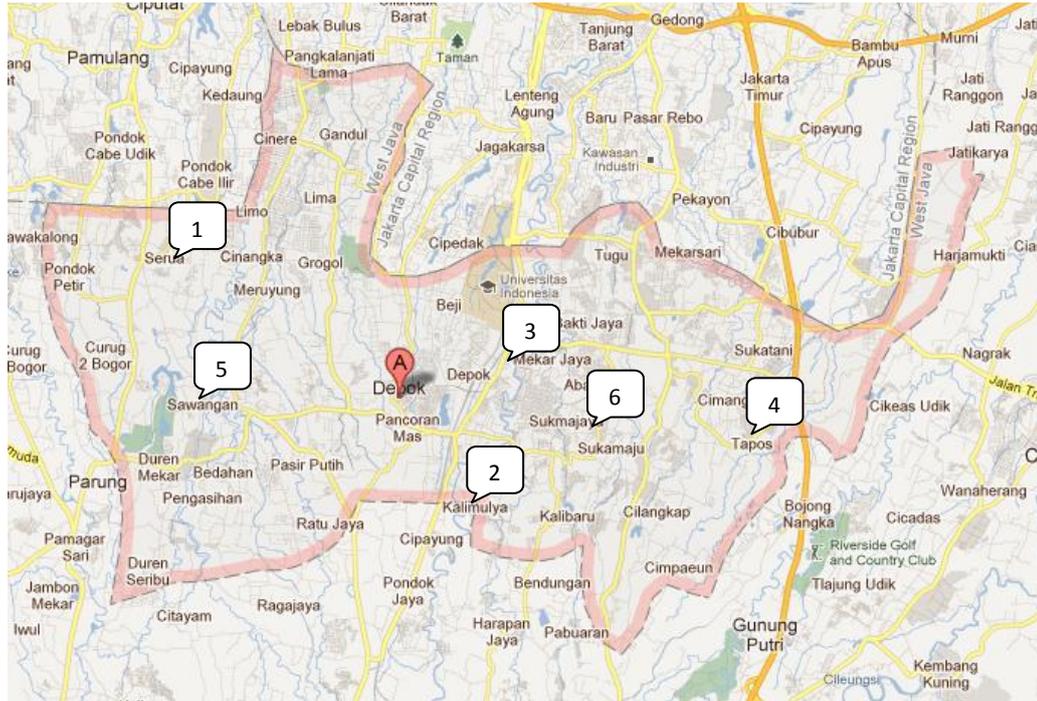
Hasil dari simulasi tersebut dapat dipergunakan baik oleh pihak penyalur LPG agar lebih memperhatikan aspek keselamatan dalam hal penyimpanan dan penanganan tabung LPG 3 kg. Jika aspek keselamatan telah diperhatikan dengan

baik, maka diharapkan kejadian kebocoran tabung LPG yang dapat bermuara pada peristiwa *toxic dispersion*, kebakaran dan ledakan dapat dicegah. Aspek keselamatan penyalur LPG ini dapat dilihat dari beberapa aspek, mulai dari penanganan tabung, prosedur keselamatan dan kompetensi petugas, fasilitas dan rambu keselamatan, serta sistem proteksi kebakaran. Penjelasan lebih detail mengenai bagaimana aspek keselamatan penyalur LPG ada pada subpenelitian berikutnya.

5.3. Analisis Keselamatan Penyalur LPG 3 kg di Depok

Berdasarkan hasil simulasi mengenai dampak kebocoran tabung LPG yang berujung pada peristiwa kebakaran dan ledakan, maka dilakukan penelitian mengenai keselamatan penyalur LPG 3 kg. Penelitian dilakukan melalui observasi dan pengisian *checklist* yang dikembangkan berdasarkan Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dari Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian ESDM RI dan NFPA 58.

Terdapat 6 penyalur LPG yang menjadi unit analisis penelitian. Keenam penyalur tersebut tersebar di wilayah Depok, Jawa Barat. Semua penyalur tersebut berlokasi di sekitar areal pemukiman penduduk. Peta penyebaran penyalur LPG yang menjadi unit analisis dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.28.



Gambar 5.28. Peta Lokasi Penyalur LPG yang Menjadi Unit Analisis Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keselamatan penyimpanan dan penanganan tabung LPG 3 kg pada tingkat penyalur LPG. Satu penyalur LPG dapat menampung tabung LPG dalam jumlah ribuan kg (mulai dari tabung ukuran 3 kg hingga 50 kg). Sebagai contoh, salah satu penyalur LPG di Depok yang menjadi sampel penelitian menyimpan tabung LPG hingga lebih dari 4000 kg dalam 1 tempat. Penyalur LPG termasuk tempat dengan risiko keselamatan yang cukup tinggi, seperti kebocoran gas, kebakaran dan ledakan dan terjatuh atau tertimpa saat melakukan penanganan tabung.

Oleh karena tabung risiko di sebuah penyalur tabung LPG, maka aspek keselamatan penyimpanan dan penanganan tabung-tabung tersebut sangat penting untuk diperhatikan, antara lain penyiapan SOP, seleksi tabung yang akan diterima dari SPBE/SPPBE, jumlah maksimal tabung yang boleh disimpan dalam satu area penyimpanan, kondisi tempat penyimpanan tabung, cara penyimpanan tabung, cara penanganan tabung untuk menghindari kerusakan tabung, rambu keselamatan, kompetensi petugas, rencana tanggap darurat, hingga sosialisasi

keselamatan bagi warga masyarakat di sekitar area penyimpanan tabung LPG. Semua aspek keselamatan tersebut akan dibahas lebih detail pada penjelasan berikut:

5.3.1. Penanganan Tabung

Aspek penanganan tabung terdapat pada pernyataan nomor 1 – 17 di dalam *checklist* yang digunakan untuk pengambilan data primer. Pernyataan tersebut meliputi jumlah tabung yang disimpan, cara peletakan tabung, serta pekerja yang melakukan penanganan tabung. Sebagian besar penyalur tidak menyimpan tabung lebih dari 4540 kg, tabung tidak saling berhadapan, tidak digunakan untuk ganjalan. Namun hampir semua penyalur tidak memberikan jarak pada tiap penyimpanan 4 baris tabung. Penjelasan lebih rinci mengenai penanganan tabung pada 6 penyalur LPG di Depok sebagai berikut:

1. Jumlah maksimal tabung yang disimpan dalam satu area penyimpanan

Sesuai ketentuan NFPA 58: *Liquefied Petroleum Gas Code* (1998) dan Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian ESDM RI, jumlah tabung maksimal yang diperbolehkan disimpan dalam satu area penyimpanan sebanyak 4540 kg. Ketentuan ini dimaksudkan untuk membatasi material mudah terbakar dan mudah meledak di dalam satu area sehingga risiko keselamatan yang mungkin timbul oleh LPG yang disimpan juga berkurang.

Dari hasil penelitian dan penilaian ke 6 penyalur LPG di wilayah Depok, 5 penyalur lainnya menyimpan tabung LPG kurang dari 4540 kg. 1 penyalur lainnya menyimpan tabung LPG sebanyak lebih dari 4540 kg dalam 1 area penyimpanan tidak sesuai dengan dengan 2 ketentuan yang berlaku (Gambar 5.29).



Gambar 5.29. Salah Satu Penyalur yang Menyimpan LPG Lebih dari 4540 Kg

2. Arah penempatan tabung

Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian ESDM RI mengisyaratkan agar tabung LPG harus ditempatkan dengan posisi kepala tabung menghadap ke atas, tidak terbalik, dan antara kepala tabung yang satu tidak saling berhadapan dengan kepala tabung lain. *Foot ring* didesain khusus agar tabung dapat berdiri tegak dan stabil. Oleh karena itu, *foot ring* harus berada dalam posisi di bawah. Tujuannya adalah agar tabung tetap stabil dan tidak mudah jatuh. Jika tabung terjatuh, kemungkinan tabung atau katup tabung akan rusak. Kemungkinan

bocor dapat terjadi apabila tabung terjatuh akibat kesalahan arah penempatan tabung.

Dari hasil observasi pada 6 penyalur LPG 3 kg di wilayah Depok terdapat 1 penyalur yang terlihat menempatkan tabung dalam keadaan kepala tabung menghadap ke bawah sehingga kepala tabung saling berhadapan (Gambar 5.30).



Gambar 5.30. Tabung Ditempatkan dalam Posisi Kepala Tabung Menghadap ke Bawah

3. Tabung LPG Disusun dengan Aman

Tabung LPG harus disusun dengan aman. Salah satu caranya adalah dengan menentukan maksimal jumlah tabung dalam satu susunan. Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian ESDM RI mensyaratkan maksimal tabung LPG 3 kg dalam satu tumpukan sebanyak 5 susun. Untuk tabung LPG 12 kg maksimal diperbolehkan sebanyak 2 susun, sementara untuk tabung 50 kg tidak boleh ditumpuk. Tabung LPG yang tersusun rapi dan teratur dapat memberikan kemudahan untuk memindahkan atau memeriksa tabung LPG, serta untuk memudahkan evakuasi petugas dan barang-barang pada saat terjadi keadaan gawat darurat.

Saat observasi ke 6 penyalur LPG di kota Depok, ditemukan 2 penyalur yang menumpuk tabung LPG 3 kg lebih dari 6 susun dalam 1 tumpuk, sementara

untuk tabung LPG 12 kg dan 50 kg telah disusun dengan aman sesuai ketentuan (Gambar 5.31.).



Gambar 5.31. Tabung LPG 3 Kg 6 Susun dalam Satu Tumpuk

4. Setiap Penempatan 4 Baris Tabung LPG Harus Diberikan Akses Minimal 1 Meter

Akses tersebut diperlukan agar tabung tidak terlalu menumpuk pada satu tempat. Selain itu, akses diperlukan untuk memudahkan petugas yang melakukan penanganan terhadap tabung-tabung LPG yang ada serta memudahkan perhitungan tabung dan untuk memudahkan mobilisasi tabung jika terjadi keadaan darurat (Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian ESDM RI). Dari 6 penyalur tabung LPG yang diobservasi, sebagian besar jarak yang disediakan oleh penyalur hanya beberapa cm saja (Gambar 5.32.). Hanya ada 1 penyalur yang menyediakan jarak minimal 1 meter setiap penempatan 4 baris tabung LPG.



Gambar 5.32. Jarak Antara 4 Susun Tabung Kurang dari 1 Meter

5. Peralang LPG Memiliki Rambu Keselamatan yang Dipasang

Rambu keselamatan diwajibkan untuk dipasang di areal penyimpanan LPG. Minimal rambu keselamatan yang dipasang adalah Tanda Larangan Merokok. Hal tersebut dikarenakan areal penyimpanan LPG merupakan area berisiko tinggi dimana LPG yang disimpan dalam jumlah banyak dan merupakan material mudah terbakar.

Hasil observasi pada 6 peralang LPG di Depok hanya 3 peralang memiliki rambu keselamatan yang dipasang (Gambar 5.33.). Pemasangan rambu keselamatan ini juga merupakan bagian dari membangun kesadaran bagi petugas peralang agar memperhatikan aspek keselamatan di areal penyimpanan tabung, antara lain dengan cara tidak merokok di dekat tempat penyimpanan tabung, serta bekerja dengan aman dengan tabung LPG untuk menghindari kemungkinan kerusakan tabung yang dapat berakibat fatal.



Gambar 5.33. Rambu Keselamatan

6. Penyalur LPG memiliki Sistem Pengelompokkan Tabung

Antara tabung LPG yang terisi dengan tabung LPG kosong harus dipisahkan. Tabung LPG yang terisi sebaiknya lebih diperhatikan tempat penyimpanannya untuk mencegah kerugian yang dapat timbul. Dari 6 penyalur yang diobservasi, semua penyalur telah memisahkan antara tabung ini dengan tabung kosong (Gambar 5.34.). Pihak penyalur mengatakan pemisahan tersebut antara lain bertujuan agar tidak terjadi kekeliruan pada saat ada konsumen yang membeli gas tersebut karena selain mensuplai LPG ke pangkalan-pangkalan di sekitarnya, ada pula penyalur yang menjual gas LPG tersebut langsung kepada masyarakat.



(a) (b)
Gambar 5.34. Tempat Penyimpanan Tabung Kosong (a) dan Tempat Penyimpanan Tabung Isi (b)

7. Tabung Mudah Dihitung

Tabung LPG yang disimpan harus mudah dihitung dan disusun rapi. Salah satu caranya adalah dengan menentukan jumlah tumpukan dan susunan dari masing-masing tabung. Tujuannya antara lain untuk memudahkan pengecekan stok LPG, untuk memudahkan kegiatan pemindahan dan pemeriksaan tabung, serta untuk memudahkan evakuasi baik petugas maupun barang-barang pada saat terjadi keadaan darurat (Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian ESDM RI).

Dari hasil observasi ke enam penyalur LPG di Depok diketahui bahwa 5 penyalur mengatur penyimpanan tabung sedemikian rupa sehingga mudah dihitung (Gambar 5.35.).



Gambar 5.35. Tabung LPG yang Mudah Dihitung

8. Stok *Rubber Seal* Tersedia Untuk Setiap Ukuran Tabung

Masing-masing ukuran tabung LPG memiliki ukuran yang berbeda. Oleh karena itu penyalur LPG harus menyediakan stok *rubber seal* yang harus cukup untuk semua tabung dan ada berbagai macam ukuran. Semua tabung LPG yang akan digunakan harus dilengkapi dengan *rubber seal*. *Rubber seal* tersebut berguna untuk mencegah kebocoran gas melalui katup tabung LPG. Jika tidak ada *rubber seal* dikhawatirkan terjadi kebocoran gas. Jika bocoran tersebut bertemu dengan sumber api. Selain itu, gas yang bocor dapat pula menyebabkan peristiwa toksikologi (misalnya keracunan) baik bagi petugas maupun bagi masyarakat di lingkungan sekitar penyalur LPG.

Hasil observasi yang dilakukan pada 6 penyalur LPG di Depok menunjukkan bahwa ada 3 penyalur yang menyiapkan persediaan *rubber seal* dengan jumlah yang disesuaikan dengan jumlah tabung yang disimpan. Ada 1 penyalur yang tidak memiliki persediaan *rubber seal*. Sementara 2 penyalur lainnya tidak menyediakan *rubber seal* dengan alasan mereka tidak menyimpan LPG terisi dalam jangka waktu yang cukup lama (LPG yang mereka ambil dari SPBE/SPPBE langsung disebarkan ke pangkalan-pangkalan).

9. Pekerja Melakukan Penanganan Tabung LPG dengan Baik

Pekerja yang langsung menangani tabung LPG harus diberikan pengetahuan terlebih dahulu mengenai LPG beserta tabungnya. Tujuannya adalah agar semua pekerja mengerti material seperti apa yang mereka tangani sehingga

mereka dapat bekerja secara aman dan selamat. Tidak jarang petugas melakukan penanganan terhadap tabung LPG dengan cara dilempar, dibanting atau dengan cara lain yang dapat menimbulkan kerusakan pada tabung. Semua tabung LPG harus ditangani dengan baik agar tidak terjadi kerusakan yang dapat menimbulkan risiko kebocoran atau risiko-risiko keselamatan lainnya.

Ada 2 penyalur yang pada saat observasi melakukan penanganan yang kurang baik terhadap tabung LPG (melempar dan membanting tabung LPG 3 kg).

10. Pekerja Memeriksa Kelayakan Tabung yang akan diterima

Kelayakan tabung merupakan salah satu hal yang harus diperhatikan. Tabung yang dipilih sebaiknya yang dalam keadaan bagus (termasuk penampilan tabung secara visual). Selain pertimbangan aspek keselamatan, konsumen pun menjadi salah satu pertimbangan karena sangat jarang konsumen yang mau membeli tabung LPG dalam keadaan yang tidak layak (terutama secara visual). Hasil observasi dan wawancara dengan beberapa petugas penyalur LPG di Depok menunjukkan bahwa 4 penyalur selalu memeriksa kelayakan tabung pada saat mengambil tabung di SPBE/SPPBE. 1 penyalur tidak melakukan pemeriksaan, sementara 1 penyalur lainnya mengatakan bahwa petugas tidak bisa memilih tabung ataupun memeriksa masa berlaku uji tabung karena pada saat di SPBE/SPPBE, mereka hanya menerima tabung yang diberikan oleh pihak SPBE/SPPBE tanpa bisa memeriksa kondisi tabung terlebih dahulu.

11. Pemisahan Tabung LPG yang Bocor

Tabung yang bocor harus segera ditangani oleh petugas sebelum terjadi hal-hal yang tidak diinginkan (seperti kebakaran atau ledakan). Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan beberapa orang petugas penyalur tabung LPG 3 kg, sebagian besar dari mereka telah mengerti bagaimana cara menangani jika ada tabung gas yang bocor. Empat dari enam penyalur LPG yang menjadi sampel penelitian mengatakan pernah menemui tabung yang bocor, kemudian mereka menanganinya dengan cara antara lain dengan merendamnya di dalam bak yang berisi air hingga LPG di dalam tabung habis. Sementara 1 penyalur lainnya mengatakan tidak pernah mengalami peristiwa kebocoran tabung sehingga tidak menerapkan pemisahan tabung bocor.

12. Masa Berlaku Uji Ulang Tabung Diperiksa Secara Visual

Masa berlaku uji tabung juga menjadi salah satu hal yang harus diperhatikan. Masa berlaku uji ulang tabung mengindikasikan bahwa tabung masih layak diisi dan digunakan. Hasil observasi dan wawancara dengan beberapa petugas penyalur LPG di Depok menunjukkan bahwa 4 penyalur selalu memeriksa masa berlaku uji ulang tabung pada saat mengambil tabung di SPBE/SPPBE. Sementara 2 penyalur lainnya tidak melakukan pemeriksaan masa berlaku uji tabung.

13. Pemisahan Tabung Palsu

Isu beredarnya tabung palsu berukuran 3 kg sempat merebak dan meresahkan masyarakat. Namun beberapa petugas penyalur yang sempat diwawancarai mengatakan mereka telah mengetahui perbedaan antara tabung asli (sesuai SNI 1452-2007) dengan tabung palsu. Berikut beberapa ciri tabung yang sesuai SNI (Anonim, 2010):

- Berat kosong tabung asli lebih berat daripada tabung palsu
- Penampilan visual secara umum harus tampak mulus dan tidak mengalami kerusakan
- Pemasangan *valve*, sisa ulir yang tampak adalah 3 – 5 ulir
- Bentuk permukaan (rigi-rigi) hasil las halus dan mulus
- Mutu pengelasan baik, tidak terdapat cacat, *undercut*, *pin hole* atau retak)
- Mutu penandaan tabung baik
 - o Penandaan pada sisi *hand guard* dengan *stamping*, yaitu diproduksi oleh Pertamina, kode pabrikan dan nomor seri, *water capacity*, *tara weight*, *test pressure*, bulan dan tahun pembuatan, serta penandaan/*stamping* SNI pada produk (*stamping*).
 - o Sablon dan emboss pada badan tabung, meliputi lingkaran merah di sekitar *neck ring* dengan lebar pengecatan 20+1 mm, emboss logo Pertamina, lambang LPG Pertamina, sablon pada sisi *handguard*, serta sablon bulan dan tahun uji selanjutnya.

Berikut gambar tabung LPG yang asli dan yang palsu:



Gambar 5.36. Perbandingan Tabung Asli (Kiri) dan Tabung palsu (Kanan)

Dari hasil observasi dan wawancara kepada 6 perwakilan petugas penyalur, semuanya mengatakan tidak ada tabung palsu di penyalur mereka masing-masing.

14. Tabung LPG Tidak Digunakan Untuk Ganjal Maupun Tempat Duduk

Tabung LPG tidak boleh dipergunakan untuk keperluan lain, misalnya sebagai tempat ganjal maupun tempat duduk (Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian ESDM RI). Hal tersebut dapat menyebabkan kerusakan tabung. Dari hasil observasi dan wawancara, ditemukan ada 2 penyalur yang mempergunakan sebagai ganjalan tempat duduk.

15. LPG yang Telah Terisi Diberi Segel

Tabung LPG yang telah terisi diberi segel untuk membedakan dengan tabung LPG yang kosong. Selain itu juga untuk menambah aspek keselamatan tabung agar tidak terjadi *gas release* yang dapat memicu kebakaran maupun ledakan. Dalam penelitian dan observasi yang dilakukan ini, semua penyalur telah memenuhi persyaratan ini.

16. Terdapat Prosedur Pemisahan Tabung yang Tidak Tersegel

Prosedur pemisahan tabung terisi yang tidak tersegel sebaiknya dimiliki oleh tiap penyalur untuk meminimalisir risiko keselamatan yang mungkin timbul akibat terjadinya *gas release* dari tabung yang tidak tersegel tersebut.

Hasil observasi dan wawancara yang dilakukan pada 6 penyalur LPG di wilayah Depok menunjukkan bahwa semua penyalur tidak memiliki prosedur pemisahan tabung yang tidak tersegel. Pihak penyalur menyatakan tidak memiliki prosedur karena memang tidak pernah ada tabung terisi yang tidak tersegel.

5.3.2. Prosedur Keselamatan dan Kompetensi Petugas

Aspek Prosedur Keselamatan dan Kompetensi Petugas terdapat pada pernyataan nomor 18 – 27 di dalam *checklist* yang digunakan untuk pengambilan data primer. Pernyataan tersebut meliputi prosedur pengecekan tabung, keadaan darurat hingga sosialisasi LPG kepada masyarakat. Sebagian besar penyalur tidak memiliki prosedur pengecekan tabung, pelatihan serta pelatihan tanggap darurat. Para petugas penyalur akan relatif lebih mudah untuk bekerja dengan selamat jika didukung dengan pembuatan prosedur keselamatan serta pemberian kompetensi untuk menambah kompetensi petugas. Detail hasil penelitian mengenai prosedur keselamatan dan kompetensi petugas yaitu:

1. Penyalur Memiliki Dokumen Prosedur Pengecekan Terhadap Tabung

Dengan adanya prosedur, petugas akan lebih mudah melakukan pengecekan terhadap tabung LPG, terutama pada saat mengambil tabung dari SPBE/SPPBE. Pekerja akan langsung mengecek semua tabung sesuai dengan ketentuan yang tertulis dalam prosedur. Hal ini dapat mengurangi kemungkinan untuk mendapatkan tabung dalam kondisi rusak sehingga mengurangi risiko keselamatan yang mungkin timbul kemudian.

Hasil observasi dan wawancara menunjukkan bahwa dari 6 penyalur LPG di Depok, hanya 1 penyalur yang memiliki prosedur pengecekan tabung. Namun bukti fisik tidak bisa didapatkan karena ada pada pemilik penyalur yang pada saat wawancara sedang tidak berada di tempat. Sementara itu 5 penyalur lainnya tidak memiliki prosedur pengecekan tabung. Namun para petugas penyalur mengaku paham bahwa mereka harus melakukan pengecekan sebelum menerima tabung walaupun seringkali karena pada saat mengambil

tabung di SPBE/SPPBE mereka hanya menerima tabung tanpa mendapat kesempatan untuk mengecek tabung.

2. Pekerja Mengetahui Prosedur Keadaan Darurat

Prosedur keadaan darurat sangat diperlukan agar semua pihak (terutama petugas penyalur) mengetahui apa yang harus dilakukan oleh masing-masing personil jika terjadi keadaan darurat seperti peristiwa kebakaran dan ledakan. Dengan adanya prosedur tersebut diharapkan semua pihak mengerti harus bagaimana menghadapi keadaan darurat. Mereka harus melakukan apa yang menjadi tanggung jawabnya masing-masing.

Dari hasil observasi dan wawancara ke 6 penyalur LPG di wilayah Depok, Jawa Barat diketahui bahwa 4 dari 6 penyalur tidak memiliki prosedur keadaan darurat. Hanya 2 penyalur yang memiliki prosedur keadaan darurat yang diketahui oleh pekerjanya. Namun sayangnya tidak ada bukti fisik prosedur karena prosedur tersebut disimpan oleh pemilik penyalur yang sedang tidak berada di penyalur pada saat wawancara dan observasi berlangsung.

3. Peran dan Tanggung Jawab Penyalur Sudah Dibuat Secara Tertulis

Peran dan tanggung jawab penyalur sebaiknya dibuat tertulis agar jelas dan diketahui oleh semua pihak yang berkepentingan. 4 penyalur dari 6 penyalur yang diobservasi telah memiliki surat tertulis mengenai peran dan tanggung jawab penyalur.

4. Pekerja Sudah Diberikan Pelatihan dengan Layak Untuk Dapat Bereaksi dalam Keadaan Darurat

Pelatihan bagi pekerja untuk dapat bereaksi dalam keadaan darurat penting dilakukan. Setelah memiliki prosedur keadaan darurat, diharapkan semua pekerja yang terlibat dalam kegiatan sehari-hari di penyalur diberikan pelatihan yang layak. Pelatihan tersebut bertujuan agar jika suatu saat terjadi keadaan darurat yang sesungguhnya, para pekerja telah terampil dan terlatih melakukan keadaan darurat, karena pada umumnya orang akan menjadi panik dan lupa apa yang harus dilakukan pada saat keadaan darurat jika belum pernah dilatih sebelumnya.

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara terhadap 6 penyalur LPG di Depok diketahui bahwa belum ada satu pun penyalur yang pernah memberikan pelatihan keadaan darurat bagi pekerjanya.

5. Program Pelatihan Terstruktur Bagi Operator

Pelatihan terstruktur bagi operator pun perlu dilakukan. Diantara beberapa pelatihan yang perlu dilakukan adalah pelatihan penanganan tabung, pelatihan bekerja aman dengan tabung LPG, pelatihan mengenai bahaya yang ada pada penyalur LPG, hingga pelatihan penanggulangan keadaan darurat. Hal tersebut menjadi penting karena penyalur LPG merupakan tempat kerja dengan risiko tinggi.

Dari 6 penyalur yang dijadikan sampel penelitian, belum ada penyalur yang pernah memberikan pelatihan bagi pekerjanya. Hal ini terkait dengan ketiadaan biaya untuk mengikutkan pekerjanya dalam pelatihan-pelatihan tersebut. Selain itu, mereka mengaku hanya ada sedikit pekerja yang jika mereka dilatih, tidak ada pekerja yang *stand by* untuk melakukan pekerjaan di penyalur.

6. Penyadaran Masyarakat Akan Bahaya yang Timbul terkait Tabung LPG di Penyalur

Masyarakat yang tinggal di sekitar penyalur LPG harus diberikan informasi mengenai bahaya-bahaya apa saja yang ada pada sebuah penyalur LPG. Hal ini dikarenakan jika terjadi keadaan darurat, masyarakat tidak panik, dan mengerti apa yang harus dilakukan.

Tidak semua penyalur telah memberikan penyadaran kepada masyarakat akan bahaya yang timbul terkait tabung LPG di penyalur. Hanya 1 dari 6 penyalur yang menjadi objek penelitian yang telah memberikan penyadaran kepada masyarakat. Mereka melakukan kegiatan tersebut bekerja sama dengan pihak kelurahan setempat pada saat ada acara-acara yang melibatkan masyarakat di tingkat kelurahan.

7. Prosedur dan Seleksi Pengemudi

Sebelum memberi tugas kepada pengemudi truk angkut LPG, sebaiknya dilakukan penyeleksian calon-calon pengemudi. Calon pengemudi harus mengetahui material apa yang mereka angkut dan apa saja bahayanya agar mereka mengemudikan truk dengan aman dan selamat. Karena biasanya pengemudi truk juga merangkap sebagai petugas angkat angkut tabung LPG, mereka juga harus tahu bagaimana cara bekerja aman dengan tabung LPG. Oleh karena itu, para pengemudi sebaiknya diseleksi sebelum bisa diterima bekerja.

Berdasarkan hasil wawancara dengan 6 petugas penyalur LPG di wilayah Depok, Jawa Barat diketahui bahwa 3 dari 6 penyalur telah memiliki prosedur seleksi pengemudi. Selebihnya, 3 penyalur lagi tidak memiliki prosedur seleksi pengemudi. Namun semua penyalur telah melakukan seleksi terhadap semua pengemudinya, walaupun hanya terbatas apakah mereka bisa mengendarai mobil dengan baik dan telah memiliki surat izin mengemudi (SIM), khususnya SIM B.

8. Rencana Tanggap Darurat (ERP) dan Pelatihan Periodik

Rencana tanggap darurat beserta pelatihan secara rutin (periodik) penting dimiliki dan dilakukan oleh tiap penyalur LPG. Tujuannya adalah agar jika suatu hari nanti terjadi kejadian gawat darurat, pihak penyalur sudah mengerti akan melakukan apa dan bagaimana cara melakukannya. Pelatihan membantu agar semua pihak siap, terbiasa dan tidak gugup melakukan tugasnya pada saat kejadian gawat darurat.

Dari semua penyalur yang menjadi objek penelitian, tidak ada penyalur yang memiliki rencana tanggap darurat dan melakukan pelatihan secara periodik. Namun begitu beberapa petugas yang bekerja di penyalur tahu bagaimana cara menggunakan alat pemadam api ringan.

9. Program Sosialisasi Keselamatan LPG di Masyarakat

Masyarakat yang tinggal di sekitar penyalur LPG harus diberikan sosialisasi serta informasi mengenai keselamatan LPG, termasuk bahaya-bahaya apa saja yang terkandung dalam sebuah tabung LPG. Tidak semua penyalur telah memberikan penyadaran kepada masyarakat akan bahaya yang timbul terkait

tabung LPG di penyalur. Hanya 3 dari 6 penyalur yang telah melakukan sosialisasi keselamatan LPG di masyarakat. Mereka melakukan kegiatan tersebut bekerja sama dengan pihak RT/RW atau kelurahan setempat pada saat ada acara-acara yang melibatkan masyarakat.

10. Pedoman Penanganan Tabung LPG 3 Kg

Pedoman penanganan tabung LPG bagi penyalur telah dikeluarkan oleh pihak Pertamina. Pedoman tersebut berisi bagaimana cara melakukan penanganan terhadap tabung LPG. Pedoman ini penting dimiliki agar semua pihak yang bekerja dengan LPG, khususnya LPG 3 kg mengerti bagaimana cara bekerja dengan LPG secara aman dan selamat.

Namun pada saat observasi dan wawancara hanya 3 dari penyalur yang mengetahui dan memiliki pedoman penanganan tabung LPG 3 kg.

5.3.3. Fasilitas Keselamatan dan Rambu-Rambu Keselamatan

Aspek Fasilitas Keselamatan dan Rambu-Rambu Keselamatan terdapat pada pernyataan nomor 28 – 41 di dalam *checklist* yang digunakan untuk pengambilan data primer. Pernyataan tersebut meliputi lantai tempat, penyimpanan, ventilasi, instalasi listrik, jarak tempat penyimpanan dengan bangunan umum, rambu keselamatan, hingga alarm keadaan darurat. Dari hasil penelitian, diketahui bahwa tidak ada satupun penyalur yang menggunakan lampu dengan jenis *gas proof*. Sebagian besar operator tidak menggunakan APD dan tidak memiliki alarm keadaan darurat. Penjelasan rinci mengenai Fasilitas dan Rambu Keselamatan yang ada pada penyalur LPG kg di Depok adalah sebagai berikut:

1. Lantai Penyimpanan Tabung Kosong Harus Kering

Lantai penyimpanan tabung LPG, baik di dalam maupun di luar harus kering. Tujuannya antara lain agar pada saat melakukan penanganan terhadap LPG tidak ada petugas yang terpeleset atau terjatuh. Jika petugas terpeleset atau terjatuh pada saat mengangkat, membawa atau memindahkan tabung LPG, maka tabung LPG dapat terjatuh juga sehingga timbul kerusakan terhadap tabung LPG.

Dari 6 penyalur yang menjadi sampel penelitian, semua lantai penyimpanan tabung terlihat kering (Gambar 5.37).



Gambar 5.37. Lantai Penyimpanan Tabung Kosong Terlihat Kering

2. Area Penyimpanan Dapat Melindungi Tabung LPG Dari Paparan Sinar Matahari dan Hujan

Tabung LPG harus disimpan pada tempat yang terlindung dari paparan sinar matahari dan hujan. Hal tersebut untuk melindungi isi di dalam tabung gas. Paparan sinar matahari terus menerus dapat memicu gas tersebut sampai pada *autoignition temperature* yang dapat menimbulkan terjadinya kebakaran maupun ledakan.

Semua area penyimpanan tabung LPG pada penyalur yang menjadi sampel penelitian, ada 1 penyalur yang masih terlihat menyimpan LPG pada tempat yang langsung terpapar sinar matahari. (Gambar 5.38).



Gambar 5.38. Tabung LPG 3 Kg yang Terpapar Sinar Matahari Langsung

3. Apabila Area Merupakan Bangunan Tertutup Maka Ventilasi Maksimal 30 cm dari Atas Lantai di 2 Sisi yang Berlawanan

Ventilasi pada tempat penyimpanan LPG yang merupakan bangunan tertutup haruslah maksimal 30 sm dari lantai. Ventilasi tersebut harus ada pada 2 sisi yang berlawanan. Hal ini dipersyaratkan di dalam Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Migas Kementerian ESDM RI. Penentuan ventilasi dengan jarak 30 cm dari lantai ini berdasarkan sifat gas LPG yang memiliki berat jenis yang lebih besar dari udara. Berat jenis butana 2 kali berat jenis udara, sedangkan berat jenis propana 1.5 kali berat jenis udara (Aptogas, 2011). Apabila ventilasi berada pada jarak maksimal 30 cm dari lantai, maka gas tersebut akan bergerak menuju luar ruangan dan tidak terkumpul di dalam ruangan tertutup. Pada saat konsentrasi gas di dalam suatu ruangan tertutup berada pada kisaran LEL dan UEL (2.1% - 9.5%) bertemu dengan pemicu api maka akan mudah terjadi kebakaran ataupun ledakan.

Dari hasil observasi pada 6 penyalur LPG, hanya ada 4 penyalur yang menyimpan tabung LPG dalam jumlah banyak di dalam suatu ruangan tertutup. Semua penyalur yang menyimpan LPG di ruang tertutup tersebut tidak memiliki ventilasi sesuai dengan ketentuan melainkan berada pada jarak yang cukup dekat dengan langit-langit ruangan (Gambar 5.39.).



Gambar 5.39. Ventilasi pada Ruang Penyimpanan LPG yang Tertutup

4. Area Penyimpanan Tidak Boleh Mengganggu Kegiatan Penyalur

Suatu penyalur LPG tentu akan menyimpan tabung-tabung LPG dalam jumlah yang banyak. Oleh karena itu diperlukan suatu tempat penyimpanan khusus yang tidak mengganggu kegiatan penyalur lainnya, seperti kegiatan angkat angkut tabung LPG. Hal ini sesuai dengan persyaratan pada Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Migas Kementerian ESDM RI.

Dari 6 penyalur yang menjadi sampel penelitian ini, hasil observasi menunjukkan bahwa penyimpanan tabung LPG cukup rapi dan tidak mengganggu kegiatan penyalur lainnya karena tabung disimpan pada area yang memang diperuntukkan bagi penyimpanan tabung LPG semua ukuran (Gambar 5.40).



Gambar 5.40. Tempat Penyimpanan LPG Tidak Mengganggu Kegiatan Penyalur

5. Jarak Area Penyimpanan dari Bangunan Umum Sekitar Penyalur (Sekolah, Rumah Sakit, Tempat Ibadah dan Tempat Massa Berkumpul Lainnya) Sesuai Ketentuan

Area penyimpanan tabung LPG sebisa mungkin jauh dari tempat-tempat berkumpul warga masyarakat. NFPA 58 (1998) dan Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Migas Kementerian ESDM RI mensyaratkan bahwa area penyimpanan harus memiliki jarak minimal dengan bangunan umum dengan perincian sebagai berikut (Tabel 5.2.):

Tabel 5.2. Jarak Tempat Penyimpanan LPG dengan Bangunan Umum

Total LPG yang Disimpan (Kg)	Minimum Jarak Aman Dengan Lokasi (m)		
	1	2	3
≤300	0	0	1.5
301-3000	3	3	3
3001-4540	6.1	6.1	6.1
>4540	7.6	7.6	7.6

Keterangan:

1. Bangunan penting atau beberapa bangunan
2. Fasilitas umum seperti sekolah, tempat ibadah, tempat jalan kaki
3. Stasiun pengisian bahan bakar

Dari semua penyalur yang diobservasi, ada 1 penyalur dengan total simpanan LPG lebih dari 3000 kg berlokasi kurang dari 6.1 m dengan tempat ibadah.

6. Operator Memakai Alat Pelindung Diri

Dalam melakukan tugasnya menangani tabung LPG, operator wajib dilengkapi dengan alat pelindung diri, minimal *safety shoes*, *safety helmet* dan sarung tangan. Semua alat pelindung diri tersebut bertujuan untuk melindungi operator dan mengurangi keparahan jika terjadi kecelakaan seperti tertimpa tabung LPG. Dari 6 penyalur tabung LPG hanya ada 1 penyalur yang operatornya terlihat menggunakan alat pelindung diri berupa *safety shoes*, helm, sarung tangan dan masker. Namun sayangnya operator tersebut meolak untuk diambil gambarnya. Sementara itu operator pada kelima penyalur lainnya sama sekali tidak menggunakan alat pelindung diri dengan berbagai alasan, baik alasan finansial hingga alasan ketidanyamanan penggunaan.

7. Petugas Penyalur Memastikan Kendaraan Diparkir di Area Pengisian Dengan Memasang Rem Tangan dan Persneling Pada Posisi Netral Serta Roda Dalam Kondisi Terganjil

Pada saat menaikkan atau menurunkan tabung LPG, kendaraan yang digunakan untuk membawa tabung LPG harus diparkir dengan baik dan benar. Posisi parkir yang baik dan benar tersebut ditandai antara lain dengan cara mematikan mesin, memasang rem tangan, persneling pada posisi netral dan roda dalam kondisi terganjal untuk menghindari bergeraknya kendaraan pada saat menaikkan atau menurunkan tabung LPG yang dapat membahayakan operator, tabung, kendaraan maupun orang-orang lain yang berada di sekitar kegiatan menaikkan atau menurunkan tabung LPG.

Berdasarkan wawancara dengan beberapa petugas dari 6 penyalur yang menjadi objek penelitian, semua pengemudi melakukan kegiatan tersebut sesuai ketentuan yang dipersyaratkan oleh NFPA 58 (1998) dan Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Migas Kementerian ESDM RI. Namun peneliti tidak dapat melakukan observasi langsung karena

pada saat wawancara tidak ada kegiatan menaikkan atau menurunkan tabung LPG.

8. Area Masuk Menuju Area Parkir dan Jalan Keluar Kendaraan Bebas Dari Hambatan

Akses masuk menuju area parkir dan jalan keluar kendaraan harus bebas dari hambatan. Tujuannya adalah untuk memudahkan pengemudi mengarahkan kendaraannya menuju dan keluar area parkir. Selain itu, agar tidak ada kerusakan barang pada saat kendaraan keluar masuk area parkir. Dari hasil observasi ke enam penyalur LPG di Depok, terdapat 1 penyalur yang memiliki akses masuk yang cukup sempit sehingga pengemudi harus ekstra hati-hati dalam mengarahkan kendaraannya. Area parkir tersebut di luar area penyimpanan namun sangat dekat dengan selokan yang jika pengemudi tidak berhati-hati dapat saja roda kendaraan terperosok masuk ke dalam selokan.

9. Area Penyimpanan LPG Dalam Kondisi Bersih

Area penyimpanan LPG harus dalam kondisi bersih. Bersih dalam konteks ini berarti bebas dari bahan-bahan yang mudah terbakar. Hal ini sesuai dengan ketentuan Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Migas Kementerian ESDM RI. Apabila tabung LPG disimpan di dekat benda-benda yang mudah terbakar, maka besar kemungkinannya jika terjadi kebocoran LPG, gas tersebut akan bereaksi dengan bahan-bahan yang mudah terbakar.

Berdasarkan hasil observasi pada 6 sampel penyalur LPG 3 kg di wilayah Depok, didapati bahwa ada 1 penyalur yang masih menyimpan benda-benda yang mudah terbakar pada area penyimpanan LPG (Gambar 5.41).



Gambar 5.41. Area Penyimpanan LPG Belum Bebas dari Bahan Mudah Terbakar

10. Tidak Terlihat Kerusakan Pada Area Penyimpanan LPG

Kerusakan yang dimaksud dalam hal ini antara lain lubang yang dapat menyebabkan adanya akumulasi gas. Jika terdapat lubang pada lantai ataupun sisi-sisi ruangan tempat penyimpanan LPG, maka jika terjadi kebocoran, gas akan terakumulasi pada lubang tersebut. Dari hasil observasi terhadap 6 penyalur LPG 3 kg di Depok, ditemukan 1 penyalur dengan tempat penyimpanan yang sedikit rusak, yang jika dibiarkan terus menerus dapat saja berkembang menjadi lubang yang dapat menjadi tempat terakumulasinya gas-gas yang bocor dari tabung LPG (Gambar 5.42).



Gambar 5.42. Kerusakan pada Lantai Tempat Penyimpanan Tabung LPG

11. Instalasi Listrik Terlindungi Secara Aman dan Tidak Ada Sambungan yang Terbuka

Instalasi listrik pada penyalur LPG, khususnya areal penyimpanan tabung LPG harus diperhatikan, sesuai dengan ketentuan Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Migas Kementerian ESDM RI. Instalasi listrik harus terlindungi secara aman dan tidak boleh ada sambungan atau kabel yang terbuka maupun terkelupas untuk menjauhi kemungkinan terjadinya kebakaran maupun ledakan.

Hasil observasi pada 6 penyalur LPG di Depok diketahui bahwa di semua penyalur tidak ada sambungan listrik yang terbuka dan instalasi listrik terlindungi dengan aman.

12. Lampu Penerangan Area Penyimpanan di Dalam Bangunan Harus Menggunakan Jenis *Gas Proof*

Lampu penerangan jenis *gas proof* sangat direkomendasikan baik oleh NFPA 58 maupun Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Migas Kementerian ESDM RI. Lampu jenis *gas proof* dapat terlindungi dari gas yang ada di dalam ruangan yang jika dihidupkan tidak menimbulkan percikan api yang dapat memicu terjadinya kebakaran maupun ledakan di dalam ruang penyimpanan LPG.

Hasil observasi pada 6 penyalur sampel penelitian tidak ada satu pun yang menggunakan lampu jenis *gas proof*. Penyalur hanya menggunakan lampu *fluorescence* biasa untuk menerangi area penyimpanan LPG (Gambar 5.43).



Gambar 5.43. Lampu Penerangan di Area Penyimpanan Jenis *Fluorescence* Biasa

13. Ketersediaan Alarm Keadaan Darurat

Alarm berfungsi memberikan peringatan kepada seluruh petugas maupun orang-orang di sekitar penyalur bahwa telah terjadi keadaan darurat yang membutuhkan tindakan penanggulangan segera. Proses evakuasi pun akan relatif lebih mudah dilakukan. Jika tidak ada petugas yang mengetahui keadaan darurat itu, dapat saja kondisi gawat darurat menjadi lebih parah dan tidak dapat ditanggulangi. Hal ini sesuai dengan persyaratan Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Migas Kementerian ESDM RI. Dari hasil observasi, tidak ada satu pun penyalur yang memiliki alarm keadaan darurat.

14. Rambu HSE Tersedia, Terpasang dan Mudah Dibaca

Rambu HSE, seperti rambu "Dilarang Merokok" dan "Dilarang Membawa Korek Api" wajib disediakan oleh pengelola. Semua rambu tersebut harus mudah dibaca dan harus terpasang di penyalur, pada tempat yang mudah dilihat, khususnya di areal penyimpanan tabung LPG. Hal ini sesuai ketentuan dari Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Migas Kementerian ESDM RI.

Berdasarkan hasil observasi pada 6 penyalur di wilayah Depok, ada 2 penyalur yang tidak memasang rambu-rambu HSE. Sementara 2 penyalur lainnya memasang rambu HSE (Rambu Dilarang Merokok) di sekitar penyalur, khususnya di area penyimpanan tabung LPG (Gambar 5.44.).



Gambar 5.44. Rambu HSE yang Terpasang di Area Penyimpanan Tabung LPG

5.3.4. Proteksi Kebakaran

Aspek Proteksi Kebakaran terdapat pada pernyataan nomor 42 – 49 di dalam *checklist* yang digunakan untuk pengambilan data primer. Pernyataan tersebut meliputi *gas detector*, APAR, organisasi keadaan darurat, pintu darurat kotak P3K hingga simulasi pemadaman kebakaran. Semua penyalur tidak memiliki bagan organisasi keadaan darurat dan belum pernah melakukan simulasi pemadaman kebakaran. Tidak semua penyalur memasang *gas detector* dan kotak P3K. Oleh karena penyalur LPG merupakan salah satu tempat yang memiliki risiko kebakaran dan ledakan yang cukup tinggi sehingga memerlukan sistem proteksi kebakaran yang baik. Penjelasan rinci mengenai hal-hal yang termasuk dalam aspek proteksi kebakaran adalah:

1. Area Penyimpanan Tertutup Harus Dilengkapi dengan *Gas Detector*

Penyalur LPG yang memiliki area penyimpanan tabung LPG dalam ruangan tertutup harus mempunyai *gas detector*. Jika terjadi kebocoran di dalam ruangan tertutup, gas akan terakumulasi dalam jumlah besar dan mudah meledak dan terbakar jika bertemu dengan api terbuka. Dengan adanya *gas detector*, petugas akan dengan mudah mengetahui apakah di dalam ruang tempat penyimpanan tabung LPG tersebut terdapat akumulasi gas. Tindakan pengendalian pun akan lebih mudah dilakukan sehingga tidak terjadi hal-hal yang tidak diinginkan, seperti peristiwa kebakaran dan ledakan.

Dari hasil observasi dan wawancara dengan 6 penyalur LPG di Depok, Jawa Barat, ada 2 penyalur LPG yang memiliki *gas detector*.

2. Ketersediaan Alat Pemadam Api Jenis *Dry Chemical Powder* (DCP) 3.5 Kg (Minimal 1 Buah) dan Dalam Kondisi Baik

Setiap tempat yang memiliki risiko kebakaran, apalagi penyalur tabung LPG, harus dilengkapi dengan alat pemadam api ringan atau yang biasa disebut sebagai APAR. Jenis APAR disesuaikan dengan jenis kebakaran yang mungkin terjadi di tempat tersebut. Untuk penyalur tabung LPG, jenis APAR yang cocok digunakan adalah APAR jenis *dry chemical powder*.

Sesuai ketentuan Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Migas Kementerian ESDM RI, penyalur LPG sebaiknya menyediakan minimal 1 buah APAR jenis *dry chemical powder* ukuran 3.5 kg. Selain tersedia, APAR tersebut juga harus dalam kondisi baik agar dapat digunakan pada saat terjadi kebakaran.

Hasil observasi menunjukkan bahwa dari 6 penyalur yang menjadi sampel penelitian, masih ada 1 penyalur yang belum dilengkapi dengan APAR. Pihak pengelola penyalur tersebut sebaiknya menyediakan APAR sehingga jika suatu waktu terjadi kejadian kebakaran ringan, pihak penyalur sudah siap menanggulunginya dengan cara memadamkan menggunakan APAR. Sementara 5 penyalur lainnya telah dilengkapi dengan APAR *dry chemical powder* yang secara kasat mata terlihat dalam kondisi baik (Gambar 5.45.).



Gambar 5.45. Alat Pemadam Api Ringan Jenis *Dry Chemical Powder*

3. Lokasi Alat Pemadam Api Terlihat Jelas Pada Tempatnya dan Mudah Dijangkau

Selain tersedia, APAR harus diletakkan pada tempat yang mudah dijangkau oleh petugas yang akan menggunakan APAR tersebut. Kemudahan dijangkau ini terkait dengan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pemadaman terhadap api ringan sebelum akhirnya menjadi lebih besar.

Pada saat observasi ke 6 penyalur LPG di Depok, diketahui masih ada 1 penyalur LPG yang meletakkan APAR pada posisi yang sangat sulit untuk dijangkau. Sementara itu 4 penyalur lainnya telah meletakkan APAR ditempat yang mudah dijangkau (Gambar 5.46.). 1 penyalur lagi tidak memiliki APAR sehingga pada aspek ini, penyalur tersebut masuk dalam kategori *not applicable*.



(a) (b)
Gambar 5.46. APAR yang Mudah Dijangkau (a) dan APAR yang Sulit Dijangkau (b)

4. Alat Pemadam Api yang Terpasang Masih Berlaku dan Dalam Kondisi Siap Pakai

APAR yang terpasang haruslah bisa digunakan. Untuk mengetahui apakah APAR tersebut dalam kondisi siap pakai, diperlukan adanya pengecekan APAR setiap 6 bulan sekali. *Dry chemical powder* yang ada di dalam tabung APAR tidak boleh dalam kondisi menggumpal. Untuk mengetahui apakah *dry chemical powder* tersebut menggumpal, maka petugas harus membolak-balik tabung untuk memastikan *dry chemical powder* tetap berbentuk powder. APAR juga harus memiliki masa berlaku APAR yang biasanya dalam waktu 1 tahun sekali.

Dari hasil observasi ke 6 penyalur tersebut dilihat dari persentase penyalur yang melakukan pengecekan terhadap APAR hanya ada 4 (Gambar 5.47). Sementara hanya 2 penyalur yang belum mengecek apakah APAR dalam kondisi siap pakai. Sementara 1 penyalur lainnya tidak memiliki APAR.



Gambar 5.47. APAR Siap Pakai (Masa Berlaku Tabung Hingga Tahun 2013)

5. Bagan Organisasi Keadaan Darurat (OKD) dan Uraian Tugasnya Terpasang
Selain APAR, pihak penyalur juga sebaiknya menentukan organisasi keadaan darurat (OKD). OKD berisi nama-nama personil serta tanggung jawab masing-masing personal jika sewaktu-waktu terjadi keadaan darurat. Ketentuan ini diisyaratkan di dalam Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Migas Kementerian ESDM RI.
Namun begitu tidak ada satu pun dari enam penyalur LPG yang memiliki bagan Organisasi Keadaan Darurat.
6. Pintu Darurat Menuju Lokasi Evakuasi Tersedia dan Tidak Terhambat
Pintu darurat menjadi sangat penting dan sangat bermanfaat pada kondisi gawat darurat. Pintu darurat harus berada pada lokasi yang aman, bebas dari hambatan dan tidak boleh digunakan pada kondisi normal. Pintu darurat harus tersedia pada tiap penyalur LPG untuk memudahkan evakuasi, sesuai ketentuan Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Migas Kementerian ESDM RI.
Dari hasil observasi pada 6 penyalur LPG di Depok diketahui bahwa hanya 2 penyalur yang memiliki pintu darurat.

7. Kotak P3K Tersedia di Kantor dan Lapangan, Mudah Dijangkau dan Dalam Kondisi Higienis

Kotak P3K harus tersedia baik di kantor maupun di lapangan (misalnya tempat penyimpanan tabung LPG). Kotak P3K harus diletakkan pada tempat yang mudah dijangkau semua orang. Tujuan penyediaan kotak P3K ini sangat bermanfaat sebagai alat bantu pengobatan bagi pekerja/petugas penyalur yang mengalami luka/cedera akibat kecelakaan ringan ataupun kecelakaan serius sebelum mendapat pertolongan medis lebih lanjut.

Dari 6 penyalur yang diobservasi dalam penelitian ini, hanya ada 2 penyalur yang menyediakan kotak P3K (Gambar 5.48).



Gambar 5.48. Kotak P3K di dalam Ruangan

8. Dilakukan Simulasi Pemadaman Kebakaran Setiap 1 Tahun Sekali dan Terdokumentasi

Simulasi pemadaman kebakaran menjadi sangat penting dilakukan untuk melihat kesiapan penyalur dalam menghadapi kondisi gawat darurat. Pada saat simulasi berlangsung dapat diketahui kekurangan dari tiap-tiap elemen pemadaman kebakaran (baik alat maupun personil) siap dalam menghadapi kejadian kebakaran untuk kemudian dievaluasi sebagai bahan perbaikan selanjutnya. Kesiapan yang dilihat dapat berupa kesiapan alat-alat pemadaman

kebakaran hingga kesiapan personil. Simulasi ini sebaiknya dilakukan 1 tahun sekali .

Berdasarkan hasil wawancara dengan petugas dari 6 penyalur diketahui bahwa dari 6 penyalur sampel penelitian di wilayah Depok sama sekali belum pernah melakukan simulasi pemadaman kebakaran sejak penyalur tersebut berdiri.

5.3.5. Keselamatan Penyimpanan dan Penanganan Tabung LPG 3 Kg

Berdasarkan ke-49 item pernyataan pada *checklist*, kemudian dibuat *scoring* dan pengelompokkan kategori keselamatan penyimpanan dan penanganan tabung LPG 3 kg ada pada Tabel 5.3. yang diadopsi dari penelitian yang dilakukan oleh Djunaidi, dkk (2011).

Tabel 5.3. Kategori Pengelompokkan Keselamatan Penyimpanan dan Penanganan Tabung pada Penyalur LPG 3 Kg

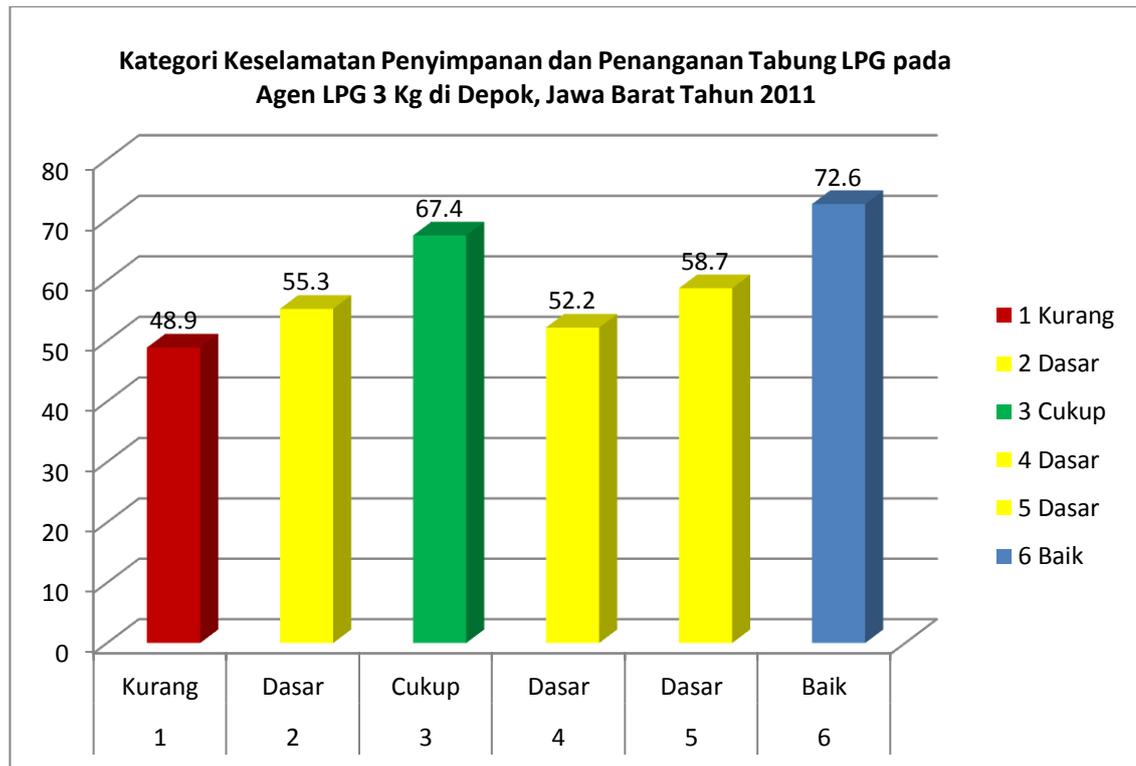
Kategori	Range Nilai
Kurang	≤ 50
Dasar	50.1 – 60
Cukup	60.1 – 70
Baik	70.1 – 80
Sangat baik	80.1 – 90
Memuaskan	90.1 – 100

Dari hasil *scoring* diketahui bahwa terdapat 3 penyalur termasuk dalam kategori dasar, 1 penyalur termasuk kategori kurang, 1 penyalur termasuk kategori cukup. Sementara hanya ada 1 penyalur yang termasuk dalam kategori baik (Tabel 5.4. dan Grafik 5.1.).

Tabel 5.4. Kategori Keselamatan Penyimpanan dan Penanganan Tabung LPG pada Penyalur LPG 3 kg di Depok Tahun 2011

Penyalur	Nilai Rata-Rata	Kategori
1	48.9	Kurang
2	55.3	Dasar
3	67.4	Cukup
4	52.2	Dasar
5	58.7	Dasar

6	72.6	Baik
---	------	------



Grafik 5.1. Kategori Keselamatan Penyimpanan dan Penanganan Tabung LPG pada Penyalur LPG 3 Kg di Depok Tahun 2011

Nilai dari semua pernyataan tersebut kemudian dihitung rata-rata, selanjutnya dikelompokkan dalam beberapa kategori yang menggambarkan performa penyalur berdasarkan tingkat keselamatan penyimpanan dan penanganan tabung yaitu Kurang, Dasar, Cukup. Dari 6 penyalur sampel, 3 di antaranya masuk dalam kategori Dasar, 1 tergolong kategori Cukup, 1 penyalur kategori Baik dan 1 penyalur lainnya kategori Kurang.

Tiap penyalur memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Penyalur yang masih "Kurang" dapat belajar dari penyalur yang "Baik". Langkah-langkah perbaikan berdasarkan kekurangan masing-masing perlu dilakukan untuk meminimalisir risiko yang ada serta mencapai penyimpanan dan penanganan tabung LPG yang selamat.

Dari hasil tersebut, 10 persyaratan yang paling banyak tidak dimiliki atau dipenuhi oleh keenam penyalur LPG di Depok adalah pelatihan gawat darurat, pelatihan terstruktur bagi operator, lampu jenis *gas proof*, organisasi keadaan darurat, pelatihan pemadaman kebakaran, prosedur keadaan darurat, alat pelindung diri, alarm keadaan darurat, *gas detector* dan kotak P3K (Tabel 5.5).

Tabel 5.5. 10 Persyaratan yang Paling Banyak Tidak Dipenuhi Oleh 6 Penyalur LPG di Depok Tahun 2011

No. Pada Checklist	Persyaratan	Penyalur yang tidak memenuhi persyaratan (%)
21.	Pelatihan keadaan darurat	100
22.	Pelatihan terstruktur bagi operator	100
39.	Pemakaian lampu jenis <i>gas proof</i> pada area penyimpanan	100
46.	Bagan organisasi keadaan darurat	100
49.	Pelatihan pemadaman kebakaran	100
19.	Prosedur keadaan gawat darurat	66.67
33.	Alat pelindung diri bagi operator	66.67
40.	Alarm keadaan darurat	66.67
42.	<i>Gas detector</i>	66.67
48.	Kotak P3K	66.67

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

6.1.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, *Spherical* dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *BREEZE Incident Analyst*, disimpulkan bahwa:

1. Simulasi model dispersi gas sesuai dengan skenario kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana, baik tangki horizontal maupun *spherical* menggunakan DEGADIS. Jarak aman minimal untuk tangki propana horizontal sejauh 21 meter; tangki butana horizontal 13 meter; tangki propana *spherical* 20 meter; tangki butana *spherical* 12 meter; dan tabung propana 3 kg 10.5 meter. Sementara untuk tabung butana 3 kg mencapai puncak *toxic dispersion* pada jarak 5.5 meter.
2. Simulasi model kebakaran sesuai dengan skenario kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana, baik tangki horizontal maupun *spherical* menggunakan BLEVE. Jarak aman minimal untuk tangki propana horizontal sejauh 957.1 meter; tangki butana horizontal 945.5 meter; tangki propana *spherical* 5582.5 meter; tangki butana *spherical* 5514.9 meter; tabung propana 3 kg 66.4 meter; dan tabung butana 3 kg 65.6 meter.
3. Simulasi model ledakan sesuai dengan skenario kebocoran tangki penyimpanan propana dan butana, baik tangki horizontal maupun *spherical* menggunakan *U.S. ARMY TNT Equivalency*. Jarak aman minimal dari titik kejadian untuk tangki propana horizontal di permukaan 330.1 meter dan ke udara sejauh 326.3 meter; tangki butana horizontal di permukaan 326.8 meter dan ke udara sejauh 323.1 meter; tangki propana *spherical* di permukaan 1906.5 meter dan ke udara sejauh 1866.5 meter; tangki butana *spherical* di permukaan 1889.7 meter dan ke udara sejauh 1867.8 meter; tabung propana 3 kg di permukaan 19.6 meter dan ke udara sejauh 19.4

meter; tabung butana 3 kg di permukaan 19.4 meter dan ke udara sejauh 19.2 meter.

6.1.2. Analisis Keselamatan Penyalur *Liquefied Petroleum Gas* 3 Kg di Depok

Berdasarkan hasil penelitian terhadap 6 penyalur LPG 3 kg di wilayah Depok, dapat disimpulkan bahwa:

1. Keselamatan penyimpanan dan penanganan tabung LPG 3 kg pada keenam penyalur LPG di Depok relatif kurang baik, ditandai dengan masih banyaknya persyaratan yang belum terpenuhi.
2. Dari 6 penyalur yang dijadikan sampel, 1 penyalur termasuk dalam kategori kurang (nilai rata-rata 48.9), 3 penyalur termasuk dalam kategori dasar (nilai rata-rata antara 52.2 – 58.7), 1 penyalur termasuk dalam kategori cukup (nilai rata-rata 67.4) dan hanya 1 penyalur yang termasuk dalam kategori baik (nilai rata-rata 72.6).
3. Masih banyak tabung LPG yang ditempatkan dan ditumpuk tidak sesuai aturan.
4. Masih banyak penyalur yang belum menyiapkan prosedur-prosedur keselamatan, seperti prosedur pengecekan tabung dan prosedur keadaan darurat.
5. Masih banyak petugas penyalur yang belum memiliki kompetensi khusus mengenai penyimpanan, penanganan, serta penanggulangan keadaan darurat. Petugas juga banyak yang bekerja tanpa dilengkapi alat pelindung diri.
6. Masih ada beberapa penyalur yang tidak memasang rambu keselamatan minimal berupa Tanda Larangan Merokok.
7. Proteksi kebakaran di penyalur masih sangat minim. Beberapa penyalur masih belum menyiapkan alat pemadam api ringan dan *gas detector*. Lampu penerangan di dalam tempat penyimpanan tabung yang tertutup bukan jenis *gas proof*.
8. Berdasarkan Variabel independen yang paling berpengaruh adalah prosedur keselamatan dan kompetensi petugas, karena dengan kompetensi petugas

yang baik, maka diharapkan variabel independen lainnya dapat terpenuhi dengan baik.

6.2. Saran

6.2.1. Simulasi Dispersi Gas, Kebakaran dan Ledakan Akibat Kebocoran Tangki Horizontal, *Spherical* dan Tabung LPG 3 Kg Berisi Propana dan Butana

Berdasarkan hasil simulasi dan kesimpulan yang ada, disarankan bagi pemilik tangki penyimpanan propana dan butana, baik berupa tangki horizontal maupun tangki *spherical* agar:

1. Mengestimasikan jarak aman minimal peletakan tangki penyimpanan
2. Membuat rencana tanggap darurat (termasuk rencana evakuasi). Dapat bekerja sama dengan pihak-pihak terkait di sekitar letak tangki penyimpanan
3. Mempersiapkan sistem deteksi dini kebocoran tangki untuk meminimalisir akibat kejadian kebocoran tangki
4. Melakukan *maintenance* berkala terhadap tangki-tangki penyimpanan yang dimiliki

Disarankan juga bagi pemerintah agar lebih teliti dalam memberikan izin mendirikan tangki penyimpanan bahan kimia dan melakukan pengawasan terhadap kegiatan operasi tangki penyimpanan LPG, terutama yang berlokasi di sekitar kawasan pemukiman penduduk.

6.2.2. Analisis Keselamatan Penyalur *Liquefied Petroleum Gas* 3 Kg di Depok

Disarankan agar pihak penyalur tabung LPG 3 kg melakukan perbaikan-perbaikan secara bertahap, terutama pada beberapa aspek yang masih belum terpenuhi sama sekali, antara lain:

1. Pelatihan terstruktur bagi operator, dan pelatihan keadaan darurat. Pelatihan ini dapat dilakukan bekerja sama dengan beberapa pihak. Dapat pula dilakukan secara bersama-sama dengan penyalur lain.
2. Pemasangan lampu penerangan jenis *gas proof*

3. Pembuatan organisasi keadaan darurat (OKD)
4. Pemakaian alat pelindung diri bagi petugas
5. Pemasangan alarm keadaan darurat
6. Pemasangan *gas detector*
7. Penyediaan kotak P3K

Disarankan juga bagi pemerintah, baik melalui Direktorat Jenderal Minyak dan Gas atau melalui Pertamina agar:

1. Melakukan pengawasan terhadap penyalur LPG 3 kg.
2. Menganalisis kebutuhan penyalur LPG
3. Memfasilitasi penyalur untuk memenuhi ketentuan dari Direktorat Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral RI (termasuk kebutuhan pelatihan bagi operator atau petugas penyalur)

DAFTAR REFERENSI

- Agustian, W. 2009. Kebakaran LPG Duren Sawit Masih Diselidiki. Available: <http://economy.okezone.com/read/2009/11/14/320/275494/kebakaran-lpg-duren-sawit-masih-diselidiki> [Accessed 30 Juli 2011].
- Arenas, M. 2010. Store Tank of Fixed Roof 3D. Available: http://www.bibliocad.com/library/store-tank-of-fixed-roof-3d_33606 [Accessed 13 Januari 2012].
- Assael, M. J. & Kakosimos, K. E. 2010. *Fires, Explosions and Toxic Gas Dispersions: Effect Calculation and Risk Analysis*, New York, CRC Press.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Propinsi Sumatera Utara. 2009. *Laporan Akhir Kajian Konversi Minyak Tanah ke Gas Elpiji di Sumatera Utara*. Available: <http://www.scribd.com/doc/59225633/Gas-Elpiji-09> [Accessed 3 Agustus 2011].
- Badan Standardisasi Nasional. 2006. Baja Lembaran, Pelat dan Gulungan Canai Panas Untuk Tabung Gas (BjTG). Standar Nasional Indonesia No. 7784_SNI 1452_2007. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2007. Tabung Baja LPG. Standar Nasional Indonesia No. 7784_SNI 1452_2007. Jakarta.
- Bjerketvedt, D., J.R. Bakke & K.V. Wingerden. 1997. Gas Explosion Handbook. *Journal of Hazardous Material*, 52, 1-150.
- Candra, Agung Dewa. 2010. *Analisis Keselamatan Teknis Katup Tabung Baja Gas Elpiji Ukuran 3 Kg*. [Tesis]. Depok: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Daud, B. 2010. Kebakaran Karena Tabung Gas Bocor. Available: <http://www.tribunnews.com/2010/07/22/kebakaran-karena-tabung-gas-bocor> [Accessed 30 Juli 2011].
- Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. *Cuplikan Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna*. Jakarta: Direktorat Jenderal Migas DESDM RI.
- Djunaidi, Zulkifli dkk. 2011. Laporan Akhir Hibah Riset Kolaborasi Nasional Tahun 2010. *Analisis Keselamatan Penggunaan Liquefied Petroleum Gas (LPG) 3 KG*. Depok: Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Universitas Indonesia.

- Environmental Protection Agency. 2007. ALOHA User's Manual. Available: <http://www.epa.gov/osweroe1/docs/cameo/ALOHAManual.pdf> [Accessed 23 Januari 2012].
- Furness, A. dan Martin Muckett. 2007. *Introduction to Fire Safety Management*. UK: Elsevier.
- Metro TV News. 2011. Penyalur Gas Terbakar, 1 Orang Tewas. Available: <http://metrotvnews.com/read/news/2011/01/05/38566/Penyalar-Gas-Terbakar-Satu-Orang-Tewas/> [Accessed 30 Juli 2011].
- Mustafa. 2010. Analisis Pembuatan Tabung Gas LPG 3 Kg. *Jurnal Teknologi*, 3, 61-69.
- National Fire Protection Association. 1998. *NFPA 58: Petroleum Gas Code 1998 Edition*. In NFPA (Ed.) National Fire Codes. Massachusetts: NFPA.
- NIOSH. 2008. *NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazard*. National Institute on Occupational Safety and Health.
- National Research Council of The National Academy. 2003. *Tracking and Predicting the Atmospheric Dispersion of Hazardous Material Releases*. Washington: The National Academies Press.
- Pertamina. 2007. Pedoman Pencacahan dan Distribusi Elpiji 3 Kg No. 1688/F10000/2007-S3. Available: <http://gasdom.pertamina.com/faq.aspx> [Accessed 15 November 2011].
- Putri, Febrina Dhyani. 2010. *Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Persepsi Risiko Kebakaran dan Ledakan Akibat Penggunaan Gas Elpiji 3 Kg pada Ibu Rumah Tangga di RW 02 Kelurahan Sukabumi Utara Kecamatan Kebon Jeruk Jakarta Barat Mei 2010*. [Skripsi]. Depok: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Ramli, Soehatman. 2010. *Petunjuk Praktis Manajemen Kebakaran (Fire Management)*. Jakarta: Dian Rakyat.
- Sari, Ali. 2011. Comparison of TNO Multienergy and Baker-Strehlow-Tang Models. *Process Safety Progress, American Institute of Chemical Engineers*, 30,23-26.
- Tauseef, S.M., Tasneem Abbasi, S.A. Abbasi. 2010. Risks of Fire and Explosion Associated With the Increasing Use of Liquefied Petroleum Gas. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 10,322–333.

- U.S. Chemical Safety Hazard and Investigation Board. 1998. Herrig Brothers Propane Tank Explosion. Available:
http://www.csb.gov/assets/document/CSB_HerrigFinaldigest.pdf
 [Accessed 11 Januari 2012].
- Wermac. 2011. Introduction to Storage Tanks and Vessel. Available:
http://www.wermac.org/equipment/storage_tanks_vessels_general.html
 [Accessed 15 Desember 2011].
- Wijaya, Oktomi. 2010. *Gambaran Tingkat Pengetahuan Pedagang Pengguna Elpiji 3 Kg Terhadap Keselamatan Elpiji 3 Kg di Kelurahan Pondok Cina Depok pada Bulan Mei 2010*. [Skripsi]. Depok: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Victoryan, Intania Mega. 2011. *Analisis Keselamatan Penggunaan LPG (Liquefied Petroleum Gas) 3 Kg Terhadap Perilaku Ibu Rumah Tangga di Depok pada Tahun 2011*. [Tesis]. Depok: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Visual Dictionary Online. 2011. Tanks. Available: http://visual.merriam-webster.com/energy/geothermal-fossil-energy/oil/tanks_3.php [Accessed 20 Desember 2011]
- BREEZE Software. *BREEZE Incident Analysis*. 2011. Available:
<http://www.BREEZE-software.com/incidentanalyst/> [Accessed 25 November 2011].
- Elpiji. Available: <http://id.wikipedia.org/wiki/Elpiji> [Accessed 15 Juli 2011].
- Fire Testing At GL Noble Denton's Spadeadam Test Site. Available:
<http://www.gl-nobledenton.com/en/consulting/FireTesting.php>
 [Accessed 10 Juni 2011].
- Incendios de Charco (Pool Fire). Available:
http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An_conse/Charco.htm [Accessed 10 Juni 2011].
- Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Nomor: 25K/36/DDJM/1990.
- Let's Talk Fire: Backdraft, A Firefighter Nightmare. Available:
<http://lorddraven2000.hubpages.com/hub/Lets-Talk-Fire-Backdraft-A-Firefighter-Nightmare> [Accessed 10 Juni 2011].
- Minyak Bumi dan Dampak Penggunaannya. Available:
<http://www.scribd.com/doc/52690327/6/KIMIA-1> [Accessed 30 November 2011].

MSDS Butane. Available:.

<http://www.chemadvisor.com/Matheson/database/msds/MAT15370000800003.PDF> [Accessed 15 Juli 2011].

MSDS Liquefied Petroleum Gas. Available:.

http://www.tsocorp.com/stellent/groups/corpcomm/documents/tsocorp_documents/msdslpg.pdf [Accessed 15 Juli 2011].

MSDS Methyl Mercaptan. Available:.

<https://www.mathesongas.com/pdfs/msds/MAT14620.pdf> [Accessed 15 Juli 2011].

MSDS Propane. Available:.

<https://www.mathesongas.com/pdfs/msds/MAT19690.pdf> [Accessed 15 Juli 2011].

Propane Rail Car Fire May Cause Explosion (5,000 Evacuated). Available:

<http://blogs.theprovince.com/2011/08/24/propane-rail-car-fire-may-cause-explosion5000-evacuated/> [Accessed 25 Agustus 2011].

Southern Tank: Flameshield Tanks. Available:

<http://southerntank.net/flameshield-tanks.htm> [Accessed 20 Januari 2011].

What is LPG? Available: <http://www.flogas.co.uk/81/what-is-lpg-gas> [Accessed 15 Juli 2011]

LAMPIRAN

Nama Agen : _____

Alamat : _____

PENGANTAR

Perihal : Permohonan Izin Pengisian *Checklist*

Lampiran : 1 berkas

Kepada Yth : Pemilik Agen LPG 3 kg

Dengan hormat,

Dalam rangka penulisan tesis yang berjudul Analisis Keselamatan Penggunaan LPG (*Liquified Petroleum Gas*) 3 kg Terhadap Agen LPG di Depok pada Tahun 2011, maka saya mohon dengan hormat kepada pemilik agen LPG 3 kg untuk memberikan izin mengisi *checklist* ini.

Checklist ini bukan test yang akan merugikan Bapak/Ibu, oleh karena itu tidak perlu takut atau ragu-ragu dalam memberikan jawaban yang sebenarnya. Jawaban dimohon sesuai dengan apa yang ada pada kondisi agen LPG milik Bapak/Ibu. Oleh karena itu data dan identitas Bapak/Ibu akan dijamin kerahasiaannya dan tidak akan mempengaruhi kehidupan Bapak/Ibu.

Demikian pengantar ini dibuat, atas perhatian, bantuan, dan kerja sama Bapak/Ibu, saya ucapkan terima kasih.

Depok, 7 Oktober 2011

Hormat saya,

Ike Pujiriani

*) Keterangan:

1. Berdasarkan Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. Cuplikan Pedoman Teknis Penyimpanan Tabung LPG di Penyalur dan Penggunaan LPG Untuk Pengguna. Jakarta: Direktorat Jenderal Migas DESDM RI.

2. Berdasarkan ational Fire Protection Association. (1998). NFPA 58: Petroleum Gas Code 1998 Edition. In NFPA(Ed.) National Fire Codes. Massachusetts: NFPA.

CHECKLIST AGEN LPG 3KG

No.	Pernyataan	Item Pengecekan	Petunjuk Teknis	Penilaian	Keterangan ^{*)}
A. Penanganan Tabung					
1.	Maksimum jumlah LPG yang disimpan di dalam satu bangunan tidak boleh > 4540 kg	area penyimpanan dalam bangunan, apakah LPG yang disimpan >4540 kg	Y → jumlah LPG ≤ 4540 kg N → jumlah LPG > 4540 kg NA → Not applicable		1,2
2.	Tabung ditempatkan menghadap ke atas	Area penyimpanan tabung	Y → Semua tabung ditempatkan menghadap ke atas N → Terdapat tabung yang ditempatkan menghadap ke bawah NA → Not Applicable		1
3.	Kepala tabung tidak saling berhadapan dalam penyimpanannya.	Area penyimpanan tabung	Y → Tidak terdapat kepala tabung yang saling berhadapan. N → Terdapat kepala tabung yang saling berhadapan NA → Not applicable		1
4.	Tabung LPG disusun dengan aman (max. 5 susun untuk tabung 3 kg, Max. 2 susun untuk tabung 12 kg, sedangkan tabung 50 kg tidak boleh ditumpuk).	Area penyimpanan tabung	Y → Semua tabung disusun sesuai dengan ketentuan N → Terdapat tabung yang disusun tidak sesuai dengan ketentuan NA → Not applicable		1
5.	Setiap penempatan 4 baris tabung LPG harus diberikan akses minimal sebesar 1 meter	Area penyimpanan tabung	Y → Terdapat akses minimal 1 meter tiap 4 baris tabung LPG N → Tidak terdapat akses minimal 1 meter tiap 4 baris tabung LPG		1,2

			NA → Not applicable		
6.	Agen LPG memiliki rambu keselamatan yang terpasang	Area penyimpanan tabung	Y → Terdapat rambu keselamatan yang terpasang N → Tidak ada rambu yang terpasang NA → Not applicable		1
7.	Agen LPG memiliki sistem pengelompokkan tabung	Area penyimpanan tabung	Y → Agen memiliki sistem pengelompokkan tabung N → Agen tidak memiliki sistem pengelompokkan tabung NA → Not applicable		1
8.	Tabung mudah dihitung	Area penyimpanan tabung	Y → Tabung mudah dihitung N → Tabung sulit dihitung NA → Not applicable		1
9.	Stock rubber seal, untuk setiap ukuran tabung LPG tersedia.	Ketersediaan stock rubber seal, seal cap dan safety plug untuk setiap ukuran tabung LPG (dites secara visual, tidak mudah sobek), dengan jumlah stock sebanyak kapasitas jumlah tabung per hari (lihat jumlah pada label di karung).	Y → Tersedia stock rubber seal, seal cap dan safety plug untuk setiap ukuran tabung LPG dan kondisinya baik dan lengkap. N → Tersedia stock rubber seal, seal cap dan safety plug untuk setiap ukuran tabung LPG, namun kondisinya tidak baik dan tidak lengkap; <i>atau</i> tidak tersedia stok sebanyak kapasitas NA → Not applicable		1
10.	Pekerja dalam handling tabung melakukan dengan baik tanpa menimbulkan kerusakan tabung & kelengkapannya (tidak dilempar/ dibanting/ digelindingkan atau cara lain yang	Cara pekerja handling tabung	Y → Handling tabung dilakukan dengan baik sehingga tidak menimbulkan kerusakan pada tabung & kelengkapannya (tidak melempar/		1

	dapat merusak tabung).		membanting/ menggelindingkan atau cara lain yang dapat merusak tabung). N → Handling tabung dilakukan dengan tidak baik sehingga menimbulkan kerusakan pada tabung & kelengkapannya (tabung dilempar/dibanting/digelindingkan atau cara lain yang dapat merusak tabung) NA → Not applicable		
11.	Pekerja memastikan kelayakan tabung yang akan diterima dengan memeriksa kondisi tabung secara visual (hand guard dan foot ring, tidak ada sambungan las yang bermasalah, tidak penyok, kondisi valve masih layak pakai).	Pekerja di lapangan	Y → Ada yang memeriksa kelayakan tabung secara visual sebelum diisi N → Tidak ada yang memeriksa kelayakan tabung secara visual sebelum diisi NA → Not applicable		1
12.	Jika terdapat tabung yang bocor, agar dipisahkan	Tabung yang bocor dipisahkan dari tabung lai	Y → Tabung bocor dipisahkan dan diberi tanda N → Tabung bocor tidak dipisahkan dan tidak diberi tanda NA → Not applicable		1
13.	Masa berlaku uji ulang tabung diperiksa secara visual (jika ditemukan tabung yang habis masa berlaku sesuai ketentuan tidak dilakukan pengisian).	Masa berlaku tabung	Y → Tidak ditemukan tabung dengan masa berlaku yang sudah habis N → Ditemukan tabung dengan masa berlaku yang sudah habis NA → Not applicable		1
14.	Apakah sudah diberlakukan bahwa tabung palsu harus dipisahkan?	Apakah terdapat tabung palsu	Y → Tabung palsu disita dan dilanjutkan untuk proses pemusnahan		1

			N → Ditemukan tabung palsu oleh auditor yang tidak disita NA → Not applicable		
15.	Tabung LPG tidak digunakan untuk ganjal (ganjal ban mobil/ mesin/ palet/ tempat duduk).	Apakah terdapat tabung yang digunakan untuk ganjal (ganjal ban mobil/mesin/palet/tempat duduk)	Y → Tabung LPG tidak digunakan untuk ganjal (ganjal ban mobil/ mesin/ palet/ tempat duduk) N → Tabung LPG digunakan untuk ganjal (ganjal ban mobil/ mesin/ palet/ tempat duduk) NA → Not applicable		1
16.	LPG yang telah terisi diberi segel	Apakah LPG yang telah terisi diberi segel	Y = LPG yang telah terisi diberi segel N = LPG yang telah terisi tidak diberi segel NA → Not applicable		1
17.	Terdapat prosedur/mechanisme pemisahan untuk tabung yang tidak tersegel	Apakah terdapat mekanisme pemisahan tabung yang tidak tersegel	Y → Terdapat mekanisme pemisahan tabung yang tidak tersegel N → Tidak terdapat mekanisme pemisahan tabung yang tidak tersegel NA → Not applicable		1
B. Prosedur Keselamatan dan Kompetensi					
18.	Agen memiliki dokumen prosedur pengecekan terhadap tabung	Wawancara dan periksa dokumen prosedur pengecekan terhadap tabung	Y → Agen memiliki dokumen prosedur pengecekan terhadap tabung N → Agen tidak memiliki dokumen prosedur pengecekan terhadap tabung NA → Tidak dapat diterapkan		1
19.	Pekerja mengetahui prosedur keadaan darurat (kode peringatan/tanda alarm, jalur evakuasi).	Mewawancarai operator dan petugas lainnya	Y → Semua operator dan petugas lainnya mengetahui tugas dan perannya dalam prosedur keadaan		1,2

			darurat N → Terdapat operator dan petugas lainnya yang tidak mengetahui tugas dan perannya dalam prosedur keadaan darurat NA → Not applicable		
20.	Apakah peran dan tanggung jawab & agen penyalur tabung sudah dibuat secara tertulis?	Dokumen : tertulis/tidak	Y → Tanggung jawab & akuntabilitas agen penyalur tabung sudah didefinisikan termasuk membuat matrik responsibility & accountability . N → Tanggung jawab & akuntabilitas agen penyalur tabung belum didefinisikan termasuk membuat matrik responsibility & accountability NA → Not applicable		1
21.	Apakah pekerja sudah diberikan pelatihan dengan layak untuk dapat bereaksi dalam keadaan darurat?	Lapangan, wawancara kepada seluruh pekerja	Y → Semua pekerja sudah mendapat pelatihan. N → Belum semua pekerja mendapat pelatihan. NA → Not applicable		1,2
22.	Apakah program pelatihan terstruktur sudah disusun bagi para operator & mereka yang baru bergabung?	Dokumen pelatihan	Y → Ada program pelatihan bagi para operator/petugas yang baru, dan terdokumentasi N → Ada program pelatihan namun tidak terdokumentasi atau Tidak ada program pelatihan bagi para operator/petugas baru NA → Not applicable		1
23.	Apakah masyarakat sudah dibuat sadar akan	Dokumen dan wawancara	Y → Masyarakat sudah dibuat sadar		1

	bahaya-bahaya & akibat-akibat yang dapat timbul, seperti: tindakan-tindakan yang akan dilakukan dalam hal terjadinya kebocoran atau ledakan yang kemudian sudah dipublikasikan?		akan bahaya & akibat yang dapat timbul, terdokumentasi. N → Masyarakat belum dibuat sadar akan bahaya & akibat yang dapat timbul. NA → Not applicable		
24.	Apakah ada prosedur dan dilakukan proses seleksi pengemudi, pelatihan & pemantauan kinerjanya?	Prosedur dan dokumen seleksi pengemudi, pelatihan dan pemantauan kinerjanya	Y → Ada prosedur proses seleksi pengemudi, pelatihan & pemantauan kinerjanya, terdokumentasi N → Tidak ada prosedur dan tidak dilakukan proses seleksi pengemudi, pelatihan & pemantauan kinerjanya NA → Not applicable		1
25.	Apakah sudah ada ERP (Rencana Tanggap Darurat) dan dilakukan latihan secara periodik?	Dokumen ERP dan dokumentasi pelatihan ERP	Y → Ada ERP dengan menggunakan analisis konsekuensi dan dilakukan latihan periodik, terdokumentasi. N =→ Tidak ada ERP dengan menggunakan analisis konsekuensi dan tidak dilakukan latihan periodik. NA → Not applicable		1
26.	Apakah terdapat program sosialisasi keselamatan LPG di masyarakat?	Dokumen dan wawancara; Bukti sosialisasi (missal: foto, daftar hadir, dll)	Y → Ada program pelaksanaan pengembangan kompetensi masyarakat local; ada bukti. N =→ Tidak ada program pelaksanaan pengembangan kompetensi masyarakat lokal. NA =→ Not applicable		1
27.	Apakah sudah disusun pedoman dalam melakukan penanganan tabung 3 kg yang menjelaskan bagaimana dan mengapa?	Dokumen pedoman penanganan tabung LPG 3kg	Y → Terdapat dokumen pedoman dalam melakukan penanganan tabung 3 kg, N → Belum terdapat dokumen pedoman dalam melakukan penanganan tabung 3		1

			kg. NA → Not applicable		
C. Fasilitas Keselamatan dan Rambu-rambu Keselamatan					
28.	Lantai penyimpanan tabung harus kering.	Area penyimpanan tabung kosong: 1) Lantai harus berbahan dasar beton / paving dan 2) Dalam kondisi kering (tidak ada genangan air)	Y → Semua kriteria diatas terpenuhi N → Tidak semua kriteria tidak terpenuhi NA → Not applicable		1
29.	Area penyimpanan dapat melindungi tabung LPG (isi) dari paparan sinar matahari dan hujan.	Area penyimpanan tabung dilengkapi dengan atap agar terlindungi dari paparan sinar matahari dan hujan	Y → Area penyimpanan tabung telah memenuhi persyaratan N → Area penyimpanan belum memenuhi persyaratan NA → Not applicable		1
30.	Apabila area merupakan bangunan tertutup maka ventilasi maksimal 30 cm dari atas lantai di 2 (dua) sisi yang berlawanan.	Area penyimpanan tabung 1) Terdapat ventilasi pada bawah lantai di 2 (dua) sisi yang berlawanan 2) Mampu mensirkulasikan udara dengan baik antara udara didalam dan diluar area penyimpanan tabung	Y → Semua kriteria diatas terpenuhi N → Semua kriteria tidak terpenuhi NA → Not applicable (Jika area merupakan bangunan terbuka)		1,2
31.	Area penyimpanan tidak boleh mengganggu kegiatan agen.	Area penyimpanan tabung 1) Tempat penyimpanan tabung harus terpisah dari tempat pengisian LPG dan 2) Tidak mengganggu kegiatan operasional	Y → Semua kriteria diatas terpenuhi N → Semua kriteria tidak terpenuhi NA → Not applicable		1
32.	Jarak area penyimpanan dari bangunan umum sekitar agen (sekolah, rumah sakit, tempat ibadah,	Area penyimpanan tabung jarak penyimpanan tabung	Y → Jarak penyimpanan tabung minimal sesuai ketentuan		1,2

	tempat massa berkumpul lainnya) sesuai ketentuan	<p>minimal 15 m dari bangunan umum yang ada disekitarnya</p> <p>Berdasarkan DitJend MiGas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Jumlah LPG (kg)</th> <th>Jarak (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≤ 300</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>301 – 3000</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>3001 – 4540</td> <td>6.1</td> </tr> <tr> <td>> 4540</td> <td>7.6</td> </tr> </tbody> </table>	Jumlah LPG (kg)	Jarak (m)	≤ 300	0	301 – 3000	3	3001 – 4540	6.1	> 4540	7.6	<p>N → Jarak penyimpanan tabung tidak sesuai ketentuan</p> <p>NA → Not applicable</p>		
Jumlah LPG (kg)	Jarak (m)														
≤ 300	0														
301 – 3000	3														
3001 – 4540	6.1														
> 4540	7.6														
33.	<p>Operator memakai alat pelindung diri</p> <p>a. safety helmet, b. sarung tangan, c. safety shoes, d. masker</p>	<p>Area filling hall (pengisian LPG)</p> <p>Operator memakai alat pelindung diri yang terdiri dari : 1) Safety Helmet, 2) Sarung tangan, 3) Safety shoes, 4) Masker</p>	<p>Y → Seluruh operator memakai alat pelindung diri</p> <p>N → Tidak ada satupun operator yang memakai alat pelindung diri di atas</p> <p>NA → Not applicable</p>		1										
34.	<p>Petugas agen memastikan mesin kendaraan (termasuk truk pengangkut agen) diparkir di area pengisian dengan memasang rem tangan dan persneling pada posisi netral serta roda dalam kondisi terganjal.</p>	<p>Area bersandar truk & Area parkir</p> <p>Petugas LPGFP/SPPBE/SPPEK/SPBE memastikan mesin kendaraan (termasuk truk pengangkut agen) diparkir di area pengisian dengan:</p> <p>1) memasang rem tangan dan 2) persneling pada posisi netral serta 3) roda dalam kondisi</p>	<p>Y → Semua kriteria diatas terpenuhi oleh petugas</p> <p>N → Tidak semua kriteria tidak terpenuhi petugas</p> <p>NA → Not applicable</p>		1										

		terganjal			
35.	Akses masuk menuju area parkir dan jalan keluar kendaraan bebas dari hambatan.	Area Jalur masuk / keluar dan parkir terbuat dari beton, terpelihara dengan baik (tak ada lubang atau kerusakan besar lainnya) dan tidak ada kemungkinan terjadinya benturan saat kendaraan keluar masuk (kendaraan tidak perlu berjalan mundur)	Y → Area parker telah memenuhi persyaratan N → Area parkir belum memenuhi persyaratan NA → Not applicable		1,2
36.	Area penyimpanan LPG dalam kondisi bersih (bebas dari bahan yang mudah terbakar)	Area penyimpanan LPG Area penyimpanan harus dalam kondisi bersih	Y → Area penyimpanan LPG dalam kondisi bersih N → Area penyimpanan LPG tidak dalam kondisi bersih NA → Not applicable		1,2
37.	Tidak terlihat kerusakan (lubang yang dapat menyebabkan adanya akumulasi gas) pada area penyimpanan LPG	Area penyimpanan LPG Area penyimpanan tidak terlihat kerusakan seperti ; berlubang yang dapat menyebabkan adanya akumulasi gas, terdapat genangan air	Y → Tidak terlihat kerusakan pada area penyimpanan LPG N → Terlihat kerusakan pada area penyimpanan LPG NA → Not applicable		1,2
38.	Instalasi listrik terlindungi secara aman dan tidak ada sambungan yang terbuka.	Instalasi listrik umum seluruh Instalasi listrik umum terlindungi secara aman dan tidak ada sambungan yang terbuka	Y → Instalasi listrik umum terlindungi secara aman dan tidak ada sambungan yang terbuka N → Ditemukan instalasi listrik umum yang tidak aman atau sambungan terbuka NA → Not applicable		1,2

39.	Lampu penerangan area penyimpanan di dalam bangunan harus menggunakan jenis <i>gas proof</i>	Lampu penerangan di area penyimpanan dalam ruangan apakah menggunakan jenis <i>gas proof</i> /tidak	Y → Lampu penerangan area penyimpanan di dalam ruangan menggunakan jenis gas proof N → Lampu penerangan area penyimpanan di dalam ruangan tidak menggunakan jenis gas proof NA → Not applicable		1,2
40.	Apakah tersedia alarm keadaan darurat untuk memberikan peringatan kepada seluruh karyawan khususnya karyawan kantor & wilayah pemukiman sekitar untuk memastikan evakuasi berjalan lancar?	Alarm keadaan darurat tersedia, cukup terdengar oleh seluruh pekerja, dan wilayah pemukiman sekitar untuk memastikan evakuasi berjalan lancar	Y → Alarm tersedia dan berfungsi dengan baik N → Alarm tidak tersedia atau tidak berfungsi dengan baik NA → Not applicable		1,2
41.	Rambu HSE tersedia dan terpasang serta mudah dibaca: a. Dilarang Merokok b. Dilarang Membawa HP c. Menonaktifkan HP d. Dilarang membawa korek api	Rambu HSE tersedia, terpasang dan mudah dibaca serta lengkap (dilarang merokok, dilarang membawa HP, menonaktifkan telepon genggam, dilarang membawa korek api).	Y → Rambu HSE tersedia, terpasang dan mudah dibaca G → Rambu HSE tidak tersedia NA → Not applicable		1
D. Proteksi Kebakaran					
42.	Pada area penyimpanan di ruang tertutup harus dilengkapi dengan <i>gas detector</i>	Ketersediaan <i>gas detector</i>	Y → Tersedia gas detector N → Tidak tersedia gas detector NA → Not applicable		1,2
43.	Apakah tersedia alat pemadam api <i>Dry Chemical Powder</i> (DCP) 3,5 kg (minimal 1 buah) dalam kondisi baik.	Area Filling hall, kantor dan gudang: 1) Alat pemadam api DCP 9 kg tersedia minimal di setiap tiang area filling hall,	Y → Semua kriteria diatas terpenuhi N → Tidak semua kriteria terpenuhi NA → Not applicable		1

		2) Kantor, dan 3) gudang serta dalam kondisi baik			
44.	Lokasi alat pemadam api terlihat dengan jelas pada tempatnya dan mudah dijangkau.	Lokasi alat pemadam api terlihat dengan jelas pada tempatnya dan mudah dijangkau	Y → Lokasi alat pemadam api sesuai persyaratan N → Lokasi alat pemadam api belum memenuhi persyaratan NA → Not applicable		1
45.	Alat pemadam api yang terpasang masih berlaku untuk digunakan dan kondisi siap pakai.	Lokasi alat pemadam api Alat pemadam api yang terpasang masih berlaku untuk digunakan dan kondisi siap pakai	Y → Alat pemadam api yang terpasang masih berlaku untuk digunakan dan kondisi siap pakai N → Alat pemadam api yang terpasang sudah tidak berlaku untuk digunakan dan tidak siap pakai NA → Not applicable		1
46.	Bagan OKD (Organisasi Keadaan Darurat) dan uraian tugasnya terpasang.	Lapangan & Kantor Bagan OKD (Organisasi Keadaan Darurat) terpasang di area kantor dan di lapangan	Y → Bagan OKD (Organisasi Keadaan Darurat) dan uraian tugasnya terpasang di area kantor dan di lapangan N → Tidak ada bagan OKD (Organisasi Keadaan Darurat) NA → Not applicable		1
47.	Pintu darurat menuju lokasi evakuasi tersedia dan tidak terhambat.	Pintu darurat menuju lokasi evakuasi tersedia dan tidak terhambat (mudah dibuka, tidak terkunci dan tidak terhalang)	Y → Pintu darurat menuju lokasi evakuasi tersedia dan tidak terhambat (mudah dibuka, tidak terkunci dan tidak terhalang) N → Pintu darurat menuju lokasi evakuasi tersedia namun terhambat (mudah dibuka, tidak terkunci dan tidak terhalang); atau tidak ada pintu darurat NA → Not applicable		1

48.	Kotak P3K tersedia di kantor dan di lapangan, mudah dijangkau dan dalam kondisi higienis.	Kantor dan Lapangan	Y → Kotak P3K tersedia, isinya lengkap dan tidak kadaluarsa N → Tersedia, namun isinya tidak lengkap, atau tidak ada kotak P3K NA → Not applicable		1
49.	Dilakukan pelatihan/simulasi pemadam kebakaran setiap 1 tahun sekali (terdokumentasi).	Dokumen	Y → Telah dilakukan pelatihan/simulasi pemadam kebakaran setiap 1 tahun sekali (terdokumentasi) N → Belum dilakukan pelatihan/simulasi pemadam kebakaran setiap 1 tahun sekali NA → Not applicable		1

Nama Agen : _____

Surveyor : _____

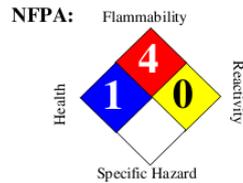
Tanggal: _____

Alamat : _____

Perwakilan Agen : _____

Material Safety Data Sheet

LPG

**HMS III:**

HEALTH	1
FLAMMABILITY	4
PHYSICAL	0

0 = Insignificant, 1 = Slight, 2 = Moderate,
3 = High, 4 = Extreme

SECTION 1. PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

Product name	: LPG		
Synonyms	: Liquefied Petroleum Gases; Olefins; Alky Feed; Stabilizer Bottoms, 88810004454		
MSDS Number	: 88810004454	Version	: 1.2
Product Use Description	: Fuel, Refinery intermediate Stream		
Company	: For: Tesoro Refining & Marketing Co. 19100 Ridgewood Parkway, San Antonio, TX 78259		
Tesoro Call Center	: (877) 783-7676	Chemtec (Emergency Contact)	: (800) 424-9300

SECTION 2. HAZARDS IDENTIFICATION

Emergency Overview

Regulatory status	: This material is considered hazardous by the Occupational Safety and Health Administration (OSHA) Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200).
Signal Word	: DANGER
Hazard Summary	: High concentrations may exclude oxygen and cause dizziness and suffocation. Contact with liquid or cold vapor may cause frostbite or freeze burn. Simple asphyxiant. Reduces oxygen available for breathing. Exposure to concentrations above 10% of the LEL may cause a general central nervous system (CNS) depression typical of anesthetic gases or intoxicants. Aliphatic hydrocarbon gases may build up in confined spaces and may cause dizziness, light-headedness, headache, nausea and loss of coordination. Continued inhalation may result in narcosis, unconsciousness, and possibly lead to death.

Potential Health Effects

Eyes	: May cause mild, short-lasting discomfort to eyes. Rapid release of gases which are liquids under pressure may cause frost burns of exposed tissues (skin, eye) due to evaporative cooling.
Skin	: Negligible irritation to skin at ambient temperatures. Rapid release of gases which are liquids under pressure may cause frost burns of exposed tissues (skin, eye) due to evaporative cooling.
Chronic Exposure	: Chronic Effects And/Or Target Organ Data: May cause central nervous system disorder (e.g., narcosis involving a loss of coordination, weakness, fatigue, mental confusion and blurred vision) and/or damage. Exposure to rapidly

expanding gas or vaporizing liquid may cause frostbite (cold burn). Simple asphyxiant: Acts by displacing oxygen in the lungs thereby diminishing the supply of oxygen available to the blood and tissues. Symptoms include shortness of breath, rapid heart rate, incoordination, lethargy, headaches, nausea, vomiting, and disorientation. Continued lack of oxygen may result in convulsions, loss of consciousness and death. Oxygen in enclosed spaces should be maintained at normal atmospheric percentage (about 21 percent by volume).

Target Organs : Eyes, Skin

Physical and chemical hazards : Flammable Gas. Material can release vapors that readily form flammable mixtures. Vapor accumulation could flash and/or explode if ignited. Frostbite hazard - rapidly expanding gas or liquid may cause frostbite Material can accumulate static charges which may cause an incendiary electrical discharge.

SECTION 3. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Component	CAS-No.	Weight %
Propane	74-98-6	60 - 90%
Butane	106-97-8	10 - 30%
Propene; Propylene	115-07-1	1 - 5%
Isobutane	75-28-5	1 - 5%

SECTION 4. FIRST AID MEASURES

Inhalation	: Remove to fresh air. If breathing is irregular or stopped, administer artificial respiration. Give oxygen. Seek medical attention immediately.
Skin contact	: For exposure to liquid, immediately warm frostbite area with warm water not to exceed 105 °F (41 °C). In case of massive exposure, remove contaminated clothing while showering with warm water. Obtain medical attention.
Eye contact	: Immediately flush eyes thoroughly with warm water for at least 15 minutes. Remove contact lenses. Rinse with water. Take victim immediately to hospital. Hold the eyelids open and away from the eyeballs to ensure that all surfaces are flushed thoroughly. If eye irritation persists, seek medical attention.
Ingestion	: Ingestion is considered unlikely. If swallowed, obtain medical attention.
Notes to physician	: Symptoms: Dizziness, Headache, Nausea, Frostbite, Vomiting, Discomfort Hazards: This material may be a cardiac sensitizer; avoid the use of epinephrine. Treatment: Treatment of overexposure should be directed at the control of symptoms and the clinical condition of the patient.

SECTION 5. FIRE-FIGHTING MEASURES

Form	: Liquefied gas
Flash point	: -104 °C (-155 °F)

Lower explosive limit	: 2.1 % (V)
Upper explosive limit	: 9.5 % (V)
Suitable extinguishing media	: Water spray, Dry chemical, Foam, Carbon dioxide (CO ₂). Fire should not be extinguished unless flow of gas can be immediately stopped.
Specific hazards during fire fighting	: Flammable Gas. Vapors are heavier than air and may travel long distances to a point of ignition and flash back.
Special protective equipment for fire-fighters	: Firefighting activities that may result in potential exposure to high heat, smoke or toxic by-products of combustion should require NIOSH/MSHA- approved pressure-demand self-contained breathing apparatus with full facepiece and full protective clothing.
Further information	: Allow the fire to burn under controlled conditions. Fire should not be extinguished unless flow of gas can be immediately stopped. Stop leak if you can do it without risk. Evacuate area. If a leak or spill has not ignited, use water spray to disperse the vapors and to protect personnel attempting to stop a leak. Prevent runoff from fire control or dilution from entering streams, sewers, or drinking water supply. Use water to cool equipment, surfaces and containers exposed to fire and excessive heat. For large fire the use of unmanned hose holders or monitor nozzles may be advantageous to further minimize personnel exposure.

SECTION 6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Personal precautions	: Warn or evacuate occupants in surrounding and downwind areas if required due to toxicity or flammability of the material. Emergency eye wash capability should be available in the vicinity of any potential splash exposure. Use good personal hygiene practices. Avoid repeated and/or prolonged skin exposure. Wash hands before eating, drinking, smoking, or using toilet facilities. Do not use as a cleaning solvent or harsh abrasive skin cleaners for washing this product from exposed skin areas. Waterless hand cleaners are effective. Promptly remove contaminated clothing and launder before reuse. Consider disposal of contaminated clothing rather than laundering to prevent the formation of flammable vapors which could ignite via washer or dryer. Consider the need to discard contaminated leather shoes and gloves.
Environmental precautions	: Prevent entry into waterways, sewers, basements or confined areas.
Methods for cleaning up	: Land Spill: Eliminate all ignition sources (no smoking, flares, sparks or flames in immediate area). CAUTION: When in contact with refrigerated/cryogenic liquids, many materials become brittle and are likely to break without warning. Allow liquid to evaporate from the surface. All equipment used when handling the product must be grounded. Do not direct water at spill or source of leak. Do not touch or walk through spilled material. If possible, turn leaking containers so that gas escapes rather than liquid. Isolate area until gas has dispersed. Prevent spreading of vapors through sewers, ventilation systems and confined areas. Use water spray to reduce vapors or divert vapor cloud drift. Avoid allowing water runoff to contact spilled material. Water Spill: Eliminate all ignition sources (no smoking, flares, sparks or flames in immediate area). Allow liquid to evaporate from the surface.

SECTION 7. HANDLING AND STORAGE

Handling	: Keep away from fire, sparks and heated surfaces. No smoking near areas where material is stored or handled. The product should only be stored and handled in
-----------------	--

	areas with intrinsically safe electrical classification.
Advice on protection against fire and explosion	: Hydrocarbon liquids including this product can act as a non-conductive flammable liquid (or static accumulators), and may form ignitable vapor-air mixtures in storage tanks or other containers. Precautions to prevent static-initiated fire or explosion during transfer, storage or handling, include but are not limited to these examples: <ol style="list-style-type: none"> (1) Ground and bond containers during product transfers. Grounding and bonding may not be adequate protection to prevent ignition or explosion of hydrocarbon liquids and vapors that are static accumulators. (2) Special slow load procedures for "switch loading" must be followed to avoid the static ignition hazard that can exist when higher flash point material (such as fuel oil or diesel) is loaded into tanks previously containing low flash point products (such as gasoline or naphtha). (3) Storage tank level floats must be effectively bonded. For more information on precautions to prevent static-initiated fire or explosion, see NFPA 77, Recommended Practice on Static Electricity (2007), and API Recommended Practice 2003, Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents (2008).
Dust explosion class	: Not applicable
Requirements for storage areas and containers	: Keep away from flame, sparks, excessive temperatures and open flame. Use approved containers. Keep containers closed and clearly labeled. Empty or partially full product containers or vessels may contain explosive vapors. Do not pressurize, cut, heat, weld or expose containers to sources of ignition. Store in a well-ventilated area. The storage area should comply with NFPA 30 "Flammable and Combustible Liquid Code". The cleaning of tanks previously containing this product should follow API Recommended Practice (RP) 2013 "Cleaning Mobile Tanks In Flammable and Combustible Liquid Service" and API RP 2015 "Cleaning Petroleum Storage Tanks".
Advice on common storage	: Keep away from food, drink and animal feed. Incompatible with oxidizing agents. Incompatible with acids.
Other data	: Keep in a dry place. Keep away from heat. No decomposition if stored and applied as directed.

SECTION 8. EXPOSURE CONTROLS / PERSONAL PROTECTION

Exposure Guidelines

List	Components	CAS-No.	Type:	Value
OSHA Z1	Propane	74-98-6	PEL	1,000 ppm 1,800 mg/m3
ACGIH	Propane	74-98-6	TWA	1,000 ppm
	Butane	106-97-8	TWA	1,000 ppm
	Isobutane	75-28-5	TWA	1,000 ppm

Protective measures	: Avoid contact with skin. When using do not smoke. Keep out of reach of children. Keep away from heat and flame.
Engineering measures	: Use only intrinsically safe electrical equipment approved for use in classified areas.
Eye protection	: Goggles and face shield as needed to prevent eye and face contact.

Hand protection	: Neoprene gloves Any specific glove information provided is based on published literature and glove manufacturer data. Work conditions can greatly effect glove durability; inspect and replace worn or damaged gloves. If product is hot, thermally protective gloves are recommended. If contact with forearms is likely, wear gauntlet style gloves.
Skin and body protection	: Where contact with liquid may occur, wear apron and faceshield.
Respiratory protection	: NIOSH/MSHA approved positive-pressure self-contained breathing apparatus (SCBA) or Type C positive-pressure supplied air with escape bottle must be used for gas concentrations above occupational exposure limits, for potential of uncontrolled release, if exposure levels are not known, or in an oxygen-deficient atmosphere. Refer to OSHA 29 CFR 1910.134, ANSI Z88.2-1992, NIOSH Respirator Decision Logic, and the manufacturer for additional guidance on respiratory protection selection.
Work / Hygiene practices	: Emergency eye wash capability should be available in the near proximity to operations presenting a potential splash exposure. Use good personal hygiene practices. Avoid repeated and/or prolonged skin exposure. Wash hands before eating, drinking, smoking, or using toilet facilities. Do not use as a cleaning solvent on the skin. Do not use solvents or harsh abrasive skin cleaners for washing this product from exposed skin areas. Waterless hand cleaners are effective. Promptly remove contaminated clothing and launder before reuse. Use care when laundering to prevent the formation of flammable vapors which could ignite via washer or dryer. Consider the need to discard contaminated leather shoes and gloves.

SECTION 9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Form	: Liquefied gas
Appearance	: Colorless gas. Cold vapor cloud may be white but the lack of visible gas cloud does not indicate absence of gas. A colorless liquid under pressure.
Odor	: Odorless
Flash point	: -104 °C (-155 °F)
Thermal decomposition	: Heating may cause a fire or explosion., Material does not decompose at ambient temperatures. Carbon monoxide, carbon dioxide and non-combusted hydrocarbons (smoke) are possible hazardous decomposition products.
Lower explosive limit	: 2.1 % (V)
Upper explosive limit	: 9.5 % (V)
pH	: Not applicable
Freezing point	: No data available
Boiling point	: -40 °C(-40 °F)
Vapor Pressure	: 23 to 132 psig at 21.1 °C (70 °F)
Liquid Density	: 1.6 g/cm ³
Water solubility	: Negligible
Viscosity, kinematic	: No data available

Percent Volatiles	: 100 %
Conductivity (conductivity can be reduced by environmental factors such as a decrease in temperature)	Hydrocarbon liquids without static dissipater additive may have conductivity below 1 picoSiemens per meter (pS/m). The highest electro-static ignition risks are associated with "ultra-low conductivities" below 5 pS/m. See Section 7 for sources of information on defining safe loading and handling procedures for low conductivity products.

SECTION 10. STABILITY AND REACTIVITY

Conditions to avoid	: This product is stable at ambient temperature and atmospheric pressure. Avoid high temperatures, open flames, sparks, welding, smoking and other ignition sources.
Materials to avoid	: Strong acids. Copper. Explosion hazard when exposed to nickel carbonyl/oxygen mixture. Strong Oxidizers.
Hazardous decomposition products	: Hydrocarbons. Smoke. Carbon oxides.
Thermal decomposition	: Heating may cause a fire or explosion. Material does not decompose at ambient temperatures. Carbon monoxide, carbon dioxide and non-combusted hydrocarbons (smoke) are possible hazardous decomposition products.
Hazardous reactions	: Vapors may form explosive mixture with air. Hazardous polymerization does not occur. Note: No decomposition if used as directed.

SECTION 11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

Carcinogenicity

NTP	: No component of this product which is present at levels greater than or equal to 0.1 % is identified as a known or anticipated carcinogen by NTP.
IARC	: No component of this product which is present at levels greater than or equal to 0.1 % is identified as probable, possible or confirmed human carcinogen by IARC.
OSHA	: No component of this product which is present at levels greater than or equal to 0.1 % is identified as a carcinogen or potential carcinogen by OSHA.
CA Prop 65	: This product does not contain any chemicals known to State of California to cause cancer, birth, or any other reproductive defects.
Skin irritation	: Irritating to skin. Rapid release of gases which are liquids under pressure may cause frost burns of exposed tissues (skin, eye) due to evaporative cooling.
Eye irritation	: slight irritation Rapid release of gases which are liquids under pressure may cause frost burns of exposed tissues (skin, eye) due to evaporative cooling.
Further information	: Chronic Effects And/Or Target Organ Data: May cause central nervous system disorder (e.g., narcosis involving a loss of coordination, weakness, fatigue, mental confusion and blurred vision) and/or damage. Exposure to rapidly expanding gas or vaporizing liquid may cause frostbite (cold burn). Simple asphyxiant: Acts by displacing oxygen in the lungs thereby diminishing the supply of oxygen available to the blood and tissues. Symptoms include shortness of breath, rapid heart rate, incoordination, lethargy, headaches, nausea, vomiting, and disorientation. Continued lack of oxygen may result in convulsions, loss of consciousness and

death. Since exercise increases the tissue need for oxygen, symptoms will occur more quickly during exertion in an oxygen-deficient environment. Oxygen in enclosed spaces should be maintained at normal atmospheric percentage (about 21 percent by volume).

Component:

Propane	74-98-6	<p><u>Skin irritation</u>: Classification: Irritating to skin. Result: Skin irritation</p> <p><u>Eye irritation</u>: Classification: Irritating to eyes. Result: Mild eye irritation</p>
Propene; Propylene	115-07-1	<p><u>Acute inhalation toxicity</u>: LC50 rat Dose: 658 mg/l Exposure time: 4 h</p> <p><u>Eye irritation</u>: Classification: Irritating to eyes. Result: Mild eye irritation</p>

SECTION 12. ECOLOGICAL INFORMATION

Bioaccumulation	:	Inherently biodegradable. Accumulation in terrestrial organisms is unlikely.
Toxicity to fish	:	Not expected to be harmful to aquatic organisms.
Additional ecological information	:	Liquid release is only expected to cause localized, non-persistent environmental damage, such as freezing. Biodegradation of this product may occur in soil and water. Volatilization is expected to be the most important removal process in soil and water. This product is expected to exist entirely in the vapor phase in ambient air.

SECTION 13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

Disposal	:	Dispose of container and unused contents in accordance with federal, state and local requirements.
-----------------	---	--

SECTION 14. TRANSPORT INFORMATION

CFR		
Proper shipping name	:	PETROLEUM GASES, LIQUEFIED
UN-No.	:	1075
Class	:	2.1
Packing group	:	
TDG		
Proper shipping name	:	PETROLEUM GASES, LIQUEFIED
UN-No.	:	UN1075
Class	:	2.1
Packing group	:	
IATA Cargo Transport		
UN UN-No.	:	UN1075
Description of the goods	:	PETROLEUM GASES, LIQUEFIED
Class	:	2.1
ICAO-Labels	:	2.1

Packing instruction (cargo aircraft)	: 200
IATA Passenger Transport	
UN-No.	: UN1075
Class	: 2.1
	Not permitted for transport
IMDG-Code	
UN-No.	: UN 1075
Description of the goods	: PETROLEUM GASES, LIQUEFIED
Class	: 2.1
IMDG-Labels	: 2.1
EmS Number	: F-D S-U
Marine pollutant	: No

SECTION 15. REGULATORY INFORMATION

OSHA Hazards	: Flammable gas Moderate skin irritant Moderate eye irritant
TSCA Status	: On TSCA Inventory
DSL Status	: All components of this product are on the Canadian DSL list.
SARA 311/312 Hazards	: Fire Hazard Acute Health Hazard
PENN RTK	US. Pennsylvania Worker and Community Right-to-Know Law (34 Pa. Code Chap. 301-323)
<u>Components</u>	<u>CAS-No.</u>
Propane	74-98-6
Butane	106-97-8
Propene; Propylene	115-07-1
Isobutane	75-28-5
MASS RTK	US. Massachusetts Commonwealth's Right-to-Know Law (Appendix A to 105 Code of Massachusetts Regulations Section 670.000)
<u>Components</u>	<u>CAS-No.</u>
Propane	74-98-6
Butane	106-97-8
Propene; Propylene	115-07-1
Isobutane	75-28-5
NJ RTK	US. New Jersey Worker and Community Right-to-Know Act (New Jersey Statute Annotated Section 34:5A-5)
<u>Components</u>	<u>CAS-No.</u>
Propane	74-98-6
Butane	106-97-8
Propene; Propylene	115-07-1

Isobutane	75-28-5
SARA III	US. EPA Emergency Planning and Community Right-To-Know Act (EPCRA) SARA Title III Section 313 Toxic Chemicals (40 CFR 372.65) - Supplier Notification Required
Components	<u>CAS-No.</u>
Propene; Propylene	115-07-1
California Prop. 65	: This product does not contain any chemicals known to State of California to cause cancer, birth, or any other reproductive defects.
<u>CERCLA SECTION 103 and SARA SECTION 304 (RELEASE TO THE ENVIROMENT)</u> The CERCLA definition of hazardous substances contains a "petroleum exclusion" clause which exempts crude oil, Fractions of crude oil, and products (both finished and intermediate) from the crude oil refining process and any indigenous components of such from the CERCLA Section 103 reporting requirements. However, other federal reporting requirements, including SARA Section 304, as well as the Clean Water Act may still apply.	

SECTION 16. OTHER INFORMATIONFurther information

The information provided in this Safety Data Sheet is correct to the best of our knowledge, information and belief at the date of its publication. The information given is designed only as guidance for safe handling, use, processing, storage, transportation, disposal and release and is not to be considered a warranty or quality specification. The information relates only to the specific material designated and may not be valid for such material used in combination with any other materials or in any process, unless specified in the text.

Template : GWU mbH
Prepared by : Birlenbacher Str. 18
D-57078 Siegen
Germany
Telephone: +49-(0)271-88072-0
Revision Date : 10/05/2010

52, 1005



MATERIAL SAFETY DATA SHEET

1. CHEMICAL PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

MATHESON TRI-GAS, INC.
150 Allen Road Suite 302
Basking Ridge, New Jersey 07920
Information: 1-800-416-2505

Emergency Contact:
CHEMTREC 1-800-424-9300
Calls Originating Outside the US:
703-527-3887 (Collect Calls Accepted)

SUBSTANCE: PROPANE

TRADE NAMES/SYNONYMS:

MTG MSDS 76; N-PROPANE; DIMETHYLMETHANE; PROPYL HYDRIDE; R-290;
 PROPYLHYDRIDE; LIQUEFIED PETROLEUM GAS; LPG; >96% NATURAL GRADE; >99.9% PURE
 GRADE; UN 1978; C3H8; MAT19690; RTECS TX2275000

CHEMICAL FAMILY: hydrocarbons, aliphatic

CREATION DATE: Jan 24 1989

REVISION DATE: Dec 11 2008

2. COMPOSITION, INFORMATION ON INGREDIENTS

COMPONENT: PROPANE
CAS NUMBER: 74-98-6
PERCENTAGE: >96

3. HAZARDS IDENTIFICATION

NFPA RATINGS (SCALE 0-4): HEALTH=1 FIRE=4 REACTIVITY=0



EMERGENCY OVERVIEW:

COLOR: colorless

PHYSICAL FORM: gas

ODOR: gasoline odor

MAJOR HEALTH HAZARDS: central nervous system depression, difficulty breathing

PHYSICAL HAZARDS: Flammable gas. May cause flash fire.

POTENTIAL HEALTH EFFECTS:

INHALATION:

SHORT TERM EXPOSURE: nausea, vomiting, irregular heartbeat, headache, symptoms of drunkenness,

disorientation, suffocation, convulsions, coma

LONG TERM EXPOSURE: same as effects reported in short term exposure

SKIN CONTACT:

SHORT TERM EXPOSURE: blisters, frostbite

LONG TERM EXPOSURE: no information on significant adverse effects

EYE CONTACT:

SHORT TERM EXPOSURE: frostbite, blurred vision

LONG TERM EXPOSURE: no information is available

INGESTION:

SHORT TERM EXPOSURE: frostbite

LONG TERM EXPOSURE: no information is available

4. FIRST AID MEASURES

INHALATION: If adverse effects occur, remove to uncontaminated area. Give artificial respiration if not breathing. If breathing is difficult, oxygen should be administered by qualified personnel. Get immediate medical attention.

SKIN CONTACT: If frostbite or freezing occur, immediately flush with plenty of lukewarm water (105-115 F; 41-46 C). DO NOT USE HOT WATER. If warm water is not available, gently wrap affected parts in blankets. Get immediate medical attention.

EYE CONTACT: Contact with liquid: Immediately flush eyes with plenty of water for at least 15 minutes. Then get immediate medical attention.

INGESTION: If a large amount is swallowed, get medical attention.

NOTE TO PHYSICIAN: For inhalation, consider oxygen.

5. FIRE FIGHTING MEASURES

FIRE AND EXPLOSION HAZARDS: Severe fire hazard. Severe explosion hazard. Gas/air mixtures are explosive. The vapor is heavier than air. Vapors or gases may ignite at distant ignition sources and flash back. Electrostatic discharges may be generated by flow or agitation resulting in ignition or explosion.

EXTINGUISHING MEDIA: carbon dioxide, regular dry chemical

Large fires: Flood with fine water spray.

FIRE FIGHTING: Move container from fire area if it can be done without risk. Cool containers with water spray until well after the fire is out. Stay away from the ends of tanks. For fires in cargo or storage area: Cool containers with water from unmanned hose holder or monitor nozzles until well after fire is out. If this is impossible then take the following precautions: Keep unnecessary people away, isolate hazard area and deny entry. Let the fire burn. Withdraw immediately in case of rising sound from venting safety device or any

discoloration of tanks due to fire. For tank, rail car or tank truck: Stop leak if possible without personal risk. Let burn unless leak can be stopped immediately. For smaller tanks or cylinders, extinguish and isolate from other flammables. Evacuation radius: 800 meters (1/2 mile). Stop flow of gas.

FLASH POINT: -157 F (-105 C)
LOWER FLAMMABLE LIMIT: 2.1%
UPPER FLAMMABLE LIMIT: 9.5%
AUTOIGNITION: 842 F (450 C)

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

OCCUPATIONAL RELEASE:

Avoid heat, flames, sparks and other sources of ignition. Do not touch spilled material. Stop leak if possible without personal risk. Reduce vapors with water spray. Keep unnecessary people away, isolate hazard area and deny entry. Remove sources of ignition. Ventilate closed spaces before entering.

7. HANDLING AND STORAGE

STORAGE: Store and handle in accordance with all current regulations and standards. Subject to storage regulations: U.S. OSHA 29 CFR 1910.110. Grounding and bonding required. Subject to storage regulations: U.S. OSHA 29 CFR 1910.101. Keep separated from incompatible substances.

8. EXPOSURE CONTROLS, PERSONAL PROTECTION

EXPOSURE LIMITS:

PROPANE:

1000 ppm (1800 mg/m³) OSHA TWA
1000 ppm (1800 mg/m³) NIOSH recommended TWA 10 hour(s)

LIQUIFIED PETROLEUM GAS (LPG):

1000 ppm (1800 mg/m³) OSHA TWA
1000 ppm (1800 mg/m³) NIOSH recommended TWA 10 hour(s)

ALIPHATIC HYDROCARBON GASES ALKANE (C1-C4):

1000 ppm ACGIH TWA

VENTILATION: Ventilation equipment should be explosion-resistant if explosive concentrations of material are present. Provide local exhaust ventilation system. Ensure compliance with applicable exposure limits.

EYE PROTECTION: For the gas: Eye protection not required, but recommended. For the liquid: Wear splash resistant safety goggles. Contact lenses should not be worn. Provide an emergency eye wash fountain and quick drench shower in the immediate work area.

CLOTHING: For the gas: Protective clothing is not required. For the liquid: Wear appropriate protective, cold insulating clothing.

GLOVES: Wear insulated gloves.

RESPIRATOR: The following respirators and maximum use concentrations are drawn from NIOSH and/or OSHA.

2100 ppm

Any supplied-air respirator.

Any self-contained breathing apparatus with a full facepiece.

Emergency or planned entry into unknown concentrations or IDLH conditions -

Any self-contained breathing apparatus that has a full facepiece and is operated in a pressure-demand or other positive-pressure mode.

Any supplied-air respirator with a full facepiece that is operated in a pressure-demand or other positive-pressure mode in combination with an auxiliary self-contained breathing apparatus operated in pressure-demand or other positive-pressure mode.

Escape -

Any appropriate escape-type, self-contained breathing apparatus.

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

PHYSICAL STATE: gas

COLOR: colorless

ODOR: gasoline odor

MOLECULAR WEIGHT: 44.11

MOLECULAR FORMULA: C-H3-C-H2-C-H3

BOILING POINT: -40 F (-40 C)

FREEZING POINT: -310 F (-190 C)

VAPOR PRESSURE: 6398 mmHg @ 21.1 C

VAPOR DENSITY (air=1): 1.55

SPECIFIC GRAVITY (water=1): 0.5853 @ -45 C

WATER SOLUBILITY: very slightly soluble

PH: Not applicable

VOLATILITY: Not applicable

ODOR THRESHOLD: 5000-20000 ppm

EVAPORATION RATE: Not applicable

COEFFICIENT OF WATER/OIL DISTRIBUTION: Not applicable

SOLVENT SOLUBILITY:

Soluble: absolute alcohol, ether, chloroform, benzene, turpentine

10. STABILITY AND REACTIVITY

REACTIVITY: Stable at normal temperatures and pressure.

CONDITIONS TO AVOID: Avoid heat, flames, sparks and other sources of ignition. Minimize contact with material. Containers may rupture or explode if exposed to heat.

INCOMPATIBILITIES: oxidizing materials, combustible materials

HAZARDOUS DECOMPOSITION:
Thermal decomposition products: oxides of carbon

POLYMERIZATION: Will not polymerize.

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

PROPANE:

TARGET ORGANS: central nervous system

ADDITIONAL DATA: Stimulants such as epinephrine may induce ventricular fibrillation.

12. ECOLOGICAL INFORMATION

Not available

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

Dispose in accordance with all applicable regulations. Subject to disposal regulations: U.S. EPA 40 CFR 262. Hazardous Waste Number(s): D001.

14. TRANSPORT INFORMATION

U.S. DOT 49 CFR 172.101:

PROPER SHIPPING NAME: Propane

ID NUMBER: UN1978

HAZARD CLASS OR DIVISION: 2.1

LABELING REQUIREMENTS: 2.1

QUANTITY LIMITATIONS:

PASSENGER AIRCRAFT OR RAILCAR: Forbidden

CARGO AIRCRAFT ONLY: 150 kg



CANADIAN TRANSPORTATION OF DANGEROUS GOODS:

SHIPPING NAME: Propane

UN NUMBER: UN1978

CLASS: 2.1

15. REGULATORY INFORMATION

U.S. REGULATIONS:

CERCLA SECTIONS 102a/103 HAZARDOUS SUBSTANCES (40 CFR 302.4): Not regulated.

SARA TITLE III SECTION 302 EXTREMELY HAZARDOUS SUBSTANCES (40 CFR 355 Subpart B): Not regulated.

SARA TITLE III SECTION 304 EXTREMELY HAZARDOUS SUBSTANCES (40 CFR 355 Subpart C): Not regulated.

SARA TITLE III SARA SECTIONS 311/312 HAZARDOUS CATEGORIES (40 CFR 370 Subparts B and C):

ACUTE: Yes
CHRONIC: No
FIRE: Yes
REACTIVE: No
SUDDEN RELEASE: Yes

SARA TITLE III SECTION 313 (40 CFR 372.65): Not regulated.

OSHA PROCESS SAFETY (29 CFR 1910.119): Not regulated.

STATE REGULATIONS:

California Proposition 65: Not regulated.

CANADIAN REGULATIONS:

WHMIS CLASSIFICATION: A, B1.

NATIONAL INVENTORY STATUS:

U.S. INVENTORY (TSCA): Listed on inventory.

TSCA 12(b) EXPORT NOTIFICATION: Not listed.

CANADA INVENTORY (DSL/NDSL): Listed on inventory.

16. OTHER INFORMATION

©Copyright 1984-2009 ChemADVISOR, Inc. All rights reserved.

MATHESON TRI-GAS, INC. MAKES NO EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, GUARANTEES OR REPRESENTATIONS REGARDING THE PRODUCT OR THE INFORMATION HEREIN, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ANY IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR USE. MATHESON TRI-GAS, INC. SHALL NOT BE



**LIABLE FOR ANY PERSONAL INJURY, PROPERTY OR OTHER DAMAGES OF ANY NATURE,
WHETHER COMPENSATORY, CONSEQUENTIAL, EXEMPLARY, OR OTHERWISE,
RESULTING FROM ANY PUBLICATION, USE OR RELIANCE UPON THE INFORMATION
HEREIN.**



Safety Data Sheet

Material Name: N-BUTANE

SDS ID: MAT15370

*** Section 1 - IDENTIFICATION***

Manufacturer Information
 MATHESON TRI-GAS, INC.
 150 Allen Road, Suite 302
 Basking Ridge, NJ 07920

General Information: 1-800-416-2505
 Emergency #: 1-800-424-9300 (CHEMTREC)
 Outside the US: 703-527-3887 (Call collect)

Material Name: N-BUTANE**Trade Names/Synonyms**

MTG MSDS 11; BUTANE; LIQUIFIED PETROLEUM GAS; NORMAL BUTANE; BUTYL HYDRIDE; LPG; UN
 1011; C4H10

Chemical Family

hydrocarbons, aliphatic

Product Use

industrial

Restrictions on Use

None known.

*** Section 2 - HAZARDS IDENTIFICATION***

GHS Classification

Flammable gas, Category 1
 Gas under pressure, Liquefied gas
 Specific Target Organ Toxicity - Single Exposure, Category 3 (central nervous system)

GHS LABEL ELEMENTS**Symbol(s)****Signal Word**

DANGER

Hazard Statement(s)

Extremely flammable gas
 Contains gas under pressure; may explode if heated
 May cause drowsiness and dizziness

Precautionary Statement(s)**Prevention**

Keep away from heat, sparks, open flame, and hot surfaces - No smoking.
 Avoid breathing gas.
 Use only outdoors or in a well-ventilated area.

Response

Leaking gas fire: Do not extinguish, unless leak can be stopped safely.
 Eliminate all ignition sources if safe to do so.
 IF INHALED:
 Remove victim to fresh air and keep at rest in a position comfortable for breathing.
 Call a POISON CENTER or doctor/physician if you feel unwell.

Storage

Store in a well-ventilated place.
 Protect from sunlight.

Safety Data Sheet

Material Name: N-BUTANE

SDS ID: MAT15370

Keep container tightly closed.
Store locked up.

Disposal

Dispose in accordance with all applicable regulations.

Other Hazards which do not Result in Classification

May cause frostbite upon sudden release of liquefied gas. May cause asphyxia.

*** Section 3 - COMPOSITION / INFORMATION ON INGREDIENTS***

CAS#	Component	Percent
106-97-8	N-BUTANE	100

Component Related Regulatory Information

This product may be regulated, have exposure limits or other information identified as the following: Aliphatic hydrocarbon gases (Alkane [C1-C4]).

*** Section 4 - FIRST AID MEASURES***

Inhalation

If adverse effects occur, remove to uncontaminated area. Give artificial respiration if not breathing. If breathing is difficult, oxygen should be administered by qualified personnel. Get immediate medical attention.

Skin

If frostbite or freezing occur, immediately flush with plenty of lukewarm water (105-115 F; 41-46 C). DO NOT USE HOT WATER. If warm water is not available, gently wrap affected parts in blankets. Get immediate medical attention.

Eyes

Immediately flush eyes with plenty of water for at least 15 minutes. Then get immediate medical attention.

Ingestion

If a large amount is swallowed, get medical attention.

Note to Physicians

For inhalation, consider oxygen.

Symptoms: Immediate

suffocation, frostbite, central nervous system effects

Symptoms: Delayed

No information on significant adverse effects.

*** Section 5 - FIRE FIGHTING MEASURES***

See Section 9 for Flammability Properties

Specific Hazards Arising from the Chemical

Severe explosion hazard. Severe fire hazard. Vapor/air mixtures are explosive. The vapor is heavier than air. Vapors or gases may ignite at distant ignition sources and flash back.

Extinguishing Media

carbon dioxide, regular dry chemical
Large fires: water spray or fog

Unsuitable Extinguishing Media

None known.

Protective Equipment and Precautions for Firefighters

Wear full protective fire fighting gear including self contained breathing apparatus (SCBA) for protection against possible exposure.

Safety Data Sheet

Material Name: N-BUTANE

SDS ID: MAT15370

Fire Fighting Measures

Move container from fire area if it can be done without risk. Cool containers with water spray until well after the fire is out. Stay away from the ends of tanks. For fires in cargo or storage area: Cool containers with water from unmanned hose holder or monitor nozzles until well after fire is out. If this is impossible then take the following precautions: Keep unnecessary people away, isolate hazard area and deny entry. Let the fire burn. Withdraw immediately in case of rising sound from venting safety device or any discoloration of tanks due to fire. For tank, rail car or tank truck: Stop leak if possible without personal risk. Let burn unless leak can be stopped immediately. For smaller tanks or cylinders, extinguish and isolate from other flammables. Evacuation radius: 800 meters (1/2 mile). Stop flow of gas.

Hazardous Combustion Products

Combustion: oxides of carbon

*** Section 6 - ACCIDENTAL RELEASE MEASURES***

Personal Precautions

Wear personal protective clothing and equipment, see Section 8.

Environmental Precautions

Avoid release to the environment.

Methods for Containment

Leaking gas fire: Do not extinguish, unless leak can be stopped safely. Avoid heat, flames, sparks and other sources of ignition. Do not touch spilled material. Stop leak if possible without personal risk. Reduce vapors with water spray.

Cleanup Methods

Keep unnecessary people away, isolate hazard area and deny entry. Remove sources of ignition. Ventilate closed spaces before entering.

*** Section 7 - HANDLING AND STORAGE***

Handling Procedures

Wash thoroughly after handling.

Storage Procedures

Store and handle in accordance with all current regulations and standards. Store in a well-ventilated place. Protect from sunlight. Keep container tightly closed. Store locked up. Grounding and bonding required. Subject to storage regulations: U.S. OSHA 29 CFR 1910.110. U.S. OSHA 29 CFR 1910.101. Keep separated from incompatible substances.

*** Section 8 - EXPOSURE CONTROLS / PERSONAL PROTECTION***

Component Exposure Limits

N-BUTANE (106-97-8)

ACGIH: 1000 ppm TWA

OSHA (Vacated): 800 ppm TWA; 1900 mg/m³ TWA

NIOSH: 800 ppm TWA; 1900 mg/m³ TWA

Component Biological Limit Values

There are no biological limit values for any of this product's components.

Engineering Controls

Ventilation equipment should be explosion-resistant if explosive concentrations of material are present. Provide local exhaust ventilation system. Ensure compliance with applicable exposure limits.

PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT

Eyes/Face

For the gas: Eye protection not required, but recommended. For the liquid: Wear splash resistant safety goggles. Contact lenses should not be worn. Provide an emergency eye wash fountain and quick drench shower in the immediate work area.

Protective Clothing

For the gas: Protective clothing is not required. For the liquid: Wear appropriate protective, cold insulating clothing.

Glove Recommendations

Wear insulated gloves.

Safety Data Sheet

Material Name: N-BUTANE

SDS ID: MAT15370

Respiratory Protection

The following respirators and maximum use concentrations are drawn from NIOSH and/or OSHA.

2000 ppm

Any supplied-air respirator.

Any self-contained breathing apparatus with a full facepiece.

Emergency or planned entry into unknown concentrations or IDLH conditions -

Any self-contained breathing apparatus that has a full facepiece and is operated in a pressure-demand or other positive-pressure mode.

Any supplied-air respirator with a full facepiece that is operated in a pressure-demand or other positive-pressure mode in combination with an auxiliary self-contained breathing apparatus operated in pressure-demand or other positive-pressure mode.

Escape -

Any appropriate escape-type, self-contained breathing apparatus.

For Unknown Concentrations or Immediately Dangerous to Life or Health -

Any supplied-air respirator with a full facepiece that is operated in a pressure-demand or other positive-pressure mode in combination with an auxiliary self-contained breathing apparatus operated in pressure-demand or other positive-pressure mode.

Any self-contained breathing apparatus that has a full facepiece and is operated in a pressure-demand or other positive-pressure mode.

*** Section 9 - PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES***

Physical State: Gas	Appearance: colorless gas
Color: colorless	Physical Form: gas
Odor: unpleasant odor	Odor Threshold: 6.16 ppm
pH: Not available	Melting/Freezing Point: -138 °C
Boiling Point: -1 °C	Flash Point: -60 °C CC
Decomposition: Not available	Evaporation Rate: Not available
LEL: 1.9 %	UEL: 8.5 %
Vapor Pressure: 1557 mmHg @20 °C	Henry's Law Constant: 0.00079380 atm-m ³ /mol
Vapor Density (air = 1): 2.1	Specific Gravity (water=1): 0.5788 @0 °C
Water Solubility: 15 %	Log KOW: 2.89
KOC: 900 (estimate)	Auto Ignition: 287 °C
Viscosity: Not available	Molecular Weight: 58.12
Molecular Formula: C-H ₃ -(C-H ₂) ₂ -C-H ₃	

Solvent Solubility

Soluble: alcohol, ether, chloroform

*** Section 10 - STABILITY AND REACTIVITY***

Reactivity

No reactivity hazard is expected.

Chemical Stability

Stable at normal temperatures and pressure.

Conditions to Avoid

Avoid heat, flames, sparks and other sources of ignition. Minimize contact with material. Containers may rupture or explode if exposed to heat.

Possibility of Hazardous Reactions

Will not polymerize.

Incompatible Materials

oxidizing materials

Hazardous Decomposition

Combustion: oxides of carbon

Safety Data Sheet

Material Name: N-BUTANE

SDS ID: MAT15370

*** Section 11 - TOXICOLOGICAL INFORMATION***

Acute and Chronic Toxicity

Component Analysis - LD50/LC50

The components of this material have been reviewed in various sources and the following selected endpoints are published:

N-BUTANE (106-97-8)

Inhalation LC50 Rat 658 mg/L 4 h

RTECS Acute Toxicity (selected)

The components of this material have been reviewed, and RTECS publishes the following endpoints:

N-BUTANE (106-97-8)

Inhalation: 680000 mg/m³/2 hour Inhalation Mouse LC50
658000 mg/m³/4 hour Inhalation Rat LC50

Acute Toxicity Level

N-BUTANE (106-97-8)

Non Toxic: inhalation

Immediate Effects

suffocation, frostbite, central nervous system effects

Delayed Effects

No information on significant adverse effects.

Irritation/Corrosivity Data

No animal testing data available for skin or eyes.

RTECS Irritation

The components of this material have been reviewed and RTECS publishes no data as of the date on this document.

Target Organs

N-BUTANE (106-97-8)

central nervous system

Respiratory Sensitizer

No data available.

Dermal Sensitizer

No data available.

Carcinogenicity

Component Carcinogenicity

None of this product's components are listed by ACGIH, IARC, NTP, OSHA or DFG.

RTECS Mutagenic

The components of this material have been reviewed, and RTECS publishes data for one or more components.

Reproductive Effects Data

No data available.

RTECS Tumorigenic

The components of this material have been reviewed, and RTECS publishes data for one or more components.

Specific Target Organ Toxicity - Single Exposure

central nervous system

Specific Target Organ Toxicity - Repeated Exposure

No data available.

Aspiration Hazard

Not applicable.

Medical Conditions Aggravated by Exposure

None known.

Additional Data

Stimulants such as epinephrine may induce ventricular fibrillation.

*** Section 12 - ECOLOGICAL INFORMATION***

Component Analysis - Aquatic Toxicity

No LOLI ecotoxicity data are available for this product's components.

Safety Data Sheet

Material Name: N-BUTANE

SDS ID: MAT15370

Persistence and Degradability

No data available.

Bioaccumulative Potential

Bioconcentration potential in aquatic organisms is moderate based on a BCF value of 33.

Mobility in Environmental Media

Expected to have low mobility in soil.

*** Section 13 - DISPOSAL CONSIDERATIONS***

Disposal Methods

Dispose in accordance with all applicable regulations. Subject to disposal regulations: U.S. EPA 40 CFR 262. Hazardous Waste Number(s): D001.

Component Waste Numbers

The U.S. EPA has not published waste numbers for this product's components.

*** Section 14 - TRANSPORT INFORMATION***

US DOT Information

Shipping Name: Butane
UN/NA #: UN1011 Hazard Class: 2.1
Required Label(s): 2.1

IMDG Information

Shipping Name: Butane
UN #: UN1011 Hazard Class: 2.1
Required Label(s): 2.1

*** Section 15 - REGULATORY INFORMATION***

Component Analysis

U.S. Federal Regulations

None of this products components are listed under SARA Sections 302/304 (40 CFR 355 Appendix A), SARA Section 311/312 (40 CFR 370.21), SARA Section 313 (40 CFR 372.65), CERCLA (40 CFR 302.4), TSCA 12(b), or require an OSHA process safety plan.

SARA 311/312 Hazardous Categories

Acute Health: Yes Chronic Health: No Fire: Yes Pressure: Yes Reactive: No

U.S. State Regulations

The following components appear on one or more of the following state hazardous substances lists:

Component	CAS	CA	MA	MN	NJ	PA	RI
N-BUTANE	106-97-8	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Not regulated under California Proposition 65

Component Analysis - Inventory

Listed on inventory.

Component Analysis - Inventory

Component	CAS	US	CA	EU	AU	PH	JP	KR	CN	NZ
N-BUTANE	106-97-8	Yes	DSL	EIN	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

*** Section 16 - OTHER INFORMATION***

NFPA Ratings: Health: 1 Fire: 4 Reactivity: 0

Hazard Scale: 0 = Minimal 1 = Slight 2 = Moderate 3 = Serious 4 = Severe

Safety Data Sheet

Material Name: N-BUTANE

SDS ID: MAT15370

Key / Legend

ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists; ADR - European Road Transport; AU - Australia; BOD - Biochemical Oxygen Demand; C - Celsius; CA - Canada; CAS - Chemical Abstracts Service; CERCLA - Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act; CN - China; CPR - Controlled Products Regulations; DFG - Deutsche Forschungsgemeinschaft; DOT - Department of Transportation; DSL - Domestic Substances List; EEC - European Economic Community; EINECS - European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances; EPA - Environmental Protection Agency; EU - European Union; F - Fahrenheit; IARC - International Agency for Research on Cancer; IATA - International Air Transport Association; ICAO - International Civil Aviation Organization; IDL - Ingredient Disclosure List; IDLH - Immediately Dangerous to Life and Health; IMDG - International Maritime Dangerous Goods; JP - Japan; Kow - Octanol/water partition coefficient; KR - Korea; LEL - Lower Explosive Limit; LOLI - List Of Lists™ - ChemADVISOR's Regulatory Database; MAK - Maximum Concentration Value in the Workplace; MEL - Maximum Exposure Limits; NFPA - National Fire Protection Agency; NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health; NJTSR - New Jersey Trade Secret Registry; NTP - National Toxicology Program; NZ - New Zealand; OSHA - Occupational Safety and Health Administration; PH - Philippines; RCRA - Resource Conservation and Recovery Act; RID - European Rail Transport; RTECS - Registry of Toxic Effects of Chemical Substances®; SARA - Superfund Amendments and Reauthorization Act; STEL - Short-term Exposure Limit; TDG - Transportation of Dangerous Goods; TSCA - Toxic Substances Control Act; TWA - Time Weighted Average; UEL - Upper Explosive Limit; US - United States

Other Information

Matheson Tri-Gas, Inc. makes no express or implied warranties, guarantees or representations regarding the product or the information herein, including but not limited to any implied warranty or merchantability or fitness for use. Matheson Tri-Gas, Inc. shall not be liable for any personal injury, property or other damages of any nature, whether compensatory, consequential, exemplary, or otherwise, resulting from any publication, use or reliance upon the information herein.

End of Sheet MAT15370



MATERIAL SAFETY DATA SHEET

1. CHEMICAL PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

MATHESON TRI-GAS, INC.
150 Allen Road Suite 302
Basking Ridge, New Jersey 07920
Information: 1-800-416-2505

Emergency Contact:
CHEMTREC 1-800-424-9300
Calls Originating Outside the US:
703-527-3887 (Collect Calls Accepted)

SUBSTANCE: METHYL MERCAPTAN

TRADE NAMES/SYNONYMS:

MTG MSDS #62; METHANETHIOL; THIOMETHANOL; MERCAPTOMETHANE; METHYL SULFHYDRATE; THIOMETHYL ALCOHOL; RCRA U153; STCC 4905520; UN 1064; CH4S; MAT14620; RTECS PB4375000

CHEMICAL FAMILY: mercaptans

CREATION DATE: Jan 24 1989

REVISION DATE: Dec 11 2008

2. COMPOSITION, INFORMATION ON INGREDIENTS

COMPONENT: METHYL MERCAPTAN
CAS NUMBER: 74-93-1
PERCENTAGE: 100.0

3. HAZARDS IDENTIFICATION

NFPA RATINGS (SCALE 0-4): HEALTH=4 FIRE=4 REACTIVITY=0



EMERGENCY OVERVIEW:

COLOR: colorless

ODOR: garlic odor

MAJOR HEALTH HAZARDS: harmful if inhaled, respiratory tract irritation, skin irritation, eye irritation, central nervous system depression

PHYSICAL HAZARDS: Flammable gas. May cause flash fire.

POTENTIAL HEALTH EFFECTS:

INHALATION:

SHORT TERM EXPOSURE: irritation, nausea, vomiting, wheezing, irregular heartbeat, headache,

symptoms of drunkenness, bluish skin color, suffocation, lung congestion, blood disorders, kidney damage, liver damage, convulsions, coma

LONG TERM EXPOSURE: lung damage

SKIN CONTACT:

SHORT TERM EXPOSURE: irritation, blisters

LONG TERM EXPOSURE: same as effects reported in short term exposure

EYE CONTACT:

SHORT TERM EXPOSURE: irritation, blurred vision

LONG TERM EXPOSURE: same as effects reported in short term exposure

INGESTION:

SHORT TERM EXPOSURE: same as effects reported in other routes of exposure, frostbite

LONG TERM EXPOSURE: no information is available

4. FIRST AID MEASURES

INHALATION: If adverse effects occur, remove to uncontaminated area. Give artificial respiration if not breathing. If breathing is difficult, oxygen should be administered by qualified personnel. Get immediate medical attention.

SKIN CONTACT: If frostbite or freezing occur, immediately flush with plenty of lukewarm water (105-115 F; 41-46 C). **DO NOT USE HOT WATER.** If warm water is not available, gently wrap affected parts in blankets. Get immediate medical attention.

EYE CONTACT: Wash eyes immediately with large amounts of water, occasionally lifting upper and lower lids, until no evidence of chemical remains. Get medical attention immediately.

INGESTION: If a large amount is swallowed, get medical attention.

ANTIDOTE: amyl nitrite, inhalation; sodium nitrite, intravenous; pyridoxine, intravenous; urea, intravenous. **CAUTION!** Get medical attention immediately.

NOTE TO PHYSICIAN: For inhalation, consider oxygen.

5. FIRE FIGHTING MEASURES

FIRE AND EXPLOSION HAZARDS: Severe fire hazard. The vapor is heavier than air. Vapors or gases may ignite at distant ignition sources and flash back. Vapor/air mixtures are explosive. Electrostatic discharges may be generated by flow or agitation resulting in ignition or explosion.

EXTINGUISHING MEDIA: alcohol-resistant foam

Let burn unless leak can be stopped immediately. Large fires: Use regular foam or flood with fine water spray.

FIRE FIGHTING: Move container from fire area if it can be done without risk. Withdraw immediately in case of rising sound from venting safety device or any discoloration of tanks due to fire. Cool containers with water spray until well after the fire is out. Keep unnecessary people away, isolate hazard area and deny entry. For tank, rail car or tank truck, evacuation radius: Evacuation radius: 800 meters (1/2 mile).

FLASH POINT: <0 F (<-18 C) (OC)
LOWER FLAMMABLE LIMIT: 3.9%
UPPER FLAMMABLE LIMIT: 21.8%

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

AIR RELEASE:

Reduce vapors with water spray. Stay upwind and keep out of low areas.

SOIL RELEASE:

Dig holding area such as lagoon, pond or pit for containment. Dike for later disposal. Absorb with sand or other non-combustible material.

WATER RELEASE:

Absorb with activated carbon. Collect spilled material using mechanical equipment.

OCCUPATIONAL RELEASE:

Do not touch spilled material. Stop leak if possible without personal risk. Avoid heat, flames, sparks and other sources of ignition. Remove sources of ignition. Reduce vapors with water spray. Do not get water directly on material. Keep unnecessary people away, isolate hazard area and deny entry. Stay upwind and keep out of low areas. Ventilate closed spaces before entering. Evacuation radius: 150 feet. For tank, rail car or tank truck: 800 meters (1/2 mile). Notify Local Emergency Planning Committee and State Emergency Response Commission for release greater than or equal to RQ (U.S. SARA Section 304). If release occurs in the U.S. and is reportable under CERCLA Section 103, notify the National Response Center at (800)424-8802 (USA) or (202)426-2675 (USA).

7. HANDLING AND STORAGE

STORAGE: Store and handle in accordance with all current regulations and standards. Subject to storage regulations: U.S. OSHA 29 CFR 1910.101. Grounding and bonding required. Keep separated from incompatible substances. Notify State Emergency Response Commission for storage or use at amounts greater than or equal to the TPQ (U.S. EPA SARA Section 302). SARA Section 303 requires facilities storing a material with a TPQ to participate in local emergency response planning (U.S. EPA 40 CFR 355 Part B).

8. EXPOSURE CONTROLS, PERSONAL PROTECTION

EXPOSURE LIMITS:

METHYL MERCAPTAN:

10 ppm (20 mg/m³) OSHA ceiling
0.5 ppm (1 mg/m³) OSHA TWA (vacated by 58 FR 35338, June 30, 1993)
0.5 ppm ACGIH TWA
0.5 ppm (1 mg/m³) NIOSH recommended ceiling 15 minute(s)

VENTILATION: Provide local exhaust or process enclosure ventilation system. Ventilation equipment should be explosion-resistant if explosive concentrations of material are present. Ensure compliance with applicable exposure limits.

EYE PROTECTION: Wear splash resistant safety goggles with a faceshield. Provide an emergency eye wash fountain and quick drench shower in the immediate work area.

CLOTHING: For the gas: Wear appropriate chemical resistant clothing. For the liquid: Wear appropriate protective, cold insulating clothing.

GLOVES: Wear insulated gloves.

RESPIRATOR: The following respirators and maximum use concentrations are drawn from NIOSH and/or OSHA.

5 ppm

Any air-purifying half-mask respirator equipped with organic vapor cartridge(s).
Any supplied-air respirator.

12.5 ppm

Any supplied-air respirator operated in a continuous-flow mode.
Any powered, air-purifying respirator with organic vapor cartridge(s).

25 ppm

Any air-purifying respirator with a full facepiece and an organic vapor canister.
Any air-purifying full-facepiece respirator (gas mask) with a chin-style, front-mounted or back-mounted organic vapor canister.
Any powered, air-purifying respirator with a tight-fitting facepiece and organic vapor cartridge(s).
Any supplied-air respirator with a tight-fitting facepiece that is operated in a continuous-flow mode.
Any self-contained breathing apparatus with a full facepiece.
Any supplied-air respirator with a full facepiece.

150 ppm

Any supplied-air respirator operated in a pressure-demand or other positive-pressure mode.
Emergency or planned entry into unknown concentrations or IDLH conditions -
Any self-contained breathing apparatus that has a full facepiece and is operated in a pressure-demand or other positive-pressure mode.
Any supplied-air respirator with a full facepiece that is operated in a pressure-demand or other positive-pressure mode in combination with an auxiliary self-contained breathing apparatus operated in pressure-demand or other positive-pressure mode.

Escape -

Any air-purifying full-facepiece respirator (gas mask) with a chin-style, front-mounted or back-mounted organic vapor canister.
Any appropriate escape-type, self-contained breathing apparatus.

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

PHYSICAL STATE: gas
COLOR: colorless
ODOR: garlic odor
MOLECULAR WEIGHT: 48.11
MOLECULAR FORMULA: C-H₃-S-H
BOILING POINT: 43 F (6 C)
FREEZING POINT: -189 F (-123 C)
VAPOR PRESSURE: 1535 mmHg @ 21.1 C
VAPOR DENSITY (air=1): 1.66
SPECIFIC GRAVITY: Not applicable
DENSITY: 1.999 g/L @ 20 C
WATER SOLUBILITY: 2.4% @ 20 C
PH: Not applicable
VOLATILITY: Not applicable
ODOR THRESHOLD: 0.0021 ppm
EVAPORATION RATE: Not applicable
COEFFICIENT OF WATER/OIL DISTRIBUTION: Not applicable
SOLVENT SOLUBILITY:
Soluble: alcohol, ether, petroleum ether, naphtha

10. STABILITY AND REACTIVITY

REACTIVITY: Contact with water or moist air may form flammable and/or toxic gases or vapors.

CONDITIONS TO AVOID: Avoid heat, flames, sparks and other sources of ignition. Minimize contact with material. Avoid inhalation of material or combustion by-products. Keep out of water supplies and sewers.

INCOMPATIBILITIES: acids, metals, combustible materials, halo carbons, reducing agents, metal oxides, peroxides, oxidizing materials

HAZARDOUS DECOMPOSITION:
Thermal decomposition products: oxides of sulfur

POLYMERIZATION: Will not polymerize.

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

METHYL MERCAPTAN:
TOXICITY DATA: 675 ppm inhalation-rat LC50
LOCAL EFFECTS:

Irritant: inhalation, skin, eye
ACUTE TOXICITY LEVEL:
Toxic: inhalation
TARGET ORGANS: blood, central nervous system
MUTAGENIC DATA: Available.

12. ECOLOGICAL INFORMATION

ECOTOXICITY DATA:
FISH TOXICITY: 500 ug/L 5 hour(s) (Mortality) Spotfin shiner (Notropis spilopterus)
INVERTEBRATE TOXICITY: 50000 ug/L 48 hour(s) (Mortality) Midge (Chironomus sp)

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

Dispose in accordance with all applicable regulations. Subject to disposal regulations: U.S. EPA 40 CFR 262. Hazardous Waste Number(s): U153.

14. TRANSPORT INFORMATION

U.S. DOT 49 CFR 172.101:
PROPER SHIPPING NAME: Methyl mercaptan
ID NUMBER: UN1064
HAZARD CLASS OR DIVISION: 2.3
LABELING REQUIREMENTS: 2.3; 2.1
QUANTITY LIMITATIONS:
PASSENGER AIRCRAFT OR RAILCAR: Forbidden
CARGO AIRCRAFT ONLY: Forbidden
ADDITIONAL SHIPPING DESCRIPTION: Toxic-Inhalation Hazard Zone C
MARINE POLLUTANT: METHYL MERCAPTAN



CANADIAN TRANSPORTATION OF DANGEROUS GOODS:
SHIPPING NAME: Methyl mercaptan
UN NUMBER: UN1064
CLASS: 2.3; 2.1

15. REGULATORY INFORMATION

U.S. REGULATIONS:
CERCLA SECTIONS 102a/103 HAZARDOUS SUBSTANCES (40 CFR 302.4):
METHYL MERCAPTAN: 100 LBS RQ

SARA TITLE III SECTION 302 EXTREMELY HAZARDOUS SUBSTANCES (40 CFR 355 Subpart B):

METHYL MERCAPTAN: 500 LBS TPQ

SARA TITLE III SECTION 304 EXTREMELY HAZARDOUS SUBSTANCES (40 CFR 355 Subpart C):

METHYL MERCAPTAN: 100 LBS RQ

SARA TITLE III SARA SECTIONS 311/312 HAZARDOUS CATEGORIES (40 CFR 370 Subparts B and C):

ACUTE: Yes
CHRONIC: No
FIRE: Yes
REACTIVE: No
SUDDEN RELEASE: Yes

SARA TITLE III SECTION 313 (40 CFR 372.65):

METHYL MERCAPTAN: Administrative stay issued Aug. 22, 1994

OSHA PROCESS SAFETY (29 CFR 1910.119):

METHYL MERCAPTAN: 5000 LBS TQ

STATE REGULATIONS:

California Proposition 65: Not regulated.

CANADIAN REGULATIONS:

WHMIS CLASSIFICATION: ABD1

NATIONAL INVENTORY STATUS:

U.S. INVENTORY (TSCA): Listed on inventory.

TSCA 12(b) EXPORT NOTIFICATION:

METHANETHIOL
CAS NUMBER: 74-93-1
SECTION 4

CANADA INVENTORY (DSL/NDL): Not determined.

16. OTHER INFORMATION

“RTECS®” is a United States trademark owned and licensed under authority of the U.S. Government, by and through Symyx Software, Inc. Portions ©Copyright 2001, U.S. Government. All rights reserved.

©Copyright 1984-2009 ChemADVISOR, Inc. All rights reserved.



MATHESON TRI-GAS, INC. MAKES NO EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, GUARANTEES OR REPRESENTATIONS REGARDING THE PRODUCT OR THE INFORMATION HEREIN, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ANY IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR USE. MATHESON TRI-GAS, INC. SHALL NOT BE LIABLE FOR ANY PERSONAL INJURY, PROPERTY OR OTHER DAMAGES OF ANY NATURE, WHETHER COMPENSATORY, CONSEQUENTIAL, EXEMPLARY, OR OTHERWISE, RESULTING FROM ANY PUBLICATION, USE OR RELIANCE UPON THE INFORMATION HEREIN.