



JABATAN BOMBA DAN PENYELAMAT MALAYSIA

PERINTAH TETAP JABATAN BILANGAN 6 TAHUN 2022

OPERASI PEMADAMAN KEBAKARAN DAN CARI LAMAT DI LOJI PETROKIMIA

1. TUJUAN

- 1.1. Perintah Tetap ini bertujuan untuk memberikan penjelasan dan garis panduan berkenaan pengurusan operasi, tindakan pemadaman dan penyelamatan yang melibatkan kebakaran kilang loji pemprosesan dan tangki simpanan petrokimia.

2. LATAR BELAKANG

- 2.1. Jabatan berpengalaman dalam menghadapi pelbagai kebakaran di loji pemprosesan minyak dan gas serta petrokimia. Walaubagaimanapun aspek keselamatan perlu diberi perhatian yang tinggi kerana risiko dan bahaya yang boleh terjadi sekiranya kurangnya pengetahuan tentang tatacara yang betul bagi menghadapi kebakaran tersebut.
- 2.2. Pegawai dan anggota perlu bersedia dari segi rancangan pra-insiden serta penekanan terhadap keupayaan untuk merancang dari segi teknikal, strategi dan taktikal bagi memastikan tindakan operasi berkesan dan berjaya.

- 2.3. Pegawai perlu sekurang-kurangnya mengenali jenis-jenis tangki simpanan bagi mengetahui ciri-ciri khas yang terdapat pada tangki termasuk sistem pemasangan keselamatan kebakaran yang ada juga jenis kebakaran tangki simpanan; sila rujuk **Buku Panduan Operasi Pemadaman Tangki Minyak Jabatan Bomba dan Penyelamat Malaysia (JBPM) Tahun 2022**.

3. PUNCA KUASA

- 3.1. Akta Perkhidmatan Bomba 1988 [Akta 341]
- 3.2. Akta Petroleum (Langkah Keselamatan 1984) [Akta 302]
- 3.3. Akta Keselamatan Dan Kesihatan Pekerjaan 1994 [Akta 514]
- 3.4. Arahan Majlis Keselamatan Negara [MKN No.20]

4. TAFSIRAN

- 4.1. Sila rujuk di **Buku Panduan Operasi Pemadaman Loji Petrokimia JBPM Tahun 2022**.

5. PELAKSANAAN

5.1. TINDAKAN UMUM

- 5.1.1. BKB atau PGO yang menerima panggilan kebakaran di perlu mengambil maklumat tambahan dari pemanggil iaitu:

5.1.1.1. Jenis kebakaran (*rim seal, full surface, bund fire atau boil over*).

5.1.1.2. Jumlah mangsa dan jenis kecederaan.

5.1.1.3. Jenis tangki (*fixed roof, floating roof, cone roof, covered roof, covered-floating roof dll.*).

5.1.1.4. Jenis bahan (*hidrocarbon atau polar solvent*).

5.1.2. Tiba dilokasi, Komander operasi perlu melaksanakan *size-up* seperti berikut:

5.1.2.1. Mendapatkan maklumat kejadian dan tindakan yang telah diambil oleh dari *On-Scene Commander* premis/ *Safety Officer/ Operation Officer*.

5.1.2.2. Menilai risiko awal dan bahaya yang mungkin akan berlaku.

5.1.2.3. Arahkan pihak premis untuk laksanakan tindakan mitigasi (mengurangkan risiko) seperti menutup pengoperasian sebahagian loji, *valve* berkaitan atau tindakan yang sesuai.

5.1.2.4. Menilai perubahan arah angin dari masa ke semasa (*Dynamic Risk Assessment*).

5.1.2.5. Memastikan tindakan pengungsian telah dilaksanakan dan mengambil langkah-langkah keselamatan yang sewajarnya.

5.1.3. Sekiranya Organisasi Keselamatan Kebakaran premis diaktifkan, pegawai kanan JBPM perlu berada bersama sebagai KO/ *liaison officer*.

5.1.4. Sila rujuk **Buku Panduan Operasi Pemadaman Loji Petrokimia JBPM Tahun 2022**.

5.1.4.1. Pertimbangan strategi.

5.1.4.2. Pengiraan keperluan foam, air.

5.1.4.3. Menentukan keperluan jentera dan peralatan.

5.2. PERTIMBANGAN STRATEGI

- 5.2.1. Sila rujuk **Buku Panduan Operasi Pemadaman Loji Petrokimia JBPM Tahun 2022.**

5.3. TINDAKAN OPERASI *RIM SEAL FIRE*

- 5.3.1. Komander Operasi isytihar ambil alih tugas dari *Watch Commander/OSC* premis.
- 5.3.2. *Watch Commander/OSC* premis akan bertindak sebagai advisor kepada KO.
- 5.3.3. KO menentukan kategori saiz kebakaran dan melaporkan ke PGO.
- 5.3.4. KO perlu memohon bantuan PGO untuk mengaktifkan ICS peringkat *negeri* berdasarkan keperluan Ketua Balai/ Ketua Zon/ PPON untuk hadir ke tempat kejadian merujuk kepada PTKP Bil.1 Tahun 2017 Arahan Penghantaran Pasukan Tindakan Kecemasan Semasa Menerima Panggilan Kecemasan
- 5.3.5. Membentuk ICS peringkat awal seperti PTKP Bil. 6 tahun 2019 - Pengurusan Insiden Bagi Keluaran Pertama dengan menetapkan pasukan pemadaman (*strike team*), pasukan penyejukan (*cooling team*), dan penyelamatan mengikut sumber semasa.
- 5.3.6. Tindakan awal *defensive* pasukan operasi hendaklah membuat penyejukan (*cooling*) untuk tangki kawasan berdekatan atau aktifkan sistem *cooling* tangki.
- 5.3.7. Bagi kebakaran **kecil *rim seal fire***:
 - 5.3.7.1. Aktifkan pemasangan keselamatan kebakaran pada tangki yang terbakar (*pourer system, foam monitor*) sediada jika ada.

5.3.7.2. Pasukan pemadam hendaklah bertindak secara *direct attack* dengan pembahagian *strike team* yang mencukupi.

5.3.8. Bagi kebakaran **besar rim seal fire**

5.3.8.1. KO *bersama* JK ICS perlu menilai semula keperluan sumber *foam*, air, jentera, peralatan mencukupi sebelum tindakan pemadaman dilaksanakan secara berterusan.

5.3.8.2. Pegawai perancangan (*Planning Officer*) di dalam insiden kebakaran *hendaklah* membuat pengiraan di dalam menentukan application rate, application time, menentukan jumlah foam dan jumlah air diperlukan serta *foam concentrate* diperlukan (sila rujuk Panduan Pemadaman Kebakaran Tangki Minyak)

5.3.8.3. *Logistik Officer* hendaklah menetapkan kawalan Pegawai Sumber Air dan Pegawai Sumber Foam.

5.3.8.4. KO hendaklah *menentukan* kedudukan jentera dan logistik pemadaman yang sesuai bagi pemadaman yang berkesan dan langkah berjaga-jaga bagi mengelak kejadian tidak diingini.

5.3.8.5. Melaksanakan tindakan pemadaman secara serentak jika menggunakan lebih daripada satu (1) set monitor atau menggunakan *sistem* pemasangan keselamatan kebakaran pada tangki yang terbakar (*pourer system, foam monitor*) sediada jika atau foam tender.

5.3.8.6. Pasukan pemadam (*strike team*) hendaklah bertindak secara *direct attack* dengan pembahagian *strike team* yang mencukupi bagi tindakan memadam sisa kebakaran apabila keadaan api terkawal.

5.4. TINDAKAN OPERASI *FULL SURFACE FIRE*

- 5.4.1. Komander Operasi isytihar ambil alih tugas dari *Watch Commander/OSC* premis.
- 5.4.2. *Watch Commander/OSC* premis akan bertindak sebagai *advisor (discussion)* kepada KO.
- 5.4.3. KO menentukan kategori saiz kebakaran dan melaporkan ke PGO.
- 5.4.4. KO perlu memohon bantuan PGO untuk mengaktifkan ICS peringkat negeri berdasarkan keperluan Ketua Balai/ Ketua Zon/ PPON untuk hadir ke tempat kejadian merujuk kepada PTKP Bil.1 Tahun 2017 Arahan Penghantaran Pasukan Tindakan Kecemasan Semasa Menerima Panggilan Kecemasan
- 5.4.5. Membentuk ICS peringkat awal seperti PTKP Bil. 6 tahun 2019 - Pengurusan Insiden Bagi Keluaran Pertama dengan menetapkan pasukan pemadaman (*strike team*), pasukan penyejukan (*cooling team*), dan penyelamatan mengikut sumber semasa.
- 5.4.6. Tindakan awal *defensive* pasukan operasi hendaklah membuat penyejukan (*cooling*) untuk tangki kawasan berdekatan atau aktifkan sistem *cooling* tangki.
- 5.4.7. KO bersama JK ICS perlu menilai keperluan sumber foam, air, jentera, peralatan mencukupi sebelum tindakan pemadaman dilaksanakan dan pemadaman boleh dilaksanakan secara berterusan.
- 5.4.8. Pegawai perancangan (*Planning Officer*) di dalam insiden kebakaran hendaklah membuat pengiraan di dalam menentukan application rate, application time, menentukan jumlah foam, jumlah air, jumlah *foam concentrate* serta jentera dan peralatan yang diperlukan. (sila rujuk Panduan Pemadaman Kebakaran Tangki Minyak)

- 5.4.9. Logistik Officer hendaklah menentukan kawalan Pegawai Sumber Air dan Pegawai Sumber *Foam*.
- 5.4.10. KO hendaklah menentukan kedudukan jentera dan logistik pemadaman yang sesuai bagi pemadaman yang berkesan dan langkah berjaga-jaga bagi mengelak kejadian tidak diingini.
- 5.4.11. Melaksanakan tindakan pemadaman secara serentak jika menggunakan lebih daripada satu (1) set monitor atau menggunakan sistem pemasangan keselamatan kebakaran pada tangki yang terbakar (*pourer system, foam monitor*) sediada jika atau foam tender.
- 5.4.12. Pasukan pemadam (*strike team*) hendaklah bertindak secara *direct* attack dengan pembahagian *strike team* yang mencukupi bagi tindakan memadam sisa kebakaran apabila keadaan api terkawal.

5.5. TINDAKAN OPERASI BUND FIRE

- 5.5.1. Komander Operasi isytihar ambil alih tugas dari *Watch Commander/OSC* premis.
- 5.5.2. *Watch Commander/OSC* premis akan bertindak sebagai advisor kepada KO.
- 5.5.3. KO menentukan kategori saiz kebakaran dan melaporkan ke PGO.
- 5.5.4. KO perlu memohon bantuan PGO untuk mengaktifkan ICS peringkat negeri berdasarkan keperluan Ketua Balai/ Ketua Zon/ PPON untuk hadir ke tempat kejadian merujuk kepada PTKP Bil.1 Tahun 2017 Arahan Penghantaran Pasukan Tindakan Kecemasan Semasa Menerima Panggilan Kecemasan

- 5.5.5. Membentuk ICS peringkat awal seperti PTKP Bil. 6 tahun 2019 - Pengurusan Insiden Bagi Keluaran Pertama dengan menetapkan pasukan pemadaman (*strike team*), pasukan penyejukan (*cooling team*), dan penyelamatan mengikut sumber semasa.
- 5.5.6. Tindakan awal *defensive* pasukan operasi hendaklah membuat penyejukan (*cooling*) untuk tangki kawasan berdekatan atau aktifkan sistem *cooling* tangki.
- 5.5.7. KO bersama JK ICS perlu menilai keperluan sumber foam, air, jentera, peralatan mencukupi sebelum tindakan pemadaman dilaksanakan dan pemadaman boleh dilaksanakan secara berterusan.
- 5.5.8. Bagi kebakaran **kecil bund fire**, yang melibatkan luas permukaan api yang kecil (anggaran 100 meter persegi):
- 5.5.8.1. Aktifkan pemasangan keselamatan kebakaran pada tangki yang terbakar (*pourer system, foam monitor*) sediada jika ada.
 - 5.5.8.2. Pasukan pemadam hendaklah bertindak secara **direct attack** dengan pembahagian *strike team* yang mencukupi.
 - 5.5.8.3. Pengiraan tidak diperlukan dan mencukupi dengan jumlah foam (anggaran minimum 200 liter) yang sediada untuk pemadaman.
- 5.5.9. Bagi **kebakaran besar bund fire**:
- 5.5.9.1. KO bersama JK ICS perlu menilai semula keperluan sumber *foam*, air, jentera, peralatan mencukupi sebelum tindakan pemadaman dilaksanakan secara berterusan.

- 5.5.9.2. Pegawai perancangan (*Planning Officer*) di dalam insiden kebakaran hendaklah membuat pengiraan di dalam menentukan application rate, application time, menentukan jumlah foam dan jumlah air diperlukan serta *foam concentrate* diperlukan (sila rujuk Panduan Pemadaman Kebakaran Tangki Minyak)
- 5.5.9.3. *Logistik Officer* hendaklah menetapkan kawalan Pegawai Sumber Air dan Pegawai Sumber Foam.
- 5.5.9.4. KO hendaklah menentukan kedudukan jentera dan logistik pemadaman yang sesuai bagi pemadaman yang berkesan dan langkah berjaga-jaga bagi mengelak kejadian tidak diingini.
- 5.5.9.5. Melaksanakan tindakan pemadaman secara serentak jika menggunakan lebih daripada satu (1) set monitor atau menggunakan sistem pemasangan keselamatan kebakaran pada tangki yang terbakar (*pourer system, foam monitor*) sediada jika atau foam tender.
- 5.5.9.6. Pasukan pemadam (*strike team*) hendaklah bertindak secara *direct* attack dengan pembahagian *strike team* yang mencukupi bagi tindakan memadam sisa kebakaran apabila keadaan api terkawal.

5.6. TINDAKAN OPERASI **BOILOVER**

- 5.6.1. Komander Operasi isytihar ambil alih tugas dari Watch Commander/IC/OSC premis.
- 5.6.2. *Watch Commander/IC/OSC* premis akan bertindak sebagai advisor kepada KO.
- 5.6.3. KO menentukan kategori saiz kebakaran dan melaporkan ke PGO.
- 5.6.4. KO perlu memohon bantuan PGO untuk mengaktifkan ICS peringkat negeri berdasarkan keperluan Ketua Balai/

Ketua Zon/ PPON untuk hadir ke tempat kejadian merujuk kepada PTKP Bil.1 Tahun 2017 Arahan Penghantaran Pasukan Tindakan Kecemasan Semasa Menerima Panggilan Kecemasan

- 5.6.5. Membentuk ICS peringkat awal seperti PTKP Bil. 6 tahun 2019 - Pengurusan Insiden Bagi Keluaran Pertama dengan menetapkan pasukan pemadaman (*strike team*), pasukan penyejukan (*cooling team*), dan penyelamatan mengikut sumber semasa.
- 5.6.6. Tindakan awal defensive pasukan operasi hendaklah membuat penyejukan untuk tangki kawasan berdekatan atau aktifkan sistem cooling tangki.
- 5.6.7. KO perlu memastikan pasukan berada dalam jarak selamat semasa kejadian *fire ball*, jika terdapat tanda-tanda awal proses *boil over* akan berlaku.
- 5.6.8. Semasa kejadian *boilover* berlaku, proses *cooling* tangki bersebelahan masih perlu diteruskan menggunakan *fixed/ portable monitor secara berterusan*.
- 5.6.9. Setelah berlakunya *boil over*, rentetan limpahan akan menjadi *bund fire*. Laksanakan tindakan merujuk kepada pemadaman **tindakan operasi *full surface fire* dan *bund fire***.

5.7. RANCANGAN PRA INSIDEN, LATIHAN PRAKTIKAL DAN PEMBIASAAN STRATEGI PEMADAMAN

- 5.7.1. Melaksanakan rancangan pra insiden dengan terperinci untuk setiap proses unit termasuk tangki-tangki simpanan minyak.
- 5.7.2. Melaksanakan latihan praktikal secara berkala bagi meningkatkan koordinasi, kemahiran serta teknik pemadaman melibatkan tangki simpanan minyak.

5.7.3 Sentiasa berkolaborasi bersama pasukan tindakan kecemasan loji pemprosesan dan tangki simpanan petrokimia untuk menguji dan menilai pelan tindakan kecemasan (ERP), pembiasaan strategi pemadaman.

5.7.4 Sentiasa merujuk dan menasihat Rancangan Tindakan Kecemasan (ERP) pihak loji pemprosesan dan tangki simpanan petrokimia di kawasan jagaan balai.

5.7.5 Melaksana latihan kebakaran berskala kecil setiap tahun, latihan berskala besar merujuk kepada arahan berkuatkuasa berkaitan Organisasi Keselamatan Kebakaran.

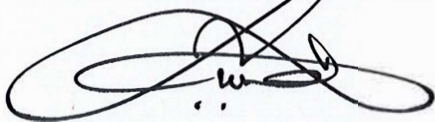
6. TARIKH KUATKUASA

6.1. Perintah Tetap Ketua Pengarah ini berkuatkuasa daripada tarikh ianya dikeluarkan.

7. PEMAKAIAN

7.1. Perintah Tetap ini hendaklah dipatuhi oleh semua Bahagian, Unit, Akademi dan Jabatan Bomba dan Penyelamat Negeri

“BERKHIDMAT UNTUK NEGARA”



(DATO' SRI Ts. MOHAMMAD HAMDAN BIN HAJI WAHID)

Ketua Pengarah

Jabatan Bomba dan Penyelamat Malaysia

Tarikh: **7** Disember 2022



Buku Panduan Operasi Pemadaman Loji Petrokimia Jabatan Bomba dan Penyelamat Malaysia (JBPM) Tahun 2022

(Rujukan Bagi Perintah Tetap Ketua Pengarah Bilangan 6 Tahun 2022:
Operasi Pemadaman Kebakaran dan Cari Lamat Di Loji Petrokimia)

Isi Kandungan

Tajuk	Muka Surat
1. Pengenalan	1
1.1. Rekabentuk dan Jenis Tangki	1
1.2. Jenis dan Fenomena Kebakaran Tangki Minyak	3
1.3. Punca-punca Kebakaran (<i>Ignition Source</i>)	9
2. Strategi dan Taktikal Operasi	10
2.1. Pengenalan	10
2.2. Tindakan <i>Offensive</i>	10
2.3. Tindakan <i>Defensive</i>	10
2.4. <i>Non-Intervention/let it burn/control burning</i>	10
2.5. <i>Staging</i> jentera dan peralatan	11
2.6. <i>Dynamic Risk Assessment (DRA)</i>	11
2.7. <i>Risiko boilover</i>	11
2.8. Pengurusan sumber air	12
2.9. Pengurusan sumber foam	12
2.10. Pengurusan kebajikan anggota	12
2.11. Faktor-faktor penting lain	13
3. Jadual Rujukan Busa (<i>Foam</i>), <i>Application Rate</i>, <i>Application Time</i> dan Langkah Pengiraan	15
3.1. <i>Busa (Foam)</i>	15
3.2. <i>Application Rate dan Application Time</i>	17
3.3. Langkah dan Formula Pengiraan Keperluan Sumber - Foam, Air, Jentera dan Peralatan	17
4. <i>Fixed and Semi Fixed System</i>, Jentera dan Peralatan Pemadaman	20
4.1. <i>Fixed and Semi Fixed System</i>	20
4.2. Jentera dan peralatan (<i>mobile equipment</i>)	24
5. Panduan Pemadaman Kebakaran <i>Rim Seal Fire</i>	30
5.1. Pengenalan	30
5.2. Pemadaman kebakaran <i>rim seal fire</i>	30
5.3. Langkah dan Formula Pengiraan Anggaran Keperluan Sumber - <i>Foam</i> , Air, Jentera dan Peralatan bagi Kebakaran <i>Rim Seal Fire</i>	32
6. Panduan Pemadaman <i>Full Surface Tank Fire</i>	35
6.1. Pengenalan	36
6.2. Pemadaman <i>Full Surface Tank Fire</i>	38
6.3. Langkah dan Formula Pengiraan Anggaran Keperluan Sumber - Foam, Air, Jentera dan Peralatan Bagi Kebakaran <i>Rim Seal Fire</i>	

7. Panduan Pemadaman <i>Overfill Ground / Bund Fire</i>	42
7.1. Pengenalan	42
7.2. Pemadaman <i>Overfill Ground / Bund Fire</i>	42
7.3. Langkah dan Formula Pengiraan Anggaran Keperluan Sumber - Foam, Air, Jentera dan Peralatan bagi Kebakaran <i>Overfill Ground/ Bund Fire</i>	44
8. Panduan Pemadaman Kebakaran <i>Boil Over</i>	47
8.1. Pengenalan	47
8.2. Pemadaman Kebakaran Boil Over	48
9. Tafsiran	50
10. Rujukan	52

1. PENGENALAN

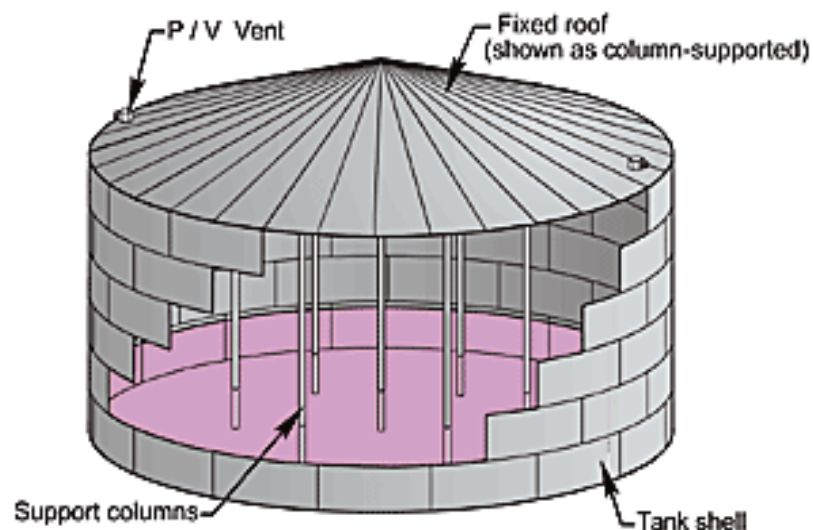
Tangki simpanan minyak dan tangki simpanan petrokimia merupakan struktur khas yang dibina khusus untuk menyimpan dan memproses produk *hydrocarbon* atau produk petrokimia. Pada kebiasaannya tangki ini dibina lengkap dengan sistem pemasangan dan keselamatan kebakaran.

Walaupun kebakaran melibatkan tangki minyak dan tangki simpanan petrokimia jarang berlaku, proses tindakan kawalan dan pemadaman akan mengambil tempoh masa yang Panjang. Gerak kerjanya juga memerlukan ramai petugas yang berpengalaman serta peralatan yang khusus didalam menentukan kejayaan operasi pemadaman.

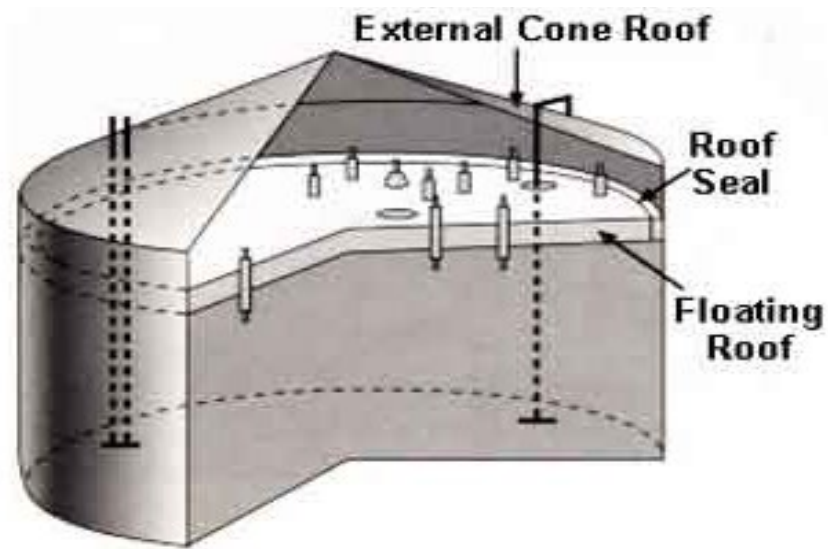
1.1. Rekabentuk dan Jenis Tangki

- 1.1.1. Terdapat dua (2) jenis tangki utama iaitu tangki bertekanan (*pressurized tank*) dan tangki atmosfera (*atmospheric tank*).
- 1.1.2. Pemilihan rekabentuk dan pembinaan tangki dipengaruhi beberapa faktor seperti jenis simpanan produk, fungsi tangki dan kegunaan tangki.
- 1.1.3. Tangki jenis atmosfera dibahagikan mengikut bentuk dan bergantung kepada produk yang akan di simpan. Terdapat 3 jenis tangki atmosfera yang biasa dibina di Malaysia:

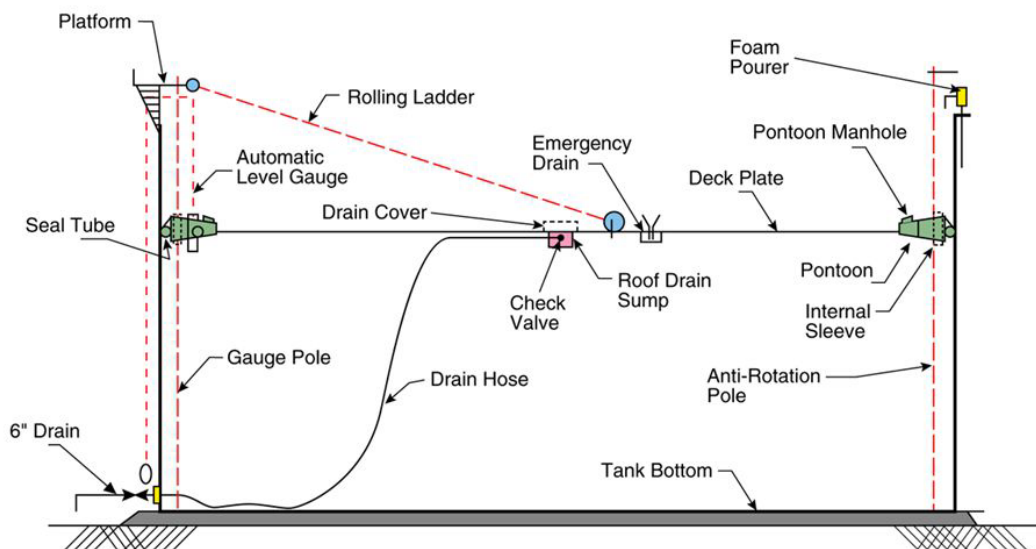
Gambar 1.1: *Fixed roof tank* (juga dikenali sebagai *cone roof*)



Gambar 1.2.: *Fixed roof with internal floating roof (dikenali sebagai floating screen)*



Gambar 1.3. *Open top floating roof tank (yang mempunyai sama ada simple pontoon atau double deck)*



1.1.4. Pada kebiasaannya, produk yang disimpan bergantung kepada jenis rekabentuk tangki, iaitu: -

1.1.4.1. **Fixed Roof** – digunakan untuk penyimpanan minyak jenis hitam atau berat, (*black or heavy product @ heavier than jet/ kerosene/ gasoil/ diesel*) seperti bitumen, *fuel-oils* dan *atmospheric or vacuum residue*. Biasanya tangki jenis ini mempunyai sistem seperti *coil heating* dan *insulation*.

1.1.4.2. **Open Floating Roof Tank Dan Internal Floating Roof Tank** – digunakan untuk penyimpanan produk yang mudah meruap dalam kuantiti yang banyak seperti minyak mentah (*crude oil*), *white light product*, *jet*, *diesel*, *petrol* dan *gasoline*.

1.2. Jenis dan Fenomena Kebakaran Tangki

1.2.1. *Floating Roof Tanks*:

Jadual 1.1: Jenis dan fenomena kebakaran *floating roof tanks*

BIL.	JENIS DAN FENOMENA KEBAKARAN TANGKI	GAMBAR
1.	<u>Rimseal Fire</u> i. Kebakaran yang berlaku dibahagian <i>rim seal</i> bumbung. ii. Pada kebiasaannya terbakar pada beberapa tompok kecil dan mampu menyala mengelilingi <i>rim seal</i> jika tidak dipadamkan dengan segera.	Gambar 1.4.  Rimseal Fire
2.	<u>Spill On Roof Fire</u> i. Kebakaran yang berlaku di atas bumbung terapung kerana akibat daripada lebihan produk.	Gambar 1.5.  Spill on Roof Fire
3.	<u>Overfill Ground / Bund / Dikes Fire</u> i. Kebakaran yang berlaku di dalam <i>bund / dikes</i> akibat daripada limpahan produk kerana kebocoran pada tangki atau pengisian melebihi had maksima tangki.	Gambar 1.6.  Bund Fire
4.	<u>Pontoon Explosion</u> i. Letupan yang berlaku pada permukaan atas <i>pontoon</i> apabila produk meruap mencapai takat sambaran dan mendapat punca api seperti percikan hasil dari elektrostatik.	Gambar 1.7.  Pontoon Explosion

BIL.	JENIS DAN FENOMENA KEBAKARAN TANGKI	GAMBAR
5.	<u>Full Surface Fire</u> i. Kebakaran terjadi apabila suhu produk telah mencapai takat nyalaan akibat daripada terdedah lama dengan suhu yang tinggi berpunca dari satu atau kombinasi fenomena kebakaran diatas.	Gambar 1.8.  Full Surface Fire

1.2.2. Covered / Internal Floating Roof Tanks:

Jadual 1.2: Jenis dan fenomena kebakaran covered / internal floating roof tanks

BIL.	JENIS DAN FENOMENA KEBAKARAN TANGKI	GAMBAR
1.	<u>Vent Fire</u> i. Kebakaran yang berlaku di bahagian P/V Vent kerana produk yang meruap keluar di ventilator mencapai suhu sambaran dan suhu nyalaan.	Gambar 1.9  Vent fire
2.	<u>Rimseal Fire</u> i. Kebakaran yang berlaku dibahagian rim seal bumbung. ii. Pada kebiasaannya terbakar pada beberapa tompok kecil dan mampu menyala mengelilingi rim seal jika tidak dipadamkan dengan segera.	Gambar 1.10  Rim seal fire
3.	<u>Vapor Space Explosion</u> i. Letupan yang berlaku didalam bumbung kerana produk yang meruap didalam tangki mencapai suhu sambaran dan menghasilkan letupan. ii. Letupan yang berlaku, akan mengakibatkan sambungan diantara dinding tangki akan "terkoyak" dan menghasilkan kesan "fishmouth". iii. Kesan ini akan menyukarkan kerja pemadaman dilakukan.	Gambar 1.11  Vapor space explosion
4.	<u>Overfill Ground / Bund / Dikes Fire</u> i. Kebakaran yang berlaku di dalam bund/ dikes akibat daripada limpahan produk kerana kebocoran pada tangki atau pengisian melebihi had maksima tangki.	Gambar 1.12  Bund fire

BIL.	JENIS DAN FENOMENA KEBAKARAN TANGKI	GAMBAR
5.	<u>Full Surface Fire</u> i. Kebakaran terjadi apabila suhu produk telah mencapai takat nyalaan akibat daripada terdedah lama dengan suhu yang tinggi berpunca dari satu atau kombinasi fenomena kebakaran diatas.	Gambar 1.13  Full surface fire

1.2.3. Fixed Roof Tanks:

Jadual 1.3: Jenis dan fenomena kebakaran *fixed roof tanks*

BIL.	JENIS DAN FENOMENA KEBAKARAN TANGKI	GAMBAR
1.	<u>Vent Fire</u> i. Kebakaran yang berlaku di bahagian P/V Vent kerana produk yang meruap keluar di ventilator mencapai suhu sambaran dan suhu nyalaan.	Gambar 1.14  Vent fire
2.	<u>Vapor Space Explosion</u> i. Letupan yang berlaku di dalam bumbung kerana produk yang meruap didalam tangki mencapai suhu sambaran dan menghasilkan letupan. ii. Letupan yang berlaku, akan mengakibatkan sambungan diantara dinding tangki akan "terkoyak" dan menghasilkan kesan "fishmouth". Kesan ini akan menyukarkan kerja pemadaman dilakukan.	Gambar 1.15  Vapor space explosion
3.	<u>Overfill Ground / Bund / Dikes Fire</u> i. Kebakaran yang berlaku di dalam bund / dikes akibat daripada limpahan produk kerana kebocoran pada tangki atau pengisian melebihi had maksima tangki.	Gambar 1.16  Bund fire
4.	<u>Full Surface Fire</u> i. Kebakaran terjadi apabila suhu produk telah mencapai takat nyalaan akibat daripada terdedah lama dengan suhu yang tinggi berpunca dari satu atau kombinasi fenomena kebakaran di atas.	Gambar 1.17  Full surface fire

1.2.4. Selain daripada jenis dan fenomena kebakaran yang dinyatakan dalam perkara 1.2.1., 1.2.2. dan 1.2.3. di atas, terdapat juga jenis dan fenomena

kebakaran lain yang berlaku di kawasan tangki simpanan minyak dan petrokimia seperti berikut:

Jadual 1.4: Jenis dan fenomena kebakaran tangki

BIL.	JENIS DAN FENOMENA KEBAKARAN TANGKI	GAMBAR
1.	<u><i>Boilover</i></u> i. Fenomena dimana kandungan air di dalam tangki produk telah mencapai takat didih sehingga permukaan produk menampilkan buih menggelegak di dalam api	Gambar 1.18 
2.	<u><i>Sloop Over / Frotover</i></u> i. Fenomena yang berlaku apabila kebakaran dipermukaan tangki turut menyala mengikut lelehan produk yang melimpah keluar.	Gambar 1.19 
3.	<u><i>Fire Ball</i></u> i. Fenomena letupan udara yang berlaku apabila gas yang terhasil dan terkumpul di udara mencapai takat sambaran.	Gambar 1.20 
4.	<u><i>Vapour Cloud Explotion</i></u> i. Fenomena letupan besar yang berlaku apabila mendapan gas yang terhasil dan terkumpul mencapai takat sambaran.	

1.2.5. Menurut kajian dari LASTFIRE, kekerapan berlakunya kebakaran besar tangki adalah berdasarkan beberapa faktor mengikut jenis tangki seperti di jadual:

Jadual 1.5: Faktor kebakaran tangki

FIXED ROOF	FLOATING ROOF TANKS
• <i>Unexpected Flammable/ flammable gas mixture in the tank</i> • <i>Over pressure</i>	• <i>Failure of Pontoon atau double deck roof</i> • <i>Accumulation of illiquid on the roof.</i>

• <i>High Temperature / autoignition</i> • Bumbung yang berlubang • <i>Over-filled.</i> • Kebocoran samada di bawah tangki atau dinding tangki kebocoran semasa penyelenggaraan.	• <i>Lightning strike of flammable vapour in the rim seal area</i> • Kebocoran sama ada di bawah tangki atau dinding tangki • Kebocoran semasa penyelenggaraan • <i>Leakage from side-entry mixer back-flow of liquid on the roof from the emergency drain on pontoon.</i>
---	---

1.2.6. Selain daripada faktor yang tersenarai dalam jadual diatas, ketidaktentuan sifat produk sendiri seperti mudah meruap dan sensitif terhadap percikan turut menjadi penumbang kepada punca berlakunya kebakaran.

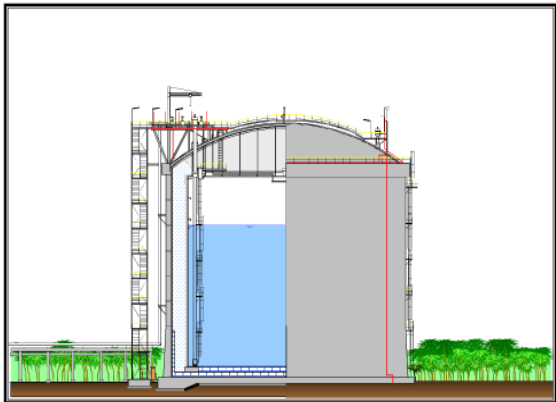
1.2.7. Sistem yang digunakan dalam proses produk di dalam tangki seperti sistem campuran (*mixer*), sistem pemanas (*heating*), sistem (*instrument*) pemantuan dan sistem *inert* juga boleh menghasilkan letupan dan seterusnya mengakibatkan kebakaran apabila sistem pemanas yang ditinggalkan beroperasi dan tidak dikawal.

1.2.8. Jenis dan rekabentuk tangki adalah faktor utama yang menentukan jenis dan fenomena kebakaran tangki sepertimana ditunjukkan dalam Jadual 1.1

Jadual 1.5: Rekabentuk tangki dan jenis kebakaran beserta gambar

BIL.	REKABENTUK TANGKI	JENIS KEBAKARAN
1.	Gambar 1.21: Fixed Roof Tank 	<i>i. Pressure/ Vacuum vent fires</i> <i>ii. Vapor space explosion-Fish mouthed fires</i> <i>iii. Full surface fires</i> <i>iv. Manifold fires</i> <i>v. Bund fires</i>

BIL.	REKABENTUK TANGKI	JENIS KEBAKARAN
2.	Gambar 1.22: Open Floating Roof Tank 	i. Rim seal fire ii. Spill on roof fire iii. Full surface fire iv. Bund fire v. Pontoon explosion
3.	Gambar 1.23: Covered floating / internal floating roof 	i. Vent fires ii. Fish mouthed fires / Vapor space explosion iii. Rim seal fire iv. Full surface fires v. Bund fires vi. Manifold fires
4.	Gambar 1.24: Horizontal (skid tank) 	i. Vent fires ii. Bund fires iii. Manifold fires

BIL.	REKABENTUK TANGKI	JENIS KEBAKARAN
5.	Gambar 1.25: <i>Refrigerated /low temperature tank- (liquid natural gas/ regasification)</i> 	i. <i>Pools fire</i> ii. <i>“Lazy flame”</i> iii. <i>diffused fires</i> iv. <i>Possible from vent/leak</i> v. <i>Flash fire</i>

1.3. Punca-punca Kebakaran (*Ignition Source*)

Negara Malaysia merupakan antara negara tropika yang mempunyai kekerapan menerima sambaran kilat dan petir. Merujuk kepada kajian yang dibuat dari ‘LASTFIRE’ menunjukkan fenomena alam semula jadi itu menjadi punca utama berlakunya kebakaran tangki.

Walaupun bagaimanapun, terdapat juga lain-lain punca yang mendorong kepada berlakunya kebakaran tangki:

- i. *Hot work* – seperti *welding* dan percikan daripada peralatan elektrik.
- ii. Elektrik static.
- iii. *Plant flare*.
- iv. Kenderaan yang digunakan semasa menjalankan pemeriksaan kebocoran.
- v. *Static from foam application*.

2. PERTIMBANGAN STRATEGI DAN TAKTIKAL OPERASI

2.1. Pengenalan

Menangani situasi kebakaran tangki bukanlah perkara mudah dan boleh dipandang ringan. Perbagai aspek perlu diambilkira oleh *Incident Commander* seperti keselamatan anggota, bekalan peralatan dan perkakasan, sumber kewangan, risiko ancaman nyawa dan alam sekitar serta penilaian dinamik semasa dan selepas kejadian. *Incident Commander* bertanggungjawab untuk:

- 2.1.1. Mengambil sebarang langkah *prevention* (mencegah risiko) dan *mitigation* (pengurangan risiko) operasi pemadaman dengan tindakan *isolation* atau *shutdown* proses atau tangki minyak.
- 2.1.2. Menggunakan *fixed/semi fixed system* untuk padamkan kebakaran sebagai pilihan pertama.
- 2.1.3. Sekiranya *fixed/semi fixed system* tiada atau tidak berfungsi, penggunaan *mobile equipment* adalah pilihan seterusnya.
- 2.1.4. Pembahagian sektor pasukan pemadam bagi *cooling team* dan *attacking team*.

2.2. Tindakan *Offensive*

- 2.2.1. Memadamkan kebakaran menggunakan *foam* secara *direct attack* bagi kebakaran kecil.
- 2.2.2. Menggunakan *foam monitor* ke tangki yang terbakar bagi kebakaran besar.

2.3. Tindakan *Defensive*

- 2.3.1. Tindakan *cooling* tangki atau *water curtain* untuk penyejukan atau mengelak bahangan melampau ke tangki bersebelahan sebelum bertindak secara *offensive*.

2.4. *Non-Intervention/ let it burn/ control burning*

- 2.4.1. Tindakan *defensive* dan pembakaran terkawal sehingga habis bahan bakar.
- 2.4.2. Perlu dielakkan kerana boleh menyebabkan persepsi negatif orang awam dan memberi kesan akibat pendedahan kepada kesihatan awam dan anggota, risiko *boil over*, risiko kemerebakan, dan ancaman kepada alam sekitar akibat pelepasan *carbon*.

2.5. **Staging jentera dan peralatan**

- 2.5.1. Menilai akses keluar masuk jentera yang mudah bagi pergerakan dan kontigensi – *island site*.
- 2.5.2. Menilai kesesuaian staging area penempatan jentera dan peralatan (*HPPM, HCFM, foam tender, ALP dll*)

2.6. **Dynamic Risk Assessment (DRA)**

- 2.6.1. Menilai *escalation of fire* dari *rim seal* kepada *full surface fire* dan akhirnya mengakibatkan *boilover*.
- 2.6.2. Menilai sekiranya tindakan pemadaman menyebabkan *floating roof* senget dan *rim seal fire* berkembang ke *full surface*.
- 2.6.3. Penilaian risiko kebakaran luar jangka dengan menentukan jangka masa dan tanda-tanda akan terjadinya risiko *boil over* (*kesan wap dan bunyi*).

2.7. **Risiko boilover**

- 2.7.1. Fenomena ini adalah **risiko paling besar kepada pasukan pemadaman** dan segala perancangan strategi perlu mengambil kira perkara ini.
- 2.7.2. Membuat pengiraan percampuran kuantiti air dan *foam* yang masuk ke dalam tangki semasa pemadaman kerana penggunaan air yang berlebihan keatas minyak akan mengakibatkan kemerebakan api dan kesan buruk yang lain.
- 2.7.3. Jika terjadi *boil over*, jarak selamat perlu dipertimbangkan dari masa ke semasa.
- 2.7.4. Garis masa keselamatan sebelum terjadi *boil over* adalah berdasarkan 10 peratus kuantiti air dalam tangki dengan anggaran 2 jam.
- 2.7.5. Aturgerak sumber jentera, foam dan jumlah anggota perlu dilaksanakan dengan kadar segera dan seoptima yang mungkin.
- 2.7.6. Pengiraan awal jumlah kuantiti sumber diperlukan hendaklah dilaksanakan semasa perancangan awal/ sebelum aturgerak.

2.8. Pengurusan sumber air

Berikut antara faktor yang perlu diambil kira bagi pengurusan sumber air:

- 2.8.1. Penggunaan fire *water tank* premis (pemadaman *foam*).
- 2.8.2. Pengiraan *water pressure*/ tekanan air.
- 2.8.3. Kadar pengeluaran air.
- 2.8.4. Kuantiti sumber air terbuka/ kolam (*cooling*).
- 2.8.5. Jarak sumber air terbuka/ kolam (*cooling*).
- 2.8.6. Bekalan tambahan sumber air (water tanker).
- 2.8.7. Pasang surut air.
- 2.8.8. Akses jentera ke sumber air.

2.9. Pengurusan sumber *foam*

Berikut pula antara faktor yang perlu diambil kira bagi pengurusan sumber busa (*foam*):

- 2.9.1. Mengumpul semua sumber *foam* terlebih dahulu dalam kadar segera dengan mengambil kira sebelum *boilover* berlaku.
- 2.9.2. Memulakan semburan *foam* pemadaman secara serentak apabila semua *foam*, air dan peralatan mencukupi sepertimana pengiraan yang telah di buat dengan perintah dan kawalan dari komander operasi.
- 2.9.3. Sekiranya bekalan *foam* dan peralatan tidak cukup, permukaan api berkemungkinan besar tidak dapat dipadamkan sepenuhnya dan menyala balik serta merugikan *foam* dan memanjangkan tempoh operasi.

2.10. Pengurusan kebajikan anggota

Bagi pengurusan kebajikan anggota, perkara-perkara berikut perlu ditekankan kerana tindakan operasi boleh mengambil tempoh masa yang lama:

- 2.10.1. Perlu diberi perhatian dari segi makan minum.

- 2.10.2. Penggantian giliran kerana operasi melibatkan jentera dan peralatan yang banyak dan mengambil masa yang lama

2.11. Faktor-faktor Penting Lain

Berikut antara faktor-faktor yang perlu diberi perhatian serius apabila berlaku kebakaran tangki:

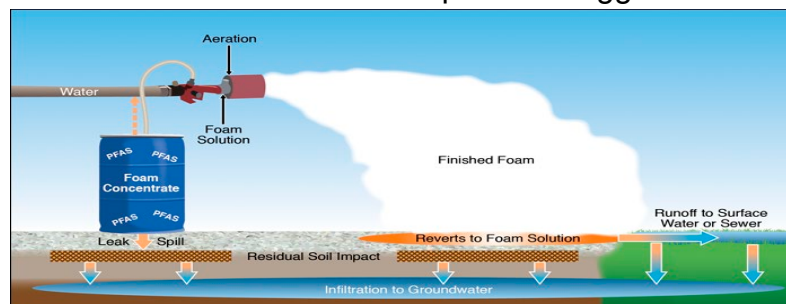
2.11.1. Hentikan sebarang operasi di tangki seperti pemindahan produk

- i. Lakukan pemeriksaan kebocoran dan kemaruapan dengan menggunakan *gas tester*.
- ii. Pastikan tiada sebarang punca kebakaran.
- iii. *Evacuate personnel*.

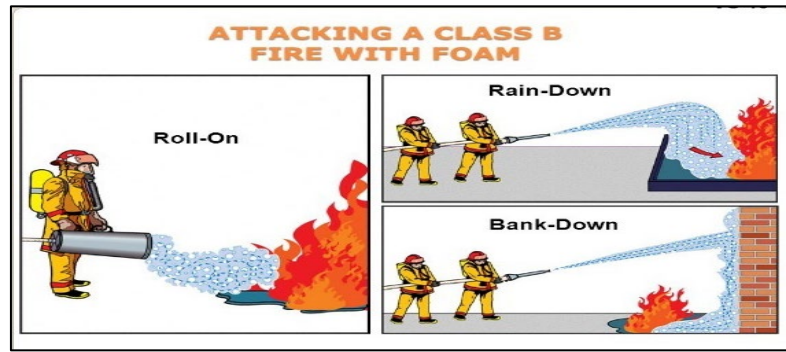
2.11.2. Sekiranya *foam* perlu digunakan, tindakan seperti berikut perlu diambil:

- i. Gunakan *fixed pourer*.
- ii. Sekiranya menggunakan *hand-held nozzle foam*; perlu diaplikasikan sebaiknya (*gentle*).
- iii. Penggunaan *large foam monitor* perlu mengambil kira kira jumlah *foam*, kuantiti air, *foam proportioners* dan tekanan pam.
- iv. Penggunaan jentera bomba jenis *foam*.
- v. Jika *portable foam proportioners* digunakan; keupayaan *proportioners* dan *fire water pump* perlu berkadar dengan satu sama lain.
- vi. Sebaiknya, *foam* hendaklah tidak diaplikasi terus di atas produk.

Gambar 2.1: Antara Contoh Aplikasi Penggunaan Busa



Gambar 2.2: Antara Contoh Aplikasi Penggunaan Busa



3. JADUAL RUJUKAN BUSA (FOAM), APPLICATION RATE, APPLICATION TIME DAN LANGKAH PENGIRAAN

3.1. Busa (*Foam*)

Busa pemadam ialah agen pemadaman yang digunakan dalam menentang kebakaran yang bertindak dengan cara penyejukan dan menyelimut bahan api bagi menghalang atau menyekat pencampuran oksigen.

3.1.1. **Class A foams**

Busa Kelas A telah dibangunkan khusus untuk mengawal kebakaran hutan, dan kini digunakan untuk kebakaran kelas A, seperti kebakaran struktur. Ia merendahkan ketegangan permukaan air, yang membasahkan bahan api dan menyekat api dan menghalang penyalaan semula.

3.1.2. **Class B foams**

Busa Kelas B direka bentuk untuk cecair mudah terbakar (kebakaran kelas B yang ditetapkan). Buih kelas B boleh menjadi buih protein atau buih sintetik. Buih protein mengandungi protein semula jadi dan secara amnya boleh terbiodegradasi; buih sintetik diperbuat daripada agen berbuih sintetik.

Ini termasuk busa pembentuk filem akueus tahan alkohol (AR-AFFF)—yang, seperti namanya, menahan kesan alkohol dan membentuk filem pelindung—dan buih pembentuk filem berair (AFFF)—yang juga membentuk filem dan berasaskan air.

3.1.3. **Alcohol-resistant foams**

Buih kalis alkohol berfungsi secara khusus untuk mencipta lapisan pelindung antara buih dan bahan terbakar, yang menghalang alkohol dalam bahan terbakar daripada memecahkan buih dan menjadikannya tidak berkesan.

3.1.4. **Low-expansion foams**

Buih AFFF ialah buih pengembangan rendah. Mereka adalah kelikatan yang rendah dan mempunyai kadar pengembangan kurang daripada 20 kali. Ini bermakna ia mudah alih dan boleh meliputi kawasan yang luas, dengan cepat.

3.1.5. **Medium-expansion foams**

Nisbah pengembangan buih pengembangan sederhana ialah 20–100. Ini menjadikannya berguna untuk aplikasi seperti plastik, getah dan kebakaran cecair atau membanjiri kawasan cetek.

3.1.6. **High-expansion foams**

Buih kembangan tinggi adalah yang terbaik untuk kawasan tertutup yang perlu diisi dengan cepat, kerana kadar pengembangannya melebihi 200–1000.

3.1.7. Mengenal pasti produk terlibat – *hydrocarbon* atau *polar solvent* adalah penting bagi menentukan peratus kadar pencampuran busa (*foam solution*).

3.1.7.1. Contoh: *hydrocarbon* 3%-minyak mentah, bahan api petrol atau diesel, minyak jet, minyak tanah, benzene, naptha.

3.1.7.2. Contoh: *polar solvent* 6%: methanol, *alcohols*, *mtbe*, *acetone*, *thinner*, *ketones*, *ethanol*.

3.1.8. Menentukan jenis *fire fighting foam* yang sesuai dengan bahan terbakar.

3.1.9. Menentukan nisbah peratusan penjana buih yang bersesuaian bagi tujuan pemadaman berkesan.

Jadual 3.1: Foam Type, Proportion Rate dan Water Rate

JENIS BUSA		PROPORTIONING RATE (FOAM RATE OR RATIO)	AIR (RATE OR RATIO)
<i>Aqueous Film Forming Foams (AFFF)</i>	Dari jenis water-based dan mengandungi <i>hydrocarbon-based surfactant</i> seperti <i>sodium alkyl sulfate</i> , <i>fluorosurfactant</i> , <i>fluorotelomers</i> , <i>perfluorooctanoic acid (PFOA)</i> , atau <i>perfluorooctanesulfonic acid (PFOS)</i> .	1% / 3% / 6% (0.01/0.03/0.06)	99 % / 97% / 94% (0.99/ 0.97/ 0.94)
<i>Alcohol Resistant Aqueous Film- Forming Foam (AR-AFFF)</i>	* foams resistant to the action of <i>alcohols</i> and can form a <i>protective film</i> * 3% when used on a standard <i>hydrocarbon fuel fire</i> * 6% when used on a <i>polar solvent/ alcohol fuel</i> .	3% / 6% (0.03/0.06)	97% / 94% (0.97/0.94)
<i>Fluorine- free foams (FFF, also called F3)</i>	Kebanyakannya adalah berasaskan <i>hydrocarbon</i> surfactants dan bebas dari mana-mana <i>fluorosurfactant</i>		

3.2. Application Rate dan Application Time

Jadual 3.2: Application Rate dan Application Time

JENIS	MINIMA (APPLICATION RATE -LPM/M ²)	MASA (MINIT)
Fixed/ Semi-fixed System		
<i>Rim Seal Fire</i> (penggunaan <i>fixed equipment</i>)	6.5	20
<i>Full Surface</i> (penggunaan <i>fixed equipment</i>)	4.1	55
Mobile Equipment		
<i>Rim Seal Fire</i> (penggunaan <i>mobile equipment</i>)	-	20
<i>Full Surface</i> (penggunaan <i>mobile equipment</i>)	10.4 (NFPA) / 12.2 (EN)	65
Fixed/ Semi-fixed System or Mobile Equipment		
<i>Bund (dike) Fire</i> (penggunaan <i>fixed</i> atau <i>mobile equipment</i>)	4.1	-

3.3. Langkah dan Formula Pengiraan Keperluan Sumber - Foam, Air, Jentera dan Peralatan

Jadual 3.3: Langkah dan formula pengiraan keperluan sumber *foam*, air, jentera dan peralatan

BIL.	PERKARA	TINDAKAN
i.	Mengenalpasti samada ada <i>sistem foam pourer</i>	Rujuk premis atau pelan struktur
ii.	Mengenalpasti jenis bahan yang terlibat <i>hydrocarbon</i> atau <i>polar solvent</i>	Rujuk premis atau <i>chemical safety data sheet</i>
iii.	Menentukan jenis <i>fire fighting foam</i> yang bersesuaian (AFFF/AR-FFF/FPPP)	Rujuk Jadual 3.1
iv.	Mengira luas permukaan tangki/ bund (m ²)	Tangki: rujuk premis atau diameter = $(\pi \times \text{diameter}^2) \div 4$ = $(3.1416 \times \text{diameter}^2) \div 4$
		Bund fire: rujuk premis = $(\text{panjang} \times \text{lebar}) \div 4$ = $(\text{luasa 1 quadrant})$

v.	Menentukan <i>application rate</i> yang sesuai (lpm/m ² atau l/min/m ²)	Rujuk Jadual 3.2
vi.	Mengira <i>total application rate</i> (lpm)	$X = \text{luas} \times \text{application rate}$ $X = (d) \times (e)$
vii.	Menentukan <i>application time</i> (min)	Rujuk Jadual 3.2
viii.	Menentukan <i>proportioning rate foam</i> (1%/3%/6%) atau nisbah (0.01/0.03/0.06)	Rujuk Jadual 3.1
ix.	Menentukan <i>water rate</i> atau nisbah air <i>foam</i> (99%/97%/94%) atau (0.99/0.97/0.94)	Rujuk Jadual 3.1
x.	Mengira keperluan isipadu <i>foam</i> (liter)	$= \text{total application rate} \times \text{application time} \times \text{proportioning ratio}$ $= (f) \times (g) \times (h)$
xi.	Mengira keperluan isipadu <i>foam</i> (liter)	$= \text{total application rate} \times \text{application time} \times \text{water ratio}$ $= (f) \times (g) \times (i)$
xii.	Mengira kapasiti semua jentera dan peralatan seperti <i>foam</i> monitor, water pump, <i>foam</i> , tersedia dapat menampung minima <i>application rate</i> (d) (dan tambahan jika perlu)	Rujuk Lampiran Jentera dan Peralatan dan Kira jumlah kapasiti semua jentera dan peralatan diperlukan supaya dapat menampung minima <i>application rate</i> (d)
xiii.	Menentukan minima sumber <i>foam</i> yang ada (dan tambahan jika perlu)	Mengira semula dan menentukan jumlah sumber <i>foam</i> mencukupi bagi pepadaman berdasarkan kapasiti jentera dan peralatan
xiv.	Menentukan minima sumber air yang ada (dan tambahan jika perlu)	Mengira semula dan menentukan jumlah sumber air mencukupi bagi penghasilan <i>foam</i> dan mengambil kira air digunakan bagi tindakan <i>cooling</i>

Jadual 3.4: Tank fire foam and water requirements (NFPA+60%)

TANK FIRE FOAM & WATER REQUIREMENTS (NFPA + 60%)				
Tank Diameter	Approx. Rate Of Foam Solution Application Rate	3% Foam Concentrate	Total Foam Required For 65 Mins Applications	Total Water Required For 65 Mins Applications
meter	lpm	lpm	liters	liters
5	204	6	398	12,862
10	817	25	1,593	51,512
15	1,839	55	3,586	115,949
20	3,270	98	6,377	206,173
25	5,109	153	9,963	322,122
30	7,356	221	14,344	463,796
35	10,013	300	19,525	631,320
40	13,078	392	25,502	824,568
45	16,552	497	32,276	1,043,604
50	20,434	613	39,846	1,288,364
55	24,726	742	48,216	1,558,974
60	29,426	883	57,381	1,855,309
65	34,534	1,036	67,341	2,177,369
70	40,051	1,202	78,099	2,525,216
75	45,977	1,379	89,655	2,898,850
80	52,312	1,569	102,008	3,298,272
85	59,055	1,772	115,157	3,723,418
90	66,207	1,986	129,104	4,174,351
95	73,768	2,213	143,848	4,651,072
100	81,736	2,452	159,385	5,153,455
Table above gives an indication of water required for foam production at the recommended rate of application in tanks of varying diameter. Water and foam are mixed and applied at the NFPA + 60% rate which equals 10.4 l/min/m². Ensure foam concentrate stocks on-hand are at least the minimum required. Typical standards require at least 65 minutes operating time. If the fire has been burning for some time, this should be increased to at least 120 minutes.				

4. FIXED DAN SEMI FIXED SYSTEM, JENTERA DAN PERALATAN PEMADAMAN

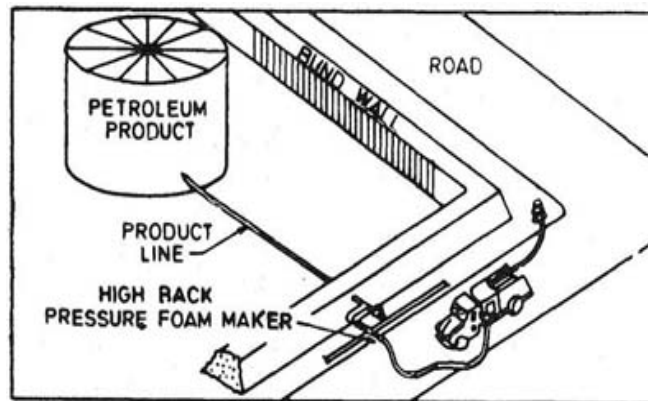
4.1. Fixed dan Semi Fixed System

Terdapat empat jenis *fixed system* yang biasa dipasang pada tangki simpanan minyak dan petrokimia:

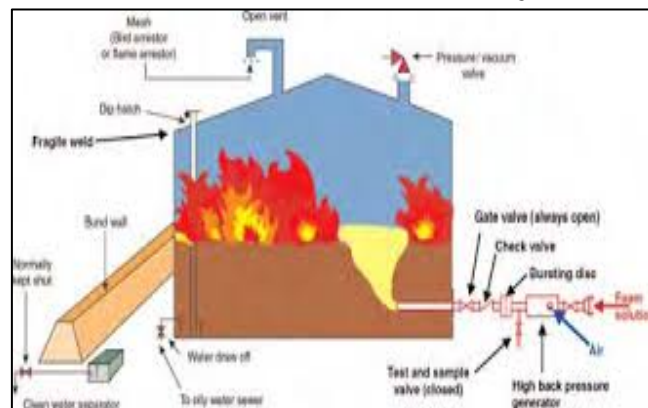
4.1.1. *Subsurface foam injection*

- i. Sistem ini dipasang pada tangki *fixed roof*.
- ii. *Foam* akan masuk melalui paip seperti dalam gambar rajah dibawah:

Gambar 4.1: *Subsurface foam injection*



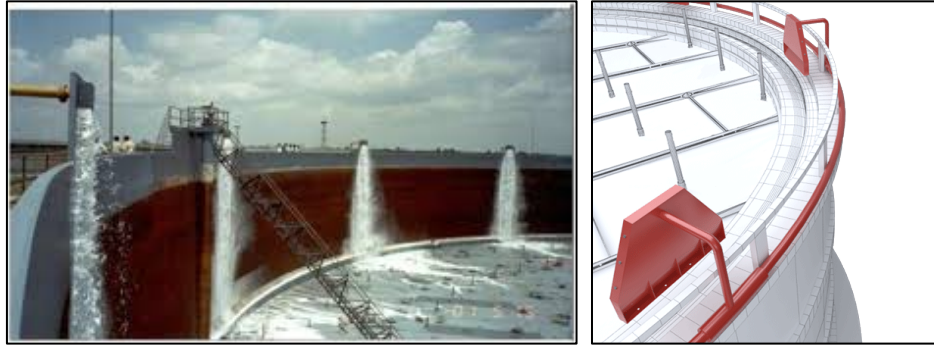
Gambar 4.2: *Subsurface foam injection*



4.1.2. *Rimseal foam pourer system*

- i. Sistem ini direka untuk mengalirkan *foam* di kawasan *rimseal* untuk tangki *floating roof*.
- ii. *Foam solution* dipam melalui sistem paip diluar kawasan *bund*.

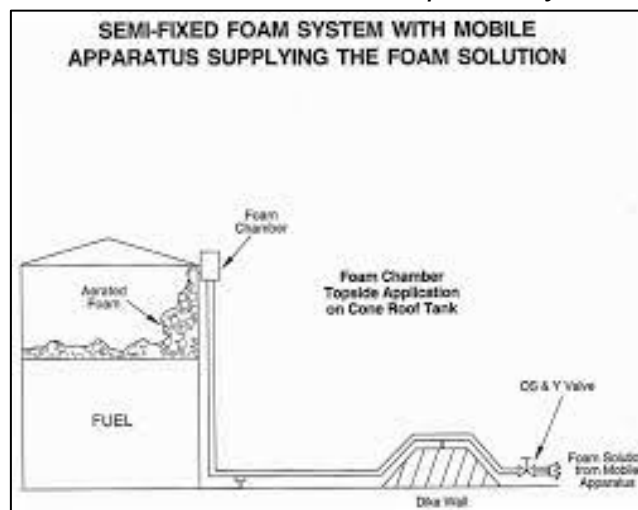
Gambar 4.2: Rimseal foam pourer system



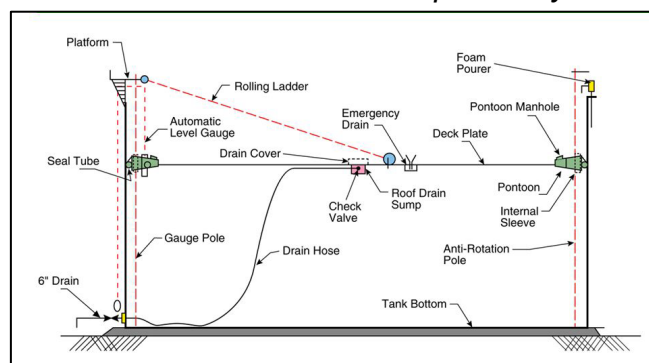
4.1.3. *Top pourer system*

- i. Sistem ini direka untuk memancurkan *foam* ke atas permukaan produk yang terbakar.
- ii. Ia boleh digunakan untuk *fixed roof*, *floating roof* dan *internal floating roof*

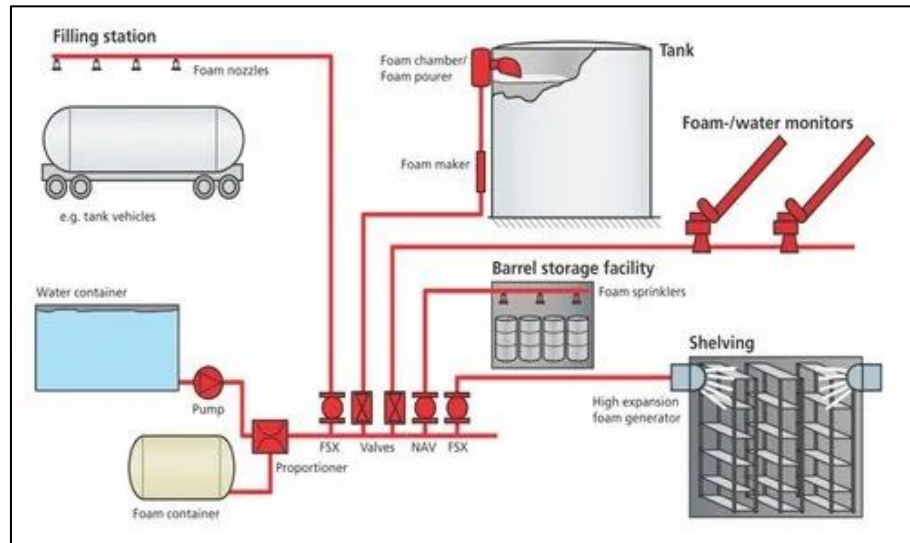
Gambar 4.3: Rimseal foam pourer system



Gambar 4.4: Rimseal foam pourer system



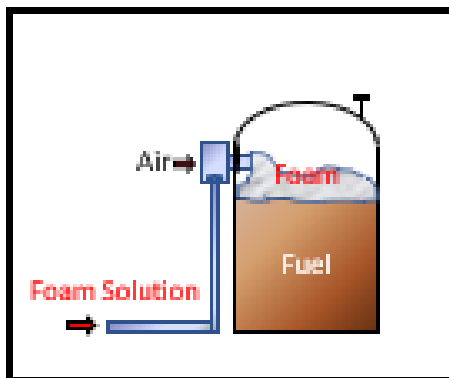
Gambar 4.5: *Rimseal foam pourer system*



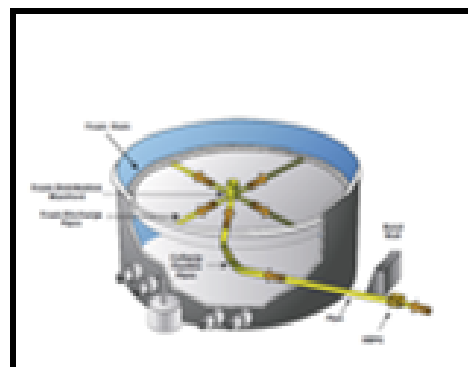
4.1.4. **Fixed and semi fixed system** yang terdapat di premis digunakan untuk pemadaman tangki minyak

Jadual 4.1: *Fixed and semi fixed system* beserta gambar

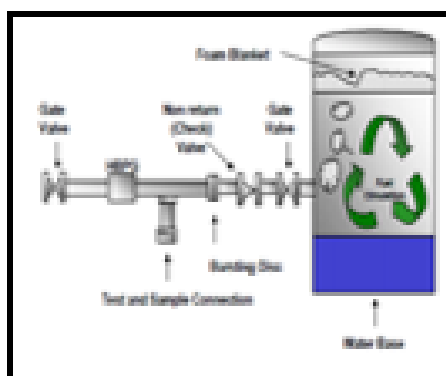
Gambar 4.6: *Foam pourer* di atas tangki bertindak seperti nozel



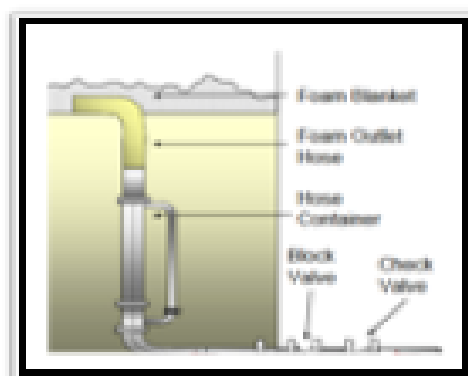
Gambar 4.7: *Catenary* dari luar ke kawasan rim seal



Gambar 4.8: *Subsurface injection* dari bawah ke permukaan produk



Gambar 4.9: *Subsurface injection* dari bawah ke permukaan produk



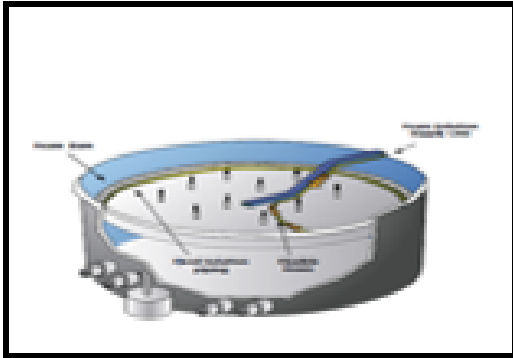
Gambar 4.10: *Subsurface injection dari bawah ke permukaan produk Bladder tank*



Gambar 4.10: *Semi subsurface seperti dry riser - fire truck connection*



Gambar 4.11: *Coflexip dari bawah ada hos mengikut aras produk*



Gambar 4.12: *One-Shot gas system - Gas FM200, dll.*



Gambar 4.13: *Full surface foam system*



Gambar 4.14: *Full surface foam system*



4.2. Jentera dan Peralatan (*Mobile Equipment*)

Gambar 4.15: Contoh pelan susun atur jentera dan peralatan (*mobile equipment*)



4.2.1. *Mobile equipment* adalah pilihan terakhir sekiranya:

4.2.1.1. Kapasiti *fixed/ semi fixed system* tidak mencukupi.

4.2.1.2. *Fixed/ semi fixed system* mengalami kerosakan

4.2.2. Kelemahan:

4.2.2.1. Memerlukan masa lama bagi susun atur dan pemasangan.

4.2.2.2. Memerlukan sumber peralatan yang banyak.

4.2.2.3. Memerlukan sumber tenaga manusia yang ramai.

4.2.2.4. Kadar penggunaan *foam* dan air lebih banyak kerana tidak semua aliran terkena pada permukaan kebakaran kerana faktor kesukaran mengawal aliran dan gangguan angin.

Jadual 4.2: Jentera/ Peralatan (*mobile equipment*) beserta gambar

Bil.	Jentera/ Peralatan	Spesifikasi
1.	Gambar 4.16: Pump trailer with caterpillar engine (<i>Highcapacity Foam Monitor (HCFM) plus Fire Water Pump</i>) 	<i>Flowrate:</i> • <i>Foam Monitor:</i> 2,000 gpm (7,570 lpm) • <i>William fire waterpump:</i> 4,000 gpm (15,142 lpm)
2.	Gambar 4.17: <i>High Performance Pump Module (Hydrosub)</i> 	<i>Flowrate:</i> • 2,500 lpm @ 13 bar (standard impeller) • 8,000 lpm @ 2.5 bar (Hi-flow impeller) • <i>Relay pumping for large capacity</i> • <i>Large diameter hose:</i> 6"x 5m x 6 nos and 6"x 10m x 7nos • <i>Pumping access:</i> up to 60 meter
3.	Gambar 4.18: <i>Foam Tender</i> 	<i>Flowrate:</i> • <i>Foam Monitor:</i> 2,000 gpm (7,570 lpm) • <i>Waterpump:</i> 3,000 gpm (11,356 lpm) • <i>Foam Storage capacity:</i> 9,000L • <i>Hose</i> 5"

4.	Gambar 4.19: 52 m turn table ladder 	• Fire pump flowrate: 2,600 lpm at 7 bar • Water Discharge at Monitor: 2,600 lpm at 7 bar • Pump type: Centrifugal, 2 stages • Max. working height 52m
5.	Gambar 4.20: Water tanker 	• Pemadaman • Relay pumping • Water tank: 20,000 Liter
6.	Gambar 4.21: Fire Rescue Tender 	• Water tank: 3,600L • Hose reel: 25mmx55mx2nos • Low Press: 16 Bar • High pressure: 50 bar

7.	Gambar 4.22: Light Fire Rescue Tender 	• Water tank: 1,400L • Low Press: 10 Bar • High pressure: 40 Bar
8.	Gambar 4.23: Portable Foam Monitor 	• Pemadaman
9.	Gambar 4.24: Portable ground monitor 	• Pemadaman atau cooling • Flowrate: 500 gpm/ 100 – 200 psi (1,900 lpm/ 7 bar – 14 bar)

10.	Gambar 4.25: <i>Nozzle Foam Making Branch (low expansion)</i> 	• Pemadaman secara <i>direct attack</i> api kecil • Flowrate: 225 lpm
11.	Gambar 4.26: <i>Portable Multi Purpose Foam System - Pro Pak UL 502</i> 	• Pemadaman secara <i>direct attack</i> api kecil
12.	Gambar 4.27: <i>Revolutionary Portable Foam Applicator PFA 95</i> 	• A-FFF: 1%, 3%, 6% dengan Nozel yang sama. • Flowrate: 95 gpm (360lpm) @ 125 psi (8.6 bar) • Bagi penggunaan api & Hazmat. • Boleh ditukar ganti antara AFFF dan air. • Akan menghasilkan larutan buih pada nominal 15 psi (1 bar)

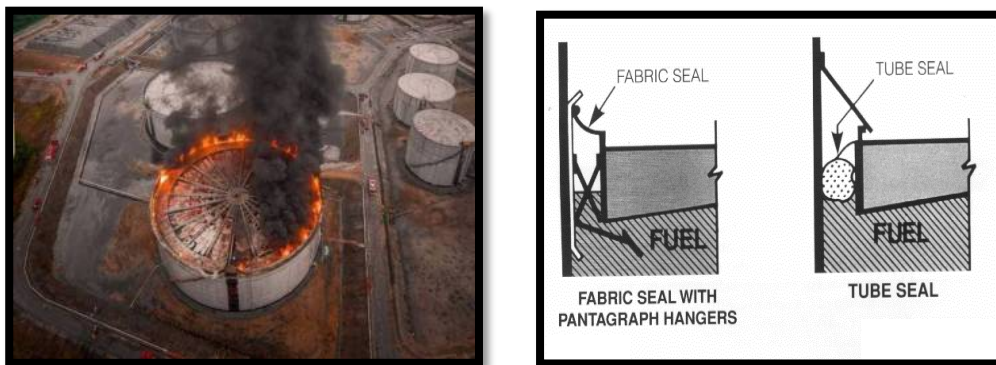
1.	Gambar 4.28: Thermal infrared 	• Menilai suhu semasa dan selepas pemadaman • Julat suhu sesuai sehingga 2,000°C
2.	Gambar 4.29: Thermal-imager 	• Menilai suhu semasa dan selepas pemadaman • Menjangkakan <i>boilover</i>
3.	Gambar 4.30: Drone 	• Pemantauan • Perancangan strategi semasa operasi

5. PANDUAN PEMADAMAN KEBAKARAN *RIM SEAL FIRE*

5.1. Pengenalan

- 5.1.1. ***Rim Seal Fire*** adalah kebakaran bahagian *rim seal* di mana kedap antara kerangka tangki dan *bumbung* telah hilang integriti serta terdapat wap yang dinyalakan di kawasan pengedap.
- 5.1.2. Jumlah permukaan kawasan *seal* yang terlibat dalam kebakaran boleh berbeza-beza dari kawasan yang kecil dan setempat sehingga ke lilitan penuh tangki. Wap mudah terbakar boleh berlaku di pelbagai bahagian bergantung pada reka bentuk *seal*.

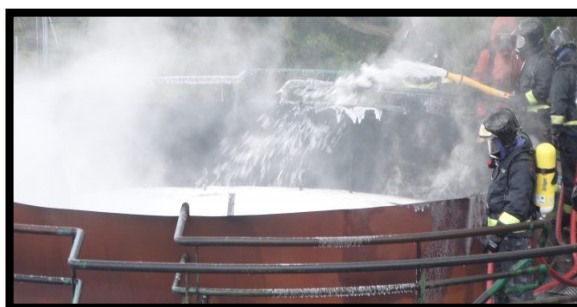
Gambar 5.1: Kebakaran *rim seal*



5.2. Pemadaman kebakaran *rim seal fire*

- 5.2.1. Aktifkan *fixed foam system* sekiranya ada.
- 5.2.2. Gunakan *semi fixed foam system* sekiranya ada.
- 5.2.3. Gunakan *foam handline* atau *foam making branch* bertindak naik ke atas tangki sehingga ke koridor (*girder*) dengan memakai PPE lengkap bersama alat pernafasan.
- 5.2.4. Menggunakan *mobile equipment* untuk memadamkan kebakaran.
- 5.2.5. Strategi asas pemadaman kebakaran *rim seal*:
 - i. Hentikan operasi tangki terlibat;
 - ii. Kenal pasti produk dalam tangki – toksik, *hydrocarbon* atau *polar solvent (alcohol-based product)*;
 - iii. Pastikan *roof drain* dalam keadaan terbuka;

- iv. Gunakan *fixed* atau *semi fixed system* untuk memadamkan kebakaran;
- v. Jika *fixed* atau *semi fixed system* tiada atau tidak berfungsi maka cara memadam secara manual boleh dibuat sekiranya ada kakitangan terlatih;
- vi. Memastikan muncung/ peralatan logam menyentuh dinding tangki untuk mengelakkan senario discaj elektrostatik berlaku. Perbuatan ini akan membolehkan caj statik dipindahkan dari dinding ke bumi;
- vii. Jangan gunakan monitor besar untuk memadamkan api untuk mengelakkan bumbung daripada condong;
- viii. Dalam sesetengah kes menggunakan monitor dari platform hidraulik tinggi telah berjaya memadamkan api *rim seal*.



Gambar 5.2: Contoh kebakaran *Rim Seal*

5.3. Langkah dan Formula Pengiraan Anggaran Keperluan Sumber - *Foam*, Air, Jentera dan Peralatan Bagi Kebakaran *Rim Seal Fire*

5.3.1. Contoh pengiraan anggaran keperluan sumber - *foam*, air, jentera dan peralatan bagi kebakaran *rim seal fire* bagi tangki bahan api minyak mentah (*crude oil*) yang mempunyai keluasan permukaan diameter 40 meter.

Gambar 5.3: Contoh susun atur pemadaman *rim seal fire*



Jadual 5.1: Pengiraan anggaran keperluan sumber bagi *fixed / semi-fixed system - foam system*

Bahan Api		<i>Hydrocarbon</i>
Diameter Tangki, d (m)		40m
Radius inner, r_0 (m)		$= d \div 2$ $= 40\text{m} \div 2$ $= 20\text{m}$
Radius outer, r_1 (m)		$= r_0 + 1$ $= 21\text{m}$
a.	Luas permukaan <i>rim seal</i> tangki (m^2) terbakar (Consider 1m radius width <i>rim seal</i>)	Consider (r_1 =outer; r_0 =inner; $r_1 - r_0 = 1\text{m}$) $= \pi r_1^2 - \pi r_0^2$ $= \pi (r_1^2 - r_0^2)$ $= 3.1416 (21^2 - 20^2)$ $= 129 \text{ m}^2$

b.	<i>Application rate (lpm/m²)</i> (Rujuk Jadual 3.2)	= 12.2 lpm/m ²
c.	<i>Total application rate (lpm)</i>	= a x b = 129 m ² x 12.2 lpm/m ² = 1,573.8 lpm
d.	<i>Application time (min)</i> (Rujuk Jadual 3.2)	20 min
e.	<i>Proportioning Rate/ Foam ratio</i> (Rujuk Jadual 3.1)	Foam 3% or 0.03 Water 97 % or 0.97
f.	<i>Water ratio</i> (Rujuk Jadual 3.1)	97% or 0.97
g.	<i>Fire fighting foam required (litre,l)</i>	= c x d x e = 1,573.8 lpm x 20 min x 0.03 = 944.28 litre
h.	<i>Minimum water volume required (litre,l)</i>	= c x d x f = 1,573.8 lpm x 20 min x 0.97 = 30,531.72 litre

Jadual 5.2: Pengiraan anggaran keperluan sumber bagi *mobile equipment – portable foam nozzle/ foamhandline*

Bahan Api		<i>Hydrocarbon</i>
Diameter Tangki, d (m)		40m
Radius inner, r₀ (m)		= d÷2 = 40 meter÷2 = 20 meter
Radius outer, r₁ (m)		= r ₀ +1 = 21m
a	Luas permukaan <i>rim seal</i> tangki (m ²) terbakar (Consider 1m radius width <i>rim seal</i>)	Consider (r ₁ =outer; r ₀ =inner; r ₁ - r ₀ =1m) = $\pi r_1^2 - \pi r_0^2$ = $\pi(r_1^2 - r_0^2)$ = 3.1416 (21 ² -20 ²) = 129m ²
b.	<i>Application rate (lpm/m²)</i> (Rujuk Jadual 3.2)	= 6.5 lpm/m ²
c	<i>Total application rate (lpm)</i>	= a x b = 129 m ² x 6.5 lpm/m ² = 838.5 lpm
d	<i>Application time (min)</i> (Rujuk Jadual 3.2)	65 min
e	<i>Proportioning Rate/ Foam ratio</i> (Rujuk Jadual 3.1)	Foam 3% or 0.03 Water 97 % or 0.97

f	<i>Water ratio</i> (Rujuk Jadual 3.1)	97% or 0.97
	<i>Fire fighting foam required</i> (litre,l)	= c x d x e = 838.5 lpm x 65 min x 0.03 = 1,635 litre
	<i>Minimum water volume</i> <i>required (litre,l)</i>	= c x d x f = 838.5 lpm x 65 min x 0.97 = 52,867.425 litre

Jadual 5.3: Pengiraan semula anggaran keperluan sumber bagi *mobile equipment – portable foam nozzle/ foamhandline* berdasarkan kapasiti jentera dan peralatan

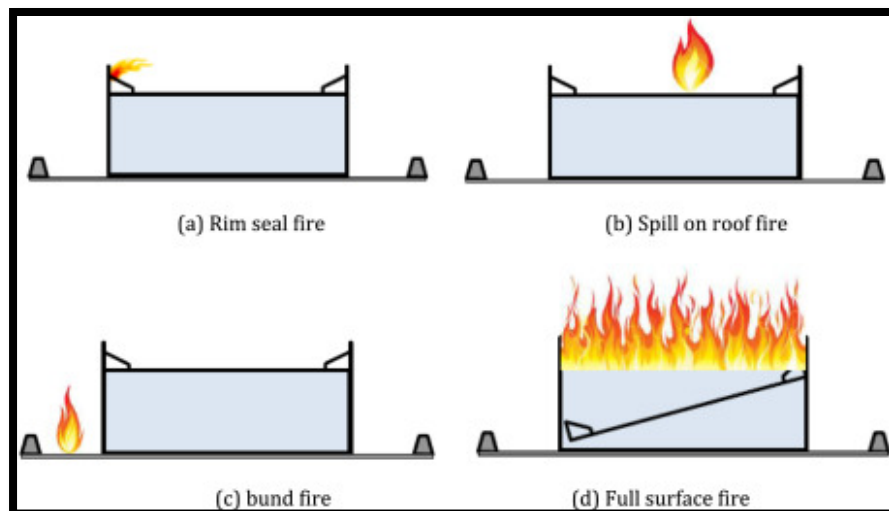
a.	<i>Total application rate</i> (calculated)	838.5 lpm
b.	<i>Application time (determined)</i>	65 minutes (NFPA)
c.	<i>Fire fighting foam required</i> (litre,l)	= c x d x e = 838.5 lpm x 65 min x 0.03 = 1,635 litre
d.	<i>Minimum water volume</i> <i>required (litre,l)</i>	= c x d x f = 838.5 lpm x 65 min x 0.97 = 52,867.425 litre
e.	Jentera available and capacity (kapasiti semua jentera dan peralatan perlu minima atau melebihi <i>total application rate</i> 13,069.06 lpm)	1 x LFRT pump 2,000 lpm > 838.5 lpm Pengiraan semula sumber air berdasarkan kapasiti jentera: = 2,000 lpm x 65 min x 0.97 = 126,100 litre (final recalculated) 4 x <i>foam</i> making branch (FMB) 225 lpm = 900 lpm (mencukupi) Pengiraan semula sumber foam berdasarkan kapasiti (FMB): = 900 lpm x 65 min x 0.03 = 1,755 litre (final recalculated) 1x <i>foam</i> tender <i>foam</i> capacity 9,000 liter > 1,755 litre

6. PANDUAN PEMADAMAN *FULL SURFACE TANK FIRE*

6.1. Pengenalan

- 6.1.1. ***Full surface fire*** ialah fenomena kebakaran di mana seluruh permukaan cecair dalam tangki terdedah dan terlibat dalam kebakaran. Bumbung tangki diandaikan telah tenggelam sepenuhnya dan jika bumbung sebahagiannya tenggelam akibat senget sehingga sebahagian besar permukaan bahan api terdedah dan penyalaan berlaku, ini boleh dianggap sebagai api permukaan penuh.
- 6.1.2. Potensi kebakaran merebak sebagai *boil over* adalah tinggi selepas campuran bahan bersama-sama air ketika operasi pemadaman sedang dijalankan.
- 6.1.3. Sekiranya peralatan *semi fixed* dan *fixed system* tidak ada atau tidak berfungsi, barulah gunakan kaedah menggunakan *mobile equipment*.
- 6.1.4. Langkah-langkah umum pemadaman kebakaran:
- 6.1.4.1. Aktifkan *fixed foam system* sekiranya ada.
 - 6.1.4.2. *Gunakan semi fixed foam system* sekiranya ada.
 - 6.1.4.3. *Menggunakan mobile equipment* untuk memadamkan kebakaran.
- 6.1.5. Berikut merupakan lakaran proses-proses bagaimana berlakunya *full surface tank fire* berlaku.

Gambar 6.1: *Escalation rim seal fire to full surface fire*



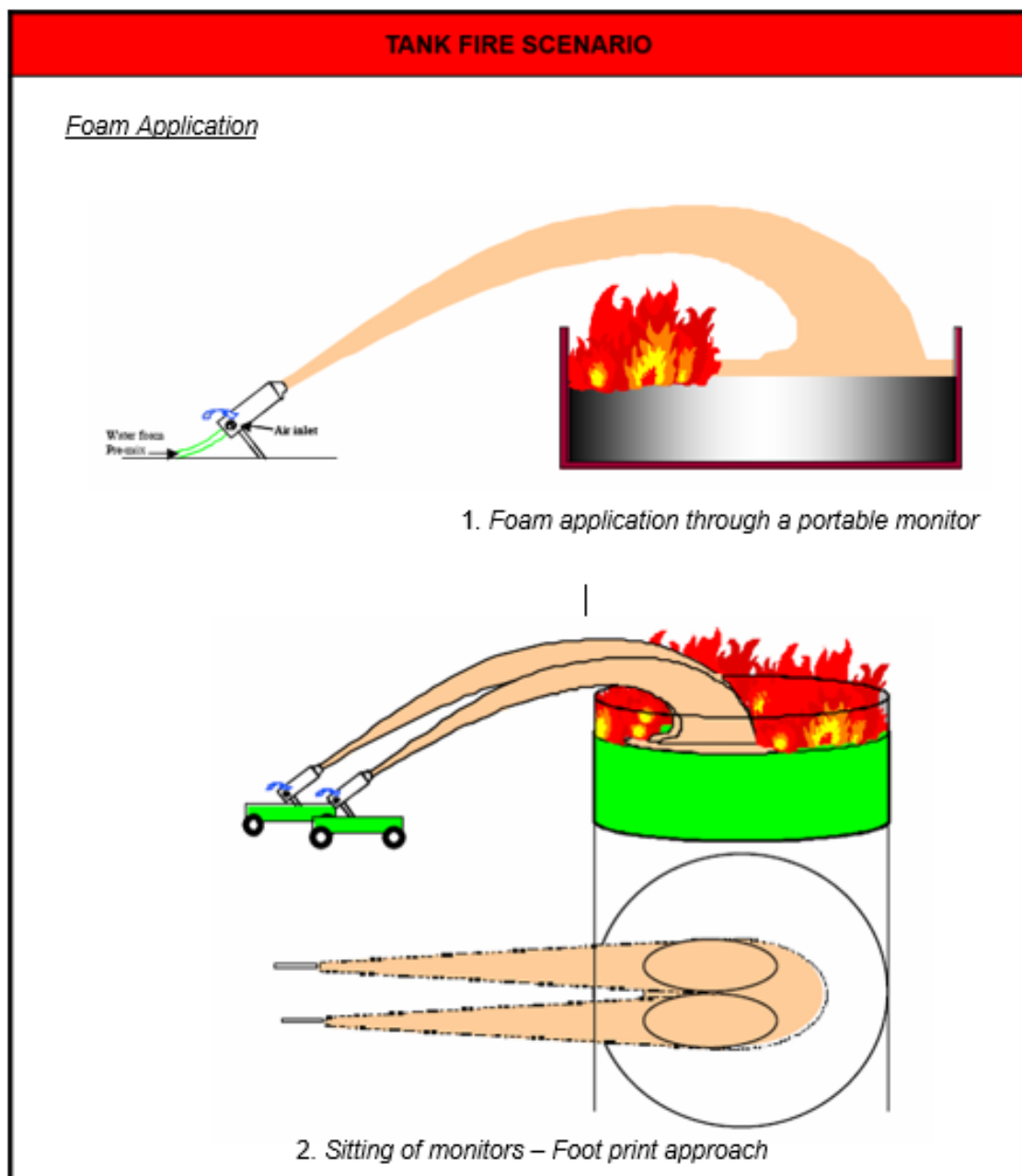
6.2. Pemadaman *Full Surface Tank Fire*

Strategi berikut menganggap bahawa semua sumber yang diperlukan akan tersedia sebelum sebarang percubaan pemadaman:

- 6.2.1. Hentikan operasi tangki terlibat.
- 6.2.2. Kenal pasti jenis produk dan jumlah tangki yang terjejas.
- 6.2.3. Mengenalpasti saiz tangki, diameter dan ketinggian.
- 6.2.4. Lindungi tangki bersebelahan menggunakan pam, saluran paip, atau semburan air; sekiranya tiada wap pada tangki, bermaksud kepanasan tangki terkawal.
- 6.2.5. Pengurusan air adalah penting untuk memastikan kecukupan air untuk melawan kebakaran jenis ini.
- 6.2.6. Tindakan mengepam keluar produk dari tangki terdedah - produk panas boleh menyebabkan kerosakan pada tangki, pam dan peningkatan kebakaran.
- 6.2.7. Gelombang asap dijadikan sebagai penanda untuk kenalpasti saiz dan keadaan *full surface fire*.
- 6.2.8. Tempoh kebakaran (lama) boleh membawa kepada *boil over*.
- 6.2.9. Pastikan jarak selamat dari tangki terutamanya untuk jentera bomba.
- 6.2.10. Jika berlaku kebakaran di *bund*, padamkan api *bund* sebelum bertindak balas terhadap kebakaran tangki.
- 6.2.11. Perancangan sumber tenaga dan logistik tenaga kerja perlu dilaksanakan.
- 6.2.12. Pastikan buih dan air yang mencukupi di tapak sebelum operasi pemadaman di buat.
- 6.2.13. Elakkan menggunakan air pada tangki terbakar.
- 6.2.14. Penggunaan air yang banyak boleh menyebabkan longkang tidak dapat mengalirkan *waste water*.
- 6.2.15. Permukaan tangki panas boleh berubah bentuk atau retak.

- 6.2.16. Semburan air boleh mengurangkan keberkesanan *foam blanket*.
- 6.2.17. Jika perlu penyejukan dengan semburan air boleh mengelakkan kebakaran berulang (*burn back*) untuk membantu pemadaman akhir.
- 6.2.18. Sekiranya api tidak dipadamkan, keluarkan semua kakitangan ke lokasi yang selamat dan terus mengepam produk tangki yang lain.

Gambar 6.2: *Tank fire scenario*



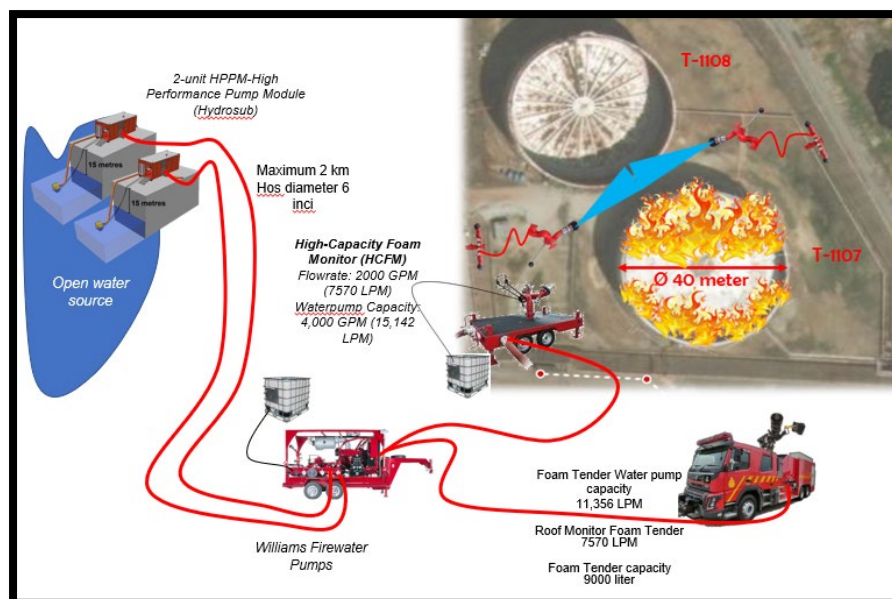
6.3. Langkah dan Formula *Pengiraan Anggaran Keperluan Sumber - Foam, Air, Jentera dan Peralatan* Bagi Kebakaran *Rim Seal Fire*

Gambar 6.3: Simulasi pemadaman kebakaran *full surface fire* dengan *fixed system*



- 6.3.1. Contoh pengiraan anggaran keperluan sumber - *foam*, air, jentera dan peralatan bagi kebakaran *full surface fire* bagi tangki bahan api minyak mentah (*crude oil*) yang mempunyai keluasan permukaan diameter 40 meter.

Gambar 6.4: Contoh susun atur pemadaman *full surface fire* (*mobile equipment*)



Jadual 6.1: Pengiraan anggaran keperluan sumber bagi *fixed / semi-fixed system - foam system*

Bahan Api		Hydrocarbon
Diameter Tangki (m)		40 meter
a.	Luas permukaan tangki (m ²) terbakar	$= \pi \times \text{radius}^2 = \pi \times (\text{diameter} \div 2)^2 =$ $= (\pi \times \text{diameter}^2) \div 4$ $= (3.1416 \times 40^2) \div 4$ $= 1,256.64 \text{ m}^2$
b.	Application Rate (lpm/m ²) (Rujuk Jadual 3.2)	= 4.1 lpm/m²
c.	Total Application Rate (lpm)	$= a \times b = 1,256.64 \text{ m}^2 \times 4.1 \text{ lpm/m}^2$ = 5,152.22 lpm
d.	Application time (min) (Rujuk Jadual 3.2)	55 min
e.	Proportioning Rate/ Foam ratio (Rujuk Jadual 3.1)	Foam 3% or 0.03 Water 97 % or 0.97
f.	Water ratio (Rujuk Jadual 3.1)	97% or 0.97
g.	Fire fighting foam required (litre,l)	$= c \times d \times e$ $= 5,152.22 \text{ lpm} \times 55 \text{ min} \times 0.03$ = 8,500.8 litre
h.	Minimum water volume required (litre,l)	$= c \times d \times f$ $= 5,152.22 \text{ lpm} \times 55 \text{ min} \times 0.97$ = 274,859.2 litre

Jadual 6.2: Pengiraan anggaran keperluan sumber bagi *mobile equipment – portable foam nozzle/ foamhandline*

Bahan Api		Hydrocarbon
Diameter Tangki (m)		40 meter
a.	Luas permukaan tangki (m ²) terbakar	$= \pi \times \text{radius}^2 = \pi \times (\text{diameter} \div 2)^2 =$ $= (\pi \times \text{diameter}^2) \div 4$ $= (3.1416 \times 40^2) \div 4$ $= 1,256.64 \text{ m}^2$
b.	Application rate (lpm/m ²) (Rujuk Jadual 3.2)	= 10.4 lpm/m²
c.	Total application rate (lpm)	$= a \times b = 1,256.64 \text{ m}^2 \times 10.4 \text{ lpm/m}^2$ = 13,069.06 lpm

d.	<i>Application time (min)</i> (Rujuk Jadual 3.2)	65 min
e.	<i>Proportioning rate/ foam ratio</i> (Rujuk Jadual 3.1)	Foam 3% or 0.03 Water 97 % or 0.97
f.	<i>Water ratio</i> (Rujuk Jadual 3.1)	97% or 0.97
g.	<i>Fire fighting foam required (litre,l)</i>	= c x d x e = 13,069.06 lpm x 65 min x 0.03 = 25,484.67 litre
h.	<i>Minimum water volume required (litre,l)</i>	= c x d x f = 13,069.06 lpm x 65 min x 0.97 = 824,004.23 litre

Jadual 6.3: Pengiraan semula anggaran keperluan sumber bagi *mobile equipment – portable foam nozzle/ foamhandline* berdasarkan kapasiti jentera dan peralatan

a.	<i>Total application rate (calculated)</i>	13,069.06 lpm
b.	<i>Application time (determined)</i>	65 minutes (NFPA)
c.	<i>Fire fighting foam required (litre,l)</i>	= 13,069.06 lpm x 65 min x 0.03 = 25,484.67 litre
d.	<i>Minimum water volume required (litre,l)</i>	= 13,069.06 lpm x 65 min x 0.97 = 849,358.21 litre
e.	Jentera available and capacity (kapasiti semua jentera dan peralatan perlu minima atau melebihi <i>total application rate</i> 13,069.06 lpm)	1 x <i>William firewater pump</i> 15,142 lpm > 13,069.06 lpm Pengiraan semula sumber air berdasarkan kapasiti jentera: = 15,142 lpm x 65 min x 0.97 = 954,703.1 litre (final recalculated) 1 x high capacity <i>foam monitor (HCFM)</i> 7,570 lpm + 1 x <i>foam tender - roof foam monitor</i> 7,570 lpm = 7,570 lpm + 7,570 lpm = 15,140 lpm > 13,069.06 lpm

		Pengiraan semula sumber foam berdasarkan kapasiti jentera: = 15,140 lpm x 65 min x 0.03 = 29,253 litre (final recalculated)
		1x foam tender foam capacity 9,000 liter (tidak mencukupi) 4 x Foam Tender Foam Capacity 9,000 liter = 36,000 liter > 29,253 liter atau dikumpul semua sumber foam dalam pelbagai container / drum.

7. PANDUAN PEMADAMAN *OVERFILL GROUND / BUND FIRE*

7.1. Pengenalan

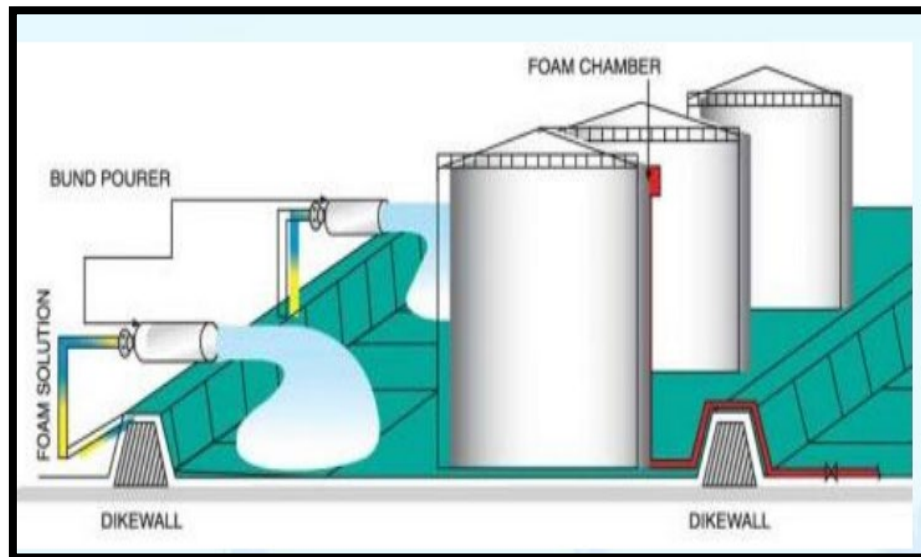
- 7.1.1. ***Overfill Ground Fire / Bund Fire*** adalah fenomena kebakaran di mana terdapatnya limpahan keluar dari tangki di dalam tembok perlindungan kebakaran dan terbakar.
- 7.1.2. Kadar kemerebakan kebakaran akan berlaku dengan cepat dan sukar untuk dikawal sekiranya limpahan tersebut terbakar di dalam ruangan ini (*bundwall*).
- 7.1.3. Pemadaman kebakaran *bund fire* menggunakan kaedah pemadaman satu kawasan ke satu kawasan (*quadrant*) dalam bund yang sama.
- 7.1.4. Merujuk kepada **NFPA 11**, sekurang-kurangnya separuh dari *standard flowrate* yang mencukupi dari separuh keluasan *bund* diperlukan untuk memulakan pemadaman

7.2. Pemadaman Kebakaran *Overfill Ground Fire / Bund*

- 7.2.1. Penutupan operasi tangki terlibat;
- 7.2.2. Elakkan tangki yang tidak terbakar terlibat dalam kebakaran;
- 7.2.3. Kenal pasti produk samada toksid, mudah terbakar and asap yang mencemar dan toksik;
- 7.2.4. Aktifkan *fixed foam system* sekiranya ada;
- 7.2.5. Tentukan saiz *bunds / dikes*;
- 7.2.6. Mengutamakan penggunaan *semi fixed foam system* sekiranya ada;
- 7.2.7. Menggunakan *mobile equipment* untuk memadamkan kebakaran sekiranya gagal;
- 7.2.8. Memastikan pemadaman dilakukan mengikut arah angin;
- 7.2.9. Anggota penyelamat tidak dibenarkan untuk berjalan ke dalam *bund /dikes* yang telah diselaputi dengan buih bagi mengelakkan salutan buih pecah dan seterusnya mengakibatkan kebakaran semula (*burn back*) berlaku;

- 7.2.10. Komander Operasi hendaklah memastikan limpahan produk sentiasa dilitupi dengan buih sepenuhnya;
- 7.2.11. Menjadikan tangki atau *bund wall* atau *plat deflector* ketika menggunakan *foam*;
- 7.2.12. Jangan gunakan monitor air bersama monitor buih bagi mengelakkan nisbah pencampuran buih cair terganggu.

Gambar 7.1: Pemadaman *bund fire* menggunakan *foam pourer system*



Gambar 7.2: Contoh pemadaman *bund fire* menggunakan *mobile equipment*



7.2.13. Kesan *Overflow Ground Fire / Bund*:

7.2.13.1. Kesan langsung:

7.2.13.1.1. Kesan radiasi haba.

7.2.13.1.2. Pencemaran udara dengan asap dan gas toksik.

7.2.13.1.3. Pencemaran tanah dan air.

7.2.13.1.4. Perniagaan terganggu.

7.2.13.2. Kesan tidak langsung

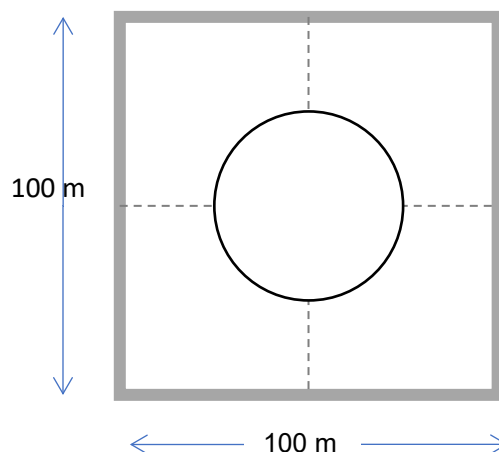
7.2.13.2.1. Kemudahan infrastruktur tersumbat.

7.2.13.2.2. Penduduk sekitar terpaksa dipindahkan.

7.3. Langkah dan Formula Pengiraan Anggaran Keperluan Sumber - *Foam*, Air, Jentera dan Peralatan Bagi Kebakaran *Overflow Ground / Bund Fire*

7.3.1. Contoh pengiraan anggaran keperluan sumber - *foam*, air, jentera dan peralatan bagi kebakaran *bund (dike) fire* bagi tangki bahan api minyak mentah (*crude oil*) yang mempunyai keluasan bund 100m x100m.

Gambar 7.3: Tangki 40 meter Diameter dengan bund 100 m x 100m



Jadual 7.1: Pengiraan anggaran keperluan sumber bagi *fixed / semi-fixed system - foam system dan mobile equipment– portable foam nozzle/ foamhandline*

Luas Bund Wall (m²)		100mx100m = 10,000 m ²
a.	2 Quadrant = 2/4 Luas permukaan Bundwall (m ²) terbakar	10,000 m ² ÷ 2 = 5,000 m ²
b.	<i>Application rate</i> (lpm/m ²) (Rujuk Jadual 3.2)	4.1 lpm/m ²
c.	<i>Total application rate</i> (lpm)	= a x b = 5,000 m ² x 4.1 lpm/m ² = 20,500 lpm
d.	<i>Application time</i> (min) (Rujuk Jadual 3.2)	60 min
e.	<i>Proportioning Rate/ Foam ratio</i> (Rujuk Jadual 3.1)	Foam 3% or 0.03 Water 97 % or 0.97
f.	<i>Water ratio</i> (Rujuk Jadual 3.1)	97% or 0.97
g.	<i>Fire fighting foam required</i> (litre,l)	= c x d x e = 20,500 lpm x 60 min x 0.03 =36,900 litre
h.	<i>Minimum water volume required</i> (litre,l)	= c x d x f = 10,250 lpm x 60 min x 0.97 =1,193,100 litre

Jadual 7.2: Pengiraan semula anggaran keperluan sumber bagi *mobile equipment – portable foam nozzle/ foamhandline* berdasarkan kapasiti jentera dan peralatan

<i>Total application rate</i> (calculated)	20,500 lpm
<i>Application time</i> (determined)	60 minutes
<i>Fire fighting foam required</i> (litre,l)	= 20,500 lpm x 60 min x 0.03 = 36,900 litre
<i>Minimum water volume required</i> (litre,l)	= 10,250 lpm x 60 min x 0.97 = 1,193,100 litre
Jentera available and capacity (kapasiti semua jentera dan peralatan perlu minima atau melebihi <i>total application rate</i> 13,069.06 lpm)	1 x William firewater pump (HCFM) 15,142 lpm + 1 x <i>Foam tender water pump</i> 11,356 lpm = 26, 498 lpm > 20,500 lpm Pengiraan semula sumber air berdasarkan kapasiti jenter a:= 26,498 lpm x 60 min x 0.97

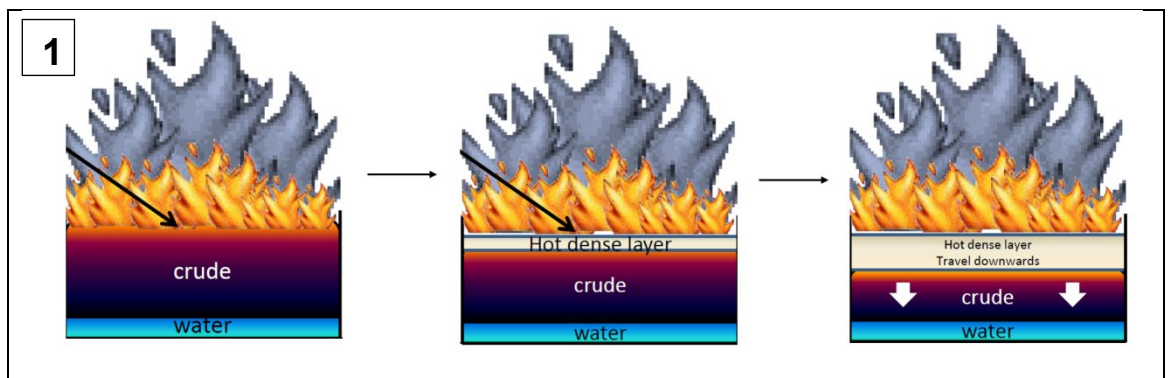
	= 1,542,183.6 litre (<i>final recalculated</i>)
	2 x <i>High Capacity Foam Monitor</i> (HCFM) 7,570 lpm = 15,140 lpm + 1 x <i>Foam Tender - Roof Foam Monitor</i> 7,570 lpm = 22,710 lpm > 20,500 lpm Pengiraan semula sumber foam berdasarkan kapasiti jentera: = 22,710 lpm x 60 min x 0.03 = 40,878 litre (<i>final recalculated</i>)
	1x <i>Foam Tender Foam Capacity</i> 9,000 liter (tidak mencukupi) 5 x <i>Foam Tender Foam Capacity</i> 9,000 liter = 45,000 liter > 40,878 litre atau dikumpul semua sumber <i>foam</i> dalam pelbagai <i>container / drum</i>.

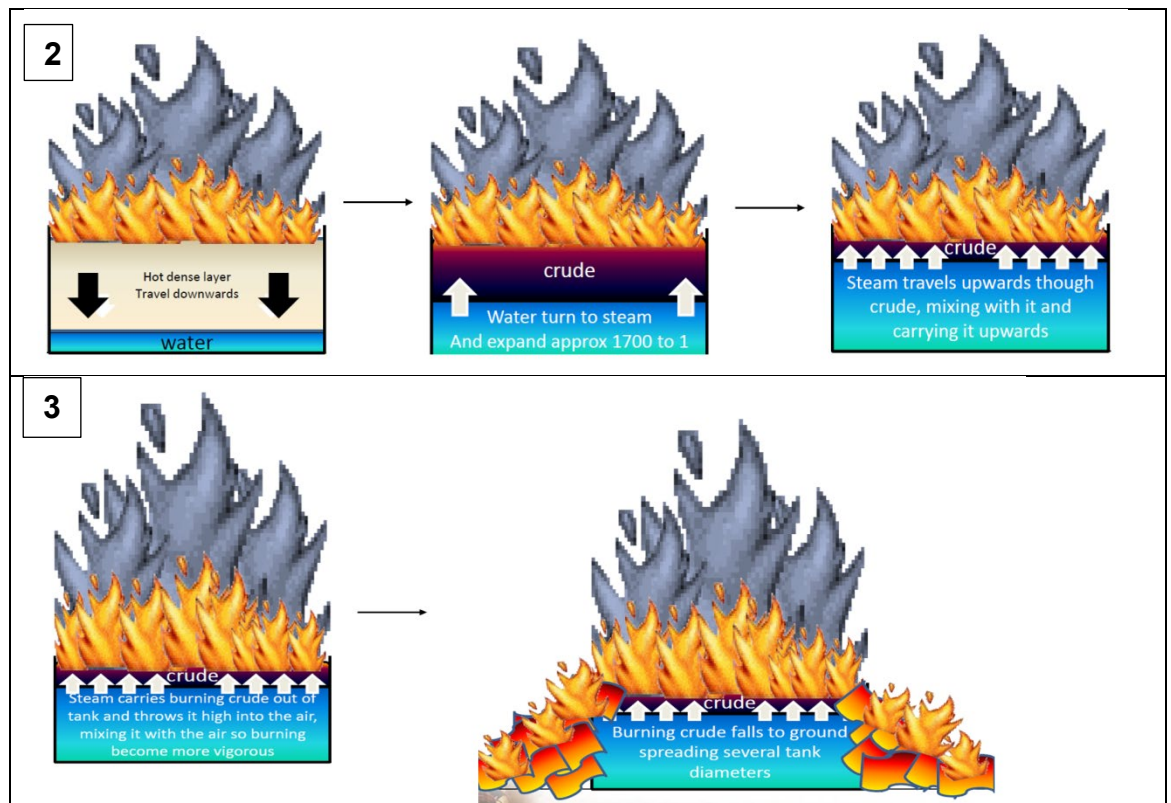
8. PANDUAN PEMADAMAN KEBAKARAN *BOIL OVER*

8.1. Pengenalan

- 8.1.1. **Boil Over** merujuk kepada fenomena yang berlaku semasa kebakaran *tangki mengandungi minyak* yang telah terbakar pada tempoh tertentu dan menyebabkan minyak meledak melebihi kawasan *bund*. Fenomena ini adalah risiko paling besar kepada pasukan pemadaman dan segala perancangan strategi perlu mengambil kira perkara ini.
- 8.1.2. Ia berlaku apabila air di bawah cecair mudah terbakar telah dipanaskan di atas titik didih yang tinggi dalam tempoh masa yang lama dan mengewap secara tiba-tiba menyebabkan risiko kebakaran besar berlaku.
- 8.1.3. Anggaran akan berlaku fenomena *boil over* adalah selepas 8 jam berlakunya kebakaran tangki permukaan penuh walaupun bagaimanapun boleh berlaku secara tiba-tiba dan boleh berlaku lebih dari sekali.
- 8.1.4. Anggaran kawasan terkesan akibat *boil over* dianggarkan hingga 10 kali ganda diameter tangki *downwind* dan 5 kali ganda diameter tangki *crosswind* atau lebih. Faktor kemerebakan adalah integriti dan saiz *bund*, serta topografi loji.
- 8.1.5. Pasukan pemadaman tidak boleh berpatah balik ke tangki yang sedang *boil over* dan jarak selamat mesti dikekalkan sekurang-kurangnya di luar dinding *bund* dan sebaiknya di lokasi pengungsian segera boleh dilakukan.
- 8.1.6. Berikut merupakan lakaran proses-proses bagaimana berlakunya *boil over*.

Gambar 8.1: Proses *boil over*





8.2. Pemadaman Kebakaran *Boil Over*

- 8.2.1. Keutamaan penggunaan *fixed system (foam system)* adalah penting bagi mengelakkan risiko kepada pasukan pemadaman. Rekaan sistem paling baik dan selamat adalah semua sistem boleh diaktifkan secara jarak jauh tanpa perlu ke lokasi bagi mengelakkan risiko.
- 8.2.2. Pemadaman menggunakan *mobile equipment* memerlukan foam monitor skala besar dan semua pengiraan keperluan sumber seperti jentera, *foam*, air dan sumber manusia perlu dilaksanakan pada peringkat perancangan awal.
- 8.2.3. Berdasarkan ujian **LASTFIRE**, kebakaran tangki minyak sebaiknya dipadamkan dalam tempoh 2 jam dari bermula kebakaran bermula dengan NFPA/EN application rates (10 – 12 lpm/m² if menggunakan *mobile equipment* dan 4 - 8 lpm/m² jika menggunakan *fixed systems*). Berdasarkan tempoh 2 jam, sumber *foam* perlu dikumpul segera dan pemadaman menggunakan *foam* dianggarkan dilaksanakan dalam tempoh 2-4 jam selepas bermula kebakaran.
- 8.2.4. Keutamaan penggunaan *fixed system* bersama dengan *mobile equipment* yang ada pada peringkat awal perlu digunakan sebaiknya, jika anggaran masa aturgerak jentera mungkin melebihi 2 jam, dan tempoh masa pemasangan peralatan yang juga mungkin mengambil masa.

- 8.2.5. *Hot Zone Break up* dengan kaedah *sub surface foam injection (fixed-system)* bagi tangki berdiameter kecil, atau *intermittent* (putus-putus) *foam injection* bagi tangki diameter besar untuk mengelakkan limpahan paras minyak.
- 8.2.6. Kaedah *water draw off* dengan membuka valve di bawah tangki lebih awal bagi membuang kandungan air. Jarak *valve* dengan tangki dan keadaan semasa jika *boilover* sedang berlaku perlu dipertimbangkan. Air akan menjadi stim atau wap air dan menjadi faktor ledakan semasa *boilover*.
- 8.2.7. Kaedah *pump out and controlled burndown/boilover* atau mengalihkan kandungan tangki ke tempat lain mengurangkan bahan yang membantu terjadinya *boilover*. Kaedah ini perlu dilakukan di peringkat lebih awal bagi mengelak *boilover* berlaku.

9. TAFSIRAN

- 9.1. **Boil Over** adalah fenomena kebakaran semasa kejadian kebakaran tangki permukaan penuh. Ia berlaku apabila air di bawah cecair mudah terbakar telah dipanaskan di atas titik didih yang tinggi dalam tempoh masa yang lama dan mengewap secara tiba-tiba menyebabkan risiko kebakaran berlaku.
- 9.2. **Defensive** adalah tindakan penyejukan (*cooling*) pada tangki dan sekitarnya sebelum bertindak *offensive*.
- 9.3. **Fixed System** adalah kaedah menggunakan peralatan *fixed monitor / pourer system* pada tangki untuk tindakan *cooling* pada tangki yang bersebelahan.
- 9.4. **Full Surface Fire** adalah fenomena kebakaran terjadi apabila telah terdedah lama dengan tahap kepanasan haba yang tinggi mengakibatkan tangki bumbung tetap menjadi lemah dan terpisah menyebabkan kebakaran permukaan penuh berlaku.
- 9.5. **Komander Operasi (KO)** adalah Pegawai Kanan Jabatan Bomba dan Penyelamat Malaysia yang mengetuai sesuatu operasi.
- 9.6. **Non-Intervention/ Let It Burn/ Control Burning** adalah tindakan *defensive* dan pembakaran terkawal sehingga habis bahan bakar yang mengambil masa yang lama dan risiko di luar jangka. Strategi dan taktikal ini terdedah kepada *risiko boil over* dan pencemaran alam sekitar.
- 9.7. **Offensive** adalah tindakan memadamkan kebakaran secara *direct attack* ke arah api menggunakan buih (*foam*).
- 9.8. **On-Scene Commander (OSC)** adalah Komander Operasi peringkat awal diketuai oleh Organisasi Keselamatan Kebakaran Premis sebelum ketibaan Pasukan Keluaran Operasi JBPM.
- 9.9. **Overfill Ground / Bund Fire** adalah fenomena kebakaran di mana ciri-ciri penting sebagai tembok perlindungan kebakaran telah berlaku tumpahan. Kebakaran akan merebak dengan cepat dan lebih sukar dikawal apabila cecair bahan berada di dalam ruangan ini.
- 9.10. **Rim Seal Fire** adalah *fenomena* kebakaran yang terdiri daripada wap mudah terbakar yang tinggi dan terdedah kepada sumber pencucuhan, seperti kilat, geseran atau pendawaian elektrik yang mempunyai masalah dari sensor dan peralatan pemantauan. Keadaan tempat bermulanya berlaku kebakaran pada bahagian *rim seal*.

- 9.11. **Semi fixed** adalah kaedah menggunakan *injection foam* dari *fire truck* ke dalam sistem tangki. Ianya berfungsi sepertimana sistem pancur kering (*wet riser*). Sekiranya peralatan berkenaan tidak ada atau tidak berfungsi, barulah gunakan kaedah menggunakan *mobile equipment*.
- 9.12. **Watch Commander:** Komander Operasi peringkat awal diketuai oleh Pasukan Bomba Swasta (cth. CEFS)

10. RUJUKAN

- 10.1. *Large Atmospheric Storage Tank Fire Project Lastfire Risk Reduction Options 2015 Edition*
- 10.2. NFPA® 11 *Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam*. 2010
- 10.3. Fixed firefighting systems — *Foam Systems Part 2: Design, Construction And Maintenance* BS EN 13565-2:2009