



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS KEBAKARAN TANGKI TIMBUN DENGAN
PENGUKURAN *MINIMUM IGNITION ENERGY* PADA
KEGIATAN PENERIMAAN BBM KLAS I
DI PERTAMINA DEPOT PLUMPANG**

TESIS

**KEMAS AHMAD WIDAD
0806442424**

NO. INDIK	:	
TESTE	:	7483/10
DELI	:	12/08/10
HADIAH	:	

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
PROGRAM STUDI PASCA SARJANA
DEPOK
JULI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Kemas Ahmad Widad
NPM : 0806442424

Tanda Tangan :



Tanggal : 02 Juli 2010

SURAT KETERANGAN TIDAK PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : Kemas Ahmad Widad

NPM : 0806442424

Mahasiswa Program : Magister Keselamatan & Kesehatan Kerja

Tahun Akademik : 2008

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

Analisis Kebakaran Tangki Timbun Dengan Pengukuran *Minimum Ignition Energy* pada Kegiatan Penerimaan BBM Klas I di Pertamina Depot Plumpang

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 02 Juli 2010



(Kemas Ahmad Widad)

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Kemas Ahmad Widad
NPM : 0806442424
Program Studi : Magister Keselamatan & Kesehatan Kerja
Judul tesis : Analisis Kebakaran Tangki Timbun
Dengan Pengukuran *Minimum Ignition Energy*
Pada Kegiatan Penerimaan BBM Klas I di
Pertamina Depot Plumpang

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dra. Fatma Lestari, M.Si. Ph.D

)

Penguji : Dr.dr. Zulkifli Djunaedi, M.AppSc.

)

Penguji : Dr. Muhammad. Hikam.

)

Penguji : Masjuli, SKM. MKKK

)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 02 Juli 2010

KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji tak henti-hentinya saya panjatkan kehadirat Allah, SWT Yang Maha Mengatur seluruh alam semesta, karena atas rahmat dan petunjuk-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik, disamping kesibukan kerja sehari-hari yang benar-benar menyita waktu. Penulisan tesis ini dilakukan untuk memenuhi persyaratan untuk mencapai gelar Magister Keselamatan & Kesehatan Kerja pada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa dalam proses perkuliahan sampai dengan selesainya penulisan tesis ini banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih kepada:

- a. Dra. Fatma Lestari, M.Si, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan dalam pembuatan tesis ini, Dr. dr. Zulkifli Djunaedi M.AppSc, Phd, Dr. M. Hikam dan Masjuli, SKM, MKKK atas masukan yang positif demi kesempurnaan tesis ini. Prof. Ir. Yulianto Nugroho, M.Eng yang telah membimbing selama di Lab Teknik Mesin. Pak Isom, M.Si yang telah membimbing selama di Lab Fisika- MIPA. Pak Ghoni, Pak Arifin, Mas Syarief, Mas Iwan, Gatot, Suto, Sigit, Ruli, Ambo, Arfa, Tinut, Wulan dan Yunita yang telah membantu penelitian dan penulisan laporannya.
- b. Bp. Gema Iriandus Pahlawan atas dukungan dan energi positifnya. Bp. Wan Abdul Halik atas keluangannya waktu kerjanya, rekan-rekan LK3, keluarga besar Depot Plumpang – Instalasi Jakarta Group pada khususnya dan PT. Pertamina (Persero) pada umumnya yang telah memberikan kesempatan untuk kuliah S2 di Universitas Indonesia.
- c. Mami Ima dan ananda Fathir yang selalu menebarkan senyum keceriaan yang dapat melunturkan seluruh peluh dan memberikan semangat yang luar biasa sehingga dapat menyelesaikan S2 dengan baik. Buya, Mama, Rina, Irwan, Mek, Mba Sum, Mama, Papa dan keluarga besar di Belopa atas doa dan dukungannya.

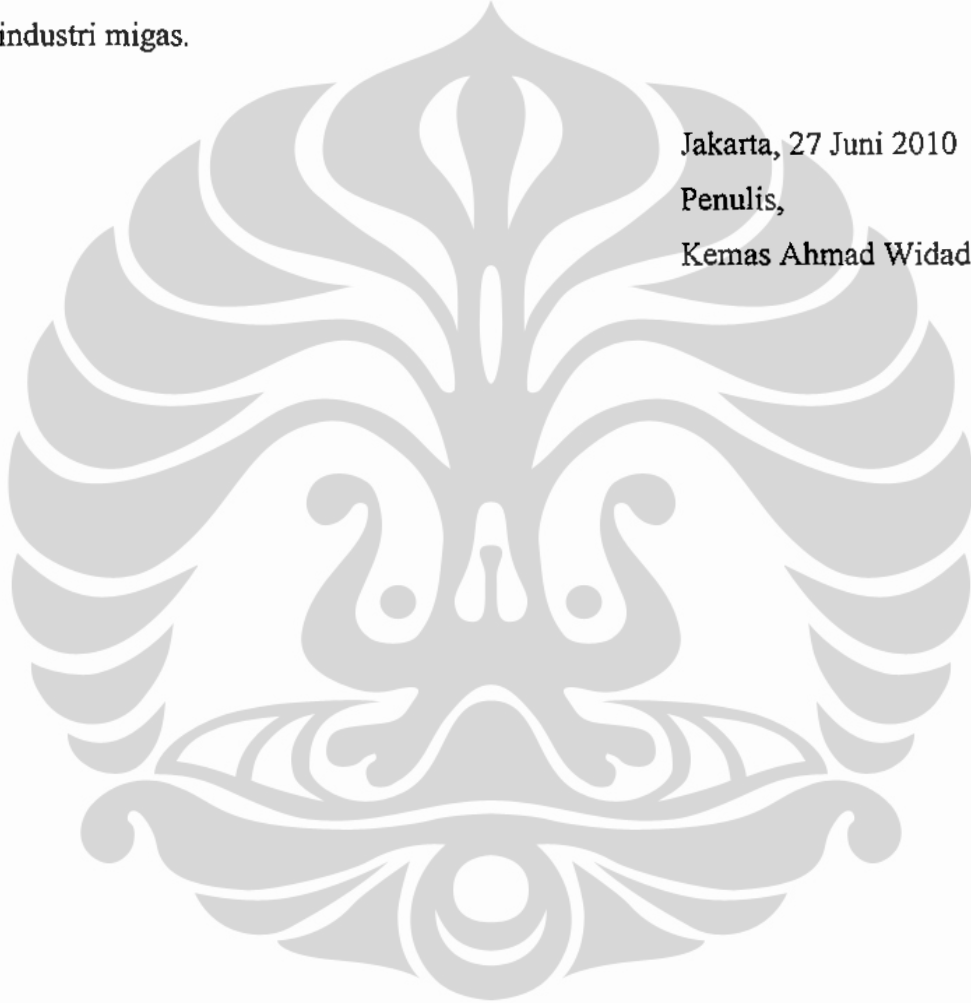
- d. Rekan-rekan seperjuangan di MK3 angkatan tahun 2008 atas kebersamaan dan "suntikan adrenalin-nya".

Akhir kata, saya berharap semoga Allah, SWT berkenan memberikan balasan kepada semua pihak yang telah membantu. Walau tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, namun harapan saya semoga tesis ini dapat membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan lingkungan kerja, khususnya pada industri migas.

Jakarta, 27 Juni 2010

Penulis,

Kemas Ahmad Widad



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

Sebagai sivitas akademika Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Kemas Ahmad Widad
NPM : 0806442424
Program Studi : Pasca Sarjana
Departemen : Keselamatan & Kesehatan Kerja
Fakultas : Kesehatan Masyarakat
Jenis Karya : Tesis

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 KEBAKARAN TANGKI TIMBUN DENGAN
PENGUKURAN *MINIMUM IGNITION ENERGY* PADA
KEGIATAN PENERIMAAN BBM KLAS I
DI PERTAMINA DEPOT PLUMPANG**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan 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 : Jakarta
Pada Tanggal: 02 Juli 2010

Yang mengatakan



(Kemas Ahmad Widad)

ABSTRAK

Nama : Kemas Ahmad Widad
Program Studi : Magister Keselamatan & Kesehatan Kerja
Judul : Analisis Kebakaran Tangki Timbun
Dengan Pengukuran *Minimum Ignition Energy*
Pada Kegiatan Penerimaan BBM Klas I di
Pertamina Depot Plumpang

Tesis ini membahas mengenai analisis yang dilakukan terhadap faktor-faktor yang dapat menyebabkan terjadinya kebakaran pada saat penerimaan di tangki timbun BBM. Dilatar belakangi oleh kejadian kebakaran T.24 Depot Plumpang, penulis melakukan pengukuran persentase LEL (*Lower Explosion Limit*) di atas tangki timbun, pengukuran MIE (*Minimum Ignition Energy*), dan energi akibat gesekan peralatan yang digunakan. Dari hasil pengukuran persentase LEL didapat Kondisi di atas tangki timbun BBM pada saat penerimaan BBM berlangsung merupakan kondisi yang flammable, baik pada waktu siang maupun malam hari dimana persentase LEL 30 % didapat pada jarak sekitar 3 meter dari sumber. Sedangkan dari pengukuran MIE didapatkan hasil BBM klas I yang didapat dari pengujian ini didapat antara 0,25 Joule sampai dengan 0,274 Joule dan dalam kondisi LEL 20% sampai dengan 40%. Dimana untuk Premium 0,274 Joule pada LEL 40 %, Pertamina 0,243 Joule pada LEL 30% dan Pertamina Plus 0,25 Joule pada LEL 20%. Pertamina plus mempunyai *minimum ignition energy* yang lebih kecil dibandingkan Premium dan Pertamina. Untuk Energi gesekan didapatkan hasil energi minimal pada material tali cotton sebesar $7,4 \text{ E}^{-9} \text{ J}$ dan maksimal pada material dipstick stainless $4,51 \text{ E}^{-5} \text{ J}$. Hasil penelitian merekomendasikan untuk tidak diperbolehkan adanya kegiatan di atas tangki selama penerimaan BBM berlangsung.

Kata Kunci :
LEL (*Lower Explosion Limit*), MIE (*Minimum Ignition Energy*), Kebakaran,
Tangki, BBM (Bahan Bakar Minyak)

ABSTRACT

Name : Kemas Ahmad Widad
Study Program : Master's degree of Occupational Health and Safety
Title : Tank Fire Analysis in Receiving Activities Class I Fuel on Pertamina Depot Plumpang by Measuring *Minimum Ignition Energy*

This thesis will explain further about analysis of factors which can caused fire in receiving fuel storage tank activities. Tank fire in T. 24 Depot Plumpang, is what forms the background of this thesis. The writer will do some measurements such as percentage of LEL (*Lower Explosion Limit*), MIE (*Minimum Ignition Energy*) on the top of the fuel storage tank and also energy that occurs because of friction with equipments which are been used. From the measurement of LEL's percentage, the result is, the condition at the top of fuel storage tank when receiving activity is done will be in flammabe circumstances, either in the afternoon or in the night, where the percentage of LEL is 30% about 3 meter far from the source. From MIE measurement the result of class 1 fuel is 0.25 Joule-0,274 Joule in LEL's condition of 20%-40%. For Premium 0,274 Joule in LEL's percentage of 40 %, Pertamax 0,243 Joule in LEL's percentage of 30% dan Pertamax Plus 0,25 Joule in LEL's percentage of 20%. Pertamax plus has the smallest *minimum ignition energy* compared with Premium and Pertamax. For Friction energy, the result is, minimum energy in cotton rope is $7,4 \text{ E}^{-9} \text{ J}$ and maximum energy in dipstick stainless material is $4,51 \text{ E}^{-5} \text{ J}$. The researcher suggests that to not doing activity on the top of fuel storage tank when receiving activity is done.

Key Words :
LEL (*Lower Explosion Limit*), MIE (*Minimum Ignition Energy*), Fire, Fuel, Storage Tank

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISANILITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	vii
ABSTRAK/ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
DAFTAR ISTILAH.....	xviii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Keaslian Penelitian.....	6
1.7 Ruang Lingkup.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Teori Kebakaran.....	7
2.1.1 Teori Api.....	7
2.1.2 <i>Fire Triangle</i>	7
2.1.3 Tetrahedron of Fire.....	8
2.1.4 Life Cycle of Fire.....	9
2.1.5 <i>Flash Point</i>	9
2.1.6 <i>Flammability Limit</i>	10
2.1.7 <i>Minimum Ignition Energy</i>	11
2.1.8 Densitas Uap.....	14
2.1.9 Klasifikasi Cairan.....	14
2.2 Listrik Statis.....	15
2.2.1 Penyalaan Gas dan Uap oleh Kejutan Listrik.....	17
2.2.2 Bahaya Listrik Statis.....	18
2.2.3 Mekanisme Penyalaan Akibat Listrik Statis.....	19
2.2.4 Muatan Listrik Statis pada Produk BBM.....	20
2.2.5 Pembentukan Listrik Statis pada Manusia.....	21
2.2.6 Proteksi dari Listrik Statis.....	22
2.3 Investigasi.....	23

2.3.1	Investigasi Kebakaran.....	23
2.3.2	Investigator.....	25
2.3.3	Langkah Melakukan Investigasi.....	25
2.4	Teknik Analisa Kejadian.....	27
2.4.1	<i>Loss Causation Model</i>	27
2.4.2	Fault Tree Analysis.....	31
2.5	Standard Pengukuran.....	33
2.5.1	ASTM E 582.....	33
2.5.2	ASTM D 4470.....	33
2.5.3	NFPA 77.....	34
2.6	Kerangka Teori.....	35
III. KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL.....		36
3.1	Kerangka Konsep.....	36
3.1.1	Input.....	36
3.1.2	Proses.....	36
3.1.3	Output.....	37
3.2	Definisi Operasional.....	38
IV. METODOLOGI PENELITIAN.....		40
4.1	Jenis Penelitian.....	40
4.2	Lokasi Studi.....	40
4.3	Objek Penelitian.....	40
4.4	Alat Ukur yang Digunakan.....	41
4.4.1	Alat Ukur <i>Low Explotion Limit</i> (LEL).....	41
4.4.2	Alat Ukur <i>Minimum Ignition Energy</i> dan Listrik Statis.....	42
4.5	Jenis Data.....	47
4.6	Hasil Pengukuran.....	47
4.6.1	Mengukur LEL Pada Saat Penerimaan BBM di Tangki Timbun.....	47
4.6.2	Mengukur <i>Minimum Ignition Energi</i>	48
4.6.3	Mengukur Energi Akibat Gesekan Plat Tangki dengan Peralatan.....	50
4.7	Perhitungan Data.....	51
4.8	Analisa Data.....	51
4.9	Jadwal Penelitian.....	52
V. HASIL PENELITIAN.....		53
5.1	Gambaran Operasional Perusahaan.....	53
5.1.1	Tata Letak Perusahaan.....	53
5.1.2	Sumber Daya Manusia.....	53
5.1.3	Proses Bisnis Depot Plumpang.....	54
5.2	Hasil Investigasi Kebakaran T. 24 Depot Plumpang.....	59
5.2.1	Susunan Tim Investigasi.....	60
5.2.2	Kronologis Insiden.....	60
5.2.3	Kronologis Penanggulangan.....	62
5.2.4	Nilai kerugian.....	64
5.2.5	Analisa Kejadian Menggunakan <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA).....	66

5.2.6 Analisa Kejadian Menggunakan Sistematisa Teknik Analisis Kejadian (STAK).....	71
5.3 Prosedur Penerimaan BBM di Tangki Timbun.....	74
5.4 Pengukuran LEL di Tangki Timbun.....	76
5.5 Pengukuran MEI untuk BBM Klas 1.....	78
5.6 Pengukuran Energi Gesekan Mekanis pada Peralatan.....	82
VI. PEMBAHASAN	86
6.1 Pengukuran LEL di Tangki Timbun.....	86
6.1.1 Pengukuran LEL di Tangki Timbun no. 10 Produk Premium....	86
6.1.2 Pengukuran LEL di Tangki Timbun no. 3 Produk Pertamina....	87
6.1.3 Pengukuran LEL di Tangki Timbun no. 1 Produk Pertamina Plus.....	88
6.2 Pengukuran MIE untuk BBM Klas I.....	89
6.2.1 Pengukuran MIE untuk BBM Premium.....	89
6.2.2 Pengukuran MIE untuk BBM Pertamina.....	90
6.2.3 Pengukuran MIE untuk BBM Pertamina Plus.....	91
6.2.4 Pengukuran MIE untuk BBM Klas I.....	92
6.3 Pengukuran Energi Gesekan Mekanis pada Peralatan.....	94
VII. KESIMPULAN DAN SARAN	95
7.1 Kesimpulan.....	95
7.2 Saran.....	96
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Tetrahedron of Fire</i>	8
Gambar 2.2	Kurva MIE untuk Benzene dan Etilen Oksida dalam Udara.....	12
Gambar 2.3	Simulasi MIE Propana pada Berbagai Tekanan	13
Gambar 2.4	Listrik Statis Akibat Gesekan Benda yang Mempunyai Beda Muatan	19
Gambar 2.5	Listrik Statis yang Timbul dari Berbagai Aktivitas.....	21
Gambar 2.6	<i>Bonding dan Grounding</i>	22
Gambar 2.7	Skema Metode Ilmiah untuk Investigasi Kebakaran.....	23
Gambar 2.8	Perkembangan Teori Domino.....	27
Gambar 2.9	<i>Loss Causation Model</i>	28
Gambar 2.10	Skema <i>Fault Tree Anlysis</i>	32
Gambar 2.11	FTA untuk Kasus Kebakaran.....	32
Gambar 2.12	Besarnya Energi yang dihasilkan Dibandingkan dengan MIE dari Material Mudah Terbakar.....	34
Gambar 3.1	Kerangka Konsep Penelitian.....	37
Gambar 4.1	Gas Tester Merk Scout.....	41
Gambar 4.2	<i>Human Electro Static Discharge (HESD) Generator</i>	42

Gambar 4.3 Skema Alat Percobaan menurut ASTM E 582.....	43
Gambar 4.4 Skema Alat Percobaan yang digunakan.....	44
Gambar 4.5 Konstruksi Alat Percobaan yang digunakan.....	44
Gambar 4.6 Blok Diagram dan Schematic Diagram Pengukuran Listrik Statis.....	46
Gambar 5.1 Tata Letak Depo Plumpang.....	53
Gambar 5.2 Struktur Organisasi Depot Plumpang.....	54
Gambar 5.3 Pola Suplai & Distribusi BBM Depot Plumpang.....	55
Gambar 5.4 Fasilitas LK3 Depot Plumpang.....	59
Gambar 5.5 <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA) Kebakaran T. 24.....	67
Gambar 5.6 Proses Dipping Tangki Timbun.....	75
Gambar 5.7 Proses Pengukuran LEL di atas Tangki Timbun.....	77
Gambar 5.8 Hasil Pembacaan Gas Tester dimana LEL-nya mulai naik.....	77
Gambar 5.9 Instalasi Alat Pengujian MIE.....	79
Gambar 5.10 Nozel Penyemprot (Injector) dan Ruang Bakar (Ignition Chamber).....	79
Gambar 5.11 Pengukuran LEL dengan Gas Tester	80
Gambar 5.12 Pengukuran Frekuensi Menggunakan AVO Meter Digital	80

Gambar 5.13 Pengukuran Tegangan dan Arus Menggunakan AVO Meter Analog	80
Gambar 5.14 Proses Penyalaan dan Pemadaman Ruang Bakar.....	81
Gambar 5.15 Sampel Material Tangki Timbun.....	82
Gambar 5.16 Melakukan Short Circuit untuk Menghilangkan Sisa Muatan ...	83
Gambar 5.17 Menggosokkan Sampel dengan Material Peralatan	83
Gambar 5.18 Meletakkan Sampel ke dalam Silinder dan Ditutup.....	84
Gambar 5.19 Sampel Sudah Berada di dalam <i>Faraday Cup</i> dan Siap Dilakukan Pengukuran.....	84
Gambar 6.1 Pemetaan Persentase LEL di Tangki No. 10	86
Gambar 6.2 Pemetaan Persentase LEL di Tangki No. 3	87
Gambar 6.3 Pemetaan Persentase LEL di Tangki No. 1	88
Gambar 6.4 Hasil Pengukuran MIE untuk BBM Premium.....	89
Gambar 6.5 Hasil Pengukuran MIE untuk BBM Pertamina.....	90
Gambar 6.6 Hasil Pengukuran MIE untuk BBM Pertamina Plus.....	91
Gambar 6.7 Hasil Pengukuran MIE untuk BBM Kelas 1	92

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	<i>Flash Point</i> dan <i>Fire Point</i> Untuk Beberapa Jenis Cairan.....	10
Tabel 2.2	Data <i>Flammable Limit</i> dari Beberapa Jenis Gas dan Uap.....	11
Table 2.3	Kerangka Teori Penelitian.....	35
Tabel 3.1	Definisi Operasi.....	37
Tabel 4.1	Form Pengukuran LEL.....	48
Tabel 4.2	Form Pengukuran MIE.....	49
Tabel 4.3	Form Pengukuran Energi Gesekan	50
Tabel 4.3	Jadwal Penelitian.....	52
Tabel 5.1	Data Tangki Timbun.....	56
Tabel 5.2	Jumlah Mobil Tangki per Kapasitas	57
Tabel 5.3	Jumlah Daya Angkut per Kapasitas	57
Tabel 5.4	Kronologis Kejadian.....	60
Tabel 5.5	Kronologis Penanggulangan	62
Tabel 6.1	Perbandingan Sifat Fisik BBM Klas I	93
Tabel 6.2	Perbandingan Energi Gesekan dengan MIE Material.....	94

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. *Job Safety Analysis* Kegiatan Pengukuran Tangki Timbun
- Lampiran 2. Hasil Pengukuran Persentase LEL di Atas Tangki Timbun BBM
- Lampiran 3. Hasil Pengukuran MIE Untuk BBM Klas I
- Lampiran 4. Hasil Pengukuran Energi Gesekan pada Peralatan Kerja
- Lampiran 5. *Standart Test Method for Static Eletrification*
- Lampiran 6. *Standart Test Method for Minimum Ignition Energy and Quenching Distance in Gaseous Mixtures*
- Lampiran 7. *Material Safety Data Sheet Premium*
- Lampiran 8. *Material Safety Data Sheet Pertamina*
- Lampiran 9. *Material Safety Data Sheet Pertamina Plus*

DAFTAR ISTILAH

A

Angka Oktan	Suatu bilangan yang menunjukkan tingkat ketangguhan bahan bakar terhadap detonasi atau knocking
ATG	<i>Automatic Tank Gauge</i>
ASTM	Mempunyai kepanjangan American Society for Testing and Materials, yaitu organisasi standar internasional yang mengembangkan dan mempublikasikan standar teknis dari prosedur testing dari suatu produk atau material
<i>AVO Meter Analog</i>	Disebut juga dengan <i>multimeter</i> , atau <i>multiteste</i> , yaitu suatu alat ukur elektrik yang mengkombinasikan beberapa fungsi pengukuran antara lain pengukuran tegangan, arus dan hambatan listrik

B

BBM Produk Klas 1	Cairan bahan bakar yang memiliki <i>flash point</i> $< 21\text{ }^{\circ}\text{C}$
<i>Bonding</i>	Proses yang menghubungkan dua atau lebih objek konduktif bersama-sama dengan menggunakan sebuah konduktor sehingga mereka berada pada potensial yang sama sebagai satu sama lain tetapi tidak harus pada potensial yang sama seperti bumi

C

<i>Combustible material</i>	Material yang mempunyai <i>flash point</i> $>38^{\circ}\text{C}$, dapat menyebabkan terjadinya eksplosi/ledakan saat dipanaskan
-----------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

D

Densitas Uap	Sifat dari uap yang dapat digunakan untuk memprediksi bagaimana perilaku uap tersebut ketika dilepaskan ke udara. Didefinisikan juga sebagai densitas uap relatif terhadap densitas udara dan dihitung dengan cara membagi berat molekul (BM) gas dengan BM udara.
Depot	Tempat penyimpanan dan Penyaluran Bahan Bakar Minyak

E

<i>Eksternal Ignition Source</i>	
<i>Explosion</i>	Peningkatan tekanan dengan cepat pada ruangan terbatas (<i>confined space</i>) atau semi terbatas (<i>semi-confined space</i>)

F

FAME	<i>Fatty Acid Methyl Ester</i> , senyawa yang dapat dihasilkan dari reaksi katalis antara lemak atau asam lemak dan metanol. Molekul pada biodiesel biasanya terdiri atas FAMEs, biasanya diperoleh dari minyak nabati dengan proses transesterification.
<i>Fault Tree Analysis</i>	Metode identifikasi hazard dan teknik analisis frekuensi yang dimulai dari kejadian yang tidak diinginkan (<i>undesired event</i>) dan menetapkan semua sekuens bagaimana kegagalan dapat terjadi; Suatu teknik deduktif yang difokuskan pada satu kejadian yang tidak dikehendaki (misalnya <i>accident</i>) dan selanjutnya dicara penyebab-penyebab dari kejadian tersebut; FTA merupakan suatu teknik analisa dengan pendekatan " <i>top down atau reserve-thinking</i> " dan merupakan suatu " <i>failure oriented technique</i> "
<i>Feed stock tank</i>	Tempat penyimpanan bahan bakar sementara
<i>Filling Point</i>	Titik pengisian Bahan Bakar
<i>Fire Point</i>	Temperature terendah dimana suatu cairan menghasilkan uap dalam jumlah yang cukup sehingga menyebabkan pembakaran yang terus-menerus
<i>Fire Triangle</i>	Segitia api yaitu suatu teori kebakaran yang menyatakan bahwa Tiga kondisi dasar yang diperlukan untuk terjadinya kebakaran adalah bahan bakar (<i>fuel</i>), oksigen, dan panas
<i>Flame</i>	Bagian gas yang menyala-nyala dari api
<i>Flammable liquids</i>	Cairan yang mempunyai <i>flash point</i> < 38°C, lebih berbahaya dari pada <i>combustible liquids</i> karena dapat teriginisi pada temperature ruangan
<i>Flammability limit</i>	<i>Range/Rentang</i> konsentrasi uap yang kontak dengan sumber ignisi yang mungkin untuk terjadinya pembakaran, terdapat dua batasan yaitu LFL (<i>Lower Flammability Limit</i>) dan UFL (<i>Upper Flammability Limit</i>)
<i>Flammability range</i>	Campuran antara uap bahan bakar dan oksigen dengan komposisi tertentu. Untuk produk premium, flammability range berada pada range 1,4 – 7,6 % by volume.
<i>Flash back fire</i>	Ledakan yang terjadi akibat api yang terjadi di luar container dan api tersebut akan memasuki container melalui uap dari cairan yang <i>flammable</i> atau cairan <i>combustible</i>
<i>Flash point</i>	Temperature terendah dimana suatu cairan membentuk konsentrasi uap dalam jumlah yang cukup untuk mengignisi flame/api secara spontan, atau dengan kata lain membentuk cairan yang mudah terbakar
<i>Flowrate</i>	Laju/kecepatan aliran dari suatu cairan
<i>Foam liquid</i>	<i>Aggregate</i> cairan dari gelembung yang terisi udara, terbentuk dari bahan kimia yang akan mengapung pada permukaan <i>flammable liquids</i> atau mengalir diatas

permukaan padatan, *foam* tersebut akan menyelimuti dan memadamkan api dan/atau mencegah ignisi pada material

G

Grounding

Bentuk khusus dari ikatan di mana satu atau lebih ikatan, konduktif objek juga terhubung ke tanah sehingga masing-masing pada potensial yang sama sebagai bumi

I

Ignition Chamber *Ignition Point*

Ruang pembakaran

Titik dimana mulainya proses pembakaran melalui adanya input energi. Ignisi terjadi saat temperatur suatu substansi naik pada titik dimana molekul-molekul bereaksi secara spontan dengan pengoksidasi lalu pembakaran terjadi

H

Hydrocarbons

Senyawa organik yang hanya mengandung Hidrogen dan Karbon. Hidrokarbon yang pada simpel adalah gas pada temperatur ruangan, tetapi dengan adanya peningkatan berat molekular, hidrokarbon akan berubah dari berbentuk cairan *foam* menjadi fase padatan.

J

Job Safety Analysis

Analisis yang mendetail dari setiap langkah-langkah yang diambil untuk melengkapi setiap fase dari suatu pekerjaan ; Analisis yang mendetail dari hazard yang ada pada setiap task (tugas) dari suatu pekerjaan lalu meremuskan suatu tindakan minimalisasi yang akan diambil untuk mengeliminasi dan mereduksi pajanan hazard yang ada.

K

Kegiatan Usaha Hilir Kegiatan usaha eksplorasi dan eksploitasi

Kegiatan Usaha Hulu Kegiatan usaha pengolahan, pengangkutan, penyimpanan dan atau niaga

Kejutan listrik Percikan listrik yang berlangsung cukup lama dimana konduksi yang terjadi bertahan dalam periode waktu yang lebih panjang dibandingkan dengan percikan listrik biasanya

L

Life cycle of Fire

Teori yang menyatakan bahwa proses pembakaran terjadi dalam enam tahap Tiga tahap pertama merupakan tiga komponen yang ada pada teori *fire triangle*, *proportioning* atau peristiwa benturan antara oksigen dan molekul bahan

	bakar (persentuhan antara kaki oksidator dengan kaki bahan bakar pada <i>fire triangle</i>)
LEL	Batas bawah dari <i>flammable/explotion</i> limit suatu senyawa.
LFL	Proporsi (jumlah) minimum bahan bakar diudara yang dapat mendukung terjadinya pembakaran
Listrik Statis	Fenomena elektrik yang melibatkan tegangan tinggi pada arus listrik yang rendah atau bahkan pada arus listrik bernilai nol; Adanya kondisi ketidakseimbangan arus listrik yang terjadi pada permukaan suatu objek; Ketidakseimbangan arus listrik yang dihasilkan akibat adanya kontak antara insulator yang berbeda.

M

Management Crisis Tindakan yang diambil oleh suatu perusahaan untuk mempertahankan kredibilitas dan reputasi yang baik setelah suatu situasi terjadi yang dapat memberi efek buruk bagi perusahaan tersebut sehingga dapat mengurangi tingkat penjualan produk

MIE Energi yang tersimpan di dalam sebuah material yang ketika dikeluarkan cukup untuk efek pembakaran bahan bakar yang diberikan campuran pada kondisi tertentu

N

Nafta Bahan Bakar yang terdestilasi dibawah titik didih kerosene. Nafta biasanya tidak cocok untuk dicampurkan sebagai komonen bahan bakar premium, akan tetapi sering digunakan sebagai *feedstock* untuk pengkatalis proses produksi hidrokarbon atau dalam proses *manufacturing* bahan kimia

P

Percikan elektrostatik Percikan yang terbentuk oleh adanya friksi antara 2 substansi yang tidak sama dalam jangka waktu yang pendek dan berenergi rendah, tergantung pada skala kejadiannya

Percikan listrik Suatu fenomena singkat yang terjadi akibat adanya beda potensial listrik di udara. Beda potensial tersebut harus dalam jumlah yang cukup besar supaya dapat melewati hambatan udara, dimana untuk udara kering yaitu sebesar 30.000 V/cm

Piloted ignition Temperatur campuran dari suatu material yang lebih tinggi sehingga tidak membutuhkan sumber ignisi eksternal untuk terjadinya proses pembakaran

PV Valve

Katup yang secara melepaskan tekanan otomatis dari suatu boiler, katup bertekanan atau sistem lainnya saat tekanan atau suhu yang ada sudah melebihi batas normal.

R

RVP

Tekanan yang disebabkan oleh proses penguapan saat cairan, udara tertutup dan uap air setelah dilakukan pengukuran di bawah kondisi standar dengan *apparatus* yang standar, dan hasil yang didapatkan dalam satuan psi adalah sebesar 100 °F, walau biasanya RVP dalam satuan lbs. RVP tidak sama dengan “tekanan uap” sebenarnya dari cairan, tetapi menyediakan indeks relatif penguapan suatu cairan

S

Slot Dipping Device

Alat yang digunakan untuk mengukur level ketinggian cairan, mengukur kedalaman dasar dari cairan, lalu mengukur temperature cairan dan mengambil sampel cairan di dalam tangki penimbunan tanpa mengurangi tekanan yang ada di dalam tangki

Solenoid

Sistem pengkabutan ; Gulungan kawat berarus yang bekerja seperti magnet saat arus listrik melaluinya

SOP

Kumpulan dokumen yang mendeskripsikan bagaimana prosedur pengoperasian dalam suatu pekerjaan sehingga prosedur yang dijalankan dengan benar. SOP harus selalu tersedia di area kerja.

SMK3LL

Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja dan Lindungan Lingkungan

T

Tank Cleaning

Suatu aktivitas pembersihan tangki dari produk sebelumnya sehingga tidak ada bau maupun konsentrasi dari produk sebelumnya.

Tetrahedron of Fire

Teori kebakaran yang menyatakan bahwa penyebab kebakaran dikarenakan tiga komponen yang ada pada *fire triangle* lalu ditambahkan sisi keempat yaitu rantai reaksi pembakaran (*chain reaction of burning*). Teori ini menyatakan bahwa ketika energi diterapkan pada bahan bakar seperti hidrokarbon, beberapa ikatan karbon dengan karbon terputus dan menghasilkan radikal bebas.

Titik didih

Temperatur dimana tekanan uap sebuah zat cair sama dengan tekanan eksternal yang dialami oleh cairan

TKgbgO

Salah satu bentuk STK merupakan penjabaran dari Pedoman yang menggambarkan prosedur dari pelaksanaan

proses tertentu yang mengikutsertakan beberapa unit kerja, satuan kegiatan dan/atau pekerja

U

Unsafe Act Faktor perilaku yang tidak aman ; Elemen perilaku yang tidak aman yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan misalnya mengambil risiko, mengambil jalan pintas, kurang waspada, kurangnya perhatian, dsb.

Unsafe Condition Faktor kondisi yang tidak aman ; kerusakan, malfungsi atau kondisi tidak aman yang memungkinkan terjadinya kecelakaan.

UEL Konsentrasi maksimum bahan bakar di udara yang dapat mendukung terjadinya ledakan

UFL Konsentrasi maksimum bahan bakar di udara yang dapat mendukung terjadinya pembakaran

V

Volum Penguapan Volum gas yang terbentuk akibat substansi cairan menguap

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri Minyak dan Gas Bumi merupakan sektor penting di dalam pembangunan nasional baik dalam hal pemenuhan kebutuhan energi dan bahan baku industri di dalam negeri maupun sebagai penghasil devisa negara sehingga pengelolaannya perlu dilakukan seoptimal mungkin. Proses bisnis Industri Minyak dan Gas Bumi meliputi aktivitas yang berisiko tinggi, sehingga perlu dilakukan dengan secara aman, andal, transparan, berdaya saing, efisien, dan berwawasan pelestarian lingkungan agar dapat mendorong peningkatan kemakmuran dan kesejahteraan rakyat (Website BPH Migas, 2010)

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 22 Tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi, pada dasarnya Industri Minyak dan Gas Bumi dibagi menjadi kegiatan usaha hulu dan kegiatan usaha hilir. Kegiatan usaha hulu meliputi kegiatan usaha eksplorasi dan eksploitasi. Kegiatan usaha hilir meliputi kegiatan usaha pengolahan, pengangkutan, penyimpanan dan atau niaga. Kegiatan pengolahan adalah kegiatan memurnikan, memperoleh bagian-bagian, mempertinggi mutu, dan mempertinggi nilai tambah Minyak Bumi dan/atau Gas Bumi, tetapi tidak termasuk pengolahan lapangan. Pengangkutan adalah kegiatan pemindahan Minyak Bumi, Gas Bumi, dan/atau hasil olahannya dari Wilayah Kerja atau dari tempat penampungan dan Pengolahan, termasuk pengangkutan Gas Bumi melalui pipa transmisi dan distribusi. Penyimpanan adalah kegiatan penerimaan, pengumpulan, penampungan, dan pengeluaran Minyak Bumi dan atau Gas Bumi.

PT. Pertamina (Persero) Depot Plumpang adalah Depot BBM terbesar yang dimiliki PT. Pertamina (Persero) Direktorat Pemasaran & Niaga yang bergerak pada kegiatan usaha penyimpanan migas. Pada tahun 2009 Depot Plumpang dapat menyalurkan BBM dengan total *throughput* rata-rata 14200 Kiloliter/hari. Suplai BBM ini melayani sekitar 24, 8 % kebutuhan BBM di Jawa Bagian Barat dan sekitar 6,4% kebutuhan nasional (company profile IJG, 2010).

Peranan Depot Plumpang sangat strategis karena mensuplai kebutuhan BBM di Jakarta sebagai ibukota negara dan pusat pemerintahan. Sehingga sedikitpun gangguan operasi yang terjadi langsung akan berdampak pada penyaluran BBM seperti antrian kendaraan yang panjang akibat SPBU yang kosong. Hal ini tentu saja akan mempengaruhi stabilitas perekonomian bahkan pemerintahan.

Salah satu bahaya yang ditimbulkan adalah berasal dari penanganan BBM. Uap BBM umumnya tidak berwarna dan tidak terlihat. Uap BBM berbau, tapi dari penciuman tidak bisa menjelaskan apakah kadar uap sudah masuk *flammable range*. Sejumlah kecil uap BBM di udara bisa membentuk campuran *flammable*, yang dapat terbakar oleh *flame*, elemen panas, *spark* atau sumber penyalaan lain. Uap BBM lebih berat dari udara. Bila ada kebocoran atau tumpahan, uap BBM akan mengalir sepanjang permukaan tanah atau melalui parit dan turun ke level yang lebih rendah. Cairan BBM mengapung diatas air. Bila terjadi kebocoran atau tumpahan di area yang mengandung air, BBM akan menyebar dipermukaan air dan bisa ikut mengalir jauh hingga ke area berbahaya (Panduan K3LL, 2008). Hal tersebut dapat menimbulkan kebakaran yang akan meimbulkan kerugian bagi perusahaan.

Kebakaran di Depot BBM Pertamina Plumpang pada tanggal 18 Januari 2009 merupakan salah contoh kejadian kebakaran yang terjadi. Kebakaran tersebut membuat 1 buah tangki timbun BBM berikut BBM yang didalamnya habis dilalap api. Kerugian yang terjadi ditaksir mencapai puluhan miliar rupiah. Kebakaran itu juga menyebabkan terjadinya korban jiwa satu orang petugas keamanan lokasi. Tidak hanya itu, kebakaran juga menyebabkan terhentinya kegiatan operasi beberapa jam sehingga menyebabkan suplai BBM untuk SPBU di wilayah Jabodetabek harus dilakukan pengiriman dari Depot BBM di lokasi lain seperti Depot Cikampek dan Terminal Transit Tanjung Gerem Merak (investigasi T.24, 2009). Investigasi yang komprehensif dilakukan untuk mencari akar penyebab terjadinya kejadian tersebut sehingga tidak terulang kembali. Dari hasil investigasi tersebut diduga kuat sumber penyalaan berasal dari listrik statis yang menyebabkan *flashback fire* kedalam ruang kosong tangki timbun yang menyebabkan terjadinya ledakan.

Kejadian kebakaran pada tangki timbun yang dikarenakan listrik statis atau sambaran petir juga terjadi di dalam maupun luar negeri. Beberapa kejadian tersebut akan sekilas penulis sampaikan dibawah ini.

Pada tahun 1995 di Kilang Pertamina Cilacap terjadi sambaran petir ke alat ukur tangki *Automatic Tank Gauging* /ATG. Kemudian timbul percikan api listrik dicelah antar baut penyentris dan guide well yang terletak dibawah roof tangki. Bunga api timbul akibat perbedaan tegangan antara guide well dengan nut penyentris karena tidak di bonding. Percikan api bertemu dengan uap HC dan udara didalam tangki sehingga terjadi ledakan.

Pada bulan Juni 1998 di UK terjadi kebakaran pada tangki solvent yang sedang dilakukan *tank cleaning*. Sumber api diduga berasal dari listrik statis yang keluar dari wadah dari metal yang tidak digrounding baik. Kebakaran ini mengakibatkan 2 orang kontraktor 80 % tubuhnya terbakar.

Pada tanggal 7 April 2003, di Glenpool Oklahoma, terjadi kebakaran pada tangki 11 produk gasoline. Sumber penyalaan disebabkan dari listrik statis yang berasal dari kecepatan aliran yang tinggi pada saat pengisian ke dalam tangki, sehingga menyebabkan aliran gasoline menjadi turbulen dan menghasilkan listrik statis di dalam tangki. Kerugian langsung yang diderita adalah terbakarnya 1 buah tangki yang berkapasitas 80.000 barrels dan 7600 barrels produk di dalamnya.

Pada 17 Juli 2007, sekitar jam 9 pagi terjadi sebuah ledakan tangki nafta berkapasitas 15.000 gallon di Barton Solvents Valley Center, Kansas. Sumber penyalaan disebabkan oleh listrik statis yang berasal dari alat pengukur tinggi cairan otomatis yang berada di dalam tangki. Ketika cairan nafta yang masuk kedalam tangki dalam kondisi turbulen, timbul spark pada rongga kecil apda mur-baut yang slack, akibatnya tangki tersebut meledak dan terbakar.

1.2. Perumusan Masalah

Hasil investigasi kebakaran Tangki 24 Depot Plumpang menyebutkan bahwa penyebab dasar penyalaan adalah ditimbulkan dari listrik statis (Investigasi

T.24, 2009). Pada aktifitas penerimaan BBM di tangki timbun, terdapat sumber-sumber kegiatan yang dapat menimbulkan listrik statis. Atmosfir diatas tangki timbun pada saat penerimaan BBM belum dilakukan penelitian. Berapa besar energi yang dibutuhkan untuk menyebabkan terjadinya penyalaan selama penerimaan BBM tersebut juga belum diketahui. Berkenaan dengan hal tersebut penulis bermaksud bermaksud melakukan penelitian untuk mengukur besarnya *minimum ignition energy* pada kegiatan penerimaan BBM di tangki timbun serta membuat pemetaan penyebaran persentase LEL untuk menggambarkan kondisi atmosfer di atas tangki timbun selama penerimaan BBM, serta melakukan pengukuran berapa besarnya energi akibat gesekan mekanis yang terjadi antara plat tangki dan peralatan operator.

1.3. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan uraian diatas maka penulis membatasi permasalahan yang akan diangkat melalui beberapa pertanyaan penelitian ini yaitu :

1. Bagaimanakah sebaran uap mudah terbakar yang berada di atas tangki timbun selama penerimaan BBM?
2. Berapakah besarnya *Minimum Ignition Energy* dari BBM klas I (Premium, Pertamina, Pertamina Plus) yang disimpan di dalam tangki timbun Depot Plumpang?
3. Manakah BBM klas I yang mempunyai *Minimum Ignition Energy* terendah?
4. Berapa besarnya energi yang disebabkan akibat gesekan mekanis antara plat tangki dan material peralatan yang digunakan operator?

1.4. Tujuan Penelitian

1.4.1. Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah aktivitas di atas tangki timbun selama penerimaan BBM berpotensi dapat menyebabkan terjadinya kebakaran, berdasarkan informasi penelitian area flammable di atas tangki timbun, besarnya *Minimum Ignition Energy* dari BBM klas I dan besarnya energi

yang disebabkan akibat gesekan mekanis antara plat tangki dan material peralatan yang digunakan operator.

1.4.2. Tujuan Khusus

- a. Membuat pemetaan *Flammability Limit* berdasarkan kondisi operasi normal, selama penerimaan BBM di tangki timbun.
- b. Mengukur *Minimum Ignition Energy* BBM klas I (Premium, Pertamina, Pertamina Plus) yang disimpan di dalam tangki timbun
- c. Menentukan BBM klas I mana yang mempunyai *Minimum Ignition Energy* yang paling rendah.
- d. Menentukan besarnya energi yang disebabkan akibat gesekan mekanis antara plat tangki dan material peralatan yang digunakan operator.

1.5. Manfaat Penelitian

1.5.1. Bagi PT. Pertamina (Persero) Depot Plumpang

Dengan diketahuinya faktor penyebab utama dari kebakaran T.24 di Depot Plumpang, perusahaan dapat melakukan tindakan-tindakan preventif untuk mengantisipasi *unsafe act* dan *unsafe condition* selama penerimaan BBM di tangki timbun.

1.5.2. Bagi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia

Sebagai bahan masukan dalam mengembangkan penelitian lebih lanjut mengenai *Electro Static Discharge* dan *Ignition Energy* pada industri migas khususnya maupun pada kegiatan lainnya.

1.5.3. Bagi Peneliti

Sebagai sarana untuk mengaplikasikan ilmu dan kemampuan dalam menganalisa suatu risiko yang ada di industri migas dan meningkatkan kemampuan dalam melakukan eksperimen skala laboratorium untuk mencari akar penyebab dari suatu *accident*. Peneliti merupakan salah satu pekerja dalam industri migas sehingga dengan mengetahui hasil penelitian, dapat memberikan masukan kepada perusahaan dan pekerja

lainnya untuk melakukan langkah-langkah dalam mengantisipasi risiko yang lebih tinggi.

1.6. Keaslian Penelitian

Studi dan penelitian *Minimum Ignition Energy* pada kegiatan suplai dan distribusi BBM khususnya yang ada relevansinya dengan analisa akar penyebab kejadian kebakaran T.24 Depot Plumpang sejauh ini belum pernah dilakukan. Investigasi kejadian yang dilakukan berhenti pada ditemukannya listrik statis sebagai penyebab langsung timbulnya *sparks*, namun besarnya energy yang dibutuhkan untuk penyalaan sampai saat ini belum dilakukan penelitian.

1.7. Ruang Lingkup

a. Ruang Lingkup Waktu

Ruang lingkup waktu yang dilaksanakan untuk melakukan penelitian ini adalah pada bulan Februari – Juni 2010

b. Ruang Lingkup Tempat

Tempat penelitian yaitu pada industri migas khususnya distribusi BBM di lingkungan PT. Pertamina (Persero) Depot BBM Plumpang - Instalasi Jakarta Group. Dan tempat melakukan eksperimen Laboratorium Teknik Mesin UI Depok.

c. Ruang Lingkup Materi

Materi yang menjadi bahasan penelitian ini antara lain :

- Pengukuran kadar gas (LEL) selama penerimaan BBM di tangki timbun
- Pembuatan pemetaan area mudah terbakar di atas tangki
- Pengukuran *Minimum Ignition Energy* BBM Klas I
- Pengukuran besarnya energi yang disebabkan akibat gesekan mekanis antara plat tangki dan material peralatan yang digunakan operator.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Kebakaran

Terdapat tiga teori dasar yang digunakan untuk menjelaskan reaksi kebakaran. teori-teori tersebut adalah *Fire Triangle*, *Tetrahedron of Fire* dan *Life Cycle of Fire*. Dari ketiga teori tersebut, *fire triangle* merupakan teori yang pertama dan paling dikenal. Sedangkan teori kedua yaitu *Tetrahedron of Fire* memberikan penjelasan secara terperinci mengenai konsep kimia dari kebakaran, dan *Life Cycle of Fire* memberikan penjelasan yang terperinci dari *Fire Triangle* (Davletshina and Cheremisinoff, 1998).

2.1.1 Teori api

Kebakaran adalah suatu kejadian yang tidak diinginkan dan kadang kala tidak dapat dikendalikan, sebagai hasil pembakaran suatu bahan dalam udara dan mengeluarkan energi panas dan nyala (api) (Nevded, 1991a). Api (kebakaran) adalah reaksi kimia yang melibatkan terjadinya reaksi oksidasi bahan bakar secara cepat dan bersifat eksotermis (Davletshina and Cheremisinoff, 1998)

2.1.2 *Fire Triangle*

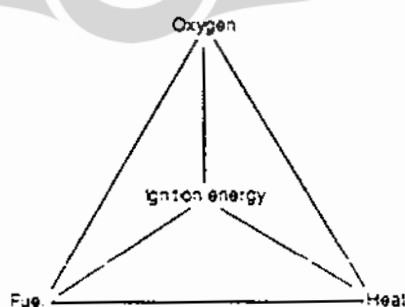
Kebakaran dapat terjadi jika panas kontak dengan combustible material. Jika *combustible material* berbentuk padatan atau cairan, maka combustible material tersebut harus dipanaskan agar dapat membebaskan *vapour* yang cukup dan membentuk campuran yang dapat terbakar dengan oksigen di udara. Jika campuran *flammable* dipanaskan hingga *ignition point (ignited)*, maka pembakaran akan terjadi. Tiga kondisi dasar yang diperlukan untuk terjadinya kebakaran adalah bahan bakar (*fuel*), oksigen, dan panas (Davletshina and Cheremisinoff, 1988).

Tiga komponen tersebut diibaratkan seperti tiga sisi dari sebuah segitiga, setiap sisi harus saling menyentuh satu sama lain untuk membentuk segitiga. Jika salah satu sisi tidak menyentuh sisi lainnya, maka tidak akan membentuk segitiga. Tanpa adanya bahan bakar untuk dibakar maka kebakaran tidak akan terjadi.

Begitu pula jika tidak ada oksigen atau panas yang cukup maka kebakaran tidak akan terjadi. Berikut ini adalah gambar dari *fire triangle* atau segitiga api (Davletshina and Cheremisinoff, 1988)

2.1.3 *Tetrahedron of Fire*

Teori ini mencakup tiga komponen yang ada pada *fire triangle* tetapi ditambahkan sisi keempat yaitu rantai reaksi pembakaran (*chain reaction of burning*). Teori ini menyatakan bahwa ketika energi diterapkan pada bahan bakar seperti hidrokarbon, beberapa ikatan karbon dengan karbon terputus dan menghasilkan radikal bebas. Sumber energi yang sama juga menyediakan kebutuhan energi untuk memutus beberapa rantai karbon dengan hidrogen sehingga menghasilkan radikal bebas lebih banyak. Selain itu, rantai oksigen dengan oksigen juga terputus dan menghasilkan radikal oksida. Jika jarak antara radikal bebas cukup dekat maka akan terjadi *recombining* radikal bebas dengan radikal bebas lainnya atau dengan kelompok fungsional yang tidak jauh. Pada proses pemutusan rantai, terjadi pelepasan energi yang tersimpan dalam rantai tersebut. Energi yang lepas menjadi sumber untuk memutuskan rantai yang lain dan melepaskan lebih banyak energi lagi. Dengan demikian, kebakaran “memberi makan” sendiri dengan menciptakan atau melepaskan lebih banyak lagi energi (rantai reaksi). Proses tersebut baru akan terhenti jika bahan bakar telah habis terbakar, oksigen telah habis, energi diserap bukan oleh bahan bakar, atau rantai reaksi terputus (Davletshina and Cheremisinoff, 1988).



Gambar 2.1. *Tetrahedron of Fire*

2.1.4 *Life Cycle of Fire*

Teori ini menyatakan bahwa proses pembakaran terjadi dalam enam tahap. Tiga tahap pertama merupakan tiga komponen yang ada pada teori *fire triangle* (Davletshina and Cheremisinoff, 1988). Tahap pertama dalam teori ini adalah masuknya panas (*input heat*), yaitu banyaknya panas yang diperlukan untuk menghasilkan uap dari padatan atau cairan, serta sebagai sumber penyalaan (*ignition source*). Panas yang masuk harus sesuai dengan temperature penyalaan (*ignition source*) bahan bakar. Tahap kedua adalah bahan bakar (*fuel*). Bahan bakar harus pada susunan yang sesuai untuk terbakar, dimana bahan bakar sudah menguap atau jika pada logam maka hampir seluruh potongan telah mencapai temperatur yang sesuai untuk memulai pembakaran. Tahap ketiga adalah oksigen. Teori ini masih menggunakan penjelasan klasik yaitu hanya menyangkut oksigen di atmosfer. Kelemahan teori ini adalah mengabaikan oksigen dan halogen yang dihasilkan oksidator. Tahap keempat adalah *proportioning* atau peristiwa benturan antara oksigen dan molekul bahan bakar (persentuhan antara kaki oksidator dengan kaki bahan bakar pada *fire triangle*). Tahap kelima adalah *mixing*, dimana rasio bahan bakar terhadap oksigen harus benar sebelum penyalaan terjadi (*flammable range*). Pencampuran yang sesuai setelah panas diterapkan pada bahan bakar akan menghasilkan uap yang dibutuhkan untuk pembakaran. Tahap terakhir adalah *ignition continuity*. Dalam kebakaran, energi kimia diubah menjadi panas. Panas yang dipancarkan dari api kembali ke permukaan bahan bakar. Panas tersebut harus cukup untuk menjadi panas yang masuk (*input heat*) demi berkelanjutnya siklus kebakaran. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa bagian terakhir, *ignition continuity* merupakan langkah pertama untuk siklus kebakaran selanjutnya, yaitu masuknya panas (*input heat*).

2.1.5 *Flash Point*

Flash point (titik nyala) adalah temperatur minimum yang dibutuhkan oleh cairan untuk membentuk *vapour* dalam udara yang cukup dan jika terignisi akan menyala. (National Fire Protection Association, 2008). Berikut ini adalah flash point dari beberapa material BBM (minyak) secara umum dalam kondisi normal:

Table 2.1 *Flash Point dan Fire Point Untuk Beberapa Jenis Cairan*

Fuel	Open cup ($^{\circ}\text{C}$)	Closed cup ($^{\circ}\text{C}$)	Fire point ($^{\circ}\text{C}$)
Acetone	- 20	-	-
<i>n</i> -Decane	46	52	61.5
Methanol	11	11	13.5
<i>p</i> -Xylene	27	31	44
Petroleum ether	- 18	-	-
Kerosene	38	-	-
Diesel	52	-	-
Petrol (100 octane)	- 36	-	-
Petrol (low octane)	- 43	-	-

Source: Fire Investigation, 2004.

2.1.6 *Flammability Limit*

Lower Flammable Limit (LFL) dan *Upper Flammable Limit* (UFL) atau biasa juga disebut *Lower Explosive Limit* (LEL) dan *Upper Explosive Limit* (UEL). *Lower flammability limit* adalah proporsi (jumlah) minimum bahan bakar diudara yang dapat mendukung terjadinya pembakaran. *Upper flammabel limit* adalah konsentrasi maksimum bahan bakar di udara yang dapat mendukung terjadinya pembakaran. LFL/LEL bisa disebut dengan istilah “terlalu miskin” akan bahan bakar diudara untuk mendukung terjadinya pembakaran, dan UFL/UEL bisa disebut dengan istilah “terlalu kaya” akan bahan bakar diudara untuk mendukung terjadinya pembakaran. Maka diperlukan *range* komposisi bahan bakar diudara agar tidak terlalu miskin bahan bakar diudara atau tidak terlalu kaya bahan bakar diudara (Davletshina and Cheremisinoff, 1988).

Tabel 2.2. Data *Flammable Limit* dari Beberapa Jenis Gas dan Uap

	Lower flammability limit (L)			\underline{L} C_u	Upper flammability limits (U) ^a		\underline{U} C_{U1}	S_u^b (m/s)	Minimum ignition energy ^b (mJ)	Minimum quenching distance ^b (mm)
	%Vol	g/m ³	KJ/m ³		%Vol	g/m ³				
Hydrogen	4.0	3.6	435	0.13	75	67	2.5	3.2	0.01	0.5
Carbon monoxide	12.5	157	1591	0.42	74	932	2.5	0.43	-	-
Methane	5.0	36	1906	0.53	15	126	1.6	0.37	0.26	2.0
Ethane	3.0	41	1952	0.53	12.4	190	2.2	0.44	0.24	1.8
Propane	2.1	42	1951	0.52	9.5	210	2.4	0.42	0.25	1.8
<i>n</i> -Butane	1.8	48	2200	0.58	8.4	240	2.7	0.42	0.26	1.8
<i>n</i> -Pentane	1.4	46	2090	0.55	7.8	270	3.1	0.42	0.22	1.8
<i>n</i> -Hexane	1.2	47	2124	0.56	7.4	310	3.4	0.42	0.23	1.8
<i>n</i> -Heptane	1.05	47	2116	0.56	6.7	320	3.6	0.42	0.24	1.8
<i>n</i> -Octane	0.95	49	2199	0.58	-	-	-	-	-	-
<i>n</i> -Nonane	0.85	49	2194	0.58	-	-	-	-	-	-
<i>n</i> -Decane	0.75	48	2145	0.56	5.6	380	4.2	0.40	-	-
Ethene	2.7	35	1654	0.41	36	700	5.5	>0.69	0.12	1.2
Propene	2.4	46	2110	0.54	11	210	2.5	0.48	0.28	-
Butene-I	1.7	44	1998	0.50	9.7	270	2.9	0.48	-	-
Acetylene	2.5	29	1410		(100)	-	-	1.7	0.02	-
Methanol	6.7	103	2141	0.55	36	810	2.9	0.52	0.14	1.5
Ethanol	3.3	70	1948	0.50	19	480	2.9	-	-	-
<i>n</i> -Propanol	2.2	60	1874	0.49	14	420	3.2	0.38	-	-
Acetone	2.6	70	2035	0.52	13	390	2.6	0.50	1.1	-
Methyl ethyl ketone	1.9	62	1974	0.52	10	350	2.7	-	-	-
Diethyl ketone	1.6	63	2121	0.55	-	-	-	-	-	-
Benzene	1.3	47	1910	0.48	7.9	300	2.9	0.45	0.22	1.8

Source : Daugal Drysdale, An Introduction to Fire Dynamics, 1999

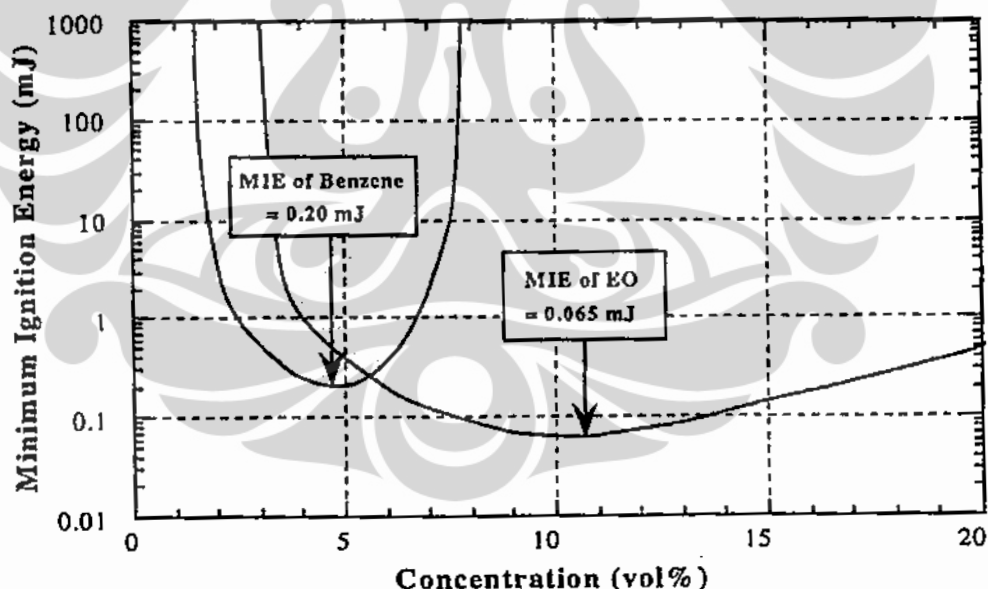
Untuk mengukur *flammability limit* dari suatu campuran gas, dapat menggunakan standar acuan ASTM E 582 dan menggunakan alat percobaan seperti yang di buat oleh US Berau Of Mine.

2.1.7 Energi Penyalaan Minimum/*Minimum Ignition Energy (MIE)*

Energi Penyalaan Minimum/*minimum ignition energy (MIE)* biasanya dalam satuan Joule adalah energi yang tersimpan di dalam sebuah material yang ketika dikeluarkan cukup untuk efek pembakaran bahan bakar yang diberikan campuran pada kondisi tertentu (Drysdale,1999). Pada *flammable range*, *ignition energy* meningkat menuju tak terhingga. Pengukuran *flammable range* biasanya melibatkan energi listrik sekitar 10J. Nilai minimum yang dikenal sebagai energi penyalaan minimum terendah/*low minimum ignition energy (LMIE)* atau energi penyalaan minimum/*minimum ignition energy (MIE)* adalah menunjukkan sekitar

separuh nilai *flammable limit*. LMIE untuk uap yang paling mudah terbakar di udara adalah antara 0,1 dan 1 mJ. Energi yang dihasilkan dari pelepasan listrik statis biasanya kecil (kurang dari 10 mJ) bila dibandingkan dengan energi yang untuk penyalaan, sehingga kemungkinan penyalaan biasanya sangat terkait dengan probabilitas menghasilkan campuran yang mudah terbakar. Cairan yang mendekati *flash point* atau *flammable limit*, umumnya tidak rentan terhadap pelepasan listrik statis yang lemah (Britton, 2003).

MIE meningkat dengan pengurangan konsentrasi oksigen relatif terhadap udara, misalnya dengan cara pemberian gas inert nitrogen. Namun, efek ini tidak mungkin terapai sampai konsentrasi oksidator oksigen menurun di bawah sekitar 16% vol. Hal ini didasarkan pada data MIE propana-udara-nitrogen campuran. Dalam rangka meningkatkan MIE dari propana 0,25-1,0 mJ, sebuah nitrogen 23% tambahan perlu ditambahkan ke udara, sesuai dengan pengurangan oksigen dari sekitar 21 sampai 16% dalam campuran oksidan (Britton, 2003).

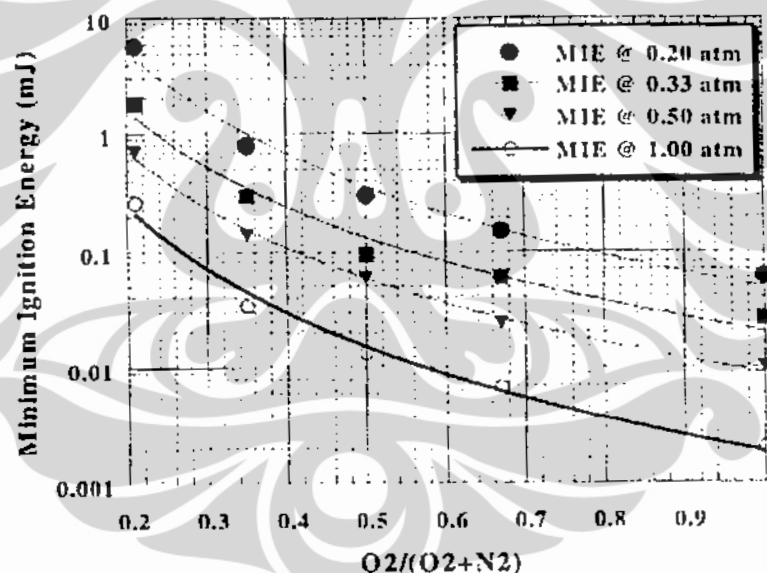


Gambar 2.2. Kurva MIE untuk Benzene dan Etilen Oksida dalam Udara (Britton, 2003).

Gambar 2.2 menunjukkan contoh bagaimana MIE bervariasi dengan komposisi untuk etilen oksida dan campuran benzena di udara. Campuran yang memiliki LMIE sangat rendah akan memiliki *flammable limit* yang sangat luas. Sumber penyalaan listrik statis yang memiliki energi yang efektif 1,0 mJ dapat

menyalakan etilen oksida dengan rentang yang sangat jauh lebih luas dibandingkan dengan benzena. Untuk sumber penyalaan 0,15 mJ energi, tidak ada campuran benzena-udara yang mungkin dapat menyala, sementara campuran etilen oksida-udara sudah peka terhadap penyalaan. Untuk campuran gas berbahaya yang memiliki rentang LMIE kecil dan *flammable limit* yang luas, termasuk acetylene, hidrogen dan ethylene, terdapat kondisi bahwa MIE tetap kecil walau dengan berbagai macam komposisi dan jumlah volumenya. Bahkan kemungkinan untuk terbentuknya campuran yang mudah terbakar pada suatu waktu dan tempat tertentu menjadi lebih besar, seiring dengan meningkatnya listrik statis pada kondisi tersebut (Britton, 2003).

Peningkatan temperatur, tekanan dan konsentrasi oksigen akan menurunkan besarnya MIE. Sebaliknya, tekanan berkurang meningkatkan MIE.



Gambar 2.3. Simulasi MIE Propana pada Berbagai Tekanan Udara

Gambar 2.3 menunjukkan bagaimana MIE propana yang bervariasi dengan kedua tekanan mutlak dan konsentrasi oksigen dalam campuran oksigen-nitrogen oksida. Konsentrasi propana optimal dalam kisaran 5-15% vol tergantung pada konsentrasi oksigen. Di udara (oksigen ~ 21%) pengurangan tekanan dari 1 atm menjadi 0,2 atm dengan meningkatkan MIE dari 0,25 mJ sampai 6 mJ, meningkat sebesar 25 kali semula (Britton, 2003).

2.1.8 Densitas Uap

Densitas uap merupakan suatu sifat dari uap yang dapat digunakan untuk memprediksi bagaimana perilaku uap tersebut ketika dilepaskan ke udara. Didefinisikan sebagai densitas uap relatif terhadap densitas udara dan dihitung dengan cara membagi berat molekul (BM) gas dengan BM udara. Gas dengan densitas uap > 1 , berarti bersifat lebih berat dari udara, maka akan mengendap ke dalam udara dimana ia dilepaskan, hingga akhirnya akan melewati suatu halangan ketika akan mulai menyebar di udara. Begitu juga dengan gas yang densitas uapnya < 1 , dimana ia akan mulai menyebar pada saat mencapai titik batas atas penguapannya. Pastinya akan terjadi beberapa pencampuran antara gas dengan udara yang disebabkan oleh adanya difusi, yang derajatnya akan tergantung pada perbedaan antara densitas uap gas dan udara. Semakin besar perbedaannya, semakin kecil difusi atau pencampuran gas yang akan terjadi. Densitas uap akan menyebabkan terbentuknya formasi lapisan gas baik dalam jumlah sedikit ataupun banyak dalam suatu kompartemen dari waktu ke waktu, terlebih lagi, jika densitas uapnya tinggi maka gas dapat merambat ke bagian bawah gedung. Perlu diperhatikan juga bahwa densitas uap dan laju difusi dari komponen yang paling mudah menguap yang ada dalam campuran adalah satu hal yang akan menentukan sifat penyebaran dan ignitabilitas uap, bukan sifat dari cairan curah (Daeid, 2004).

2.1.9 Klasifikasi Cairan

Menurut Panduan K3LL Pertamina Direktorat Pemasaran dan Niaga yang diterbitkan pada tahun 2008, Produk minyak bumi, selain LPG dikelompokkan berdasarkan flash pointnya sbb. :

Klas O *Liquified Petroleum Gas (LPG)*

Klas I Cairan yang memiliki *flash point* < 21 °C

Klas II Cairan yang memiliki *flash point* dari 21°C - 55°C

Klas III Cairan yang memiliki *flash point* > 55 °C s/d 100°C

Unclassified adalah cairan yang memiliki *flash point* > 100 °C.

Klas II dan Klas III bisa dikelompokkan sesuai dengan cara penanganannya. Klas II(1) dan III(1) adalah produk minyak bumi yang dikelola pada suhu dibawah flash pointnya, sedang Klas II(2) dan III(2) adalah produk yang dikelola pada temperatur lebih besar dari *flashpoint*-nya.

2.2 Listrik Statis

Istilah kejutan listrik statis seringkali digunakan secara bergantian walaupun keduanya memiliki makna yang berbeda. Istilah "Percikan" digunakan untuk menggambarkan kedua hal yaitu : nyala api listrik sekejap di udara atau gas dan juga suatu partikel nyala yang disertai dengan panas ber-temperatur tinggi. Partikel tersebut dapat terbentuk oleh adanya efek friksi (contoh : adanya pengaruh lempengan paduan logam dan baja) atau mungkin juga berasal dari hubungan arus pendek listrik temperatur tinggi. Percikan listrik adalah suatu fenomena singkat yang terjadi akibat adanya beda potensial listrik di udara. Beda potensial tersebut harus dalam jumlah yang cukup besar supaya dapat melewati hambatan udara, dimana untuk udara kering yaitu sebesar 30.000 V/cm. Ketika tegangan pemutus lebih besar, udara akan terionisasi dan terjadilah aliran listrik yang bertemperatur tinggi yang dapat terlihat. Percikan tersebut menghasilkan radiasi elektromagnetik disertai cahaya dan juga menimbulkan efek gangguan frekuensi radio dan pemanasan yang dapat meledak. Fenomena ini disertai pula dengan suara yang cukup dapat terdengar jelas. Percikan ini biasanya berlangsung dalam waktu yang sangat singkat (fraksi detik) yang cukup untuk menyebabkan ekualisasi potensial antara 2 titik. Percikan elektrostatik terbentuk oleh adanya friksi antara 2 substansi yang tidak sama dalam jangka waktu yang pendek dan berenergi rendah, tergantung pada skala kejadiannya. Kasus yang sangat jelas adalah terjadinya cahaya dimana arus yang kuat timbul karena adanya pergerakan udara di awan dan banyak tegangan yang menghasilkan percikan cahaya yang panjangnya mungkin bermeter-meter serta arus yang beribu-ribu amplitudo besarnya (Daeid, 2004).

Kejutan listrik adalah percikan listrik yang berlangsung cukup lama dimana konduksi yang terjadi bertahan dalam periode waktu yang lebih panjang dibandingkan dengan percikan listrik biasanya. Jika 2 kontak didalam rangkaian

arus dibuka perlahan, dalam sekejap pemisahan tegangan yang ada di sepanjang gap akan mengionisasi udara dan terjadi konduksi berupa percikan. Oleh karena jarak pemisahannya semakin mengecil, maka potensial berkesinambungan akan mempertahankan percikan sebagai kejutan terus-menerus (Daeid, 2004).

Dalam rangkaian arus AC, tegangan di sepanjang gap kembali ke nol beratus kali per detik (50Hz) menghentikan kejutan listrik yang ada dalam skala waktu, dan jika jaraknya pendek, kejutan listrik muncul lagi setiap kali tegangan di sepanjang gap terjadi. Hasilnya adalah suatu kejutan listrik yang berkelanjutan yang dapat terlihat dengan jelas dan terus berlangsung hingga jarak pemisahan semakin melebihi batas pemutusan arus atau suplainya dihentikan (Daeid, 2004).

Percikan dan kejutan listrik merupakan suatu fenomena bertemperatur tinggi dan akan berlangsung dengan baik pada temperatur lebih dari 1000°C, namun percikan singkat yang alaminya sendiri mengandung arti bahwa ia tidak akan mengeluarkan banyak energi dari semua energi yang dimilikinya. Terdapat energi minimum yang dibutuhkan untuk menyalakan gas yang dapat terbakar atau campuran uap di dalam udara dan ada juga beberapa percikan yang terjadi justru tidak memerlukan energi sama sekali. Sedangkan kejutan listrik, jelas membutuhkan lebih banyak energi, menghasilkan temperatur tinggi dan jelas dapat menyalakan banyak campuran gas atau bahkan dapat memisahkan debu yang terkandung di dalam udara. Tergantung pada alirannya, kejutan tersebut dapat mempirolisis material yang berdekatan dan menyalakan produk-produk gas (Daeid, 2004).

Kejutan listrik dapat semakin membesar di dalam kabel yang insulasinya sudah rusak namun temperatur biasanya butuh pengaruh dari kelembaban yang mungkin saja masuk. Jika kelembaban dididihkan, maka kejutan listrik harus dihentikan. Jika insulasinya dirusak oleh beberapa *overloading* atau pemanasan di dalam api, maka kejutan terjadi pada temperatur yang lebih tinggi. Hal ini menyebabkan produk pembakaran yang dihasilkan akan lebih mudah terionisasi daripada udara kering (Daeid, 2004).

2.2.1 Penyalaan Gas dan Uap oleh Kejut Listrik

Kejut dan percikan listrik memiliki energi yang cukup untuk menyalakan gas dan uap yang dapat terbakar selama keduanya bercampur dengan udara dalam jumlah yang tepat. Bahan bakarnya sendiri mungkin telah ada oleh karena pelepasan gas atau penyebaran agen/zat yang sangat mudah menguap seperti BBM. Telah banyak kejadian memakan korban akibat penyalaan yang ilegal dan ditemukan adanya uap BBM dalam penyalaan tersebut. Seringkali ketika tertangkap, mereka akan menerima penyebaran BBM tetapi bukan pada penyalannya yang sebenarnya dan selanjutnya mereka mengklaim bahwa penyalaan terjadi dengan tidak sengaja oleh karena listrik statis dan beberapa percikan listrik tetap. Penulis telah melakukan investigasi beberapa peristiwa serupa dan membuktikan bahwa tidak ada penyalaan uap BBM yang tidak sengaja yang terjadi. Seseorang dapat terbakar mungkin karena mereka membakar diri mereka sendiri dengan melakukan hal-hal yang menghasilkan listrik statis, seperti berjalan di atas karet sintetik kemudian menyentuh logam pembumian. Jika tidak terdapat semacam logam tersebut, bisa jadi sumbernya jauh. Alternatif lain mungkin karena mereka menyalakan atau mematikan lampu. Hal ini menimbulkan anggapan bahwa uap BBM yang tercampur dengan udara masuk ke dalam saklar lampu. Walaupun saklar lampu biasanya secara intrinsik tidak aman, itu butuh waktu untuk terjadinya difusi dari BBM untuk mencapai campuran yang tepat di dalam kontak saklar (Daeid, 2004).

Uap BBM bersifat lebih berat daripada udara dan bercampur dengan sangat lambat dengan udara dan pencampuran terjadi dari level yang sangat rendah. Jika penyalaan berasal dari saklar lampu, maka dibutuhkan suatu campuran *flammable* dalam volume yang cukup besar untuk menghasilkan ledakan. Dalam beberapa kasus, BBM bisa menyebar menjauhi dapur dan ruang utilitas dimana *freezer* dan peti es biasanya berada. Lagi-lagi, jika uap BBM telah cukup untuk menghasilkan suatu penyalaan, dan sejumlah besar campuran *flammable* dapat berada ditempat lain, namun ledakan yang timbul cukup kecil. Kebanyakan *freezer* mempunyai penghubung di sisi rumah logam unit motor/kompresor. Kapanpun peti es beroperasi, penghubung akan memotong masuk dan keluar ke *feed* mengalirkan suplai dalam durasi yang singkat ke

secondary winding pada motor, untuk memberikan dorongan yang cukup pada motor untuk bergerak melawan tahanan kompresor. Operasi dari penghubung ini akan hampir juga menghasilkan percikan listrik. Jika gas dan uap yang dapat terbakar (*flammable*) dengan kekuatan campuran yang tepat ada di sekitar area penghubung maka selanjutnya penyalaan dapat terjadi. Satu keuntungan dari peti es dan freezer adalah letak unit kompresor motor dan penghubung seringkali relatif licin (*gemuk/greasy*) dan mengundang debu, rambut dan serat-serat. Ini bisa diuji untuk menentukan apakah disana terdapat tanda-tanda telah terjadi pembakaran halus yang disebabkan oleh penyalaan gas-gas *flammable* (Daeid, 2004).

2.2.2 Bahaya Listrik Statis

Kebanyakan material ketika melewati permukaan material lainnya menghasilkan energi statis. Energi yang dihasilkan mungkin saja cukup untuk menyebabkan terjadinya reaksi pembakaran (Thomson, 2002).

Berikut ini adalah beberapa contoh pergerakan yang dapat menghasilkan listrik statis (Thomson, 2002) :

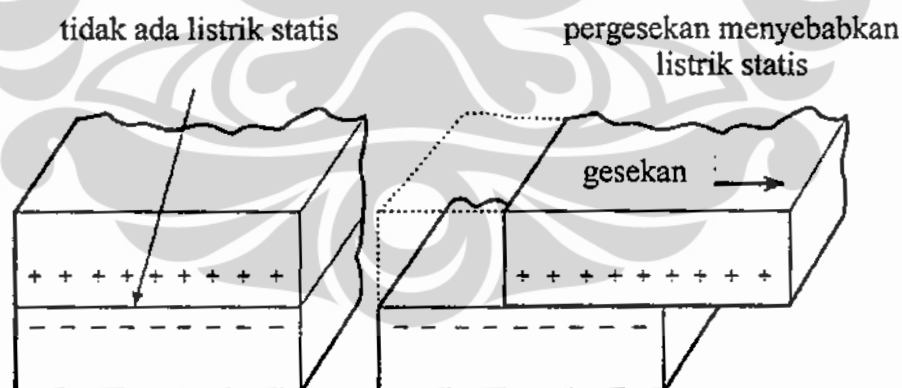
- Pergerakan padatan, seperti powder, butiran dan debu lainnya melalui suatu media akan menghasilkan arus. Arus tersebut apabila tidak dikeluarkan jauh dari area itu maka akan dapat menyalakan material *flammable* disekitarnya.
- Pergerakan cairan didalam pipa juga dapat menghasilkan energi yang cukup untuk menyebabkan terjadinya reaksi kimia. Api yang pada umumnya disebabkan oleh metode ini terjadi pada saat operasi pengisian tangki. Jika BBM dipisahkan dari kontainer logam ke dalam tangki logam lainnya, mungkin juga dapat terbentuk listrik statis di atas permukaan dua logam untuk menyalakan uap BBM sehingga terjadilah percikan. Cara pengendalian hal ini adalah dengan menggunakan corong plastik sebagai penghalang antara permukaan dua metal.

- Manusia pun dapat menghasilkan listrik statis. Bisa dihasilkan pada pakaian dan juga lantai ketika kita berjalan. Pakaian khusus diperlukan bagi pekerja yang bekerja disekitar atmosfer *flammable*.

2.2.3 Mekanisme Penyalaan Akibat Listrik Statis

Listrik statis dapat menjadi nyala api dengan beberapa mekanisme sebagai berikut (Laurence, 2003):

- Kontak dan pemisahan padatan (termasuk gesekan pada saat pengisian atau gesekan akibat pelumasan)
- Fragmentasi padatan yang memiliki densitas muatan permukaan yang tak seragam,
- Gaya geser pada cairan-padatan, cairan-gas dan dua-fase cair antar muka
- Pemisahan gravitasi materi yang mempunyai ukuran dan gaya yang berbeda
- Induksi pada saat pengisian
- Ionisasi pada saat pengisian.



Gambar 2.4. Listrik Statis akibat gesekan benda yang mempunyai beda muatan (NFPA 77, 2000)

Mekanisme yang terakhir memerlukan medan listrik yang besar dan mewakili proses di mana gaya dapat ditransfer antara sistem yang terisolasi secara

elektris dari satu sama lain. Agar listrik statis menjadi sumber pengapian, empat kondisi yang harus dipenuhi (Laurence, 2003):

- Laju muatan yang dihasilkan harus melebihi tingkat disipasi, sehingga muatan dapat terakumulasi.
- Sebuah muatan listrik statis harus berada bersamaan dalam ruang dan waktu yang sama dengan material yang mudah terbakar.
- Energi efektif dari listrik statis harus melebihi energi penyalaan pada material.
- Sumber api lokal harus menyebarkan ke sekitar atmosfer yang mudah menyala.

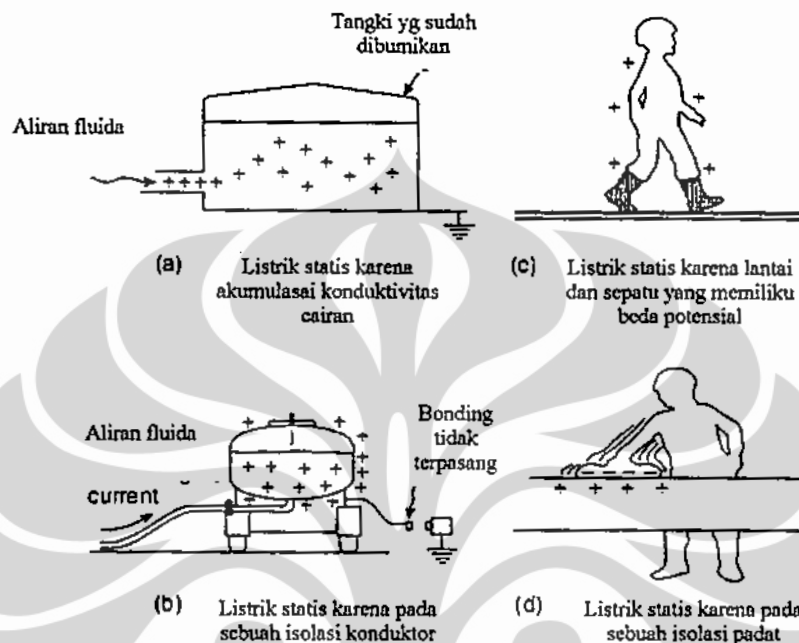
2.2.4 Muatan Listrik Statis pada Produk BBM

Bahaya terbesar dari listrik statis dalam operasi Depot BBM adalah ketika ketika produk BBM itu sendiri menjadi bermuatan. Bahan yang mengakumulasi listrik statis disebut akumulator listrik statis. Cairan diklasifikasikan sebagai akumulator listrik statis jika laju akumulasi muatan lebih besar dari peluruhan. Lebih besar konduktifitas listrik suatu cairan lebih besar laju peluruhannya. Sebagian besar produk BBM, kecuali minyak bakar atau bitumen, merupakan akumulator listrik statis. Resiko terbesar dari kebakaran oleh listrik statis terjadi ketika pengisian produk akumulator listrik statis pada kondisi dimana terdapat campuran uap yang *flammable* dalam ruang kosong tangki (Panduan K3LL, 2008).

Contoh penyebab pembentukan listrik statis dalam BBM menurut Panduan K3LL Pertamina Pemasaran dan Niaga tahun 2008 adalah :

- Cairan mengalir lewat pipa atau saringan. Adanya impurities seperti titik air atau partikel karat meningkatkan pembentukan listrik statis.
- Kegiatan *settling* titik-titik air atau partikel padat dalam tangki yang mengandung cairan BBM.
- Pembentukan gelembung gas atau udara melalui produk BBM
- *Flow rate* lebih cepat, bisa memperbesar pembentukan listrik statis. *Flow rate* yang lebih rendah tidak hanya mengurangi pembentukan

muatan tapi memberikan waktu lebih lama agar muatan listrik pada cairan meluruh ke bumi, suatu proses yang disebut relaksasi.



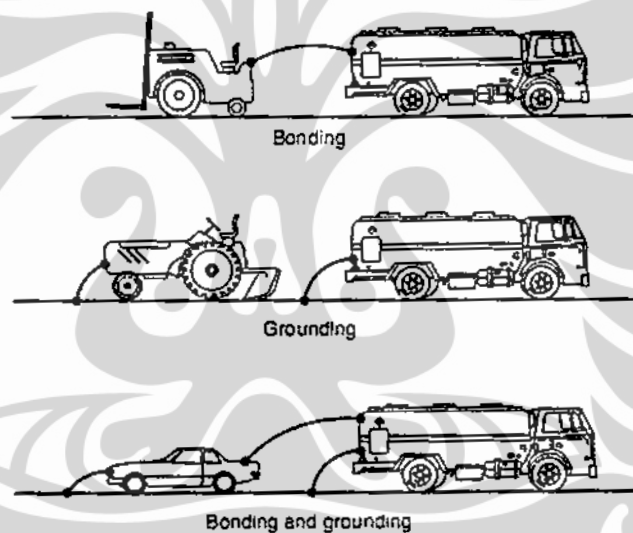
Gambar 2.5. Listrik statis yang timbul dari berbagai aktivitas

2.2.5 Pembentukan Listrik Statis pada Manusia.

Listrik statis bisa terbentuk pada tubuh manusia, khususnya jika menggunakan baju yang terbuat dari bahan sintetis, yang memiliki konduktivitas lebih rendah dari bahan natural (katun). Efek ini lebih besar dalam kondisi kering. Jika seseorang menggunakan sepatu yang konduktif dan tidak berdiri pada permukaan terisolasi, muatan listrik akan meluruh perlahan ke bumi. Akan tetapi, muatan listrik ini dapat menyebabkan spark ketika baju dilepas, karena itu hendaknya jangan dilakukan dalam ruang *hazardous atmosphere* (Panduan K3LL, 2008).

2.2.6 Proteksi dari Listrik Statis

Proteksi yang biasa digunakan untuk mencegah timbulnya listrik statis adalah *bonding* dan *grounding*. Bonding adalah proses yang menghubungkan dua atau lebih objek konduktif bersama-sama dengan menggunakan sebuah konduktor sehingga mereka berada pada potensial yang sama sebagai satu sama lain tetapi tidak harus pada potensial yang sama seperti bumi. Grounding adalah bentuk khusus dari ikatan di mana satu atau lebih ikatan, konduktif objek juga terhubung ke tanah sehingga masing-masing pada potensial yang sama sebagai bumi. Oleh karena itu, semua benda didasarkan pada potensial yang sama dan statis pembuangan tidak dapat terjadi di antara mereka (NFPA 77, 2000).



Gambar 2.6. *Bonding dan Grounding* (NFPA 77,2000)

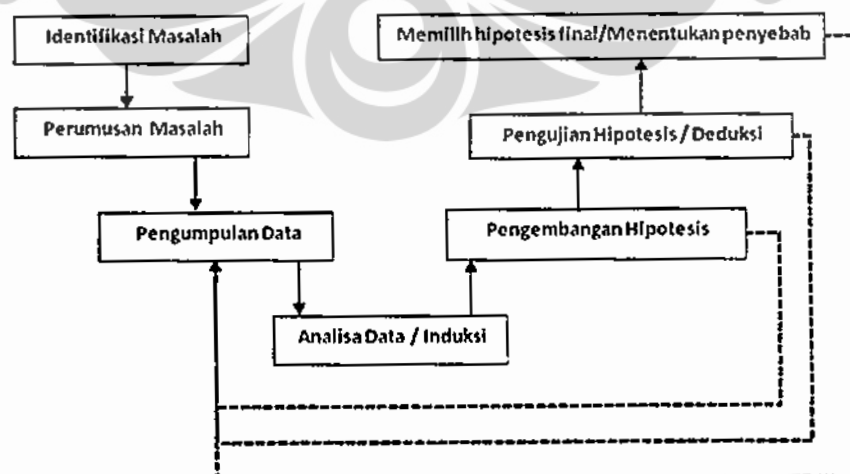
Batasan untuk tahanan *grounding* menurut Permenaker No. 02/Men/1989 tentang Pengawasan Instalasi Penyalur Petir sesuai pasal 54 adalah 5 ohm. Sedangkan berdasarkan Electrical Safety Code Fifth Edition yang biasa menjadi acuan pada industry migas batasan maksimalnya adalah untuk peralatan listrik 4 ohm dan untuk bangunan sebesar 7 ohm. Dengan frekuensi pengukuran minimal 1 tahun sekali atau disesuaikan dengan iklim setempat (musim panas dan hujan).

2.3 Investigasi

Investigasi adalah suatu upaya sistematis yang bersifat teknis dan non teknis guna menjelaskan fakta-fakta dan keadaan yang berkaitan dengan penyebab dasar insiden, tindakan perbaikan dalam upaya mencegah insiden serupa tidak terulang kembali sekaligus untuk menentukan besarnya kerugian yang ditimbulkan, (TKO Penyelidikan Insiden K3LL Pertamina Korporat, 2004). Menurut OHSAS 18002:2008, perusahaan harus memiliki prosedur untuk melaporkan, melakukan investigasi dan melakukan analisa insiden. Prosedur itu meliputi mekanisme identifikasi akar penyebab kejadian dan kekurangan pada sistem K3, kebutuhan untuk tindakan perbaikan dan pencegahan yang akan dilaksanakan, peluang untuk perbaikan berkelanjutan dan mekanisme komunikasi hasil investigasi kepada pihak terkait. Seluruh insiden harus dilakukan investigasi. Untuk menentukan prioritas insiden yang akan dilakukan investigasi dapat mempertimbangkan dampak dari suatu insiden dan seberapa sering tingkat kemungkinan insiden tersebut terjadi.

2.3.1 Investigasi Kebakaran

Investigasi kebakaran adalah proses untuk menentukan asal, penyebab, dan perkembangan api kebakaran atau ledakan (NFPA 921, 2001). Pendekatan yang tepat untuk digunakan dalam melakukan investigasi kebakaran adalah pendekatan secara metode ilmiah sebagai berikut:



Gambar 2.7. Skema Metode Ilmiah untuk Investigasi Kebakaran (NFPA 921, 2001)

- **Identifikasi masalah**
Langkah awal pada tahap investigasi adalah menentukan masalah yang timbul, apakah kebakaran atau peledakan atau keduanya. Hal tersebut untuk membatasi ruang lingkup serta agar lebih fokus dalam menentukan tindakan pencegahan berikutnya.
- **Merumuskan masalah**
Dengan menelaah permasalahan yang ada, seorang investigator mekanisme penyelesaian masalah yang akan digunakan. Hal ini didapat dengan cara melakukan *review* awal terhadap kronologis terjadinya insiden serta melakukan *interview* kepada saksi atau ahli proses.
- **Pengumpulan Data**
Data-data yang terkait dengan insiden kebakaran harus dikumpulkan. Data tersebut dapat diperoleh dengan melakukan observasi, penelitian dan metode pengumpulan data langsung lainnya. Data tersebut harus merupakan data yang empiris yang dapat diverifikasi keabsahannya.
- **Analisa Data (Metode Induktif)**
Seluruh data yang berhasil dikumpulkan dilakukan analisa dengan metode induktif. Data-data yang bersifat subjektif dan spekulatif tidak dapat dimasukkan dalam analisa, hanya data-data yang terbukti nyata berdasarkan hasil observasi atau penelitian yang dapat dianalisa.
- **Mengembangkan Hipotesis**
Berdasarkan hasil analisa data, investigator dapat membuat hipotesis sementara untuk menjelaskan sumber nyala api dan penyebab terjadinya kebakaran atau peledakan itu. Hipotesis ini harus berdasarkan data empiris yang berhasil dikumpulkan.
- **Menguji Hipotesis**
Investigator belum dapat menyatakan penyebab utama dari insiden tanpa melakukan pengujian hipotesis terlebih dahulu. Pengujian hipotesis dilakukan dengan melakukan analisa deduktif yaitu dengan membandingkan hipotesisnya dengan seluruh data yang didapat. Bila hipotesis tidak dapat diverifikasi dengan pertanyaan deduktif, maka sebaiknya tidak dijadikan hipotesis dan dibuat hipotesis yang baru.

Pengujian ini dapat meliputi pengumpulan data baru dan melakukan analisis ulang. Proses ini harus dilakukan secara terus menerus hingga hipotesis yang valid dapat lulus uji. Bila tidak, kasus kebakaran itu dapat dikatakan belum dapat ditentukan penyebabnya.

- **Menentukan Penyebab**

Penyebab dapat ditentukan setelah hipotesis telah diverifikasi. Dalam menentukan penyebab kebakaran harus dilakukan dengan pendekatan pasti tanpa asumsi.

2.3.2 Investigator

Proses investigasi pada umumnya dilakukan oleh tim yang terdiri dari berbagai latar belakang keilmuan dan pengalaman. Persyaratan menjadi seorang investigator untuk kasus kebakaran berdasarkan NFPA 1033 edisi tahun 1998 adalah berusia minimum 18 tahun. Pendidikan minimum SMU dengan latar belakang terkait dengan karakteristik kasus yang akan diinvestigasi. Tim investigasi harus diformalkan dengan surat perintah/surat keputusan sehingga mempunyai kekuatan hukum bagi para investigator dalam melakukan tugasnya. Investigator sebaiknya telah mendapatkan pelatihan cara melakukan investigasi atau minimal telah pernah mengikuti pelaksanaan investigasi sebelumnya, sehingga dapat mengetahui metodologi investigasi, sistem proteksi kebakaran dan standard lainnya yang menunjang proses investigasi.

2.3.3 Langkah Melakukan Investigasi

Dengan menggunakan metode ilmiah dalam melakukan investigasi kebakaran, langkah-langkah investigasi yang perlu dilakukan menurut NFPA 921 terdiri dari 5 langkah sebagai berikut:

- **Menerima perintah untuk investigasi**

Investigator harus diberi informasi tentang terjadinya insiden, peranan yang akan dia lakukan serta target yang harus dia selesaikan. Sebagai contoh, investigator diharapkan dapat menentukan sumber penyalaan, penyebab penyalaan dan siapa yang bertanggung jawab terhadap kejadian tersebut. Investigator juga biasanya di tugaskan untuk membuat laporan

resmi dan membuat rekomendasi kepada perusahaan untuk perbaikan dan pencegahan berikutnya.

- **Persiapan Investigasi**

Investigator harus mempersiapkan investigasi dengan cermat agar pelaksanaannya dapat lebih efisien. Investigator dapat memperkirakan peralatan, perlengkapan dan personil yang akan dibutuhkan untuk memperlancar proses investigasi.

- **Pelaksanaan Investigasi**

Investigator harus melaksanakan investigasi dan mengumpulkan data untuk dilakukan analisa. Langkah-langkah investigasi ditentukan dengan melihat seberapa besar kasus yang terjadi. Untuk investigasi kebakaran dan peledakan biasanya meliputi kegiatan inspeksi lapangan, dokumentasi, pengumpulan bukti, wawancara saksi, mengkaji hasil investigasi dari kasus serupa serta mengumpulkan data dan informasi dari sumber-sumber lainnya.

- **Pengamanan Barang Bukti**

Barang bukti yang berharga harus dicari dan dikumpulkan serta diawetkan untuk dilakukan pengujian dan evaluasi.

- **Analisa Kejadian**

Seluruh data yang berhasil dikumpulkan harus dilakukan analisa menggunakan prinsip metode ilmiah. Skenario dari terjadinya insiden dan kronologis kegagalan yang terjadi harus dapat digambarkan. Gambaran tersebut dapat meliputi penjelasan asal sumber penyalaan, penyebab, bagaimana penyebaran api dan siapa yang bertanggung jawab terhadap terjadinya insiden, sehingga dapat ditarik kesimpulan yang menyeluruh mengenai insiden yang terjadi.

- **Pelaporan Investigasi**

Pelaporan investigasi sebaiknya disesuaikan dengan format standard yang telah ditentukan oleh perusahaan. Laporan tersebut harus dilengkapi hasil analisa dari para investigator dengan sudut pandang keilmuan masing-masing yang terangkum dalam sistematika metode ilmiah. Laporan

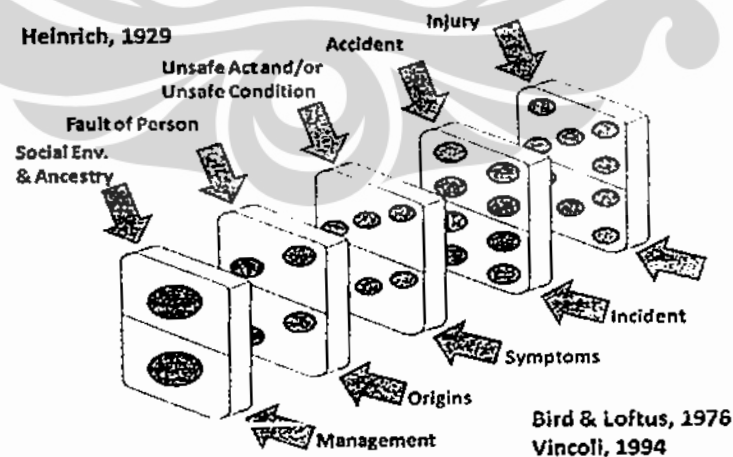
investigasi juga harus mudah dimengerti oleh perusahaan sehingga dapat melakukan rekomendasi tindak lanjut secara tepat.

2.4 Teknik Analisa Kejadian

Dalam melakukan investigasi kecelakaan, harus dilakukan secara komprehensif sehingga didapatkan akar penyebab kecelakaan tersebut. Terkadang investigasi kecelakaan hanya berhenti pada penyebab langsung saja, sehingga rekomendasi yang diberikan kurang tepat sasaran. Berbagai teknik analisa kejadian banyak digunakan dalam melakukan investigasi seperti: *Fault Tree Analysis* (FTA), *Even Tree Analysis* (ETA), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *What If*, *Loss Causation Model* (LCM), *Systematic Cause Analysis Technic* (SCAT), dan lain-lain. Teknik yang digunakan dalam pelaksanaan investigasi kebakaran T.24 di Depot Plumpang adalah LCM dan FTA. Berikut penjelasan singkat mengenai kedua teknik tersebut.

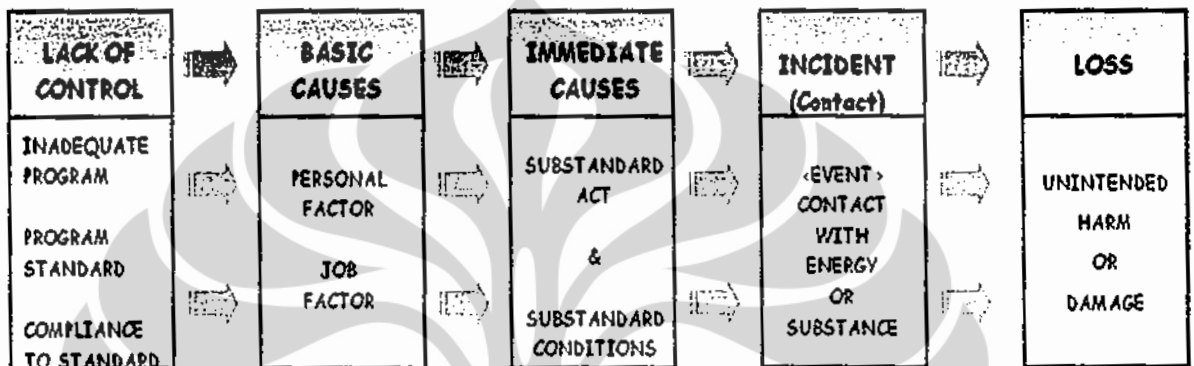
2.4.1 Loss Causation Model

Teknik analisa kejadian dengan metode Loss Causation Model dikembangkan oleh International Loss Control Institute (ILCI). Teknik ini merupakan pengembangan dari teori domino yang pada awalnya dikemukakan oleh Heinrich pada tahun 1929 dan Bird & Lotus pada tahun 1976.



Gambar 2.8. Perkembangan Teori Domino

Menurut *Loss Causation Model*, kecelakaan adalah proses sebab akibat yang sangat kompleks. Terjadinya suatu kerugian (*loss*) disebabkan karena terjadinya kecelakaan. Dimana kecelakaan disebabkan karena penyebab langsung (*immediate causes*), penyebab dasar (*basic causes*), dan kelemahan pada sistem (*lack of control*).



Gambar 2.9. *Loss Causation Model*

Kategori insiden dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Menabrak/bentur benda diam/bergerak
- Terpukul/tabrak oleh benda bergerak
- Jatuh dari tempat yang lebih tinggi
- Jatuh di tempat yang datar
- Tertusuk, jepit
- Terjepit, terjebak diantara obyek besar
- Terpotong, hancur, remuk
- Listrik, kimia, radiasi, panas, dingin
- Terlalu berat, cepat, tinggi, besar
- Kegagalan mesin, peralatan
- Masalah pencemaran

Immediate Causes / Penyebab langsung dikategorikan menjadi 2 hal, yaitu *substandard act* dan *substandard condition*. *Substandard act* terdiri dari:

- Operasi tanpa otorisasi

- Gagal memperingatkan
- Gagal mengamankan
- Kecepatan tidak layak
- Membuat alat pengaman tidak berfungsi
- Pakai alat rusak
- Pakai APD tidak layak
- Pemuatan tidak layak
- Penempatan tidak layak
- Mengangkat tidak layak
- Posisi tidak aman
- Serfis alat tidak beroperasi
- Bercanda/main-main
- Mabuk alkohol
- Gagal mengikuti prosedur

Substandard condition diantaranya sebagai berikut:

- Pelindung/pembatas tidak layak
- APD Kurang/tidak layak
- Peralatan rusak
- Ruang kerja sempit/terbatas
- Sistem peringatan kurang
- Bahaya kebakaran
- Kebersihan dan kerapihan kurang
- Bising
- Terpapar radiasi
- Temperatur ekstrim
- Penerangan tidak layak
- Ventilasi tidak layak
- Lingkungan tidak aman

Basic Causes / penyebab dasar dibagi menjadi 2 hal, yaitu: *personal factor* dan *job factor*. *Personal Factor* terdiri dari:

- Kemampuan fisik atau psikologi tidak layak

- Kemampuan mental tidak layak
- Stress fisik atau psikologi
- Stress mental
- Kurang pengetahuan
- Kurang keahlian
- Motivasi tidak layak

Job factor meliputi beberapa hal:

- Pengawasan/kepemimpinan
- *Engineering*
- Pengadaan / *purchasing*
- Kurang peralatan
- Maintenance
- Standard kerja
- Salah pakai

Domino yang terakhir adalah kelemahan pada pengawasan manajemen / *lack of management control* . Kelemahan manajemen diidentifikasi karena tiga hal:

- *Inadequate Program*

Tidak cukup tersedia program & tidak cukup pengetahuan terhadap program, artinya tidak ada upaya atau kegiatan K3LL yang bertujuan mencegah insiden, seperti Pedoman, prosedur kerja, petunjuk praktis, program pelatihan, penyediaan peralatan, pemeliharaan, termasuk pengetahuan atau pemahaman personilnya.

- *Inadequate Standard*

Program telah tersedia, namun program yang ditetapkan tidak memenuhi standar atau tidak cukup berarti, tidak spesifik / jelas utk mampu memberi petunjuk bagi upaya mencegah insiden, termasuk pengetahuan atau pemahaman personilnya

- *Inadequate Compliance*

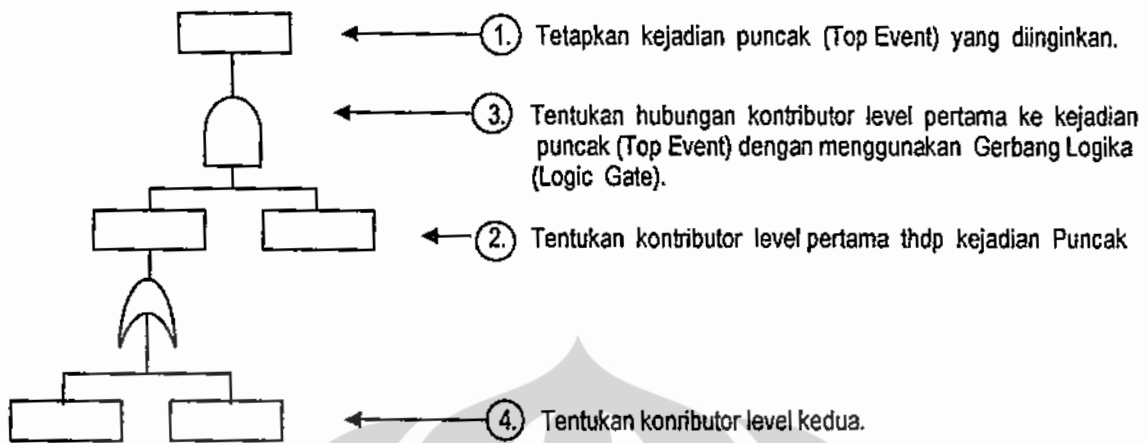
Tersedia program dan sesuai dengan standard, namun gagal melakukan kegiatan sesuai standar atau standar tidak dipatuhi oleh personil atau gagal mengatur personil agar mematuhi standar.

Loss Causation Model pada saat ini telah diakuisi oleh pihak DNV, sehingga LCM pada saat ini dikenal dengan nama SCAT Chart (*Systemetic Cause Analytic Technic*). Di Pertamina Pemasaran & Niaga, SCAT Chart versi DNV diadaptasi dengan menggunakan Sistem Manajemen K3LL Pertamina dan diberi nama STAK (Sistematika Teknik Analisa Kejadian). Perbedaan yang signifikan hanya terdapat pada domino terakhir, dimana *lack of management control* dimana SCAT Chart mengacu 20 elemen pada ISRS sedangkan STAK Pertamina menggunakan 11 elemen pada SMK3LL Pertamina.

2.4.2 *Fault Tree Analysis*

Untuk melakukan investigasi kejadian kebakaran, terdapat metode yang sudah sering digunakan, yaitu *Fault Tree Analysis* (FTA). FTA adalah suatu teknik deduktif yang difokuskan pada satu kejadian yang tidak dikehendaki (misalnya *accident*) dan selanjutnya dicari penyebab-penyebab dari kejadian tersebut. FTA menggunakan suatu diagram yang diawali dengan kejadian yang dikehendaki sebagai "*top event*" dan selanjutnya ditelusuri kombinasi kejadian "*contributory events*" yang menyebabkan terjadinya "*top event*". Antara "*contributory events*" dan "*top event*" terdapat "*logic gate*". FTA merupakan suatu teknik analisa dengan pendekatan "*top down* atau *reserve-thinking*" dan merupakan suatu "*failure oriented technique*" (SFPE, 2002).

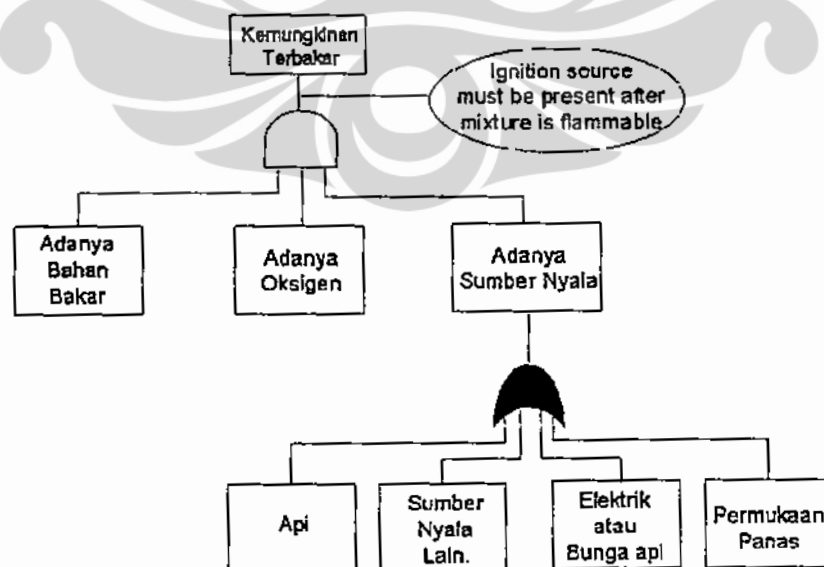
Dengan menggunakan FTA, kita dapat mengidentifikasi kombinasi dari *equipment failure* dan *human error* yang dapat menyebabkan terjadinya kejadian yang tidak dikehendaki serta dapat memprediksi kombinasi kejadian yang tidak dikehendaki, sehingga dapat dilakukan koreksi untuk meningkatkan *product safety*, memperkecil *plant failure* dan *plant injuries*. Pada tahap *design*, FTA digunakan untuk membuka *hidden failure modes* yang diakibatkan oleh kombinasi *equipment failures*. Sedangkan pada tahap Operasi, FTA digunakan untuk memprediksi, mengidentifikasi dan mengevaluasi kombinasi kegagalan (*equipment failures and human error*) yang dapat menyebabkan terjadinya suatu kecelakaan (*specific accident*).



Gambar 2.10. Skema *Fault Tree Analysis*

FTA menggunakan sistem *failure logic models* yang menggunakan *Boolean logic* (contoh : *and, or gates*) untuk menerangkan bagaimana kegagalan peralatan dan *human error* berkombinasi sedemikian rupa untuk mengganggu sistem. Pembuatan FTA dimulai dari *top event*, kemudian ke event berikutnya sampai akhirnya ke *basic event* seperti gambar berikut. Dapat dilihat pada gambar berikut ini:

Untuk kasus kebakaran, kontributor terjadinya kebakaran sudah dapat ditentukan sesuai prinsip segitiga api yaitu: bahan bakar, panas dan oksigen. Berikut contoh penggunaan FTA untuk kasus kebakaran



Gambar 2.11. FTA untuk kasus kebakaran

2.5 Standard Pengukuran dan Interpretasi Data

2.5.1 ASTM E 582

Untuk melakukan penelitian *minimum ignition energy*, penulis mengacu pada standar ASTM E 582 yaitu *Standard Test Method for Minimum Ignition Energy and Quenching Distance in Gaseous Mixtures*. Metode ini dapat diaplikasikan untuk mengukur campuran dengan komposisi bahan bakar dan udara yang bervariasi, baik campuran yang paling mudah terbakar maupun campuran yang hampir keluar dari komposisi *flammability limit*-nya.

Alat yang digunakan untuk mengukur MIE terdiri dari beberapa bagian yaitu: reaction vessel, electrode, *power supply* dan sirkuit elektronika. Bagian peralatan tersebut disusun sesuai skema alat percobaan, apakah cukup menggunakan 1 buah *power supply* atau dibutuhkan dua buah *power supply*, bergantung dari besarnya energi yang akan digunakan dalam penelitian. Dari alat percobaan tersebut dapat diukur besarnya energi kapasitansi dan voltase yang dihasilkan. Setelah itu dapat dikonversikan dengan formula energi untuk mendapatkan MIE yang dihasilkan.

2.5.2 ASTM D 4470

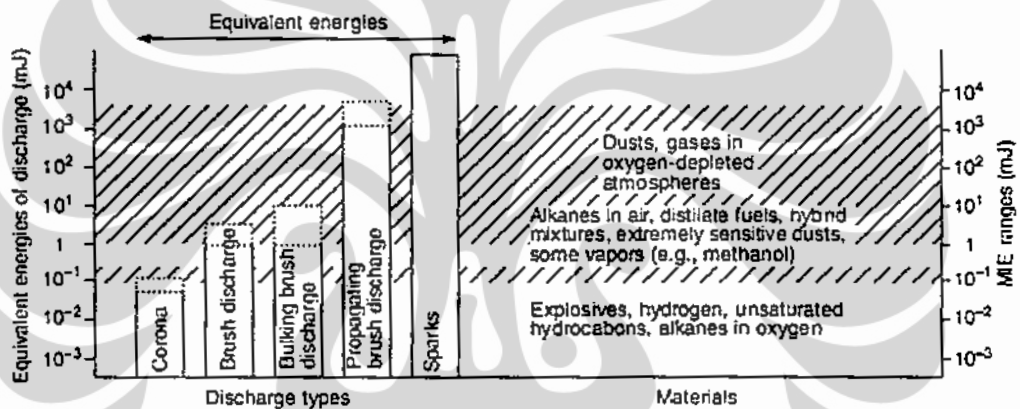
Untuk melakukan percobaan pengukuran besarnya listrik statis, penulis mengacu pada standar ASTM D 4470 yaitu *Standard Test Method for Static Electrification*. Metode ini meliputi pengukuran pada besarnya energi listrik statis yang dihasilkan baik pada material padat maupun cair. Metode ini tidak dapat digunakan mengukur gas karena perpindahan gas yang tidak terdapat padatan didalamnya tidak dapat menyebabkan listrik statis.

Alat yang digunakan untuk mengukur listrik statis terdiri dari beberapa bagian yaitu: mekanisme keluaran, pengukur listrik statis, penguat sinyal elektronika. Mekanisme keluaran dapat didesain dengan beberapa tipe seperti mengalirkan padatan atau cairan melalui pipa kecil. Alat ukur yang digunakan diantaranya sangkar faraday, *shunt capacitor*, electrometer voltmeter yang kesemuanya dapat dimonitor melalui *display unit*. Penguat sinyal elektronika digunakan agar besarnya listrik statis yang dihasilkan dapat ditangkap oleh

display unit walaupun kecil. Dari hasil pengukuran tersebut didapat besarnya voltase yang dihasilkan dari mekanisme keluaran.

2.5.3 NFPA 77

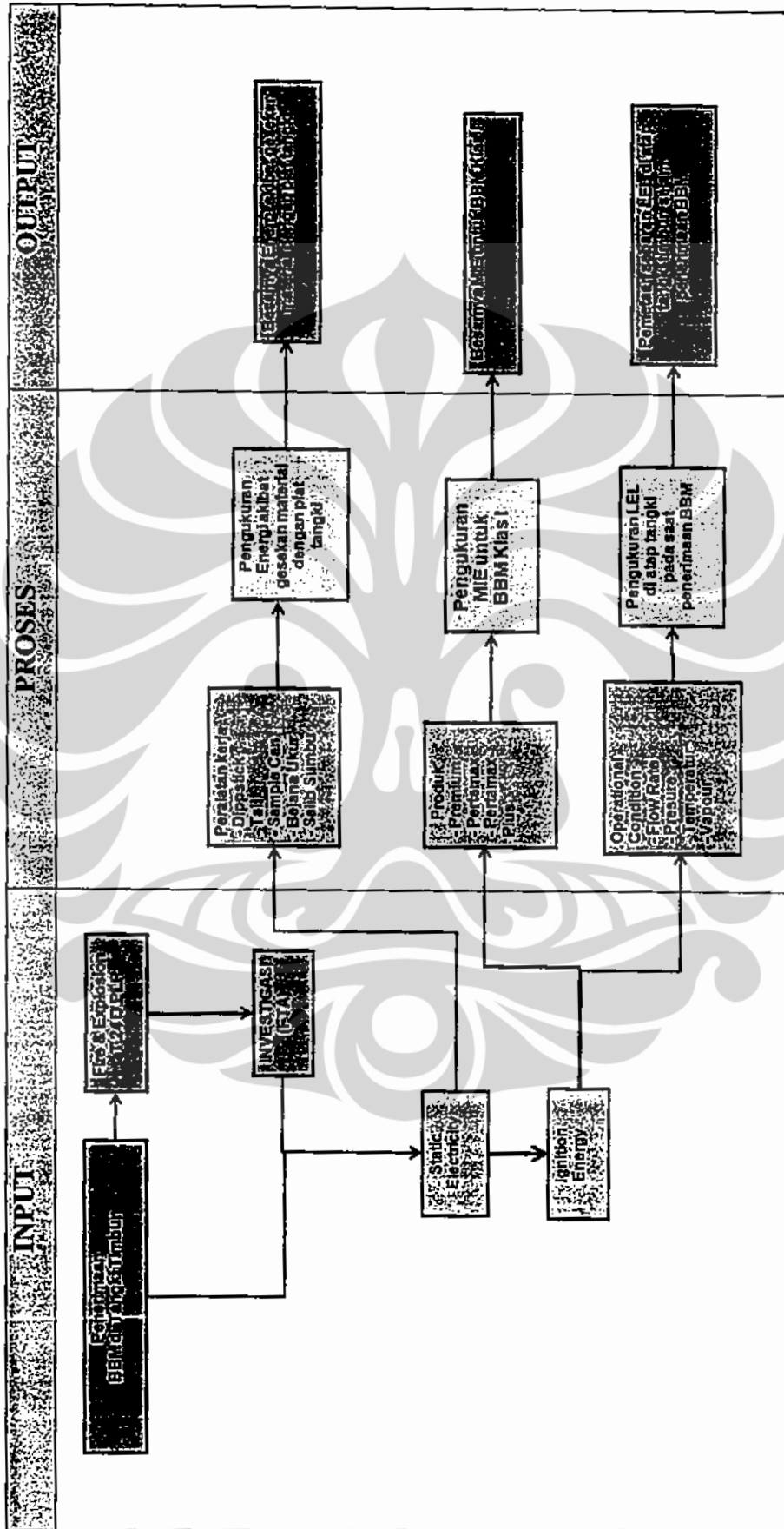
Pada NFPA 77 edisi tahun 2000 ini diberikan standard praktek kerja yang direkomendasikan mengenai listrik statis. Penulis menggunakan NFPA 77 ini sebagai panduan untuk melakukan intrepetasi data hasil pengukuran. Dari data hasil pengukuran MIE untuk BBM dan pengukuran energy gesekan mekanis dari peralatan dapat dicari hubungannya dengan menggunakan gambar dibawah ini.



Gambar 2.12. Besarnya Energi yang Dihasilkan Dibandingkan dengan MIE dari Material Mudah Terbakar (NFPA 77, 2000)

2.6 Kerangka Teori

Tabel 2.3. Kerangka Teori Penelitian



BAB III

KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL

3.1. Kerangka Konsep

Untuk mendefinisikan kerangka konsep penelitian, penulis menggunakan sistematika input→proses→output. Sistematika ini didukung oleh desain studi eksperimental dengan metode observasi, kajian dan pengukuran lapangan dan laboratorium.

3.1.1 Input

Pada tahap input, penulis melakukan penelitian dengan menggunakan data sekunder berupa hasil identifikasi bahaya dari gambaran operasi yang dilakukan oleh Depot Plumpang. Dari identifikasi bahaya tersebut akan didapat aktifitas operasi yang termasuk katagori risiko tinggi yang perlu dilakukan pengendalian lebih lanjut. Kemudian akan dilakukan kajian terhadap hasil investigasi kasus kebakaran T. 24 Depot Plumpang. Kajian tersebut diperlukan untuk mengidentifikasi apakah penyebab kejadian secara detail sebagai bahan penelitian lebih lanjut. Dari kajian hasil investigasi itu juga dapat ditarik benang merah sebagai masukan identifikasi bahaya risiko operasi.

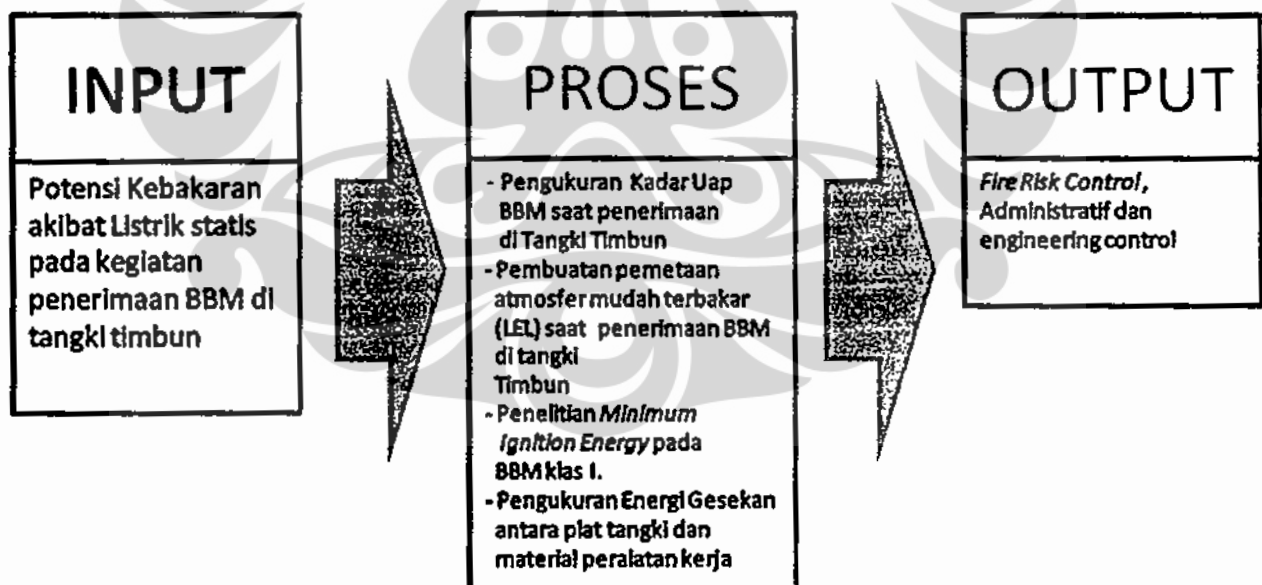
3.1.2 Proses

Pada tahap proses, penulis melaksanakan penelitian dengan melakukan pengukuran lapangan dan skala laboratorium. Pengukuran lapangan yang dilakukan adalah pengukuran kadar uap BBM klas I pada saat proses penerimaan di tangki timbun. Hal ini untuk menentukan sejauh mana sebaran persentase LEL yang terjadi. Pengukuran skala laboratorium dilakukan untuk mengukur besarnya *minimum ignition energy* dari jenis BBM klas I, yaitu jenis pertamax, pertamax plus dan premium. Untuk melengkapi teori segitiga api, dimana perlu diidentifikasi sumber panas yang mungkin terjadi, pengukuran besarnya energi akibat gesekan mekanis antara peralatan dan plat tangki timbun dilakukan. Peralatan kerja yang diukur adalah peralatan yang biasa digunakan untuk

melakukan *dipping* dan *sampling* pada saat penerimaan BBM, seperti: sample can, dipstick, diptape, tali cotton, bejana ukur, sampai kepada pakaian kerja, sepatu dan helm.

3.1.3 Output

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi pemetaan atmosfer mudah terbakar yang direpresentasikan dengan persentase LEL yang terjadi pada saat penerimaan BBM di tangki timbun. Kemudian diketahui besarnya energi yang dibutuhkan untuk membuat penyalaan pada BBM Klas I (Premium, Pertamina dan Pertamina Plus). Dari hasil pengukuran energi gesekan dapat diketahui material apa saja yang dapat menimbulkan Hal tersebut diperlukan untuk merumuskan langkah pengendalian baik secara administratif maupun engineering bila ternyata ditemukan unsafe condition. Berikut skema kerangka konsep penelitian.



Gambar 3.1. Kerangka Konsep Penelitian

3.2. Definisi Operasional

Tabel 3.1. Definisi Operasi

Variabel	Definisi Operasional	Hasil	Alat ukur	Skala Ukur
BBM Klas I	Cairan BBM yang memiliki <i>flash point</i> < 21 °C Satuan : °C	Pengukuran <i>Flash Point</i>	Informasi MSDS	Ratio
<i>Minimum Ignition Energy</i>	Energi yang tersimpan di dalam sebuah material yang ketika dikeluarkan cukup untuk efek pembakaran bahan bakar yang diberikan campuran pada kondisi tertentu Satuan: Joule	Perhitungan dari hasil pengukuran kapasitansi dan voltase : $E = V I T$	AVO Meter	Ratio
Frekuensi	Jumlah getaran yang terjadi setiap detik Satuan: Hertz	Pengukuran Frekuensi	AVO meter Digital	Ratio
Voltase	Tegangan listrik (kadang disebut sebagai Voltase) adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik Satuan: Volt	Pengukuran voltase	AVO meter	Ratio
Arus	Banyaknya muatan listrik yang mengalir melalui suatu titik dalam sirkuit listrik tiap satuan waktu. Satuan : Ampere	Pengukuran Arus Listrik	AVO meter Digital	Ratio
Waktu	Waktu yang dibutuhkan untuk terjadinya penyalaan Satuan: detik atau second	Pengukuran Frekuensi $T = 1/F$	Stopwatch	Ratio
Kondisi	Situasi dimana ruang bakar berhasil terbakar atau tidak berhasil di bakar	N = Nyala TN = Tidak Nyala	Observasi	Kategori
LEL	Batas bawah dari <i>flammable/explosion</i> limit suatu senyawa. Satuan: %	Pengukuran LEL	Gas Tester	Ratio
Kadar oksigen	Persentase volume Oksigen dalam udara	Pengukuran kadar	Gas Tester	Ratio

	Satuan: %	oksigen		
Flowrate	Kecepatan aliran BBM yang masuk kedalam tangki timbun Satuan: KL/Jam	Pengukuran Flowrate BBM rata-rata	Flow meter	Ratio
Level	Tinggi cairan BBM di dalam tangki timbun Satuan: mm	Hasil pengukuran ketinggian cairan pada proses deeping	Deeptape	Ratio
Pressure	Besarnya tekanan yang diberikan oleh cairan BBM seaktu dialirkan ke dalam tangki timbun Satuan: kg/cm ²	Hasil pengukuran pressure	Pressure Gauge	Ratio
Jarak	Posisi antara jarak pengukuran dengan sumber Satuan: cm	Hasil pengukuran jarak	Meteran	Ratio
Temperatur	Besarnya suhu udara diatas tangki timbun Satuan: Derajat Celcius	Hasil pengukuran Temperatur	Thermometer	Ratio
Energi Gesekan	Besarnya energy akibat gesekan mekanis dua benda Satuan: Joule	Hasil Perhitungan $E = 0,5 CV^2$	Elektrometer	Ratio

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan studi eksperimental karena dibutuhkan pengukuran langsung di lapangan dan percobaan laboratorium untuk mmencapai tujuan penelitian yang diharapkan. Aktivitas pengukuran dan percobaan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Pengukuran konsentrasi uap BBM selama penerimaan BBM di tangki timbun. Pengukuran ini akan dilakukan pada berbagai kondisi dengan variasi cuaca (pagi, siang, malam) dan jenis produk BBM klas I (Premium, Pertamina, Pertamina Plus). Pengukuran ini menggunakan gas detector untuk mendeteksi kadar Low Explosion Limit pada uap BBM yang keluar pada saat proses pengukuran tinggi cairan tangki timbun.
- Pembuatan model *Flammability limit* di atas tangki selama penerimaan BBM.
- Pengukuran *Minimum Ignition Energy* (MIE) pada BBM klas I dengan skala laboratorium. Hal tersebut diperlukan untuk mengetahui MIE dari setiap produk BBM klas I yang di timbun di tangki timbun.
- Pengukuran energy akibat gesekan mekanis antara plat tangki dan peralatan kerja operator.

4.2 Lokasi Studi

Lokasi penelitian lapangan dilakukan di areal tangki timbun BBM di Pertamina Depot Plumpang. Sedangkan penelitian laboratorium akan dilakukan di lab Teknik Mesin.

4.3 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah penerimaan BBM baik dari tangker maupun dari pipa yang dilakukan di Depot Plumpang, dengan difokuskan pada penelitian saat penerimaan BBM klas I (premium, Pertamina, Pertamina Plus) dan pada waktu

penerimaan di pagi hari, siang dan malam yang terjadi selama bulan Mei 2010 dan pengukuran energi akibat gesekan plat tangki dengan peralatan operator seperti dipstick, diptape, bejana ukur, *sample can*, salib sumbu, tali cotton sampai baju kerja, sepatu dan helm.

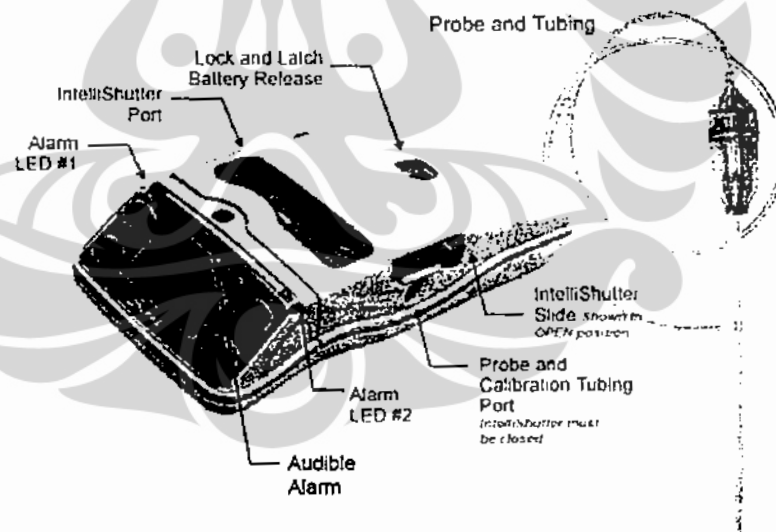
4.4 Alat Ukur yang Digunakan

4.4.1 Alat Ukur *Low Explotion Limit* (LEL)

Untuk mengukur konsentrasi uap BBM menggunakan Gas Tester Bermerk Scout dengan model SCT 096-2540:

Cara penggunaannya adalah sebagai berikut:

- Pastikan sertifikat kalibrasi masih valid
- Lakukan Zero Calibration dengan udara bersih
- Lakukan tes kebocoran untuk mengetahui response dari pompa hisap
- Cek filter probe dari kotoran yang menghambat, bila ada agar dibersihkan dengan air hangat



Gambar 4.1. Gas Tester Merk Scout

- Pastikan batere sudah di charge dengan minimum kapasitas 50 %.
- Stand by kan alat ukur.
- Menuju titik ukur dan lakukan pengukuran.

h. Cata hasil pengukuran dan notifikasi/alarm

4.4.2 Alat Ukur *Minimum Ignition Energy* dan Listrik Statis

Penelitian sejenis untuk mengukur *minimum ignition energy* pernah dilakukan untuk senyawa Dimethyl Sulfoxide (DMSO). Penelitian ini dilakukan oleh the Hazards Control Department of Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) pada tahun 2002. Penelitian yang dilakukan tersebut menggunakan perlatan *Human Electro Static Discharge* (HESD) Generator yang mengacu kepada standard pengujian ASTM 582 (Staggs,Alvares dan Greenwood, 2002).

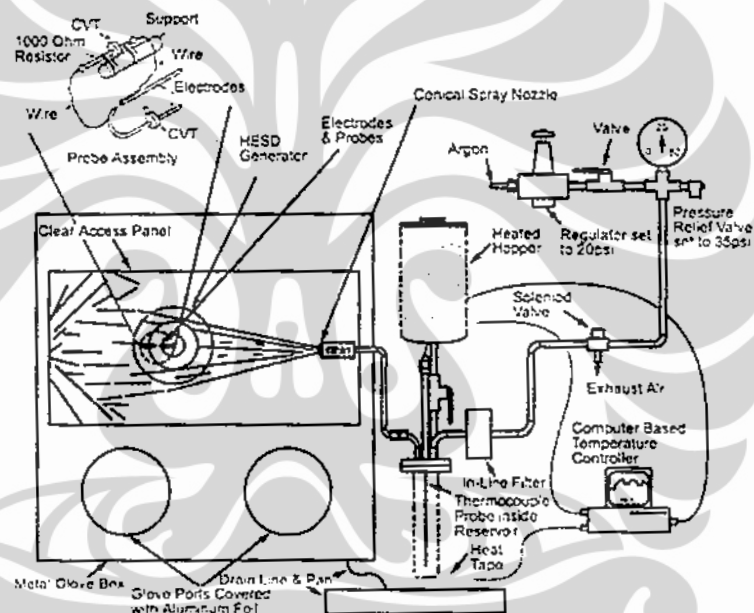
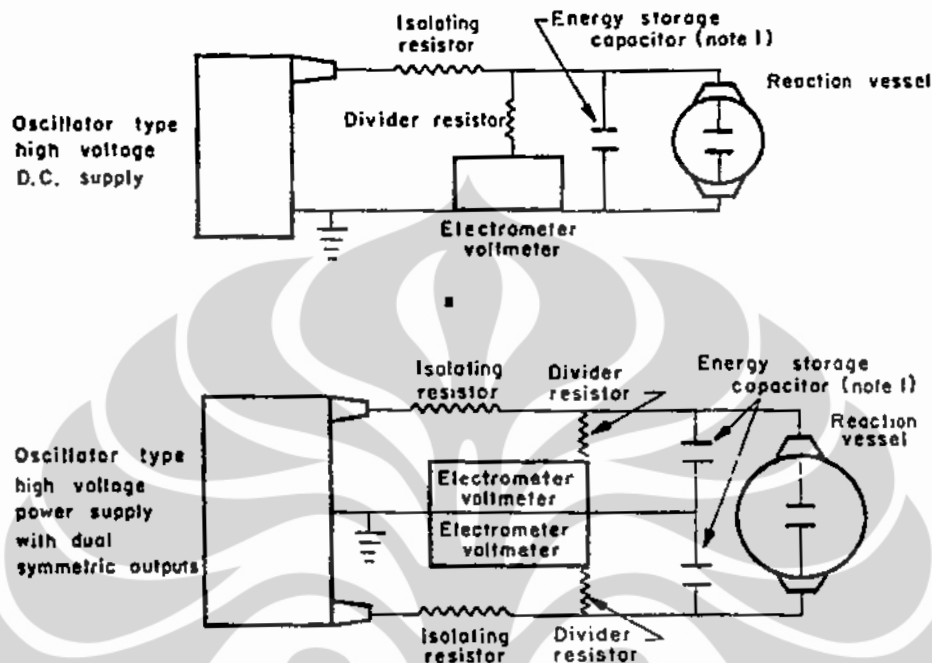


Fig. 2 - Test setup used for human electrostatic spark tests

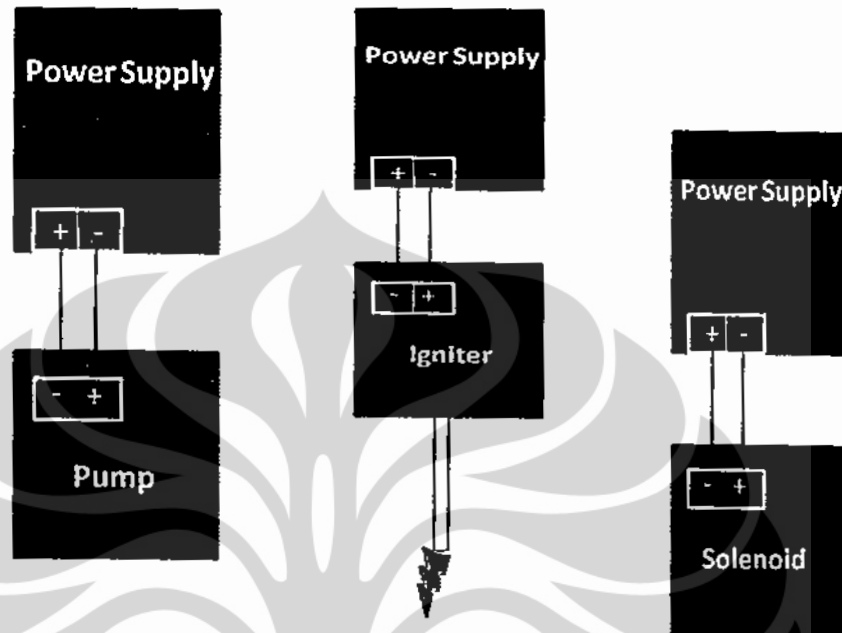
Gambar 4.2 Human Electro Static Discharge (HESD) Generator

Menurut ASTM E 582, skema alat percobaan untuk mengukur *minimum ignition energy* adalah sebagai berikut:

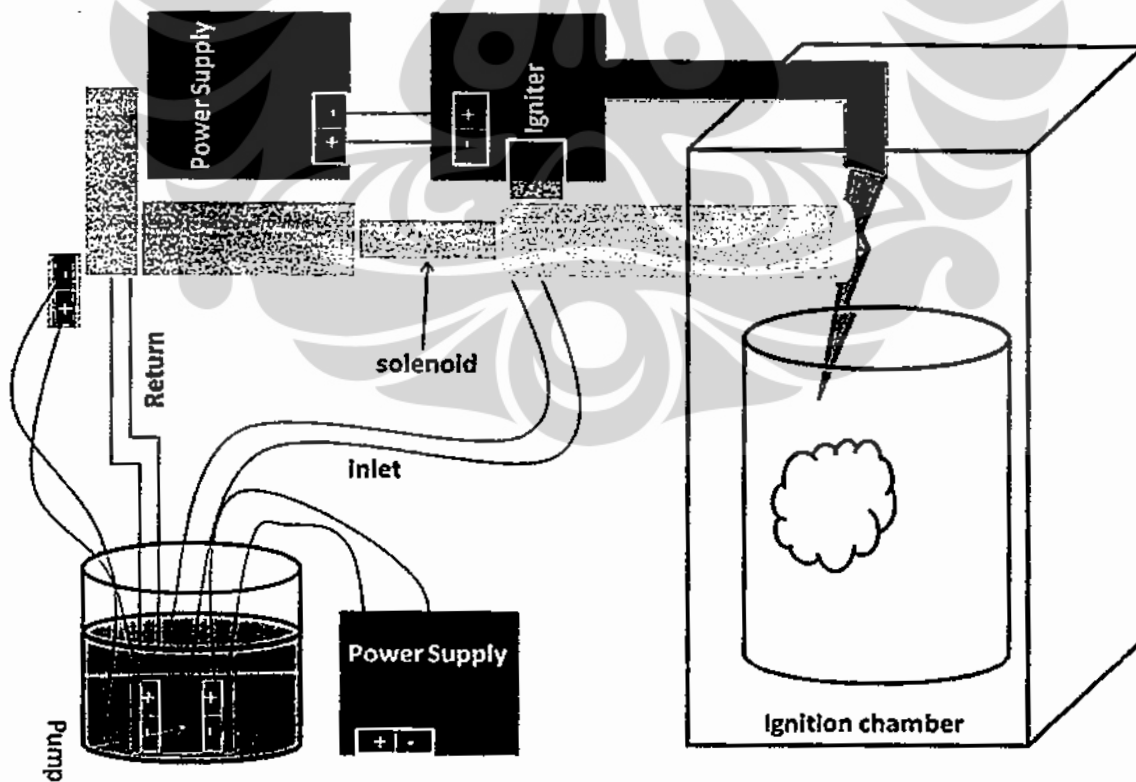


Gambar 4.3 Skema Alat Percobaan Menurut ASTM E 582

Dari prinsip kerja peralatan sesuai skema percobaan menurut ASTM E 582 diatas, penulis melakukan beberapa modifikasi untuk menyesuaikan dengan tujuan penelitian dan kondisi data lapangan. Sehingga terdapat beberapa bagian alat yang dirangkai menjadi satu kesatuan yaitu: suplai BBM, suplai udara, system pengkabutan (solenoid), ruang bakar (*ignition chamber*), *igniter*, dan alat ukur. Sebagai sumber tenaga menggunakan power suplai dengan tegangan 12 volt. Alat ukur yang digunakan adalah dua buah AVO meter analog masing-masing untuk mengukur voltase dan arus dalam satuan volt dan ampere, satu buah AVO meter digital untuk mengukur frekuensi dalam satuan Hertz dan satu buah gas tester untuk mengukur persentase LEL.

PUMP**IGNITER****SOLENOID**

Gambar 4.4. Skema Alat Percobaan yang Digunakan



Gambar 4.5. Konstruksi Alat Percobaan yang Digunakan

Sebelum melakukan pengujian, ada beberapa persiapan yang harus dilakukan:

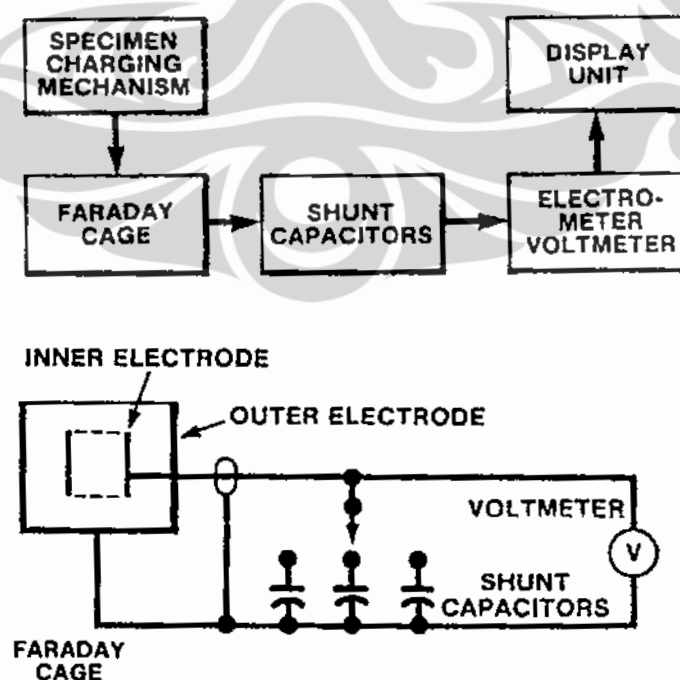
- a. Memastikan suplai BBM cukup dan tersedia untuk jenis BBM premium, pertamax dan pertamax plus
- b. Memastikan pompa BBM dapat menyuplai BBM dengan baik dan menghasilkan *flow rate* yang cukup untuk menghasilkan pengkabutan. Lakukan pengetesan pompa BBM dengan mengalirkan sirkulasi kembali ke wadah penampung BBM.
- c. Melakukan kalibrasi setiap alat ukur yang digunakan, dapat menggunakan metode *auto/zero calibration*.
- d. Melakukan pengetesan frekuensi penyalaan igniter dengan mengubah besar kecilnya frekuensi.
- e. Mempersiapkan *fire blanket* untuk memadamkan api ketika terjadi penyalaan di ruang bakar. Dapat berubah handuk yang direndam kedalam air.
- f. Melakukan pengetesan aliran BBM dan pastikan tidak terdapat bocoran BBM pada setiap sambungan.
- g. Menempatkan wadah penampung BBM di tempat yang aman dari percikan api listrik maupun igniter.
- h. Menghubungkan titik ukur dengan alat ukurnya.

Setelah semua dilakukan, tahap berikutnya adalah memulai pengujian. Berikut langkah pengujian yang dilakukan:

- a. Mengaktifkan pompa suplai BBM dan katup solenoid untuk membuat pengkabutan BBM.
- b. Siapkan gas tester untuk mengukur LEL pada ruang bakar.
- c. Bila LEL belum tercapai sesuai dengan yg diinginkan, maka dapat dibantu dengan suplai udara dari pompa udara. Bila sudah tercapai, segera tempatkan igniter kurang lebih 5 cm mendekati nozel dengan setting frekuensi dari yang paling rendah.
- d. Bila belum terjadi penyalaan, naikan frekuensi nyala sampai terjadi api.

- e. Padamkan api menggunakan handuk basah.
- f. Catat hasil pengukuran yaitu: voltase (V), arus (I), frekuensi (F) dan persentase LEL.
- g. Ulangi langkah pengujian untuk produk lainnya dan persentase LEL lain sesuai data lapangan.

Menurut ASTM D 4470 yaitu *Standard Test Method for Static Electrification*, metode ini meliputi pengukuran pada besarnya energi listrik statis yang dihasilkan baik pada material padat maupun cair. Alat yang digunakan untuk mengukur listrik statis terdiri dari beberapa bagian yaitu: mekanisme keluaran, pengukur listrik statis, penguat sinyal elektronika. Mekanisme keluaran dapat didesain dengan beberapa tipe seperti mengalirkan padatan atau cairan melalui pipa kecil. Alat ukur yang digunakan di antaranya sangkar faraday, *shunt capacitor*, electrometer voltmeter yang kesemuanya dapat dimonitor melalui *display unit*. Penguat sinyal elektronika digunakan agar besarnya listrik statis yang dihasilkan dapat ditangkap oleh *display unit* walaupun kecil. Dari hasil pengukuran tersebut didapat besarnya voltase yang dihasilkan dari mekanisme keluaran.



Gambar 4.6. Blok Diagram dan Schematic Diagram Pengukuran Listrik Statis

4.5 Jenis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer berupa hasil pengukuran konsentrasi uap BBM dan *minimum ignition energy*. Data sekunder data hasil identifikasi bahaya dan analisa risiko operasi serta hasil investigasi kebakaran dan ledakan tanki no. 24 Depot Plumpang.

4.6 Hasil Pengukuran

Terdapat 2 jenis pengukuran yang dilakukan baik di lapangan maupun di laboratorium, yaitu:

4.6.1 Mengukur LEL Pada Saat Penerimaan BBM di Tangki Timbun

Pengukuran LEL menggunakan gas tester dilakukan pada saat penerimaan BBM klas I di tangki timbun. Pengukuran tersebut dilakukan dalam berbagai kondisi operasi, baik siang hari maupun malam hari. Hal tersebut untuk mengetahui pengaruh lingkungan ambient dibandingkan dengan karakteristik BBM. Pengukuran ini dilakukan di atas tangki timbun bersamaan proses dipping yang dilakukan operator. Dari hasil pengukuran ini dapat diketahui apakah kondisi uap BBM yang berada diatas tangki timbun yang keluar dari lubang dipping maupun PV Valve dan sebarannya. Hal ini akan menjadi acuan untuk menciptakan kondisi dan menentukan persentase LEL pada saat percobaan pengukuran *minimum ignition energy* di laboratorium.

Selain persentase LEL, juga diukur parameter operasi seperti flow rate, pressure, level BBM dan parameter kondisi atmosfer seperti suhu udara, arah angin. Untuk memudahkan pengukuran penulis menggunakan format pengukuran seperti dibawah ini.

Tabel 4.2. Form Pengukuran MIE

	V (Volt)	I (Ampere)	Getaran (Hz)	Energi (Joule)	LEL (%)	Kondisi
Premlum						
Pertamax						
Pertamax Plus						

4.6.3 Mengukur Energi Akibat Gesekan Plat Tangki dengan Peralatan

Dalam pengukuran ini menggunakan sampel yang digunakan dibentuk seperti silinder pejal dengan diameter 32 mm dan tinggi 2,4 mm. Sampel ini berasal dari material plat tangki timbun terbuat dari yang berasal dari Stainless Steel dengan kode SS 400 mengacu pada standard API 650 dan ASTM A 28.

Sampel tersebut dilakukan penggesekan dengan beberapa material dari alat kerja yang digunakan operator pada waktu *sampling* dan *dipping* ketika penerimaan BBM seperti sample can, bejana ukur, dipstick, diptape, salib sumbu, pakaian kerja, sepatu dan helm. Sampel tersebut akan digesekan dengan material peralatan dan diletakkan ke dalam *faraday cup*, untuk memperkecil *noise* yang akan mempengaruhi besarnya hasil pengukuran. Rangkaian alat ukur mengacu pada skema yang terdapat pada ASTM D 4470 yaitu *Standard Test Method for Static Electrification*, yang secara umum terdiri dari *faraday cup*, kapasitor dalam hal ini digunakan kapasitor sebesar 1 μF dan alat ukur *electrometer*. Untuk membantu pencatatan hasil pengukuran digunakan form sebagai berikut:

Tabel.4.3. Form Pengukuran Energi Gesekan

Material	V (Volt)	Corection (Volt)	V Corection (Volt)	Capasitor (F)	Energy (Joule)	Energy/Luasan (Joule/m ²)	Energy yang terkandung di permukaan luar dan dalam (J)

4.7 Perhitungan Data

Untuk mendapatkan energi penyalan dari BBM, nilai tegangan, arus dan frekuensi dimasukkan dalam formula sederhana untuk menghitung energi:

$$W = V \times I \times T \quad \text{dimana} \quad T = 1 : F$$

W : Energi satuan Joule

V : Tegangan satuan Volt

I: Arus satuan Ampere

T: Waktu satuan Detik

Untuk mendapatkan energy gesekan dari material, nilai voltase yang didapat dari angka pembacaan pada electrometer perlu dilakukan perhitungan lebih lanjut dengan menggunakan persamaan energy berikut:

$$E = 0,5 \times C \times V^2$$

E = Energi Gesekan Satuan Joule

C = Kapasitansi dari kapasitor besarnya 1 μ Farad

V = Voltase Satuan Volt

4.8 Analisa Data

Analisa data yang dilakukan adalah multivariat. Data yang didapat dari hasil pengukuran MIE untuk BBM Klas I akan dibandingkan dengan LEL nya baik masing-masing produk maupun seara gabungan. Kemudian turut menjadi perhatian besarnya voltase yang berbanding lurus dengan besarnya MIE serta besarnya frekuensi yang berbanding terbalik dengan MIE-nya.

Dari analisa tersebut akan didapatkan besarnya MIE dan kondisi operasi seperti apa yang dapat menimbulkan MIE dari BBM klas I tercapai. Dari hasil pengukuran energy gesekan, akan dilakukan perbandingan dengan MIE dari material tersebut untuk dicari delta/selisih, sehingga diketahui seberapa besar potensi dari material tersebut untuk membuatnya menyaka. Hal tersebut menjadi acuan dan rekomendasi sebagai Risk Control pada aktivitas penerimaan BBM.

4.9 Jadwal Penelitian

Penelitian dilakukan dari bulan Maret s.d Juni 2010 dengan jadwal sebagai berikut

Tabel 4.4. Jadwal Penelitian

NO	KEGIATAN	WAKTU PELAKSANAAN																			
		MARET 2010				APRIL 2010				MEI 2010				JUNI 2010				JULI 2010			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1.	Penyusunan Proposal	■	■	■	■																
2.	Studi Pendahuluan				■	■															
3.	Seminar Proposal					■	■														
4.	Revisi Seminar Proposal						■														
5.	Pengumpulan Data Primer							■	■	■	■	■									
6.	Pengolahan Data											■	■								
7.	Pembahasan & Kesimpulan													■	■						
8.	Seminar Hasil															■					
9.	Revisi Seminar Hasil																■				
10.	Sidang Akhir Tesis																	■			
11.	Revisi Tesis																			■	
12.	Penggandaan																				■

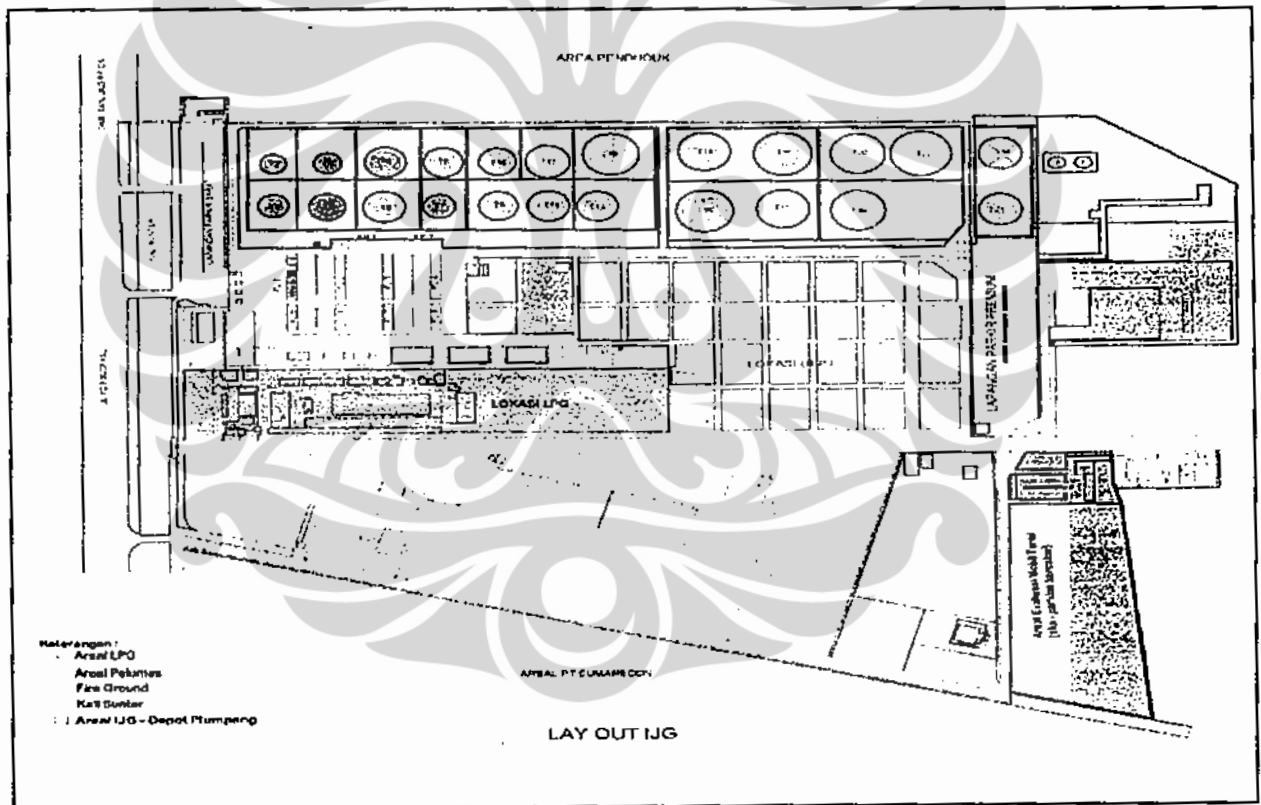
BAB V

HASIL PENELITIAN

5.1 Gambaran Operasi Perusahaan

5.1.1 Tata Letak Perusahaan

Depot Pertamina Plumpang yang terdapat di Jl.Yos Sudarso, Kelurahan Rawa Badak, Kecamatan Koja, Jakarta Utara adalah secara keseluruhan Kegiatan Depot Plumpang telah beroperasi sejak Tahun 1974, untuk tempat Penampungan suplai Kebutuhan masyarakat akan BBM Khususnya yang berada di wilayah Pertamina S&D Regional II IJG-Depot Plumpang Jakarta.



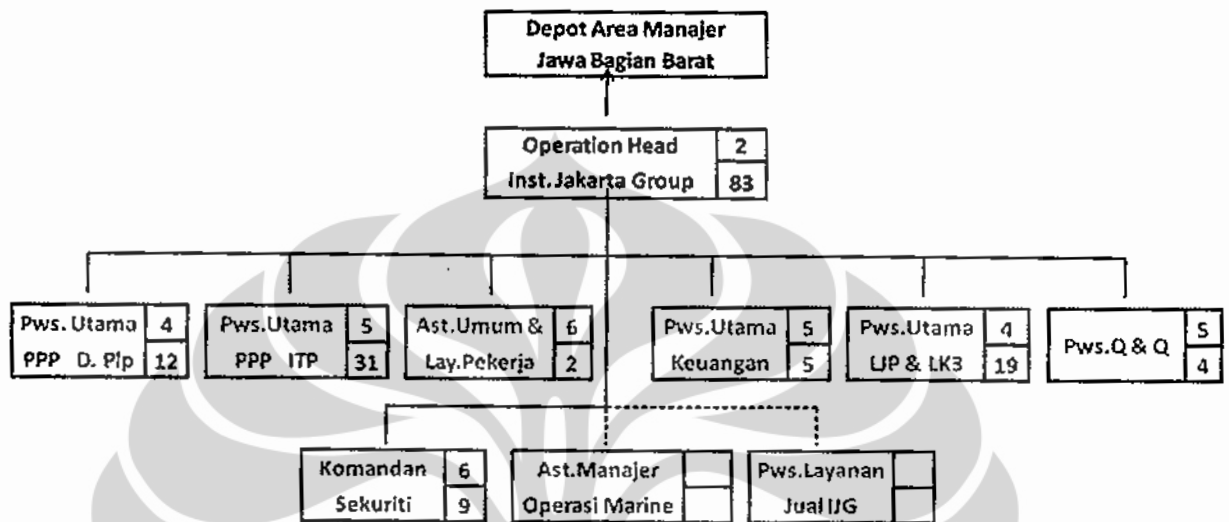
Gambar 5.1. Tata Letak Depo Plumpang

5.1.2 Sumber Daya Manusia

Kegiatan perusahaan saat ini didukung oleh sekitar 228 tenaga kerja Nasional dengan status karyawan:

- 35 orang pekerja inti Instalasi Jakarta Group

- 113 orang tenaga kerja bantu operasi
- 80 orang tenaga kerja pengamanan



Gambar 5.2. Struktur Organisasi Depot Plumpang - IJG

Pembinaan dan pementapan profesionalisme pekerja perusahaan dilaksanakan mengacu kepada Buku Pengelolaan SDM , PKB, dll. Pembinaan sumber daya manusia tidak hanya berkaitan dengan metoda kerja dan teknologi mutakhir semata, namun juga menekankan kesadaran dan tanggung jawab terhadap lingkungan hidup dan kesehatan keselamatan kerja dengan mengacu kepada System Manajemen

5.1.3 Proses Bisnis Depot Plumpang

Proses bisnis di Depot Plumpang secara garis besar terbagi menjadi 4 bagian, yaitu: penerimaan, penimbunan, penyaluran dan penunjang. Untuk menunjang kegiatan utama tersebut terdapat 22 buah Tangki Vertikal BBM dengan total kapasitas 321.014 KL ; 2 Tangki Vertikal *Interface/ Feed Stock* dengan total kapasitas 2.228 KL ; 80 titik Filling Point BBM Mobil Tangki. Ex Import, ex Kilang Dalam Negeri dan ex *Ship to Ship* melalui Tanker serta jalur pipa 16" sepanjang 221 Km dari Terminal Transit Utama Balongan (TTUB). Depot Plumpang melayani produk BBM Premium, Minyak Solar, Bio Solar, Bio Premium, Bio Pertamina, Pertamina & Pertamina Plus setiap hari rata-rata 25.500 KL dan

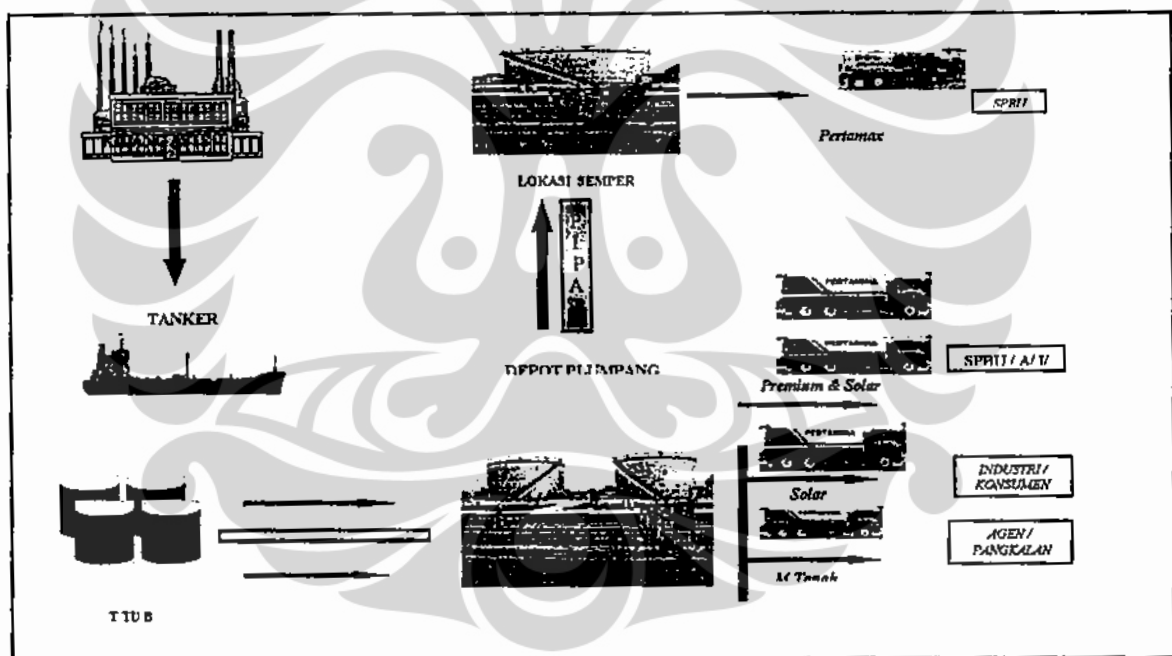
melayani 177 mobil tangki untuk konsumen SPBU//A dan Industri di wilayah Propinsi DKI Jakarta & sekitarnya, antara lain Bogor, Depok, Tangerang dan Bekasi.

a. Kegiatan Penerimaan BBM

Penerimaan BBM di Depot Plumpang menggunakan sistem pipa langsung dari Instalasi Tanjung Priok yang terdiri dari 3 jalur, yaitu :

- 1 (satu) jalur Ø 16 “ untuk Premium.
- 1 (satu) jalur Ø 16 “ untuk Solar.

Lokasi pipa penerimaan BBM di Depot Plumpang masih tetap terbentang di bawah tanah di samping Jl. Yos Sudarso, Jakarta Utara. Terdapat 2 Rumah Pompa BBM dengan masing-masing 19 pompa.



Gambar 5.3. Pola Suplai & Distribusi BBM Depot Plumpang

b. Kegiatan Penimbunan BBM

Penimbunan BBM di Depot Plumpang dimasukkan dalam Tangki Timbun sebanyak 24 buah tangki yang beroperasi, 22 buah Tangki Vertikal BBM dengan total kapasitas 321.014 KL dan 2 Tangki Vertikal *Interface/ Feed Stock* dengan total kapasitas 2.228 KL. Satu buah tangki timbun no. 24 produk Premium telah terbakar pada tanggal 18

Januari 2009. Proses penimbunan BBM melalui pipanisasi yang meneruskan penerimaan BBM dari Instalasi Tanjung Priok. Berikut data tangki timbun Depot Plumpang.

Tabel 5.1. Data Tangki Timbun

Nomor Tangki	Ukuran (Diameterx tinggi)	Jenis BBM
01	29.241 x 9.311	Pertamax
02	29.240 x 9.309	Pertamax
03	36.520 x 11.780	Pertamax Plus
04	35.510 x 11.180	Pertamax Plus
05	36.565 x 11.192	Premium
06	36.510 x 11.164	Fame (campuran Bio Solar)
07	36.569 x 11.190	Fame (campuran Bio Solar)
08	36.450 x 11.192	Premium
09	36.562 x 11.200	Premium
10	36.576 x 11.177	Premium
11	36.546 x 11.210	Premium
12	36.500 x 11.119	Solar
13	36.500 x 11.110	Premium
14	48.820 x 11.125	Premium
15	48.750 x 11.186	Premium
16	48.800 x 11.187	Premium
17	48.750 x 11.050	Solar
18	48.850 x 11.142	Premium
19	48.784 x 11.135	Solar
20	48.784 x 11.140	Solar
22	48.745 x 11.143	Solar
23	34.139 x 11.218	Premium

Sumber: Data Sarfas Depot Plumpang 2009

c. Kegiatan Penyaluran BBM.

Penyaluran BBM dilakukan di Filling shed atau area pengisian BBM/ BBK yang merupakan tempat pengisian mobil tangki. Di Depot Plumpang terdapat 6 buah Fillingshed BBM/BBK dan 1 buah Fillingshed FAME dengan jumlah meter arus adalah sbb:

❖	Pertamax Plus	4
❖	Pertamax	4
❖	Bio Pertamax	2
❖	Bio Premium	3
❖	Premium	28
❖	Solar	19
❖	FAME	2

Proses penyaluran ke SPBU melayani sekitar 758 buah SPBU dengan cakupan daerah pelayanan : Jakarta, Bogor, Banten, Bekasi, Depok, Karawang, Sukabumi Bandung, Subang, dan Purwakarta. Jumlah armada dan daya angkut MT di Depot Plumpang adalah sebagai berikut:

Tabel 5.2. Jumlah Mobil Tangki per Kapasitas

Produk	Kap				Grand Total
	16	24	32	40	
BIOSOLAR	21	12	5	0	38
PERTAMAX	20	2	0	0	22
PERTAMAX PLUS	6	1	0	0	7
PREMIUM	35	45	28	2	110
Grand Total	82	60	33	2	177

Tabel 5.3 . Jumlah Daya Angkut per Kapasitas

Produk	Daya Angkut (KL)				Grand Total
	16	24	32	40	
BIOSOLAR	336	288	160	0	784
PERTAMAX	320	48	0	0	368
PERTAMAX PLUS	96	24	0	0	120
PREMIUM	560	1080	896	80	2616
Grand Total	1312	1440	1056	80	3888

Bila pola suplai & distribusi BBM di Instalasi Jakarta Group terjadi *emergency* sehingga tidak dapat melakukan suplai, maka pola suplai dilakukan perubahan menjadi:

- SPBU wilayah Tangerang di suplai dari TT Tg.Gerem

- SPBU wilayah Jakarta bagian Selatan (Cileungsi, Citereup, Cariu, Sukabumi dan sebagian Bogor) di suplai dari Depot Padalarang & Ujungberung
- SPBU wilayah Jakarta bagian Timur (sebagian Bekasi Timur dan Karawang) di suplai dari Depot Cikampek, Depot Balongan atau Depot Padalarang.

Depot Plumpang juga telah menyalurkan Bahan Bakar Nabati yang sebagai campuran BBM seperti Bio Pertamina dan Bio Premium yang merupakan campuran dari Pertamina/Premium (97,5 %) dengan Etanol (2,5 %) dengan proses *inline blending*, serta Bio Solar yang merupakan campuran antara Solar (95%) dan FAME (5%) dengan proses *tank truck blending*.

d. Kegiatan Penunjang

Untuk memperlancar kegiatan utama yaitu Penerimaan, Penimbunan & Penyaluran BBM, Depot Plumpang memiliki fungsi/bagian penunjang seperti fungsi/bagian : Layanan Jasa Pemeliharaan (LJP), Lingkungan Keselamatan & Kesehatan Kerja (LK3), Umum & Layanan Pekerja, Sekuriti & Keuangan.

Layanan Jasa Pemeliharaan (LJP) bertugas untuk melakukan pemeliharaan peralatan operasi (*preventive maintenance*) sehingga tercipta kehandalan yang tinggi. Lingkungan Keselamatan & Kesehatan Kerja (LK3) bertugas untuk melakukan pengawasan agar operasi berjalan aman dan berwawasan lingkungan serta tidak terjadi *accident*. Selain itu juga bertugas untuk mengkoordinir penanggulangan seandainya terjadi kondisi *emergency/darurat*. Fungsi/bagian umum dan layanan pekerja bertugas untuk membantu pelaksanaan kerumah tanggaan dan juga kepersonaliaan seperti mutasi/rotasi, pembinaan pekerja dan rencana pengembangan karir. Fungsi/bagian sekuriti bertugas untuk melaksanakan pengamanan di seluruh areal depot. Dan fungsi keuangan bertugas untuk melaksanakan dan memonitor setiap transaksi keuangan yang terjadi.

Sebagai fungsi yang mengkoordinir penanggulangan kondisi *emergency/darurat*, LK3 dilengkapi dengan sarana dan fasilitas penanggulangan keadaan darurat yang harus dijaga kehandalannya. Peralatan tersebut seperti:

- Alat Pemadam api ringan jenis Dry Powder CO₂ yang terpasang tersebar di lokasi Depot.
- Pompa pemadam air dan bak air.
- Unit Portable pump dan mobil Pemadam Kebakaran jenis Twin Agent.
- Jalur pipa pemadam berikut fire hydrant dan house box.
- Fire station yang dilengkapi dengan peralatan pencegahan dan penanggulangan kebakaran serta tumpahan minyak.
- Khusus tangki timbun dilengkapi juga dengan sprinkler system dan telah dipersiapkan foam connection system untuk pemasangan foam chamber.



Gambar 5.4. Fasilitas LK3 Depot Plumpang

5.2 Hasil Investigasi Kebakaran T. 24 Depot Plumpang

Kejadian kebakaran T. 24 Depot Plumpang adalah merupakan hal yang melatar belakangi penulisan tesis ini. Berikut data sekunder hasil investigasi kejadian tersebut yang penulis kumpulkan untuk memperkaya pembahasan analisa hasil penelitian.

5.2.1 Susunan Tim Investigasi

Sehubungan dengan terjadinya kebakaran tangki 24 di Depot Plumpang maka dibentuk Tim Penyelidikan Insiden kebakaran tangki no 24 Depot Plumpang ini sesuai Surat Perintah Direktur Pemasaran dan Niaga No.Print-003/F00000/ 2009-S0 tanggal 21 Januari 2009 dan TKO Investigasi, Pelaporan Kecelakaan Kebakaran dan Pencemaran Unit Pemasaran III No. B-041/E23000/2004-S0 tgl. 01 Oktober 2004, yang terdiri dari :

- Ketua : VP Layanan Umum
 Sekretaris : Manajer K3LL & MM
 Anggota :
- 1) Manajer S & D Support & Evaluation
 - 2) Manajer Enjiniring - Jastek
 - 3) Manajer Reliability - Jastek
 - 4) Manajer KK Korporat
 - 5) Manajer Hukum
 - 6) Manajer Sekuriti
 - 7) Staff K3LL & MM
 - 8) Tim Investigasi S & D JBB

5.2.2 Kronologis Insiden

Tabel 5.4. Kronologis Kejadian

Waktu	Kronologi Kejadian
Minggu, 18 Januari 2009	
13.40	Kapal MT CSC Risingsun sandar di Dermaga PMB IV Instalasi Tg. Priok dengan muatan 31.986, 381 KL premium
17.00	Pengukuran secara manual maupun ATG, ketinggian level BBM awal T.10 (kapasitas 11.385 KL) adalah 976 mm (941 KL) dan T.24 (kapasitas 9.731 KL) adalah 1.405 mm (1.255 KL).
18.12	<ul style="list-style-type: none"> • Mulai pembongkaran produk premium dari MT CSC Risingsun ke T.10 dan T.24 Depot Plumpang dengan tekanan awal 3,5 kg/cm². • Selain menerima produk premium dari tanker untuk T.10 dan

Waktu	Kronologi Kejadian
	T.24, Depot Plumpang juga sedang melakukan penerimaan produk solar untuk T.22 dari TTU Balongan.
18.30	Ast. Penerimaan ITP (Sdr. Sopian) meminta menaikkan tekanan pemompaan dari kapal menjadi 7 kg/cm ² sesuai <i>discharge agreement</i> atas permintaan Ast. Penimbunan Depot Plumpang (Sdr. C. Christian P) yang disampaikan melalui Ast. Penimbunan ITP (Sdr. Ihwa).
19.12	<p>Berdasarkan penunjukkan ATG di control room:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ketinggian level BBM T.10 adalah 1.747 mm (1.750 KL) dengan flowrate (<i>thruput intake</i>) 809 KL/jam • Ketinggian level BBM T.24 adalah 1.817 mm (1.631 KL) dengan flowrate (<i>thruput intake</i>) 376 KL/jam. • Total flowrate (<i>thruput intake</i>) sebesar 1.185 KL/jam.
20.00	<p>Berdasarkan penunjukkan ATG di control room:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ketinggian level BBM T.10 adalah 2.247 mm (2.274 KL) dengan flowrate (<i>thruput intake</i>) 655 KL/jam • Ketinggian level BBM T.24 adalah 2.112 mm (1.900 KL) dengan flowrate (<i>thruput intake</i>) 336 KL/jam. • Total flowrate (<i>thruput intake</i>) sebesar 991 KL/jam.
21.00	<p>Berdasarkan penunjukkan ATG di control room:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ketinggian level BBM T.10 adalah 2.900 mm (2.958 KL) dengan flowrate (<i>thruput intake</i>) 684 KL/jam • Ketinggian level BBM T.24 adalah 2.522 mm (2.275 KL) dengan flowrate (<i>thruput intake</i>) 375 KL/jam. • Total flowrate (<i>thruput intake</i>) sebesar 1.059 KL/jam.
21.13	<ul style="list-style-type: none"> • Terjadi kebakaran pada T.24 yang didahului dengan ledakan yang sangat keras. • Atap T.24 terlepas dan jatuh di atas jalur pipa penerimaan yang berada di dalam bund wall antara T.23 dan T.24. • Cuaca pada saat kejadian cerah berawan.

Waktu	Kronologi Kejadian
	<ul style="list-style-type: none"> • Sdr. C. Christian P menginformasikan kepada Sdr. Ihwa bahwa telah terjadi kebakaran di T.24 Depot Plumpang meminta kegiatan pemompaan dari tanker dihentikan. • Sdr. C. Christian P juga menginformasikan kepada TTU Balongan untuk menghentikan kegiatan pemompaan ke Depot Plumpang.
21.15	<ul style="list-style-type: none"> • Sdr. Sopian mendapat informasi dari Sdr. Ihwa bahwa telah terjadi kebakaran di T.24 Depot Plumpang dan menghentikan pemompaan produk dari tanker. • Sdr. C. Christian P menutup MOV inlet T.24, MOV outlet T.23, MOV jalur 17, menutup kerangan manifold interface secara manual dan menutup block valve no.26 secara manual (jalur dari TTU Balongan) • Sdr. C. Christian P menginformasikan kepada Operation Head Depot Plumpang (Sdr. Gema Iriandus P) bahwa telah terjadi kebakaran di T.24. • Operasional Depot Plumpang terhenti.

5.2.3 Kronologis Penanggulangan

Tabel 5.5. Kronologis Penanggulangan

Waktu	Kronologi Penanggulangan
Minggu, 18 Januari 2009	
21.15	<ul style="list-style-type: none"> • Setelah mendengar ledakan dan mengetahui adanya kebakaran tangki, Komandan Regu LK3 (Sdr. Simanto) yang berada di Posko LK3 mengkoordinasikan anggota regu LK3 untuk menuju lokasi kejadian sebanyak 2 orang menggunakan Fire Truck dan menugaskan 2 orang anggota lainnya ke kamar pompa pemadam menggunakan Fire Jeep. • Anggota regu LK3 untuk shift selanjutnya (Sdr. Suto) yang telah berada di Posko LK3 diperintahkan untuk menghubungi

Waktu	Kronologi Penanggulangan
	<p>Pws. Ut. LK3 (Sdr. Johan Kurniawan) dan Pws. Ops. LK3 (Sdr. Kemas A. Widad)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Komandan Jaga Sekuriti (Sdr. Suhandi) yang berada di Pos II (Sengon) memerintahkan anggotanya untuk menutup seluruh akses keluar masuk Depot Plumpang setelah mendengar ledakan dan mengetahui adanya kebakaran tangki. • Setelah tiba di lokasi kejadian Sdr. Simanto bersama kedua anggota Regu LK3 (Sdr. Teguh Susanto dan Sdr. Firmansyah) menggelar selang dari Fire Truck ke hydrant. • Sdr. Teguh Susanto melakukan pendinginan jalur pipa penerimaan yang berada di bund wall antara T.23 dan T.24 menggunakan water canon pada Fire Truck dengan sumber air dari tangki Fire Truck.
21.20	<ul style="list-style-type: none"> • Sdr. Kemas A. Widad tiba di lokasi kejadian dan mengambil alih komando penanggulangan kebakaran T.24 selaku <i>Fire Officer</i> dalam Organisasi Keadaan Darurat (OKD) Depot Plumpang. • Sdr. Kemas A. Widad memerintahkan Sdr. Billy (anggota regu LK3) untuk membuka kerangan sprinkler T.23 dan T.Feedstock A.
21.25	<ul style="list-style-type: none"> • Sdr. Johan Kurniawan tiba di lokasi kejadian dan mengambil alih komando penanggulangan kebakaran T.24 selaku <i>Fire Marshall</i> dalam OKD Depot Plumpang. • Penanggulangan kebakaran T.24 dilakukan dengan melakukan isolasi, yaitu pendinginan jalur pipa produk, T.Feedstock A dan T.23.
21.30	<p>Dinas Pemadam Kebakaran DKI Jakarta mulai memasuki Depot Plumpang untuk membantu proses penanggulangan kebakaran T.24 di bawah koordinasi Sdr. Johan Kurniawan.</p>
21.35	<p>Sdr. Gema Iriandus P. selaku <i>Fire Chief</i> dalam OKD Depot</p>

Waktu	Kronologi Penanggulangan
	Plumpang tiba di lokasi kejadian dan mengambil alih operasi penanggulangan.
21.40	Tim Manajemen Pertamina selaku penasehat OKD Depot Plumpang tiba di lokasi kejadian, yang kemudian disusul oleh: <ul style="list-style-type: none"> - Tim Bantuan Pemadam Kebakaran Instalasi Tg. Priok - Tim Bantuan Pemadam Kebakaran Kantor Pusat - Tim Bantuan Pemadam Kebakaran Perkapalan
Senin, 19 Januari 2009	
00.30	Sdr. Kemas A. Widad memerintahkan Sdr. Syair untuk menghidupkan pompa foam chamber dan Sdr. Billy untuk membuka kerangan foam chamber T.23 untuk mencegah terbakarnya T.23 akibat paparan panas.
01.00	Sdr. Johan Kurniawan memerintahkan untuk membuka kerangan sprinkler tangki solar no. 22 dan pendinginan dengan nozzle.
03.00	Bantuan logistik (konsumsi nasi kotak) untuk tim penanggulangan kebakaran tiba.
05.45	Pemadaman kebakaran T.24 dengan menggunakan media foam.
06.45	Api dapat dipadamkan.
08.00	Operasi Penanggulangan kebakaran T.24 selesai secara keseluruhan.
15.30	Ditemukan jenazah di area bund wall dekat T.24.
16.30	Depot Plumpang kembali beroperasi.

5.2.4 Nilai Kerugian

Adanya insiden Kebakaran Tangki Premium Nomor 24 Depot Plumpang telah menyebabkan kerugian berupa :

- BBM yang terbakar sejumlah 2.350 KL (asumsi harga premium Rp 4.500,- per liter) senilai Rp 10.575.000.000,- (*sepuluh milyar lima ratus tujuh puluh lima juta rupiah*).

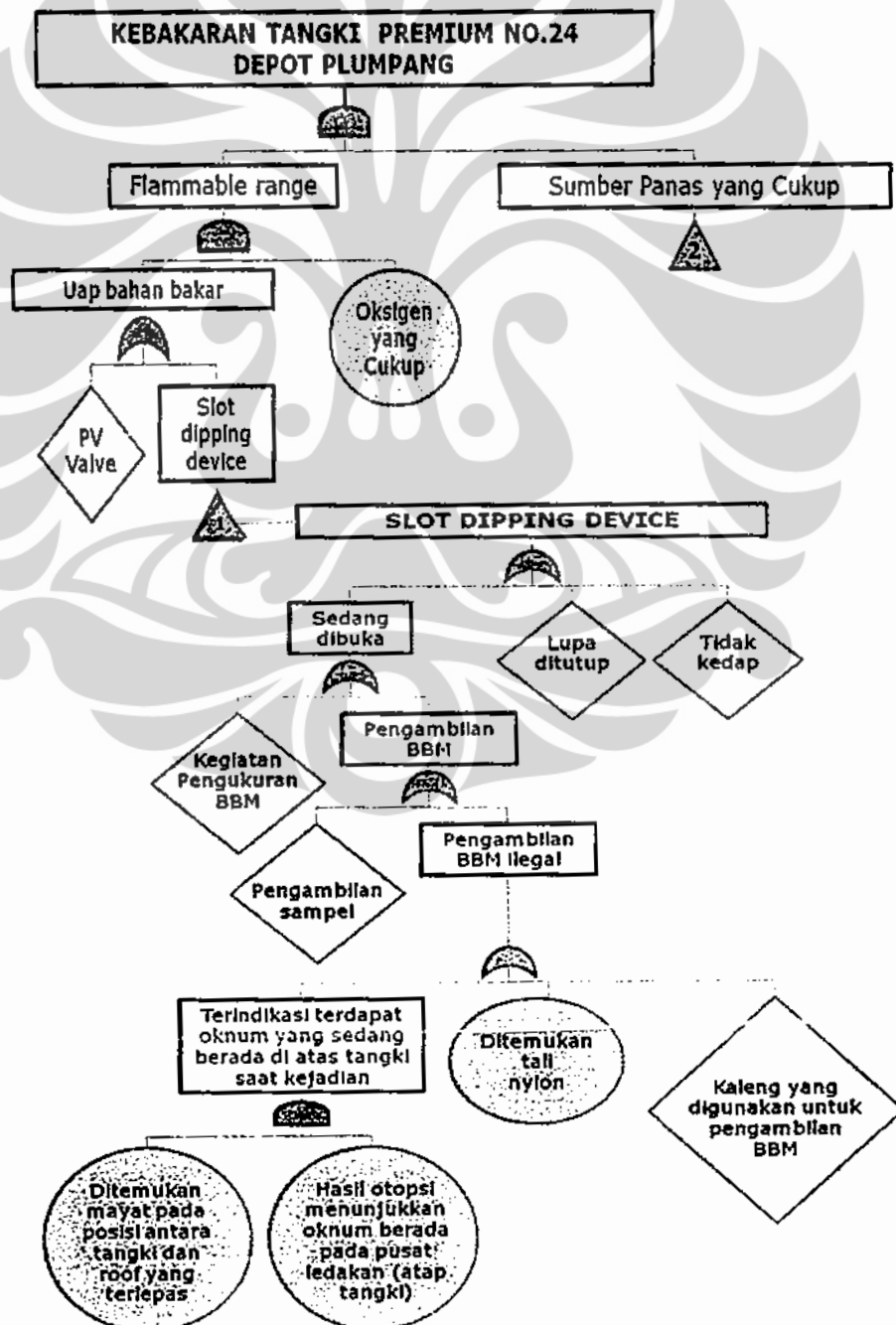
- Tangki timbun yang terbakar berdiameter 34,10 m dan tinggi 10,72 dengan safe capacity 9.731 KL dan perlengkapan tangki senilai 12 milyar rupiah.
- Operasional Depot Plumpang terhenti 18 jam 45 menit.
- Demurage (*excess lay time*) MT CSC Risingsun di Dermaga PMB IV Pelsus Instalasi Tg. Priok selama 4,6804 hari (US\$ 26.000 dollar per day) sebesar US\$ 121.690,4 (*seratus dua puluh satu enam ratus Sembilan puluh US dollar*) atau Rp 1.338.594.400,- (*satu milyar tiga ratus tiga puluh delapan ribu lima ratus Sembilan puluh empat empat ratus rupiah*).
- Biaya own use BBM peralatan pemadam kebakaran (internal maupun eksternal Pertamina) sebanyak 720 lt Pertamina DEX (asumsi harga Pertamina DEX Rp 6.300,- per liter) senilai Rp 4.536.000 (*empat juta lima ratus tiga puluh enam juta*) dan 400 lt premium (asumsi harga premium Rp 4.500,- per liter) senilai Rp 1.800.000 (*satu juta delapan ratus ribu rupiah*).
- Biaya penggunaan foam liquid sebanyak 13.620 lt (asumsi harga foam liquid Rp 60.000,- per liter) senilai Rp 817.200.000,- (*delapan ratus tujuh belas juta dua ratus ribu rupiah*).
- Peralatan pemadam kebakaran yang rusak/hilang yaitu :
 - 2 unit Fire Truck dengan biaya perbaikan senilai Rp 50.000.000,- (*dua puluh juta rupiah*)
 - 1 buah y piece dengan biaya penggantian senilai Rp 2.200.000,- (*dua juta dua ratus ribu rupiah*)
 - 1 buah nozzle jet 2 ½" dengan biaya penggantian senilai Rp 5.000.000,- (*lima juta rupiah*)
 - 10 roll fire hose 2 ½" dengan biaya penggantian senilai Rp 26.850.000,- (*dua puluh enam juta delapan ratus lima puluh ribu rupiah*)
- Biaya kebutuhan logistik tim penanggulangan tumpahan BBM senilai Rp 13.100.000,- (*tiga belas juta seratus ribu rupiah*).
- Biaya man days para pekerja Pertamina yang terlibat dalam penanggulangan tumpahan BBM sebanyak 200 orang dan pekerja Dinas Pemadam Kebakaran DKI sebanyak 400 orang.

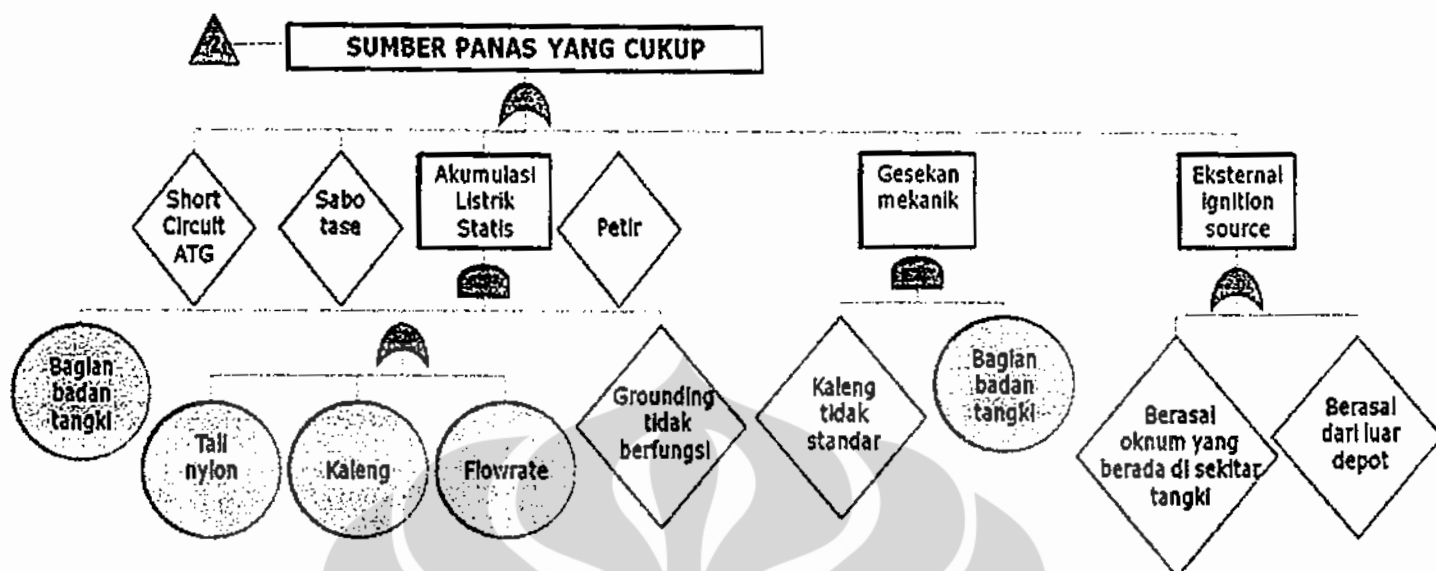
Total kerugian diestimasi senilai:

1. Kerugian material senilai Rp 22.834.280.400,- (*dua puluh dua milyar delapan ratus tiga puluh empat juta dua ratus delapan puluh ribu empat ratus rupiah*)
2. Operasional Depot Plumpang terhenti 18 jam 45 menit.

5.2.5 Analisa Kejadian Menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA)

Analisa kejadian dari hasil investigasi kebakaran T. 24 menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) seperti dibawah ini:





Gambar 5.5. *Fault Tree Analysis (FTA) Kebakaran T. 24*

TOP EVENT

KEBAKARAN TANGKI PREMIUM NO. 24 DEPOT PLUMPANG

Kebakaran terjadi karena adanya campuran udara dan uap bahan bakar dalam *flammability range* serta dipicu oleh sumber energy penyalaan (*piloted ignition source*).

Flammable Range

Flammable range adalah campuran antara uap bahan bakar dan oksigen dengan komposisi tertentu. Untuk produk premium, *flammability range* berada pada range 1,4 – 7,6 % by volume.

Oksigen

Udara terdiri dari oksigen sebesar 21%.

Uap Bahan Bakar

Pada temperatur *atmospheric*, sebagian volume premium yang berada dalam tangki timbun akan berubah menjadi fase gas (*vapour*) yang bersifat mudah terbakar (*flammable*).

Pressure Vacuum Valve

Uap bahan bakar dapat release ke udara karena bekerjanya *pressure vacuum valve* (PV Valve). PV valve didesain dan bekerja berdasarkan tekanan uap bahan bakar sehingga dapat terbuka/ menutup. Setting PV valve tangki no. 24 termasuk kategori *low setting* (*pressure 3 inch WC; vacuum 2 inch WC*) versus desain *pressure 8 inch; vacuum 2,5 inch* (BLC).

Slot Dipping Device

Uap bahan bakar dapat release ke udara melalui slot dipping device ataupun sebaliknya, yaitu udara dapat masuk ke dalam tangki timbun melalui peralatan ini. Slot dipping device adalah peralatan (aksesoris) dari tangki timbun yang berada di bagian atap dan berfungsi untuk pengukuran dan pengambilan sampel BBM.

- **Sedang dibuka** : Lubang dipping device memang sedang dibuka oleh Oknum Petugas Sekuriti
- **Lupa ditutup** : Lubang dipping lupa ditutup oleh petugas sampling/dipping sebelumnya.
- **Tidak kedap** : Lubang dipping tidak kedap / tidak tertutup rapat

Kegiatan Pengukuran BBM (Dipping)

Pada saat kejadian tidak ada kegiatan pengukuran BBM.

Pengambilan BBM

Pengambilan BBM dilakukan untuk mengambil sampel atau kemungkinan untuk kegiatan ilegal, seperti mencuri.

Pengambilan Sampel BBM

Pada saat kejadian tidak ada kegiatan pengambilan sampel BBM.

Pengambilan BBM ilegal

Ditemukan mayat korban pada posisi ± 5 m dari tangki terbakar. Dari hasil otopsi, dijelaskan bahwa korban telah meninggal akibat berada pada pusat ledakan. Dengan demikian dapat disimpulkan korban berada di atas tangki pada saat kejadian.

Berdasarkan keterangan pihak kepolisian, di kediaman korban ditemukan BBM dalam beberapa kemasan air mineral dan jirigen. Dengan demikian, sangat besar kemungkinan bahwa korban melakukan kegiatan pengambilan BBM secara ilegal.

Short Circuit ATG

Pada saat kejadian ATG berfungsi dengan baik, dalam arti pembacaan density, level dan water content dapat dibaca pada papan panel. Namun, pada saat itu komputer rusak sehingga pencatatan data dilakukan secara manual dari panel. Dengan demikian, tidak dimungkinkan terjadi short circuit pada ATG.

Eksternal Ignition Source

External ignition dapat berasal dari senter, handphone ataupun korek api yang dibawa oleh orang yang berada di sekitar area tangki yang terbakar atau yang berasal dari luar area Depot, seperti kegiatan bakar sampah dan permainan kembang api.

Untuk handphone, ditemukan kotak handphone jenis Motorola RAZR V3 oleh polisi di kediaman korban, yang diasumsikan pada saat kejadian yang bersangkutan membawa handphone tersebut. Dari catatan kepolisian, dipastikan yang bersangkutan berkomunikasi terakhir menggunakan *handphone* tersebut pada pukul 19.41. Dibandingkan dengan kejadian kebakaran pada 21.15, belum dapat dipastikan apakah *handphone* dalam keadaan *stand by* (tidak digunakan untuk berkomunikasi) dapat menjadi sumber penyalaan yang cukup.

Dengan situasi yang cukup gelap di area tangki timbun no. 24, kemungkinan korban memerlukan senter cukup besar. Berdasarkan hasil investigasi, untuk sumber-sumber eksternal ignition yang lain tidak ditemukan bukti pendukung.

Akumulasi Listrik Statis

Akumulasi listrik statis dapat menjadi sumber panas yang dapat menimbulkan kebakaran apabila terjadi loncatan muatan listrik.

Tali Nylon

Ditemukan tali (diduga berbahan nylon) di atap tangki yang terlempar dan tidak sama dengan standar tali yang dipakai untuk mengambil sampel BBM. Jika terjadi

akumulasi muatan listrik statis pada tali tersebut dan hampir menyentuh bagian dinding tangki, maka dimungkinkan terjadi loncatan muatan listrik statis yang menimbulkan spark.

Kaleng

Ditemukan kaleng sampel yang sama dengan *sample can* yang standar di dalam tangki yang terbakar. Namun, tidak diketahui dengan pasti apakah kaleng tersebut yang digunakan oleh korban untuk mengambil BBM secara ilegal atau sebelumnya kaleng tersebut sudah berada di dalam tangki karena sesuatu hal. Meskipun upaya pengambilan BBM benar dilakukan oleh korban dengan menggunakan kaleng tersebut, kecil kemungkinan dapat menimbulkan *spark* / loncatan listrik statis mengingat kaleng tersebut sesuai dengan standar *sample can* yang ada.

Listrik statis besar kemungkinan disebabkan oleh penggunaan wadah yang tidak standar, seperti botol air mineral atau wadah lainnya. Namun, sulit untuk mendapatkan bukti penguat hal tersebut mengingat kemungkinan besar barang bukti terbakar habis bersama kejadian kebakaran.

Flowrate

Pemompaan bahan bakar ke dalam tangki no. 24 dari MT Risingsun dengan *flowrate* 350 m³/jam dan kecepatan 1,2 m/sec masih berada di batas normal pemompaan (maksimum kecepatan adalah 5 m/sec). Dengan demikian, kecil kemungkinan terjadi akumulasi muatan listrik statis akibat *flowrate*.

Grounding Tidak Berfungsi

Akumulasi listrik statis dapat menjadi sumber penyalaan apabila *grounding* yang terpasang tidak memenuhi persyaratan. Dari data hasil pengukuran (oleh internal maupun pihak kepolisian), menunjukkan bahwa tahanan *grounding*, yaitu sebesar 0,7-2 ohm, memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

Petir

Pada hari terjadinya kebakaran di tangki no. 24 keadaan cuaca cerah berawan dan tidak terdapat petir.

Sabotase

Sumber panas dapat berasal dari tindakan kesengajaan untuk membakar tangki dengan tujuan sabotase. Hal ini tidak didukung oleh bukti yang cukup.

Gesekan Mekanik

Seperti telah disebutkan di atas (penjelasan mengenai *external ignition source*), ditemukan kaleng sampel yang sama dengan sample can yang standar di dalam tangki yang terbakar. Namun, tidak diketahui dengan pasti apakah kaleng tersebut yang digunakan oleh korban untuk mengambil BBM secara ilegal atau sebelumnya kaleng tersebut sudah berada di dalam tangki karena sesuatu hal. Meskipun upaya pengambilan BBM benar dilakukan oleh korban dengan menggunakan kaleng tersebut, kecil kemungkinan dapat menimbulkan spark akibat gesekan mekanik antara kaleng tersebut dengan bagian dinding tangki mengingat kaleng tersebut sesuai dengan standar sample can yang ada. Spark akibat gesekan mekanik besar kemungkinan disebabkan oleh wadah metal yang tidak standar. Namun, sulit untuk mendapatkan bukti penguat hal tersebut mengingat kemungkinan besar barang bukti terbakar habis bersama kejadian kebakaran.

5.2.6 Analisa Kejadian Menggunakan Sistematisa Teknik Analisis Kejadian (STAK)

Kejadian (Type of Event)

Jenis insiden adalah ledakan dan kebakaran Tangki Premium Nomor 24 Depot Plumpang yang mengakibatkan atap tangki terpelanting sehingga terjadi kebakaran api terbuka (*pool fire*) dan mengakibatkan dinding tangki collaps.

Kebakaran adalah suatu peristiwa penyalaan suatu campuran udara dan uap bahan bakar dalam *flammability range* oleh sumber energy penyalaan sebagai pemicunya (*piloted ignition source*).

Kasus ini terjadi pada sebuah tangki yang pada saat kejadian berisi dominan uap bahan bakar ($\pm 25\%$ liquid).

Penyebab Langsung (*Direct Causes*)

Dari hasil pengumpulan bukti oleh Tim Penyelidikan, maka diperoleh beberapa kemungkinan penyebab langsung (*Direct Causes*), yaitu :

- Oknum Petugas Sekuriti berada di sekitar tangki 24, tanpa prosedur / SOP tugas yang baku, dimana yang bersangkutan seharusnya bertugas di Pos 2 Sengon.
- Oknum Petugas Sekuriti melakukan pengambilan BBM secara ilegal menimbulkan gesekan mekanis sehingga menjadi sumber penyalan.
- Oknum Petugas Sekuriti membawa dan menggunakan peralatan yang dapat menimbulkan panas (*eksternal ignition source*) seperti membawa handphone, senter atau korek api.
- Kondisi sarfas proteksi kebakaran yang masih sub-standar dan adanya kebocoran jalur air pemadam kebakaran pada saat kejadian.

Penyebab Dasar (*Basic Causes*)

Dari hasil analisa penyebab dan berdasarkan pengumpulan bukti oleh Tim Penyelidikan, maka penyebab dasar yang dominan (*Basic Causes*), yaitu :

- Oknum Petugas Sekuriti melakukan kegiatan di luar kewenangannya yaitu mengambil BBM.
- Kurangnya pengetahuan oknum Petugas Sekuriti tentang risiko bahaya terkait yaitu memasuki area berklasifikasi bahaya zona 1 dan kemungkinan besar juga di zona 0 (sekitar *Slot Dipping Device*).
- Adanya instruksi lisan untuk memeriksa kelengkapan kabel grounding pada area tangki timbun sehingga Oknum Petugas Sekuriti bebas berada di area tersebut.
- Kurang terimplementasinya standar kerja yaitu Prosedur Keadaan Darurat, antara lain tidak adanya Puskodal, sistem komunikasi (HT), mobilisasi regu inti dan bantuan pemadam yang tercantum dalam OKD, lambatnya penunjang logistik serta tidak adanya *Management Crisis*.
- Kurangnya pemeliharaan sarana dan fasilitas pemadam kebakaran

seperti terjadinya kebocoran pada pipa pemadam, kondisi pompa pemadam dan *fire truck* yang tidak optimal serta peralatan *foam portable* yang tidak dapat digunakan.

- Spesifikasi desain yang tidak standar untuk sarana dan fasilitas pemadam kebakaran, antara lain tidak adanya akses jalan di sebelah utara tangki 24, diameter pipa pemadam dan busa yang tidak mencukupi.

Kegagalan pada SMK3LL (System Needs)

Dari beberapa penyebab dasar dan berdasarkan bukti – bukti dokumen yang ada, maka Tim Penyelidikan menyimpulkan adanya beberapa kelemahan pada Sistem Manajemen K3LL (*system needs*) yang dominan yaitu:

a. Manajemen Kontraktor dan Pihak Terkait lainnya

- Kurangnya pembinaan kedisiplinan dan tanggung jawab Petugas Sekuriti di lokasi kerja.
- Tidak adanya fungsi sekuriti pada tingkat Direktorat Pemasaran dan Niaga.
- Tidak terdapatnya kriteria prakualifikasi, seleksi dan perpanjangan kerja kontraktor yang mengacu *Contractor Safety Management System*.

b. Manajemen Keadaan Darurat

- Tidak dilaksanakannya prosedur keadaan darurat yang telah ditetapkan.
- Tidak teridentifikasi kebutuhan dan ujicoba personil dan sarfas.
- Tidak terlaksananya Simulasi Keadaan Darurat pada tahun 2008.
- Prosedur keadaan darurat yang ada belum mengakomodasi perlindungan/pendampingan hukum terhadap pekerja yang mengalami BAP oleh pihak kepolisian.

c. Operasi dan Pemeliharaan

- Tidak dilaksanakannya pemeliharaan sarana dan fasilitas pemadam kebakaran sesuai program maupun tindak lanjut temuan ketidak-sesuaian.
- Belum terpenuhinya standar sarana dan fasilitas pemadam kebakaran untuk
- Meningkatkan jaminan kehandalan Operasional & K3LL di Depot Plumpang.

5.3 Prosedur Penerimaan BBM di Tangki Timbun

Untuk memperkaya hasil analisa, penulis mengambil data lapangan dengan melakukan observasi pada saat penerimaan BBM di Tangki Timbun. Mengacu pada *Standard Operation Prosedure* (SOP) atau yang dikenal dengan Tata Kerja Organisasi (TKO) untuk Proses Penerimaan & Produk di Instalasi Jakarta Group, berdasarkan TKO No. B-020/F32115/2009-S0 yang disahkan pada tanggal 01 Mei 2009 dinyatakan bahwa tekanan selama penerimaan BBM di tangki timbun maksimal 7 Kg/cm^2 atau flow rate 1.000 Kl/Jam untuk produk Premium, Kerosine M.Solar dan MDF sedangkan untuk MFO tekanan max 6 Kg/cm^2 atau flow rate 600 Kl/jam. Untuk ketinggian level tangki harus dilakukan monitoring penerimaan di tangki darat, tiap jam diukur level cairan, apabila sudah mendekati *safe capacity* segera lakukan over tangki.

Dari hasil review dokumen tersebut dan dipadukan dengan investigasi kebakaran T.24 didapat benang merah bahwa terdapat aktivitas diatas tangki timbun pada saat penerimaan BBM ditangki timbun. Dimana untuk kasus kebakaran T. 24 adalah kegiatan pengambilan BBM secara illegal melalui *Slot Diping Device*. Sedangkan untuk penerimaan di tangki timbun terdapat kegiatan pengukuran tinggi cairan BBM (*dipping*) dan pengambilan sampel BBM (*sampling*).

Bila dibandingkan dengan standard mengacu pada NFPA 77 edisi tahun 2000 menyatakan bahwa pengukuran dan pengambilan sampel melalui lubang diatas atap tangki jika memungkinkan harus dihindari. Namun bila harus melakukan pengukuran atau pengambilan sampel juga, harus menggunakan alat kerja yang konduktif dan harus menunggu sampai proses pengisian ke tangki timbun itu selesai dan kondisi cairan didalam tangki tidak turbulen lagi. Waktu menunggu sampai kondisi level tangki timbun aman sekitar minimal 30 menit.



Gambar 5.6. Proses Dipping Tangki Timbun

Berdasarkan kajian tersebut, penulis juga melakukan *Job Safety Analysis* (JSA) untuk melihat lebih dalam proses pengambilan sampel dan pengukuran selama penerimaan BBM. Dengan melakukan JSA penulis meneliti setiap tahapan operator melakukan dipping dan sampling serta mengidentifikasi kemungkinan bahayanya. Penulis juga melakukan penilaian risiko menggunakan teknik semi kuantitatif dan membagi penilaian risiko menjadi 3 katagori: *high risk*, *medium risk* dan *low risk*. Tingkat risiko merupakan kombinasi dari kemungkinan (*probability*) dan keparahan (*severity*). *Probability index* dan *severity index* masing-masing dibagi menjadi 5 skala. Untuk langkah kegiatan yang teridentifikasi terdapat 10 langkah pelaksanaan. Dari hasil JSA tersebut didapat langkah aktivitas yang berisiko tinggi adalah pada saat peralatan ukur itu dimasukkan ke dalam lubang ukur (*slot dipping device*). Karena dapat menimbulkan gesekan antara 2 material yang mempunyai beda potensial yang berbeda. Hal tersebut dapat menimbulkan loncatan bunga api/sparks yang dapat membuat penyalaan ke dalam tangki timbun (*flash back fire*) bahkan dapat menyebabkan ledakan (*explosion*).

5.4 Pengukuran LEL di Tangki Timbun

Sebelum dilakukan pengukuran LEL pada saat penerimaan BBM di Tangki Timbun, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan:

- a. Memastikan gas tester terlindung dan beroperasi baik serta telah terkalibrasi dengan *fresh air* sebelum naik ke atas tangki
- b. Melakukan aktifitas identifikasi bahaya dengan tujuan untuk meminimalkan risiko, seperti memperkecil kemungkinan sumber panas sekecil apapun.
- c. Berkoordinasi dengan petugas control room yang akan melakukan pengukuran (*dipping*), sehingga kondisi vapour release benar-benar menggambarkan proses penerimaan sebenarnya.

Dalam melakukan pengukuran LEL, penulis mengambil sampling untuk kondisi penerimaan produk BBM klas 1 pada bulan Mei 2010. Jadwal penerimaan BBM di tangki timbun disesuaikan dengan kondisi *stock* BBM yang dimiliki dan kondisi ruang kosong pada tangki timbun yang tersedia. Karenanya jadwal penerimaan BBM untuk produk klas I tidak dapat setiap waktu. Tercatat 3 kali penerimaan BBM klas I yang dilakukan pengukuran yaitu, penerimaan Premium dari kapal ke tangki no.10 pada tanggal 15 Mei 2010, penerimaan Pertamina dari kapal ke tangki no. 3 pada tanggal 17 Mei 2010, dan penerimaan Pertamina Plus dari Terminal Transit Balongan ke tangki no. 1 pada tanggal 26 Mei 2010.

Secara kasat mata sumber-sumber keluarnya vapour BBM dari atap tangki timbun pada saat penerimaan BBM adalah *Pressure Vacuum Valve* (PV Valve) dan *Slot Dipping Device* (SDD) yang dibuka untuk keperluan pengukuran dan pengambilan sampel. Jumlah PV Valve bervariasi tergantung dari besarnya kapasitas dan diameter dari tangki timbun tersebut. Untuk tangki timbun Depot Plumpang yang mempunyai kapasitas 10.000 m³ mempunyai 3 buah PV Valve dan untuk kapasitas 20.000 m³ mempunyai 4 buah PV Valve. Uap bahan bakar dapat *release* ke udara karena bekerjanya *pressure vacuum valve* (PV Valve). PV valve didesain dan bekerja berdasarkan tekanan uap bahan bakar sehingga dapat terbuka/ menutup. Setting PV valve tangki no. 24 termasuk kategori *low setting* (*pressure 3 inch WC; vacuum 2 inch WC*) versus desain *pressure 8 inch; vacuum 2,5 inch* (BLC). Sumber terbesar keluarnya uap BBM adalah dari *Slot Dipping Device* (SDD). Terlebih bila penerimaan dengan *flow rate* tinggi sehingga cairan yang masuk mendesak uap BBM yang ada di dalam tangki untuk keluar. Faktor cuaca pun mempengaruhi

penyebaran uap BBM tersebut, bila waktu malam uap BBM cenderung lebih lama terdispersi dibandingkan dengan waktu siang.

Untuk teknis pengukuran adalah dengan langsung mengaktifkan alat ukur *gas tester* dari titik terjauh, hingga mendekati lubang dipping. Kemudian dilakukan pencatatan berapa besarnya LEL dari jarak tertentu. Selain itu dilakukan pencatatan juga untuk parameter operasi seperti *flow rate*, *pressure*, *level* dari cairan BBM dan juga pencatatan kondisi udara luar seperti temperatur dan arah angin. Hal tersebut untuk memperhitungkan kondisi sebaran uap BBM pada saat dibuat mapping area LEL di atas tangki timbun. Pada bab pembahasan akan dilakukan interpretasi data hasil pemetaan area tersebut untuk mengambil rekomendasi kontrol untuk menekan risiko yang terjadi.



Gambar 5.7. Proses Pengukuran LEL di Atas Tangki Timbun



Gambar 5.8. Hasil Pembacaan Gas Tester dimana LEL-nya Mulai Naik

Dari hasil pengukuran tersebut untuk penerimaan produk Premium di tanki 11,13 & 10 dengan suplai perimaan dari Terminal Transit Balongan dengan flowrate sekitar 800 Kiloliter/Jam dan pressure 4 kg/cm² didapat range hasil pengukuran LEL 18% s.d > 50 %,

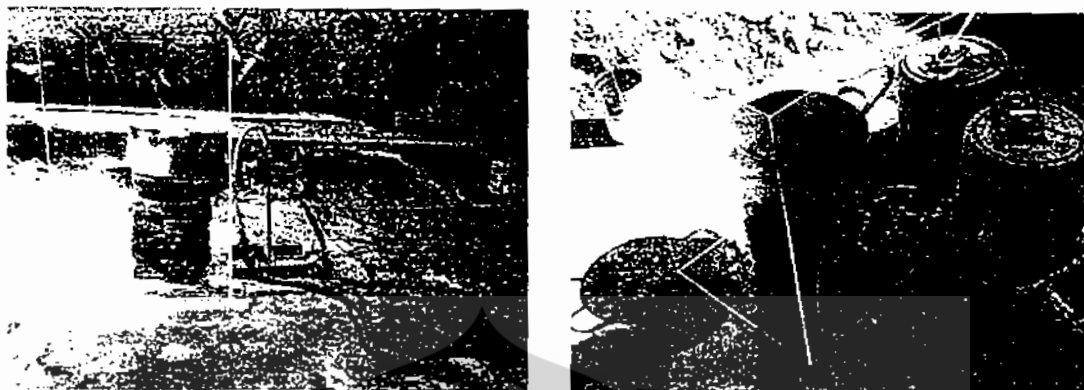
dari jarak terjauh 10 m – 1 m. Untuk penerimaan produk Pertamina dari kapal dengan flowrate sekitar 700 Kiloliter/Jam dan pressure 6 kg/cm² didapat range hasil pengukuran LEL 5% s.d > 29%, dari jarak terjauh 7 m – 1,3 m. Untuk penerimaan produk Pertamina Plus dari Terminal Transit Balongan dengan flowrate sekitar 550 Kiloliter/Jam dan pressure 3 kg/cm² didapat range hasil pengukuran LEL 6 % s.d > 40%, dari jarak terjauh 10 m – 1 m.

5.5 Pengukuran MIE untuk BBM Klas I

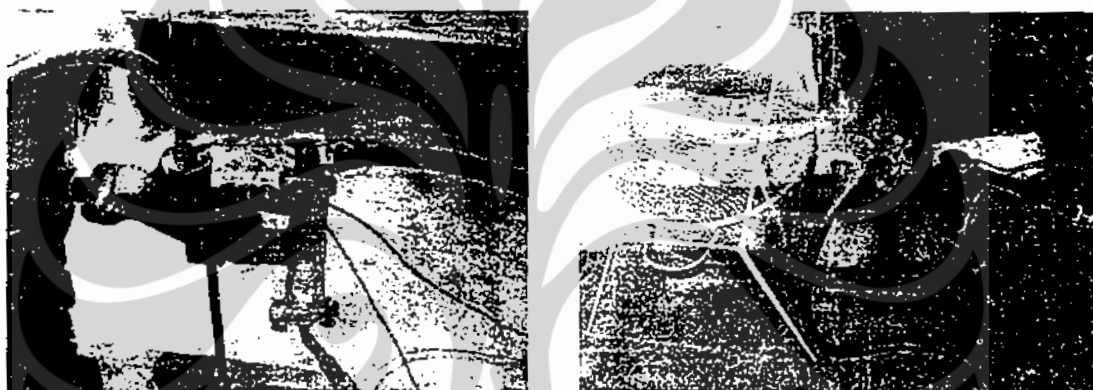
Setelah mendapatkan data lapangan hasil pengukuran LEL pada saat penerimaan BBM di tangki timbun, penelitian berikutnya adalah pengukuran Minimum Ignition Energy (MIE) dari produk klas I. Untuk membuat kondisi di lapangan sesuai dengan kondisi pengujian, maka penulis mengambil acuan hasil pengukuran LEL sebagai variabel tetap pengujian MIE. Didapat range pengukuran LEL di atas tangki berkisar dari 20 % sampai dengan 40 %. Dengan dijadikan acuannya kondisi LEL tersebut, peneliti berasumsi bahwa komposisi udara dan bahan bakar telah memasuki *flammable range*, sehingga besarnya komposisi tersebut tidak dijadikan acuan pengujian.

Untuk melakukan pengukuran, penulis menggunakan mekanisme pengkabutan cairan BBM seperti prinsip pada kendaraan bermotor. Hal tersebut untuk mempercepat terjadinya penguapan dibandingkan dengan cairan BBM dibiarkan menguap secara alami.

Mengacu prinsip pengujian pada ASTM E 582, penulis melakukan beberapa penyederhanaan alat uji dengan menyesuaikan pada tujuan pengukuran dan data lapangan. Sehingga terdapat beberapa bagian alat yang dirangkai menjadi satu kesatuan yaitu: suplai BBM, suplai udara, system pengkabutan (solenoid), ruang bakar (*ignition chamber*), *igniter*, dan alat ukur. Sebagai sumber tenaga menggunakan power suplai dengan tegangan 12 volt. Alat ukur yang digunakan adalah dua buah AVO meter analog masing-masing untuk mengukur voltase dan arus dalam satuan volt dan ampere, satu buah AVO meter digital untuk mengukur frekuensi dalam satuan Hertz dan satu buah gas tester untuk mengukur persentase LEL.



Gambar 5.9. Instalasi Alat Pengujian MIE



Gambar 5.10. Nozel Penyemprot (Injector) dan Ruang Bakar (Ignition chamber)

Proses pengukuran dilakukan dengan mensuplai BBM kedalam ruang bakar dengan bantuan pengkabutan oleh katup solenoid dan suplai udara dari pompa. Setelah mendapatkan LEL yang diinginkan, igniter dimasukan ke dalam ruang bakar dengan jarak sekitar 5 cm dari nozel. Secara bertahap frekuensi penyalaan dinaikkan sampai terjadi nyala dan api dipadamkan dengan handuk basah. Kemudian dicatat berapa tegangan, arus dan frekuensinya.



Gambar 5.11. Pengukuran LEL dengan Gas Tester



Gambar 5.12. Pengukuran Frekuensi Menggunakan AVO Meter Digital



Gambar 5.13. Pengukuran Tegangan dan Arus Menggunakan AVO Meter Analog

Dari hasil pengujian tersebut dapat dicatat minimal 9 data untuk setiap produk dengan masing-masing LEL adalah 3 kali percobaan. Range persentase LEL yang dijadikan acuan adalah 20%, 30% dan 40% LEL, kecuali untuk pertamax plus yang dicoba untuk persentase LEL 10 %. Untuk mendapatkan energi penyalan, nilai tegangan, arus dan frekuensi dimasukkan dalam formula sederhana untuk menghitung energi:

$$W = V \times I \times T \quad \text{dimana} \quad T = 1 : F$$

W : Energi satuan Joule

V : Tegangan satuan Volt

I : Arus satuan Ampere

T : Waktu satuan Detik

Untuk pengukuran produk premium dicoba dinyalakan menggunakan energi 0,269 Joule sampai dengan 0,314 Joule. Terjadi penyalaan pada pada persentase LEL 40 % dengan energy 0,269 Joule dan pada persentase LEL 30% dengan energy 0,274 Joule.

Untuk pengukuran produk pertamax dicoba dinyalakan menggunakan energi 0,222 Joule sampai dengan 0,257 Joule. Terjadi penyalaan pada pada persentase LEL 40 % dengan energy minimal 0,224 Joule dan pada persentase LEL 30% dengan energi minimal 0,243 Joule.

Untuk pengukuran produk pertamax plus dicoba dinyalakan menggunakan energi 0,244 Joule sampai dengan 0,264 Joule. Terjadi penyalaan pada pada persentase LEL 40 % dengan energy minimal 0,245 Joule, pada persentase LEL 30% dengan energi minimal 0,248 Joule, pada persentase LEL 20% dengan energi minimal 0,250 Joule dan , pada persentase LEL 10% dengan energi minimal 0,262 Joule.



Gambar 5.14. Proses Penyalaan dan Pemadaman Ruang Bakar

5.6 Pengukuran Energi Gesekan Mekanis pada Peralatan

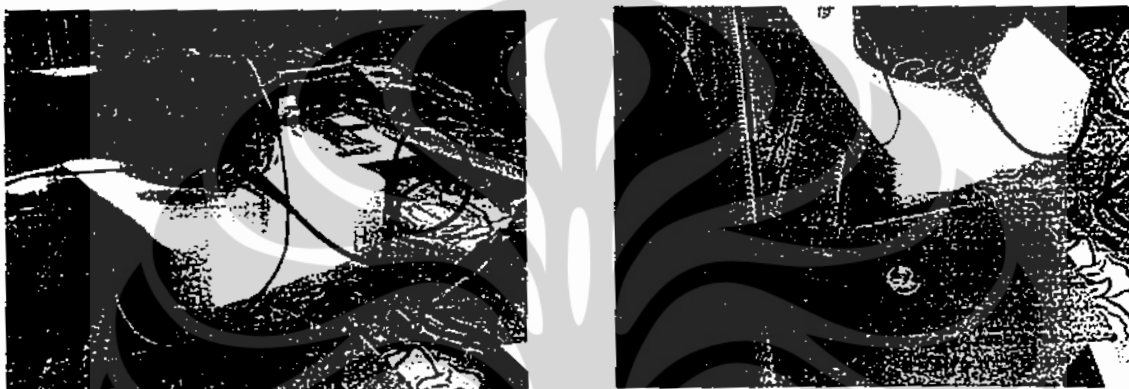
Setelah dilakukan pengukuran persentase LEL dan MIE dari BBM klas I, menurut teori segitiga api, perlu dilakukan identifikasi sumber-sumber panas yang dapat menyebabkan penyalaan pada saat proses penerimaan BBM di tangki timbun. Sumber-sumber penyalaan tersebut dapat disebabkan dari adanya listrik statis ataupun energy akibat gesekan peralatan kerja yang digunakan operator pada saat itu. Untuk mengetahui besarnya energy tersebut, dilakukan pengukuran skala laboratorium dari berbagai jenis material peralatan yang digunakan yang digesekkan dengan material plat tangki timbun. Material plat tangki timbun terbuat dari yang berasal dari Stainless Steel dengan kode SS 400 mengacu pada standard API 650 dan ASTM A 283. Untuk ketebalan plat tangki timbun itu bervariasi sesuai dengan anularnya. Untuk *bottom* tangki setebal 12 mm, untuk dinding bagian tengah dan bawah setebal 10 mm, untuk dinding bagian atas 8 mm dan untuk atap tangki setebal 6 mm. Dalam pengukuran ini, sampel yang digunakan dibentuk seperti silinder pejal dengan diameter 32 mm dan tinggi 2,4 mm.



Gambar 5.15. Sampel Material Tangki Timbun

Sampel tersebut dilakukan penggesekkan dengan beberapa material dari alat kerja yang digunakan operator pada waktu *sampling* dan *dipping* ketika penerimaan BBM. Sampel tersebut akan digesekkan dengan material peralatan dan diletakkan ke dalam *faraday cup*, untuk memperkecil *noise* yang akan mempengaruhi besarnya hasil pengukuran. Rangkaian alat ukur mengacu pada skema yang terdapat pada ASTM D 4470 yaitu *Standard Test Method for Static Electrification*, yang secara umum terdiri dari *faraday cup*, kapasitor dalam hal ini digunakan kapasitor sebesar 1 μF dan alat ukur elektrometer. Urutan langkah pengukuran adalah sebagai berikut:

- a. Memastikan bagian dalam silinder dan bagian luar silinder tidak ada kontak sama sekali, atau terhubung dengan konduktor satu sama lain.
- b. Memastikan bagian luar silinder juga rapat, tidak ada yang terhubung atau berlubang yang dapat menyebabkan kontak dengan udara luar.
- c. Melakukan *short circuit*, untuk menghilangkan sisa muatan baik yang terdapat dalam silinder maupun dalam sampel.



Gambar 5.16. Melakukan Short Circuit untuk Menghilangkan Sisa Muatan

- d. Menyiapkan sampel dan material peralatan yang akan digesekkan.



Gambar 5.17. Menggesekkan Sample dengan Material Peralatan

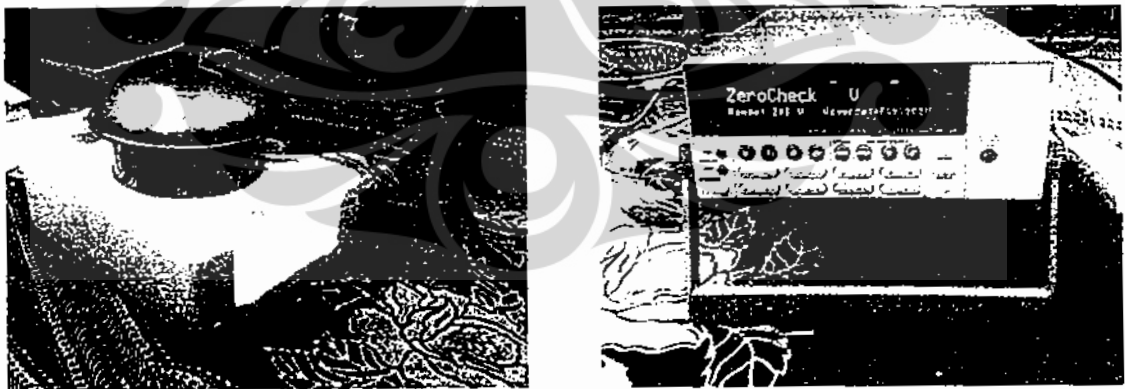
- e. Dalam menggeseknya harus benar-benar hati-hati jangan sampai tersentuh sampel maupun material peralatan, karena dikhawatirkan akan mempengaruhi muatan yang terkandung di dalam sampel yang telah digesek. Untuk itu gunakan penjepit dari bahan isolator yang baik seperti bambu atau kayu.

- f. Setelah digesekkan, sampel dimasukkan kedalam silider bagian dalam dan ditutup. Ketika melctakkannya jangan sampai tersentuh dengan dinding silinder bagian dalam maupun luar.



Gambar 5.18 Meletakkan Sampel kedalam Silinder dan Ditutup

- g. Kemudian silinder bagian luar ditutup. Dan mulai dilakukan pengukuran dengan menggunakan electrometer bermerk Keithley.



Gambar 5.19 Sampel Sudah Berada di dalam *Faraday Cup* dan Siap Dilakukan Pengukuran

Setelah itu dilakukan pencatatan hasil pengukuran. Untuk tahap awal dilakukan pengukuran voltase ketika faraday cup kosong dan didapat $V = 0,0128 \text{ V}$. Kemudian diukur ketika dimasukkan sampel, namun belum dilakukan penggesekkan dan didapat $V =$

0,0003 V. Nilai voltase tersebut digunakan untuk melakukan koreksi dari voltase yang didapat dari pengukuran. Sehingga nilai yang didapat merupakan voltase yang dihasilkan akibat dari penggesekan.

Dari hasil seluruh pengukuran sampel didapat voltase dari hasil gesekan. Besarnya voltase dapat merupakan nilai positif maupun negative. Itu melambangkan kecenderungan jenis muatan, apakah bermuatan positif ataupun negatif. Besarnya voltase itu harus dikoreksi dengan besarnya voltase sampel tanpa gesekan. Besarnya voltase yang telah dikoreksi itulah yang dikonversi menjadi energi dengan menggunakan formula:

$$E = 0,5 \times C \times V^2$$

E = Energi Gesekan Satuan Joule

C = Kapasitansi dari kapasitor besarnya 1 μ Farad

V = Voltase Satuan Volt

Untuk mendapatkan energy setiap satuan luas, besarnya energy yang didapat harus di bagi dengan luas penampang sampel. Sampel yang berbentuk silinder pejal dengan diameter 32 mm dan tinggi 24 mm mempunyai luas penampang adalah 0,00403 m². Kemudian, untuk mendapatkan energi gesekan yang terbagi di setiap luasan permukaan tangki timbun akibat adanya gesekan, besarnya energy setiap luasan perlu dikalikan dengan luas penampang luar dalam tangki timbun BBM. Dengan diameter rata-rata tangki timbun di Depot Plumpang adalah 34 m dan tinggi 11 m, didapat luas permukaan luar dan dalam adalah 5.978,56 m². Sehingga jumlah energy persatuan luas tangki adalah besarnya energy perluasan dikalikan luas permukaan luar dan dalam tangki.

Dari hasil pengukuran didapatkan range voltase minimal setelah dilakukan koreksi adalah berasal dari material bejana ukur stainless sebesar -0, 0009 V dan yang terbesar berasal dari material rambut sebesar 0,0037 V.

BAB VI

PEMBAHASAN

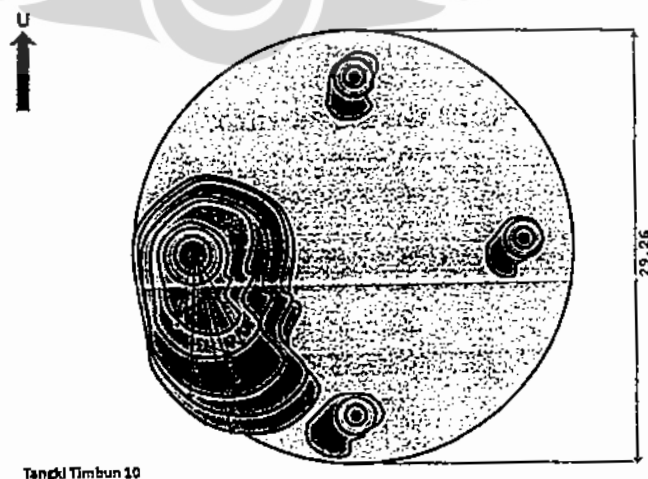
6.1 Pengukuran LEL di Tangki Timbun

Dari hasil interpretasi data pengukuran LEL di tangki timbun untuk tangki no. 10 produk Premium, tangki no.3 produk Pertamina, dan tangki 1 produk Pertamina Plus dibuatkan pemetaan tampak atas dari permukaan tangki timbun.

6.1.1 Pengukuran LEL di Tangki Timbun no. 10 Produk Premium

Pengukuran LEL di tangki no 10 dilakukan pada waktu siang hari dengan temperatur udara luar 31°C dan arah angin ke arah selatan. Dengan parameter operasi flowrate 900 KL/Jam dan ketinggian cairan BBM adalah 9449 mm dimana sudah hampir mendekati safe capacity terlihat sebaran uap BBM lebih menyebar. Pada jarak 200 cm sudah terdeteksi persentase LEL yang tinggi yaitu 19 %. Pada jarak 100 cm dari sumber Slot Dipping Device terdeteksi persentase LEL yang sudah melebihi 50 %. Pada gambar juga terlihat dimana zona merah sudah terdeteksi dari jarak yang cukup jauh.

Dapat disimpulkan dengan *flow rate* yang tinggi akan menyebabkan tingkat penguapan menjadi lebih besar, sehingga sebaran uap yang mengandung persentase LEL yang tinggi menjadi lebih luas. Apalagi ditambah dengan arah dan kecepatan angin di atas tangki yang cukup tinggi, dapat menyebabkan seluruh daerah di atas tangki menjadi *flammable*, sehingga sangat berbahaya bila terdapat kemungkinan terjadi sumber nyala sekecil apapun.

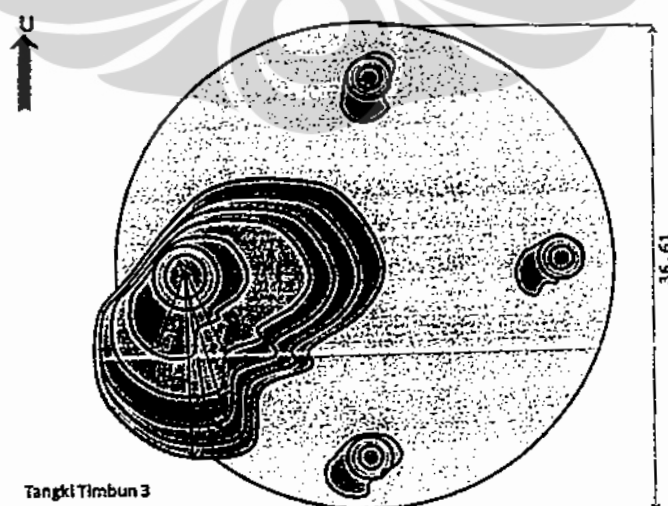


Gambar 6.1. Pemetaan Persentase LEL di Tangki No. 10

6.1.2 Pengukuran LEL di Tangki Timbun no. 3 Produk Pertamina

Pengukuran LEL di tangki no 3 dilakukan pada waktu malam hari dengan temperatur udara luar 26°C dan arah angin ke arah selatan. Dengan parameter operasi flowrate 700 KL/Jam dan ketinggian cairan BBM adalah 6200 mm dimana merupakan flowrate yang cukup untuk mengeluarkan uap BBM yang mengisi hampir sebagian ruang kosong tangki. Pada jarak 200 cm sudah terdeteksi persentase LEL yang tinggi yaitu 20 %. Pada jarak 100 cm dari sumber Slot Dipping Device terdeteksi persentase LEL sebesar 30 %. Tidak seperti pengukuran pada siang hari, sebaran zona merah terlalu jauh dari sumber. Hal ini mengindikasikan bahwa uap tidak lebih mudah menguap karena temperatur udara lebih rendah.

Dapat disimpulkan kondisi penyebaran uap flammable pada malam hari berbeda dengan siang hari. Dengan *flow rate* yang cukup tinggi akan menyebabkan tingkat penguapan yang besar, namun sebaran uap yang mengandung persentase LEL tidak akan langsung terdispersi oleh udara karena temperatur udara yang lebih rendah. Pada waktu malam hari biasanya penyebaran uap BBM cenderung turun, sehingga area dibagian bawah tangki timbun dimungkinkan menjadi area yang *flammable*. Apalagi karena arah dan kecepatan angin pada waktu malam hari yang cukup tinggi, dapat menyebabkan seluruh daerah di sekitar tangki menjadi *flammable*, sehingga sangat berbahaya bila terdapat kemungkinan terjadi sumber nyala sekecil apapun.

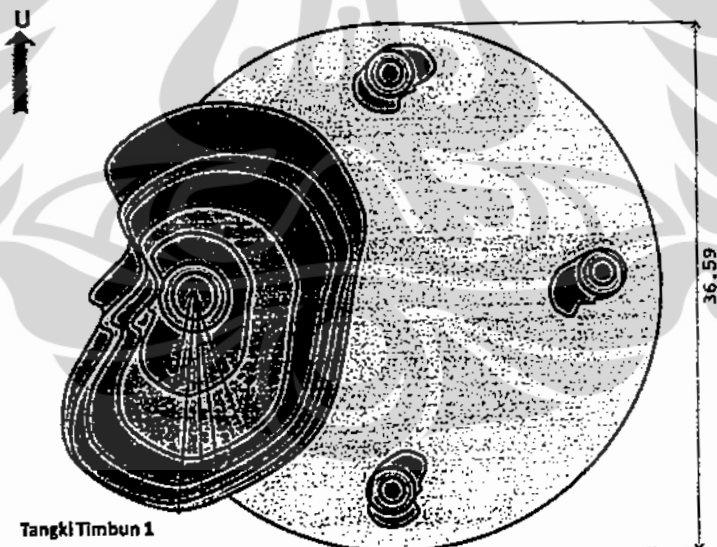


Gambar 6.2. Pemetaan Persentase LEL di Tangki No. 3

6.1.3 Pengukuran LEL di Tangki Timbun no. 1 Produk Pertamina Plus

Pengukuran LEL di tangki no 1 dilakukan pada waktu pagi hari dengan temperatur udara luar 30°C dan arah angin ke arah selatan. Dengan parameter operasi flowrate 550 KL/Jam dan ketinggian cairan BBM adalah 1590 mm dimana sebagian besar ruang kosong pada tangki masih terisi uap BBM. Pada jarak 290 cm sudah terdeteksi persentase LEL yang tinggi yaitu 28 %. Pada jarak 100 cm dari sumber Slot Dipping Device terdeteksi persentase LEL yang sudah melebihi 40 %.

Dapat disimpulkan walau dengan *flow rate* sedang namun karena temperatur udara cukup tinggi akan menyebabkan tingkat penguapan menjadi lebih besar, sehingga sebaran uap yang mengandung persentase LEL yang tinggi menjadi lebih luas. Apalagi ditambah dengan arah dan kecepatan angin di atas tangki yang cukup tinggi, dapat menyebabkan seluruh daerah di atas tangki menjadi *flammable*, sehingga sangat berbahaya bila terdapat kemungkinan terjadi sumber nyala sekecil apapun.

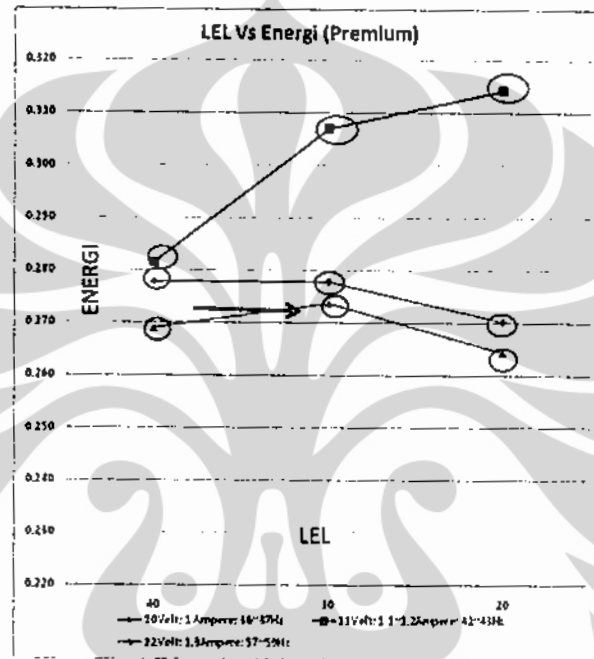


Gambar 6.3. Pemetaan Persentase LEL di Tangki No. 1

6.2 Pengukuran MIE untuk BBM Klas I

6.2.1 Pengukuran MIE untuk BBM Premium

Dari hasil pengukuran untuk LEL 20% sampai dengan LEL 40 % dimana masing-masing divariasikan dengan voltase 10 volt sampai dengan 12 volt, didapat 9 buah data yang menunjukkan trend seperti di bawah ini.



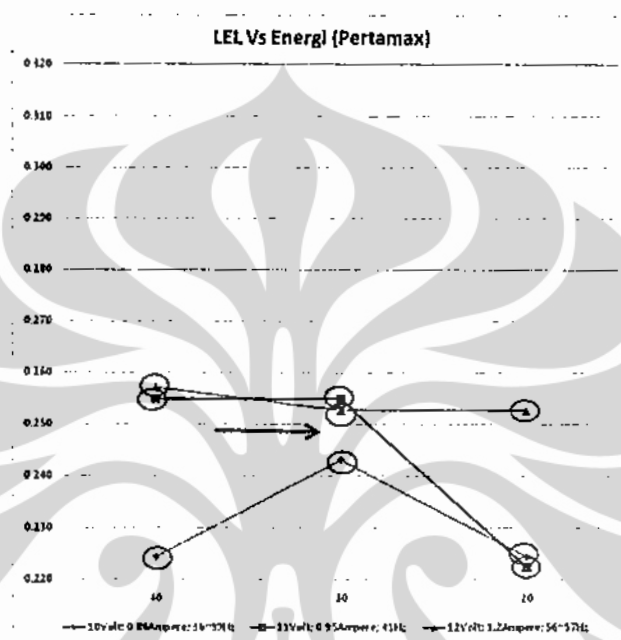
Gambar 6.4. Hasil Pengukuran MIE untuk BBM Premium

Minimum ignition energy didapat pada LEL 30% dengan energy sebesar 0,274 Joule. Hal ini menunjukkan bahwa dengan kondisi LEL minimal persentase 30% sudah dapat terjadi penyalaan dengan cukup membutuhkan energy 0,274 Joule. Pada LEL 40% juga terjadi penyalaan dengan energi lebih kecil yaitu 0,269 Joule. Untuk kondisi LEL 20% tidak terjadi penyalaan sama sekali.

Energi penyalaan pada kondisi 30% dan 40% didapat pada voltase 12 volt, 1,3 Ampere dan 57-58 Hertz. Hal ini menunjukkan beda potensial minimal 12 volt saja sudah dapat menghasikan spark atau loncatan bunga api yang cukup untuk menjadikan penyalaan. Ini dapat menjadi suatu indikasi pengendalian, dimana untuk peralatan listrik ataupun peralatan lain yang dapat menimbulkan voltase minimal 12 volt jika ingin digunakan di area tersebut diperlukan perlindungan dan pengendalian yang khusus.

6.2.2 Pengukuran MIE untuk BBM Pertamina

Dari hasil pengukuran untuk LEL 20% sampai dengan LEL 40 % dimana masing-masing divariasikan dengan voltase 10 volt sampai dengan 12 volt, didapat 9 buah data yang menunjukkan trend seperti di bawah ini.



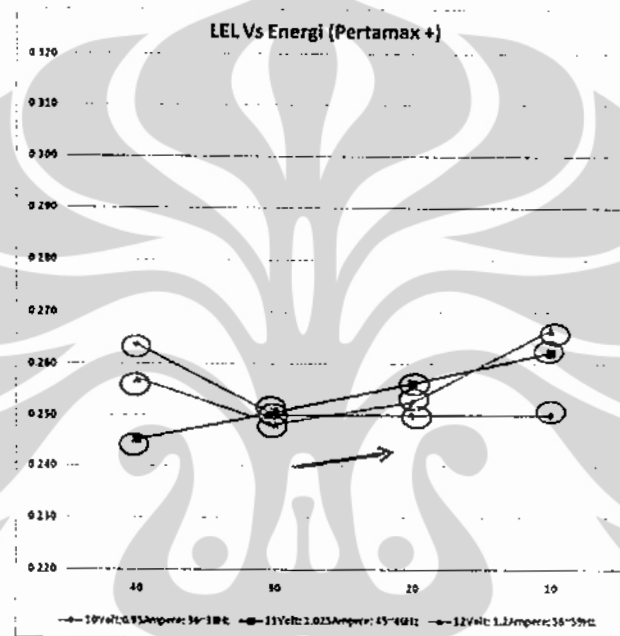
Gambar 6.5. Hasil Pengukuran MIE untuk BBM Pertamina

Minimum ignition energy didapat pada LEL 30% dengan energy sebesar 0,243 Joule. Hal ini menunjukkan bahwa dengan kondisi LEL minimal persentase 30% sudah dapat terjadi penyalaan dengan cukup membutuhkan energy 0,243 Joule. Pada LEL 40% juga terjadi penyalaan dengan energi lebih kecil yaitu 0,224 Joule. Untuk kondisi LEL 20% tidak terjadi penyalaan sama sekali.

Energi penyalaan pada kondisi 30% dan 40% didapat pada voltase 10-12 volt, 0,875-1,2 Ampere dan 36-57 Hertz. Hal ini menunjukkan beda pontensial minimal 10 volt saja sudah dapat menghasikan spark atau loncatan bunga api yang cukup untuk menjadikan penyalaan. Ini dapat menjadi suatu indikasi pengendalian, dimana untuk peralatan listrik ataupun peralatan lain yang dapat menimbulkan voltase minimal 10 volt jika ingin digunakan di area tersebut diperlukan perlindungan dan pengendalian yang khusus.

6.2.3 Pengukuran MIE untuk BBM Pertamina Plus

Pada awal pengukuran MIE untuk BBM Pertamina Plus, dilakukan untuk LEL 20% sampai dengan LEL 40 % dimana masing-masing divariasikan dengan voltase 10 volt sampai dengan 12 volt. Namun penulis mendapatkan fenomena lain dimana pada LEL 10 % masih didapat kemungkinan penyalaan, sehingga ditambahkan 3 buah data dan didapat 12 buah data yang menunjukkan trend seperti di bawah ini.



Gambar 6.6. Hasil Pengukuran MIE untuk BBM Pertamina Plus

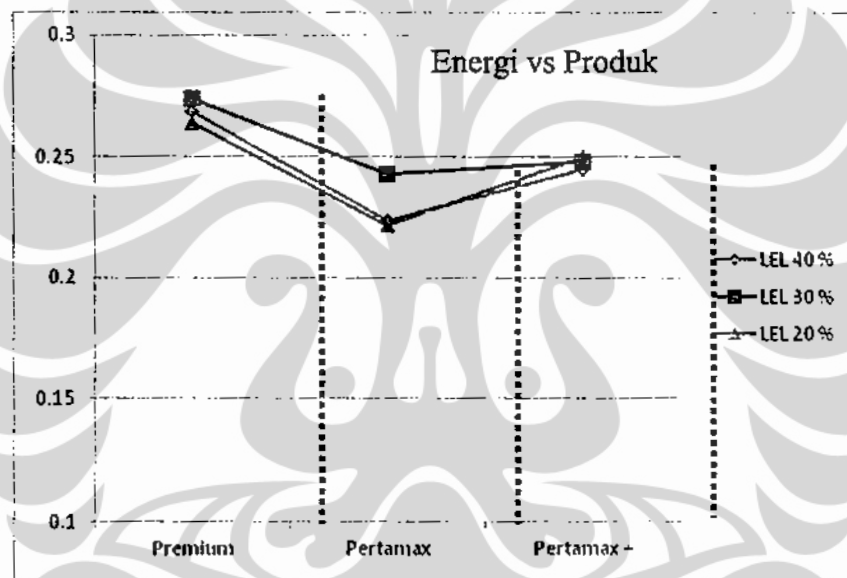
Minimum ignition energy didapat pada LEL 20% dengan energy sebesar 0,250 Joule. Hal ini menunjukkan bahwa dengan kondisi LEL minimal persentase 20% sudah dapat terjadi penyalaan dengan cukup membutuhkan energy 0,250 Joule. Pada LEL 30 % dan 40% juga terjadi penyalaan dengan energi lebih kecil yaitu 0,245 Joule & 0,248 Joule. Untuk kondisi LEL 10% tidak terjadi penyalaan sama sekali.

Energi penyalaan pada kondisi 20% sampai dengan 40% didapat pada voltase 11-12 volt, 1,025 - 1,2 Ampere dan 45-58 Hertz. Hal ini menunjukkan beda potensial minimal 11 volt saja sudah dapat menghasikan spark atau loncatan bunga api yang cukup untuk menjadikan penyalaan. Ini dapat menjadi suatu indikasi pengendalian, dimana untuk peralatan listrik ataupun peralatan lain yang dapat menimbulkan voltase minimal 11 volt jika ingin digunakan di area tersebut diperlukan perlindungan dan pengendalian yang khusus.

6.2.4 Pengukuran MIE untuk BBM Klas I

Dari ketiga produk yang dilakukan pengukuran didapat beberapa hal yang dapat disimpulkan:

- Didapatkan nilai minimum ignition energy adalah pada produk pertamax plus sebesar 0,250 Joule pada persentase LEL 20 %.
- Semakin tinggi angka oktan (premium 88, pertamax 92, petamax plus 95) semakin kecil energy yang dibutuhkan untuk penyalaan.
- Semakin tinggi angka oktan (premium 88, pertamax 92, petamax plus 95) maka persentase LEL yang dibutuhkan untuk penyalaan semakin menurun.



Gambar 6.7. Hasil Pengukuran MIE untuk BBM Klas I

Berkaitan dengan fenomena diatas yang berhubungan dengan angka oktan produk BBM Klas I, penulis mencoba mengkaji sifat fisik dari ketiga BBM tersebut yang ada kaitannya dengan kemampuan terbakarnya.

Dari hasil perbandingan sifat fisik dari ketiga jenis BBM tersebut ternyata memang terbukti untuk pertamax plus mempunyai Reid Vapour Pressure (RVP) sebesar 60 kPa, lebih rendah dibandingkan yang lain. Pertamax plus juga memiliki temperatur untuk tingkat distilasi pada 10% volume penguapan yaitu sebesar 70 C, juga lebih rendah dibandingkan yang lain. Dua parameter tersebut mengindikasikan bahwa pertamax plus lebih mudah menguap sehingga tidak membutuhkan waktu yang lama untuk mencapai komposisi persentase LEL yang dapat menyebabkan terjadinya penyalaan.

Tabel 6.1. Perbandingan Sifat Fisik BBM Klas I

No	Produk	LEL	UEL	Flash Point	Rate Vapour Pressure	Tingkat Distilasi
1.	Premium	1,4 %	7,6 %	-43 C	62 kPa	10 % vol penguapan : 74 C 50 % vol penguapan : 125 C 90 % vol penguapan : 180 C Titik Didih Akhir : 205 C Residu : 2 % vol
2.	Pertamax	1,4 %	7,6 %	-43 C	62 kPa	10 % vol penguapan : 74 C 50 % vol penguapan : 125 C 90 % vol penguapan : 180 C Titik Didih Akhir : 205 C Residu : 2 % vol
3.	Pertamax Plus	1,4 %	7,6 %	-43 C	60 kPa	10 % vol penguapan : 70 C 50 % vol penguapan : 110 C 90 % vol penguapan : 180 C Titik Didih Akhir : 205 C Residu : 2 % vol

6.3 Pengukuran Energi Gesekan Mekanis pada Peralatan

Dari hasil pengukuran energi akibat gesekan mekanis pada peralatan didapat beberapa informasi sebagai berikut:

- Terdapat muatan energi positif yaitu pada material : *safety helmet*, *Safety Shoes*, rambut, tangan, tali cotton, bejana ukur kuningan, dipstick kuningan dan sample can tembaga. Sedangkan untuk muatan energi negatif yaitu pada material : dipstick stainless, bejana ukur stainless, salib sumbu kuningan, baju operator.
- Besarnya voltase yang disebabkan oleh muatan positif yang paling besar terdapat pada material rambut sebesar 0,0037 V dan muatan voltase negatif yang paling besar terdapat pada dipstick stainless yaitu sebesar - 0,0078 V.
- Energi gesekan pada permukaan tangki didapat minimal pada material tali cotton sebesar $7,4 \text{ E}^{-9} \text{ J}$ dan maksimal pada material dipstick stainless $4,51 \text{ E}^{-5} \text{ J}$.

Menurut studi literatur mengenai beberapa MIE material uji, untuk MIE pada aluminium-bronze sebesar 95-141 J (Wendell Hull, 2004), MIE pada cotton sebesar 40 mJ (Pidoll, 2003), MIE pada nylon sebesar 4 mJ-4 J (Marmo, L, 2008). Jika dibandingkan antara energi gesek dengan MIE nya seperti table dibawah ini:

Tabel 6.2 Perbandingan Energi Gesekan dengan MIE Material

Material	Energi Gesekan	MIE	Selisih
Metal	$7,4 \text{ E}^{-9} \text{ s.d } 4,5 \text{ E}^{-5}$	95 s.d 141 J	95 J
Cotton	$7,4 \text{ E}^{-9}$	4 E-2 J	4 E-2 J
Nylon	$5,7 \text{ E}^{-5}$	4 E-3 J	3,94E-3J

Dari perbandingan diatas dapat dilihat bahwa selisih energi yang terkecil didapat dari bahan nylon, dimana hanya membutuhkan $3,94\text{E}-3\text{J}$ atau 3,94 mJ energi untuk menjadikan terjadinya penyalaan. Memang terbukti, ternyata penggunaan tali nylon untuk praktek di dunia perminyakan memang tidak direkomendasikan, sudah terbukti kejadian T.24 di Depot Plumpang dimana salah satu barang buktinya ditemukan tali nylon yang digunakan untuk aktivitas ilegal telah dapat menyebabkan terjadinya kebakaran.

Untuk peralatan lain memang masih dalam selisih relatif aman. Namun untuk peralatan yang mempunyai beda muatan dengan plat tangki seperti: dipstick stainless, bejana ukur stainless, salib sumbu kuningan, baju operator perlu diwaspadai dapat menyebabkan loncatan muatan dan menimbulkan spark bila dalam komposisi yang ideal.

BAB VII

KESIMPULAN & SARAN

7.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal:

- a. Aktivitas pengukuran tinggi cairan BBM selama penerimaan BBM merupakan kegiatan yang *unsafe*, karena dengan dibukanya lubang ukur (*slot dipping device*) menyebabkan sebaran uap BBM semakin meluas. Aktivitas tersebut juga dapat menimbulkan listrik statis bila terjadi beda potensial yang cukup untuk menyebabkan penyalaan.
- b. Kondisi di atap tangki timbun BBM pada saat penerimaan BBM berlangsung merupakan kondisi yang *flammable*, baik pada waktu siang maupun malam hari dimana persentase LEL 30 % didapat pada jarak sekitar 3 meter dari sumber.
- c. *Minimum ignition energy* untuk BBM klas 1 yang didapat dari pengujian ini didapat antara 0,25 Joule sampai dengan 0,274 Joule dan dalam kondisi LEL 20% sampai dengan 40%. Dimana untuk Premium 0,274 Joule pada LEL 40 %, Pertamina 0,243 Joule pada LEL 30% dan Pertamina Plus 0,25 Joule pada LEL 20%.
- d. Pertamina plus mempunyai *minimum ignition energy* yang lebih kecil disebabkan karena reid vapour pressure (RVP) dan temperature tingkat destilasinya juga lebih rendah dibandingkan dengan premium dan pertamax.
- e. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan hasil investigasi kebakaran tangki no. 24 di Depot Plumpang dimana penyebab penyalaan dimungkinkan karena terdapat aktivitas diatas tangki selama penerimaan BBM, ternyata memang terbukti memiliki kontribusi besar dalam terjadinya penyalaan, karena atmosfer udara sekitar sudah *flammable*.
- f. Besarnya energi akibat gesekan mekanis pada peralatan yang digunakan untuk *dipping* dan *sampling* selama penerimaan BBM didapat energi minimal pada material tali cotton sebesar $7,4 \text{ E}^{-9} \text{ J}$ dan maksimal pada material dipstick stainless $4,51 \text{ E}^{-5} \text{ J}$.

- g. Dari perbandingan energi gesekan dengan MIE dilihat bahwa selisih energi yang terkecil didapat dari bahan nylon, dimana hanya membutuhkan $3,94E-3J$ atau $3,94$ mJ energi untuk menjadikan terjadinya penyalaan.

7.2 Saran

Bagi perusahaan:

a. Pengendalian Administratif :

- Menghentikan dan melarang segala aktivitas di atas tangki timbun pada saat penerimaan BBM karena sudah terbukti *unsafe*.
- Harap dilakukan revisi SOP/TKO Penerimaan dan Penimbunan BBM baik yang berlaku secara lokal maupun nasional dimana harus dihilangkan proses pengukuran cairan BBM setiap jam selama penerimaan, diganti dengan minimal 30 menit setelah penerimaan selesai.

b. Pengendalian Engineering :

- Perlu dipasang Automatic Tank Gauging (ATG) di seluruh tangki timbun BBM Pertamina. ATG berfungsi sebagai alat ukur cairan BBM secara otomatis yang dapat dimonitor langsung di *control room*. Perlu dikaji spesifikasi ATG yang aman, handal serta memiliki reabilitas dan validitas data yang tinggi dimana seluruh parameter operasi yang dibutuhkan dapat dimonitor, sehingga dapat dijadikan acuan sebagai transaksi arus minyak.

Bagi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia :

Perlu dikembangkan minat mahasiswa untuk melakukan penelitian dalam industri migas khususnya dalam aspek fenomena kebakaran dan ledakan, karena masih banyak fenomena praktikal yang memerlukan pembuktian nyata untuk mengurangi dampak dari risiko yang lebih besar.

Bagi Peneliti

Agar melakukan penelitian lebih lanjut lagi mengenai *Minimum Ignition Energy* pada peralatan kerja yang biasa digunakan oleh kotraktor dalam kegiatan operasional industri migas, sehingga dapat melengkapi penelitian ini sebagai justifikasi yang kuat kepada manajemen untuk melakukan perubahan dalam kaitannya menurunkan tingkat risiko kebakaran di lokasi kerja.



DAFTAR PUSTAKA

- American Petroleum Institute (1998). *API Publication 2021A : Interim Study— Prevention and Suppression of Fires in Large Aboveground Atmospheric Storage Tanks First Edition*. Washington, D.C : API Publication.
- American Society for Testing and Materials (1999). *ASTM E 582 : Standard Test Method for Minimum Ignition Energy and Quenching Distance in Gaseous Mixtures*. Pennsylvania : ASTM
- (2004). *ASTM E27: Methods in Hazard Assessment Part II: Flammability and Ignitability*. Pennsylvania : ASTM.
- ASTM International Committee E05 on Fire Standards (2003). *Thermal Measurements: The Foundation of Fire Standards*. Pennsylvania : ASTM.
- Britton, Laurence G (2003). *Avoiding Static Ignition Hazards in Chemical Operations (Revised Edition)*. New York : Center for Chemical Process Safety/AIChE.
- Center for Chemicals Proses Safety (2003). *Guideline for Fire Protection in Chemical, Petrochemical and Hydrocarbon Processing Facilities*. New York : Center for Chemicals Proses Safety of The American Institute of Chemical Engineers.
- Davletshina, T.A. & Cheremissinoff, N.P. (1998). *Fire and Explosion Hazards Handbook of Industrial Cahemicals*. New Jersey: Noyes Publication.
- Daeid, Niamh Nic (2004). *Fire Investigation*. Florida: CRC Press LLC.
- DNV (1996). *Insident Investigation Training-Loss Causation Model*. Georgia: 1996.
- Hearn Graham (1987). *Guidance For Plant Engineer – Static Electricity*. Southhamton : University of Southamton.
- Instalasi Jakarta Group. Tata Kerja Organisasi Penerimaan dan Penimbunan Produk NO. B-020/F32115/2009-S0. Jakarta: IJG
- Instalasi Jakarta Group. Tata Kerja Organisasi Investigasi Insiden B-037/F32115/2009-S0. Jakarta: IJG
- Instalasi Jakarta Group (2010). *Company Profile*. Jakarta: IJG

- Karlsson, Björn & Quintiere, James G. (2000). *Enclosure Fire Dynamics*. Florida: CRC Press LLC.
- Lanin, Adiz Arzida (2009). *Penilaian Risiko Kebakaran dann Ledakan pada Tangki Timbun Crude Oil pada Dumai Tank Farm PT. Chevron Pasific Indonesia*. Depok : Skripsi FKM UI.
- Marmo L dan Cavallero D. (2008). *Minimum Ignition Energy of Nylon Fibres*. Dept. Scienza dei Materiali e Ingegneria Chimica, Torino : Politecnico di Torino
- National Fire Protection Ascociation (1996). *NFPA 30: Flammable and Combustible Liquids Code 1996 Edition*. Massachusetts : NFPA
- (1998). *NFPA 1033: Standard for Professional Qualifications for Fire Investigator 1998 Edition*. Massachusetts : NFPA
- (2000). *NFPA 77: Recommended Practice on Static Electricity 2000 Edition*. Massachusetts : NFPA
- (2001). *NFPA 921: Guide for Fire and Explosion Investigations 2001 Edition*. Massachusetts : NFPA
- Nolan, D.P. (1996). *Fire And Explosion Protection Engineering Principles For Oil, Gas, Chemical, And Related Facilities*. New Jersey : Noyes Publications.
- OHSAS Project Group (2007). Occupational health and safety management Systems-Requirements (OHSAS 18001:2007). London: The OHSAS Project Group Secretariat.
- (2007). *Occupational Health and Safety Management Systems - Guidelines For The Implementation of OHSAS 18001: 2007*. London: The OHSAS Project Group Secretariat.
- Pavey Ian (1999). *Static Electricity in Pharmaceutical Industry*. Southhamton: The Chilworth Technology Ltd.
- Pertamina Dit. Pemasaran & Niaga (2009). *Panduan K3LL Dit. Pemasaran & Niaga 2008*. Jakarta: Pertamina
- Pidoll Von Ulrich (2003). *Determining The Incendivity of Electrostatic Discharges Without explosive Gas Mixture*. Braunchweig, Germany : Psycikalisch – Technische Bundesanstalt
- Scotts Instruments (2003). *Portable Gas Monitor Scout Manual*. Pennsylvania : Scotts Instruments.

Quintiere, James G. (2006). *Fundamentals of Fire Phenomena*. England : John Wiley & Sons Ltd.

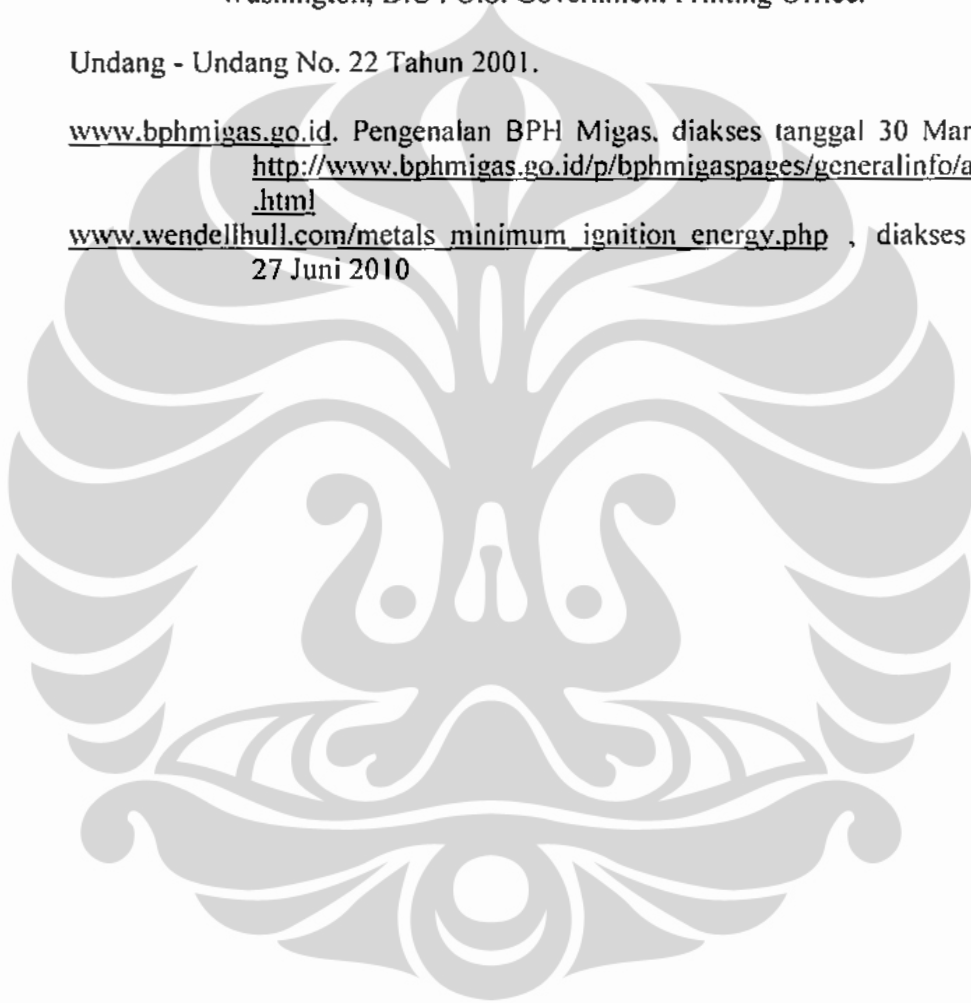
Thomson, Norman (2002). *Fire Hazards in Industry*. Oxford : Butterworth-Heinemann.

U.S. Nuclear Regulatory Commission (1981). *Fault Tree Handbook*. Washington, D.C : U.S. Government Printing Office.

Undang - Undang No. 22 Tahun 2001.

www.bphmigas.go.id. Pengenalan BPH Migas, diakses tanggal 30 Maret 2010.
http://www.bphmigas.go.id/p/bphmigaspages/generalinfo/about_us.html

www.wendelhull.com/metals_minimum_ignition_energy.php , diakses tanggal 27 Juni 2010





Job Safety Analysis Kegiatan Pengukuran Tangki Timbun (Dipping)

PERTAMINA		JOB SAFETY ANALYSIS FORM				
		LOKASI	INSTALASI MAKASAR		TANGGAL	21 Mei 2008
		PEKERJAAN	PENGUKURAN TANGKI TIMBUN SECARA MANUAL		NO. DOK	03/JSAM/2008
FUNGSI	Penerimaan & Penimbunan	DIANALISIS OLEH	Kemas A. Widad			
PENGAWAS	Asst. Control Room Penimbun	DIPERIKSA OLEH	Fatma Lestari			
PELAKSANA	OS Penerimaan & Penimbunan	DISETUIJU OLEH	Fatma Lestari			
URUTAN LANGKAH - LANGKAH	POTENSI KECELAKAAN	Risk Assessment			Recommended Action	
		Probability	Severity	Risk Ranking		
1. Petugas melakukan inspeksi mengenai tangki timbun dan memastikan kondisinya tidak ada polansi kebocoran	- terpeleaset	2	2	low	Perlu dibiasakan kebiasaan baik ini, bila terjadi indikasi kebocoran harap laporkan ke pengawas	
2. Siapkan bengko tank ticket dan alat kerja berupa	- terjatuh	2	3	medium	Petugas menaiki tangki melalui tangga dengan berpegangan pada handrail, menggunakan safety	
3. Petugas menaiki tangga dengan tangan kiri memegang hand rail dan tangan kanan memegang peralatan	- terjatuh, terpeleaset	2	3	medium	Peralatan hendaknya di stand by ke atas tangki dengan di beri penempatan yg khusus.	
4. Petugas memperkirakan ketinggian BBM melalui ATG atau bila tidak ada ATG atau ATG rusak, ketinggian level BBM dapat diperkirakan dengan memasukkan pita ukur tanpa menggunakan pasta minyak.	- terjatuh, terpeleaset	2	2	low	Pergunakan safety shoes dan safety helm	
5. Oleskan secukupnya pasta minyak pada pita ukur dan pasta air pada bandul dan bagian bawah pita ukur sesuai dengan perkiraan ketinggian BBM (sesuai angka perkiraan) dan ketinggian air	- terjatuh, terpeleaset,	2	2	low	Petugas menggunakan safety gloves atau kuas untuk mengoleskan pasta air dan minyak pada pita ukur.	
6. Buka tutup lubang ukur dan buka luas penutupnya	- terpeleaset, - terpapar uap BBM	2 3	3 2	medium medium	Petugas berdiri sesuai arah angin. Posisi wajah tidak berada di atas lubang ukur.	
7. Pasang klem grounding dari pita ukur ke bibir	- terjatuh, terpeleaset,	1	2	low	Klem grounding harus dipasang pada bagian lubang ukur yang tidak mengandung cat.	
8. Letakkan pita ukur pada bibir lubang ukur dan turunkan perlahan-lahan ke dalam cawan sampai menyentuh meja ukur. Diamkan beberapa saat sesuai produk	- terjatuh, terpeleaset, - terpapar uap BBM	1 2	2 3	low medium	Petugas memegang pita ukur dengan tangan kiri dan memutar luas dengan tangan kanan berlawanan arah jarum jam. Agar posisi pita ukur stabil, tempelkan jari telunjuk tangan kiri pada pita ukur dengan bibir lubang ukur. Gunakan safety gloves untuk menghindari tangan terluak akibat gesekan dengan pita ukur. Pastikan klem grounding telah terpasang sebelum menurunkan pita ukur.	
	- tergores	2	3	medium		
	- terpapar uap BBM	2	3	medium		
9. Tarik pita perlahan-lahan dan harus menempel pada bibir bawah lubang ukur. Catat hasil pengukuran pada tank ticket	- terjatuh, terpeleaset, tergores	2	3	medium	Petugas memegang pita ukur dengan tangan kiri dan memutar luas dengan tangan kanan sesuai arah jarum jam. Posisi wajah tidak berada di atas lubang ukur. Petugas berdiri pada posisi di atas angin. Untuk mengukur level air, letakkan bandul pada bidang datar, ukur ketinggian air dengan menggunakan bagian dari pita ukur yang tidak terkena pasta.	
	- terpapar uap BBM	3	2	medium		
10. Lakukan 2 kali pengukuran, bila terdapat perbedaan hasil pengukuran lebih dari 3 mm, maka direkukan pengukuran sekali lagi. Bila masih terdapat perbedaan, maka diambil hasil pengukuran rata-rata. Catat hasilnya pada tank ticket. Laporkan pada atasan bila setelah 3 kali pengukuran menunjukkan hasil selisih lebih dari 3 mm.	- terjatuh, terpeleaset, tergores	2	3	medium	Petugas memegang pita ukur dengan tangan kiri dan memutar luas dengan tangan kanan berlawanan arah jarum jam. Agar posisi pita ukur stabil, tempelkan jari telunjuk tangan kiri pada pita ukur dengan bibir lubang ukur. Gunakan safety gloves atau kuas untuk mengoleskan pasta.	
	- terpapar uap BBM	2	3	medium		
10. Lepaskan klem grounding. Tutup lubang ukur dan bersihkan alat kerja	- terjatuh, tergores	2	2	low	Petugas turun dari tangki melalui tangga dengan berpegangan pada handrail, menggunakan safety shoes dan gloves. Bersihkan pita ukur dengan kain lap. Masukkan kain lap ke tempat sampah B3 apabila akan dibuang	
	- terpapar uap BBM	1	2	low		
ALAT PELINDUNG DIRI YANG DIPERLUKAN						
<ul style="list-style-type: none"> - Sarung tangan - Sepatu keselamatan - Helm keselamatan 						
Catatan:						
Risk Ranking		Probability / Likelihood		SEVERITY / CONSEQUENCE		
Score	Level	Probability	Description	Severity Index	Description	
13-25	High	5 = Frequent	The event is expected to occur frequently	5 = Catastrophic	Death, Permanent serious env. damage, Multiple fatalities damage, toxic release off site, huge financial loss	
12-6	Medium	4 = Probable	WIR Occur Frequently	4 = Major	Lost Time Accident, permanent/partial disability, non permanent environmental damage, high financial loss	
5-1	Low	3 = Occasional	Occur Several Times	3 = Moderate / Serious	Medical Treatment required/work restriction, high financial loss, on site release contained with outside assistance	
		2 = Unlikely	Unlikely, but can reasonably be expected to occur	2 = Minor	First Aid Treatment, on site release immediately contained medium financial loss	
		1 = Improbable	Unlikely to occur, but possible	1 = Negligible	No effecting work performance. No injury, low financial loss	










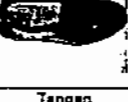


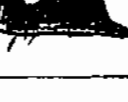
Hasil Pengukuran Persentase LEL di Atas Tangki Timbun BBM

Tanggal	Jam	No. Tangki/Produk	Suplai	Flow Rate	Pressure	Level Awal	Temp	Arah Angin	Hasil Pengukuran		Jarak (cm)	
									LEL/HC	O2	X	Y
15.05.10	12.30	10/Premium	PMB	900	4 kg/cm ²	9449 mm	30 C	Selatan	19	20.9	200	100
									39	20.4	180	100
									49	20.1	150	100
									+++	20.1	130	100
									+++	20.1	100	100
17.05.10	01.00	3/Pertamax	PMB	700	6 kg/cm ²	6200 mm	29 C	Selatan	5	20.9	700	100
									10	20.9	400	100
									16	20.8	250	100
									20	20.2	200	100
									29	20.2	130	100
26.05.10	10.30	1/Pertamax +	TTB	550	3 kg/cm ²	1590 mm	30 C	Utara	6	20.9	1000	100
									9	20.9	850	100
									17	20.8	540	100
									28	20.2	290	100
									40	20.9	100	100

Hasil Pengukuran MIE untuk BBM Klas I

	V (Volt)	I (Ampere)	Getaran (Hz)	Energi (Joule)	LEL (%)	Kondisi
Premium	10	1	36	0.278	40	TN
	11	1.1	43	0.281	40	TN
	12	1.3	58	0.269	40	N
	10	1	36	0.278	30	TN
	11	1.2	43	0.307	30	TN
	12	1.3	57	0.274	30	N
	10	1	37	0.270	20	TN
	11	1.2	42	0.314	20	TN
	12	1.3	59	0.264	20	TN
Pertamax	10	0.875	39	0.224	40	N
	11	0.95	41	0.255	40	N
	12	1.2	56	0.257	40	N
	10	0.875	36	0.243	30	N
	11	0.95	41	0.255	30	N
	12	1.2	57	0.253	30	N
	10	0.875	39	0.224	20	TN
	11	0.95	47	0.222	20	TN
	12	1.2	57	0.253	20	TN
Pertamax Plus	10	0.95	36	0.264	40	TN
	11	1.025	46	0.245	40	N
	12	1.2	56	0.257	40	N
	10	0.95	38	0.250	30	TN
	11	1.025	45	0.251	30	N
	12	1.2	58	0.248	30	N
	10	0.95	38	0.250	20	N
	11	1.025	44	0.256	20	N
	12	1.2	57	0.253	20	N
	10	0.95	38	0.250	10	TN
	11	1.025	43	0.262	10	TN
	12	1.2	54	0.267	10	TN

Hasil Pengukuran Energi Gesekan Pada Peralatan Kerja

Material	V (Volt)	Corection (Volt)	V Corection (Volt)	Capasitor (F)	Energy (Joule)	Energy/Luasan (Joule/m ²)	Energy yang terkandung di permukaan luar dan
Dipstick Stainless 	-0.008	0.0003	-0.0078	0.000001	3.042E-11	7.54839E-09	4.51285E-05
Dipstick Kuningan 	0.0004	0.0003	0.0001	0.000001	5E-15	1.24E-12	7.41757E-09
Bejana Ukur Kuningan 	0.0012	0.0003	0.0009	0.000001	4.05E-13	1.00496E-10	6.00823E-07
Bejana Ukur Stainless 	-6E-04	0.0003	-0.0009	0.000001	4.05E-13	1.00496E-10	6.00823E-07
Salib Sumbu Kuningan 	-0.002	0.0003	-0.0025	0.000001	3.125E-12	7.75434E-10	4.83598E-06
Sampel Can Tembaga 	0.0006	0.0003	0.0003	0.000001	4.5E-14	1.11663E-11	6.67581E-08
Tali Nylon 	-0.009	0.0003	-0.0088	0.000001	3.872E-11	9.60794E-09	5.74416E-05
Tali Cotton 	0.0002	0.0003	-0.0001	0.000001	5E-15	1.24069E-12	7.41757E-09
Baju Operator 	-0.004	0.0003	-0.0041	0.000001	8.405E-12	2.08561E-09	1.24689E-05
Safety Shoes Operator 	0.001	0.0003	0.0007	0.000001	2.45E-13	6.0794E-11	3.63461E-07
Tangan 	0.001	0.0003	0.0007	0.000001	2.45E-13	6.0794E-11	3.63461E-07
Rambut 	0.004	0.0003	0.0037	0.000001	6.845E-12	1.69851E-09	1.01547E-05
Safety Helmet 	0.001	0.0003	0.0007	0.000001	2.45E-13	6.0794E-11	3.63461E-07



Standard Test Method for Static Electrification¹

This standard is issued under the fixed designation D 4470; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method covers the generation of electrostatic charge, the measurement of this charge and its associated electric field, and the test conditions which must be controlled in order to obtain reproducible results. This test method is applicable to both solids and liquids. This test method is not applicable to gases, since a transfer of a gas with no solid impurities in it does not generate an electrostatic charge. This test method also does not cover the beneficial uses of static electrification, its associated problems or hazards, or the elimination or reduction of unwanted electrostatic charge.²

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

D 618 Practice for Conditioning Plastics for Testing³

D 5032 Practice for Maintaining Constant Relative Humidity by Means of Aqueous Glycerin Solutions⁴

E 104 Practice for Maintaining Constant Relative Humidity by Means of Aqueous Solutions⁵

3. Terminology

3.1 Definitions:

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D-9 on Electrical and Electronic Insulating Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D09.12 on Electrical Tests.

Current edition approved Sept. 10, 1997. Published February 1998. Originally published as D 4470 – 85. Last previous edition D 4470 – 96.

² Vosteen, R. E., and Bartnikas, R., Chapter 5, "Electrostatic Charge Measurements," *Engineering Dielectric, Vol. II B, Electrical Properties of Solid Insulating Materials, Measurement Techniques*, R. Bartnikas, Editor, ASTM STP 926, ASTM, Philadelphia, 1987.

³ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 08.01.

⁴ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 10.02.

⁵ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 11.03.

3.1.1 *conducting material (conductor), n*— a material within which an electric current is produced by application of a voltage between points on or within the material.

3.1.1.1 *Discussion*—The term "conducting material" is usually applied only to those materials in which a relatively small potential difference results in a relatively large current since all materials appear to permit some conduction current. Metals and strong electrolytes are examples of conducting materials.

3.1.2 *electric field strength, n*—the magnitude of the vector force on a point charge of unit value and positive polarity.

3.1.3 *excess electrostatic charge, n*—the algebraic sum of all positive and negative electric charges on the surface of, or in, a specific volume.

3.1.4 *insulating material (insulator), n*— a material in which a voltage applied between two points on or within the material produces a small and sometimes negligible current.

3.1.5 *resistivity, surface*—the surface resistance multiplied by that ratio of specimen surface dimensions (width of electrodes defining the current path divided by the distance between electrodes) which transforms the measured resistance to that obtained if the electrodes formed the opposite sides of a square.

3.1.5.1 *Discussion*—Surface resistivity is expressed in ohms. It is popularly expressed also as ohms/square (the size of the square is immaterial). Surface resistivity is the reciprocal of surface conductivity.

3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2.1 *apparent contact area, n*—the area of contact between two flat bodies.

3.2.1.1 *Discussion*—It is the area one would calculate by measuring the length and width of the rectangular macroscopic contact region.

3.2.2 *dissipative material, n*—a material with a volume resistivity greater than 10^5 ohm-cm and less than 10^{12} ohm-cm, a resistivity range between conductive and insulating material as defined in this test method.

3.2.3 *real contact area, n*—the regions of contact between two bodies through which mechanical actions or reactions are transferred.

3.2.3.1 *Discussion*—Since real bodies are never perfectly smooth, at least on a microscopic scale, the real contact area of apparently flat materials is always less than the apparent contact area.

3.2.4 *triboelectric charge generation*—the formation, with or without rubbing, of electrostatic charges by separation of contacting materials.⁶

4. Significance and Use

4.1 Whenever two dissimilar materials are contacted and separated, excess electrostatic charge (triboelectric charge) will be found on these materials if at least one of the materials is a good insulator. This excess charge gives rise to electric fields which can exert forces on other objects. If these fields exceed the breakdown strength of the surrounding gas, a disruptive discharge (spark) may occur. The heat from this discharge may ignite explosive atmospheres, the light may fog photosensitized materials, and the current flowing in a static discharge may cause catastrophic failure of solid state devices. Electric forces may be used beneficially, as in electrostatic copying, spray painting and beneficiation of ores. They may be detrimental as when they attract dirt to a surface or when they cause sheets to stick together. Since most plastic materials in use today have very good insulating qualities, it is difficult to avoid generation of static electricity. Since it depends on many parameters, it is difficult to generate static electricity reliably and reproducibly.

5. Apparatus

5.1 *Charging Mechanisms*—The charging mechanisms can be constructed in a variety of ways, and should preferably be made as analogous to the particular application as possible. Some examples of charging mechanisms are described in 5.1.1, 5.1.2, and 5.1.3.

5.1.1 *Powder or Liquids Transported Through Tubes or Down Troughs*—Contact between the specimen and wall of the tube will charge the specimen or the tube, or both. Either the specimen or the tube must be insulating, or partially insulating. When the specimen is separated from the tube, electrostatic charge will be generated. This charge may be measured by catching a known amount of the specimen in a Faraday cage, or the charge remaining on the tube may be measured. A trough may be substituted for the tube and gravity used to effect the movement of the specimen along the trough.

5.1.2 *Webs Transported Over Rollers*—Contact between the web and the roller surface will charge the web if it is an insulator or partial insulator. If the rollers are insulators or partial insulators they will become charged thus lowering, or eliminating, the charge transfer to the web after a period of time. The electric field on the web may be measured with a fieldmeter, or the charge on the web can be measured with a cylindrical Faraday cage if the width of the web is not too large.

5.1.3 *Transport of Insulating or Partially Insulating Sheet Material*—Sheet materials may be transported on air layers, by

sliding down chutes, by vacuum platens, and by pinch rollers. Of these types of transport, pinch rollers and sliding down chutes generate the largest amount of charge. Generally, the better the contact (larger real contact area), the greater will be the charge generated. Pinch rollers are usually a high pressure, small apparent area of contact, leading to a relatively large real area of contact between the sheet and rollers. Sliding serves to multiply the real area of contact over that which would be obtained with a contact without sliding.

5.2 *Electrostatic Charge Measurements*—Fig. 1 shows a block diagram of the typical components necessary for this measurement while Fig. 2 shows a schematic diagram.

5.2.1 *Faraday Cage*—The Faraday cage consists of two conducting enclosures, one enclosed and insulated from the other. The inner enclosure is electrically connected to the shunt capacitors and the electrometer input. It is insulated from the outer enclosure by rigid, very high resistance, insulators which have resistance practically independent of relative humidity (an example is polytetrafluoroethylene (PTFE)). The inner enclosure should be of such construction that the test specimen can be substantially surrounded by it. The outer enclosure is connected to ground and serves to shield the inner enclosure from external fields which could affect the measurement.

5.2.2 *Shunt Capacitors*—Shunt capacitors may be necessary to reduce the measured voltage to a range where it can be read by the electrometer. Such shunt capacitors must have very low leakage insulation relatively unaffected by relative humidity changes (for example, polystyrene). They should be kept short-circuited when not in use and should be protected from high relative humidity.

5.2.3 *Electrometer*—The electrometer voltmeter measures the voltage developed on the Faraday cage and shunt capacitors. The electrometer must have a high impedance (such as 100 TΩ or higher) and a low drift rate concordant with the time of measurement. Electrometers are available with built-in shunt capacitors selected by a range switch. Electrometers are also available with negative feedback circuits which minimize the effect of input capacity. These circuits reduce the input voltage drop to nearly zero minimizing the effects of leakage of charge to ground and polarization of insulators.

5.2.4 *Display Unit*—The display unit indicates the voltage developed on the electrometer. If the input capacitance is known and does not vary, or if negative feedback is used, the display unit may be calibrated to measure the charge on the Faraday cage directly. The unit may be a meter showing the instantaneous value or it may be more complicated equipment, such as a strip chart recorder giving a reading as a function of time. The electrometer and display unit may be combined in one instrument.

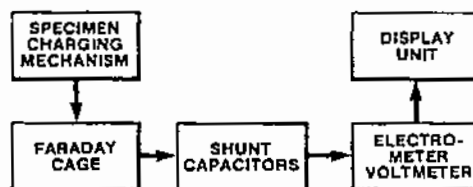


FIG. 1 Block Diagram of Apparatus for Measurement of Electrostatic Charge

⁶ Shashoua, V. E. "Static Electricity in Polymers: Theory and Measurement," *Journal of Polymer Science*, Vol XXXIII, 1958, pp 65-85.

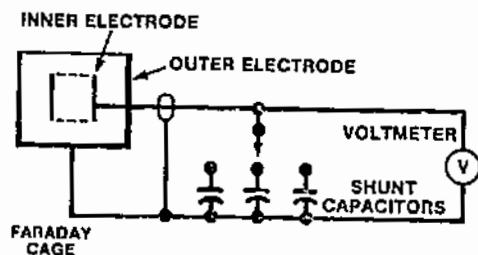


FIG. 2 Schematic Diagram

5.2.5 Electrical Connections:

5.2.5.1 Connections to Faraday Cage—Connections from the inner enclosure of the Faraday cage to the shunt capacitors and the electrometer must be highly insulated and well shielded from external electric fields. They should be stable in time and in the different ambient conditions in which measurements are made. Preferably, they should be rigid, although shielded cable may be used if it is low noise cable where flexing will not lead to the generation of static charge between the shield and the insulation of the cable. When using cable or rigid connections, the capacitance of these must be taken into account when calculating or measuring the capacitance of the input system, unless using an electrometer with negative feedback.

5.2.5.2 Connections to Display Unit—No special connecting wires are normally necessary between the electrometer output and the display unit. Manufacturer's recommendations should be followed when connecting an external display unit to the electrometer output.

5.3 Electric Field Strength Measurements—The diagram of Fig. 3 illustrates the major parts of a commercially available rotating vane fieldmeter. A commercially available vibrating plate fieldmeter is illustrated in Fig. 4. The setup required for calibration of a fieldmeter is shown in Fig. 5.

5.3.1 Rotating Vane Fieldmeter—In Fig. 1 an electrostatically charged material placed at a known distance from the sensing unit will induce electrostatic charge in the face of the sensing unit, the rotating vane, and the fixed sensor plate. When the rotating vane covers the sensor plate, the induced charge in the sensor is small. When the opening in the rotating vane is opposite the sensor, the induced charge in the sensor is a maximum. Thus the rotating vane produces a periodically varying electrical signal on the sensor plate. This signal is amplified, processed, and read on a suitable display unit. These fieldmeters can be made polarity-sensitive by inducing a charge of known polarity on the sensor with an internal source or by phase detection circuitry. Efforts must be made to

adequately shield the sensor and associated circuits from noise generated by the motor driving the rotating vane.

5.3.2 Vibrating Plate Fieldmeter—In Fig. 2 a vibrating sensor plate is enclosed in a sensing unit. A charged material placed in front of the sensing unit induces a charge in the face plate and in the sensor. As the sensor moves away from the charged material, less charge is induced on the sensor. As it moves toward the charged material, more charge is induced on the sensor. This produces a periodically varying electrical signal on the sensor plate. This signal is amplified, processed, and read on a suitable display unit. Charge polarity is determined by phase detection circuits. Again, the sensor and associated circuits must be adequately shielded from noise generated by the driving mechanism.

5.3.3 Display Unit—The display unit may contain the power switch, circuits to process the signal (amplifiers, rectifiers, phase detectors, and the like), and a meter showing the instantaneous value of the electric field. Alternatively, a strip chart recorder giving a reading as a function of time may be used.

6. Test Conditions

6.1 Static electrification depends upon many parameters. To obtain reproducible results apparatus must be constructed to control all the measurable parameters and to keep all the unmeasurable parameters constant. The known parameters are as follows:

6.1.1 Cleanliness of Material Surfaces—Static electrification of contacting materials is a surface phenomenon. Thus, the surfaces must be kept in an uncontaminated state. Since contamination is very difficult to measure, efforts should be made to keep the surfaces clean. Storing samples under constant ambient conditions, such as temperature and relative humidity, is a must. Introduction of different gases into the air where they can be adsorbed on the surfaces has been known to change the results of an electrification test. Dirt particles settling on one or more surfaces can alter the results. Even contact to another surface during a test can alter a surface and give nonreproducible results in subsequent tests. Sometimes, it is better to use new samples from a sufficiently uniform material than to re-use samples. "Cleaning" of a surface with solvents rarely cleans the surface. It probably produces a uniform, reproducible, state of contamination, however. Thus, cleaning with solvents should be considered as a means of obtaining reproducibility in a test.

6.1.2 Real Area of Contact—Charge is transferred only at the points of real contact. Any test parameter that affects the

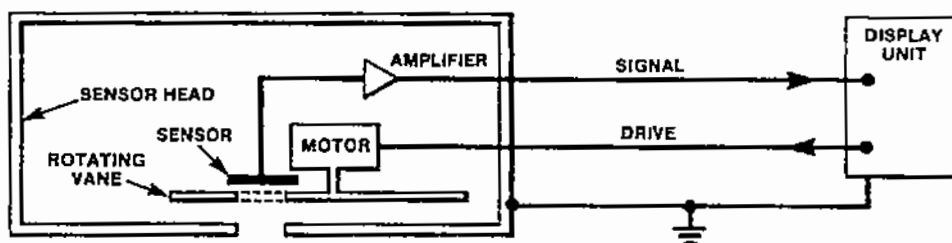


FIG. 3 Rotating Vane Fieldmeter

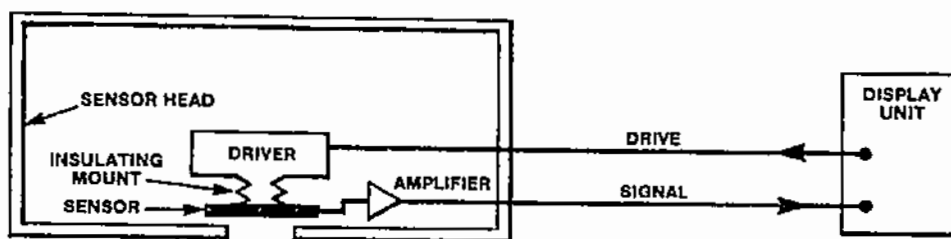


FIG. 4 Vibrating Sensor Fieldmeter

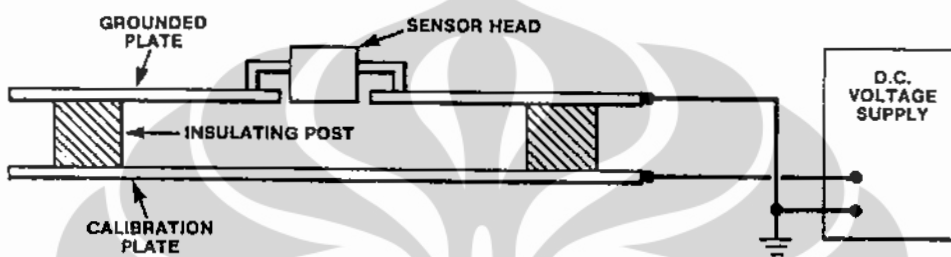


FIG. 5 Calibration Fixture

real area of contact between surfaces, such as pressure, must be controlled. Slip between surfaces during the making or breaking of contact must be minimized or measured so it can be made reproducible. Roughness of surfaces can alter the real contact area and hence the charge transfer, so one must be careful to test surfaces of approximately the same roughness or under conditions (such as high pressure or long time of contact) where surface roughness has less affect.

6.1.3 Time of Contact—Electrostatic charge is transferred almost instantaneously at the points of real contact. As time goes on, charge can flow from the contact areas to the noncontact areas and into the bulk of the specimen. Also, some materials undergo plastic deformation under pressure which can produce a time dependent increase in real contact area. Plastic deformation often depends upon temperature and adsorbed water, which is another reason for controlling these parameters.

6.1.4 Rapidity of Separation—As two contacting materials are separated, transferred charge can tunnel back to its origin. This process occurs rapidly up until a certain separation distance between two points is achieved. This separation distance is unmeasurable and probably does not change much with speed of separation. However, if the surfaces or volumes are partial insulators, charge can flow from a broken contact point to an unbroken point and hence back to its origin. This means that for partially insulating materials, such as some webs being transported over rollers, the charge on the web will be a function of the web resistivity and the web velocity as it leaves a roller.

6.1.5 Electric Fields—Since charge transfer is a movement of charged particles, electric fields can affect the movement. Electric fields can exist because of other charged objects in the vicinity of the test. They also exist by virtue of any excess charge on a contacting surface before a test contact is made. Elimination of external fields can be accomplished by removing all insulators from the region of the test or by shielding the test area from external fields (remember that a person may

become charged and produce external fields). Eliminating the effects of excess charge may not be so easy. Radioactive and corona dischargers can be used to get rid of most of the charge but rarely eliminate all of it. Also, elimination of excess charge on a sheet with these dischargers may not neutralize the charge but instead may lead to "polar" charge. Polar charge exists when one side of the sheet has excess charge of one polarity and the other side has an equal excess charge of the opposite polarity. Very high charge densities can exist in a polar configuration with little measurable external field. Usually polar charges can be detected by placing the sheet on a grounded metal plate and bringing an insulated metal plate connected to an ungrounded electrometer into contact with the other side of the sheet. An electrostatic field measuring or noncontacting voltage measuring instrument of sufficient sensitivity may also be used.

Note 1—One must also be aware of contact potential differences between metals that affect charge transfer. If one uses a thin insulating sheet mounted on metal, and uses a different metal to contact the surface of the sheet, the contact-potential difference between the metals may affect the charge transfer between the metal and insulator.

7. Test Specimens

7.1 The form and size of test specimens is largely determined by the end use of the material or other practical considerations. Since this test method has a wide range of applicability (solids in various forms and liquids), specimen preparation guidelines are, of necessity, general. Depending upon the mode of charging, use specimens of equal sizes for comparison. Test five specimens of each composition. Keep the specimens free of contamination. When using specimens for repeated contacts, recognize and take into account the probability of the results being affected by contamination. When cleaned with solvents, recondition the specimens after cleaning and before further testing.

8. Calibration and Standardization

8.1 Calibration of Charge Measuring Apparatus:

8.1.1 Calibrate the electrometer and associated readout equipment to the desired accuracy by applying a precision voltage source to the electrometer input. Accomplish this with the cage and shunt capacitors disconnected, if possible, to avoid polarization of the insulators of these components.

8.1.2 The capacitance, C , of the system consists of the parallel combination of the capacitance of the cage, the shunt, the connecting lines, and the electrometer, in farads, as follows:

$$C = C_c + C_s + C_l + C_e \quad (1)$$

where:

- C_c = capacitance of the cage,
- C_s = capacitance of the shunt,
- C_l = capacitance of the connecting lines, and
- C_e = capacitance of the electrometer.

With standard audio frequency bridges, $C_c + C_s + C_l$ can be readily determined. Some electrometers permit a similar measurement of C_e , otherwise, C_e must be taken from the instruction manual or special procedures. For example, a charge decay rate measurement or a charge sharing measurement must be used for determining C_e experimentally. Electrometers having feedback circuits minimize the effects of external capacitance so only the capacitance of the electrometer need be measured. After calibration, or before using the instrument after turning it on, the drift rate should be checked to make certain it is within manufacturer's specifications.

8.2 Calibration of Fieldmeters—Calibrate the fieldmeters by placing the sensing unit in a hole in a large grounded plate so that the surface of the sensing unit is flush with the surface of the plate, as shown in Fig. 5. A second plate to which a voltage can be applied is placed parallel with and at a known distance from the first plate. The plates should be large enough to ensure a uniform field in the region of the sensing unit (usually a plate with dimensions five to ten times the dimensions of the sensing unit suffices). Different voltage levels applied to the second plate result in corresponding readings on the display unit. The field strength is determined by dividing the voltage on the plate by the spacing between the plates. The gain of the amplifier should be adjusted to achieve the correct field strength reading on the display unit.

9. Conditioning

9.1 Condition test specimens at constant relative humidity and temperature, in accordance with Practice D 618, because charge generation varies widely with the moisture content of a material. The conditioning time required depends on the rate of adsorption of moisture and the thickness (or mass) of the specimen. Since there is a hysteresis effect on conditioning of many materials, the moisture content of a specimen also depends on whether the material was wetter or dryer than the conditions of the test. Specimens should be dryer than the specified test condition before conditioning. Equally condition specimens for at least 24 h at the specified relative humidity before testing. Make the measurements at the end of the conditioning time in the conditioning environment.

10. Procedure

10.1 *Electrostatic Charging*—Because of the wide variety of material shapes and charging mechanisms, the procedure shall be determined by the experimenter. Careful notes of the procedure should be maintained and included in the report.

10.2 Measurement of Electrostatic Charge:

10.2.1 *Small Specimens*—Measure electrostatic charge on small specimens by dropping them into a Faraday cage in the form of two cups with a small opening on top of the inner cup, and a lid which can be closed on the top of the outer cup. The inner cup should be of sufficient depth so that the depth is large when compared with the opening in the cup and with the height of the specimen (or specimens) from the bottom of the cup.

10.2.2 *Large Specimens*—Measure electrostatic charge on portions of large specimens which cannot be totally enclosed by a Faraday cage (such as long webs) by using two concentric cylinders enclosing the portion of the specimen to be measured. The outer cylinder should be longer than the inner cylinder, and guard cylinders of the same size as the inner cylinder should be placed at each end of the inner cylinder to shield it from electrostatic charge on portions of the specimen outside the inner cylinder.

10.2.3 *Liquids*—Liquids can be caught in a cage similar to the one used for small specimens. The inner cup should have a larger depth than the depth of the liquid in order to substantially capture all the field due to the charged liquid.

10.3 *Electric Field Measurement*—Measure the electric field by positioning the sensor head at a location where a measurement is desired, then slightly orient the head for maximum response and read the display unit. The value of field strength read is that at the front plate of the sensor head and its dominant direction is perpendicular to the plane of the front plate.

11. Interpretation of Results

11.1 Electrostatic Charging:

11.1.1 *Large Solid Samples*—The real area of contact between two surfaces usually is not known. Thus, the true charge density at the points of contact cannot be determined. Where the real contact area is an appreciable fraction of the apparent contact area, and where there is reason to believe that this fraction does not appreciably vary from one test to another (under constant pressure, for example), charge density averaged over the whole contact area may be used for comparison purposes.

11.1.2 *Powders and Liquids*—Charges on powders and liquids separating from a wall are usually measured relative to their volumes or mass. A given mass of the specimen is caught in a Faraday cage and the charge measured. Charge density can be reported in terms of mass. If the density of the material is known, charge density can be converted to charge per unit volume. In some cases where the ratio of surface area to volume is known and constant, the charge per unit area can be reported. Liquid charge density is always reported in terms of mass or volume.

11.2 *Electric Field Measurements*—Since the fieldmeter disturbs the field it is measuring by its presence in that field, the reading is usually not the field strength which is present when

the fieldmeter is removed, nor is it the field strength at the location if the position of other nearby grounded objects is altered. Thus, although the measurement is accurate and can be made with high precision, the quantitative interpretation in terms of other quantities, such as excess electrostatic charge density, may be extremely difficult. Various cases should be distinguished.

11.2.1 *Large Conducting Sheets*—The field for this case is uniform inside the gap and perpendicular to the surfaces if the sheets are parallel. If the front face of the sensor is one of the parallel surfaces, and if the face is large compared to the sensor opening in the face, the field will be nearly uniform at the hole and the reading will vary with the reciprocal of the spacing between the plates. This is similar to the method of calibration and can be used to check the calibration if a calibration setup is not readily available.

11.2.2 *Large Insulating Sheets*—If the sensor face is large compared to the sensor opening, the field will be nearly uniform at the hole. In this case, however, the field varies very little with spacing, provided that the dimensions of the sheet are large compared to the spacing between the sensor and the sheet, and as long as there are no other grounded objects in the vicinity to affect the field. Quantitative interpretation of the data can be fairly accurate in this case.

11.2.3 *Large Partially Insulating Sheets*— If the sheets are not moving, charge will redistribute on the sheet in the vicinity of the grounded sensor head. This will cause the reading to vary both in time and spacing. If the sheet is moving at a constant speed there will be an equilibrium distribution of charge on the sheet which will take some time to establish. The reading in this case can vary with distance and with time until the equilibrium distribution is established. Quantitative interpretation of the data can be highly *inaccurate* in this case.

11.2.4 *Arbitrarily Shaped Conductors*— Quantitative interpretation of the data requires computation of the field distribution. This is possible in many cases; one example is a charged conducting sphere and a ground plane. In this case, the field strength depends on the spacing between the sphere and the plane. Other regular shaped conductors are possible but irregular shapes can only be approximated at best.

11.2.5 *Arbitrarily Shaped Insulators*— By superposition of their coulomb fields, the field at the sensor can, in principle, be calculated. Thus, by going backwards, a measurement of the field can lead to the (assumed) distribution of charges on the insulator. However, if the distribution is not uniform or if field distortion due to the sensor or other nearby grounded conducting objects is not taken into account, or both, fairly large errors may be encountered. The change of field reading with spacing can often help in minimizing these errors. Field and charge calculations cannot be generalized since geometry of the measuring situation is very important.

11.2.6 Qualitative measurements of the field strength can be made without need to calculate the field distribution. These measurements are then highly reliable for comparison purposes. For example, measurements of the field on a moving web can be compared from day to day, under different charging conditions, and for different materials under the same charging conditions.

12. Report

12.1 Report the following:

12.1.1 Identification of composition and size of the specimen,

12.1.2 Sample preparation procedures indicating the conditioning times and any cleaning procedures used (include sample resistivity, if known),

12.1.3 Description of apparatus or method of test, including geometry of measurement situation(s) and a model of commercial equipment used if pertinent to the test. Also include calibration procedure and elapsed time between calibration and measurement,

12.1.4 Range of parameters used in test, including the ambient conditions of the test along with their variability. For instance, temperature may be $20 \pm 1^\circ\text{C}$ and relative humidity may be $50 \pm 2\%$. If any known parameters were uncontrolled or their variation was unknown this should be stated. Parameters include pressure between contacting surfaces, time of contact, rapidity of separation, amount of rubbing (length of rubbed surface) if any, length of tubing, velocity of flow of a liquid or powder, and the like, and

12.1.5 Magnitude and polarity of the average charge density or electric field on five or more identical specimens with standard deviation, or with the range of charging on the specimens in absolute values or as a percentage variation of the average.

13. Precision and Bias

13.1 The overall precision of the measurement is determined by (1) inherent instrument errors, (2) calibration errors, and (3) technique related errors.

13.1.1 The precision and bias of the measuring instruments is usually 5% or better and is usually specified by the manufacturer for commercial instruments.

13.1.2 Calibration errors are dependent on the stability of the calibrating voltage source, bias of the associated voltage and capacitance measuring equipment, and bias of spacing and related geometry of the test setup. Overall precisions of $\pm 2\%$ or better are possible.

13.1.3 Technique related errors are difficult to assess and can greatly exceed instrument and calibration errors. Careful attention to details of geometry and other relevant variables is essential to minimize this error. The precision and bias of the test method is largely determined by the method employed and the skill of the investigator. Many investigators have claimed reproducibility of the tests in their laboratory of 20% or better. There is insufficient data to determine if this reproducibility can be obtained from one laboratory to another in a wide variety of tests.

14. Keywords

14.1 apparent contact area; charge generation; charge measurement; charging mechanism; conducting material; conductor; contact area; electric charge; electric field; electric field strength; electrometer; electrostatic charge; electrostatic charge generation; excess electrostatic charge; Faraday cage; field meter; insulating material; insulator; partial conductor; partial insulator; real contact area; resistance; surface; rotating vane

field meter; surface resistance; static electrification; vibrating plate field meter

APPENDIXES

(Nonmandatory Information)

X1. PRINCIPLES INVOLVED IN METHOD

X1.1 Charge Measurement

X1.1.1 One of Maxwell's equations for static (time independent) phenomena can be written as follows:

$$\oint \epsilon \vec{E} \cdot d\vec{S} = Q \quad (X1.1)$$

where:

ϵ = dielectric permittivity,
 E = electric field strength vector, and
 Q = charge.

The integral is taken over the enclosed surface, S , surrounding the volume which contains Q . Therefore, the charge can be measured by a determination of the field strength.

X1.1.2 The most common way of determining \vec{E} is the measurement of the voltage, V , between two surfaces (electrodes), each of which is an equipotential surface, separated by a distance l , as follows:

$$V = - \int_2^1 \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (X1.2)$$

The negative sign is chosen in accordance with the convention that the field vector is directed outward from a positive charge.

X1.1.3 The capacitance, C , between electrodes 1 and 2 is defined as follows:

$$Q = CV \quad (X1.3)$$

Thus, independent measurements of C and V determine the charge. Corrections will have to be applied when the surface integral in X1.1.1 is not taken over a closed surface, and when the field configuration in X1.1.2 is changed by the presence of a specimen holding electrostatic charge.

Note X1.1—When using a Faraday cage to measure electrostatic

charge, it is essential that the specimen be surrounded by the inner electrode. However, it is not essential that they touch; the "induced" charge on the can has the same magnitude as that on the specimen.

X1.2 Electrostatic Charge Transfer

X1.2.1 When two bodies with work functions W_1 and W_2 , respectively, contact each other over an apparent area, A , electrostatic charge $Q = \alpha A (W_1 - W_2)$ is transferred across the interface as required to establish thermodynamic equilibrium. Here, α is a constant of proportionality. When the contact is broken, the charge will tend to return, thus decreasing the charge transferred and tending to neutralize the bodies.

X1.2.2 Materials with a time constant for charge flow $\tau = \rho\epsilon$ (where ρ is the volume resistivity) will not come to equilibrium when contact is made and broken in an interval $\Delta t \ll \tau$. A charge $Q = \beta A (W_1 - W_2)$ will remain on one body after contact break while the other body will retain charge $-Q$. The constant β is less than α in X1.2.1 because the dynamical behavior of the system.

X1.2.3 Electrostatic charge transfer can also occur when there is no difference in work functions (such as in cleavage of solids or breaking of water droplets). When this occurs the charging can be random and is usually of much smaller magnitude than that caused by the mechanism of X1.2.1.

X1.2.4 Preferential absorption of ions at surfaces can also lead to transfer of electrostatic charge. This mechanism is found mostly at liquid surfaces and on solids having absorbed layers of ions, for example, under conditions of high humidity.

X1.2.5 Electrons and ions can be deposited on gas - solid and gas - liquid interfaces when the gas sustains an electric discharge. For example, electrostatic charging near corona electrodes is a common phenomenon.

X2. DRIFT IN CHARGE MEASUREMENTS

X2.1 Drift In Charge Measurements

X2.1.1 Drift, that is, change in zero level, can occur in these systems for several reasons:

X2.1.1.1 The electrometer may not have a stable zero and may be influenced by line transients.

X2.1.1.2 Insulators holding the inner Faraday cage electrode inside the outer electrode, and the dielectric material used in shunt capacitors, connectors from cage to electrometer, and the like, may have a voltage regain caused by dielectric absorption (trapped charge, relaxation of polar molecules, and the like).

X2.1.1.3 At high sensitivities, charge resulting from cosmic ray showers and background radioactivity may tend to neutralize the charge on the Faraday cage.

X2.1.1.4 Charge leakage may occur along or through the insulators mentioned in X2.1.1.2, especially if the relative humidity is high.

X2.2 Measurement of Drift

X2.2.1 When the charge is measured on a specimen that is suspended in a Faraday cage without touching the inner

electrode, the drift in the measurement system can be measured and corrected by withdrawing the specimen from the cage. The residual value indicated by the electrometer corresponds to the amount of drift that has occurred in the measurement system during the measurement. Temporarily shorting the electrometer input (with the specimen still outside the cage) and subsequent reinsertion of the specimen will give a measurement corrected for the instrumentation drift. Any difference between the first measurement and second measurement will have been caused by loss of charge from the specimen.

X2.2.2 Fig. X2.1 shows the general drift behavior of a specimen suspended on a support with finite resistance compared to one suspended on a support with infinite resistance (assuming no loss of charge due air ionization as discussed in X2.1.1.3). Fig. X2.2 shows the general drift behavior of the measurement system and clarifies the procedure for correction of instrumentation drift.

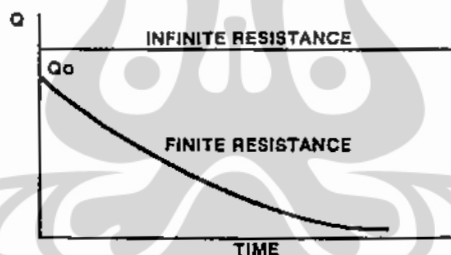


FIG. X2.1 Charge on Specimens with Infinite and Finite Resistance Held in Ground Clamps without Touching the Inner Electrode

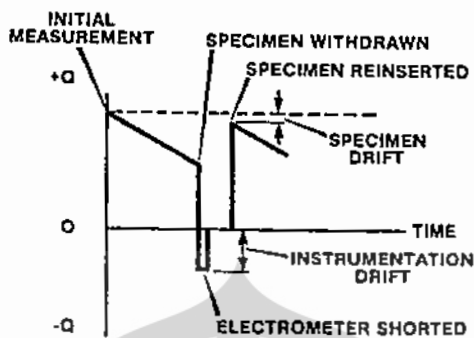


FIG. X2.2 General Drift Behavior of Instrumentation and Specimen

X3. SPECIMEN CONDITIONING FOR ELECTROSTATIC MEASUREMENTS

X3.1 There are many factors that influence electrostatic charging and the measurement of electrostatic charge. Some of the important factors are: quantity and physical form of the material, chemical composition, and moisture equilibrium state. For some materials, ultimate moisture equilibrium is reached only after long periods of conditioning, perhaps many weeks, mainly due to inherent moisture loss-regain characteristics. Thick sheets, for example, take a much longer time to condition than thin films, and materials with high affinity (or absorptive capacity) for water take longer than those with low affinity. Finely powdered materials, liquids, and composite structures behave differently from thin porous textiles. The aim, however, is not necessarily always for ultimate equilibrium at the specified relative humidity conditions, but it is, at least, for conditioning conducive to valid and reproducible comparative results. Further, not only is it important to condition specimens properly at the required relative humidities prior to the test, but the test should be conducted in the same conditioning environment.

X3.2 It is well known that electrostatic effects are much more pronounced under dry, than under even mildly humid conditions. Some experimental work on polymers and natural materials has shown that in the range of 10 to 50 % relative humidity, half life of charge decay is expressible as follows:

$$\tau_{rms} = \tau_0 e^{-\beta H} \quad (X3.1)$$

where:

- τ_{rms} = root mean square half life of charge decay,
- H = relative humidity,
- τ_0 = half life of charge decay at 0 % relative humidity, and
- β = slope of the curve. ⁶

X3.2.1 Accordingly, in order to obtain similar information, or at least to take cognizance of the effect of relative humidity change, it is suggested that specimens be conditioned, and electrostatic-charge measurements be made at no less than two widely separated relative humidities, at constant temperature. Practical considerations favor conditioning in the following two environments: (1) preferably 20 ± 2 % relative humidity, 23 ± 2°C, (2) preferably 50 ± 2 % relative humidity, 23 ±

2°C. As a precaution against variation in moisture equilibrium, in some materials, with direction of approach (from wetter or drier condition), specimens should be preconditioned for 2 days in a desiccator before the 20 % relative humidity conditioning period. Other relative humidities may be substituted, depending on specific end-use requirements. However, the relative humidities, temperatures, and times of conditioning should be clearly stated in the test results, in accordance with the recommendations of Practice D 618.

X3.3 The conditioning period required varies with specimen size and material. For direct comparisons, identical exposure times and nearly identical specimen geometries are recommended. The following guide lines are suggested:

X3.3.1 Sheet materials up to 1.5 mm in thickness should be conditioned for a minimum of 24 h at each of the test humidities: 20 % and 50 %.

X3.3.2 Sheets 1.5 to 6.5 mm in thickness, composite structures, heavy textiles, and fine powders (preferably spread out in thin layers) should be conditioned for a minimum of 72 h, and,

X3.3.3 Exceptional materials (over 6.5 mm thick, high affinity for moisture) should be conditioned for 7 days (Note X3.1). The proper exposure of the specimen to the conditioning environment is an important consideration. Sheets, for example, should be suspended so as to be exposed on all sides, and powdered materials should be spread in thin layers on shallow trays.

Note X3.1—Liquids and gases present a different conditioning situation in which chemical drying methods may have to be utilized to obtain desired test moisture levels.

X3.4 Specimen form and size are largely guided by end use factors and apparatus available for tests. Specimen sizes for yarns, continuous filaments, and powdered or granular materials may be regulated on the basis of mass or volume. Generally five specimens of each composition or modification should be tested. All specimens must be clean and kept uncontaminated during conditioning and measurement. Residual or initial electrostatic charges on test specimens may be nearly all removed by means of a radioactive static eliminator prior to charging the specimens for measurement.

X3.5 Commercial cabinets of various sizes are available for relative humidity conditioning of specimens. An alternative facility may be provided in which a saturated-salt solution is used to maintain constant humidity in an enclosed space. This method is described in Recommended Practice E 104.⁷ A

relative humidity of 20 % at 23°C may be obtained with potassium acetate ($\text{KC}_2\text{H}_3\text{O}_2$) and of 51 % with calcium nitrate, ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). Relative humidity conditioning can also be obtained with an aqueous glycerin solution as described in Practice D 5032.

⁷ Additional tables of salts and corresponding relative humidities may be found in the following: Weast, R. C., *Handbook of Chemistry and Physics*, Chemical Rubber Publishing Co, and Lange, N. A., *Handbook of Chemistry*, McGraw Hill.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).



Designation: E 582 – 88 (Reapproved 1999)



Standard Test Method for Minimum Ignition Energy and Quenching Distance in Gaseous Mixtures¹

This standard is issued under the fixed designation E 582; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method covers the determination of minimum energy for ignition (initiation of deflagration) and associated flat-plate ignition quenching distances.² The complete description is specific to alkane or alkene fuels admixed with air at normal ambient temperature and pressure. This method is applicable to mixtures of the specified fuels with air, varying from the most easily ignitable mixture to mixtures near to the limit-of-flammability compositions.

1.2 Extensions to other fuel-oxidizer combinations, and to other temperatures and pressures can be accomplished with all the accuracy inherent in this method if certain additional conditions are met: (a) mixture stability and compatibility with bomb, seal, and other materials is established through time tests described in Section 9; (b) the expected peak pressure from the test is within the pressure rating of the bomb (established as required by the particular research laboratory); (c) spark breakdown within the bomb is consistent with Paschen's law for the distance being tested; (d) the temperature, including that of the discharge electrodes, is uniform; and (e) if the temperature is other than ambient, the energy storage capacitance required is less than about 9 pF.

1.3 This method is one of several being developed by Committee E-27 for determining the hazards of chemicals, including their vapors in air or other oxidant atmospheres. The measurements are useful in assessing fuel ignitability hazards due to static or other electrical sparks. However, the quenching distance data must be used with great prudence since they are primarily applicable to the ignition stage and therefore, represent values for initial pressure and not the smaller values existing at higher pressures.

1.4 *This standard should be used to measure and describe the properties of materials, products, or assemblies in response to heat and flame under controlled laboratory conditions and should not be used to describe or appraise the fire hazard or fire risk of materials, products, or assemblies under actual fire*

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee E-27 on Hazard Potential of Chemicals and is the direct responsibility of Subcommittee E27.04 on Flammability and Ignitability of Chemicals.

Current edition approved Jan. 29, 1988. Published March 1988. Originally published as E 582 – 76. Last previous edition E 582 – 76(1981).

² Litchfield, E. L., Hay, M. H., Kubala, T. S., and Monroe, J. S., "Minimum Ignition Energy and Quenching Distance in Gaseous Mixtures," BuMines, R. L. 7009, August 1967, 11 pp.

conditions. However, results of this test may be used as elements of a fire risk assessment which takes into account all of the factors which are pertinent to an assessment of the fire hazard of a particular end use.

1.5 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. Specific safety precautions are listed in Section 5.*

2. Summary of Method

2.1 Known quantities of stored electrical energy are discharged into a known fuel-air mixture at a known spark-gap length. Visual inspection indicates whether the mixture is ignited and flame propagates through the test reaction vessel. Sufficient tests are conducted to determine the minimum ignition energy versus stoichiometry and flat-plate ignition quenching distance versus stoichiometry for the mixture under investigation.

3. Significance and Use

3.1 The minimum energies provide a basis for comparing the ease of ignition of gases. The flatplate ignition quenching distances provide an important verification of existing minimum ignition energy data and give approximate values of the propagation quenching distances of the various mixtures. It is emphasized that maximum safe experimental gaps, as from "flame-proof" or "explosion-proof" studies, are less than the flat-plate ignition quenching distances.

4. Apparatus

4.1 *Reaction Vessel*—The recommended reaction vessel is manufactured according to the specifications of Fig. 1 and Fig. 2. This is a spherical vessel, manufactured of Type 304 stainless steel, and passivated after machining. The spherical geometry maximizes the useable spark-gap length for a given vessel volume. The reaction vessel provides for opposed mounting of the spark electrodes which permits rapid and convenient variation of the gap length without the necessity for opening the vessel. The input orifice (Fig. 2, Section A-A) is located so that the gases are introduced approximately tangentially to the vessel walls, thus providing a turbulent swirling motion that facilitates mixing. A sight glass permits direct

good quality and suitable to the service.

5. Safety Precautions

5.1 If the recommendations of 4.3 are followed, there are no high-voltage hazards. The normal 60-Hz supply line hazards exist as always when equipment is operated from such lines. In the interest of stability, it is desirable to have the high-voltage power supply and electrometer voltmeter turned-on continuously during a normal working period. In this case, the voltage output control of the power supply should be turned to its minimum value except during the actual test. The two spark electrodes should be shorted together by two clips and a short piece of flexible braid. If two insulating inserts are used (4.2), the center of the braid should be connected to the metal of the reaction vessel.

5.2 Normal pressure vessel problems exist, therefore, the sight glass must be in good condition and adequately sealed; and the bolts holding the two parts of the bomb together and the insert-retaining rings must be in place and tightened. Care must be given to the preparation of the gas mixture. The two components must not be permitted to mix in the supply lines, both for reasons of personnel safety and to ensure a mixture of known composition.

6. Preparation of Apparatus

6.1 Clean the test vessel to remove residues from previous tests or if required by 6.2.

6.2 Verify that the insulation resistance of high-voltage electrode(s) to the reaction vessel walls is at least $10^{12} \Omega$. Disassemble and clean if required.

6.3 Set up the desired test gap in the reaction vessel.

6.4 Determine the desired energy storage capacitance (see Section 8) and set up this value with calibrated electrical capacitors rated for the anticipated test voltage. The smaller values of capacitance should be trimmed with lengths of wire or metal rods.

7. Procedure

7.1 Evacuate the reaction vessel to absolute pressures below 10 mmHg (13.33 Pa).

7.2 Load the desired gas mixture, as determined from the calculations, observing the necessary safety considerations of Section 5. First, add the minor constituent (fuel) to the desired partial pressure of fuel. Close the main valve to the reaction vessel and evacuate the supply lines. Introduce the major component (air) into the supply lines to a pressure greater than that of the fuel in the reaction vessel. Open the main valve and fill the reaction vessel to the desired total pressure, then close the main valve.

NOTE 3—This method of mixing, in conjunction with the mixing orifice in the reaction vessel of Section A-4 of Fig. 2, offers maximum uniformity and accuracy in the prepared gas mixture. When used to prepare vapor-oxidizer mixtures, this method minimizes the possibility of vapor condensation.

NOTE 4—Experimenters desiring to use other techniques of mixture preparation and sample injection should bear the responsibility of establishing the adequacy of those techniques.

7.3 Remove the electrode shunting connections.

7.4 Gradually increase the applied voltage until a spark occurs between the spark gap electrodes. Immediately reduce

the applied voltage. If no ignition is observed, repeat this for about five sparks. If ignition is not observed then proceed as follows:

7.4.1 If breakdown voltage is in accordance with expectations, either increase the energy storage capacitance or the spark gap length, depending upon the purpose of the test, and then repeat 7.4.

7.4.2 If breakdown voltage is not in accordance with expectations, discard the gas mixture, check the test gap, and rework the electrode surfaces, if necessary. Then repeat from 7.2.

7.5 When starting with fuel of unknown ignition characteristics, make initial trials with gaps believed to be in excess of the ignition quenching distance and with storage energies believed to be about ten times the ignition energy of the mixture. Reduction of the gap in successive tests will then establish approximately the ignition quenching gap. Ignitions should be obtained with ease at gaps in excess of the ignition quenching gap and disappear abruptly (usually over a distance of 0.001 to 0.002 in. (0.02 to 0.05 mm)) when the quenching gap is reached. Successive tests, at a gap slightly in excess of the ignition gap will then approximate the minimum ignition energy of the mixture.

8. Calculations

8.1 Calculate the partial pressure of the fuel, F , as follows:

8.1.1 For a 1-atm absolute mixture of fuel and air, the partial pressure of the fuel is as follows:

U.S. Customary Units:

$$F = B/100 \times 760 \quad (1)$$

SI Equivalents:

$$F = B/100 \times 101.3 \quad (2)$$

where:

F = partial pressure of fuel, mmHg or kPa, and

B = volume % of fuel.

8.2 Calculate the time constant, T , of the resistive-capacitive charging circuit as follows:

$$T = RC \quad (3)$$

where:

T = time, s,

R = resistance, Ω , and

C = capacitance, F.

8.3 Calculate the ignition energy, E , stored on the capacitor by an impressed voltage as follows:

$$E = \frac{1}{2} CV^2 \quad (4)$$

where:

E = ignition energy, J,

C = capacitance, F, and

V = voltage, V.

9. Additional Considerations

9.1 Wherever the fuel partial pressure in the mixture exceeds about 80 % of the vapor pressure at ambient temperature, or where the equally energetic other fuels (1.2) are being investigated, confirmatory tests are extremely important. The corroborative tests are designed to ensure that the minimum ignition energy and flat-plate ignition quenching distances are

independent of the time the mixture is held within the reaction vessel before the test is actually conducted. Maximum holding times for these corroborative tests should be about 2 h when the concern is possible fuel condensation; and about ten times the normal preparation and test interval when the intent is to demonstrate that there is no degradation of the test mixture by ambient temperature oxidation reactions.

10. Report

10.1 The report should specify the following:

- 10.1.1 Concentration or stoichiometry of the gas or gas mixture,
- 10.1.2 Test temperature,
- 10.1.3 Minimum ignition energy stored on the capacitor,
- 10.1.4 Minimum ignition energy calculated from the measured voltage and current at the spark gap, if available,

10.1.5 Quenching distance, and

10.1.6 Any changes from standard procedures.

11. Precision and Bias

11.1 Available indications are that reproducibility (and presumably accuracy) of $\pm 10\%$ in minimum ignition energy and $\pm 2\%$ in ignition quenching distance are readily achieved in those instances where results are relatively independent of fuel-oxidizer concentrations. For mixture compositions approaching the limits of flammability, the minimum ignition energy varies so rapidly with mixture composition that reproducibility of the test mixture becomes the limiting and controlling parameter (it is possible that a 0.1% variation in fuel concentration could change the ignition energies by factors of 100 to 1000). The bias of this method has not been established.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).



PT. PERTAMINA (PERSERO)
Direktorat – Pemasaran dan Niaga

Tanggal Pembuatan : Juni 2007
Revisi ke : -
Halaman : 1 dari 9

**MATERIAL SAFETY DATA SHEET
(LEMBAR DATA KESELAMATAN BAHAN)**

1. PRODUK DAN IDENTITAS PERUSAHAAN

NAMA PRODUK : **PREMIUM**
NAMA LAIN : GASOLINE 88
PRODUSEN : PT. PERTAMINA (PERSERO)
Jl. Medan Merdeka Timur No.1A
Jakarta Pusat - Kode Pos 10110
Telepon : 021-79173000
SMS (021) 71113000
Pertamina Contact Centre (PCC) :
Faksimili : (021) 7972177
Email : pcc@pertamina.com



Nomor Telepon Dalam Keadaan Darurat dalam 24 Jam : 021-3816732
Nomor Telepon Informasi MSDS/LDKB : 021-3815578 / 3815504

2. KOMPOSISI / INFORMASI

Hidrokarbon dan Additive

3. PENGENALAN BAHAYA

Standar Komunikasi Bahaya :
OSHA 29 CFR 1910.1200 (berbahaya)

Efek Pemaparan :

Iritasi mata, iritasi saluran pernapasan, pusing, mual, kehilangan kesadaran, kulit kering dan pecah-pecah.

Penghirupan lebih besar dapat menyebabkan kerusakan lever, kehilangan kesadaran dan kematian. Penyalahgunaan (menghirup / menelan), penggunaan yang keliru (misalnya sebagai pelarut, sebagai bahan pencuci) dalam jangka waktu yang lama dapat mengakibatkan efek sistem syaraf/neurologi yang sangat bervariasi, gangguan produksi butir darah merah dan merusak sumsum tulang belakang serta anemia Sistem syaraf yang terganggu dapat mengakibatkan kelelahan, pusing berkepanjangan/kronis, gangguan penglihatan dan pendengaran. Efek ini perlu dihindarkan, dapat terjadi di tempat / lingkungan pendistribusian, misalnya pada Instalasi/Depot/Terminal Transit, Stasiun Pengisian Bahan Bakar untuk Umum dan lain-lain.

Data Tanggap Darurat :

Cairan mudah terbakar.



**4. TATA CARA
PERTOLONGAN PERTAMA**

Kontak Mata :

Bilas mata sebanyak-banyaknya dengan air. Bila terjadi iritasi pada mata segera berobat ke dokter.

Kontak Kulit:

Cuci area yang terkena dengan sabun dan air. Cucilah pakaian yang terkontaminasi sebelum digunakan kembali.

Terhirup:

Hentikan / hindari pemaparan selanjutnya. Bila terjadi iritasi saluran pernapasan, pusing, tidak sadar, maka segera cari pertolongan tenaga kesehatan atau segera panggil dokter. Bila terjadi HENTI NAPAS, lakukan RESUSITASI DARI MULUT KE MULUT.

Tertelan :

Bila tertelan, segera berikan 1 sampai 2 gelas air dan kemudian segera panggil / bawa ke dokter, Instalasi Gawat Darurat atau pusat pelayanan medis lainnya

PERHATIAN:

Jangan sekali-kali merangsang efek muntah atau memberikan sesuatu pada penderita yang tidak sadarkan diri.

Catatan untuk Dokter :

Bahan yang tertelan kemungkinan dapat terserap ke dalam paru-paru yang dapat mengakibatkan gangguan paru-paru / pneumoconiosis kimiawi, sehingga perlu penanganan yang tepat.

**5. TATA CARA
PENANGGULANGAN
KEBAKARAN**

Media Pemadam Kebakaran :

Karbon dioksida, dry chemical dan foam

Prosedur Khusus Pemadam Kebakaran :

- a. Karbon dioksida :
Semprotkan pada pangkal api searah dengan angin
- b. Dry Chemical :
Semprotkan pada pangkal api searah dengan angin
- c. Foam / Busa :
Bila dalam suatu wadah semprotkan busa pada dinding bagian dalam jangan pada cairan yang terbakar, searah dengan angin dan bila hanya suatu ceceran semprotkan pada pangkal api sampai semua terselimuti searah dengan angin.



	<p>Alat Pelindung Khusus :</p> <p>Untuk kejadian kebakaran pada area yang relatif tertutup, maka orang yang melakukan pemadaman kebakaran harus menggunakan Self Contained Breathing Apparatus (SCBA)</p> <p>Bahaya Ledakan dan Kebakaran lain :</p> <p>Terjadi bila ada suatu tempat penampungan tidak terlindung di sekitar lokasi kebakaran</p> <p>Titik Nyala : - 45 °F atau - 43 °C</p> <p>Rentang Dapat Terbakar : Batas Bawah : 1,4 %, Batas Atas : 7,6 %</p> <p>Tingkat Bahaya Menurut NFPA :</p> <p>Kemudahan Terbakar : 3 (dapat terbakar pada suhu normal)</p> <p>Instabilitas : 1 (Tidak stabil bila dipanaskan - lakukan tindakan pencegahan normal)</p> <p>Bahaya Kesehatan : 2 (Berbahaya - gunakan alat pelindung pernafasan)</p> <p>Dekomposisi Bahan Berbahaya : Karbon Monoksida.</p>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>6. TATACARA PENANGGULANGAN TUMPAHAN DAN KEBOCORAN</p>	<p>Pelaporan :</p> <p>Jika terjadi tumpahan segera laporkan sesuai dengan otorisasi setempat yang telah ditentukan.</p> <p>Prosedur penanggulangan kebocoran atau tumpahan :</p> <p>Singkirkan semua kondisi yang memungkinkan terjadinya penyalaan. Keringkan tumpahan menggunakan bahan penyerap (sorbent), pasir, tanah lempung dan bahan penghambat kebakaran lainnya. Bersihkan dan buang pada tempat pembuangan yang telah ditentukan oleh peraturan setempat.</p> <p>Perlindungan Lingkungan :</p> <p>Cegah masuknya tumpahan ke dalam selokan umum, saluran pembuangan atau perembesan ke dalam tanah.</p>
-----------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



7. PENANGANAN DAN PENYIMPANAN

Penanganan :

JANGAN MENYEDOT PREMIUM DENGAN MULUT. PREMIUM TIDAK BOLEH DIGUNAKAN SEBAGAI PELARUT (SOLVENT) ATAU SEBAGAI BAHAN PENCUCI. Peralatan untuk penanganan harus kedap gas (explotion proof). Penanganan di daerah yang terbuka agar dicegah timbulnya percikan api. Wadah/kontainer pengangkut Premium harus melalui uji kelaikan oleh Institusi yang berwenang. Pada saat pengisian, kontainer pengangkut harus ditempatkan di atas permukaan tanah, peralatan "grounding" dan "bonding" harus terpasang untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya listrik statis.

Penyimpanan :

Untuk penyimpanan di dalam ruangan harus memperhatikan sistem ventilasi. Penyimpanan di tangki timbun harus memperhatikan persyaratan sesuai dengan klasifikasinya. Uap yang mudah terbakar dapat terbentuk walaupun disimpan pada temperatur dibawah titik nyala. Jauhkan dari bahan-bahan yang mudah terbakar. Tempat penyimpanan harus di "grounding" dan "bonding" serta dilengkapi dengan pressure vacuum valve dan flame arrester. Jauhkan dari bahan yang mudah terbakar, api, listrik atau sumber panas lainnya

8. PENGENDALIAN PEMAPARAN / PERLINDUNGAN DIRI

Ventilasi :

Apabila PREMIUM digunakan pada ruangan yang relatif tertutup maka harus dilengkapi dengan Ventilasi keluar (exhaust fan). Ventilasi dan peralatan yang dipakai harus bersifat kedap gas.

Pelindung Pernapasan :

Pakailah alat pelindung pernapasan jika konsentrasi di udara telah melebihi Nilai Ambang Batas.

Pelindung Mata :

Pakailah kacamata pelindung (goggles) untuk bahan kimia.

Perlindungan Kulit :

Pakailah sarung tangan dari karet atau PVC. Terapkan kebersihan perorangan yang baik

Nilai Ambang Batas : 300 ppm.



9. DATA FISIK DAN KIMIAWI

KARAKTERISTIK	SATUAN	BATASAN				METODE UJI	
		TANPA TIMBAL		BERTIMBAL		ASTM	LAIN
		MIN	MAKS	MIN	MAKS		
1. Bilangan Oktana							
- Angka Oktana Riset (RON)	RON	88.0		88,0	-	D 2699-86	
- Angka Oktana Motor (MON)		dilaporkan		dilaporkan		D 2700-86	
2. Stabilitas Oksida (Periode Induksi)	menit	360	-	360	-	D 525-99	
3. Kandungan Sulfur	% m/m		0,05 1)	-	0,05 1)	D 2622-98	
4. Kandungan Timbal (Pb)	gr/l	-	0,013	-	0,3	D 3237-97	
5. Distilasi :						D 86-99a	
10% vol. Penguapan	°C	-	74	-	74		
50% vol. penguapan	°C	88	125	88	125		
90% vol. Penguapan	°C		180		180		
Titik didih akhir	°C	-	215	-	205		
Residu	% vol	-	2.0	-	2.0		
6. Kandungan Oksigen	% m/m	-	2,72)	-	2,7 ²⁾	D 4815-94a	
7. Washed gum	mg/100ml	-	5	-	5	D 381-99	
8. Tekanan Uap	kPa	-	62	-	62	D 5191/D 323	
9. Berat Jenis pada suhu 15°C	kg/m ³	715	780	715	780	D 4052/D1298	
10. Korosi bilah tembaga	menit	Kelas 1		Kelas 1		D-130-94	
11. Uji Doctor		negatif		negatif			IP 30
12. Sulfur Mercaptan	% massa	-	0.002	-	0.002	D-3227	
13. Penampitan visual		Jernih & terang		Jernih & terang			
14. Warna		Merah		Merah			
15. kandungan pewarna	gr/100 l	0,13		0,13			
16. Bau		dapat dipasarkan		dapat dipasarkan			

CATATAN UMUM

- Aditif harus kompatibel dengan mesin (tidak menambah kekotoran mesin/kerak)
Aditif yang mengandung komponen abu (ash forming) tidak diperbolehkan
- Pemeliharaan secara baik untuk mengurangi kontaminasi (debu, air, bahan bakar, dll)

CATATAN KAKI

Catatan 1 Batasan 0.05% setara dengan 500 ppm

Catatan 2 Bila digunakan oksigenat, jenis ether lebih disukai. Penggunaan etanol diperbolehkan sampai dengan maksimum 10% volum (sesuai ASTM). Alkohol berkarbon lebih tinggi (C>2) dibatasi maksimal 0.1% volum. Penggunaan metanol tidak diperbolehkan

Spesifikasi tersebut sesuai Lampiran Keputusan Dirjen Migas 3674 K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006 dan dapat berubah sewaktu-waktu



10. REAKTIVITAS

Stabilitas terhadap suhu, cahaya, dll.:

Stabil.

Keadaan situasi yang harus dihindari :

Panas, percikan api, nyala maupun kondisi dimana dapat terbentuk listrik statis.

Ketidak sesuaian (bahan yang harus dihindari) :

Halogen, asam kuat, basa, dan oksidator kuat.

Dekomposisi Bahan Berbahaya :

Karbon monoksida.

Pollimerisasi pembentukan bahan-bahan berbahaya :

Tidak terjadi.

11. DATA TOKSIKOLOGI

DATA TOKSIKOLOGI AKUT :

Uap / mist dapat menimbulkan iritasi pada saluran pernapasan (bahaya)

Hasil pembakaran :

Dapat menimbulkan paparan karbon monoksida di udara pada konsentrasi yang cukup tinggi, dapat mengakibatkan : kehilangan kesadaran, kerusakan jantung, otak dan bahkan sampai kematian. Paparan terhadap karbon monoksida pada konsentrasi yang tinggi dapat menimbulkan kesulitan pernapasan yang diakibatkan oleh berpacunya antara karbon monoksida dan oksigen.

TOKSIKOLOGI KRONIK :

Percobaan binatang dengan konsentrasi > 8000 ppm, memperlihatkan peningkatan insiden tumor hati. Tetapi efek tersebut diperkirakan tidak terjadi pada manusia.

DATA TOKSIKOLOGI LAIN :

Percobaan laboratorium (API = American Petroleum Institute) dengan menggunakan binatang percobaan memperlihatkan bahwa Premium pada konsentrasi yang tinggi dan waktu yang lama dapat menimbulkan kerusakan ginjal dan kanker hati. Efek pada sistem reproduksi tidak dapat dibuktikan. Pada paparan yang berulang, kandungan benzene dalam Premium dengan konsentrasi rendah dapat menimbulkan kelainan pada darah manusia seperti anemia, leukemia. Sedangkan paparan hexane dalam jangka waktu yang lama dapat menimbulkan kerusakan pada sistem saraf seperti mati rasa pada anggota gerak, kelumpuhan.



PT. PERTAMINA (PERSERO)
Direktorat – Pemasaran dan Niaga

Tanggal Pembuatan : Juni 2007
Revisi ke : -
Halaman : 7 dari 9

12. INFORMASI EKOLOGI

Pengaruh dan kerusakan terhadap lingkungan :
Rembesan ke dalam tanah akan menyebabkan pencemaran air tanah atau aquifer

13. PERTIMBANGAN- PERTIMBANGAN PEMBUANGAN

Pembuangan Limbah :

Dapat dibakar pada incinerator atau sesuai ketentuan Pemerintah.

Informasi Perundang-undangan :

Limbah Sludge produk ini dapat dinyatakan sebagai limbah B3 kecuali setelah dilakukan uji TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) tidak terbukti, dan ketentuan pembuangannya harus sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

14. INFORMASI TRANSPORTASI

USA DOT :

SHIPPING NAME : GASOLINE
HAZARD CLAS & DIV : 3
ID NUMBER : UN 1203
ERG NUMBER : 128
PACKING GROUP : PG II
STCC : Tidak diketahui
DANGEROUS WHEN WET : Tidak ada.
POISON : Tidak ada.
LABEL(s) : Flammable
Liquid
PLACARD (s) : Flammable

RID / ADR :

HAZARD CLASS : 3
HAZARD SUB CLASS : 3(b)
LABEL : 3
DANGER NUMBER : 33
UN NUMBER : 1203

IMO :

HAZARD CLASS & DIV : 3
ID/UN NUMBER : 1203
PACKING GROUP : PG II
SHIPPING NAME : GASOLINE

ICAO / IATA:

HAZARD CLASS & DIV : 3
ID/UN NUMBER : 1203
PACKING GROUP : PG II
LABEL(s) : Flammable liquid



PT. PERTAMINA (PERSERO)
Direktorat – Pemasaran dan Niaga

Tanggal Pembuatan : Juni 2007
Revisi ke : -
Halaman : 8 dari 9

**15. INFORMASI PERUNDANG
UNDANGAN**

Status Inventory :

Terdaftar pada TSCA dan EINECS/ELINCS

EEC labeling : Tidak ada

Symbol : F+ = Sangat mudah terbakar,
T = Beracun

EU labeling : Tidak ada

Risk Phrase(s) :

R12-45-38-22. Highly flammable. Dapat menyebabkan kanker.

Iritasi terhadap kulit. Sangat berbahaya jika tertelan.

Safety Phrase (s) :

S53-45-2-23-24,29-43-62. Hindari paparan dan baca instruksi yang tertera sebelum digunakan. Pada keadaan kecelakaan atau jika merasa tidak nyaman, segera hubungi petugas medis. Jauhkan dari jangkauan anak-anak. Hindari kontak dengan kulit.

16. INFORMASI LAIN-LAIN

LABEL PERINGATAN :

ISI : "PREMIUM" → BERBAHAYA.

Sangat mudah terbakar.

Uapnya dapat menimbulkan kebakaran. Dapat menimbulkan gangguan kesehatan yaitu iritasi pada : mata, kulit, hidung, tenggorokan, serta pusing, mual, dan kehilangan kesadaran. Bila tertelan dapat menimbulkan tersumbatnya saluran pernapasan yang mengakibatkan kematian. Paparan dalam jangka waktu panjang / lama dapat mengakibatkan kanker hati.

Jauhkan dari panas, percikan / semburan bunga api. Cegahlah kontak dengan bagian tubuh. Cegahlah terhirupnya uap yang terjadi dalam jangka waktu yang lama. Jagalah wadah agar selalu dalam keadaan tertutup. Gunakan dalam keadaan ventilasi yang memenuhi syarat. Kesalahan penggunaan dapat mengakibatkan kecelakaan dan menimbulkan penyakit. Gunakan hanya untuk keperluan mesin dan jangan digunakan sebagai bahan pelarut atau pembersih kulit. Jangan disedot dengan mulut.

PERTOLONGAN PERTAMA :

Bila terhirup, penderita segera bawa ke tempat udara segar (terbuka). Bila penderita mengalami henti napas segera berikan pernapasan buatan. Bila masih sulit bernafas, tambahkan oksigen dan segera panggil dokter. Bila terjadi kontak dengan kulit, segera cuci dengan



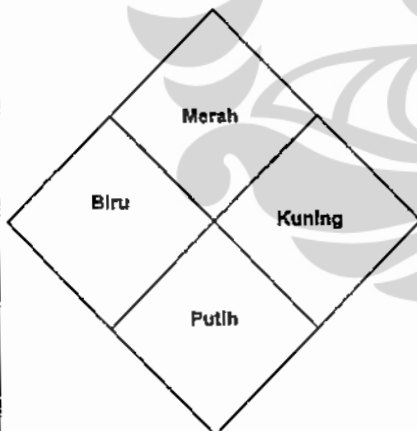
sabun dan air yang banyak. Cucilah pakaian yang terkontaminasi sebelum dipergunakan kembali. Bila tertelan, segeralah mencari pertolongan dokter. Jangan sekali-kali mencoba mengusahakan timbulnya muntah, kecuali dengan instruksi / pengawasan dokter. Jangan berikan sesuatu pada penderita yang tidak sadar melalui mulutnya, bisa fatal.

PERHATIAN

Residu mungkin dapat tersisa dalam kontainer, dapat terbakar atau meledak. Jangan melakukan kegiatan pemotongan, pemukulan atau pengelasan di sekitar kontainer. Semua label peringatan harus benar-benar diawasi keberadaannya hingga kontainer benar-benar aman. Label peringatan yang dimaksud minimal harus menuliskan : "Bahan ini mengandung bahan yang beracun dan berbahaya, dapat menyebabkan tumor ganas, kematian bayi waktu lahir, dan gangguan sistim reproduksi".

17. KETERANGAN SIMBOL

NFPA



Tingkatan	Merah	Biru	Kuning
0	Tidak dapat terbakar	Bahan biasa / tidak berbahaya	Stabil dalam kondisi normal
1	Harus dipanaskan dulu untuk terbakar	Sedikit berbahaya	Tidak stabil bila dipanaskan - lakukan tindakan pencegahan normal
2	Terbakar bila dengan panas yang cukup	Berbahaya gunakan - alat pelindung pernafasan	Bahan kimia mungkin dapat bereaksi - gunakan selubung dari jarak aman
3	Terbakar pada suhu normal	Sangat Berbahaya - gunakan pakaian pelindung penuh	Goncangan kuat atau panas dapat meledakkan - lakukan monitor dari balik penghalang tahan ledakan
4	Sangat mudah terbakar	Terlalu berbahaya untuk memapar uap atau cairannya	Dapat meledak - kosongkan area jika bahan dipaparkan ke api

Putih	
	Radioaktif
	Jangan kontak dengan air



PERTAMINA
Directorate of Marketing and Business

Date of Construction :
Date of Revision :
Page : 1 of 7

MATERIAL SAFETY DATA SHEET (MSDS)

1. MATERIAL IDENTIFICATION

PRODUCT NAME : PERTAMAX
OTHER NAME : GASOLINE 92
PRODUCER : PERTAMINA
Jalan Perwira No.4
Jakarta Pusat Post Code 10110
Phone Number : 021 – 3815509, Facsimile : 3455344
Emergency Telephone Number within 24 hours : 021 – 3816732
MSDS Information Telephone Number : 021 – 3815578 / 3815504

2. MATERIAL COMPOSITION / IDENTITY INFORMATION

Composition : Hydrocarbon and Additive

3. HAZARD IDENTIFICATION

Hazard Communication Standard : OSHA 29 CFR 1910, 1200 (hazardous)

Exposure Effects : Irritation to the eyes, respiratory tracts and skin, dizziness, nausea and becoming unconscious. Its misuse (inhaling / swallowing) or other misuses (as solvent, or washing materials) for a long time can cause variable neurological effects, sudden death due to cardiac arrest, hematological changes and leukemia. These effects must be prevented from occurring in the place of or the environment of distribution, for examples in Depots, spbu, and others

Emergency Response Data : Bluish liquid and is flammable

4. FIRST AID METHODS

Eye Contact : Flush the eyes continuously with copious amount of. water. If irritation persists seek medical advice.
Skin Contact : Wash the contacted part with water and soap. Wash the contaminated clothes before being worn again.
Inhaled : Stop/Avoid further exposure. If there is occurrence of irritation in the respiratory tract, dizziness, unconsciousness, seek medical advice. When BREATHING STOPS, GIVE RESUSCITATION FROM MOUTH TO MOUTH.



PERTAMINA
Directorate of Marketing and Business

Date of Construction :
Date of Revision :
Page : 2 of 7

Swallowed : When more than 0.5 liter of the substance is swallowed, give one or two glasses of water and ask him/her to drink at once prior to the seeking of medical help in the Emergency Installation or other Emergency Centers.
CAUTION : Never stimulate the victims to vomit or to swallow anything when they are unconscious.

Note for Doctors : The swallowed substance can be absorbed into the lungs that may cause chemical pneumonitis that needs urgent treatment.

5. FIRE FIGHTING METHODS

Fire Fighting Media : Carbon dioxide, dry chemical powder and foam

Specific Procedure in Fire Fighting :

a. Carbon dioxide : Spray it to the front fire from upwind.

b. Dry Chemical Powder : Spray it to the front fire from upwind

c. Foam : When the fire is in a container, spray the foam into the inner wall of the container, not to the burning liquid, and from upwind.
When the fire is caused by spill of liquid, spray it to the front fire until the spill is covered thoroughly, and from upwind

Personal Protective Equipment : For fires in relatively closed areas, the fire fighters must be equipped with Self Contained Breathing Apparatus (SCBA).

Explosion and Fire Hazards : These hazards occur in unprotected storage tanks near the fire location.

Flash Point : - 45° F or - 43° C

Flammable Limits : LEL 1.4%, UEL 7.6%

NFPA Hazard ID : Flammability : 3. Instability : 1

6. SPILL AND LEAK HANDLING METHODS

Notification Procedure : Notify the authority promptly about the occurrence of the spills, in accordance with the determined local authorization when the spills are suspected to contaminate the water channel.

Spill or Leakage Procedure : Put away all conditions that can enable the occurrence of ignition. Adsorb the spill by using sorbent, sawdust mixed with clay and other fire inhibitor materials Clean and dispose it at the determined place of disposal according to the local regulation

Environmental Prevention : Prevent the entrance of the spill into the water ditches, disposal channels, or its seepage into the earth.



7. PRECAUTIONS FOR HANDLING AND STORAGE

Handling : NEVER SUCK PERTAMAX WITH YOUR MOUTH. PERTAMAX CANNOT BE USED AS SOLVENT OR AS WASHING MATERIAL. Explosion proof equipment must be used and do not do any spraying. On handling the open areas, prevent the possibility of the occurrence of ignition. Portable containers must undergo proper tests. On being filled, the containers must be placed on the surface of the ground, whereas their caps must be kept attached to the containers to anticipate static electricity

Storage : The storage tanks must be grounded and bonded and must be equipped with self closing valves, pressure vacuum bungs and flame traps. Avoid from flammable substance, fire, electric or other hot source

8. CONTROL MEASURES/PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT

Ventilation : When pertamax is used in a relatively closed room, a local exhaust ventilation must be provided. Ventilation and the equipment used must be explosion proof

Breathing Protection : Use breathing apparatus when the polluted concentration in the air is higher than the permissible threshold limit value.

Eye Protection : Use chemical type goggles

Skin Protection : Use leather or PVC gloves. Apply Good Personal Hygiene Practices

Threshold Limit Value : 300 ppm

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

<u>Properties</u>		<u>Range</u>		<u>Test Methods</u>
		Min	Max	
Research Octane Number	RON	92	-	ASTM D 2699
Lead Content (Pb)	g/l	-	0.013	ASTM D 3237/ D 5059
Distillation :				ASTM D 86
- 10% vol. of evaporation	°C	-	74	
- 50% vol. of evaporation	°C	88	125	
- 90% vol. of evaporation	°C	-	180	
- Final boiling point	°C	-	205	
- Residue	% vol.	-	2.0	
Reid Vapour Pressure at 37.8°C	kPa	-	62	ASTM D 323
Excistent Gum	mg/100 ml	-	4	ASTM D 381
Induction Period	Minute	480	-	ASTM D 525
Sulfur Content	% mass	-	0.2	ASTM D 1266



<u>Properties</u>	<u>Range</u>		<u>Test Methods</u>
	Min	Max	
Bronze Vane Corrosion 3 hrs/50°C	-	No. 1	ASTM D 130
Doctor Test	-	Negative	IP 30
Mercaptan Sulfur % mass	-	0.002	ASTM D 3227
Color	blue		Visual
Color Additive Content g/100 L	0.13		

Note : The above mentioned specifications are in accordance with the typical Pertamax gasoline from Balongan Unit, Test Report No. 112/E/16116/PMT/2003-S2, dated March 13, 2003

10. REACTIVITY

- Thermal Stability and Light : stable
 Conditions that should be avoided : heat, flame, ignition or conditions that can cause static electricity
 Inappropriate materials that should be avoided : halogen, strong acid, base, and strong oxidations. Decomposition of hazardous materials : carbon monoxide
 Polymerization of hazardous material : does not exist formation

11. TOXICOLOGY DATA

-----ACUTE TOXICOLOGY-----
 Acute Toxicity Data : Vapor or mist can cause irritation to the Respiratory tracts
 HAZARDS OF COMBUSTION RESULTS : Combustion can result in exposure of high carbon monoxide in the air which in turn can cause loss of consciousness, heart disorder, brain disorder or even death. Exposure to, high carbon monoxide can cause breathing difficulties caused by competitive reaction between carbon monoxide and oxygen

-----CHRONIC TOXICOLOGY-----
 Experiments with animals with concentration of > 3000 ppm show an increase incidents of kidney and liver tumors. However, these effects do not exist in human being



PERTAMINA
Directorate of Marketing and Business

Date of Construction :
Date of Revision :
Page : 5 of 7

-----OTHER TOXICOLOGY DATA-----

Laboratory experiments (API = American Petroleum Institute) using experiment animals show that exposure to high concentration of gasoline vapor in a long period can cause **kidney disorder and cancer, and liver cancer**. Effects to reproduction system cannot be proved yet. Repeated exposure to benzene with low concentration can cause abnormalities in human blood, such as anemia and leukemia. Exposure to hexane in a long period can cause disorder in nerve system, such as being numb and paralyzed

12. WATER POLLUTION

Environmental effects and damage : Seepage of this substance to the soil can contaminate soil water or aquifer.

13. DISPOSAL CONSIDERATION

Effluent Disposal : Can be burned in the incinerator or according to Governmental Regulation
Regulation Information : Sludge this product can be categorized as B3, and its disposal must accord with the regulation on effluent disposal of B3.

14. TRANSPORTATION INFORMATION

USA DOT :

SHIPPING NAME : GASOLINE
HAZARD CLAS & DIV : 3
ID NUMBER : UN 1203
ERG NUMBER : 128
PACKING GROUP : PG II
STCC : Unknown
DANGEROUS WHEN WET : None.
POISON : None.
LABEL(s) : Flammable Liquid
PLACARD (s) : Flammable
PRODUCT RQ : Unknown

RID / ADR :

HAZARD CLASS : 3
HAZARD SUB CLASS : 3(b)
LABEL : 3
DANGER NUMBER : 33
UN NUMBER : 1203
SHIPPING NAME : GASOLINE



PERTAMINA
Directorate of Marketing and Business

Date of Construction :
Date of Revision :
Page : 6 of 7

IMO:

HAZARD CLASS & DIV : 3
ID/UN NUMBER : 1203
PACKING GROUP : PG II
SHIPPING NAME : GASOLINE

ICAO/IATA:

HAZARD CLASS & DIV : 3
ID/UN NUMBER : 1203
PACKING GROUP : PG II
SHIPPING NAME : GASOLINE
LAISEL(s) : Flammable liquid

15. REGULATION INFORMATION

Inventory Status : Registered in TSCA and EINECS/ELINCS.
EEC Labeling : None
Symbol : F+ = Highly flammable, T = toxic
Risk Phrase(s) : R12-45-38-22. Highly flammable. It can cause cancer skin irritation, and dangerous when swallowed.
Safety Phrase(s) : S53-45-2-23-24-29-43-62. Avoid exposure. Read the instructions before use
In case of accidents or inconvenience, seek medical help. Keep it away from children's reach. Avoid contact it with skin. In the occurrence of fire, use CO2, dry chemical or foam.

16. OTHER INFORMATION

WARNING LABEL

Content oil fuel PERTAMAX DANGEROUS

Highly flammable. The vapor can cause fires. They can cause health disorder, that is irritation to the eyes, skins, noses, throats, lungs, headaches, queasiness and loss of consciousness. When swallowed, it can block respiratory tract which in turn can cause death. Long time exposure with this substance can cause malign tumor in the kidney and liver. Keep a distance from heat, sparks or jet of sparks. Avoid contacting it with any part of your body. Avoid inhaling the vapor produced in a long period. Keep the containers closed. Handle it in a well ventilated room. Its misuse can cause accidents or sickness. Use it only for mechanical purposes. Do not use it as solvent or skin cleaner. Do not suck it with your mouth.



PERTAMINA
Directorate of Marketing and Business

Date of Construction :
Date of Revision :
Page : 7 of 7

FIRST AID : When inhaled, the victim should be moved away to an open fresh area. If he/she does not breathe, resuscitation from mouth to mouth should be given promptly. When it is still difficult for him/her to breathe, add oxygen. Call the doctor immediately.

When it contacts with the skin, wash it with soap and copious amount of water. Wash the contaminated clothes before being worn again. When swallowed, seek medical advice. Never try to make the victims to vomit without the doctor's supervision. Never give the victims something to be swallowed when they are unconscious, as it can be fatal.

ATTENTION

The remnant of residue in a container can cause fire or explosion. Do not do any cutting, hitting or welding near the container. All warning labels must be kept being checked for their existence, so that the container will be really safe. The warning label should at least include the following : This material is toxic and dangerous, it can cause malign tumor, death of babies when born, and disturbance for reproduction system



PERTAMINA
Directorate of Marketing and Business

Date of Construction :
Date of Revision :
Page : 1 of 7

**MATERIAL SAFETY DATA SHEET
(MSDS)**

1. MATERIAL IDENTIFICATION

PRODUCT NAME : PERTAMAX PLUS
OTHER NAME : GASOLINE 95
PRODUCER : PERTAMINA
Jalan Perwira No.4
Jakarta Pusat Post Code 10110
Phone Number : 021 – 3815509, Facsimile : 3455344
Emergency Telephone Number within 24 hours : 021 – 3816732
MSDS Information Telephone Number : 021 – 3815578 / 3815504

2. MATERIAL COMPOSITION / IDENTITY INFORMATION

Composition : Hydrocarbon and Additive

3. HAZARD IDENTIFICATION

Hazard Communication Standard : OSHA 29 CFR 1910, 1200 (hazardous)
Exposure Effects : Irritation to the eyes, respiratory tracts and skin, dizziness, nausea and becoming unconscious. Its misuse (inhaling / swallowing) or other misuses (as solvent, or washing materials) for a long time can cause variable neurological effects, sudden death due to cardiac arrest, hematological changes and leukemia. These effects must be prevented from occurring in the place of or the environment of distribution, for examples in Depots, spbu, and others
Emergency Response Data : Red liquid and is flammable

4. FIRST AID METHODS

Eye Contact : Flush the eyes continuously with copious amount of water. If irritation persists seek medical advice.
Skin Contact : Wash the contacted part with water and soap. Wash the contaminated clothes before being worn again.
Inhaled : Stop/Avoid further exposure. If there is occurrence of irritation in the respiratory tract, dizziness, unconsciousness, seek medical advice. When BREATHING STOPS, GIVE RESUSCITATION FROM MOUTH TO MOUTH.



Swallowed : When more than 0.5 liter of the substance is swallowed, give one or two glasses of water and ask him/her to drink at once prior to the seeking of medical help in the Emergency Installation or other Emergency Centers.
CAUTION : Never stimulate the victims to vomit or to swallow anything when they are unconscious.

Note for Doctors : The swallowed substance can be absorbed into the lungs that may cause chemical pneumonitis that needs urgent treatment.

5. FIRE FIGHTING METHODS

Fire Fighting Media : Carbon dioxide, dry chemical powder and foam
Specific Procedure in Fire Fighting :

- a. Carbon dioxide : Spray it to the front fire from upwind.
- b. Dry Chemical Powder : Spray it to the front fire from upwind
- c. Foam : When the fire is in a container, spray the foam into the inner wall of the container, not to the burning liquid, and from upwind.
When the fire is caused by spill of liquid, spray it to the front fire until the spill is covered thoroughly, and from upwind

Personal Protective Equipment : For fires in relatively closed areas, the fire fighters must be equipped with Self Contained Breathing Apparatus (SCBA).

Explosion and Fire Hazards : These hazards occur in unprotected storage tanks near the fire location.

Flash Point : - 45° F or - 43° C

Flammable Limits : LEL 1.4%, UEL 7.6%

NFPA Hazard ID : Flammability : 3, Instability : 1

Hazardous Material Decomposition : Carbon Monoxide

6. SPILL AND LEAK HANDLING METHODS

Notification Procedure : Notify the authority promptly about the occurrence of the spills, in accordance with the determined local authorization when the spills are suspected to contaminate the water channel.

Spill or Leakage Procedure : Put away all conditions that can enable the occurrence of ignition. Adsorb the spill by using sorbent, sawdust mixed with clay and other fire inhibitor materials Clean and dispose it at the determined place of disposal according to the local regulation

Environmental Prevention : Prevent the entrance of the spill into the water ditches, disposal channels, or its seepage into the earth.



7. PRECAUTIONS FOR HANDLING AND STORAGE

Handling : NEVER SUCK PERTAMAX PLUS WITH YOUR MOUTH. PERTAMAX PLUS CANNOT BE USED AS SOLVENT OR AS WASHING MATERIAL. Explosion proof equipment must be used and do not do any spraying. On handling the open areas, prevent the possibility of the occurrence of ignition. Portable containers must undergo proper tests. On being filled, the containers must be placed on the surface of the ground, whereas their caps must be kept attached to the containers to anticipate static electricity

Storage : The storage tanks must be grounded and bonded and must be equipped with self closing valves, pressure vacuum bungs and flame traps. Avoid from flammable substance, fire, electric or other hot source

8. CONTROL MEASURES/PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT

Ventilation : When pertamax plus is used in a relatively closed room, a local exhaust ventilation must be provided. Ventilation and the equipment used must be explosion proof

Breathing Protection : Use breathing apparatus when the polluted concentration in the air is higher than the permissible threshold limit value.

Eye Protection : Use chemical type goggles

Skin Protection : Use leather or PVC gloves. Apply Good Personal Hygiene Practices

Threshold Limit : Value 300 ppm

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

<u>Properties</u>		<u>Range</u>		<u>Test Methods</u>
		<u>Min</u>	<u>Max</u>	
Research Octane Number	RON	95	-	ASTM D 2699
Oxidation Stability	minute	360	-	ASTM D 525
Sulfur Content	% m/m	-	0.1	ASTM D 2622 D 1266
Lead Content (Pb)	g/l	-	0.013	ASTM D 3237/ D 5059
Aromatic Content	% v/v	-	50.0	ASTM 1319
Distillation :				ASTM D 86
- 10% vol. of evaporation	°C	-	70	
- 50% vol. of evaporation	°C	77	110	
- 90% vol. of evaporation	°C	-	180	
- Final boiling point	°C	-	205	
- Residue	% v/v.	-	2.0	
Reid Vapour Pressure at 37.8°C	kPa	45	60	ASTM D 323
Excistent Gum	mg/100 ml	-	4	ASTM D 381



<u>Properties</u>		<u>Range</u>		<u>Test Methods</u>
		Min	Max	
Density	kg/cm ³	715	780	ASTM D 1298 D 4052
Copper strips Corrosion 3 hrs/50°C		-	No. 1	ASTM D 130
Doctor Test		-	Negative	IP 30
Mercaptan Sulfur	% m/m	-	0.0020	ASTM D 3227
Combined Oxygenated Content	% volume	-	10	Mixed
Color			red	Visual
Color Additive Content	g/100 L		reported	
Fuel Injector Cleanliness	% flow loss	-	5	
Intake Valve Sticking	pass/fall	-	pass	
Intake Valve Cleanliness II				
Method 1.4 valve avg or	avg. mg/valve	-	50	CEC F-05-A-93
Method 2. BMW test or	avg. mg/valve	-	100	ASTM D 5500
Method 3. Ford 2.3 L	avg. mg/valve	-	90	ASTM D 6201
Combustion Chamber Deposit				
Method 1 or	%	-	140	ASTM D 6201
Method 2	mg/machine	-	3500	CEC F-20-A-98

Note : The above mentioned specifications are in accordance with the Letter of Decision of Directorate General of Oil and Gas. No. 940/34/DJM/2002 dated December 2. 2002.

10. REACTIVITY

- Thermal Stability and Light : stable
 Conditions that should be avoided : heat, flame, ignition or conditions that can cause static electricity
 Inappropriate materials that should be avoided : halogen, strong acid, base, and strong oxidations. Decomposition of hazardous materials : carbon monoxide
 Polymerization of hazardous material : does not exist formation

11. TOXICOLOGY DATA

-----ACUTE TOXICOLOGY-----

Acute Toxicity Data : Vapor or mist can cause irritation to the Respiratory tracts
HAZARDS OF COMBUSTION RESULTS : Combustion can result in exposure of high carbon monoxide in the air which in turn can cause loss of consciousness, heart disorder, brain disorder or even death. Exposure to, high carbon monoxide can cause breathing difficulties caused by competitive reaction between carbon monoxide and oxygen

-----CHRONIC TOXICOLOGY-----

Experiments with animals with concentration of > 3000 ppm show an increase incidents of kidney and liver tumors. However, these effects do not exist in human being



PERTAMINA
Directorate of Marketing and Business

Date of Construction :
Date of Revision :
Page : 5 of 7

-----OTHER TOXICOLOGY DATA-----

Laboratory experiments (API = American Petroleum Institute) using experiment animals show that exposure to high concentration of gasoline vapor in a long period can cause **kidney disorder and cancer, and liver cancer**. Effects to reproduction system cannot be proved yet. Repeated exposure to benzene with low concentration can cause abnormalities in human blood, such as anemia and leukemia. Exposure to hexane in a long period can cause disorder in nerve system, such as being numb and paralyzed

12. WATER POLLUTION

Environmental effects and damage : Seepage of this substance to the soil can contaminate soil water or aquifer.

13. DISPOSAL CONSIDERATION

Effluent Disposal : can be burned in the incinerator or according to Governmental Regulation
Regulation Information : Sludge this product can be categorized as B3, and its disposal must accord with the regulation on effluent disposal of B3.

14. TRANSPORTATION INFORMATION

USA DOT :

SHIPPING NAME : GASOLINE
HAZARD CLAS & DIV : 3
ID NUMBER : UN 1203
ERG NUMBER : 128
PACKING GROUP : PG II
STCC : Unknown
DANGEROUS WHEN WET : None.
POISON : None.
LABEL(s) : Flammable Liquid
PLACARD (s) : Flammable
PRODUCT RQ : Unknown

RID / ADR :

HAZARD CLASS : 3
HAZARD SUB CLASS : 3(b)
LABEL : 3
DANGER NUMBER : 33
UN NUMBER : 1203
SHIPPING NAME : GASOLINE



PERTAMINA
Directorate of Marketing and Business

Date of Construction :
Date of Revision :
Page : 6 of 7

IMO :

HAZARD CLASS & DIV : 3
ID/UN NUMBER : 1203
PACKING GROUP : PG 11
SHIPPING NAME : GASOLINE

ICAO / IATA:

HAZARD CLASS & DIV : 3
ID/UN NUMBER : 1203
PACKING GROUP : PG II
SHIPPING NAME : GASOLINE
LAISEL(s) : Flammable liquid

15. REGULATION INFORMATION

Inventory Status : Registered in TSCA and EINECS/ELINCS.
EEC Labeling : None
Symbol : F+ = Highly flammable, T = toxic
Risk Phrase(s) : R12-45-38-22. Highly flammable. It can cause cancer skin irritation, and dangerous when swallowed.
Safety Phrase(s) : S53-45-2-23-24-29-43-62. Avoid exposure. Read the instructions before Use In case of accidents or inconvenience, seek medical help. Keep it away From children's reach. Avoid contact it with skin. In the occurrence of fire, use CO2, dry chemical or foam.

16. OTHER INFORMATION

WARNING LABEL

Content oil fuel PERTAMAX DANGEROUS

Highly flammable. The vapor can cause fires. They can cause health disorder, that is irritation to the eyes, skins, noses, throats, lungs, headaches, queasiness and loss of consciousness. When swallowed, it can block respiratory tract which in turn can cause death. Long time exposure with this substance can cause malign tumor in the kidney and

liver. Keep a distance from heat, sparks or jet of sparks. Avoid contacting it with any part of your body. Avoid inhaling the vapor produced in a long period. Keep the containers closed. Handle it in a well ventilated room. Its misuse can cause accidents or sickness. Use it only for mechanical purposes. Do not use it as solvent or skin cleaner. Do not suck it with your mouth.



PERTAMINA
Directorate of Marketing and Business

Date of Construction :
Date of Revision :
Page : 7 of 7

FIRST AID : When inhaled, the victim should be moved away to an open fresh area. If he/she does not breathe, resuscitation from mouth to mouth should be given promptly. When it is still difficult for him/her to breathe, add oxygen. Call the doctor immediately.

When it contacts with the skin, wash it with soap and copious amount of water. Wash the contaminated clothes before being worn again. When swallowed, seek medical advice. Never try to make the victims to vomit without the doctor's supervision. Never give the victims something to be swallowed when they are unconscious, as it can be fatal.

ATTENTION

The remnant of residue in a container can cause fire or explosion. Do not do any cutting, hitting or welding near the container. All warning labels must be kept being checked for their existence, so that the container will be really safe. The warning label should at least include the following : This material is toxic and dangerous, it can cause malign tumor, death of babies when born, and disturbance for reproduction system