



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS DAMPAK KEBAKARAN HIDROKARBON DENGAN
MENGUNAKAN PEMODELAN MATEMATIKA PADA STASIUN
PENGUMPUL MINYAK BUMI
(STUDI KASUS DI STASIUN PENGUMPUL KOTABATAK –
SUMATRA LIGHT SOUTH)**

TESIS

**OLEH
WAHYU ADITYA
NPM: 0606021874**

**PROGRAM STUDI KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS INDONESIA**

DEPOK, 2008

Wahyu Aditya, NPM. 0606021874

**ANALISIS DAMPAK KEBAKARAN HIDROKARBON DENGAN
MENGUNAKAN PEMODELAN MATEMATIKA PADA STASIUN
PENGUMPUL MINYAK BUMI (STUDI KASUS DI STASIUN PENGUMPUL
KOTABATAK – SUMATRA LIGHT SOUTH)**

ix + 115 halaman, 10 tabel, 20 gambar, 8 lampiran

ABSTRAK

Lapangan minyak Kotabatak merupakan salah satu lapangan minyak yang dikelola oleh *production area* Kotabatak Petapahan (Kopet) Sumatra Light South PT CPI. Lapangan minyak Kotabatak memberikan kontribusi sebesar 80 % terhadap produksi harian minyak mentah *production area* Kotabatak Petapahan dan memberikan kontribusi sebesar 20 % terhadap produksi harian minyak *sub operation unit* Sumatra Light South. Di lapangan minyak Kotabatak terdapat stasiun pengumpul Kotabatak. Penelitian mengenai bahaya kebakaran belum membahas secara terperinci peristiwa kebakaran hidrokarbon dan dampak peristiwa kebakaran hidrokarbon. Perusahaan PT CPI memiliki komitmen untuk melindungi masyarakat dan lingkungan sekitar serta melaksanakan kegiatan operasi dengan handal dan efisien. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui bentuk kebakaran hidrokarbon dan dampak kebakaran hidrokarbon yang dapat terjadi di stasiun pengumpul Kotabatak.

Penelitian ini memiliki tujuan umum untuk mengetahui bentuk dan dampak kebakaran hidrokarbon yang mungkin terjadi di stasiun pengumpul Kotabatak Sumatra Light South PT CPI. Tujuan khusus Penelitian ini adalah mengetahui bentuk kebakaran yang dapat terjadi di stasiun pengumpul Kotabatak, mengetahui dampak kebakaran hidrokarbon jenis kebakaran tangki pada *wash tank* T-2B dan peristiwa bola api pada *separator* V-5 terhadap manusia yang berada wilayah di stasiun pengumpul Kotabatak, mengetahui dampak kebakaran hidrokarbon jenis kebakaran tangki pada *wash tank* T-2B dan peristiwa bola api pada *separator* V-5 yang dapat terjadi terhadap aset yang terdapat di stasiun pengumpul Kotabatak. Manfaat penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai bentuk dan dampak kebakaran hidrokarbon di stasiun pengumpul Kotabatak, memberikan masukan bagi Sumatra Light South PT CPI, menambah pengetahuan peneliti mengenai proses analisis dampak kebakaran serta dapat menjadi dasar bagi penelitian selanjutnya.

Desain penelitian ini adalah analisis dampak kebakaran dengan menggunakan metode penilaian bahaya kebakaran. Pendekatan yang digunakan adalah pemodelan matematika. Analisis dampak kebakaran dilakukan untuk mengetahui dampak kebakaran hidrokarbon terhadap manusia dan aset yang berada di dalam wilayah stasiun pengumpul Kotabatak. Dampak kebakaran yang dinilai adalah radiasi panas.

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah bentuk kebakaran yang dapat terjadi di stasiun pengumpul minyak Kotabatak adalah kebakaran tangki, *trench fire*, kebakaran kolam, *jet fire/torch fire*, *flash fire*, *vapor cloud explosion*, dan peristiwa bola api. Dampak kebakaran terhadap manusia akibat peristiwa kebakaran tangki pada *wash tank* T-2B adalah rasa sakit pada radius sampai dengan 40 meter dari titik tengah tangki setelah paparan panas selama 1 detik. Luka bakar tingkat 1 pada radius

sampai dengan 16 meter setelah paparan panas selama 1 detik. Luka bakar tingkat 2 pada radius sampai dengan 26 meter sampai dengan 30 meter dari titik tengah tangki setelah paparan panas selama 2 detik. Luka bakar tingkat 3 dan kematian pada jarak 14 meter sampai dengan 18 meter dari titik tengah tangki setelah paparan panas selama 6 detik. Dampak peristiwa bola api terhadap manusia adalah manusia yang berada pada jarak antara 5 meter sampai dengan 7 meter dari titik tengah separator V-5 akan mengalami luka bakar tingkat tiga dan dapat menyebabkan kematian. manusia yang berada pada jarak antara 9 meter sampai dengan 11 meter dari titik tengah separator V-5 akan mengalami luka bakar tingkat dua. Pengamat yang berada pada jarak antara 14 meter sampai dengan 16 meter mengalami luka bakar tingkat satu dan merasakan sakit akibat radiasi panas. Dampak kebakaran tangki *wash tank* T-2B terhadap peralatan dan fasilitas adalah tangki dan pipa yang berada pada radius 24 meter dari titik tengah akan mengalami kerusakan bahan dan mengalami distorsi. Tangki dan pipa baja yang tidak dilengkapi dengan pelindung panas serta bejana tekan pada radius 40 meter akan mengalami kerusakan bahan. Tangki dan pipa baja dengan ketebalan tipis dan dilengkapi lapisan pelindung panas yang berada pada radius 60 meter akan mengalami kerusakan bahan. Fasilitas pengkabelan yang berada pada radius 132 meter sampai dengan 182 meter akan mengalami kerusakan. Kayu yang berada pada radius 40 meter akan terbakar. Kayu, kertas, dan cat berada pada radius 60 meter akan mencapai kondisi siap untuk terbakar. Dampak peristiwa bola api di separator V-5 adalah tangki dan pipa yang berada pada radius 8 meter terdistorsi dan mengalami kerusakan bahan. Tangki dan pipa yang berada pada radius 8 meter sampai 10 meter mengalami kerusakan bahan. Tangki dan pipa dengan ketebalan tipis yang berada pada radius 14 meter akan mengalami kerusakan bahan. Fasilitas pengkabelan yang berada pada radius 32 meter sampai dengan 44 meter akan mengalami kerusakan. Bahan yang dapat terbakar yang berada pada radius 2 meter dari titik tengah separator V-5 akan terbakar. Bahan yang dapat terbakar yang berada pada radius 16 meter mencapai kondisi siap untuk terbakar.

Daftar Pustaka : 24 (1982-2006)

Wahyu Aditya, NPM. 0606021874

**HIDROCARBON FIRE CONSEQUENCE ANALYSIS USING
MATHEMATICAL MODEL AT A CRUDE OIL GATHERING STATION
(CASE STUDY AT KOTABATAK GATHERING STATION – SUMATRA LIGHT
SOUTH)**

ix + 112 pages, 10 tables, 20 pictures, 8 appendices

ABSTRACT

Kotabatak oilfield is operated by operated by Kotabatak Petapahan (Kopet) production area under the responsibility of Sumatra Light South. Kotabatak oilfield contribute to 80 % of Kotabatak Petapahan production area daily oil production and contribute to 20 % of Sumatra Light South sub operation unit daily oil production. Kotabatak gathering station is located at Kotabatak oilfield. Current research performed about fire hazard at Kotabatak Gathering station, does not specifically analyze hydrocarbon fire and consequences of hydrocarbon fire. Chevron Pacific Indonesia has a commitment to protect the people and the environment and to perform their activity excellently and efficiently. So it is needed to perform a research to know the type of hydrocarbon fire and consequence of hidrocarbon fire that might be happen at Kotabatak gathering station.

The aim of this research is to identify the type of hydrocarbon fire and its consequences which might occur at Kotabatak gathering station. The objective of this research is to identify the type of hydrocarbon fire that might be happen at Kotabatak gathering station, to identify the consequences of tank fire at wash tank T-2B and fireball at separator V-5 to human kind at Kotabatak gathering station and to identify the consequences of tank fire at wash tank T-2B and fireball at separator V-5 to asset and facilities at Kotabatak gathering station. The benefit of this research is to give information about the form of hydrocarbon fire and consequence of hydrocarbon fire at Kotabatak gathering station, Sumatra Light South will have a reference for further Kotabatak gathering station development, and will be the basis for further research.

The design of this research is fire consequence analysis. This research is using fire hazard assessment method. the approach used in this research is mathematical modeling. Consequence analysis is performed to know the consequence of hydrocarbon fire to human kind and asset at Kotabatak gathering station. Heat radiation is analyzed as the consequence of fire in this research.

The result of this research is the form of hydrocarbon fire that may be happen at Kotabatak gathering station are tank fire, trench fire, pool fire, jet fire/torch fire, flash fire, vapor cloud explosion, and fireball. The consequence of tank fire at wash tank T-2B to human kind are pain at a radius up to 40 meters from the center of wash tank T-2B after an exposure for 1 second, first degree burn at a radius up to 16 meters after an exposure for 1 second, second degree burn at a radius from 26 meters up to 30 meters after an exposure for 1 second, and third degree burn at a radius from 14 meters up to 18 meters after an exposure for 6 second. The consequence of fireball at separator V-5 to human kind are pain and first degree burn at a radius from 14 meters up to 16 meters from the center of separator V-5 after, second degree burn at a radius

from 9 meters up to 11 meters, and third degree burn at a radius from 5 meters up to 7 meters. Third degree burn may cause direct fatality. The consequence of tank fire at wash tank T-2B to asset at Kotabatak gathering station are tanks and pipes at a radius up to 24 meters will be distorted and damaged, steel tanks and steel pipes which is not protected with heat protective coating at a radius up to 40 meters will be damaged, thin steel tanks and thin steel pipes which is protected with heat protective coating at a radius up to 60 meters will be damaged, wiring at a radius from 132 meter up to 182 meters will be damaged, wood at a radius up to 40 meters will be burn, and combustible at a radius up to 60 meters will be ready to ignite. The consequence of fireball at separator V-5 to asset at Kotabatak gathering station are tanks and pipes at a radius up to 8 meters will be distorted and damaged, tanks and pipes at a radius from 8 meters up to 10 meters will be damaged, thin steel tanks and thin steel pipes at a radius up to 14 meters will be damaged, wiring at a radius from 32 meter up to 44 meters will be damaged, combustible at a radius up to 2 meters will be burn, and combustible at a radius up to 16 meters will be ready to ignite.

Reference: 24 (1982-2006)





UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS DAMPAK KEBAKARAN HIDROKARBON DENGAN
MENGUNAKAN PEMODELAN MATEMATIKA PADA STASIUN
PENGUMPUL MINYAK BUMI
(STUDI KASUS DI STASIUN PENGUMPUL KOTABATAK –
SUMATRA LIGHT SOUTH)**

Tesis ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
MAGISTER KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

Oleh

**WAHYU ADITYA
NPM : 0606021874**

**PROGRAM STUDI KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS INDONESIA**

DEPOK, 2008

PERNYATAAN PERSETUJUAN

Tesis dengan judul

**ANALISIS DAMPAK KEBAKARAN HIDROKARBON DENGAN
MENGUNAKAN PEMODELAN MATEMATIKA PADA STASIUN
PENGUMPUL MINYAK BUMI
(STUDI KASUS DI STASIUN PENGUMPUL KOTABATAK –
SUMATRA LIGHT SOUTH)**

Telah disetujui, diperiksa, dan dipertahankan dihadapan Tim Penguji Tesis
Program Pascasarjana Fakultas Kesehatan Masyarakat –
Universitas Indonesia

Depok, 7 Oktober 2008

Pembimbing



Dra. Eatin Lestari, MSi, Ph.D

**PANITIA SIDANG UJIAN TESIS
PROGRAM STUDI KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS INDONESIA**

Depok, 7 Oktober 2008

Ketua



Dra. Fatma Lestari, MSi, Ph.D

Anggota



dr. Zulkifli Djunaedi, M.App.Sc

Anggota



Ir. Arif Muhaimin, M.Sc FPE

Anggota



Soehatman Ramli, SKM, MBA

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya

Nama : Wahyu Aditya

NPM : 0606021874

Program Studi : Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Kekhususan : -

Angkatan : 2006

Jenjang : Magister

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan tesis saya yang berjudul "Analisis Dampak Kebakaran Hidrokarbon Dengan Menggunakan Pemodelan Matematika Pada Stasiun Pengumpul Minyak Bumi (Studi Kasus di Stasiun Pengumpul Kotabatak – Sumatra Light South".

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Depok, 7 Oktober 2008

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Wahyu Aditya', is written over a rectangular stamp. The stamp contains the number '60' and some illegible text.

Wahyu Aditya

RIWAYAT HIDUP

Nama : Wahyu Aditya
Tempat/ Tanggal Lahir : Malang / 8 Pebruari 1981
Alamat : Perumahan Bintaro Jaya sektor IX Blok JE-5 / No.19
Tangerang - Banten

Status Keluarga : Belum Menikah

Riwayat Pedidikan :

1. SD Cendana Duri - Duri Lulus tahun 1993
2. SMP Cendana Minas - Minas Lulus tahun 1996
3. SMU Cendana Rumbai - Pekanbaru Lulus tahun 1999
4. Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya - Malang Lulus tahun 2006

PENGANTAR

Puji syukur penyusun kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat karunia-Nya, penyusun dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Analisis Dampak Kebakaran Hidrokarbon Dengan Menggunakan Pemodelan Matematika Pada Stasiun Pengumpul Minyak Bumi (Studi Kasus di Stasiun Pengumpul Kotabatak – Sumatra Light South)”.

Tesis ini merupakan syarat bagi mahasiswa untuk menyelesaikan perkuliahan dan merupakan syarat akademik untuk dapat memperoleh gelar Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.

Dengan selesainya tesis ini, penyusun mengucapkan terima kasih kepada

1. Bapak Drs. (Psi) Ridwan Z Sjaaf, MPH selaku Kepala Departemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja.
2. Bapak Hendra, SKM, MKKK selaku Sekretaris Departemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja.
3. Ibu Dra. Fatma Lestari, Msi, Ph.D selaku Dosen pembimbing tesis dan pembimbing akademik.
4. Bapak dr. Zulkifli Djunaedi, M.App.Sc, Bapak Ir. Arif Muhaimin, M.Sc FPE, dan Bapak Sochatman Ramli, SKM, MBA selaku penguji sidang tugas akhir.
5. Bapak Ir. Sudjono Adimulyo selaku pimpinan REM SLS, Ir. Carlo Anindra Wisnu, MM dan Bapak Eko Januardi, ST selaku pembimbing lapangan.
6. Staf OE/HES- North, Staf *Drafting* REM SLS, dan Staf *engineer* REM SLS yang telah membantu dan memberikan masukan terhadap tugas akhir ini.

Seperti pepatah ‘Tiada Gading Yang Tak Retak’ , penyusun menyadari bahwa tesis ini masih memiliki kekurangan – kekurangan. Karena itu, penyusun mengharapkan masukan-masukan yang membangun. Besar harapan penyusun agar kiranya tesis ini bermanfaat bagi pembaca.

Depok, Oktober 2008

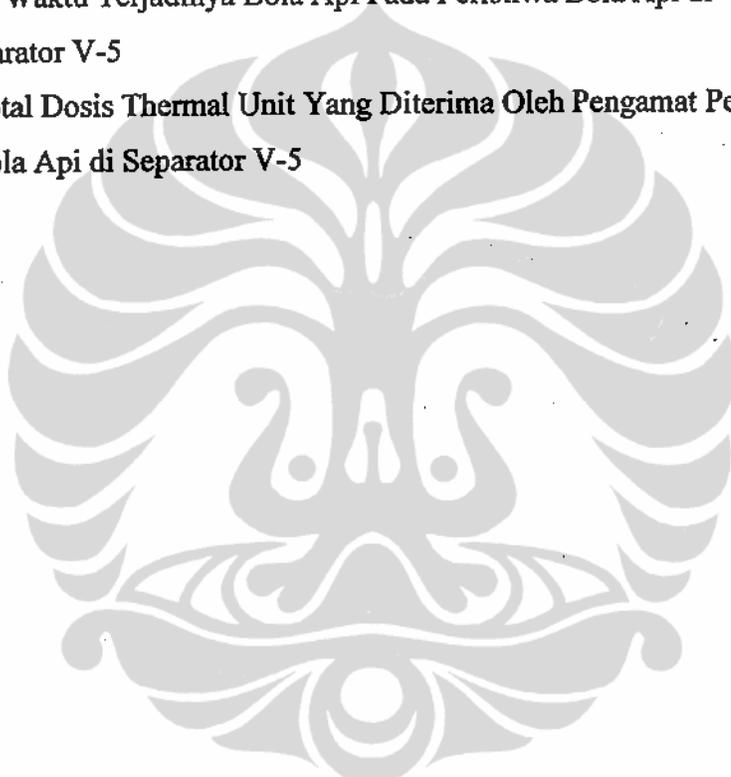
Penyusun

DAFTAR TABEL

Judul	Halaman
Tabel 2.1 Hubungan Dampak Radiasi Panas Terhadap Manusia Dengan Thermal Dose Unit yang Di Terima Manusia	17
Tabel 2.2 Dampak Radiasi Panas Terhadap Material Bahan	18
Tabel 3.1 Dosis Panas Yang Diperlukan Sehingga Pengamat Mengalami Dampak Akibat Paparan Radiasi Panas	37
Tabel 5.1 Pekerja Di Stasiun Pengumpul Kotabatak	47
Tabel 5.2. Kondisi Cuaca Di Daerah Stasiun Pengumpul Kotabatak	48
Tabel 5.3. Fasilitas Pemisahan Minyak Mentah, Air Terproduksi, dan Gas	50
Tabel 5.4. Fasilitas Penanganan Gas	52
Tabel 5.5. Fasilitas Pengukuran	53
Tabel 5.6 Sifat Fisik Minyak Mentah Jenis SLC	55
Tabel 5.7. Sifat Fisik Gas Terasosiasi (<i>Associated Gas</i>)	56
Tabel 5.7 Peristiwa Kebakaran Yang Pernah Terjadi Di Stasiun Pengumpul Atau Di Sekitar Stasiun Pengumpul	56
Tabel 5.8 Peristiwa Kebakaran Hidrokarbon Yang Tidak Terjadi di Stasiun Pengumpul	57
Tabel 6.1 Tangki Yang Menyimpan Minyak Mentah Di Stasiun Pengumpul Kotabatak	60
Tabel 6.2 Bejana Yang Menyimpan Gas Terasosiasi	61
Tabel 6.3 Kertas Kerja Dow Fire & Explosion Index	64
Tabel 6.4 Data Kapasitas Penyimpanan Bahan Dan Jenis Bahan Yang Tersimpan	65
Tabel 6.5 Nilai Radiasi Panas Yang Diterima Oleh Pengamat Akibat Peristiwa Kebakaran Tangki Pada Wash Tank T-2B	84
Tabel 6.6 Waktu Yang Diperlukan Agar Pengamat Menerima Dampak Radiasi Panas Akibat Peristiwa Kebakaran Tangki Pada Wash Tank T-2B	87
Tabel 6.7 Perkembangan Dimensi Bola Api Yang Dapat Terjadi Di Separator V-5	95

DAFTAR TABEL

Judul	Halaman
Tabel 6.8 Nilai Radiasi Panas Yang Diterima Oleh Pengamat Akibat Peristiwa Bola Api Pada Separator V-5	97
Tabel 6.9 Thermal Dose Unit Yang Diterima Oleh Pengamat Dengan Tinggi 1 Meter Berdasarkan Jarak Pengamat Dari Titik Tengah Bola Api Dan Waktu Terjadinya Bola Api Pada Peristiwa Bola Api di Separator V-5	101
Tabel 6.10 Total Dosis Thermal Unit Yang Diterima Oleh Pengamat Peristiwa Bola Api di Separator V-5	104



DAFTAR ISI

Judul	Halaman
ABSTRAK	
HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	
LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI	
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	
RIWAYAT HIDUP	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Pertanyaan Penelitian	6
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.4.1 Tujuan Umum	6
1.4.2 Tujuan Khusus	6
1.5 Manfaat Penelitian	7
1.6 Ruang Lingkup Penelitian	7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Risiko	9
2.1.1 Definisi Risiko	9
2.1.2 Bentuk-Bentuk Risiko	9
2.2 Analisis Dampak	11
2.3 Kebakaran	13
2.3.1 Definisi	13
2.3.2 Proses Terjadinya Kebakaran	13
2.3.3 Teori Terjadinya Api	14
2.3.4 Sumber Penyalaan Api	16
2.3.5 Dampak Peristiwa Kebakaran	16
2.4 Dampak Radiasi Panas	16
2.4.1 Dampak Radiasi Panas Terhadap Manusia	16
2.4.2 Dampak Radiasi Panas Terhadap Bahan	17
2.5 Hidrokarbon	18
2.5.1 Definisi	18
2.5.2 Macam-Macam Hidrokarbon	19
2.5.3 Minyak Mentah	19

2.5.4	Penggolongan Hidrokarbon	20
2.6	Macam-Macam Kebakaran Hidrokarbon	21
2.7	Stasiun Pengumpul	26
BAB 3 KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP, DAN DEFINISI OPERASIONAL		
3.1	Kerangka Teori	27
3.2	Kerangka Konsep	29
3.3	Definisi Operasional	31
3.3.1	Definisi Operasional Pemodelan Kebakaran Tangki	31
3.3.2	Definisi Operasional Pemodelan Peristiwa Bola Api	33
3.3.3	Definisi Operasional Dosis Thermal	37
BAB 4 METODOLOGI PENELITIAN		
4.1	Desain Penelitian	38
4.2	Waktu, Tempat, dan Objek Penelitian	38
4.2.1	Waktu	38
4.2.2	Tempat	38
4.3	Objek, Sampel, dan Skenario Penelitian	38
4.3.1	Objek Penelitian	38
4.3.2	Sampel Penelitian	38
4.3.3	Skenario Penelitian	39
4.4	Prosedur Penelitian	39
4.5	Metode Pengumpulan Data	41
4.6	Pengumpulan Data	41
BAB 5 GAMBARAN UMUM		
5.1	Profil Perusahaan PT CPI	43
5.2	Profil Stasiun Pengumpul Kotabatak	44
5.2.1	Stasiun Pengumpul Kotabatak	44
5.2.2	Fungsi Stasiun Pengumpul Kotabatak	45
5.2.3	Lokasi Stasiun Pengumpul Kotabatak	46
5.2.4	Pekerja	46
5.2.5	Fasilitas Air	47
5.2.6	Fasilitas Listrik	47
5.2.7	Kondisi Lingkungan	47
5.2.8	Kondisi Cuaca	48
5.3	Fasilitas Produksi	48
5.3.1	Fasilitas Pipa Produksi	48
5.3.2	Fasilitas Pipa Injeksi	48
5.3.3	Fasilitas Produksi Di Stasiun Pengumpul Kotabatak	49
5.3.4	Proses Pengolahan Minyak Mentah	53
5.3.5	Hasil Produksi	55
5.4	Peristiwa Kebakaran	56

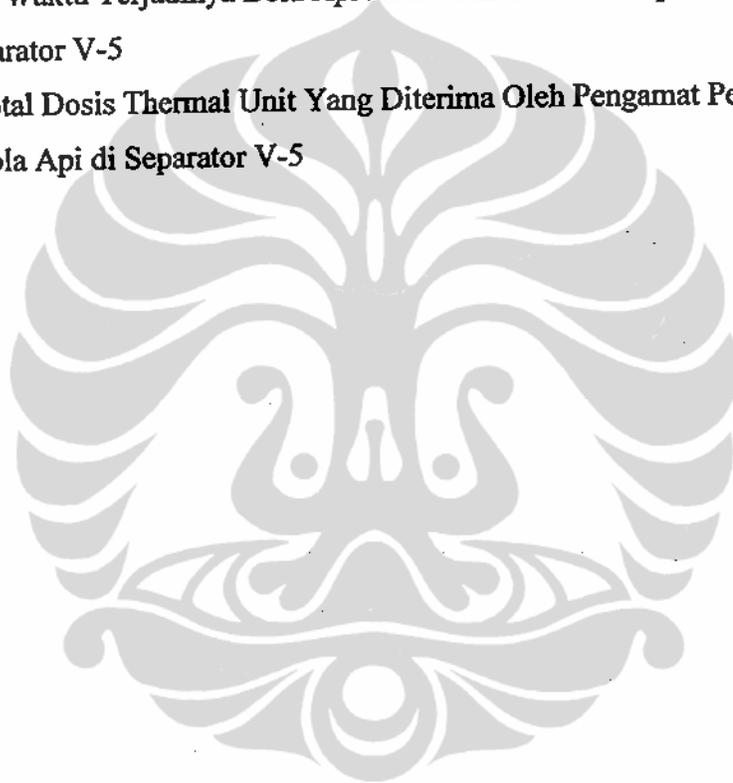
BAB 6 ANALISIS DAMPAK KEBAKARAN		
6.1	Identifikasi Bahaya Kebakaran	59
6.1.1	Bahan Bakar	59
6.1.2	Sumber Penyalaan	61
6.1.3	Penetapan Objek	63
6.2	Identifikasi Peristiwa Kebakaran	65
6.3	Pengembangan Skenario Kebakaran Hidrokarbon	80
6.4	Kebakaran Tangki pada <i>Wash Tank T-2B</i>	83
6.4.1	Dimensi Kebakaran Tangki Pada <i>Wash Tank T-2B</i>	83
6.4.2	Radiasi Panas Yang Diterima Pengamat Akibat Kebakaran Tangki di <i>Wash Tank T-2B</i>	84
6.4.3	Dampak Radiasi Panas Terhadap Manusia Pada Peristiwa Kebakaran Tangki Di <i>Wash Tank T-2B</i>	87
6.4.4	Dampak Radiasi Panas Terhadap Aset Yang Berada Disekitar <i>Wash Tank T-2B</i>	92
6.5	Analisis Dampak Peristiwa Bola Api Pada Separator V-5	95
6.5.1	Dimensi Kebakaran	95
6.5.2	Radiasi Panas Yang Diterima Pengamat Akibat Peristiwa Bola Api Pada <i>Separator V-5</i>	97
6.5.3	Dampak Radiasi Panas Peristiwa Bola Api Di <i>Separator V-5</i> Terhadap Manusia	101
6.5.4	Dampak Radiasi Panas Terhadap Aset Yang Berada Disekitar <i>Separator V-5</i>	106
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN		
7.1	Kesimpulan	109
7.2	Saran	112
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Judul	Halaman
Tabel 2.1 Hubungan Dampak Radiasi Panas Terhadap Manusia Dengan Thermal Dose Unit yang Di Terima Manusia	17
Tabel 2.2 Dampak Radiasi Panas Terhadap Material Bahan	18
Tabel 3.1 Dosis Panas Yang Diperlukan Sehingga Pengamat Mengalami Dampak Akibat Paparan Radiasi Panas	37
Tabel 5.1 Pekerja Di Stasiun Pengumpul Kotabatak	47
Tabel 5.2. Kondisi Cuaca Di Daerah Stasiun Pengumpul Kotabatak	48
Tabel 5.3. Fasilitas Pemisahan Minyak Mentah, Air Terproduksi, dan Gas	50
Tabel 5.4. Fasilitas Penanganan Gas	52
Tabel 5.5. Fasilitas Pengukuran	53
Tabel 5.6 Sifat Fisik Minyak Mentah Jenis SLC	55
Tabel 5.7. Sifat Fisik Gas Terasosiasi (<i>Associated Gas</i>)	56
Tabel 5.7 Peristiwa Kebakaran Yang Pernah Terjadi Di Stasiun Pengumpul Atau Di Sekitar Stasiun Pengumpul	56
Tabel 5.8 Peristiwa Kebakaran Hidrokarbon Yang Tidak Terjadi di Stasiun Pengumpul	57
Tabel 6.1 Tangki Yang Menyimpan Minyak Mentah Di Stasiun Pengumpul Kotabatak	60
Tabel 6.2 Bejana Yang Menyimpan Gas Terasosiasi	61
Tabel 6.3 Kertas Kerja Dow Fire & Explosion Index	64
Tabel 6.4 Data Kapasitas Penyimpanan Bahan Dan Jenis Bahan Yang Tersimpan	65
Tabel 6.5 Nilai Radiasi Panas Yang Diterima Oleh Pengamat Akibat Peristiwa Kebakaran Tangki Pada Wash Tank T-2B	84
Tabel 6.6 Waktu Yang Diperlukan Agar Pengamat Menerima Dampak Radiasi Panas Akibat Peristiwa Kebakaran Tangki Pada Wash Tank T-2B	87
Tabel 6.7 Perkembangan Dimensi Bola Api Yang Dapat Terjadi Di Separator V-5	95

DAFTAR TABEL

Judul	Halaman
Tabel 6.8 Nilai Radiasi Panas Yang Diterima Oleh Pengamat Akibat Peristiwa Bola Api Pada Separator V-5	97
Tabel 6.9 Thermal Dose Unit Yang Diterima Oleh Pengamat Dengan Tinggi 1 Meter Berdasarkan Jarak Pengamat Dari Titik Tengah Bola Api Dan Waktu Terjadinya Bola Api Pada Peristiwa Bola Api di Separator V-5	101
Tabel 6.10 Total Dosis Thermal Unit Yang Diterima Oleh Pengamat Peristiwa Bola Api di Separator V-5	104



DAFTAR GAMBAR

Judul	Halaman
Gambar 2.1 Risiko	9
Gambar 2.2 Analisis Dampak	12
Gambar 2.3 Mekanisme Penetapan Risiko	13
Gambar 2.4 Proses Kebakaran	14
Gambar 2.5 Teori Segitiga Api	15
Gambar 2.6 Teori Piramida Api	15
Gambar 2.7 Skema Prinsip Kerja Stasiun Pengumpul	26
Gambar 3.1 Kerangka Teori Penelitian	28
Gambar 3.2 Kerangka Konsep Penelitian	30
Gambar 4.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian	41
Gambar 5.1 Lokasi Lapangan Minyak Kotabatak	44
Gambar 5.3 Skema Proses Pengolahan Minyak Mentah di Stasiun Pengumpul Kotabatak	55
Gambar 6.1 <i>Event Tree</i> 1 - Skenario Kebakaran Pada Wash Tank T2B	67
Gambar 6.2 <i>Event Tree</i> 2 - Skenario Kebakaran Pada Wash Tank T2B	68
Gambar 6.3 <i>Event Tree</i> 3 - Skenario Kebakaran Pada Wash Tank T2B	69
Gambar 6.4 <i>Event Tree</i> 4 - Skenario Kebakaran Pada Wash Tank T2B	70
Gambar 6.5 <i>Event Tree</i> 5 - Skenario Kebakaran Pada Wash Tank T2B	71
Gambar 6.6 <i>Event Tree</i> 6 - Skenario Kebakaran Pada Wash Tank T2B	72
Gambar 6.7 <i>Event Tree</i> 1 - Skenario Kebakaran Pada Separator V5	73
Gambar 6.8 <i>Event Tree</i> 2 - Skenario Kebakaran Pada Separator V5	74
Gambar 6.9 <i>Event Tree</i> 3 - Skenario Kebakaran Pada Separator V5	75
Gambar 6.10 <i>Event Tree</i> 4 - Skenario Kebakaran Pada Separator V5	76
Gambar 6.11 <i>Event Tree</i> 5 - Skenario Kebakaran Pada Separator V5	77
Gambar 6.12 <i>Event Tree</i> 6 - Skenario Kebakaran Pada Separator V5	78
Gambar 6.13 <i>Event Tree</i> 7 - Skenario Kebakaran Pada Separator V5	79
Gambar 6.14 Grafik Hubungan Jarak Pengamat Dari Titik Tengah Tangki Dengan Radiasi Panas Yang diterima Oleh Pengamat Akibat Peristiwa Kebakaran Tangki Pada <i>Wash Tank</i> T-2B	86

DAFTAR GAMBAR

Judul	Halaman
Gambar 6.15 Grafik Hubungan Antara Jarak Pengamat Dari Titik Tengah Tangki Dengan Waktu Untuk Menerima Dampak Radiasi Panas Akibat Kebakaran Tangki Pada <i>Wash Tank</i> T-2B	91
Gambar 6.16 Grafik Perkembangan Dimensi Bola Api Yang Dapat Terjadi Di Separator V-5	96
Gambar 6.17 Grafik Hubungan Antara Jarak Pengamat Dari Titik Tengah Bola Api Dengan Radiasi Panas Yang Diterima Pengamat Berdasarkan Waktu Pada Peristiwa Kebakaran Jenis Bola Api Di Separator V-5	99
Gambar 6.18 Grafik Hubungan Antara Waktu Dengan Radiasi Panas Yang Diterima Pengamat Berdasarkan Jarak Pengamat Dari Titik Tengah Bola Api Pada Peristiwa Bola Api Di Separator V-5	100
Gambar 6.19 Grafik Hubungan Jarak Pengamat Dari Titik Tengah Bola Api Dengan <i>Thermal Dose Unit</i> Yang Diterima Oleh Pengamat Dengan Tinggi 1 Meter Berdasarkan Waktu Pada Peristiwa Bola Api Di Separator V-5	103
Gambar 6.20 Grafik Hubungan Jarak Pengamat Dari Titik Tengah Bola Api Dengan <i>Total Thermal Dose Unit</i> Yang Diterima Oleh Pengamat Berdasarkan Waktu Pada Peristiwa Bola Api Di Separator V-5	105

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor

1. *Material Data Sheet Sumatra Light Crude*
2. *Komposisi kimia Sumatra Light Crude*
3. *Sifat Fisik dan Sifat Kimia Sumatra Light Crude*
4. *Sifat Fisik dan Sifat Kimia Gas Terasosiasi (Associated Gas)*
5. *Plot Plan Stasiun Pengumpul Kotabatak*
6. *Piping & Instrument Diagram Wash Tank T-2B*
7. *Piping & Instrument Diagram Separator V-5*
8. *Piping & Instrument Diagram Kompresor Gas*



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Persaingan usaha pada industri perminyakan dunia terus berkembang. Agar dapat terus bertahan, industri harus berusaha agar kegiatan usahanya berjalan secara efektif dan efisien. Kesadaran masyarakat akan masalah, keselamatan, kesehatan kerja, dan lingkungan juga meningkat. Meningkatnya kesadaran masyarakat serta adanya peraturan pemerintah menyebabkan industri perminyakan harus melaksanakan kegiatan usahanya dengan memperhatikan faktor keselamatan, kesehatan kerja, dan lingkungan. Setiap kegiatan usaha memiliki risiko dan bahaya yang disebabkan oleh dilaksanakannya aktivitas usahanya. Kemampuan untuk mengidentifikasi bahaya, menilai tingkat risiko, dan mengendalikan bahaya sehingga tingkat risiko menjadi dapat diterima merupakan faktor penting yang mempengaruhi kesuksesan sebuah industri (Nigam, p.1). Risiko terjadinya kebakaran dan ledakan merupakan salah satu risiko yang terdapat didalam industri yang berkaitan dengan pengolahan, penyimpanan, dan transportasi hidrokarbon.

Kebakaran merupakan peristiwa yang bisa menyebabkan terjadinya kematian atau cedera pada manusia, menyebabkan kerusakan struktur material serta menimbulkan polusi lingkungan (Tang, p.1). Peristiwa kebakaran hidrokarbon merupakan peristiwa yang menimbulkan kerugian. Kebocoran dan terbakarnya minyak mentah akibat pecahnya pipa penyalur terjadi pada 27 juli 2002 di Cohasset negara bagian Minnessota. Peristiwa ini menyebabkan Enbridge Pipeline LLC mengalami kerugian finansial sebesar 5,6 juta dolar, tercemarnya lingkungan sekitar oleh tumpahan minyak mentah

sebanyak 6.000 barrel serta tercemarnya lingkungan sejauh 5 mil akibat asap dan produk kebakaran (NTSB 2004, p.1). Kebocoran minyak mentah akibat pecahnya pipa penyalur juga terjadi pada 27 Januari 2000 di Winchester, negara bagian Kentucky. Peristiwa ini menyebabkan Marathon Ashland Pipe Line LLC mengalami kerugian finansial sebesar 7,1 juta dolar serta tercemarnya lingkungan oleh tumpahan minyak mentah sebanyak 11.644 barrel (NTSB 2001, p.1).

Kebakaran akan menghasilkan api, panas, gas beracun, dan asap. Kebakaran dapat menyebabkan cedera atau kematian pada manusia karena terhirupnya gas dan asap, terpapar panas atau api serta terkena dampak ledakan. Kerusakan pada peralatan terjadi karena paparan terhadap panas, api serta produk hasil kebakaran. Polusi lingkungan disebabkan oleh pelepasan air yang terkontaminasi bahan kimia serta partikulat dan bahan kimia yang terlepas ke udara sebagai hasil proses pembakaran (Tang, p.1). Selain memberikan dampak langsung terhadap manusia, peralatan serta lingkungan, kebakaran fasilitas hidrokarbon juga memberikan dampak tidak langsung terhadap perusahaan dan perekonomian.

Populasi masyarakat Indonesia terus meningkat dari waktu ke waktu. Peningkatan populasi ini menyebabkan kebutuhan energi untuk keperluan transportasi, komersial, pemukiman, industri, dan listrik meningkat. Minyak mentah merupakan salah satu bentuk sumber energi tersebut. Analisis ekonomi yang dipublikasi oleh APEC menyatakan "Walaupun mengalami penurunan pertumbuhan ekonomi selama krisis keuangan Asia, konsumsi energi untuk transportasi terus meningkat dengan rata-rata 6,3 % tiap tahun selama dua dekade. Peningkatan konsumsi energi transportasi dipicu oleh peningkatan konsumsi bahan bakar untuk transportasi darat. Transportasi darat memberikan pengaruh sebesar 87 % terhadap peningkatan konsumsi energi transportasi" (Asia Pacific Economic Conference 2006, p.34). Hal ini menyebabkan

kebutuhan minyak mentah sebagai sumber energi terus meningkat setiap tahunnya. Kebutuhan minyak mentah yang terus meningkat ini menyebabkan investasi didalam bidang produksi dan pengolahan minyak dan gas bumi meningkat. Analisis ekonomi yang dipublikasi oleh APEC menyatakan "Untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut, Indonesia akan memerlukan investasi baru sebesar 219-274 miliar dolar, dimana 20 % dari investasi tersebut merupakan investasi didalam bidang produksi dan pengolahan minyak dan gas bumi" (APEC Energy Demand & Supply Outlook 2006, p.36). Tingkat produksi minyak mentah Indonesia adalah sekitar 1,5 % dari produksi minyak mentah dunia. Walaupun tingkat produksi ini terus menurun, keuntungan yang didapatkan dari sektor minyak dan gas bumi ini memberikan pemasukan bagi negara. Kedutaan besar Amerika Serikat didalam laporan perminyakan tahunannya menyatakan "Pada akhir 2005, indonesia tercatat memproduksi 1,06 juta barrel minyak tiap harinya. Walaupun jumlah produksi minyak mentahnya terus menurun, perminyakan merupakan sektor kunci yang mempengaruhi perekonomian indonesia. Sektor perminyakan menghasilkan pemasukan sebesar 19,2 miliar dolar. Nilai ini adalah sebesar 22 % dari total pendapatan ekspor dan 24 % dari pendapatan didalam anggaran negara" (U.S Embassy 2006, p.3). Dapat disimpulkan bahwa industri perminyakan merupakan industri vital yang menyokong dan mempengaruhi perkembangan ekonomi negara dan masyarakat serta merupakan sumber pemasukan penting bagi negara.

Salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang eksplorasi dan produksi minyak dan gas bumi adalah PT CPI. Pada tahun 2006, perusahaan PT CPI memproduksi hampir setengah dari produksi minyak mentah Indonesia, dengan rata-rata produksi harian 540.000 barrel minyak mentah (Chevron 2007, p.1). Perusahaan memiliki komitmen untuk melindungi masyarakat dan lingkungan sekitar. Melaksanakan kegiatan operasi dengan handal dan efisien merupakan bagian integral

dari cara kerja perusahaan. Perusahaan dan karyawan menempatkan kesehatan dan keselamatan pekerja serta perlindungan aset perusahaan dan lingkungan sekitar sebagai prioritas tertinggi. Kemampuan perusahaan untuk mengidentifikasi bahaya, menilai tingkat bahaya, dan mengendalikan bahaya sehingga tingkat risiko menjadi dapat diterima merupakan faktor penting yang mempengaruhi kesuksesan perusahaan. Salah satu bentuk bahaya yang ada pada fasilitas industri perminyakan PT CPI adalah bahaya kebakaran dan ledakan.

Didalam makalah yang berjudul "Application of Fire and Explosion Risk Assessment to an LPG Bulk Storage Facility", Thomas F Barry menyatakan "Pemakaian metode analisis dan penilaian risiko terus meningkat dalam bidang keselamatan kebakaran. Pemakaian metode peramalan dengan pemakaian data statistik, model deterministik, dan pendapat ahli meningkat dalam industri yang melakukan pengolahan, penyimpanan, pemindahan bahan berbahaya." (1992, p.183). Pemakaian metode peramalan meningkat karena pemakaian metode ini memungkinkan tercapainya tingkat keselamatan manusia dan aset yang optimal. Desain keselamatan kebakaran yang memanfaatkan pemodelan matematika memungkinkan tercapainya tingkat keselamatan kebakaran yang optimal dengan tetap mengefisienkan biaya desain, konstruksi, dan pemeliharaan fasilitas. (Gupta 2001, p.18)

Bahaya kebakaran dan ledakan merupakan salah satu bahaya yang ada pada industri perminyakan. Industri perminyakan merupakan industri vital yang menyokong dan mempengaruhi perkembangan ekonomi negara dan masyarakat serta merupakan sumber pemasukan penting bagi negara. Perusahaan dan karyawan PT CPI telah memiliki komitmen untuk menempatkan kesehatan dan keselamatan pekerja serta perlindungan aset perusahaan dan lingkungan sekitar sebagai prioritas tertinggi. Kemampuan perusahaan untuk mengidentifikasi bahaya, menilai tingkat bahaya,

dan mengendalikan bahaya sehingga tingkat risiko menjadi dapat diterima merupakan faktor penting yang mempengaruhi kesuksesan perusahaan.

1.2 Rumusan Masalah

Lapangan minyak Kotabatak merupakan salah satu lapangan minyak yang dikelola oleh *production area* Kotabatak Petapahan (Kopet) Sumatra Light South PT CPI. Lapangan minyak Kotabatak memberikan kontribusi sebesar 80 % terhadap produksi harian minyak mentah *production area* Kotabatak Petapahan dan memberikan kontribusi sebesar 20 % terhadap produksi harian minyak *sub operation unit* Sumatra Light South. Di lapangan minyak Kotabatak terdapat stasiun pengumpul Kotabatak yang berfungsi untuk memisahkan minyak mentah dari air dan gas terproduksi. Minyak mentah terdiri dari ikatan kimia hidrokarbon sehingga memiliki sifat mudah terbakar. Peristiwa kebakaran di stasiun pengumpul minyak akan menimbulkan gangguan produksi, kerugian finansial, bahaya bagi manusia serta menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan.

Penelitian mengenai bahaya kebakaran yang pernah dilakukan adalah analisis resiko kebakaran secara umum yang terdapat di stasiun pengumpul Kotabatak dan analisis sistem perlindungan kebakaran. Penelitian mengenai bahaya kebakaran belum membahas secara terperinci peristiwa ketakaran hidrokarbon dan dampak peristiwa kebakaran hidrokarbon. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui bentuk kebakaran hidrokarbon dan dampak kebakaran hidrokarbon yang dapat terjadi di stasiun pengumpul Kotabatak.

1.3 Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan penelitian ini disusun berdasarkan rumusan masalah yang ada. Pertanyaan didalam penelitian ini adalah apa bentuk kebakaran dan bagaimana dampak kebakaran yang dapat terjadi di stasiun pengumpul Kotabatak Sumatra Light South PT CPI?

1.4 Tujuan

1.4.1 Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian ini adalah mengetahui bentuk dan dampak kebakaran hidrokarbon yang dapat terjadi di stasiun pengumpul Kotabatak Sumatra Light South PT CPI.

1.4.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus penulisan thesis ini adalah

1. Mengetahui bentuk kebakaran yang dapat terjadi di stasiun pengumpul Kotabatak.
2. Mengetahui dampak kebakaran hidrokarbon jenis kebakaran tangki pada *wash tank* T-2B dan peristiwa bola api pada *separator* V-5 terhadap manusia yang berada wilayah di stasiun pengumpul Kotabatak.
3. Mengetahui dampak kebakaran hidrokarbon jenis kebakaran tangki pada *wash tank* T-2B dan peristiwa bola api pada *separator* V-5 yang dapat terjadi terhadap aset yang terdapat di stasiun pengumpul Kotabatak.

1.5 Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah

1. Memberikan informasi mengenai bentuk dan dampak kebakaran hidrokarbon yang dapat terjadi pada suatu fasilitas produksi perminyakan, khususnya di stasiun pengumpul Kotabatak Sumatra Light South PT CPI.
2. Memberikan masukan bagi pelaku industri perminyakan, khususnya Sumatra Light South PT CPI dalam proses
 - a. Evaluasi desain stasiun pengumpul yang sudah ada
 - b. Perancangan penambahan fasilitas di stasiun pengumpul yang sudah ada.
 - c. Perancangan stasiun pengumpul baru.
 - d. Evaluasi pengendalian risiko kebakaran untuk stasiun pengumpul yang sudah ada.
 - e. Pengembangan pengendalian risiko kebakaran untuk stasiun pengumpul yang sudah ada.
3. Menambah pengetahuan peneliti mengenai proses analisis dampak kebakaran dan keselamatan kebakaran.
4. Dasar bagi penelitian selanjutnya.

1.6 Ruang lingkup

Ruang lingkup penelitian ini meliputi analisis dampak kebakaran hidrokarbon terhadap manusia dan aset yang terdapat di stasiun pengumpul minyak. Objek penelitian adalah stasiun pengumpul Kotabatak yang terletak di daerah produksi Kotabatak Petapahan (Kopet) - Sumatra Light South PT CPI. Penelitian dilakukan dengan menggunakan pemodelan matematika kebakaran tangki (*tank fire*) dan pemodelan matematika peristiwa bola api (*fireball*) untuk mengetahui besar nilai radiasi panas yang

diterima oleh pengamat yang memiliki ketinggian 1 meter dan jarak pengaruh radiasi panas yang akan memberikan dampak terhadap pengamat. Peristiwa kebakaran tangki dan peristiwa bola api merupakan skenario kebakaran hidrokarbon yang dapat terjadi pada hidrokarbon cair dan hidrokarbon gas yang tersimpan didalam tangki. Pemodelan matematika kebakaran tangki digunakan pada *wash tank T-2B*. *Wash tank T-2B* merupakan tangki jenis *fixed cone roof tank*. Pemodelan matematika peristiwa bola api dilakukan terhadap *separator V-5*. *Separator V-5* merupakan separator vertikal. Analisis dampak kebakaran terhadap manusia dilakukan dengan menggunakan persamaan *Thermal Dose Unit (TDU)*. Analisis dampak kebakaran terhadap aset dilakukan dengan membandingkan nilai radiasi panas yang diterima oleh pengamat dengan standar yang telah ditetapkan sebelumnya. Penelitian dilakukan pada tahun 2008.

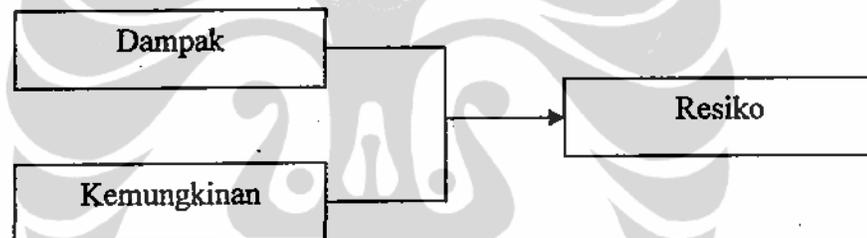
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Risiko

2.1.1 Definisi Risiko

Risiko didefinisikan sebagai kemungkinan terjadinya peristiwa yang akan memberikan dampak terhadap hal tertentu (Standard Australia International 2004, p.3). Risiko diukur sebagai kombinasi antara dampak suatu peristiwa dan kemungkinan terjadinya peristiwa. Risiko digambarkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Risiko

2.1.2 Bentuk-bentuk Risiko

Bentuk-bentuk risiko meliputi risiko keselamatan, risiko kesehatan, risiko lingkungan/ ekologi, risiko publik/ sosial, dan risiko keuangan (Kolluru 1996, p.11).

1. Risiko keselamatan

Risiko keselamatan menimbulkan dampak langsung yang bersifat besar namun kemungkinan terpapar dampak tersebut rendah. Dampak paparan terhadap bahaya yang berkaitan dengan keselamatan bersifat akut dan menimbulkan pengaruh langsung. Hubungan antara sebab peristiwa dan akibat peristiwa dapat ditelusuri. Kecepatan tanggapan terhadap peristiwa yang menyebabkan risiko keselamatan berpengaruh terhadap hasil akhir dan dampak yang diterima.

Manajemen risiko keselamatan berfokus pada keselamatan manusia dan pencegahan kerugian aset. Penerapan manajemen risiko keselamatan umumnya terbatas pada wilayah, fasilitas, atau aset tertentu.

2. Risiko kesehatan

Risiko kesehatan menimbulkan dampak langsung yang bersifat kecil namun kemungkinan terpapar dampak tersebut tinggi. Risiko kesehatan memiliki masa latensi panjang sehingga pengaruh baru dapat dirasakan setelah jangka waktu yang lama. Hubungan sebab akibat antara sumber risiko kesehatan dan dampak risiko kesehatan tidak mudah dijelaskan. Manajemen risiko kesehatan berfokus pada kesehatan manusia. Penerapan manajemen risiko kesehatan umumnya juga berlaku diluar tempat atau fasilitas kerja.

3. Risiko lingkungan/ekologi

Risiko lingkungan atau risiko ekologi menimbulkan dampak yang tidak mudah diidentifikasi. Risiko lingkungan atau risiko ekologi mempengaruhi interaksi populasi didalam lingkungan dan ekosistem tertentu. Dampak risiko lingkungan bisa dirasakan jauh dari sumber peristiwa pada tingkat mikro dan makro. Hubungan sebab dan akibat peristiwa sangat tidak pasti. Manajemen risiko lingkungan berfokus pada dampak terhadap lingkungan dan ekosistem.

4. Risiko publik/sosial

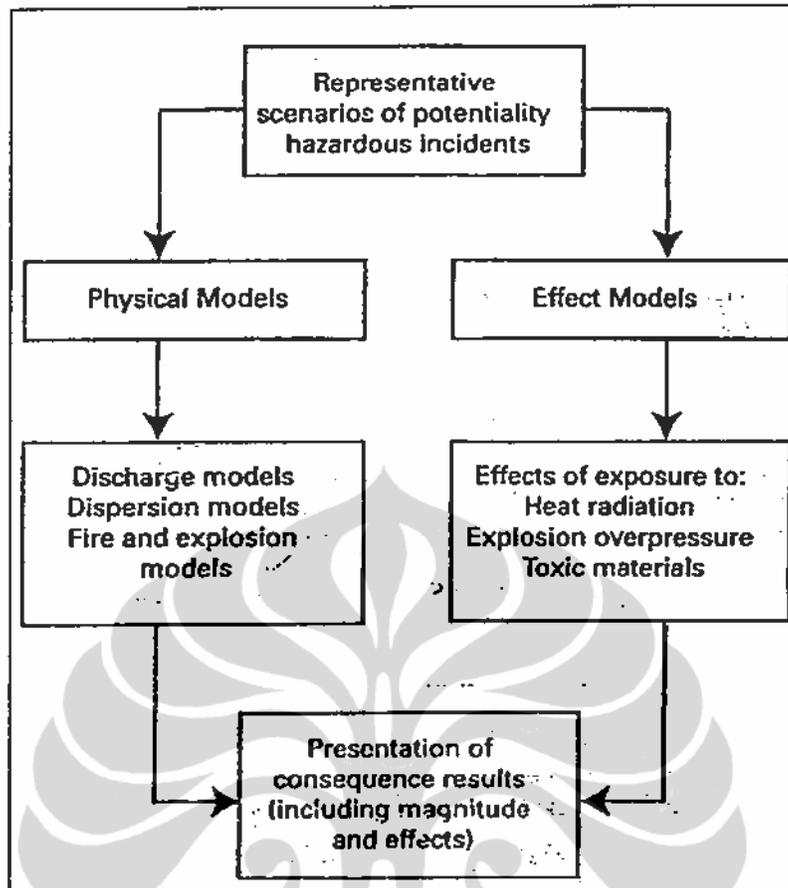
Risiko publik atau risiko sosial adalah risiko yang timbul akibat persepsi masyarakat dan pegawai terhadap kinerja organisasi & kinerja usaha. Persepsi negatif terhadap kinerja organisasi & kinerja usaha memiliki dampak langsung terhadap kinerja organisasi & kinerja usaha. Manajemen risiko publik atau risiko sosial berfokus pada persepsi dan nilai terhadap kinerja organisasi & kinerja usaha.

5. Risiko keuangan

Risiko keuangan berkaitan dengan tanggungjawab keuangan. Tanggungjawab keuangan meliputi risiko kehilangan pendapatan dalam jangka pendek atau panjang, risiko kehilangan fasilitas dalam jangka pendek atau panjang serta pengembalian investasi bidang keselamatan, kesehatan, dan lingkungan. Manajemen risiko keuangan berfokus pada masalah kelangsungan operasional dan kelangsungan keuangan.

2.2 Analisis Dampak

Analisis dampak merupakan analisis yang bertujuan untuk mengetahui besaran dampak dari suatu insiden yang memiliki potensi berbahaya terhadap manusia fasilitas/ peralatan, dan lingkungan. Analisis dampak memberikan gambaran dampak toksik, lingkungan, struktur, dan ekonomi suatu insiden. Dampak terhadap manusia dinyatakan dalam tingkat cedera & kematian. Dampak terhadap aset dinyatakan dalam kerugian finansial atau kerusakan fasilitas dan peralatan. Menurut A.K Gupta, analisis dampak adalah studi kuantitatif bahaya dengan memakai alat bantu pemodelan matematika. Analisis dampak berfungsi untuk menetapkan potensi besaran dampak kerusakan dan menentukan jarak kerusakan yang bisa terjadi didalam berbagai skenario peristiwa (-, p.11). Analisis dampak digambarkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.2 Analisis Dampak
Sumber : Department Of Urban And Transport Planning 2003, -

Analisis dampak berfungsi untuk

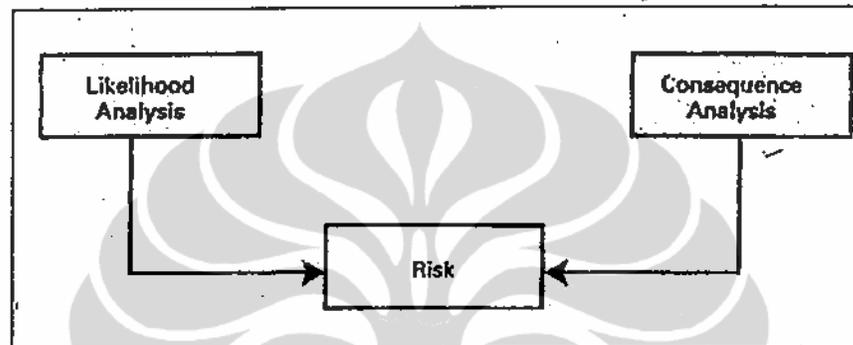
1. Membantu menetapkan tata letak fasilitas dan peralatan untuk mengurangi bahaya.
2. Mengevaluasi potensi kerusakan fasilitas dan peralatan.
3. Menetapkan mekanisme proteksi.
4. Mengetahui potensi kerusakan.
5. Persiapan perencanaan gawat darurat.

Analisis dampak bermanfaat sebagai

1. Sumber informasi mengenai semua dampak yang mungkin terjadi ketika sejumlah skenario kegagalan dijalankan.
2. Sumber informasi untuk menangani kemungkinan terjadinya peristiwa bencana besar.

3. Memberikan pemahaman kepada penanggungjawab fasilitas, karyawan, dan masyarakat sekitar mengenai potensi bahaya fasilitas.
4. Memberikan pemahaman mengenai mekanisme penanggulangan bahaya.

Analisis dampak yang dikombinasi dengan analisis kemungkinan digunakan untuk menetapkan resiko suatu peristiwa. Mekanisme analisis dampak dan analisis kemungkinan sehingga didapatkan resiko digambarkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Mekanisme Penetapan Risiko

Sumber : Department Of Urban and Transport Planning 2003, -

2.3 Kebakaran

2.3.1 Definisi

Kebakaran merupakan peristiwa timbulnya api yang tidak dikehendaki. Berdasarkan teori segitiga api, faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya kebakaran adalah kesediaan udara, panas, dan bahan bakar. Didalam peristiwa kebakaran terjadi reaksi kimia eksotermis yang melibatkan bahan bakar, sumber penyalaan, dan oksigen. Peristiwa kebakaran akan berlangsung secara terus menerus dan berlangsung secara cepat sampai bahan bakar habis terbakar.

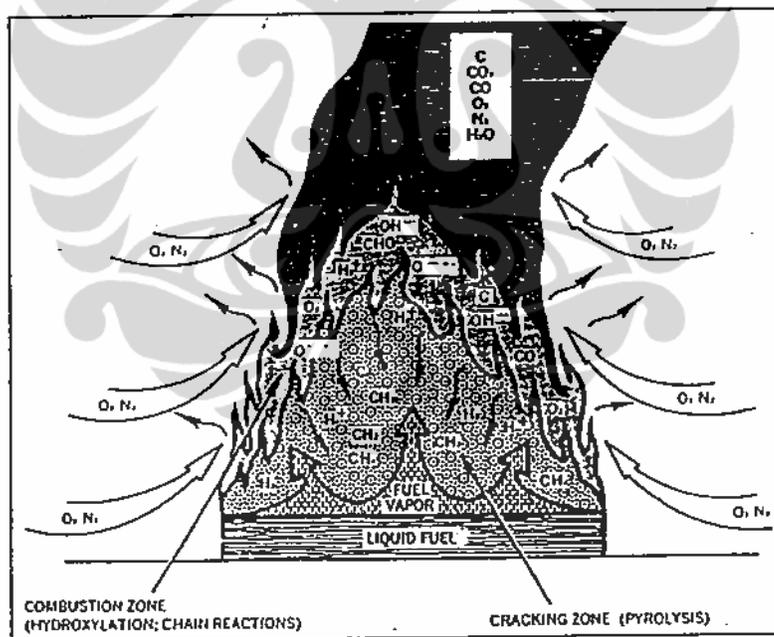
2.3.2 Proses Terjadinya Kebakaran

Agar proses kimia kebakaran dapat terjadi, maka Bahan bakar harus tersedia dalam jumlah yang dibutuhkan, oksigen harus tersedia diatas jumlah minimum yang dibutuhkan serta sumber penyalaan harus memiliki suhu diatas suhu minimum yang

perlu agar bahan bakar dapat terbakar. Proses terjadinya kebakaran dimulai ketika bahan bakar dan oksigen tersedia dengan jumlah yang cukup di lingkungan.

Panas yang dihasilkan oleh sumber penyalaan menyebabkan suhu bahan bakar meningkat. Jika suhu bahan bakar terus meningkat sampai diatas titik nyalanya, maka bahan bakar akan mulai terbakar. Peristiwa pembakaran bahan bakar akan terus terjadi selama bahan bakar dan oksigen masih tersedia.

Reaksi kimia proses kebakaran akan menghasilkan produk pembakaran berupa panas, api, dan gas-gas hasil pembakaran yang dilepaskan ke lingkungan sekitarnya. Panas dan gas hasil pembakaran dihasilkan dari reaksi kimia pembakaran bahan bakar. Partikulat dihasilkan dari bahan bakar yang tidak terbakar sempurna. Api dihasilkan oleh uap bahan-bahan yang terbakar.



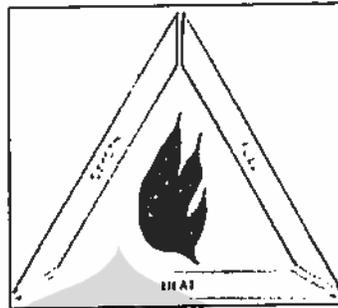
Gambar 2.4. Proses Kebakaran
Sumber : Bryan 1982, p.15

2.3.3 Teori terjadinya Api

1. Teori Segitiga Api

Teori segitiga api (*fire triangle*) adalah teori yang menjelaskan peristiwa terjadinya api. Menurut teori segitiga api, peristiwa kebakaran terjadi karena

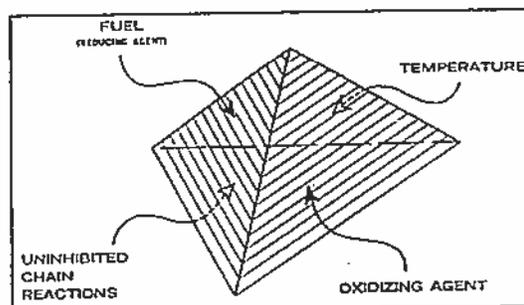
bertemu tiga unsur yaitu panas yang dihasilkan oleh sumber penyalaan, oksigen, dan bahan bakar. Ketiga unsur ini harus ada agar api dapat terjadi. Api akan terus timbul selama bahan-bahan tersebut masih tersedia.



Gambar 2.5. Teori Segitiga Api
Sumber : Bryan 1982, p.2

2. Teori piramida api

Teori piramida api (*fire pyramid*) adalah teori yang menjelaskan peristiwa terjadinya api. Menurut teori piramida api, peristiwa kebakaran dapat terjadi karena adanya pertemuan bahan bakar, oksigen, panas, serta adanya reaksi kimia yang menyertai proses kebakaran tersebut. Reaksi kimia proses kebakaran akan melepaskan panas serta membentuk dan melepaskan radikal bebas yang menentukan kecepatan api. Proses pembentukan dan pembakaran radikal bebas diperlukan untuk menjaga agar reaksi kimia proses kebakaran dapat tetap berlangsung.



Gambar 2.6. Teori Piramida Api
Sumber : Bryan 1982, p.11

2.3.4 Sumber Penyalaan Api

Sumber penyalaan api adalah sumber panas yang memiliki kemampuan untuk mengeluarkan energi dalam jumlah tertentu sehingga memicu terjadi reaksi kimia proses pembakaran. Sumber-sumber penyalaan api yang potensial adalah percikan listrik, pemantik api dan rokok, panas akibat gesekan, permukaan panas, panas yang berlebihan pada material, api terbuka pemanasan spontan, pengelasan dan pemotongan, partikulat yang dapat terbakar (Wentz 1998, P.179).

2.4.5 Dampak Peristiwa Kebakaran

Peristiwa kebakaran menyebabkan meliputi timbulnya nyala api, radiasi panas, api yang terjadi serta asap dan gas beracun yang dihasilkan dari proses pembakaran.

Nyala api merupakan merupakan massa zat yang sedang berpijar yang dihasilkan didalam proses kimia pembakaran yang berlangsung secara cepat dan disertai dengan pelepasan energi panas. Radiasi panas adalah perpindahan panas bukan dalam bentuk konduksi dan konveksi melainkan dalam bentuk gelombang elektromagnetik langsung. Panas yang diradiasikan akan menyebabkan pemanasan. Besarnya pemanasan tergantung kepada besar energi panas yang diserap. Jika radiasi panas diterima oleh suatu bahan, maka panas dapat diteruskan , diserap, atau dipantulkan. Panas akan diteruskan oleh bahan jika panas melewati bahan tanpa diserap oleh bahan. Suhu bahan akan meningkat jika panas diserap oleh bahan.

2.4. Dampak Radiasi Panas

2.4.1 Dampak Radiasi Panas Terhadap Manusia

Radiasi panas pada manusia akan menghangatnya kulit. Radiasi panas yang terus meningkat akan menyebabkan rasa sakit. Jika radiasi panas terus meningkat maka

akan terjadi luka bakar. Derajat radiasi panas yang memberikan pengaruh kepada manusia didefinisikan sebagai *Thermal Dose Unit* dan dapat dihitung dengan persamaan (Sullivan 2004, p.9)

$$TDU = I^{4/3} \times t$$

Dimana,

TDU = Thermal Dose Unit

I = Flux panas (kW/m²)

T = Waktu pajanan (detik)

Hasil perhitungan dengan persamaan dosis panas ini dibandingkan data yang terdapat pada Tabel 2.1 untuk mengetahui pengaruh radiasi panas terhadap manusia.

Tabel 2.1 Hubungan Dampak Radiasi Panas Terhadap Manusia Dengan Thermal Dose Unit yang Diterima Manusia

Sumber : Sullivan 2004, p.2

Dampak Dosis Panas Terhadap Manusia	Thermal Dose (TDU)	
	Rata-rata	Jangkauan
Rasa Sakit	92	86-103
Luka bakar tingkat pertama	105	80-130
Luka bakar tingkat kedua	290	240-350
Luka bakar tingkat ketiga / Kematian	1000	870-2600

2.4.2 Dampak Radiasi Panas Terhadap Bahan

Radiasi panas akan menyebabkan perubahan pada struktur fisik bahan akibat perubahan sifat fisik. Perubahan struktur fisik bahan terjadi akibat panas yang diterima oleh bahan. Panas menyebabkan struktur bahan berubah. Perubahan struktur bahan menyebabkan kekuatan bahan berkurang. Berkurangnya kekuatan bahan menyebabkan bentuk bahan berubah. Radiasi panas juga memicu terjadinya reaksi pada bahan

sehingga struktur kimia bahan berubah. Nilai radiasi panas yang akan memberikan dampak terhadap bahan disajikan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Dampak Radiasi Panas Terhadap Material Bahan

Sumber : Department Of Urban And Transport Planning. 2003, - & Department Of Chemical and Process Engineering, -

Nilai Radiasi Panas	Dampak Radias Panas
1,6 kw/m ² – 3,0 kw/m ²	<ul style="list-style-type: none"> • Kabel yang telah melunak akan membara
12,5 – 12,6 kw/m ²	<ul style="list-style-type: none"> • Kayu, kertas, dan cat akan mencapai kondisi dapat terbakar akibat paparan panas dalam jangka waktu lama • Logam baja dengan ketebalan tipis yang dilengkapi dengan pelindung panas akan mengalami tegangan panas yang cukup untuk menyebabkan kerusakan struktur
23 kw/m ²	<ul style="list-style-type: none"> • Kayu akan terbakar dengan sendirinya akibat paparan panas dalam jangka waktu lama • logam baja tanpa lapisan pelindung panas akan mengalami tekanan panas yang menyebabkan kerusakan • Bejana tekan akan mengalami kerusakan
38 kw/m ²	<ul style="list-style-type: none"> • Distorsi pada dinding tangki

2.5. Hidrokarbon

2.5.1 Definisi

Karbon merupakan unsur yang menyusun banyak bahan dan dapat bercampur dengan unsur lain seperti oksigen, nitrogen, dan hydrogen. Hidrokarbon merupakan bahan kimia organik yang dapat terbakar. Hidrokarbon digolongkan menjadi

hidrokarbon alifatik dan hidrokarbon aromatik. Gas alam (*natural gas*) dan minyak mentah (*crude oil*) adalah bentuk hidrokarbon yang umum ditemukan (Home Office – Fire Department 1974, p.62).

2.5.2 Macam-macam hidrokarbon

Hidrokarbon alifatik tersusun dari rantai unsur-unsur hidrogen dan karbon. Hidrokarbon alifatik dapat ditemukan dalam bentuk padat, cair, dan gas. Hidrokarbon alifatik adalah hidrokarbon yang memiliki rantai karbon terbuka.

Hidrokarbon aromatik adalah hidrokarbon yang memiliki struktur seperti cincin (Home Office – Fire Department 1974, p.62). Hidrokarbon aromatik adalah salah satu bentuk hidrokarbon siklik yaitu hidrokarbon yang memiliki rantai karbon tertutup atau melingkar. Hidrokarbon aromatik memiliki sifat mudah terbakar. Hidrokarbon aromatik memiliki proporsi karbon yang besar sehingga dalam pembakarannya memerlukan oksigen yang lebih banyak (Home Office – Fire Department 1974, p.70). Pembakaran yang kekurangan oksigen menyebabkan reaksi pembakaran tidak sempurna sehingga karbon terlepas ke udara dalam bentuk asap hitam.

Hidrokarbon heterosiklik adalah hidrokarbon yang didalam rantai kimianya terdapat unsure-unsur kimia lain seperti nitrogen, oksigen, dan sulfur.

2.5.3 Minyak mentah

Minyak mentah (*crude oil*) tersusun oleh berbagai macam bahan hidrokarbon dengan komposisi berbasis CH_2 yang bervariasi serta mengandung sejumlah campuran sulfur, nitrogen, oksigen, dan sejumlah kecil unsur logam. Analisis komposisi menunjukkan minyak mentah tersusun atas 84 – 86 % karbon, 10 – 14 % hidrogen, 0,06 – 2 % sulfur, 2 % nitrogen, 0,1 – 2 % oksigen.

Sifat-sifat kimia dan fisika minyak mentah tergantung pada komposisi penyusunnya. Massa jenis minyak mentah bervariasi antara 0,8 g/ml sampai 0,97 g/ml

atau antara 15° API sampai 45° API. Viskositas minyak mentah bervariasi antara 2,3 centistokes sampai 23 centistokes. Kebakaran minyak mentah akan menghasilkan asap tebal dan berwarna hitam.

2.5.4 Penggolongan Hidrokarbon

Hidrokarbon umumnya digolongkan sebagai bahan bakar berbentuk cair. Standar NFPA menggolongkan bahan bakar cair menjadi 2 golongan pokok yaitu *flammable liquid* dan *combustible liquid* (Goetsch 2005, p.339). *Flammable liquid* digolongkan menjadi

1. Flammable IA

Bahan bakar cair yang memiliki titik nyala lebih kecil dari 73 °F dan titik didih lebih kecil dari 100 °F.

2. Flammable IB

Bahan bakar cair yang memiliki titik nyala lebih kecil dari 73 °F dan titik didih sama atau lebih besar dari 100 °F.

3. Flammable IC

Bahan bakar cair yang memiliki titik nyala mulai dari 73 °F sampai dengan kurang dari 100 °F.

Sedangkan *combustible liquid* digolongkan menjadi

1. Combustible II

Bahan bakar cair yang memiliki titik nyala mulai dari 100 °F sampai dengan kurang dari 140 °F.

2. Combustible IIIA

Bahan bakar cair yang memiliki titik nyala mulai dari 140 °F sampai dengan kurang dari 200 °F.

3. Combustible IIIB

Bahan bakar cair yang memiliki titik nyala mulai dari 220 °F.

2.6 Macam-Macam Kebakaran Hidrokarbon

Kebakaran yang dapat terjadi pada suatu fasilitas penyimpanan hidrokarbon adalah kebakaran kolam, *torch fire/ jet flame, flash fire*, ledakan awan uap, dan peristiwa bola api.

1. Kebakaran kolam

Berdasarkan bentuk permukaan kebakaran, kebakaran kolam dapat dibedakan menjadi kebakaran kolam, *trench fire*, dan kebakaran tangki. Kebakaran kolam (*pool fire*) adalah peristiwa kebakaran hidrokarbon cair yang terakumulasi dan tersebar pada luasan permukaan tertentu dengan jumlah tertentu (Department Of Urban And Transport Planning 2003, -). *Trench fire* adalah peristiwa kebakaran hidrokarbon cair yang terakumulasi pada saluran sempit. *Trench fire* merupakan kebakaran kecil namun dapat memicu terjadinya kebakaran yang lebih besar. Kebakaran tangki (*tank fire*) adalah peristiwa kebakaran hidrokarbon cair yang terakumulasi dan tersebar pada luasan permukaan atas tangki.

Berdasarkan aliran bahan bakar, Kebakaran kolam dapat digolongkan menjadi kebakaran kolam dengan adanya aliran bahan bakar atau kebakaran kolam tanpa adanya aliran bahan yang mudah terbakar.

Kebakaran kolam terjadi karena penyalaan bahan bakar secara lambat. Uap bahan bakar yang terpapar udara menyala dan menyebabkan terjadinya kebakaran kolam. Kebakaran ini akan meliputi seluruh permukaan. Radiasi panas kebakaran kolam cenderung berkurang secara cepat seiring dengan bertambahnya jarak dengan sumber radiasi panas. Radiasi panas yang dihasilkan

juga terkumpul dalam lokasi tertentu. Kebakaran kolam dapat meliputi wilayah luas dan mempengaruhi fasilitas di sekitarnya. Produk kebakaran kolam dapat menyebabkan gangguan kesehatan dan lingkungan. Luas penyebaran produk kebakaran kolam perlu diketahui. Faktor yang harus diperhatikan saat terjadinya kebakaran kolam yaitu radiasi panas dan api langsung yang dihasilkan kebakaran ini.

2. Bola Api

Bola api (*fireball*) adalah peristiwa kebakaran hidrokarbon yang terjadi ketika gas yang mudah terbakar terlepas ke udara secara tiba-tiba dan disertai dengan penyalan api sehingga terjadi bola api (Department Of Urban And Transport Planning 2003, -). Intensitas radiasi panas yang dihasilkan cenderung sangat tinggi dengan waktu pajanan singkat. Peristiwa bola api cenderung menyebabkan kerusakan struktur yang parah dan kematian pada manusia yang berada disekitarnya. Pemodelan bola api harus mempertimbangkan pajanan radiasi panas dan lama pajanan. Salah satu peristiwa yang dapat menyebabkan peristiwa bola api adalah BLEVE (Department Of Urban And Transport Planning 2003, -).

BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*) adalah peristiwa meledaknya sebuah bejana bertekanan yang berisi cairan. Proses terjadinya BLEVE dimulai pada saat tangki penyimpan mengalami pemanasan berlebih dari suatu sumber panas yang berada diluar tangki tersebut. Panas menyebabkan fluida didalam tangki berekspansi sehingga menyebabkan meningkatnya tekanan didalam tangki serta menyebabkan meningkatnya suhu permukaan tangki. Peningkatan tekanan fluida menyebabkan tekanan permukaan tangki meningkat. Panas menyebabkan menurunnya kekuatan bahan tangki sehingga kemampuan

bahan tangki untuk menerima tekanan berkurang. Tekanan yang tinggi menyebabkan struktur tangki mengalami kegagalan sehingga menjadi retak dan pecah. Gas yang berekspansi keluar menyala secara tiba-tiba karena terpapar dengan sumber panas di luar tangki sehingga menyebabkan ledakan serta bola api.

3. Torch Fire/ Jet fire

Torch fire atau *jet fire* adalah peristiwa kebakaran hidrokarbon cair atau gas yang keluar dari suatu saluran atau pipa yang bertekanan. *Torch fire* terjadi karena penyalaan tiba-tiba (Department Of Urban And Transport Planning 2003, -). Peristiwa ini menyebabkan terbentuknya api yang panjang dan stabil. *Torch fire* atau *jet fire* meradiasikan panas dengan intensitas tinggi pada lingkungan sekitarnya.

4. Flash fire

Flash fire adalah kebakaran yang terjadi pada awan uap yang terbentuk dari campuran gas yang mudah terbakar. *Flash fire* disebabkan oleh penyalaan lambat awan uap yang yang terdispersi ke udara (Department of Urban and Transport Planning 2003, -). Kebakaran *flash fire* menyebar secara cepat pada daerah mudah terbakar.

5. Ledakan awan uap

Ledakan awan uap (*vapor cloud explosion*) adalah peristiwa terbakarnya awan uap yang terdapat di udara dengan penyalaan lambat. Awan uap terbentuk karena terlepasnya bahan bakar dalam bentuk uap yang mudah terbakar. Bahan bakar yang terlepas ke udara pada peristiwa ledakan awan uap lebih banyak dibandingkan bahan bakar yang yang dapat menyebabkan *flash fire*. Laju pembakaran peristiwa ledakan awan uap lebih cepat dibandingkan laju

pembakaran peristiwa *flash fire*. Durasi pajanan ledakan awan uap berlangsung singkat namun dapat mengakibatkan cedera parah dan kematian pada manusia. Bahan yang berada didaerah dampak peristiwa ledakan awan gas dapat terbakar dan mengalami kerusakan karena paparan panas dan perubahan tekanan tiba-tiba.

6. Boil Over fire

Boil over fire adalah peristiwa tumpahnya hidrokarbon yang sedang terbakar secara tidak terkendali dari permukaan tangki. Peristiwa *boil over fire* dapat terjadi pada tangki hidrokarbon yang mengandung air. Peristiwa *boil over fire* menyebabkan meningkatnya intensitas kebakaran hidrokarbon. Meningkatnya intensitas kebakaran hidrokarbon menyebabkan dampak kebakaran meningkat. Peristiwa *boil over fire* dapat terjadi dengan dua mekanisme yaitu pembentukan lapisan panas (*hot layer*) oleh residu hidrokarbon yang tidak terbakar dan pembentukan lapisan panas (*hot layer*) oleh perpindahan panas dari hidrokarbon ke air serta residu hidrokarbon yang tidak terbakar.

Pembentukan lapisan panas (*hot layer*) oleh residu hidrokarbon yang tidak terbakar disebabkan karena residu hidrokarbon yang tidak terbakar tenggelam ke dasar tangki. Residu hidrokarbon yang tidak terbakar akan tenggelam ke dasar tangki karena memiliki berat jenis yang lebih berat dari hidrokarbon dan air. residu hidrokarbon yang terkumpul di dasar tangki akan membentuk lapisan panas yang menaikkan suhu air atau campuran air. meningkatnya suhu akan menyebabkan fase air merubah dari fase cair menjadi fase uap. Perubahan fase air menyebabkan terjadinya ekspansi fluida air secara cepat dan tidak terkendali sehingga hidrokarbon yang sedang terbakar menjadi tumpah secara tidak terkendali dari permukaan tangki.

Pembentukan lapisan panas (*hot layer*) oleh perpindahan panas disebabkan karena adanya perpindahan panas dari permukaan hidrokarbon yang terbakar ke lapisan hidrokarbon yang tidak terbakar. Panas dari lapisan hidrokarbon yang tidak terbakar kemudian diteruskan ke lapisan air atau lapisan campuran minyak dan air. Panas yang tersimpan didalam air akan menyebabkan suhu air meningkat sehingga fase air berubah. fase air berubah dari cair ke uap. perubahan fase air menyebabkan terjadinya ekspansi fluida air secara cepat dan tidak terkendali. Ekspansi fluida air secara cepat dan tidak terkendali di bagian dasar menyebabkan tangki hidrokarbon yang sedang terbakar menjadi tumpah secara tidak terkendali dari permukaan tangki.

7. Slop over fire

Slop over fire adalah peristiwa terbakarnya buih-buih hidrokarbon secara tidak terus menerus. Didalam peristiwa *slop over fire*, terjadi tumpahan hidrokarbon dari sisi tangki yang berisi hidrokarbon, air, dan campuran hidrokarbon dan air. Peristiwa *slop over fire* terjadi karena bertemunya air dengan permukaan hidrokarbon yang terbakar. Permukaan hidrokarbon yang panas menyebabkan air berkespansi dan membentuk uap air. Ekspansi air akan menyebabkan hidrokarbon yang terbakar tumpah ke sisi tangki dalam bentuk buih-buih hidrokarbon.

8. froth over fire

Froth over fire adalah peristiwa terbakarnya buih-buih hidrokarbon secara terus menerus. Didalam peristiwa *froth over fire*, terjadi tumpahan hidrokarbon dari sisi tangki yang berisi hidrokarbon, air, dan campuran hidrokarbon dan air. peristiwa froth over fire terjadi karena masuknya air dalam jumlah banyak kedalam tangki yang berisi hidrokarbon panas. Panas hidrokarbon menyebabkan

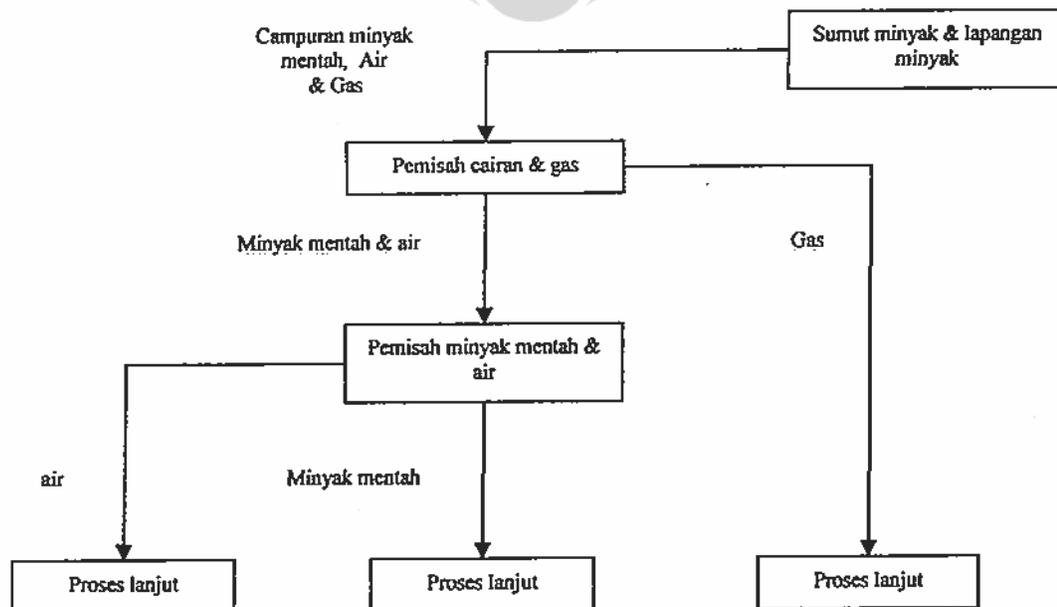
fasa air yang masuk ke dalam tangki berubah dari cair menjadi uap secara tiba-tiba. Perubahan fase air secara tiba-tiba menyebabkan ekspansi air secara cepat. Ekspansi air secara cepat menyebabkan terbentuknya isi tangki meluap keluar tangki dan membentuk buih-buih hidrokarbon yang terbakar.

2.7 Stasiun Pengumpul

Stasiun pengumpul (*Gathering Station*) atau *gas oil separation plant* (GOSP) atau *Central Production Facilities* adalah suatu fasilitas produksi minyak bumi yang berfungsi sebagai fasilitas pemisah fluida minyak bumi, air dan gas. Di fasilitas stasiun pengumpul, minyak mentah yang dialirkan dari sumur-sumur di lapangan-lapangan minyak dikumpulkan dan dialirkan ke bejana dan tangki pemisah.

Fluida minyak bumi, air dan gas dipisahkan dengan memanfaatkan gaya gravitasi, tekanan, panas, waktu pendiaman (*retention times*), dan medan listrik. Minyak bumi yang sudah dipisahkan dari air, gas, dan padatan pengotor selanjutnya dialirkan dengan menggunakan jaringan pipa ke pelabuhan atau kilang pengolahan minyak bumi. Prinsip kerja stasiun pengumpul digambarkan pada gambar 2.7.

Gambar 2.7 Skema Prinsip Kerja Stasiun Pengumpul



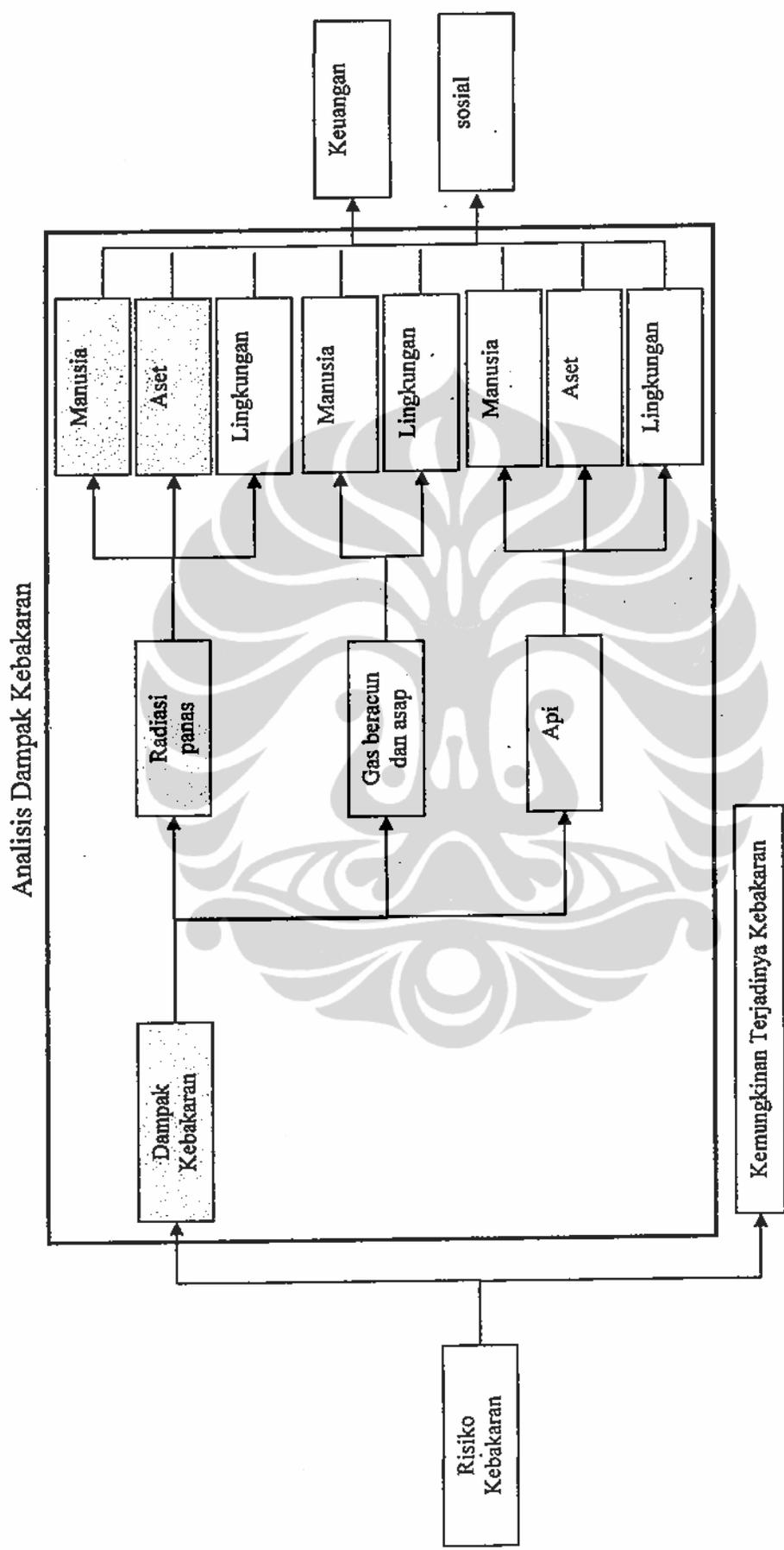
BAB 3

KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP, DAN DEFINISI OPERASIONAL

3.1 Kerangka Teori

Risiko kebakaran merupakan kombinasi antara dampak peristiwa kebakaran dan kemungkinan terjadinya peristiwa kebakaran. Produk yang dihasilkan dari peristiwa kebakaran meliputi radiasi panas, asap, gas beracun, dan api. Radiasi panas, asap, gas beracun, dan api akan memberikan dampak kepada manusia, aset, dan lingkungan. Analisis dampak kebakaran dilakukan untuk mengetahui dampak peristiwa kebakaran kepada manusia, aset, dan lingkungan.

Penelitian ini akan melakukan analisis dampak kebakaran untuk mengetahui dampak peristiwa kebakaran hidrokarbon. Dampak kebakaran yang dianalisis adalah dampak radiasi panas terhadap manusia dan aset. Kerangka teori penelitian ini digambarkan didalam gambar 3.1.

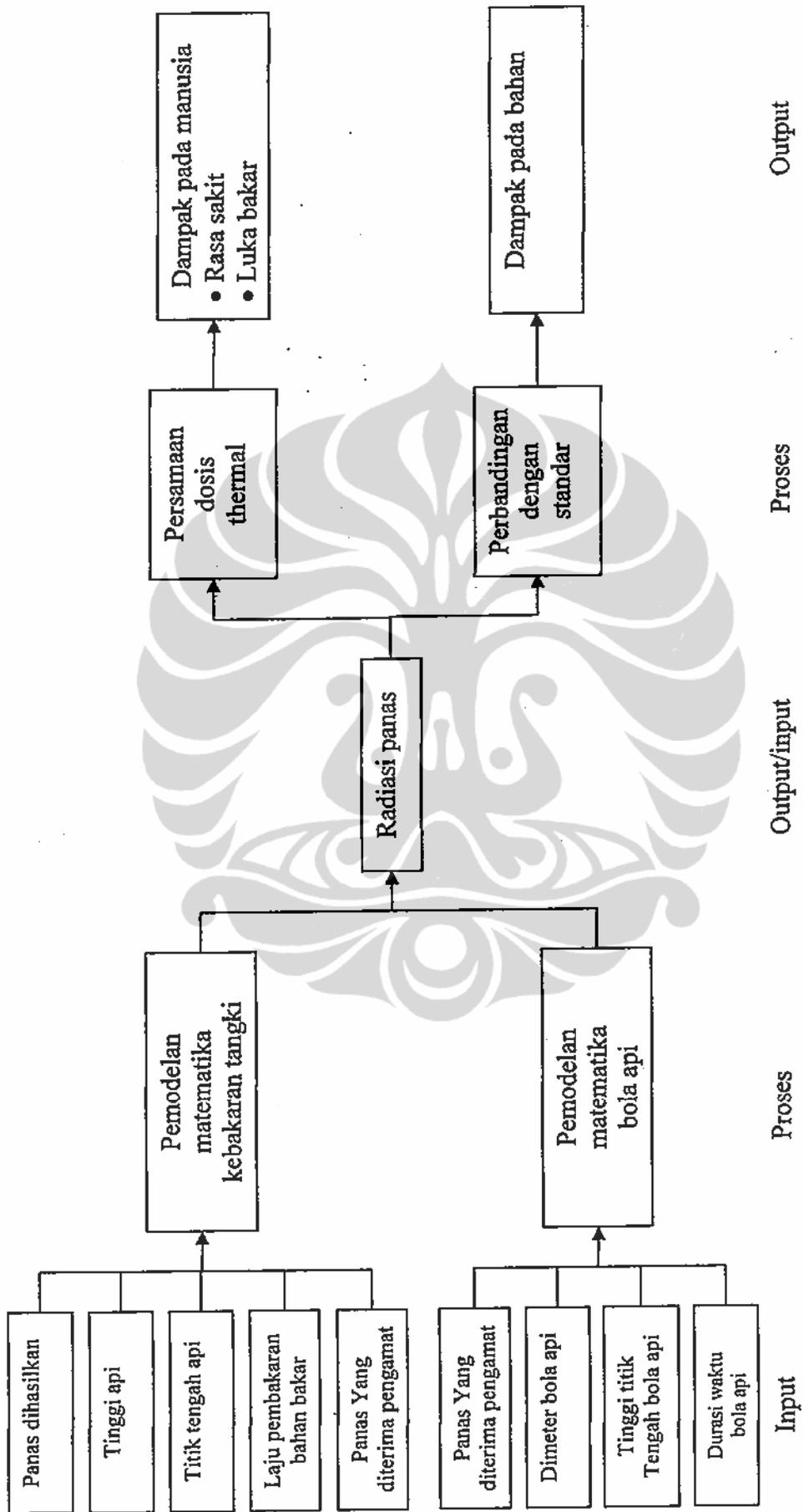


Gambar 3.1 Kerangka Teori Penelitian

3.2 Kerangka Konsep

Kerangka konsep penelitian ini bertitik tolak dari radiasi panas sebagai dampak kebakaran hidrokarbon. Besar radiasi panas diketahui dengan menggunakan pemodelan matematika. Pemodelan matematika yang digunakan adalah persamaan matematika untuk perhitungan radiasi panas kebakaran tangki dan persamaan matematika untuk perhitungan radiasi panas peristiwa bola api. Skenario kebakaran tangki dan peristiwa bola api dipilih karena kedua peristiwa tersebut merupakan skenario yang dapat terjadi pada peristiwa kebakaran hidrokarbon cair dan hidrokarbon gas yang tersimpan didalam tangki.

Data radiasi panas menjadi masukan untuk mengetahui dosis panas yang diterima oleh manusia. Data dosis panas yang diterima manusia digunakan untuk mengetahui dampak radiasi panas terhadap manusia. Data radiasi panas menjadi masukan untuk mengetahui dampak radiasi panas terhadap material bahan. dampak radiasi panas terhadap material bahan diketahui dengan cara membandingkan data radiasi panas yang sudah diterima bahan dengan standar yang telah ditetapkan. Kerangka konsep penelitian ini digambarkan didalam gambar 3.2.



Gambar 3.2. Kerangka Konsep Penelitian

3.3. Definisi Operasional

3.3.1 Definisi Operasional Pemodelan Kebakaran Tangki

Definisi operasional penelitian untuk pemodelan kebakaran tangki (*tank fire*) adalah sebagai berikut

1. Laju pembakaran bahan bakar tiap luas permukaan

Laju pembakaran bahan bakar tiap luas permukaan adalah laju pembakaran massa bahan bakar untuk setiap luas permukaan pada tiap waktu. Bentuk data berupa data numerik. Laju pembakaran bahan bakar tiap luas permukaan dapat dicari dengan menggunakan persamaan (Mudan 1995, P.3-201)

$$m = 0,001 \times \Delta H_c / \Delta H_v$$

Dimana

m = Laju pembakaran bahan bakar tiap luas permukaan
(kilogram/meter².detik)

ΔH_c = Panas spesifik proses pembakaran (Kilojoule/Kilogram)

ΔH_v = Panas spesifik proses penguapan (Kilojoule/Kilogram)

2. Panas yang dihasilkan

Panas yang dihasilkan adalah jumlah panas yang dapat dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar dalam peristiwa kebakaran kebakaran tangki. Bentuk data berupa data numerik. Panas yang dihasilkan dapat dicari dengan menggunakan persamaan (Mudan 1995, p.3-206)

$$Q = \eta \cdot m \cdot \Delta H_c$$

Dengan :

$$m = m \cdot A$$

Dimana :

Q = Panas yang dihasilkan (Kilowatt)

- η = Fraksi panas yang ditransmisikan
- m = Laju massa pembakaran bahan bakar (kilogram/ detik)
- m = Laju pembakaran bahan bakar tiap luas permukaan (kilogram/meter².detik)
- A = Luas permukaan tangki yang terbakar (Meter²)
- ΔH_c = Panas spesifik proses pembakaran (Kilojoule/Kilogram)

3. Panas yang diterima pengamat

Panas yang diterima pengamat adalah panas yang dihasilkan dan diterima oleh pengamat sebagai hasil proses pembakaran bahan bakar dalam peristiwa kebakaran tangki. Bentuk data berupa data numerik. Panas yang yang diterima pengamat dapat Panas yang dihasilkan dapat dicari dengan menggunakan persamaan (Mudan 1995, p.3-206)

$$q = \eta \cdot m \cdot A \cdot \Delta H_c / \{4 \cdot \pi \cdot [d^2 + (Z-h)^2]\}$$

Dimana :

- q = Panas yang diterima oleh pengamat (kilowatt/meter²)
- Π = 3,14
- m = Laju pelepasan bahan bakar (kilogram/meter².detik)
- A = luas permukaan tangki yang terbakar (Meter²)
- ΔH_c = Panas spesifik proses pembakaran (Kilojoule/Kilogram)
- d = Jarak mendatar dari titik tengah api ke titik pengamat (Meter)
- Z = Tinggi titik tengah api dari permukaan tanah (Meter)
- h = Tinggi titik pengamat dari permukaan tanah (Meter)

4. Tinggi api

Tinggi api adalah tinggi api dari permukaan hidrokarbon yang terbakar sampai ke titik tertinggi api. Bentuk data berupa data numerik. Tinggi api dapat dicari dengan menggunakan persamaan (Mudan 1995, P.3-204)

$$H_f = D_f \cdot 42 \cdot (m / \{ \rho_a \cdot [g \cdot D_f]^{1/2} \})^{0,61}$$

Dimana :

H_f = Tinggi api (Meter)

D_f = Diameter permukaan yang terbakar (Meter)

m = Laju pembakaran bahan bakar tiap luas permukaan (kilogram/meter².detik)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/det²)

ρ_a = Kepadatan udara lingkungan (kg/m³)

5. Tinggi titik tengah api

Tinggi titik tengah api adalah jarak antara titik tengah api dengan permukaan dasar tangki yang mengalami kebakaran tangki. Tinggi permukaan dasar tangki sama dengan tinggi pengamat. Bentuk data berupa data numerik. Tinggi titik tengah api dapat dicari dengan persamaan

$$Y = (\frac{1}{2} \cdot H_f) + H_t$$

Dimana :

Y = Tinggi titik tengah api (Meter)

H_f = Tinggi api (Meter)

H_t = Tinggi permukaan hidrokarbon yang terbakar (Meter)

3.3.2 Definisi Operasional Pemodelan Peristiwa Bola Api

Definisi operasional penelitian untuk pemodelan peristiwa bola api (*fireball*) adalah sebagai berikut

1. Panas yang diterima pengamat

Panas yang diterima pengamat adalah panas yang dihasilkan dan diterima oleh pengamat sebagai hasil proses pembakaran bahan bakar dalam peristiwa bola api. Bentuk data berupa data numerik. Panas yang diterima pengamat dapat dicari dengan menggunakan persamaan (Mudan 1995, p.3-232)

$$q(\eta) = (v \cdot f \cdot \tau \cdot g^{1/2} \cdot \rho_f \cdot h_f \cdot V_f^{5/6}) / \{4 \cdot \pi \cdot [d^2 + (Z-h)^2]\}$$

Dimana :

$q(\eta)$ = Radiasi panas yang diterima pengamat (Kilowatt/meter²)

v = Laju perpindahan panas yang dinormalisasi

f = fraksi panas pembakaran yang ditransmisikan ke lingkungan

τ = Transmisivitas lingkungan

g = Percepatan gravitasi (9,8 m/det²)

ρ_f = Berat jenis bahan bakar dalam bentuk uap pada kondisi lingkungan (kg/m³)

h_f = panas yang dihasilkan akibat pembakaran bahan bakar dalam bentuk uap (kj/kg)

V_f = Volume bahan bakar didalam bejana (Meter³)

Π = 3,14

d = jarak mendatar dari titik tengah bola api ke titik pengamat (Meter)

Z = Tinggi titik tengah bola api pada waktu tertentu (Meter)

h = Tinggi titik pengamat dari permukaan tanah (Meter)

2. Diameter bola api

Diameter bola api dapat dibedakan menjadi diameter maksimal bola api dan diameter bola api pada waktu tertentu. Bentuk data berupa data numerik. Diameter maksimal bola api dapat dicari dengan menggunakan persamaan (Mudan 1995, p.3-231)

$$D = 7,71 \cdot V_f^{1/3}$$

Dimana :

D = Diameter maksimal bola api (Meter)

V_f = Volume bahan bakar didalam bejana (Meter³)

Sedangkan diameter bola api pada waktu tertentu dapat dicari dengan menggunakan persamaan (Mudan 1995, p.3-231)

$$D = 0,806 \cdot \eta^{1,12} \cdot V_f^{1/3}$$

Dimana :

D = Diameter bola api pada waktu tertentu (Meter)

V_f = Volume bahan bakar didalam bejana (Meter³)

Nilai konversi waktu dapat dicari dengan menggunakan persamaan (Mudan 1995, 3-231)

$$\eta = \{ g^{1/2} \cdot t \} / V_f^{1/6}$$

Dimana :

η = Nilai Konversi waktu

g = Percepatan gravitasi (9,8 meter/detik²)

t = waktu (detik)

V_f = Volume bahan bakar didalam bejana (Meter³)

3. Tinggi titik tengah bola api

Tinggi titik tengah bola api merupakan tinggi titik tengah bola api dari permukaan tanah. Tinggi titik tengah bola api dapat dibedakan menjadi tinggi titik tengah maksimal dan tinggi titik tengah bola api pada waktu tertentu. Bentuk data berupa data numerik. Tinggi api maksimal dapat dicari dengan menggunakan persamaan (Mudan 1995, p.3-231)

$$Z_p = 12,7 \cdot V_f^{1/3}$$

Dimana :

Z_p = Tinggi titik tengah maksimum bola api (Meter)

V_f = Volume bahan bakar didalam bejana (Meter³)

Sedangkan tinggi titik tengah bola api pada waktu tertentu dapat dicari dengan menggunakan persamaan (Mudan 1995, p.3-231)

$$Z_t = 1,97 \cdot \eta^{0,86} \cdot V_f^{1/3}$$

Dimana :

Z_t = Tinggi titik tengah bola api pada waktu tertentu (Meter)

η = Nilai Konversi waktu

V_f = Volume bahan bakar didalam bejana (Meter³)

Nilai konversi waktu dapat dicari dengan menggunakan persamaan (Mudan 1995, 3-231)

$$\eta = \{ g^{1/2} \cdot t \} / V_f^{1/6}$$

Dimana :

η = Nilai Konversi waktu

g = Percepatan gravitasi (9,8 meter/detik²)

t = waktu (detik)

V_f = Volume bahan bakar didalam bejana (Meter³)

4. Durasi waktu terjadinya bola api

Durasi waktu terjadinya bola api adalah lama waktu terjadinya bola api. Durasi waktu terjadinya bola api dapat dicari dengan menggunakan persamaan (Mudan 1995, p.3-231)

$$T_p = 2,8 \cdot V_f^{1/6}$$

Dimana :

T_p = Durasi waktu terjadinya bola api (Detik)

V_f = Volume bahan bakar didalam bejana (Meter³)

3.3.3 Definisi Operasional Dosis Thermal

1. Dosis termal

Dosis termal adalah radiasi panas yang diterima oleh seseorang dalam waktu tertentu. Dosis termal digunakan untuk menentukan dampak radiasi panas terhadap manusia. Bentuk data berupa data numerik. Dosis termal dapat dicari dengan persamaan (Sullivan 2004, p.9)

$$TDU = Q^{4/3} \cdot t$$

Dimana :

Q = Radiasi panas yang diterima pengamat (Kilowatt/meter²)

t = Waktu paparan (Detik)

Dosis termal yang diperlukan sehingga pengamat mengalami dampak akibat paparan radiasi.

Tabel 3.1 Dosis Panas Yang Diperlukan Sehingga Pengamat Mengalami Dampak Paparan Radiasi Panas

Sumber : Sullivan 2004, p.2

Dampak Radiasi Panas	Dosis Panas
Pengamat merasa sakit	92 TDU
Luka bakar tingkat 1	105 TDU
Luka bakar tingkat 2	290 TDU
Luka bakar tingkat 3 / Kematian	1000 TDU

BAB 4

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Desain Penelitian

Desain penelitian ini adalah analisis dampak kebakaran dengan menggunakan metode penilaian bahaya kebakaran. Pendekatan yang digunakan adalah pemodelan matematika. Analisis dampak kebakaran dilakukan untuk mengetahui dampak kebakaran hidrokarbon terhadap manusia dan aset yang berada di dalam wilayah stasiun pengumpul Kotabatak. Dampak kebakaran yang dinilai adalah radiasi panas.

4.2 Waktu dan Tempat Penelitian

4.2.1 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini adalah pada bulan juni 2008 sampai dengan bulan Agustus 2008.

4.2.2 Tempat

Tempat pelaksanaan penelitian ini adalah PT CPI di Propinsi Riau.

4.3 Objek, Sampel, dan Skenario Penelitian

4.3.1 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah stasiun pengumpul minyak Kotabatak di lapangan minyak Kotabatak - *Sumatera Light South* PT CPI.

4.3.2 Sampel Penelitian

Sampel penelitian ini adalah *wash tank* T-2B dan *separator* V-5 yang terdapat di stasiun pengumpul minyak Kotabatak.

4.3.2 Skenario Penelitian

Skenario peristiwa kebakaran yang dianalisis adalah kebakaran tangki (*tank fire*) pada *wash tank* T-2B dan skenario peristiwa bola api (*fireball*) pada *separator* V-5.

4.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Studi literatur

Studi literatur bertujuan untuk menemukan landasan teori dan informasi ilmiah bagi masalah yang diteliti.

2. Pengumpulan data

Data-data yang dikumpulkan merupakan data-data sekunder. Sumber data adalah dokumen, gambar teknis, literatur, wawancara serta diskusi.

3. Identifikasi sistem

Identifikasi sistem yang dilakukan meliputi identifikasi proses dan fasilitas atau peralatan yang terdapat di stasiun pengumpul Kotabatak, identifikasi bahan dan material yang digunakan di stasiun pengumpul Kotabatak serta identifikasi peristiwa kebakaran yang pernah terjadi di fasilitas produksi dan pengolahan hidrokarbon yang dimiliki oleh PT CPI.

4. Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya meliputi identifikasi bahaya kebakaran dan identifikasi peristiwa kebakaran. Identifikasi bahaya kebakaran dilakukan untuk mengidentifikasi bahan bakar dan sumber penyalaan. Identifikasi peristiwa kebakaran yang dapat terjadi stasiun pengumpul minyak Kotabatak ditetapkan berdasarkan HAZOPS (*Hazards Operability Study*) serta berdasarkan data peristiwa kebakaran hidrokarbon yang pernah terjadi di stasiun pengumpul

minyak. Hasil identifikasi peristiwa kebakaran hidrokarbon yang dapat terjadi digunakan untuk menetapkan skenario kebakaran hidrokarbon yang dapat dikembangkan di stasiun pengumpul minyak Kotabatak.

5. Penetapan skenario

Hasil identifikasi bahaya kebakaran, hasil pengembangan skenario kebakaran, dan perhitungan bahaya kebakaran dengan menggunakan *Dow Fire & Explosion Index* digunakan untuk menetapkan skenario kebakaran terburuk (*worst case scenario*) di stasiun pengumpul minyak Kotabatak. Setelah skenario kebakaran ditetapkan, dibuat alur peristiwa (*event trees*) kebakaran dan analisis dampak kebakaran dengan menggunakan pemodelan matematika.

6. Analisis dampak kebakaran

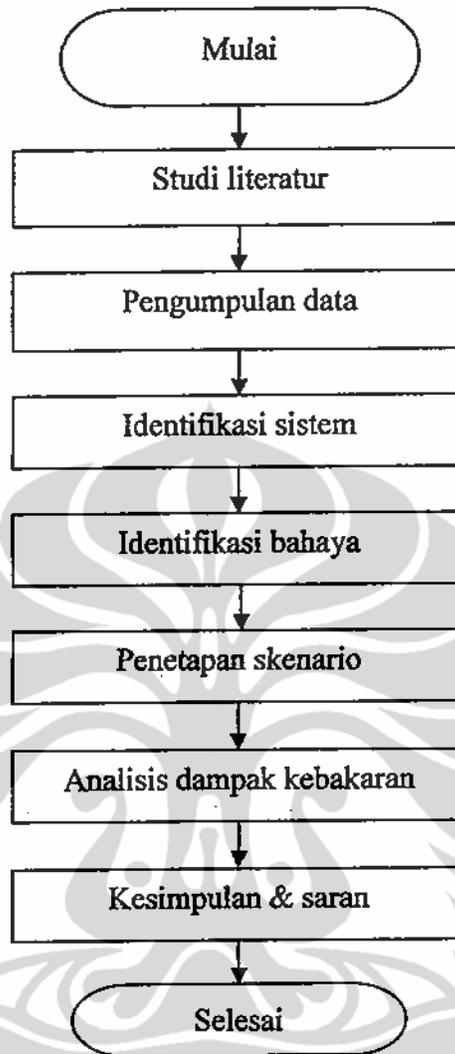
Analisis dampak kebakaran hidrokarbon di stasiun pengumpul minyak Kotabatak dilakukan dengan cara membandingkan hasil perhitungan pemodelan matematika kebakaran dengan nilai dosis termal dan standar yang sudah ditetapkan. Perbandingan hasil perhitungan pemodelan matematika kebakaran dengan nilai dosis thermal untuk mengetahui dampak kebakaran hidrokarbon terhadap manusia. Perbandingan hasil perhitungan pemodelan matematika kebakaran dengan standar yang sudah ditetapkan untuk mengetahui dampak kebakaran hidrokarbon terhadap aset.

7. Penyusunan kesimpulan dan saran

Hasil analisis dampak kebakaran digunakan sebagai dasar penyusunan kesimpulan dan saran.

Prosedur penelitian dalam bentuk diagram alir disajikan didalam gambar 4.1.

Gambar 4.1. Diagram Alir Prosedur Penelitian



4.5. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian tesis ini adalah

1. Wawancara dan diskusi

Wawancara dan diskusi dilakukan dengan bagian staf dan pimpinan REM - Sumatra Light South serta staf dan pimpinan bagian OE/ HES – South.

2. Studi dokumen

Studi dokumen dilakukan terhadap data sekunder yang dikumpulkan. Data – data sekunder dikumpulkan dari bagian REM - SLS, OE/ HES – South, dan OE/ HES - Corporate.

4.6 Pengumpulan Data

Data-data yang dikumpulkan dan digunakan dalam penelitian ini meliputi

1. Data-data meteorologi di daerah stasiun pengumpul minyak Kotabatak yang meliputi kecepatan angin, arah angin, kelembaban udara, suhu udara, dan kondisi lapisan awan.
2. *Plot plan* yang menggambarkan posisi tangki minyak dan aset-aset lainnya di stasiun pengumpul minyak Kotabatak.
3. Dokumen penilaian risiko kebakaran (*fire risk assessment*) yang pernah dilakukan terhadap stasiun pengumpul minyak Kotabatak.
4. Dokumen penilaian sistem perlindungan kebakaran (*fire protection assessment*) yang pernah dilakukan terhadap stasiun pengumpul minyak Kotabatak.
5. Data peristiwa kebakaran hidrokarbon yang pernah terjadi di wilayah kerja SLS - PT CPI.
6. Diagram alir proses (*Process flow diagram*) dan diagram perpipaan dan instrumentasi (*Piping & instrumentation diagram*) stasiun pengumpul minyak Kotabatak.
7. Dokumen HAZOPS (*Hazard Operability Study*) stasiun pengumpul minyak Kotabatak.
8. Data komposisi bahan, sifat kimia, dan sifat fisik hidrokarbon yang diolah di stasiun pengumpul minyak Kotabatak.

BAB 5

GAMBARAN UMUM

5.1 Profil Perusahaan PT CPI

PT CPI adalah perusahaan yang beroperasi di wilayah seluas 15.000 Km² di daratan propinsi Riau. PT CPI bekerja dengan sistem kontrak bagi hasil (*Production Sharing Contract*) yang ditetapkan oleh BP Migas. Sampai dengan tahun 2004, PT CPI telah memproduksi minyak mentah sebanyak 10,5 milyar barrel minyak. Produksi minyak yang ditargetkan setiap harinya adalah 510.320 BOPD (*Barrel Oil Per day*) pada tahun 2008. PT CPI telah menerapkan teknologi eksplorasi dan produksi minyak yang telah dikembangkan (*Enhancement Oil Recovery*) untuk mempertahankan tingkat produksi. Teknologi yang telah diterapkan antara lain

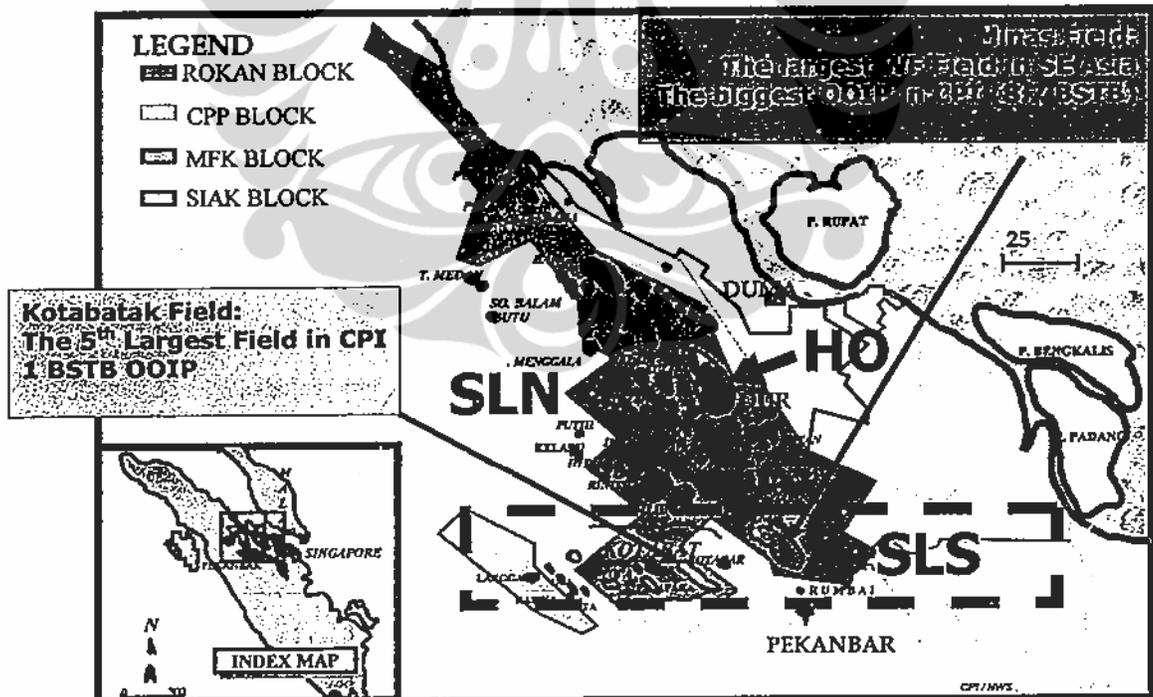
1. Teknologi penyuntikan uap (*Steamflooding*) di lapangan minyak Duri,
2. Teknologi penyuntikan air (*Waterflooding*) di lapangan minyak Kotabatak, Petapahan, Minas dan Bekasap.
3. Teknologi *Surfactant* (*Pilot Project*) di lapangan minyak Minas.

PT CPI memiliki sejumlah lapangan penghasil minyak mentah. Lapangan minyak Kotabatak adalah salah satu lapangan penghasil minyak yang dioperasikan oleh PT CPI. Lapangan penghasil minyak mentah dilengkapi dengan stasiun pengumpul minyak. Salah satu stasiun pengumpul minyak tersebut adalah stasiun pengumpul minyak Kotabatak.

5.2 Profil Stasiun Pengumpul Kotabatak

5.2.1 Stasiun Pengumpul Kotabatak

Lapangan minyak Kotabatak merupakan salah satu lapangan minyak yang dikelola oleh *production area* Kotabatak Petapahan (Kopet) Sumatra Light South - PT CPI. Lapangan minyak Kotabatak merupakan salah satu lapangan minyak terbesar yang dioperasikan oleh PT CPI. Lapangan minyak Kotabatak masih memiliki cadangan hidrokarbon yang cukup besar sehingga masih layak dieksplorasi dalam jangka panjang. Lapangan minyak Kotabatak memberikan kontribusi sebesar 80 % terhadap produksi harian minyak mentah *production area* Kotabatak Petapahan dan memberikan kontribusi sebesar 20 % terhadap produksi minyak harian Sumatra Light South. Lokasi lapangan minyak Kotabatak disajikan pada gambar 5.2. Di lapangan minyak Kotabatak terdapat stasiun pengumpul Kotabatak.



Gambar 5.2 Lokasi Lapangan Minyak Kotabatak
Sumber : Nugroho 2008, p.3

Stasiun pengumpul Kotabatak merupakan stasiun pengumpul minyak yang dioperasikan oleh Sumatra Light South PT CPI. Stasiun pengumpul Kotabatak mulai dioperasikan pada tahun 1970. Stasiun pengumpul Kotabatak diperbarui dan

ditingkatkan kapasitasnya pada tahun 1997, 1998, 2000, dan 2002 seiring dengan meningkatnya kebutuhan operasi.

Stasiun pengumpul Kotabatak berfungsi untuk mengolah minyak mentah yang diproduksi oleh lapangan minyak Kotabatak, Petapahan, Lindai, dan Suram yang berada di *production area* Kotabatak Petapahan (Kopet) serta lapangan minyak Kasikan, Langgak, Osam, Kumis, Kota Lama dan Terantam yang berada di daerah produksi Badan Operasi Bersama (BOB) Bumi Siak Pusako - Pertamina. Stasiun pengumpul Kotabatak akan mengalirkan minyak mentah yang sudah dipisahkan dari gas dan air terproduksi ke *tank farm* Duri/ Dumai dengan menggunakan jaringan pipa utama. Stasiun pengumpul Kotabatak memiliki kapasitas produksi minyak bumi sebesar 50.000 BOPD serta mengolah air terproduksi sebanyak 350.000 BWPD. Saat ini di stasiun pengumpul Kotabatak sedang dilakukan peningkatan fasilitas penanggulangan kebakaran.

5.2.2 Fungsi Stasiun Pengumpul Kotabatak

Stasiun pengumpul Kotabatak berfungsi untuk

1. Mengumpulkan serta melakukan pemisahan produksi minyak bumi, air terproduksi, dan gas dari lapangan minyak Kotabatak, Petapahan, Lindai, dan Suram untuk disalurkan ke jaringan pipa utama.
2. Mengumpulkan serta melakukan pemisahan produksi minyak bumi, air terproduksi, dan gas dari stasiun pengumpul Petapahan untuk disalurkan ke jaringan pipa utama.
3. Mengumpulkan serta melakukan pemisahan produksi minyak bumi, air terproduksi, dan gas dari lapangan minyak Kasikan, Langgak, Osam, Kumis, Kota Lama dan Terantam yang berada di daerah produksi Badan Operasi

Bersama (BOB) Bumi Siak Pusako - Pertamina untuk disalurkan ke jaringan pipa utama.

5.2.3 Lokasi Stasiun Pengumpul Kotabatak

Stasiun pengumpul Kotabatak berlokasi di jalan penghubung lapangan minyak Kotabatak dan lapangan minyak Petapahan. Secara administratif stasiun pengumpul Kotabatak berada di wilayah

Desa : Kijang Rejo

Kecamatan : Tapung Hulu

Kabupaten : Kampar

Propinsi : Riau

Dalam struktur organisasi perusahaan PT CPI, Stasiun pengumpul Kotabatak berlokasi di

Lapangan : Kotabatak

Blok Konsesi : Rokan Block

Production Unit : *Production Area* Kotabatak Petapahan (KoPet)

Sub Operation Unit : Sumatra Light South

Operation Unit : Sumatra Light Operation

5.2.4 Pekerja

Stasiun pengumpul Kotabatak dioperasikan dan dijaga penuh selama 24 jam tiap hari. Pekerja yang bertugas secara tetap di stasiun pengumpul Kotabatak berjumlah 6 orang dengan perincian 4 orang operator dan 2 orang satpam. Jumlah pekerja yang melaksanakan pekerjaan tidak rutin dan pengunjung stasiun pengumpul Kotabatak berjumlah 5 sampai 10 orang setiap harinya. Pekerjaan tidak rutin hanya boleh dilakukan pada jam kerja kecuali untuk pekerjaan yang bersifat darurat atau pekerjaan

yang tidak bisa ditunda. Data jumlah pekerja di stasiun pengumpul Kotabatak disajikan pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Pekerja Di Stasiun Pengumpul Kotabatak

Pekerjaan	Jumlah
Operador	4 orang
Satpam	2 orang
Pekerja tidak tetap & pengunjung	5 - 10 orang
Total – Pada jam kerja	11-21 orang
Total - Diluar jam kerja	6 orang

5.2.5 Fasilitas Air

Air untuk kebutuhan sehari-hari stasiun kotabatak dipenuhi dengan cara dikirim dari *camp* Petapahan dengan memakai *water tanker*.

5.2.6 Fasilitas Listrik

Kebutuhan listrik untuk operasional stasiun pengumpul Kotabatak dipenuhi sendiri oleh perusahaan. Listrik yang dipakai untuk operasional stasiun pengumpul Kotabatak didistribusikan sendiri oleh jaringan transmisi listrik perusahaan. Listrik digunakan untuk memenuhi kebutuhan utilitas dan instrumentasi. Fasilitas penerangan darurat berupa lampu senter dan lampu darurat. Fasilitas listrik didesain dan dibuat sesuai dengan standar fasilitas listrik untuk industri perminyakan.

5.2.7 Kondisi Lingkungan

Lingkungan disekitar stasiun pengumpul Kotabatak berupa lahan datar terbuka, perumahan penduduk, dan perkebunan kelapa sawit. Lahan datar terbuka merupakan lahan yang dikelola oleh PT CPI. Perumahan dan perkebunan kelapa sawit dimiliki oleh masyarakat umum.

5.2.8 Kondisi Cuaca

Kondisi cuaca di daerah stasiun pengumpul Kotabatak diambil dari data meteorologi yang diterbitkan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika. Berdasarkan data tersebut dapat ditetapkan kondisi cuaca minimum, rata-rata, dan maksimum di daerah stasiun pengumpul Kotabatak. Data kondisi cuaca di daerah stasiun Kotabatak ditampilkan pada tabel 5.2.

Tabel 5.2. Kondisi Cuaca Di Daerah Stasiun Pengumpul Kotabatak
Sumber: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika

Parameter	Minimal	Maksimal	Rata-rata
Kecepatan angin	10 knot*	20 knot*	15 knot*
Arah angin	5-40 °	300-360°	-
Suhu udara	24 °C	33 °C	28 °C
Kelembaban udara	56 %	94 %	75 %
Kondisi awan	1	4	3
Kejadian petir	Rendah	Tinggi	-

Keterangan :

* di ketinggian 3000 kaki

5.3 Fasilitas Produksi

5.3.1 Fasilitas Pipa Produksi

Stasiun pengumpul Kotabatak dihubungkan dengan jaringan pipa produksi utama ke Kotabatak South dan Kotabatak North. Jaringan pipa produksi utama Kotabatak North memiliki panjang 10 kilometer dengan diameter pipa mulai dari 8 inci sampai 12 inci. Jaringan pipa produksi utama Kotabatak South memiliki panjang 7 kilometer dengan diameter mulai dari 6 inci sampai dengan 16 inci. Pipa terbuat dari baja karbon. Fasilitas pipa produksi didesain dan dibuat sesuai dengan standar fasilitas produksi untuk industri perminyakan.

5.3.2 Fasilitas Pipa Injeksi

Fasilitas pipa injeksi digunakan untuk menginjeksikan air terproduksi ke dalam reservoir minyak. Jaringan pipa injeksi yang terhubung dengan stasiun pengumpul kotabatak meliputi

1. Jaringan pipa injeksi tekanan rendah ke Kotabatak North dan Kotabatak South dengan pipa berdiameter 6 inci sampai 10 inci. Panjang pipa adalah 9,2 kilometer. Pipa terbuat dari baja karbon.
2. Jaringan pipa injeksi tekanan tinggi ke area 1 Kotabatak South dengan pipa berdiameter 2 inci sampai 6 inci. Panjang pipa adalah 8,5 kilometer. Pipa terbuat dari fiberglass dan ditanam didalam tanah.
3. Jaringan pipa injeksi tekanan tinggi ke area 2 Kotabatak South dan Kotabatak Central dengan pipa berdiameter 4 inci sampai 12 inci. Panjang pipa adalah 12 kilometer. Pipa terbuat dari baja karbon.
4. Jaringan pipa injeksi tekanan tinggi ke area 3 Kotabatak North dan Kotabatak South dengan pipa berdiameter 6 inci sampai 12 inci. Panjang pipa adalah 17 kilometer. Pipa terbuat dari baja karbon.

5.3.3 Fasilitas Produksi

Fasilitas produksi yang dimiliki meliputi fasilitas pemisahan minyak mentah, air terproduksi, dan gas, fasilitas injeksi air serta fasilitas penanganan gas. Seluruh aktivitas produksi diawasi dari ruang kendali stasiun pengumpul Kotabatak. Fasilitas produksi didesain dan dibuat sesuai dengan standar fasilitas produksi untuk industri perminyakan.

1. Fasilitas Pemisahan Minyak Mentah, Air Terproduksi, Dan Gas

Fasilitas pemisahan minyak mentah, air terproduksi, dan gas di stasiun pengumpul kotabatak meliputi *gas boot, wash tank, shipping tank, surge tank, skimming tank, high pressure injection pumps, low pressure injection pumps,*

transfer pumps, dan *booster pumps*. Data fasilitas pemisahan minyak mentah, air terproduksi, dan gas terdapat pada tabel 5.3.

Tabel 5.3. Fasilitas Pemisahan Minyak Mentah, Air Terproduksi, dan Gas

Nomor / Nama	Ukuran	Fluida	Kapasitas
T - 4A/B <i>Skimming tank</i>	diameter 35 kaki tinggi 25 kaki	Minyak mentah & air	4.200 barrel
T - 4C <i>Surge Tank</i>	diameter 45 kaki tinggi 24 kaki	Minyak mentah & air	6.800 barrel
V -1 <i>Gas boot</i>	diameter 8 kaki 9 inci tinggi 65 kaki	Minyak mentah, air dan gas	695 barrel
V -2 <i>Gas boot</i>	diameter 11 kaki 6 inci tinggi 65 kaki	Minyak mentah, air dan gas	1.200 barrel
T - 6A <i>Skimming recycle Tank</i>	diameter 12 kaki tinggi 12 kaki	Minyak mentah & air	240 barrel
T - 6B <i>Skimming recycle Tank</i>	diameter 20 kaki tinggi 8 kaki	Minyak mentah & air	500 barrel
P- 4A/B <i>Skimming recycle pump</i>	Daya : 2 x 5 HP Tekanan : 50 PSI	Minyak mentah & air	50 GPM
P - 4C <i>Skimming recycle pump</i> Viking pump model 24124 V	Daya : 2 x 5 HP Tekanan : 50 PSI	Minyak mentah & air	50 GPM
T - 5A/B/C <i>Suction Tank</i>	diameter 16 kaki tinggi 21 kaki	Air	1.000 barrel
<i>LACT meter unit</i> Petapahan			
<i>AOS Meter</i> Petapahan			
T -2A <i>Wash tank (Kotabatak liquid)</i>	Diameter 60 kaki Tinggi 40 kaki	Minyak mentah dan air	20.000 barrel
P - 8A/B <i>Horizontal transfer pump</i>	Daya : 2 x 40 HP Tekanan : 50 PSI	Minyak mentah dan air	50.000 BPD
T - 3 <i>Wash tank (Petapahan Liquid)</i>	Diameter 60 kaki Tinggi 40 kaki	Minyak mentah dan air	20.000 barrel
T - 2B <i>Wash tank (Kotabatak liquid)</i>	Diameter 70 kaki Tinggi 40 kaki	Minyak mentah dan air	20.000 barrel

T - 7 <i>Shipping tank (Kotabatak)</i>	Diameter 40 kaki Tinggi 36 inci	Minyak mentah	8.000 barrel
T - 8 <i>Shipping tank (Petapahan)</i>	Diameter 35 kaki Tinggi 25 inci	Minyak mentah	4.200 barrel
P - 17A & P -17B <i>Circulating pump</i>	Daya : 2 x 5 HP Tekanan : 50 PSI	Air	50 GPM
P - 19A/B <i>charge pump</i>	Daya : 2 x 25 HP	Air	180 GPM
P - 19C/D <i>charge pump</i>	Daya : 2 x 40 HP	Air	350 GPM
P - 12A/B <i>Shipping pump</i>	Daya : 2 x 200 HP Tekanan : 650 PSIG	Minyak Mentah	
P - 20 A/B/C <i>Shipping pump (Petapahan)</i>	Daya : 3 x 75 HP Tekanan : 650 PSIG	Minyak Mentah	
P - 12 E/F/G/I/L <i>Shipping pump (Kotabatak)</i>	Daya : 5 x 100 HP Tekanan : 420 PSIG	Minyak Mentah	
P - 12 C/D/H/J/K/M <i>Shipping pump</i>	Daya : 6 x 75 HP	Minyak Mentah	
P - 2 A/B/C <i>Low pressure pump</i>	Daya : 300 HP Tekanan : 385 PSI	Air	800 GPM
P - 3 A/B/C/D/E <i>High pressure pump</i>	Daya : 1265 HP Tekanan : 50 PSI	Air	385 GPM

2. Fasilitas Injeksi Air

Fasilitas injeksi air meliputi *high pressure injection pumps* dan *low pressure injection pumps*. Fasilitas injeksi air digunakan untuk mengalirkan air terproduksi ke sumur-sumur injeksi air yang ada di lapangan Kotabatak.

3. Fasilitas Penanganan Gas

Fasilitas penanganan gas meliputi *flare stack*, *horizontal separator*, *vent stack*, *vertical separator*, *hydrocarbon pump*, *water pump*, *pit pump*, *vertical KO drum*,

horizontal, KO drum, dan fin fan cooler. Data fasilitas penanganan gas disajikan dalam tabel 5.4.

Tabel 5.4. Fasilitas Penanganan Gas

Nomor / Nama	Ukuran	Kapasitas
P - 16 <i>Pump</i>	Head : 10 kaki Daya : 3 HP	10 GPM
V - 3 <i>Horizontal KO Drum</i>	Diameter : 24 inci Panjang : 4 kaki 6 inci	
F - 1/2/3 <i>Fin fan cooler</i>	Daya : 6 x 25 HP	
P - 14 <i>Pit pump (Positive Displacement)</i>	Daya : 7,5 HP	
P - 18 <i>Pump (Centrifugal pump)</i>	Daya : 5 HP	
P - 19 A/B/C/D <i>Water pump</i>	Daya : 4 x 5 HP Tekanan : 25 PSI	500 BPD
P - 20 A/B/C/D <i>Hydrocarbon pump</i>	Daya : 4 x 5 HP Tekanan : 60 PSI	500 BPD
V - 4 <i>Vertical KO Drum</i>	Diameter : 36 inci Tinggi 100 inci	
V - 5 <i>Vertical separator - 2 phase type</i>	Diameter : 60 inci Tinggi : 100 inci	
W - 1 <i>Vent stack</i>	Diameter : 10 inci Tinggi : 10 inci	
V - 6 <i>Horizontal separator - 3 phase type</i>	Diameter : 1372 mm Tinggi : 3353 mm	
W - 2 <i>Flare stack - Automatic ignitor</i>	Diameter : 8 inci Tinggi : 40 inci	

4. Fasilitas Pengukuran

Fasilitas pengukuran (*Metering facilities*) digunakan untuk mengukur kualitas produksi minyak mentah yang dihasilkan dari stasiun pengumpul Kotabatak

sebelum dialirkan ke jaringan pipa utama ke *tank farm* Duri/ Dumai. Alat-alat untuk mengukur produksi meliputi *charge pumps*, *mixer pumps*, *daerator*, *sample tank*, dan *shipping pumps*. Data fasilitas pengukuran disajikan dalam tabel 5.5.

Tabel 5.5 Fasilitas Pengukuran

Nomor / Nama	Ukuran	Kapasitas
<i>Charge pumps (Centrifugal pump)</i> P-H201/H202/.../H205	Tekanan : 115 PSI Daya : 50 HP Listrik : 2 Fase, 460 Volt AC	450 GPM
<i>Mixer pumps (Gear pump)</i> P-H011/H021	Tekanan : 20 PSI Daya : 0,5 HP/ 1725 RPM Listrik : 1 fase, 120 Volt AC	10 GPM
<i>Deaerator</i> V-H011/H021		
<i>Sample tank</i> V-H012/H022 (<i>True Cut Sampler Type</i>)	Tekanan : 80 PSI Suhu : 150 °F PRV : 3 PSI	5 Galon
<i>Shipping pumps</i> P-0201/.../0210	Daya : 75 HP Tekanan : 300 PSI	180 GPM

5.3.4 Proses Pengolahan Minyak Mentah

Prinsip dasar pengolahan minyak mentah di stasiun pengumpul adalah menggunakan panas, waktu pendiaman (*retention time*), dan bahan kimia (*demulsifier*) untuk melepaskan ikatan minyak, gas, air, dan sedimen. Untuk melakukan pekerjaan ini stasiun pengumpul minyak umumnya dilengkapi dengan dengan *gas boot*, *wash tank*, *shipping tank*, *shipping pump*, dan *metering unit*. Setiap daerah produksi dan lapangan minyak memiliki karakteristik yang berbeda sehingga setiap stasiun pengumpul akan memiliki fasilitas yang spesifik dan berbeda. Hal ini agar minyak mentah yang dihasilkan memenuhi standar kualitas produk yang sudah ditetapkan.

Fluida dari sumur – sumur produksi dialirkan kedalam *gas boot* melalui *inlet header*. Pada sebagian sumur produksi, bahan kimia *demulsifier* dicampurkan dengan fluida produksi sebelum fluida memasuki *gas boot*. Pencampuran fluida produksi dengan bahan kimia dilakukan untuk mempermudah pemisahan minyak dengan air serta untuk mencegah terjadinya korosi dan *scaling*.

Minyak mentah yang masih bercampur dengan air dan gas kemudian dialirkan ke *gas boot*. Didalam *gas boot* dilakukan pemisahan antara gas dan cairan serta dilakukan penurunan tekanan cairan sebelum masuk kedalam *wash tank*. Fluida cair dialirkan ke *wash tank* sedangkan fluida gas dialirkan ke fasilitas pemrosesan gas.

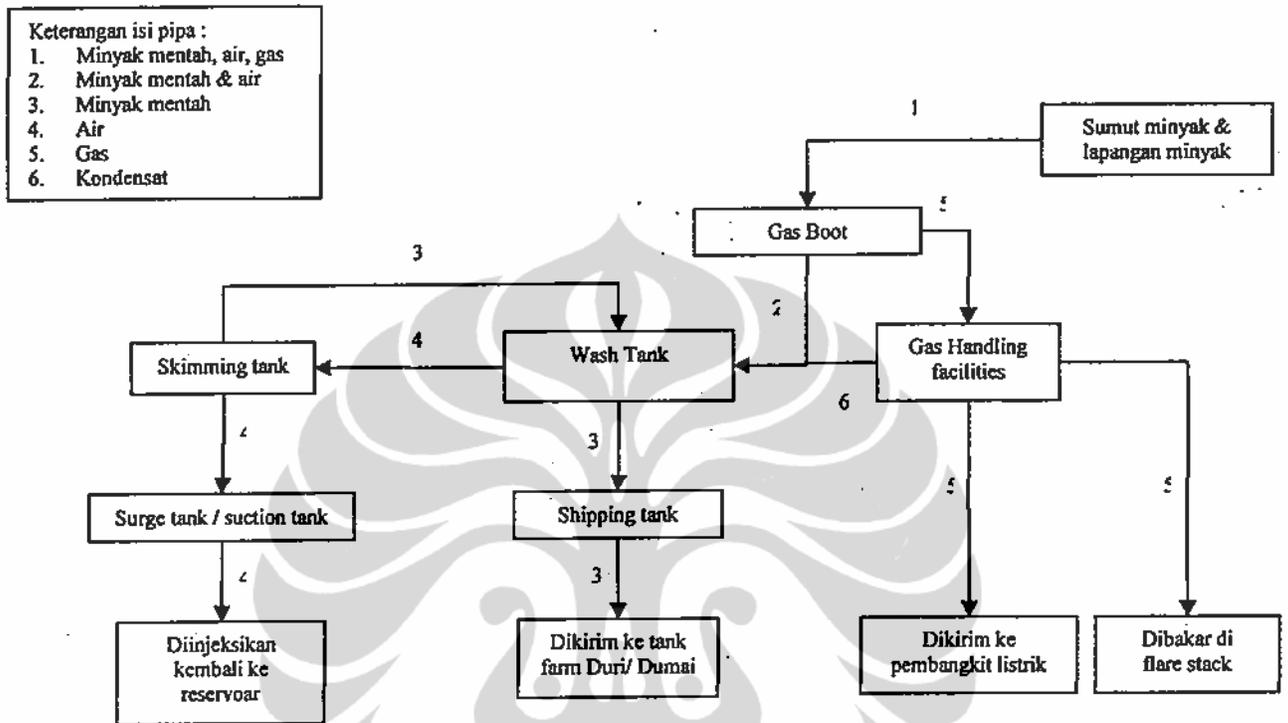
fluida cair dimasukkan ke *wash tank* untuk memisahkan air dan minyak dengan menggunakan proses gravitasi dan waktu pendiaman (*retention time*). Minyak mentah yang telah dipisahkan dari air dialirkan ke *shipping tank*. Minyak mentah kemudian dialirkan ke jaringan pipa utama menuju *tank farm Duri/ Dumai*.

Air terproduksi dari *wash tank* dialirkan ke *skimming tank* untuk memisahkan minyak mentah yang masih tersisa dari air terproduksi. Minyak mentah yang dihasilkan kemudian dialirkan ke *wash tank*. Air terproduksi yang ada di *skimming tank* dialirkan ke *surge tank* dan *suction tank*. Air terproduksi kemudian diinjeksikan kembali ke *reservoir*.

Gas yang keluar dari *gas boot* kemudian dialirkan ke *separator* dengan melewati *fin fan cooler*. Gas dilewatkan *separator* untuk memisahkan gas dari cairan yang masih tersisa. Gas yang dihasilkan dari *separator* kemudian dialirkan ke *gas compressor plant* atau ke *flare stack*. fluida gas yang telah diproses di *gas compressor plant*, dialirkan melalui pipa gas ke fasilitas pembangkit listrik. Fluida gas yang tidak dapat diproses dialirkan ke *flare stack* dan dibakar. Cairan yang dihasilkan *separator* dimasukkan ke

fasilitas *Condensate Oil & Gas (COG)* untuk dipompa kembali ke *wash tank*. Skema sistem kerja stasiun pengumpul Kotabatak ditampilkan pada gambar 5.3.

Gambar 5.3 Skema Proses Pengolahan Minyak Mentah di Stasiun Pengumpul Kotabatak



5.3.5 Hasil Produksi

Hasil produksi utama stasiun pengumpul Kotabatak adalah minyak bumi jenis *Sumatra light Crude (SLC)*. Hasil produksi sampingan adalah kondensat, gas, dan air terproduksi. Sifat fisik minyak mentah yang dihasilkan ditampilkan pada tabel 5.6. sedangkan sifat fisik gas terasosiasi (*Associate' gas*) ditampilkan pada tabel 5.7.

Tabel 5.6 Sifat Fisik Minyak Mentah Jenis SLC

Parameter	Nilai
<i>Flash point</i>	17 °C
<i>Pour point</i>	37 – 38 °C
Berat jenis	43.236 Lb/Ft ³
<i>Lower Heating Value</i>	19.227,692 BTU/lb

Tabel 5.7 Sifat Fisik Gas Terasosiasi (*Associated Gas*)

Parameter	Nilai
<i>Flash point</i>	< 0 °C
<i>Pour point</i>	-
Berat jenis	0,124 Lb/Ft ³
<i>Lower Heating Value</i>	11.030,265 BTU/lb

5.4 Peristiwa Kebakaran

Peristiwa-peristiwa kebakaran hidrokarbon yang terjadi di stasiun pengumpul minyak atau di sekitar stasiun pengumpul minyak di wilayah Sumatra Light South disajikan pada tabel 5.7. Peristiwa kebakaran hidrokarbon yang tidak terjadi di stasiun pengumpul minyak disajikan dalam tabel 5.8.

Tabel 5.7 Peristiwa Kebakaran Yang Pernah Terjadi Di Stasiun Pengumpul Atau Di Sekitar Stasiun Pengumpul

Tanggal / Tempat	Peristiwa
22 maret 1996 Stasiun pengumpul minyak Minas	Pada jam 23.45 WIB, operator stasiun pengumpul melihat kolam penampung minyak dan air sisa produksi terbakar. Kebakaran ini merupakan peristiwa kebakaran kolam (<i>pool fire</i>). Kemungkinan sumber penyalan api adalah sambaran petir. Kebakaran ini berhasil dikendalikan.
12 agustus 1996 Stasiun pengumpul minyak Minas	Percikan api pengelasan menyebabkan terbakarnya minyak yang ada di saluran pembuangan <i>clarifier tank</i> . Kebakaran ini merupakan peristiwa kebakaran <i>trench fire</i> yang memicu terjadinya kebakaran kolam (<i>pool fire</i>). Kebakaran berhasil dikendalikan sehingga api tidak menjalar ke <i>clarifier tank</i> melainkan ke kolam penampung. Peristiwa ini menyebabkan

	minyak mentah di kolam penampung terbakar. Kebakaran minyak mentah di kolam penampung berhasil dikendalikan.
27 agustus 2005 Di sekitar stasiun pengumpul minyak Minas	Terjadi kebakaran di saluran pembuang yang berada diluar stasiun pengumpul minyak Minas. Kebakaran ini merupakan peristiwa kebakaran <i>trench fire</i> . Kebakaran disebabkan karena hidrokarbon yang keluar dari COG mengalir sampai ke saluran buang diluar stasiun pengumpul minyak Minas. Sumber penyalaan adalah api rokok. Kebakaran berhasil dikendalikan namun menimbulkan cedera pada manusia yang berada di lokasi kebakaran.

Tabel 5.8 Peristiwa Kebakaran Hidrokarbon Yang Tidak Terjadi di Stasiun Pengumpul

Tanggal / Tempat	Peristiwa
15 mei 2004 Sumur produksi 7D-43	Pompa rotari bekerja dengan aliran fluida yang kurang. Hal ini menyebabkan meningkatnya suhu pada pompa dan terjadi penguapan fluida yang ada didalam saluran pompa. Setelah campuran ini mencapai titik nyala maka terjadi peristiwa kebakaran <i>Torch fire/ jet fire</i> . Peristiwa ini menyebabkan terbakarnya HPU <i>power pack fan</i> dan instalasi listrik didalamnya. Kebakaran berhasil dikendalikan.
13 september 2004 Sumur produksi 4B-43	Terjadi peristiwa kebakaran <i>torch fire/jet fire</i> pada <i>well pad</i> 4B-43. Peristiwa ini menyebabkan terbakarnya <i>outlet casing annulus gas</i> . Kebakaran berhasil dikendalikan.
14 oktober 2005 Sumur produksi	Asap muncul dari HPU <i>power pack</i> . Terjadi kebakaran di <i>circular pump</i> . Kebakaran berhasil dikendalikan.

8C-39	
<p data-bbox="386 296 548 331">7 april 2007</p> <p data-bbox="362 369 573 405">Sumur produksi</p> <p data-bbox="423 443 511 478">5B-87</p>	<p data-bbox="626 296 1446 331">Gas dari sumur produksi 5B-87 keluar dari celah <i>annulus line</i>.</p> <p data-bbox="626 369 1446 405">Hal ini menyebabkan kebakaran pada <i>gas annulus line</i>.</p> <p data-bbox="626 443 1446 478">Peristiwa ini merupakan kebakaran <i>Torch fire/ jet fire</i>.</p> <p data-bbox="626 516 1052 552">Kebakaran berhasil dikendalikan.</p>



BAB 6

ANALISIS DAMPAK KEBAKARAN

6.1 Identifikasi Bahaya Kebakaran

6.1.1 Bahan Bakar

Sumber bahan bakar peristiwa kebakaran hidrokarbon di stasiun pengumpul Kotabatak adalah minyak mentah yang merupakan produk utama dan gas terasosiasi (*Associated Gas*) yang merupakan produk sampingan stasiun pengumpul Kotabatak.

1. Minyak Mentah SLC

Minyak mentah yang dihasilkan stasiun pengumpul Kotabatak berjenis Sumatra Light Crude (SLC). Sumatra Light Crude memiliki titik nyala (*Flash point*) 17 ° Celcius. Berdasarkan klasifikasi NFPA, Sumatra Light Crude termasuk kedalam bahan bakar cair kategori *flammable* 1A. Minyak mentah terdapat di *gas boot*, *wash tank*, *shipping tank*, dan *skimming tank*. Tangki yang paling banyak menyimpan minyak mentah adalah *shipping tank*. Minyak mentah yang tersimpan di *gas boot*, *wash tank*, dan *skimming tank* merupakan campuran dengan air terproduksi. Data tangki yang menyimpan minyak mentah disajikan pada tabel 6.1.

Tabel 6.1 Tangki Yang Menyimpan Minyak Mentah Di Stasiun Pengumpul Kotabatak

Nomor / Nama	Ukuran	Fluida	Kapasitas
T - 4A/B <i>Skimming tank</i>	diameter 35 kaki tinggi 25 kaki	Minyak mentah & air	4.200 barrel
T - 4C <i>Surge Tank</i>	diameter 45 kaki tinggi 24 kaki	Minyak mentah & air	6.800 barrel
V -1 <i>Gas boot</i>	diameter 8 kaki 9 inci tinggi 65 kaki	Minyak mentah, air dan gas	695 barrel
V -2 <i>Gas boot</i>	diameter 11 kaki 6 inci tinggi 65 kaki	Minyak mentah, air dan gas	1.200 barrel
T - 6A <i>Skimming Recycle Tank</i>	diameter 12 kaki tinggi 12 kaki	Minyak mentah & air	240 barrel
T - 6B <i>Skimming Recycle Tank</i>	diameter 20 kaki tinggi 8 kaki	Minyak mentah & air	500 barrel
T -2A <i>Wash tank (Kotabatak liquid)</i>	Diameter 60 kaki Tinggi 40 kaki	Minyak mentah dan air	20.000 barrel
T - 3 <i>Wash tank (Petapahan Liquid)</i>	Diameter 60 kaki Tinggi 40 kaki	Minyak mentah dan air	20.000 barrel
T - 2B <i>Wash tank (Kotabatak liquid)</i>	Diameter 70 kaki Tinggi 40 kaki	Minyak mentah dan air	28.000 barrel
T - 7 <i>Shipping tank (Kotabatak)</i>	Diameter 40 kaki Tinggi 36 inci	Minyak mentah	8.000 barrel
T - 8 <i>Shipping tank (Petapahan)</i>	Diameter 35 kaki Tinggi 25 inci	Minyak mentah	4.200 barrel

2. Gas Terassosiasi

Gas terassosiasi (*Associated gas*) yang dihasilkan stasiun pengumpul Kotabatak berupa etana, propana, dan butana. Gas terassosiasi memiliki titik nyala yang lebih rendah dari 0 °C sehingga memiliki sifat mudah terbakar. Gas terassosiasi diproses di fasilitas pengolah gas (*gas handling facilities*) yang merupakan bagian dari stasiun pengumpul Kotabatak. Gas terassosiasi terdapat di bejana

KO Drum dan Separator. Bejana yang memiliki kapasitas penampung gas terasosiasi terbanyak adalah separator. Data bejana yang menyimpan gas terasosiasi disajikan pada tabel 6.2.

Tabel 6.2 Bejana Yang Menyimpan Gas Terasosiasi

Nomor / Nama	Ukuran	Isi	Kapasitas
V - 3 <i>Horizontal KO Drum</i>	Diameter : 24 inci Panjang : 4 kaki 6 inci	Gas terasosiasi	Tidak beroperasi
V - 4 <i>Vertical KO Drum</i>	Diameter : 36 inci Tinggi 100 inci	Gas terasosiasi	2,5840944 m ³
V - 5 <i>Vertical separator - 2 phase type</i>	Diameter : 60 inci Tinggi : 100 inci	Gas terasosiasi	9,1693489 m ³
V - 6 <i>Horizontal separator - 3 phase type</i>	Diameter : 1372 mm Tinggi : 3353 mm	Gas terasosiasi	4,9531547 m ³

6.1.2 Sumber Penyalaan

Berdasarkan data peristiwa kebakaran hidrokarbon yang pernah terjadi di PT CPI, maka sumber penyalaan api meliputi sambaran petir, percikan api pengelasan, rokok atau pemantik api, serta permukaan panas.

1. Sambaran Petir

Sambaran petir menyebabkan kebakaran kolam (*pool fire*) pada kolam penampungan minyak dan air sisa produksi di stasiun pengumpul minyak Minas.

2. Percikan Api Pengelasan

Percikan api pengelasan menyebabkan terbakarnya minyak yang ada di saluran pembuangan *clarifier tank* stasiun pengumpul minyak. Minas. Peristiwa kebakaran ini merupakan *trench fire*. Api berhasil dicegah agar tidak

menjalar ke *clarifier tank* tersebut. Namun api menjalar ke kolam penampung air sis terproduksi sehingga menyebabkan terbakarnya minyak yang ada di kolam penampung tersebut. Peristiwa ini merupakan kebakaran kolam.

3. Rokok Atau Pemantik Api

Rokok atau pemantik api diperkirakan menyebabkan terbakarnya hidrokarbon yang mengalir pada saluran pembuangan di luar stasiun pengumpul Minas. Sumber hidrokarbon adalah *COG Drum*. Peristiwa ini merupakan *trench fire*.

4. Permukaan Panas

Permukaan panas (*hot surface*) menyebabkan terjadinya beberapa kebakaran pada beberapa sumur produksi.

Berdasarkan penilaian terhadap proses yang berlangsung di stasiun pengumpul Kotabatak maka sumber penyalaan api di stasiun pengumpul Kotabatak adalah percikan api listrik, petir, panas akibat gesekan, api terbuka, penyalaan spontan, serta pemotongan dan pengelasan.

1. Percikan Api Listrik

Listrik dengan kekuatan arus 12 miliampere digunakan untuk keperluan instrumentasi fasilitas pengolahan minyak mentah dan fasilitas pengolah gas.

2. Petir

Berdasarkan data meteorologi yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika, kemungkinan terjadinya petir didaerah stasiun pengumpul Kotabatak adalah rendah sampai dengan tinggi.

3. Permukaan Panas

Panas berlebih akibat gesekan dapat menyebabkan terjadinya permukaan panas (*hot surface*). Panas berlebih akibat gesekan dapat terjadi pada pompa-pompa yang mengalirkan fluida. Fluida yang masuk kedalam pompa juga

berfungsi sebagai pendingin pompa. Berkurangnya aliran fluida ke dalam pompa akan meningkatkan suhu didalam pompa sehingga dapat menyebabkan terjadinya api.

4. Api Terbuka

Pembakaran terbuka gas terasosiasi dilakukan di *flare stack*. Pembakaran gas dilakukan agar gas tidak terdispersi ke udara. Terdispersinya gas terasosiasi ke udara dapat menyebabkan terjadinya kebakaran. *Flare stack* ditempatkan jauh dari ruang kendali, fasilitas pengolah gas dan fasilitas pengolah minyak mentah.

5. Penyalaan Spontan

Suhu permukaan tangki dan pipa di stasiun pengumpul Kotabatak adalah antara 160 °F sampai dengan 200 °F. Suhu permukaan ini diperlukan agar proses pemisahan minyak mentah dari air dan gas dapat berlangsung secara optimal. Suhu operasional stasiun pengumpul ini lebih tinggi dari daripada suhu titik nyala minyak mentah sehingga dapat menyebabkan terjadinya api.

6. Pemotongan dan Pengelasan

Pekerjaan pemotongan dan pengelasan dilakukan selama 4 minggu dalam satu tahun. Pekerjaan pemotongan dan pengelasan logam menghasilkan percikan api dan panas sehingga dapat menyebabkan terjadinya kebakaran.

6.1.3 Penetapan Objek

Penetapan objek dilakukan untuk menentukan tangki dan separator yang akan dianalisis dampak kebakarannya. Penetapan objek dilakukan dengan menggunakan *Dow Fire & Explosion Index* dan data Kapasitas penyimpanan bahan yang dapat terbakar dan jenis bahan yang dapat terbakar. Data nilai *Dow Fire & Explosion Index*

disajikan pada tabel 6.3. Data kapasitas penyimpanan bahan dan jenis bahan yang tersimpan disajikan pada tabel 6.4.

Tabel 6.3 Kertas Kerja *Dow Fire & Explosion Index*

Tank (T) / Separator (V)	T2A	T2B	T3	T7	T8	V5	V6
Material in Process							
Basic material	Minyak Mentah (Crude Oil)					Gas Terasosiasi	
Material factor	16	16	16	16	16	16	16
General Process Hazard							
Base factor	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Exoterm factor	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Endoterm factor	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Material handling & transfer	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Enclosed/indoor	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Access	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Drainage & spill	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
TOTAL	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95
Special Process Hazard							
Base factor	1	1	1	1	1	1	1
Toxic material	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Sub atmospheric pressure	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Operation flammable range	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Dust explosion	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Pressure	0	0	0	0	0	0	0
Low temperature	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Quantity	0,032	0,0785	0,032	0,026	0,025	0,00979	0,0081
Corrosion & erosion	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Leakage	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Fired equipment	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Heat exchanger	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Rotating equipment	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
TOTAL	2,63	2,68	2,63	2,63	2,63	2,61	2,61
Hazard Index	5,1324	5,223075	5,1324	5,1207	5,11875	5,089091	5,085795
F&E Index	82,1184	83,5692	82,1184	81,9312	81,9	81,42545	81,37272
Category	moderate	moderate	moderate	moderate	moderate	moderate	moderate

Berdasarkan kertas kerja *Dow Fire & Explosion Index* dapat diketahui bahwa bahaya kebakaran bahan cair tertinggi ada pada *wash tank* T-2B dan bahaya kebakaran bahan gas tertinggi ada pada separator V-5.

Tabel 6.4 Data Kapasitas Penyimpanan Bahan dan Jenis Bahan Yang Tersimpan

Objek	Kapasitas	Bahan bakar
<i>Shipping tank T-7</i>	8000 barrel	Minyak mentah
<i>Shipping tank T-8</i>	4200 barrel	Minyak mentah
<i>Separator V-5</i>	9,1693489 m ³	Gas terasosiasi
<i>Separator V-6</i>	4,9531547 m ³	Gas terasosiasi
<i>Wash Tank T-2A</i>	20.000 barrel	Minyak mentah
<i>Wash Tank T-3</i>	20.000 barrel	Minyak mentah
<i>Wash Tank T-2B</i>	28.000 barrel	Minyak mentah

Berdasarkan data kapasitas penyimpanan bahan yang dapat terbakar dan jenis bahan yang dapat terbakar dapat diketahui bahwa bejana yang memiliki kapasitas penyimpanan terbesar adalah *wash tank T-2B* untuk bahan cair dan *separator V-5* untuk bahan gas.

Berdasarkan data *Dow Fire & Explosion Index* dan kapasitas penyimpanan bahan yang dapat terbakar dan jenis bahan yang dapat terbakar, maka objek yang akan dianalisis dampak kebakarannya adalah

1. Tangki *wash tank T-2B* yang berisi minyak mentah dengan kapasitas 28.000 barrel
2. Separator V-5 yang berisi gas terasosiasi dan kondensat dengan kapasitas 9,1693489 m³

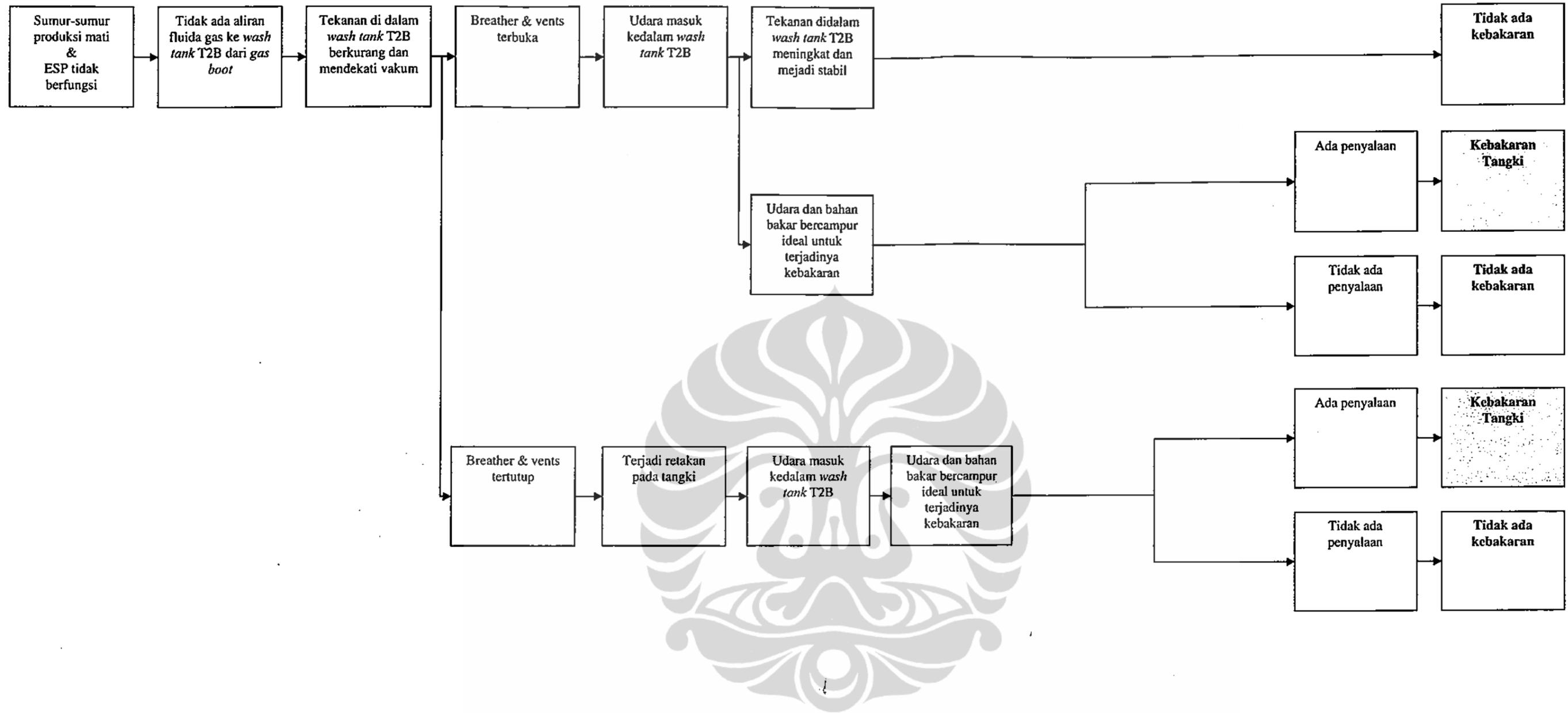
6.2 Identifikasi Peristiwa Kebakaran

Identifikasi peristiwa kebakaran yang dapat terjadi dibuat berdasarkan data peristiwa kebakaran hidrokarbon yang pernah terjadi wilayah Sumatra Light South PT CPI pada tahun 1996 dan tahun 2002 sampai tahun 2008, *Hazard Operability Study*

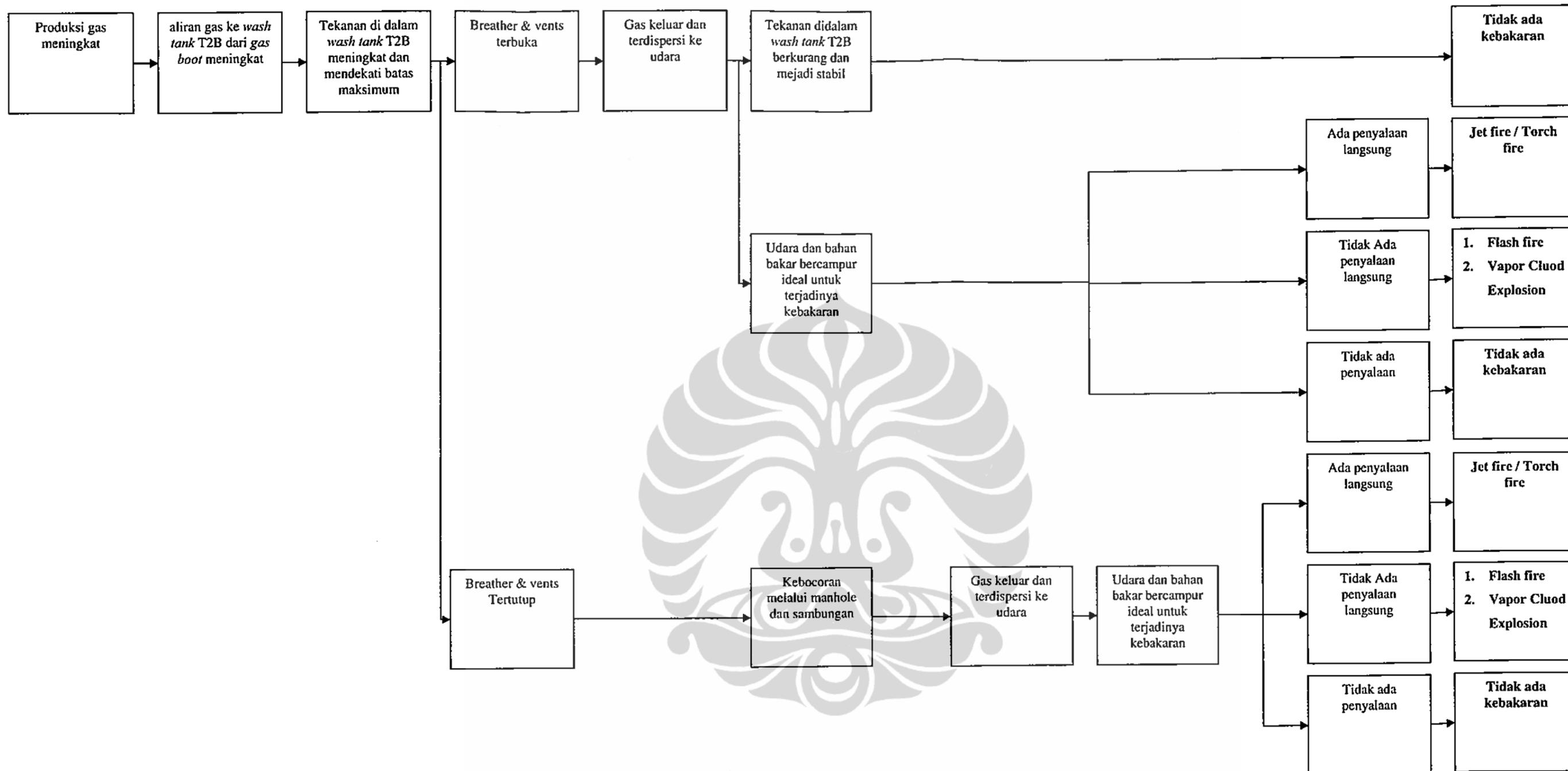
(HAZOPS), diagram alir proses (*Process Flow Diagram*) stasiun pengumpul Kotabatak, diagram perpipaan dan instrumen (*Piping & Instrument Diagram*) tangki *wash tank* T-2B, dan diagram perpipaan dan instrumen separator V-5 yang dimiliki oleh PT CPI. Data-data tersebut digunakan untuk membuat *event tree* peristiwa kebakaran yang dapat terjadi. Identifikasi peristiwa kebakaran dilakukan pada *wash tank* T-2B dan separator V-5. *Event tree* peristiwa kebakaran pada *wash tank* T-2B disajikan pada gambar 6.1 sampai gambar 6.6. *Event tree* peristiwa kebakaran pada Separator V-5 disajikan pada gambar 6.7 sampai gambar 6.13.



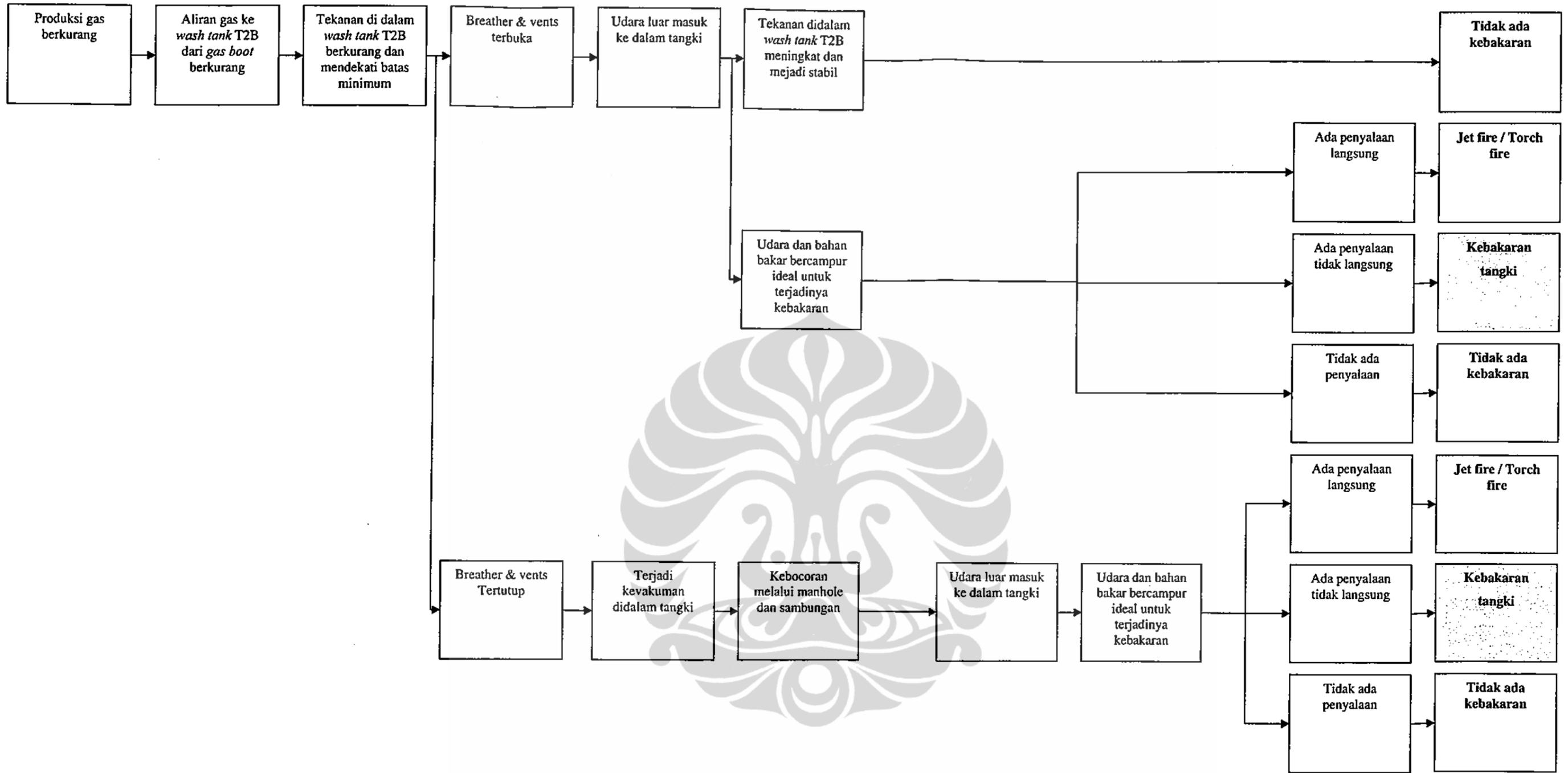
Gambar 6.1 Event Tree 1 - Skenario Kebakaran Pada Wash Tank T2B



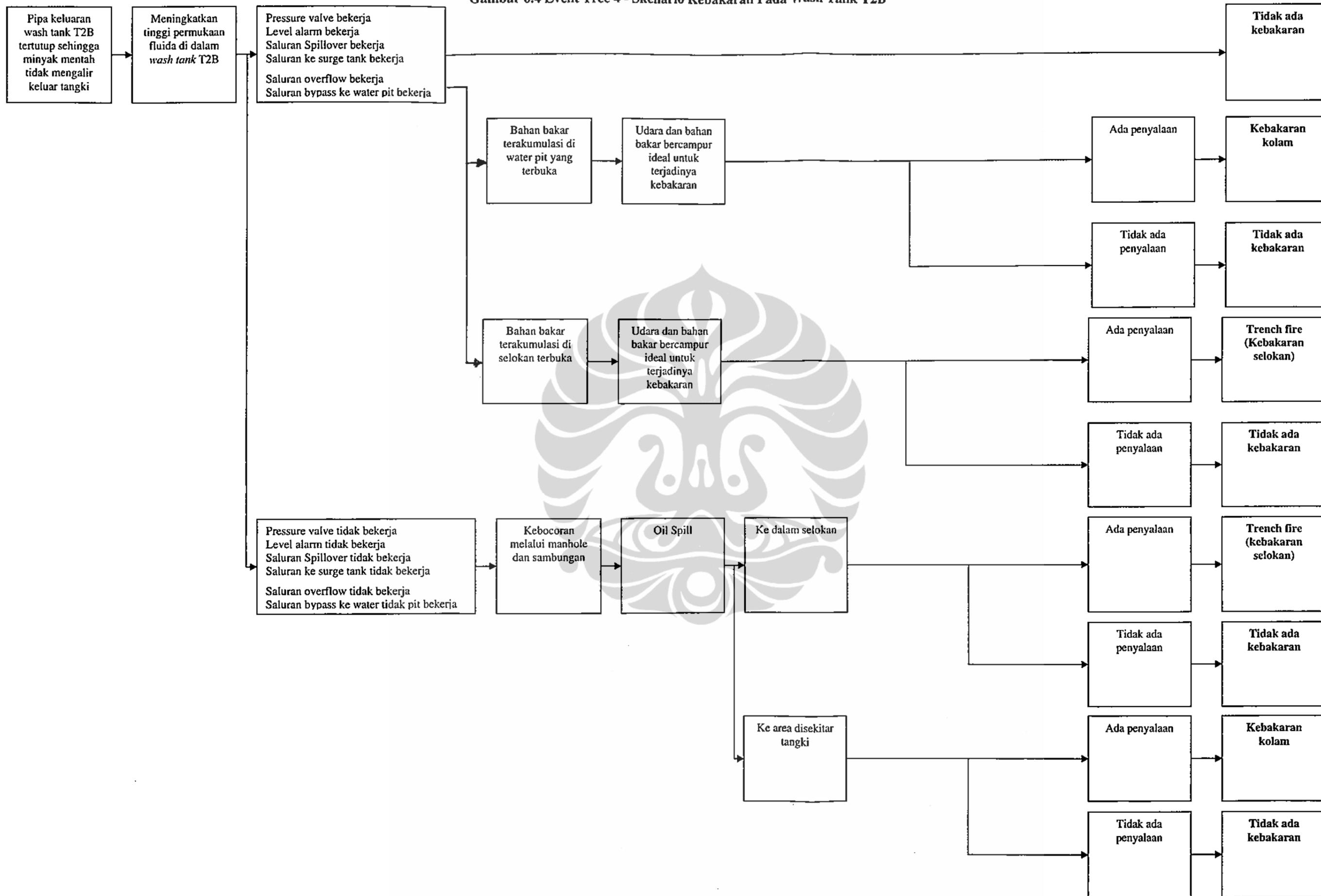
Gambar 6.2 Event Tree 2 - Skenario Kebakaran Pada Wash Tank T2B



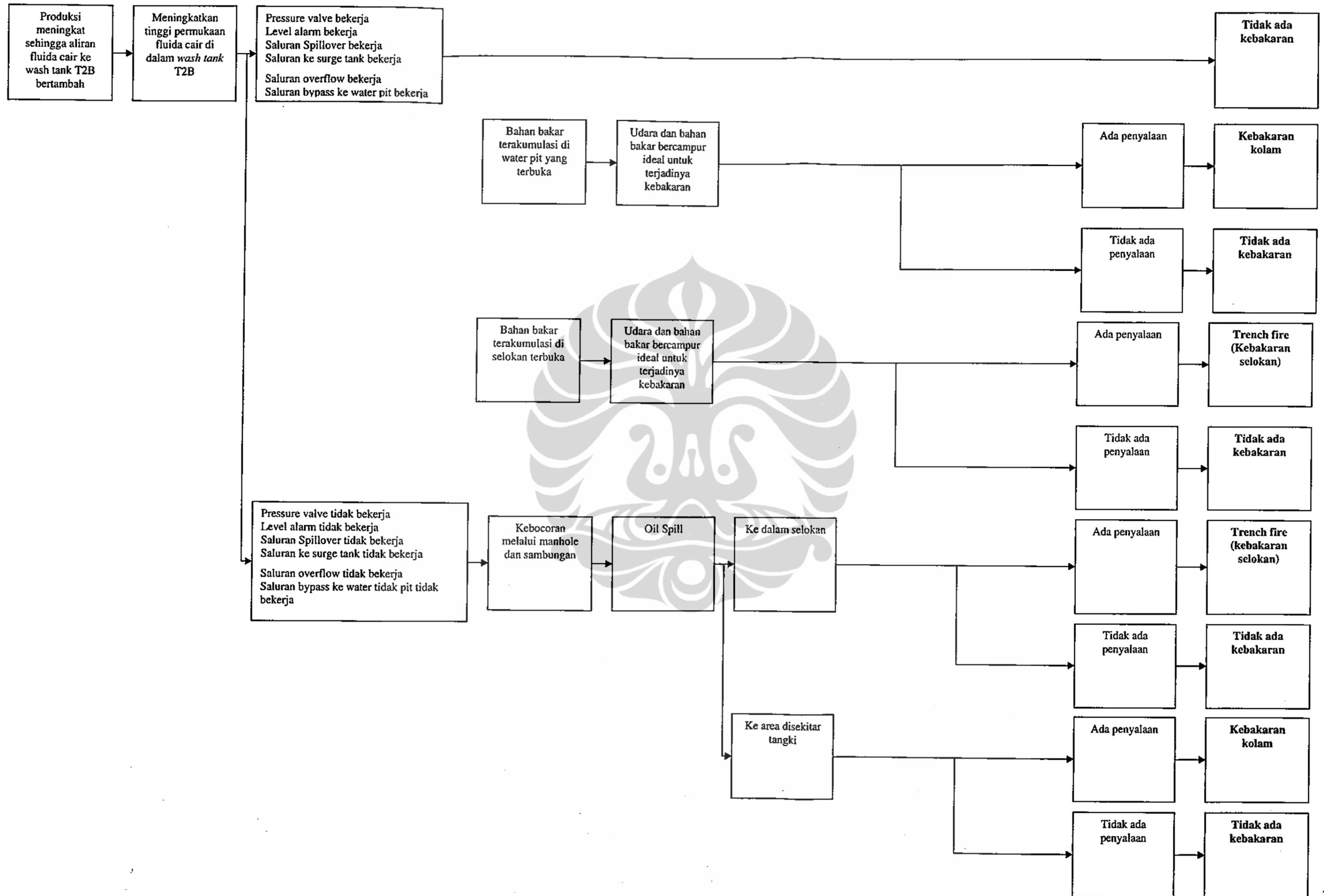
Gambar 6.3 Event Tree 3 - Skenario Kebakaran Pada Wash Tank T2B



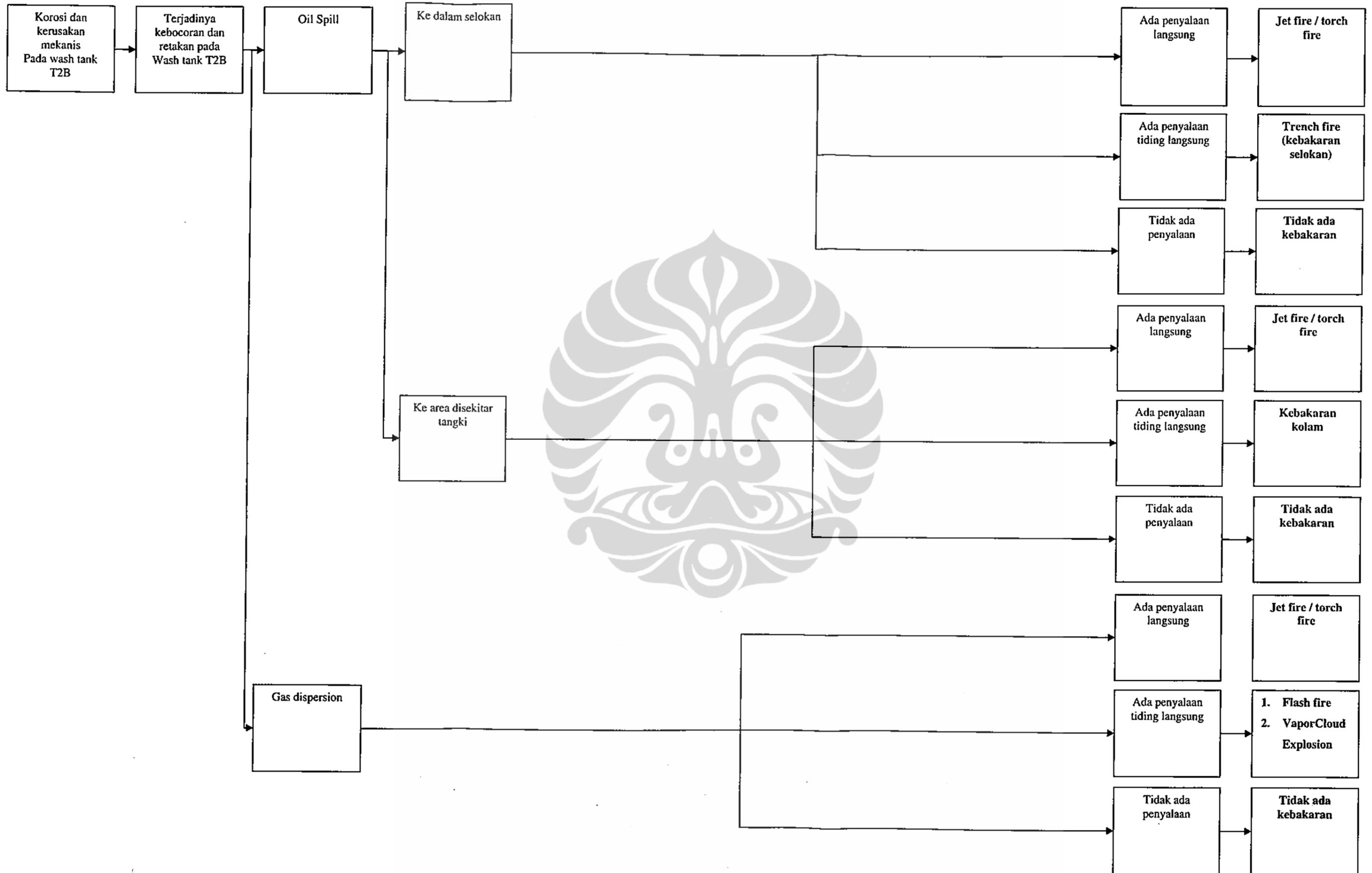
Gambar 6.4 Event Tree 4 - Skenario Kebakaran Pada Wash Tank T2B



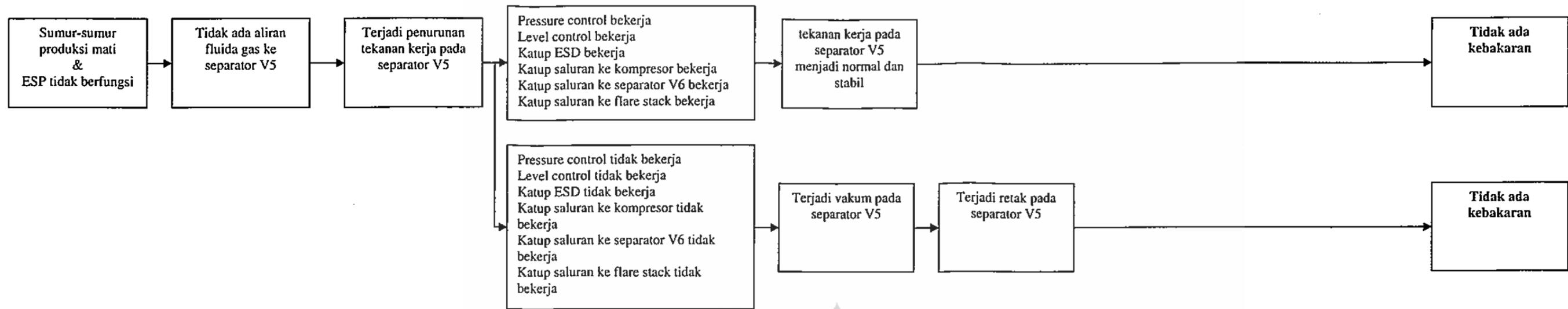
Gambar 6.5 Event Tree 5 - Skenario Kebakaran Pada Wash Tank T2B



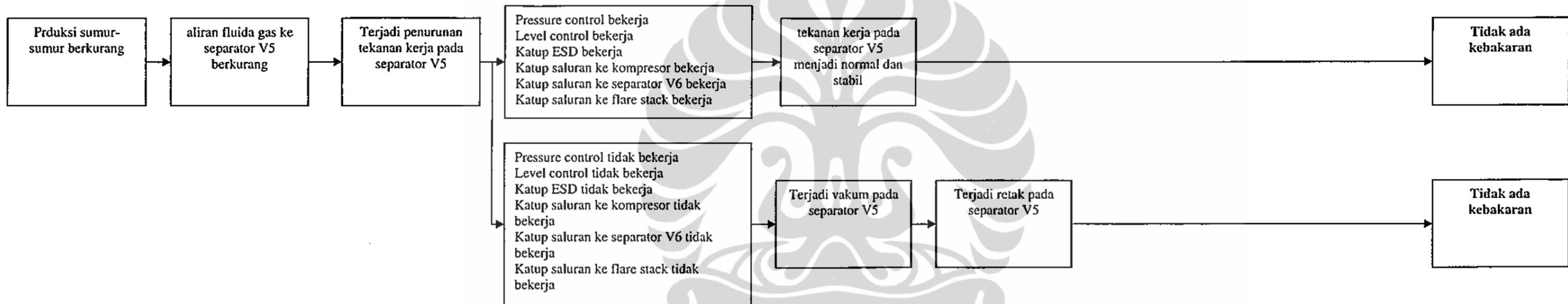
Gambar 6.6 Event Tree 6 - Skenario Kebakaran Pada Wash Tank T2B



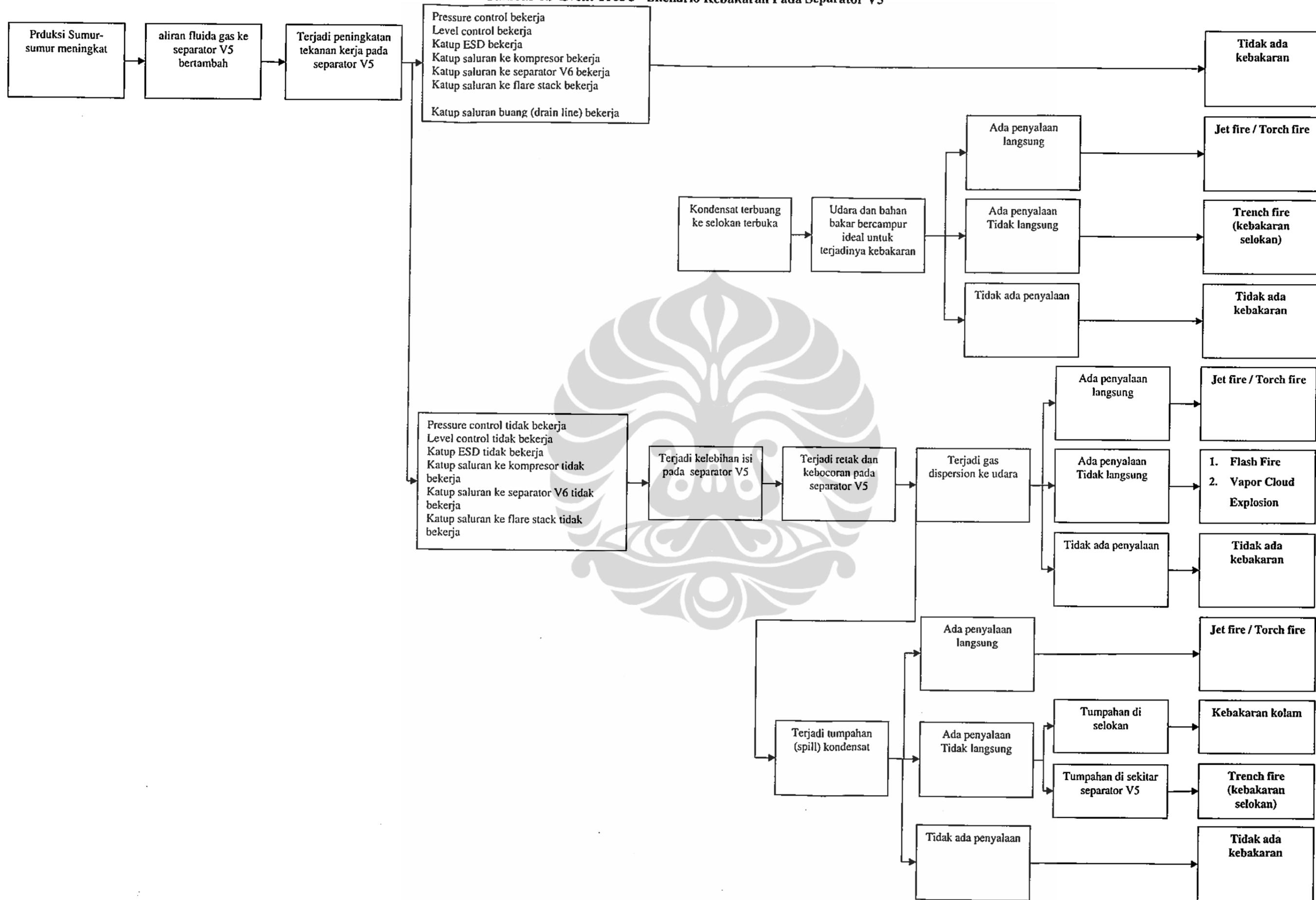
Gambar 6.7 Event Tree 1 - Skenario Kebakaran Pada Separator V5



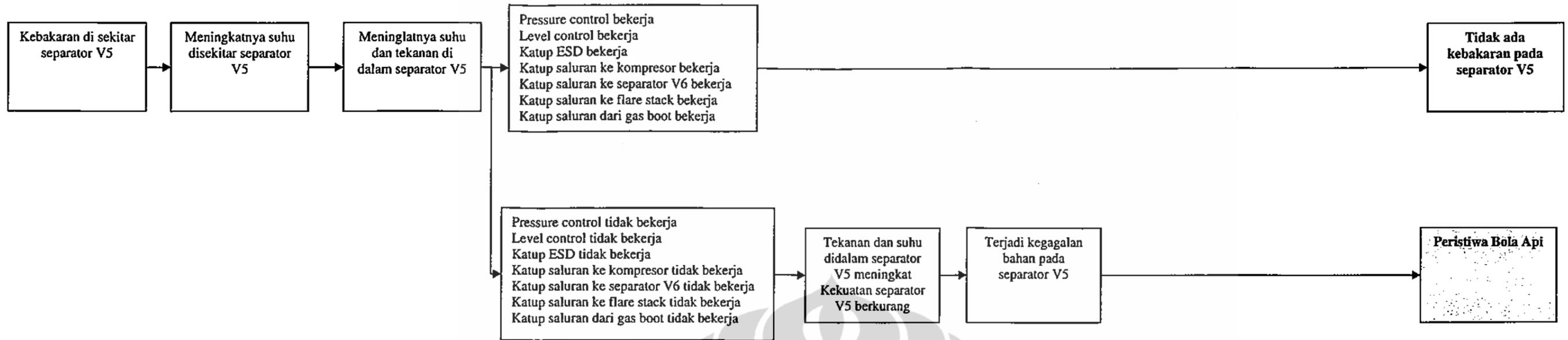
Gambar 6.8 Event Tree 2 - Skenario Kebakaran Pada Separator V5



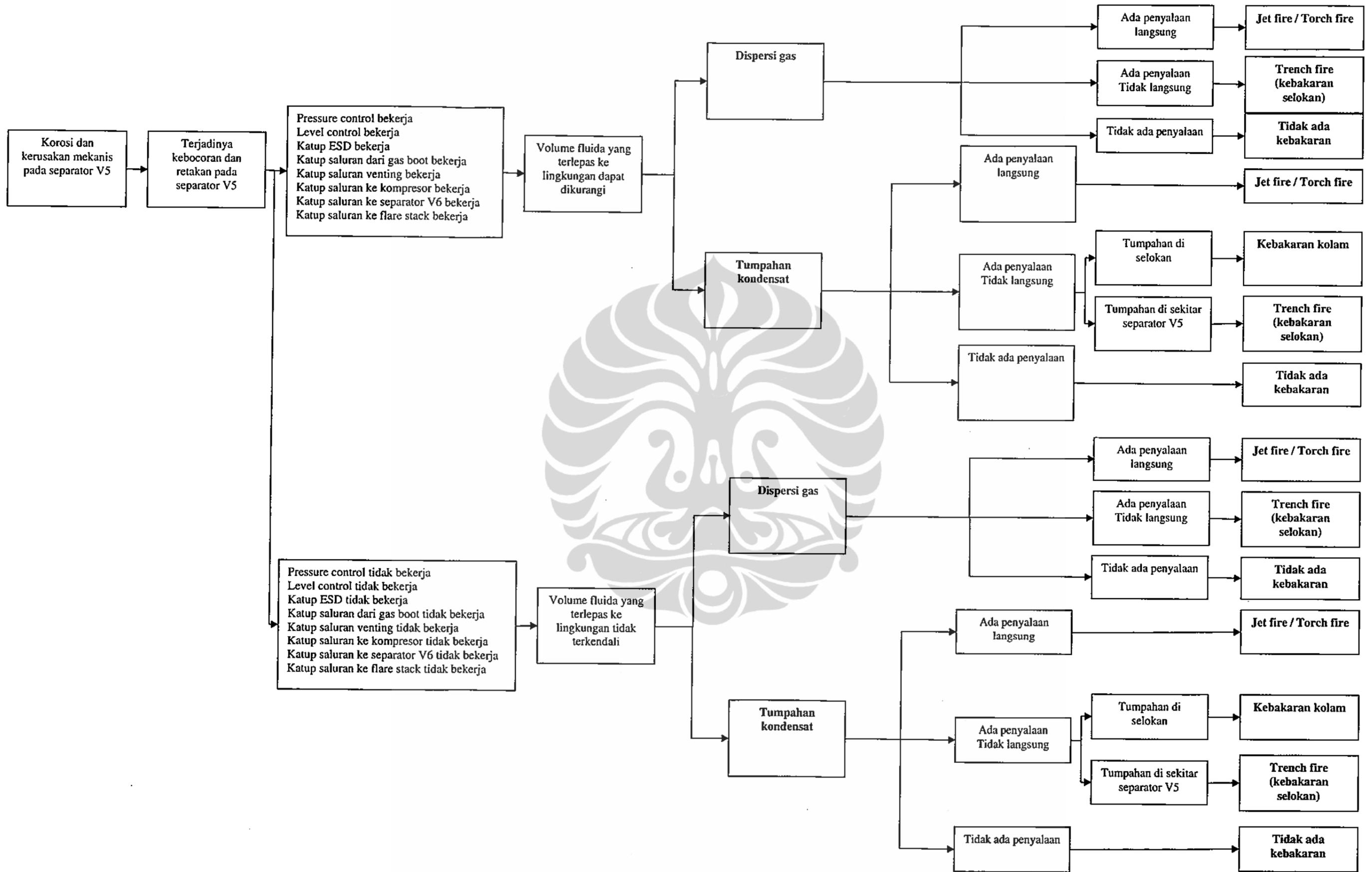
Gambar 6.9 Event Tree 3 - Skenario Kebakaran Pada Separator V5



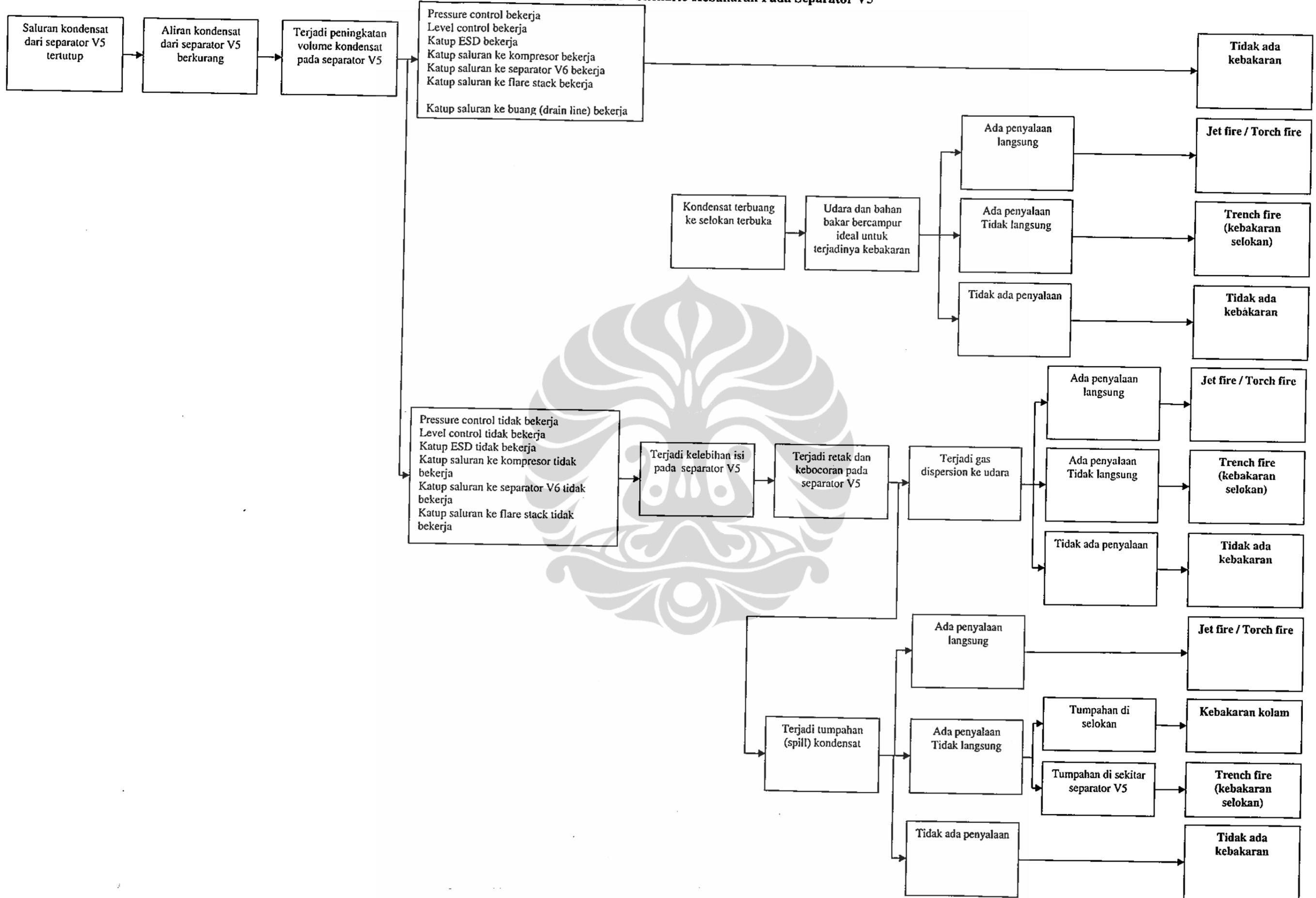
Gambar 6.10 Event Tree 4 - Skenario Kebakaran Pada Separator V5



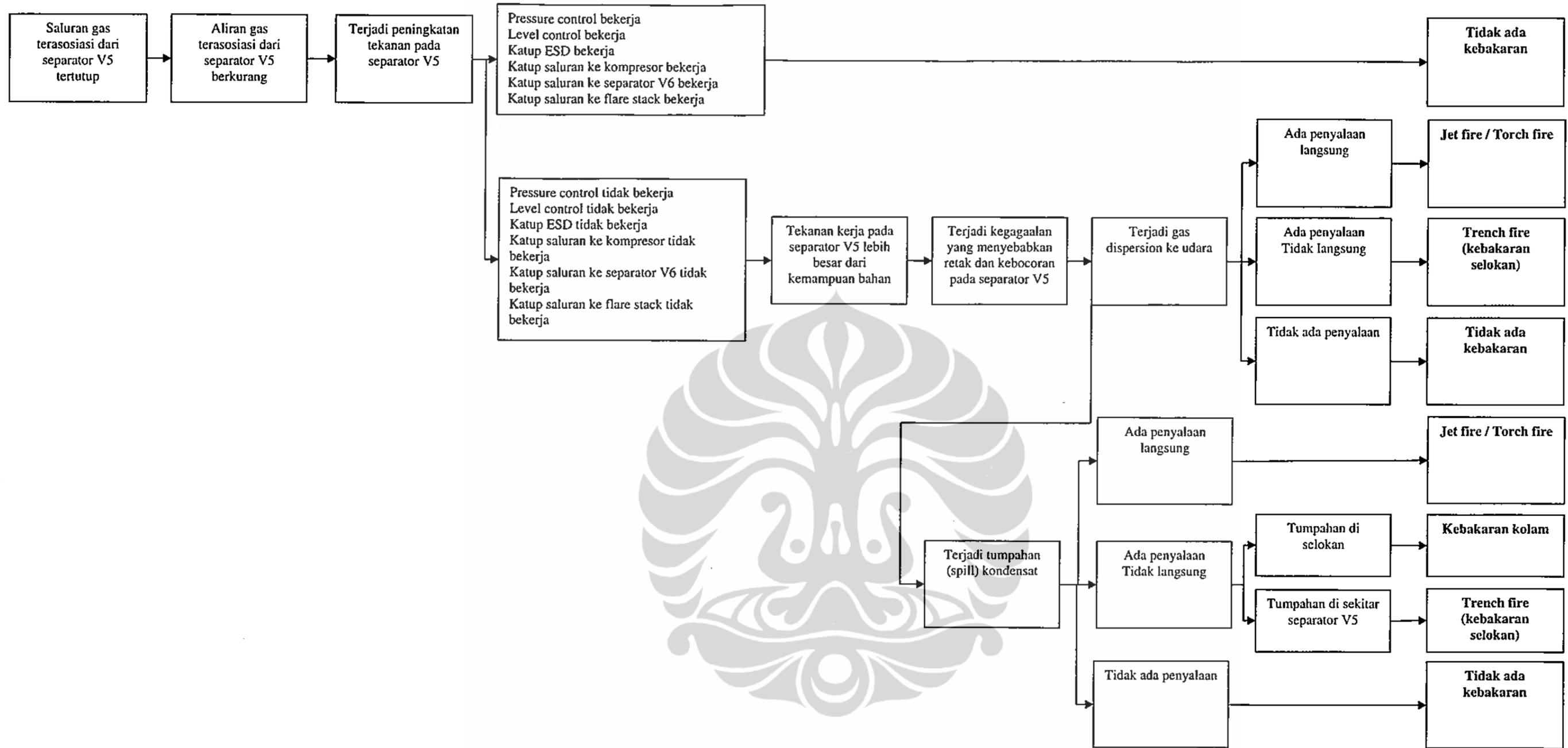
Gambar 6.11 Event Tree 5 - Skenario Kebakaran Pada Separator V5



Gambar 6.12 Event Tree 6 - Skenario Kebakaran Pada Separator V5



Gambar 6.13 Event Tree 7 - Skenario Kebakaran Pada Separator V5



6.3 Pengembangan Skenario Kebakaran hidrokarbon

Skenario kebakaran hidrokarbon dikembangkan berdasarkan hasil identifikasi peristiwa kebakaran yang dapat terjadi pada *wash tank* T-2B dan *separator* V-5. Peristiwa kebakaran tangki (*tank fire*) merupakan peristiwa kebakaran hidrokarbon yang dapat terjadi pada suatu fasilitas pengumpul hidrokarbon cair. Peristiwa kebakaran tangki yang tidak terkendali pada *wash tank* T-2B akan menyebabkan fluida didalam *wash tank* T-2B meluap dan dapat menyebabkan terjadinya *boil over fire* di sekitar *wash tank* T-2B. Peristiwa kebakaran *boil over fire* merupakan peristiwa kebakaran hidrokarbon terburuk yang dapat terjadi pada suatu fasilitas pengumpul minyak mentah. Peristiwa bola api (*fireball*) merupakan peristiwa kebakaran hidrokarbon yang dapat terjadi pada suatu fasilitas pengumpul hidrokarbon gas atau hidrokarbon campuran cair dan gas yang memiliki tekanan tertentu.

Peristiwa kebakaran yang akan dilakukan analisis dampak kebakaran adalah

1. Kebakaran tangki pada *wash tank* T-2B yang berisi minyak mentah dengan kapasitas 28.000 barrel.
2. Peristiwa bola api pada *separator* V-5 yang berisi gas terasosiasi dan kondensat dengan kapasitas 9,1693489 m³.

Peristiwa kebakaran tangki pada *wash tank* T-2B yang berisi minyak mentah dengan kapasitas 28.000 barrel dapat terjadi dengan skenario kebakaran sebagai berikut

1. Peristiwa kebakaran tangki terjadi akibat penyalaan udara dan bahan bakar didalam tangki. Udara masuk kedalam tangki karena *breather & vents* terbuka. *Breather & vents* terbuka untuk meningkatkan tekanan didalam tangki agar tangki tidak mengalami kerusakan akibat penurunan tekanan yang berlebihan. Penurunan tekanan terjadi karena tidak adanya suplai gas terasosiasi dari gas

boot, sementara kompresor gas terus bekerja. Suplai gas terasosiasi dari *gas boot* terhenti karena sumur-sumur produksi mati dan ESP tidak berfungsi.

2. Peristiwa kebakaran tangki terjadi akibat penyalaan udara dan bahan bakar didalam tangki. Udara masuk kedalam tangki karena adanya retakan pada dinding atau atap tangki. Retakan terjadi karena *breather & vents* tertutup sehingga kondisi vakum didalam tangki tidak bisa diatasi. Kondisi vakum terjadi karena tidak adanya suplai gas terasosiasi dari *gas boot*, sementara kompresor gas terus bekerja. Suplai gas terasosiasi dari *gas boot* terhenti karena sumur-sumur produksi mati dan ESP tidak berfungsi.
3. Peristiwa kebakaran tangki terjadi akibat penyalaan tidak langsung udara dan bahan bakar didalam tangki. Udara masuk kedalam tangki karena *breather & vents* terbuka. *Breather & vents* terbuka untuk meningkatkan tekanan didalam tangki agar tangki tidak mengalami kerusakan akibat penurunan tekanan yang berlebihan. Penurunan tekanan terjadi karena tidak adanya suplai gas terasosiasi dari *gas boot* berkurang, sementara kompresor gas terus bekerja. Suplai gas terasosiasi dari *gas boot* berkurang karena produksi gas dari sumur-sumur produksi berkurang.
4. Peristiwa kebakaran tangki terjadi akibat penyalaan tidak langsung udara dan bahan bakar didalam tangki. Udara masuk kedalam tangki karena adanya retakan pada *manhole* dan sambungan pada tangki.. kebocoran terjadi karena *breather & vents* tertutup sehingga kondisi vakum didalam tangki tidak bisa diatasi. Kondisi vakum terjadi karena berkurangnya suplai gas terasosiasi dari *gas boot*, sementara kompresor gas terus bekerja. Suplai gas terasosiasi dari *gas boot* berkurang karena produksi gas dari sumur-sumur produksi berkurang.

Peristiwa bola api pada separator V-5 yang berisi gas terasosiasi dan kondensat dengan kapasitas 9,1693489 m³ dapat terjadi dengan skenario kebakaran sebagai berikut

1. Peristiwa bola api terjadi akibat terjadi kegagalan bahan pada separator V-5. Kegagalan bahan terjadi karena tekanan dan suhu didalam separator V-5 meningkat serta adanya perbedaan suhu antara bagian separator yang berisi fluida cair dengan bagian separator yang berisi fluida gas. peristiwa ini menyebabkan kekuatan bahan separator V-5 berkurang sehingga menyebabkan kegagalan bahan. Tekanan dan suhu didalam separator V-5 meningkat karena sistem pengaman separator dan sensor pada separator V-5 tidak berfungsi. Suhu didalam separator V-5 meningkat karena suhu lingkungan sekitar separator V-5 meningkat. suhu lingkungan sekitar separator V-5 meningkat karena adanya kebakaran disekitar separator V-5.

6.4 Kebakaran Tangki Pada *Wash Tank T-2B*

6.4.1 Dimensi Kebakaran Tangki Pada *Wash Tank T-2B*

Dengan menggunakan data-data

- a. Diameter tangki = 21,336 meter
- b. Tinggi tangki = 12,192 meter
- c. Batas isi tangki = 11,41095 meter
- d. Luas permukaan minyak = 357,35154336 m²
- e. Tebal lapisan minyak = 1,524 meter
- f. Massa jenis minyak mentah SLC = 692,57413656 kg/m³
- g. *Heat of combustion* SLC = 44723,611592 kJ/kg
- h. *Heat of vaporization* SLC = 1539,3724 kJ/kg
- i. Efisiensi transmisi radiasi panas = 0,3
- j. Tinggi pengamat dari permukaan = 1 meter
- k. Kepadatan udara = 1,2 kg/m³
- l. Volume bahan bakar didalam tangki = 544,603752080640 m³
- m. Massa bahan bakar didalam tangki = 377.178,473364586 kg
- n. Laju massa terbakar = 0,14184995232 kg/m².det

Didapatkan paramater dimensi kebakaran yang dapat terjadi, yaitu

- a. Tinggi api dari permukaan minyak = 22,287032136395 meter
- b. Tinggi api dari dasar tangki = 33,697982136395 meter
- c. Tinggi titik tengah api dari dasar tangki= 22,554466068198 meter
- d. Diameter api = 21,336 meter
- e. Panas yang dihasilkan = 2.267.052,348892 kJ

6.4.2 Radiasi Panas Yang Diterima Pengamat Akibat Kebakaran Tangki Di *Wash Tank T-2B*

Perhitungan radiasi panas yang dihasilkan dari kebakaran tangki pada *wash tank T-2B* dilakukan pada jarak 11 meter sampai dengan 280 meter dari titik tengah tangki dengan selisih 2 meter. Tinggi pengamat diasumsikan 1 meter dari permukaan. Tinggi permukaan pengamat sama dengan tinggi permukaan tangki. Hasil perhitungan radiasi panas yang diterima pengamat disajikan pada tabel 6.5.

Data yang terdapat didalam tabel 6.5 kemudian dimasukkan kedalam grafik untuk menggambarkan hubungan antara jarak pengamat dari titik tengah tangki dengan waktu yang dibutuhkan sampai pengamat merasakan dampak radiasi panas. Hubungan antara jarak pengamat dari titik tengah tangki dengan waktu yang dibutuhkan sampai pengamat merasakan dampak radiasi panas digambarkan pada gambar 6.14.

Tabel 6.5 Nilai Radiasi Panas Yang Diterima Oleh Pengamat Akibat Peristiwa Kebakaran Tangki Pada *Wash Tank T-2B*

11	12	14	16	18	20	22	24	26
42,0329	43,2795	44,6497	44,7895	44,0134	42,5995	40,7751	38,7152	36,5485
28	30	32	34	36	38	40	42	44
34,3652	32,2262	30,1702	28,2202	26,3880	24,6778	23,0888	21,6170	20,2566
46	48	50	52	54	56	58	60	62
19,0008	17,8421	16,7732	15,7869	14,8764	14,0352	13,2575	12,5377	11,8708
64	66	68	70	72	74	76	78	80
11,2523	10,6779	10,1439	9,6469	9,1836	8,7514	8,3477	7,9701	7,6166
82	84	86	88	90	92	94	96	98
7,2852	6,9742	6,6820	6,4073	6,1486	5,9048	5,6749	5,4577	5,2525
100	102	104	106	108	110	112	114	116
5,0584	4,8745	4,7003	4,5351	4,3783	4,2292	4,0876	3,9528	3,8244
118	120	122	124	126	128	130	132	134
3,7021	3,5855	3,4742	3,3679	3,2663	3,1693	3,0764	2,9875	2,9023
136	138	140	142	144	146	148	150	152

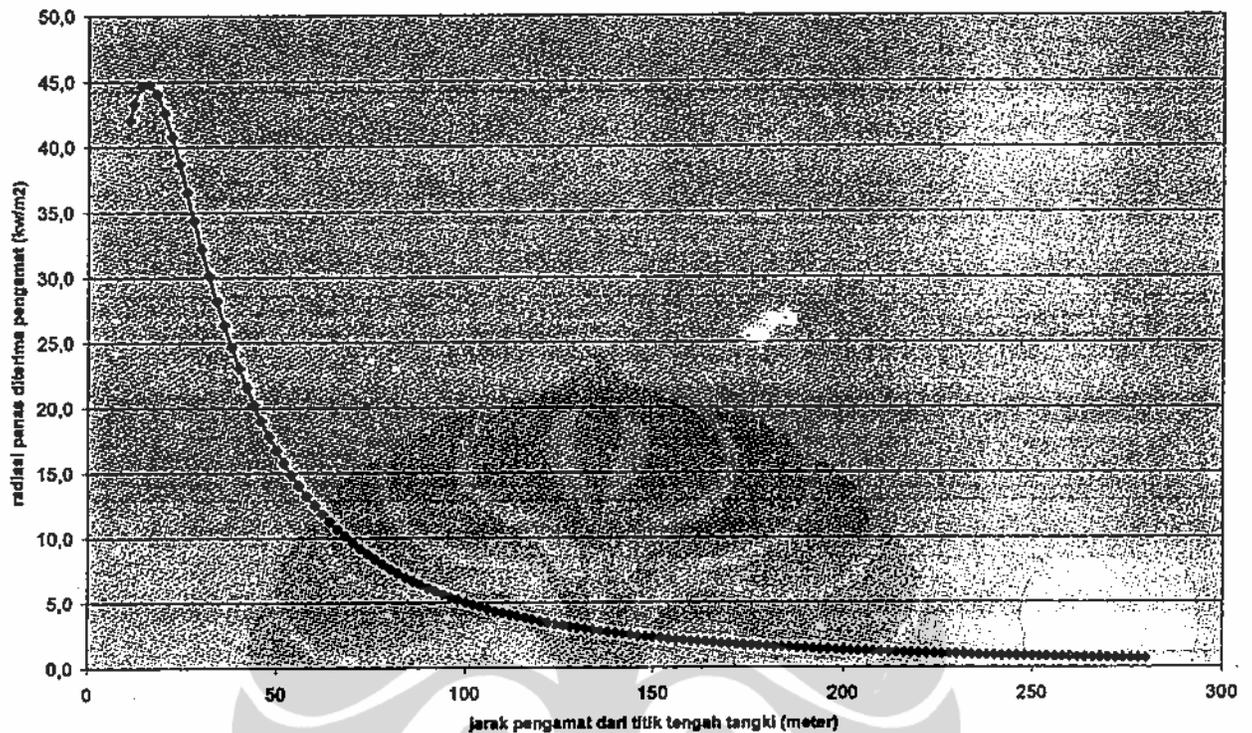
2,8207	2,7424	2,6673	2,5952	2,5260	2,4595	2,3955	2,3340	2,2748
154	156	158	160	162	164	166	168	170
2,2178	2,1628	2,1099	2,0589	2,0097	1,9622	1,9164	1,8721	1,8294
172	174	176	178	180	182	184	186	188
1,7881	1,7481	1,7095	1,6721	1,6360	1,6009	1,5670	1,5342	1,5023
190	192	194	196	198	200	202	204	206
1,4715	1,4416	1,4125	1,3844	1,3570	1,3305	1,3047	1,2797	1,2554
208	210	212	214	216	218	220	222	224
1,2317	1,2087	1,1864	1,1646	1,1435	1,1229	1,1029	1,0834	1,0644
226	228	230	232	234	236	238	240	242
1,0459	1,0278	1,0103	0,9932	0,9765	0,9602	0,9443	0,9288	0,9137
244	246	248	250	252	254	256	258	260
0,8990	0,8846	0,8705	0,8568	0,8434	0,8303	0,8175	0,8050	0,7928
262	264	266	268	270	272	274	276	278
0,7809	0,7692	0,7578	0,7467	0,7357	0,7251	0,7146	0,7044	0,6944
280								
0,6846								

Keterangan :

Jarak mendatar pengamat dari titik tengah tangki (m)

Radiasi panas di titik (kw/m²)

Gambar 6.14 Grafik Hubungan Jarak Pengamat Dari Titik Tengah Tangki Dengan Radiasi Panas Yang Diterima Oleh Pengamat Akibat Peristiwa Kebakaran Tangki Pada *Wash Tank T-2B*



Titik perhitungan terdekat yang ditetapkan adalah 11 meter dari titik tengah tangki. Grafik hubungan jarak pengamat dari titik tengah tangki *wash tank T-2B* dengan radiasi panas yang diterima oleh pengamat dengan tinggi 1 meter menunjukkan bahwa radiasi panas yang diterima oleh pengamat akan meningkat seiring dengan bertambahnya jarak pengamat dari titik tengah tangki. hal ini akan berlaku sampai titik tertentu. setelah melewati titik ini, maka radiasi panas yang diterima oleh pengamat akan menurun seiring dengan meningkatnya jarak pengamat dari titik tengah tangki. Nilai radiasi panas pada jarak 11 meter dari titik tengah tangki adalah 42,0329 kw/m². Nilai radiasi panas kemudian akan terus meningkat sehingga nilai radiasi panas tertinggi yang diterima pengamat adalah 44,7895 kw/m² pada jarak 16 meter dari titik tengah tangki. Setelah itu radiasi panas yang diterima pengamat akan terus menurun sehingga menjadi 0,6846 kw/m² pada jarak 280 meter dari titik tengah tangki.

6.4.3 Dampak Radiasi Panas Terhadap Manusia Pada Peristiwa Kebakaran Tangki Di *Wash Tank T-2B*

Perhitungan waktu yang diperlukan agar pengamat merasakan dampak radiasi panas dari kebakaran tangki pada *wash tank T-2B* dilakukan pada jarak 11 meter sampai dengan 280 meter dari titik tengah tangki *wash tank T-2B* dengan selisih 2 meter. Tinggi pengamat diasumsikan 1 meter dari permukaan. Tinggi permukaan pengamat sama dengan tinggi permukaan tangki. Waktu yang diperlukan agar pengamat merasakan dampak radiasi panas akibat peristiwa kebakaran tangki pada *wash tank T-2B* disajikan pada tabel 6.6. Data yang terdapat didalam tabel 6.6 kemudian dimasukkan kedalam grafik untuk menggambarkan hubungan antara jarak pengamat dari titik tengah tangki dengan waktu yang dibutuhkan sampai pengamat merasakan dampak radiasi panas. Grafik Hubungan antara jarak pengamat dari titik tengah tangki dengan waktu yang dibutuhkan sampai pengamat merasakan dampak radiasi panas digambarkan pada gambar 6.15.

Tabel 6.6 Waktu Yang Diperlukan Agar Pengamat Menerima Dampak Radiasi Panas Akibat Peristiwa Kebakaran tangki Pada *Wash Tank T-2B*

X	11	12	14	16	18	20	22	24
T0	1	1	1	1	1	1	1	1
T1	1	1	1	1	1	1	1	1
T2	2	2	2	2	2	2	2	2
T3	7	7	6	6	6	7	7	8
X	26	28	30	32	34	36	38	40
T0	1	1	1	1	1	1	1	1
T1	1	1	1	1	1	1	1	2
T2	2	3	3	3	3	4	4	4
T3	8	9	10	11	12	13	14	15
X	42	44	46	48	50	52	54	56
T0	2	2	2	2	2	2	3	3
T1	2	2	2	2	2	3	3	3
T2	5	5	6	6	7	7	8	9
T3	17	18	20	21	23	25	27	30
X	58	60	62	64	66	68	70	72
T0	3	3	3	4	4	4	4	5

T1	3	4	4	4	4	5	5	5
T2	9	10	11	12	12	13	14	15
T3	32	34	37	40	43	46	49	52
X	74	76	78	80	82	84	86	88
T0	5	5	6	6	7	7	7	8
T1	6	6	7	7	7	8	8	9
T2	16	17	18	19	21	22	23	24
T3	55	59	63	67	71	75	79	84
X	90	92	94	96	98	100	102	104
T0	8	9	9	10	10	11	11	12
T1	9	10	10	11	12	12	13	13
T2	26	27	29	30	32	33	35	37
T3	89	94	99	104	110	115	121	127
X	106	108	110	112	114	116	118	120
T0	12	13	13	14	15	15	16	17
T1	14	15	15	16	17	18	18	19
T2	39	40	42	44	46	48	51	53
T3	133	140	146	153	160	167	175	182
X	122	124	126	128	130	132	134	136
T0	17	18	19	20	21	21	22	23
T1	20	21	22	23	23	24	25	26
T2	55	57	60	62	65	67	70	73
T3	190	198	206	215	224	232	242	251
X	138	140	142	144	146	148	150	152
T0	24	25	26	27	28	29	30	31
T1	27	28	29	31	32	33	34	35
T2	76	78	81	84	87	90	94	97
T3	261	270	280	291	301	312	323	334
X	154	156	158	160	162	164	166	168
T0	32	33	34	35	36	37	39	40
T1	36	38	39	40	41	43	44	46
T2	100	104	107	111	114	118	122	126
T3	346	358	370	382	394	407	420	433
X	170	172	174	176	178	180	182	184
T0	41	42	44	45	46	48	49	51
T1	47	48	50	51	53	54	56	58
T2	130	134	138	142	146	150	155	159
T3	447	461	475	489	504	519	534	549
X	186	188	190	192	194	196	198	200
T0	52	53	55	56	58	60	61	63
T1	59	61	63	64	66	68	70	72
T2	164	169	173	178	183	188	193	198

T3	565	581	597	614	631	648	666	683
X	202	204	206	208	210	212	214	216
T0	65	66	68	70	71	73	75	77
T1	74	76	78	80	82	84	86	88
T2	203	209	214	220	225	231	237	243
T3	701	720	738	757	777	796	816	836
X	218	220	222	224	226	228	230	232
T0	79	81	83	85	87	89	91	93
T1	90	92	94	97	99	101	104	106
T2	248	255	261	267	273	280	286	293
T3	857	878	899	920	942	964	986	1009
X	234	236	238	240	242	244	246	248
T0	95	97	99	102	104	106	108	111
T1	108	111	113	116	118	121	124	126
T2	299	306	313	320	327	334	342	349
T3	1032	1056	1079	1103	1128	1153	1178	1203
X	250	252	254	256	258	260	262	264
T0	113	115	118	120	123	125	128	131
T1	129	132	135	137	140	143	146	149
T2	356	364	372	379	387	395	403	411
T3	1229	1255	1281	1308	1335	1363	1391	1419
X	266	268	270	272	274	276	278	280
T0	133	136	139	141	144	147	150	152
T1	152	155	158	161	164	168	171	174
T2	420	428	437	445	454	463	472	481
T3	1447	1476	1506	1535	1565	1596	1626	1657

Keterangan :

Jarak mendatar pengamat dari titik tengah tangki (m)

X

Waktu sampai sakit (detik)

T0

Waktu sampai luka bakar tingkat 1 (detik)

T1

Waktu sampai luka bakar tingkat 2 (detik)

T2

Waktu sampai luka bakar tingkat 3 / kematian (detik)

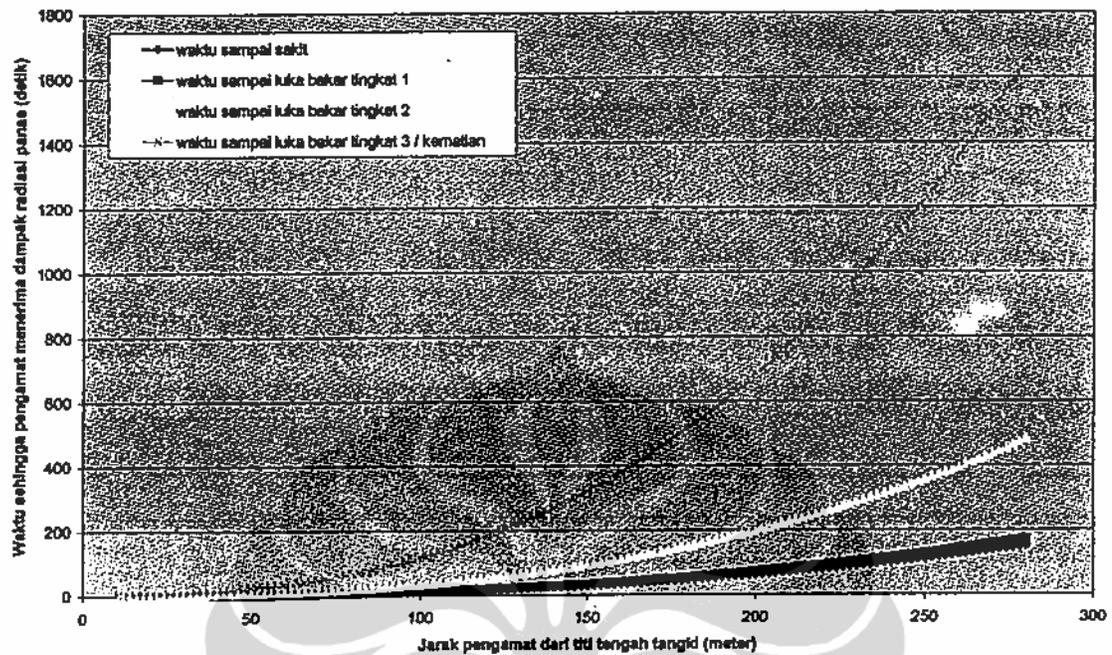
T3

Data waktu yang diperlukan sampai pengamat merasakan dampak radiasi panas akibat kebakaran tangki pada wash tank T-2B menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan sehingga pengamat yang berjarak 11 meter dari titik tengah tangki mengalami radiasi panas yang menyebabkan rasa sakit adalah 1 detik. Waktu yang diperlukan sehingga pengamat yang berjarak 11 meter dari titik tengah tangki mengalami radiasi panas yang menyebabkan luka bakar tingkat 1 adalah 1 detik. Waktu yang diperlukan

sehingga pengamat yang berjarak 11 meter dari titik tengah tangki mengalami radiasi panas yang menyebabkan luka bakar tingkat 2 adalah 2 detik. Waktu yang diperlukan sehingga pengamat yang berjarak 11 meter dari titik tengah tangki mengalami radiasi panas yang menyebabkan luka bakar tingkat 3 adalah 3 detik.

Data waktu yang diperlukan agar pengamat menerima dampak radiasi panas akibat peristiwa kebakaran tangki pada *wash tank* T-2B menunjukkan bahwa waktu paling singkat yang diperlukan sehingga pengamat merasakan sakit akibat radiasi panas kebakaran tangki adalah 1 detik pada jarak 11 meter sampai dengan 40 meter dari titik tengah tangki. Waktu waktu paling singkat yang diperlukan sehingga pengamat mengalami luka bakar tingkat 1 adalah 4 detik pada jarak 11 meter sampai dengan 38 meter dari titik tengah tangki. Waktu waktu paling singkat yang diperlukan sehingga pengamat mengalami luka bakar tingkat 2 adalah 2 detik pada jarak 11 meter sampai dengan 26 meter dari titik tengah tangki. Waktu waktu paling singkat yang diperlukan sehingga pengamat mengalami luka bakar tingkat 3 dan dapat menyebabkan kematian adalah 6 detik pada jarak 14 meter sampai dengan 18 meter dari titik tengah tangki.

Gambar 6.15 Grafik Hubungan Antara Jarak Pengamat Dari titik tengah Tangki Dengan Waktu Untuk Menerima Dampak Radiasi Panas Akibat Kebakaran tangki Pada *Wash Tank T-2B*



Grafik dan data hubungan antara jarak pengamat dengan waktu agar pengamat menerima dampak radiasi panas akibat peristiwa kebakaran tangki pada *wash tank T-2B* menunjukkan bahwa semakin jauh jarak pengamat dari titik tengah tangki maka waktu yang diperlukan sehingga pengamat mengalami radiasi panas menyebabkan rasa sakit, luka bakar tingkat 1, dan luka bakar tingkat 2 akan semakin lama. Grafik dan data hubungan antara jarak pengamat dengan waktu agar pengamat menerima dampak radiasi panas akibat peristiwa kebakaran tangki pada *wash tank T-2B* menunjukkan bahwa semakin jauh jarak pengamat dari titik tengah tangki maka waktu yang diperlukan sehingga pengamat mengalami radiasi panas menyebabkan luka luka bakar tingkat 3 akan semakin cepat. Hal ini berlaku sampai jarak 18 meter dari titik tengah tangki T-2B. Setelah melewati jarak 18 meter dari titik tengah tangki T-2B maka waktu yang diperlukan agar pengamat mengalami luka bakar tingkat 3 dan dapat menyebabkan kematian akan semakin lama.

6.4.4 Dampak Radiasi Panas Terhadap Aset Yang Berada Disekitar *Wash Tank T-2B*

Dampak radiasi panas terhadap aset yang berada disekitar *wash tank T-2B* akan berkurang seiring dengan meningkatnya jarak aset dari *wash tank T-2B*. Kerusakan yang disebabkan oleh radiasi panas akan berkurang seiring dengan meningkatnya jarak aset dari *wash tank T-2B*.

1. Dampak radiasi panas terhadap tangki dan pipa yang berada disekitar *wash tank T-2B*

Radiasi panas yang diterima tangki dan pipa yang berada pada radius 24 meter dari titik tengah *wash tank T-2B* akan menyebabkan tangki dan pipa tersebut mengalami kerusakan bahan dan mengalami distorsi. Radiasi panas yang diterima tangki dan pipa tersebut lebih besar dari 38 kw/m^2 . Paparan radiasi panas yang lebih besar dari 38 kw/m^2 dalam jangka waktu lama dapat menyebabkan kerusakan struktur yang menyebabkan distorsi pada bahan tangki dan pipa. Radiasi panas yang diterima tangki dan pipa baja yang tidak dilengkapi dengan pelindung panas serta bejana tekan pada radius 40 meter dari titik tengah *wash tank T-2B* akan menyebabkan kerusakan bahan pada tangki, pipa serta bejana tekan. Radiasi panas yang diterima lebih besar dari 23 kw/m^2 . Paparan radiasi panas yang lebih besar dari 23 kw/m^2 dalam jangka waktu lama dapat menyebabkan kerusakan struktur bahan instalasi bejana tekan, tangki dan pipa baja. Kerusakan struktur bahan akan menyebabkan kerusakan instalasi tangki dan pipa baja serta bejana tekan yang berada disekitar *wash tank T-2B*. Radiasi panas yang diterima tangki dan pipa baja dengan ketebalan tipis dan dilengkapi lapisan pelindung panas pada radius 60 meter dari titik tengah *wash tank T-2B* akan menyebabkan kerusakan bahan pada tangki dan pipa tersebut. Radiasi panas yang

diterima lebih besar dari $12,5 \text{ kw/m}^2$. Paparan radiasi panas yang lebih besar dari $12,5 \text{ kw/m}^2$ dalam jangka waktu lama dapat menyebabkan kerusakan struktur bahan. kerusakan struktur bahan akan menyebabkan kerusakan instalasi tangki dan pipa baja serta bejana tekan yang berada disekitar *wash tank* T-2B. Agar tidak terjadi kerusakan pada fasilitas tangki dan pipa akibat paparan radiasi panas, maka fasilitas tangki dan pipa harus ditempatkan pada jarak yang lebih besar dari 60 meter dari titik tengah *wash tank* T-2B.

2. Dampak radiasi panas terhadap fasilitas pengkabelan yang berada disekitar *wash tank* T-2B

Radiasi panas yang diterima pengkabelan yang berada pada radius 132 meter sampai dengan 182 meter dari titik tengah *wash tank* T-2B akan menyebabkan kerusakan pada pengkabelan yang terdapat disekitar *wash tank* T-2B. Radiasi panas yang diterima pengkabelan yang berada pada radius 182 meter dari titik tengah *wash tank* T-2B lebih besar dari $1,6 \text{ kw/m}^2$. Radiasi panas yang diterima fasilitas pengkabelan yang berada pada radius 132 meter dari titik tengah *wash tank* T-2B lebih besar dari 3 kw/m^2 . Paparan radiasi panas antara $1,6 \text{ kw/m}^2$ sampai dengan 3 kw/m^2 dalam jangka waktu lama akan menyebabkan isolator kabel melunak dan menyebabkan kawat logam didalamnya membara. Hal ini akan menyebabkan rusaknya pengkabelan sehingga menyebabkan rusaknya fasilitas yang memanfaatkan pengkabelan tersebut. Agar tidak terjadi kerusakan pada fasilitas pengkabelan akibat paparan radiasi panas, maka fasilitas yang memakai pengkabelan harus ditempatkan pada jarak yang lebih besar dari 182 meter dari titik tengah *wash tank* T-2B.

3. Dampak radiasi panas terhadap bahan yang dapat terbakar yang berada disekitar *wash tank* T-2B

Radiasi panas yang diterima kayu berada pada radius 40 meter dari titik tengah *wash tank* T-2B akan menyebabkan kayu dan cat tersebut terbakar. Radiasi panas yang diterima kayu tersebut lebih besar dari 23 kw/m^2 . Paparan radiasi panas yang lebih besar dari 23 kw/m^2 dalam jangka waktu yang lama akan menyebabkan kayu tersebut terbakar dengan sendirinya. Radiasi panas yang diterima oleh bahan bahan yang dapat terbakar seperti kayu, kertas, dan cat berada pada radius 60 meter dari titik tengah *wash tank* T-2B akan menyebabkan kayu, kertas, dan cat tersebut mencapai kondisi siap untuk terbakar. Radiasi panas yang diterima oleh kayu, kertas, dan cat tersebut lebih besar dari $12,5 \text{ kw/m}^2$. Paparan radiasi panas yang lebih besar dari $12,5 \text{ kw/m}^2$ dalam jangka waktu yang lama akan menyebabkan bahan tersebut mencapai kondisi siap untuk terbakar. Agar bahan-bahan yang dapat terbakar tidak terbakar dan tidak mencapai kondisi dapat terbakar akibat paparan radiasi panas, maka bahan-bahan tersebut harus ditempatkan pada jarak yang lebih besar dari 60 meter dari titik tengah *wash tank* T-2B.

6.5 Analisis Dampak Peristiwa Bola Api Pada Separator V-5

6.5.1 Dimensi Kebakaran

Dengan menggunakan data-data

- a. Diameter bejana separator V-5 = 1,524 meter
- b. Tinggi bejana separator V-5 = 5,0292 meter
- c. massa jenis gas = 1,98628904 kg/m³
- d. *Low heating Value* = 44723,611592 kJ/kg
- e. Fraksi panas yang ditransmisi = 0,2
- f. Transmisivitas atmosfer = 0,6
- g. Percepatan gravitasi = 9,8 m/det²
- h. Volume bejana separator V-5 = 9,169348887072 m³

Didapatkan paramater dimensi bola api (*fireball*) yang dapat terjadi, yaitu

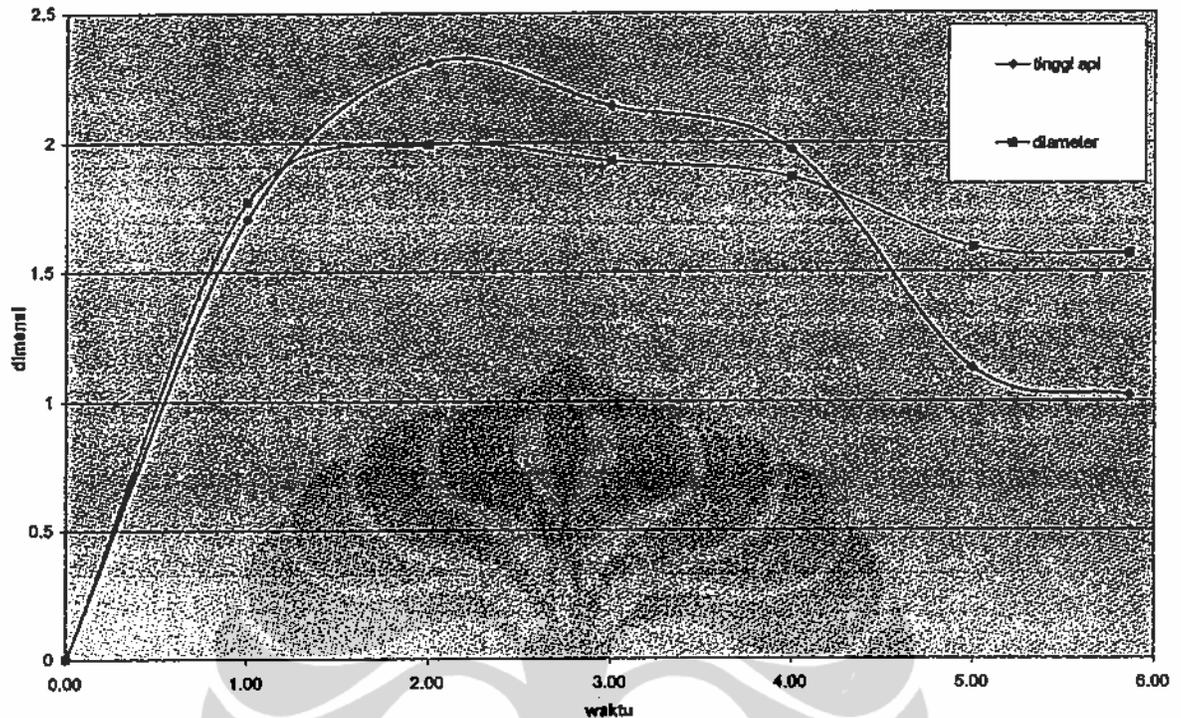
- a. Diameter maksimum bola api = 16,137411638142 meter
- b. Tinggi titik tengah maksimum bola api = 26,581728638704 meter
- c. Waktu maksimum terjadinya bola api = 5,860538597510 detik

Data dan grafik perkembangan bola api yang dapat terjadi di separator V-5 disajikan pada tabel 6.7 dan gambar 6.16.

Tabel 6.7 Perkembangan Dimensi Bola Api Yang Dapat Terjadi Di Separator V-5

Waktu (Detik)	Dimensi bola api (Meter)	
	Tinggi (Meter)	Diameter (Meter)
0.000	0.000	0.000
1.000	1.706	1.771
2.000	2.310	1.995
3.000	2.142	1.929
4.000	1.970	1.865
5.000	1.129	1.596
5.861	1.021	1.570

Gambar 6.16 Perkembangan Dimensi Bola Api Yang Dapat Terjadi Di Separator V-5



Grafik perkembangan bola api menunjukkan bahwa diameter bola api meningkat seiring dengan bertambahnya waktu terjadinya bola api. Hal ini akan terus terjadi sampai diameter maksimal bola api tercapai. Setelah diameter maksimal bola api tercapai, maka diameter bola api akan berkurang. Diameter bola api yang dapat terjadi pada separator V-5 akan terus meningkat dan mencapai diameter maksimal pada detik ke-2, kemudian diameter bola api akan berkurang. Grafik perkembangan bola api menunjukkan bahwa tinggi titik tengah bola api akan bertambah seiring dengan bertambahnya waktu terjadinya bola api. Hal ini akan terus terjadi sampai tinggi titik tengah maksimal bola api tercapai. Setelah tinggi titik tengah maksimal bola api tercapai, maka tinggi titik tengah bola api akan menurun. Tinggi titik tengah bola api yang dapat terjadi pada separator V-5 akan bertambah dan mencapai diameter maksimal pada detik ke-2, kemudian tinggi titik tengah bola api akan menurun.

6.5.2 Radiasi Panas Yang Diterima Pengamat Akibat Peristiwa Bola Api pada Separator V-5

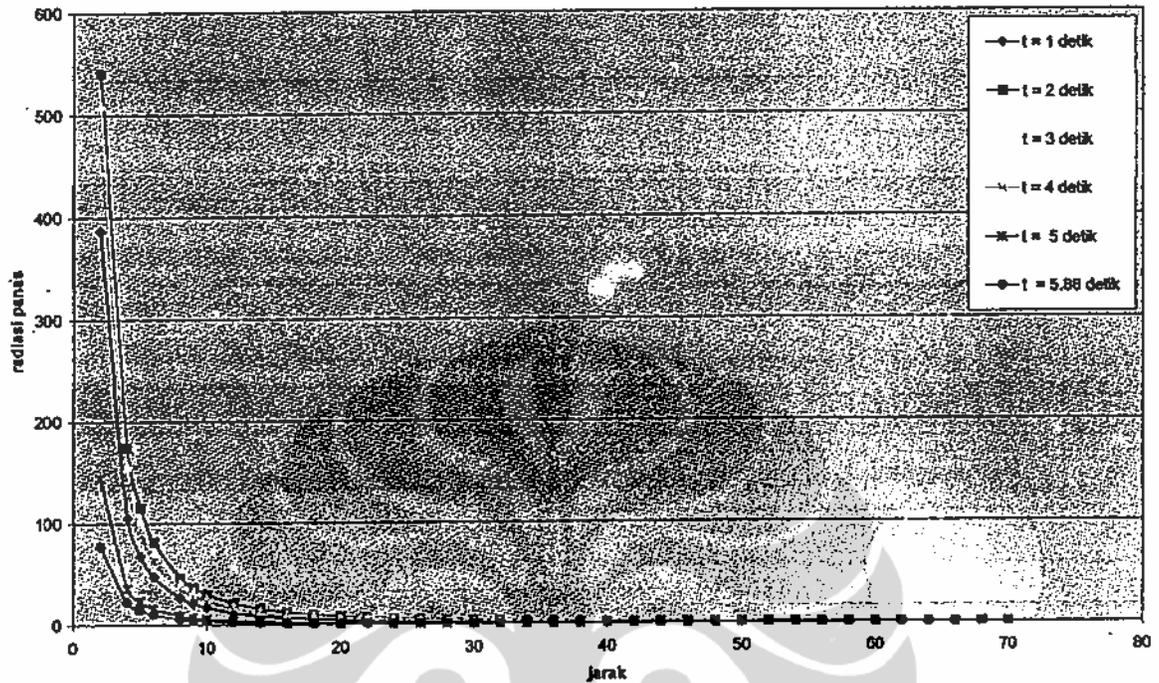
Perhitungan radiasi panas yang dihasilkan dari bola api pada separator V-5 dilakukan pada jarak 2 meter sampai dengan 70 meter dari titik tengah separator V-5 dengan selisih 2 meter. Tinggi pengamat diasumsikan 1 meter dari permukaan. Hasil perhitungan nilai radiasi panas yang diterima pengamat akibat kebakaran jenis bola api pada separator V-5 disajikan pada tabel 6.8. Data yang terdapat didalam tabel 6.8 kemudian dimasukkan kedalam grafik untuk menggambarkan hubungan antara jarak pengamat dari titik tengah tangki, waktu yang dibutuhkan sampai pengamat merasakan dampak radiasi panas, dan radiasi panas yang diterima oleh pengamat. Hubungan antara jarak pengamat dari titik tengah tangki dengan waktu yang dibutuhkan sampai pengamat merasakan dampak radiasi panas akibat peristiwa bola api pada separator V-5 disajikan pada gambar 6.17 dan gambar 6.18.

Tabel 6.8 Nilai Radiasi Panas Yang Diterima Oleh Pengamat Akibat Peristiwa Bola Api Pada Separator V-5

Jarak (Meter)	2	4	6	8	10	12	14	
Waktu (Detik)	1	386,60	105,40	47,64	26,96	17,30	12,03	8,85
	2	540,89	174,50	81,96	47,04	30,39	21,21	15,64
	3	510,01	156,32	72,51	41,42	26,70	18,62	13,71
	4	469,16	136,85	62,76	35,70	22,97	16,00	11,77
	5	144,31	36,19	16,09	9,05	5,80	4,02	2,96
	6	77,28	22,73	10,44	5,94	3,83	2,66	1,96
Jarak (Meter)	16	18	20	22	24	26	28	
Waktu (Detik)	1	6,78	5,36	4,34	3,59	3,02	2,57	2,22
	2	12,00	9,49	7,70	6,36	5,35	4,56	3,93
	3	10,51	8,31	6,74	5,57	4,69	3,99	3,44
	4	9,02	7,14	5,78	4,78	4,02	3,42	2,95
	5	2,26	1,79	1,45	1,20	1,01	0,86	0,74
	6	1,50	1,19	0,96	0,80	0,67	0,57	0,49

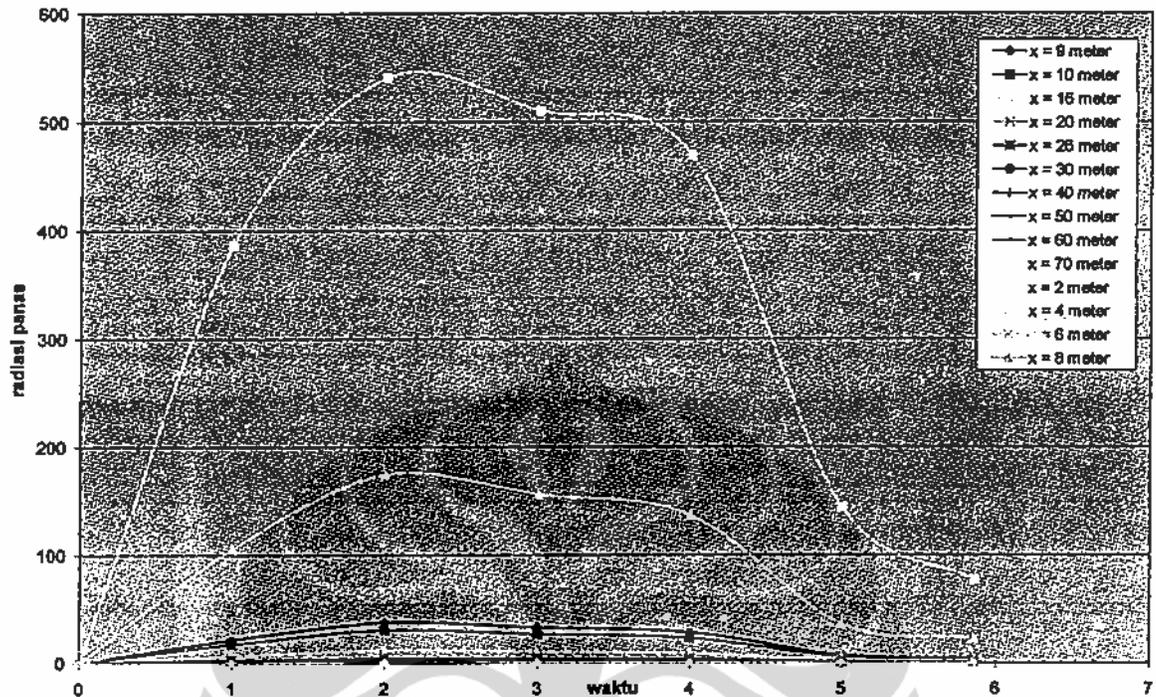
Jarak (Meter)	30	32	34	36	38	40	42	
Waktu (Detik)	1	1,93	1,70	1,50	1,34	1,20	1,09	0,99
	2	3,43	3,01	2,67	2,38	2,14	1,93	1,75
	3	3,00	2,64	2,34	2,09	1,87	1,69	1,53
	4	2,57	2,26	2,00	1,79	1,60	1,45	1,31
	5	0,64	0,57	0,50	0,45	0,40	0,36	0,33
	6	0,43	0,38	0,33	0,30	0,27	0,24	0,22
Jarak (Meter)	44	46	48	50	52	54	56	
Waktu (Detik)	1	0,90	0,82	0,75	0,70	0,64	0,60	0,55
	2	1,60	1,46	1,34	1,24	1,14	1,06	0,99
	3	1,40	1,28	1,17	1,08	1,00	0,93	0,86
	4	1,20	1,10	1,01	0,93	0,86	0,79	0,74
	5	0,30	0,27	0,25	0,23	0,21	0,20	0,18
	6	0,20	0,18	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12
Jarak (Meter)	58	60	62	64	66	68	70	
Waktu (Detik)	1	0,52	0,48	0,45	0,42	0,40	0,38	0,35
	2	0,92	0,86	0,80	0,75	0,71	0,67	0,63
	3	0,80	0,75	0,70	0,66	0,62	0,58	0,55
	4	0,69	0,64	0,60	0,57	0,53	0,50	0,47
	5	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12
	6	0,11	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08

Gambar 6.17 Grafik Hubungan Antara Jarak Pengamat Dari Titik Tengah Bola api Dengan Radiasi Panas Yang Diterima Pengamat Berdasarkan Waktu Pada Peristiwa Kebakaran Jenis Bola api Di Separator V-5



Grafik hubungan antara jarak pengamat dari titik tengah bola api dengan radiasi panas yang diterima pengamat berdasarkan waktu pada peristiwa kebakaran jenis bola api di separator V-5 dapat diketahui bahwa nilai radiasi panas terbesar akan diterima oleh pengamat yang berada pada jarak 2 meter dari titik tengah bola api. Nilai radiasi panas yang diterima oleh pengamat akan menurun seiring dengan bertambahnya jarak pengamat dari titik tengah bola api. Nilai radiasi panas yang terbesar yang diterima oleh pengamat adalah pada detik ke-2 saat peristiwa bola api terjadi.

Gambar 6.18 Grafik Hubungan Antara Waktu Dengan Radiasi Panas Yang Diterima Pengamat Berdasarkan Jarak Pengamat Dari Titik Tengah Bola api Pada Peristiwa Bola api Di Separator V-5



Grafik hubungan antara jarak pengamat dari titik tengah bola api dengan radiasi panas yang diterima pengamat berdasarkan waktu pada peristiwa kebakaran jenis bola api di separator V-5 dapat diketahui bahwa radiasi panas yang diterima oleh pengamat akan meningkat seiring dengan bertambahnya durasi bola api. Radiasi panas yang diterima oleh pengamat akan mencapai titik maksimum pada saat detik ke-2 terjadinya peristiwa bola api. Selanjutnya radiasi panas yang diterima oleh pengamat akan menurun seiring dengan bertambahnya durasi bola api. Radiasi panas terbesar akan diterima oleh pengamat yang berjarak 9 meter dari titik tengah separator V-5. Radiasi panas tertinggi yang diterima oleh pengamat pada jarak 2 meter dari titik tengah separator V-5 pada detik ke-2 adalah 541 kw/m².

6.5.3 Dampak Radiasi Panas Peristiwa Bola Api di Separator V-5 Terhadap Manusia

Perhitungan dampak radiasi panas akibat peristiwa bola api pada separator V-5 terhadap manusia dilakukan dengan cara menentukan *Thermal Dose Unit* yang diterima pengamat akibat peristiwa bola api pada separator V-5. Perhitungan *Thermal Dose Unit* dilakukan pada jarak 2 meter sampai dengan 70 meter dari titik tengah Bola api dengan selisih 2 meter. Tinggi pengamat diasumsikan 1 meter dari permukaan. Tinggi permukaan pengamat sama dengan tinggi permukaan bola api. Hasil perhitungan *Thermal Dose Unit* yang diterima pengamat disajikan pada tabel 6.9. Data yang terdapat didalam tabel 6.9 digunakan untuk menentukan dosis termal total yang diterima oleh pengamat dan digunakan untuk menggambarkan hubungan antara jarak pengamat dari titik tengah tangki dengan *thermal dose unit* yang diterima oleh pengamat serta hubungan antara durasi waktu terjadinya bola api dengan *thermal dose unit* yang diterima oleh pengamat. Data yang diterima oleh pengamat akibat peristiwa bola api di separator V-5 disajikan pada Tabel 6.10. Grafik hubungan jarak pengamat dari titik tengah bola api dengan dosis panas total yang diterima oleh pengamat akibat peristiwa bola api di separator V-5 disajikan pada Gambar 6.20. Grafik hubungan antara jarak pengamat dari titik tengah tangki dan durasi waktu terjadinya bola api dengan *thermal dose unit* yang diterima oleh pengamat digambarkan pada gambar 6.19.

Tabel 6.9 Thermal Dose Unit Yang Diterima Oleh Pengamat Berdasarkan Jarak Pengamat Dari Titik Tengah Bola api Dan Waktu Terjadinya Bola api Pada Peristiwa Bola api di Separator V-5

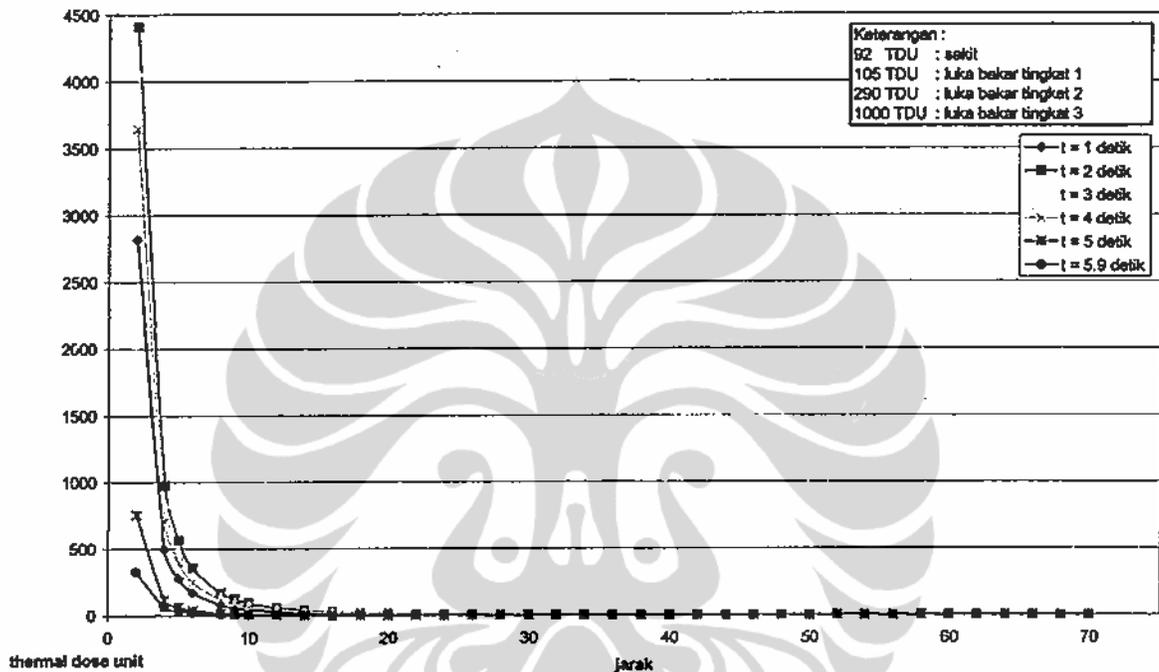
X	2	4	6	8	10	12	14
T = 0	0	0	0	0	0	0	0
T = 1	2816,3	497,87	172,715	80,8398	44,7517	27,5764	18,3038
T = 2	4407,04	975,125	356,041	169,812	94,8435	58,7285	39,0963
T = 3	4074,79	842,075	302,365	143,312	79,8055	49,336	32,811
T = 4	3645,53	705,221	249,41	117,554	65,2894	40,3038	26,7806

T = 5	756,913	119,701	40,6306	18,8712	10,4094	6,40187	4,24424
T = 5,86	329,186	64,3878	22,8279	10,7692	5,98375	3,69469	2,45535
X	16	18	20	22	24	26	28
T = 0	0	0	0	0	0	0	0
T = 1	12,8304	9,37712	7,08302	5,49494	4,35801	3,52098	2,88999
T = 2	27,458	20,0942	15,1926	11,7945	9,35916	7,56471	6,2111
T = 3	23,0288	16,8454	12,7322	9,88207	7,8402	6,33609	5,20175
T = 4	18,7856	13,7361	10,3792	8,05411	6,38892	5,1626	4,23793
T = 5	2,9728	2,17154	1,63966	1,27168	1,00835	0,81454	0,66848
T = 5,86	1,72249	1,25958	0,95179	0,73861	0,58591	0,47346	0,38867
X	30	32	34	36	38	40	42
T = 0	0	0	0	0	0	0	0
T = 1	2,40459	2,02459	1,7225	1,47907	1,28055	1,11689	0,98067
T = 2	5,16927	4,35331	3,70442	3,18138	2,75473	2,40293	2,11006
T = 3	4,32884	3,64527	3,10172	2,66365	2,30633	2,01172	1,76647
T = 4	3,52648	2,96942	2,52651	2,16958	1,87847	1,63846	1,43868
T = 5	0,55615	0,46822	0,39833	0,34201	0,29609	0,25824	0,22674
T = 5,86	0,32342	0,27234	0,23172	0,19898	0,17228	0,15027	0,13195
X	44	46	48	50	52	54	56
T = 0	0	0	0	0	0	0	0
T = 1	0,86629	0,76948	0,68694	0,6161	0,55493	0,50181	0,45543
T = 2	1,8641	1,65589	1,47836	1,32598	1,19439	1,0801	0,98033
T = 3	1,56052	1,38619	1,23755	1,10997	0,9998	0,90412	0,82059
T = 4	1,27091	1,12891	1,00784	0,90392	0,81419	0,73626	0,66823
T = 5	0,20028	0,1779	0,15881	0,14243	0,12829	0,116	0,10528
T = 5,86	0,11656	0,10354	0,09244	0,08291	0,07468	0,06753	0,06129
X	58	60	62	64	66	68	70
T = 0	0	0	0	0	0	0	0
T = 1	0,41476	0,37891	0,34719	0,31901	0,29388	0,27139	0,25121
T = 2	0,8928	0,81566	0,7474	0,68675	0,63267	0,58427	0,54083
T = 3	0,74731	0,68274	0,62559	0,57482	0,52955	0,48904	0,45267
T = 4	0,60856	0,55597	0,50943	0,46808	0,43122	0,39823	0,36861

T = 5	0,09588	0,08759	0,08026	0,07374	0,06793	0,06273	0,05807
T = 5,86	0,05582	0,05099	0,04672	0,04293	0,03955	0,03652	0,03381

Keterangan :
X : Jarak Pengamat dari titi tengah separator V-5 (Meter)
T : Durasi peristiwa bola api (Detik)

Gambar 6.19 Grafik Hubungan Jarak Pengamat Dari Titik Tengah Bola Api Dengan Thermal Dose Unit Yang Diterima Oleh Pengamat Dengan Tinggi 1 Meter berdasarkan Waktu Pada Peristiwa Bola Api Di Separator V-5



Grafik hubungan jarak pengamat dari titik tengah bola api dengan *thermal dose unit* yang diterima oleh pengamat berdasarkan waktu pada peristiwa bola api di Separator V-5 menunjukkan bahwa dosis panas maksimal diterima pengamat pada saat detik ke-2 peristiwa bola api di separator V-5. Grafik hubungan jarak pengamat dari titik tengah bola api dengan *thermal dose unit* yang diterima oleh pengamat berdasarkan waktu pada peristiwa bola api di Separator V-5 menunjukkan bahwa dosis panas yang diterima pengamat akan menurun seiring dengan meningkatnya jarak pengamat dan titik tengah bola api. Dosis panas tertinggi diterima pengamat adalah pada jarak 2 meter dari titik tengah bola api yang terjadi pada separator V-5. Berdasarkan data grafik hubungan jarak pengamat dari titik tengah bola api dengan *thermal dose unit* yang diterima oleh

pengamat berdasarkan waktu pada peristiwa bola api di separator V-5, dosis thermal tertinggi yang diterima pengamat akibat peristiwa bola api pada separator V-5 adalah 541 TDU pada jarak 2 meter dari titik tengah bola api pada saat detik ke-2 terjadi peristiwa bola api di separator V-5.

Tabel 6.10 Total Dosis Thermal Unit Yang Diterima Oleh Pengamat Akibat Peristiwa Bola Api di Separator V-5

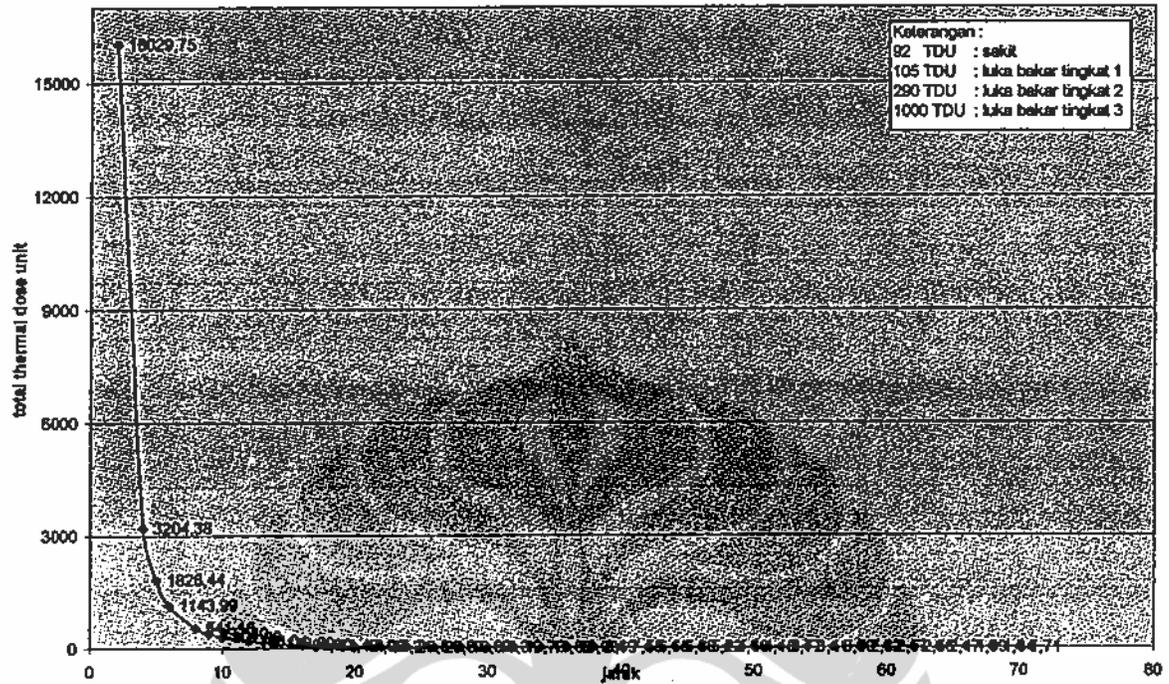
Jarak	2	4	6	8	10	12	14
Total TDU	16029,75	3204,38	1143,99	541,16	301,08	186,04	123,69
Jarak	16	18	20	22	24	26	28
Total TDU	86,80	63,48	47,98	37,24	29,54	23,87	19,60
Jarak	30	32	34	36	38	40	42
Total TDU	16,31	13,73	11,69	10,03	8,69	7,58	6,65
Jarak	44	46	48	50	52	54	56
Total TDU	5,88	5,22	4,66	4,18	3,77	3,41	3,09
Jarak	58	60	62	64	66	68	70
Total TDU	2,82	2,57	2,36	2,17	1,99	1,84	1,71

Keterangan :

Jarak : Jarak mendatar pengamat dari titik tengah tangki (m)

Total TDU : Dosis panas total yang diterima oleh pengamat (TDU)

Gambar 6.20 Grafik Hubungan Jarak Pengamat Dari Titik Tengah Bola api Dengan Total *Thermal Dose Unit* Yang Diterima Oleh Pengamat Akibat Peristiwa Bola api Di Separator V-5



Grafik hubungan jarak pengamat dari titik tengah bola api dengan *total thermal dose unit* yang diterima oleh pengamat dengan tinggi 1 meter pada peristiwa bola api di separator V-5 menunjukkan bahwa dosis panas yang diterima oleh pengamat akan berkurang seiring dengan bertambahnya jarak pengamat dari separator V-5. Dosis panas yang diterima oleh pengamat berkurang karena radiasi panas yang ditransmisikan berkurang. Dosis panas terbesar yang diterima oleh pengamat adalah 16029 TDU pada jarak 2 meter dari titik tengah bola api. Dosis panas yang diterima oleh pengamat akan menurun seiring dengan bertambahnya jarak pengamat dari titik tengah bola api. Pengamat yang berada antara 5 meter sampai dengan 7 meter dari titik tengah separator V-5 akan mengalami luka bakar tingkat tiga dan berpotensi menyebabkan kematian akibat radiasi panas yang dipaparkan oleh peristiwa bola api di separator V-5. Pengamat yang berada antara 9 meter sampai dengan 11 meter dari titik tengah separator V-5 akan mengalami luka bakar tingkat dua akibat radiasi panas yang dipaparkan oleh peristiwa bola api di separator V-5. Pengamat yang berada antara 14 meter sampai dengan 16 meter dari titik tengah separator

V-5 akan mengalami luka bakar tingkat satu akibat radiasi panas yang dipaparkan oleh peristiwa bola api di separator V-5. Pengamat yang berada antara 14 meter sampai dengan 16 meter dari titik tengah separator V-5 akan merasakan sakit akibat radiasi panas yang dipaparkan oleh peristiwa bola api di separator V-5.

Agar manusia tidak terpapar radiasi panas yang menyebabkan rasa sakit atau luka bakar, maka manusia harus berada pada jarak yang lebih besar dari 16 meter dari titik tengah separator V-5.

6.5.4 Dampak Radiasi Panas Terhadap Aset Yang Berada Di Sekitar Separator V-5

Dampak radiasi panas terhadap aset yang berada disekitar separator V-5 akan berkurang seiring dengan meningkatnya jarak aset dari separator V-5. Kerusakan yang disebabkan oleh radiasi panas akan berkurang seiring dengan meningkatnya jarak aset dari separator V-5.

1. Dampak radiasi panas terhadap tangki dan pipa disekitar yang berada di sekitar separator V-5

Radiasi panas yang diterima tangki dan pipa yang berada pada radius 8 meter dari titik tengah separator V-5 akan menyebabkan tangki dan pipa tersebut terdistorsi dan mengalami kerusakan bahan. Radiasi panas yang diterima tangki dan pipa tersebut lebih besar dari 38 kw/m². Paparan radiasi panas yang lebih besar dari 38 kw/m² dapat menyebabkan kerusakan struktur bahan instalasi tangki dan pipa. kerusakan struktur bahan akan menyebabkan kerusakan instalasi tangki dan pipa yang berada disekitar separator V-5. Radiasi panas yang diterima tangki dan pipa yang berada pada radius 10 meter dari titik tengah separator V-5 akan menyebabkan tangki dan pipa tersebut mengalami kerusakan bahan. Radiasi panas yang diterima tangki dan pipa tersebut lebih besar dari 23 kw/m². Paparan radiasi

panas yang lebih besar dari 23 kw/m² dapat menyebabkan kerusakan struktur bahan instalasi tangki dan pipa. kerusakan struktur bahan akan menyebabkan kerusakan instalasi tangki dan pipa yang berada disekitar separator V-5.

Radiasi panas yang diterima tangki dan pipa dengan ketebalan tipis yang berada pada radius 14 meter dari titik tengah separator V-5 akan menyebabkan tangki dan pipa tersebut mengalami kerusakan bahan. Radiasi panas yang diterima tangki dan pipa tersebut lebih besar dari 12,6 kw/m². Paparan radiasi panas yang lebih besar dari 12,6 kw/m² dapat menyebabkan kerusakan struktur bahan instalasi tangki dan pipa. Kerusakan struktur bahan akan menyebabkan kerusakan instalasi tangki dan pipa yang berada disekitar separator V-5. Agar tidak terjadi kerusakan pada fasilitas tangki, pipa, dan bejana tekan akibat paparan radiasi panas, maka fasilitas tangki, pipa, dan bejana tekan harus ditempatkan pada jarak yang lebih besar dari 14 meter dari titik tengah separator V-5.

2. Dampak radiasi panas terhadap fasilitas pengkabelan yang berada di sekitar Separator V-5

Radiasi panas yang diterima pengkabelan yang berada pada radius 32 meter sampai dengan 44 meter dari titik tengah separator V-5 akan menyebabkan kerusakan pada pengkabelan yang terdapat disekitar separator V-5. Radiasi panas yang diterima pengkabelan yang berada pada radius 44 meter dari titik tengah separator V-5 lebih besar dari 1,6 kw/m². Radiasi panas yang diterima fasilitas pengkabelan yang berada pada radius 32 meter dari titik tengah separator V-5 lebih besar dari 3 kw/m². Paparan radiasi panas antara 1,6 kw/m² sampai dengan 3 kw/m² dapat menyebabkan isolator kabel melunak dan menyebabkan kawat logam didalamnya membara. Hal ini akan menyebabkan rusaknya pengkabelan sehingga menyebabkan rusaknya fasilitas yang memanfaatkan pengkabelan

tersebut. Agar tidak terjadi kerusakan pada fasilitas pengkabelan akibat paparan radiasi panas, maka fasilitas yang memakai pengkabelan harus ditempatkan pada jarak yang lebih besar dari 44 meter dari titik tengah separator V-5.

3. Dampak radiasi panas terhadap terhadap bahan yang dapat terbakar yang berada di sekitar separator V-5

Radiasi panas yang diterima oleh bahan yang dapat terbakar seperti kayu, kertas, dan cat berada pada radius 16 meter dari titik tengah separator V-5 akan menyebabkan kayu, kertas, dan cat tersebut mencapai kondisi siap untuk terbakar. Radiasi panas yang diterima oleh kayu, kertas, dan cat tersebut lebih besar dari $12,5 \text{ kw/m}^2$. Paparan radiasi panas yang lebih besar dari $12,5 \text{ kw/m}^2$ dalam akan menyebabkan bahan tersebut mencapai kondisi siap untuk terbakar. Radiasi panas yang diterima oleh bahan yang dapat terbakar seperti kayu, kertas, dan cat yang berada pada radius 2 meter dari titik tengah separator V-5 akan menyebabkan kayu, kertas, dan cat tersebut terbakar. Agar bahan-bahan yang dapat terbakar tidak terbakar dan tidak mencapai kondisi dapat terbakar akibat paparan radiasi panas, maka bahan-bahan tersebut harus ditempatkan pada jarak yang lebih besar dari 16 meter dari titik tengah separator V-5.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dihasilkan oleh penelitian ini adalah

1. Bentuk kebakaran yang dapat terjadi di stasiun pengumpul minyak Kotabatak adalah kebakaran tangki, *boil over fire*, *trench fire*, kebakaran kolam, *jet fire/torch fire*, *flash fire*, *vapor cloud explosion*, dan peristiwa bola api.
2. Dampak kebakaran terhadap manusia akibat peristiwa kebakaran tangki pada *wash tank T-2B*
 - a. Semakin jauh jarak pengamat dari titik tengah tangki maka waktu yang diperlukan sehingga pengamat mengalami radiasi panas menyebabkan rasa sakit, luka bakar tingkat 1, dan luka bakar tingkat 2 akan semakin lama. Semakin jauh jarak pengamat dari titik tengah tangki maka waktu yang diperlukan sehingga pengamat mengalami radiasi panas menyebabkan luka luka bakar tingkat 3 akan semakin cepat. Hal ini berlaku sampai jarak 18 meter dari titik tengah *wash tank T-2B*. Setelah melewati jarak 18 meter dari titik tengah *wash tank T-2B* maka waktu yang diperlukan agar pengamat mengalami luka bakar tingkat 3 dan peristiwa kebakaran dapat menyebabkan kematian akan semakin lama.
 - b. Rasa sakit pada radius sampai dengan 40 meter dari titik tengah tangki setelah paparan panas selama 1 detik. Luka bakar tingkat 1 pada radius sampai dengan 16 meter setelah paparan panas selama 1 detik. Luka bakar tingkat 2 pada radius sampai dengan 26 meter sampai dengan 30 meter dari titik tengah tangki setelah paparan panas selama 2 detik. Luka bakar tingkat 3 dan kematian pada jarak 14

meter sampai dengan 18 meter dari titik tengah tangki setelah paparan panas selama 6 detik.

3. Dampak kebakaran terhadap manusia akibat peristiwa bola api pada *separator V-5*
 - a. Dosis panas yang diterima oleh pengamat akan berkurang seiring dengan bertambahnya jarak pengamat dari *separator V-5*. Dosis panas yang diterima oleh pengamat berkurang karena radiasi panas yang ditransmisikan berkurang. Dosis panas terbesar yang diterima oleh pengamat adalah 16029 TDU pada jarak 2 meter dari titik tengah bola api.
 - b. Pengamat yang berada pada jarak antara 5 meter sampai dengan 7 meter dari titik tengah *separator V-5* akan mengalami luka bakar tingkat 3 dan dapat menyebabkan kematian. Pengamat yang berada pada jarak antara 9 meter sampai dengan 11 meter dari titik tengah *separator V-5* akan mengalami luka bakar tingkat 2. Pengamat yang berada pada jarak antara 14 meter sampai dengan 16 meter mengalami luka bakar tingkat 1 dan merasakan sakit akibat radiasi panas.
4. Dampak kebakaran yang dapat terjadi terhadap peralatan dan fasilitas yang berada disekitar *wash tank T-2B*
 - a. Dampak radiasi panas terhadap peralatan dan fasilitas yang berada disekitar *wash tank T-2B* akan berkurang seiring dengan meningkatnya jarak aset da.i *wash tank T-2B*. kerusakan yang disebabkan oleh radiasi panas akan berkurang seiring dengan meningkatnya jarak peralatan dan fasilitas dari *wash tank T-2B*.
 - b. Tangki dan pipa yang berada pada radius 24 meter dari titik tengah *wash tank T-2B* akan mengalami kerusakan bahan dan mengalami distorsi. Tangki dan pipa baja yang tidak dilengkapi dengan pelindung panas serta bejana tekan pada radius 40 meter akan mengalami kerusakan bahan. Tangki dan pipa baja dengan

ketebalan tipis dan dilengkapi lapisan pelindung panas yang berada pada radius 60 meter akan mengalami kerusakan bahan. Fasilitas pengkabelan yang berada pada radius 132 meter sampai dengan 182 meter akan mengalami kerusakan. Kayu yang berada pada radius 40 meter dari titik tengah *wash tank* T-2B akan terbakar. Kayu, kertas, dan cat berada pada radius 60 meter dari titik tengah *wash tank* T-2B akan mencapai kondisi siap untuk terbakar.

5. Dampak kebakaran yang dapat terjadi terhadap peralatan dan fasilitas yang berada disekitar *separator* V-5
 - a. Dampak radiasi panas terhadap aset yang berada disekitar *separator* V-5 akan berkurang seiring dengan meningkatnya jarak peralatan dan fasilitas dari *separator* V-5. Kerusakan yang disebabkan oleh radiasi panas akan berkurang seiring dengan meningkatnya jarak peralatan dan fasilitas dari *separator* V-5.
 - b. Tangki dan pipa yang berada pada radius 8 meter dari titik tengah *separator* V-5 akan terdistorsi dan mengalami kerusakan bahan. Tangki dan pipa yang berada pada radius 8 meter sampai 10 meter dari titik tengah *separator* V-5 akan mengalami kerusakan bahan. Tangki dan pipa dengan ketebalan tipis yang berada pada radius 14 meter dari titik tengah *separator* V-5 akan mengalami kerusakan bahan. Fasilitas pengkabelan yang berada pada radius 32 meter sampai dengan 44 meter dari titik tengah *separator* V-5 akan mengalami kerusakan. Bahan yang dapat terbakar seperti kayu, kertas, dan cat yang berada pada radius 2 meter dari titik tengah *separator* V-5 akan terbakar. Bahan yang dapat terbakar yang berada pada radius 16 meter dari titik tengah *separator* V-5 mencapai kondisi siap untuk terbakar.

7.2 Saran

Hal – hal yang disarankan oleh penelitian ini adalah

1. Bagi Sumatra Light South PT Chevron Pacific Indonesia
 - a Fasilitas tangki dan pipa harus ditempatkan pada jarak yang lebih besar dari 60 meter dari titik tengah *wash tank* T-2B, fasilitas yang memakai pengkabelan harus ditempatkan pada jarak yang lebih besar dari 182 meter dari titik tengah *wash tank* T-2B, dan bahan-bahan yang mudah terbakar harus ditempatkan pada jarak yang lebih besar dari 60 meter dari titik tengah *wash tank* T-2B.
 - b Manusia harus berada pada jarak yang lebih besar dari 16 meter dari titik tengah separator V-5.
 - c Fasilitas tangki, pipa, dan bejana tekan harus ditempatkan pada jarak yang lebih besar dari 14 meter dari titik tengah separator V-5, fasilitas yang memakai pengkabelan harus ditempatkan pada jarak yang lebih besar dari 44 meter dari titik tengah separator V-5, dan bahan-bahan yang mudah terbakar harus ditempatkan pada jarak yang lebih besar dari 16 meter dari titik tengah separator V-5.
2. Dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui
 - a Dampak bentuk peristiwa kebakaran hidrokarbon lain.
 - b Besaran kemungkinan terjadinya kebakaran hidrokarbon.
3. Data-data peristiwa yang terjadi di stasiun-stasiun pengumpul perlu disimpan dan dianalisis sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan di masa yang akan datang.

Daftar Pustaka

- American Institute of Chemical Engineers. 1994. *AICHE Technical Manual - Dow's fire & Explosion Index Hazard Classification Guide*. New York : 83 hlm.
- Asia Pacific Economic Conference. 2006. *APEC Energi Demand And Supply Outlook 2006 - Indonesia*. -: 6 hlm.
- Barry, Thomas F. 1992. *Application of Fire and Explosion Risk Assessment to an LPG Bulk Storage Facility*. Dalam Hirschler, Marcelo M. (ed). *Fire Hazard and Fire Risk Assessment*, American Society for Testing and Material. Philadelphia : 183-206
- Chevron Corporation. 2007. *Indonesia Fact Sheet*, San Ramon: 6 hlm.
- Barry, Thomas F. 1995. *Introduction To Quantitative Risk Assessment In Chemical Process Industries*. Dalam : DiNunno, Beyler, Custer, Walton, watts, Drysdale & Hall (eds). *The SFPE handbook of Fire Protection engineering - 2nd edition*. National Fire Protection Association & Society of Fire Protection Engineers. Quincy & Boston : 102 - 127.
- Bryan, John L. 1982. *Fire suppression And Detection Systems 2nd edition*. MacMillan Publishing : New York
- Department Of Urban And Transport Planning. 2003. *Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control MIHAP No. 3*. Sidney : -
- Department Of Chemical and Process Engineering. -. *Fire & Explosion : Bahan Ajar*. University Of Newcastle Upon Tyne. -: -
- Drysdale, Dougal. 1985. *An Introduction to Fire Dynamics*. Massachusetts : John Wiley & Sons
- Goetsch, David L. 2005. *Occupational Safety and Health for Technologists, Engineers, and Managers*. Prentice Hall : New Jersey
- Gupta, AK. Et al. 2001, *Fire Safety Through Mathematical Modeling*, Current Science Volume 80, 10 Januari, -: 18 - 26
- Health and Safety Executive. 2006. *Five Step To Risk Assessment*. Caerphilly : 8 hlm.
- Kolluru, Rao V. 1996. *Risk Assessment And Management A Unified Approach*. Dalam : Rapcavage, Kolluru, Bartell, Pitblado & Stricoff (eds). *Risk Assessment And Management Handbook For Environment, Health, And Safety Professionals*. McGraw-Hill Inc. New York : 3-41
- Mudan, Krisna S. & Croce, Paul A. 1995. *Fire Hazard Calculation For Large Open Hydrocarbon Fires*. Dalam : DiNunno, Beyler, Custer, Walton, watts, Drysdale & Hall (eds). *The SFPE handbook of Fire Protection Engineering - 2nd edition*. National Fire Protection Association & Society of Fire Protection Engineers. Quincy & Boston : 197-240.

- National Transportation Safety Board. 2001. *Pipeline Accident Brief – DCA-00-MP-004*. Washington DC : 5 hlm.
- National Transportation Safety Board. 2004. *Pipeline Accident Report – Rupture Of Enbridge Pipeline And Release Of Crude Oil Near Cohasset, Minnesota July 4, 2002*. Washington DC : 34 hlm.
- Nigam, N.C., Maheshwari, A.K. & Rao, N.P. *Hazard Identification And Risk assessment*, IFFCO-AONLA
- Nugroho, Ari. 2008. Materi Presentasi : *Sumatra Light South*. Minas : -
- PT Chevron Pacific Indonesia. 2004. *HAZOP Study Report Kotabatak Gathering Station*. SLS Operation : Minas
- PT Chevron Pacific Indonesia. 2005. *Operator & Technician Certification – Production Operation Modul 3A*. Duri : 218 hlm.
- Standard Australia International, 2004, *OHS Risk Management Handbook*, Sidney : Standard Australia International Ltd.
- Sullivan, SO & Jagger S. 2004. *Human Vulnerability to Thermal Radiation Offshore*. Health & Safety Laboratory. Harpul Hill, Buxton, Derbyshire : 30 hlm
- Tang, D. & Beattie, K. *Integrated Prediction of Fire, Smoke and Occupant Evacuation Of Building*, IES Limited & Dublin Instiute of Technology
- U.S Embassy. 2006. *Executive Summary Petroleum Report Indonesia 2005-2006*. Jakarta: 5 hlm.
- Wentz, Charles A. 1998. *Safety, Health, and Environmental Protection*. Singapore : 468 hlm.

Lampiran 1. *Material Data Sheet Sumatra Light Crude*

Environment Canada – Emergency Science and Technology Division

Name : Sumatran Light

Origin : Indonesia

Synonims : Minas

Data from OGJ 99 were originally published in 1983 as part of a series entitled
 “Guide to Export Crudes for the ‘80s

1. **API Gravity** : 32,9 (ESD 92); 34,5 (OGJ 99)
 2. **Equation for predicting evaporation** : % ev = {0,96 + (0,045.T)}.ln(t)
 (ESD 97)

Where

% ev = weight percent evaporated

T = surface temperature (°C)

t = time (minutes)

3. **Sulphur (weight %)** : 0,07 (ESD 93); 0,08 (OGJ 99)
 4. **Water content (weight %)** : 0,2 (ESD 98)
 5. **Flash point (°C)** : 17 (ESD 92)
 6. **Density (g/mL)** :

Temperature (°C)

0 0,877 (ESD 92)

15 0,86

7. **Pour point (°C)** : 38 (ESD 92); 36 (OGJ 99)
 8. **Dynamic viscosity (mPa.s or cP)** :

Temperature (°C)

0 NM (ESD 92)

15 41480(a)

322800(b)

Where shear rate (a) = 10/s ; (b) = 1/s

9. **Kinematic viscosity (mm²/s or cSt)** :
 Temperature (°C)
 50 12 (OGJ 99)
 10. **Emulsion formation** :
 Visual stability unstable (ESD 98)

Water content (wt %) 13

11. Chemical dispersability (Volume %) :

Corexit 9500 0 (ESD 98)

12. Hydrocarbon group (Volume %) :

Saturates 70 (ESD 95)

Aromatics 15

Resins 6

Asphaltenes 8 (ESD 97)

Waxes 10,8 (ESTD 02)

13. Adhesion (g/m²) :

Very waxy oil, difficult to measure 9 SD =2 (ESD 96)

14. Volatile organic compounds (ppm) :

Benzene 190 (ESD 94)

Toluene 370

Ethylbenzenes 90

Xylenes 840

C3-benzenes 1670

Total-BTEX 1490

Total-VOCs 3160

15. Boiling point distribution :

Boiling point (°C)	(Weight %)	
40	0,3	(ESTD 02)

60	0,8
----	-----

80	1,3
----	-----

100	2,2
-----	-----

120	3,2
-----	-----

140	4,6
-----	-----

160	6,5
-----	-----

180	8,9
-----	-----

200	11,3
-----	------

250	18,6
-----	------

300	28,1
-----	------

350	37,8
-----	------

400	48,2
-----	------

450	62,2
500	71,3
550	77,3
600	84,3
650	90,8

16. Yield on crude (Volume %) :

Boiling range (°C)

Light naptha (C5-93)	3	(OGJ 99)
Heavy naptha (93-171)	9	
Kerosene (171-238)	11	
Gas oil (238-343)	20	
Reduced crude (>343)	57	

17. Metals (ppm) :

Barium	< 0,3	(Cao 92)
Chromium	< 1,5	
Copper	2,0	
Iron	8,0	
Lead	< 3,0	
Magnesium	2,0	
Molybdenum	< 0,6	
Nickel	8,5	
Titanium	< 0,6	
Vanadium	0,7	
Zinc	< 0,6	

Acute toxicity of water soluble fraction (mg/L) :

	Test organism		
48 hours LC 50	daphnia magna	> 1,95(a)	(Harris 94)

Where (a) based on GC headspace analysis

Lampiran 2. Komposisi kimia *Sumatra Light Crude*

Rumus Kimia	Komposisi (%)
H ₂ S	0
H ₂ O	97,98158
N ₂	0,004239
CO ₂	0,016361
C ₁	0
C ₂	0,0002
C ₃	0,0002
C ₄	0,008998
C ₅	0,021996
C ₆	0,041192
C ₇	0,081785
C ₈	0,128376
C ₉	0,124577
C ₁₀	0,120777
C ₁₁	0,093382
C ₁₂	0,088983
C ₁₃	0,089983
C ₁₄	0,094582
C ₁₅	0,095982
C ₁₆	0,073786
C ₁₇	0,094982
C ₁₈	0,061988
C ₁₉	0,072586
C ₂₀	0,05519
C ₂₁	0,05419
C ₂₂	0,05499
C ₂₃	0,05339
C ₂₄	0,05119
C ₂₅	0,05479
C ₂₆	0,050191

C27	0,057989
C28	0,047391
C29	0,060789
C30 dan lebih	0,163369

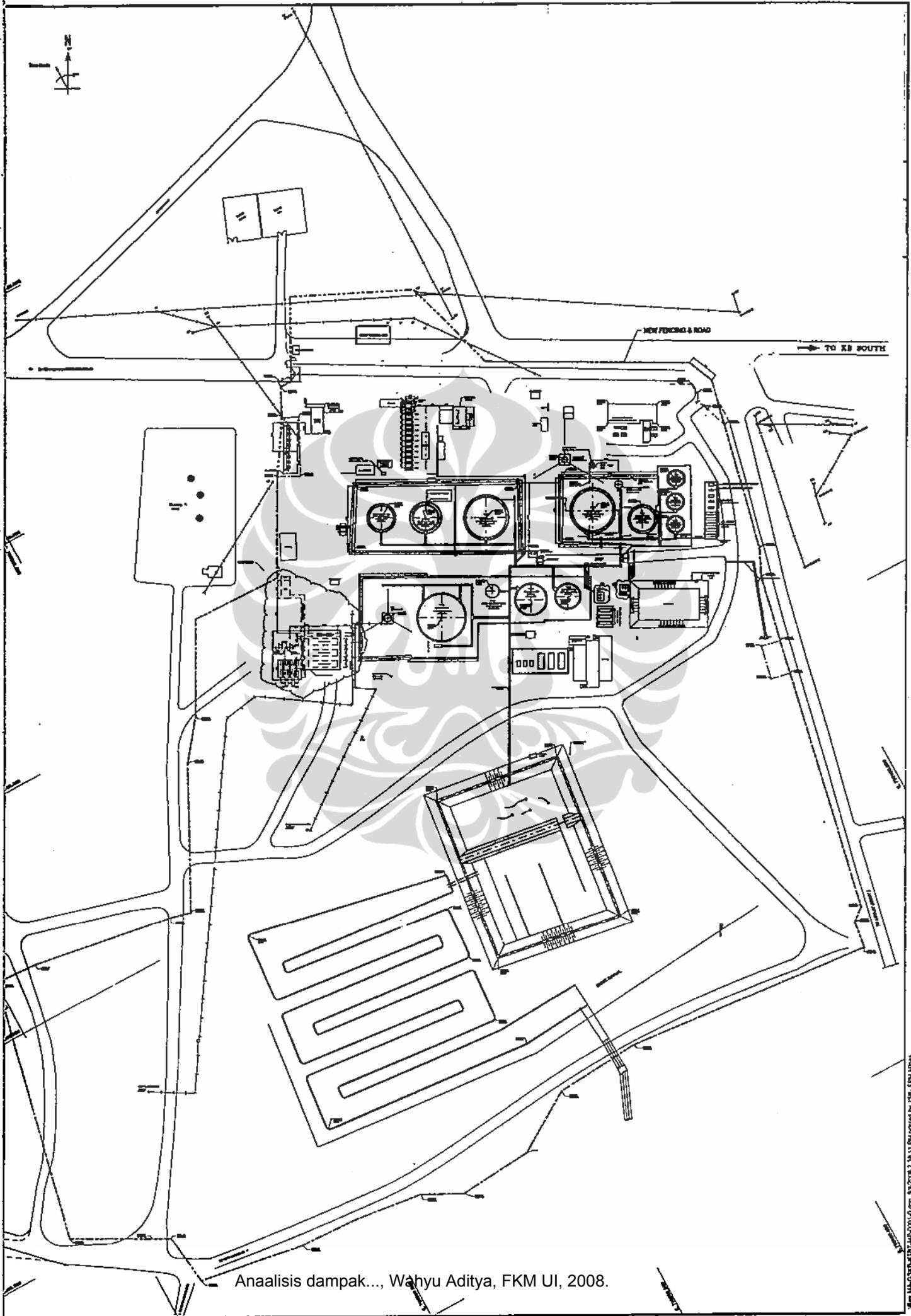


Lampiran 3. Sifat Fisik dan Sifat Kimia *Sumatra Light Crude*

Fraksi uap (massa)	0,093
Fraksi uap (molar)	0,025
Fraksi uap (volume)	0,088
Suhu	90 °F
Tekanan	19,5 PSIA
Entalpi	940,768 BTU/Lb
Entropi	0,293 BTU/Lb.°F
Berat molekul	111,633
Molar density	0,387 Lb.Mol/Ft ³
Massa jenis	43,236 Lb/Ft ³
Standard liquid mass density	44,110 Lb/Ft ³
Kapasitas panas molar	57,337 BTU/Lb.Mol.°F
Kapasitas panas massa	0,514 BTU/Lb.°F
Konduktivitas panas	0,070 BTU/Jam.°F
Viskositas	0,475 cP
Tegangan permukaan	19,552 Dyne/Cm
Panas spesifik	57,337 BTU/Mol.°F
Koefisien Z	0.009
Volume molar	2,582 Ft ³ /Lb.Mol
Koefisien Watson	12.678
Viskositas kinematis	0,685 cSt
Cp/Cv	1,171
Lower Heating Value	2.146.435,787 BTU/Lb.Mol
LHV massa	19.227,692
Berat jenis rata-rata fluida	1,367 Lb.Mol/ft ³
Panas penguapan	20.098,045 BTU/Lb.Mol
Panas massa penguapan	661,818 BTU/Lb
Nilai API	32,9 atau 34,5 °API
Flash point	17 °Celcius
Pour point	36 atau 38 ° Celcius

Lampiran 4. Sifat Fisik dan Sifat Kimia Gas Terasosiasi (*Associated Gas*)

Fraksi uap (massa)	0,522
Fraksi uap (molar)	0,638
Fraksi uap (volume)	0,733
Suhu	90 °F
Tekanan	19,5 PSIA
Entalpi	2.208,272 BTU/Lb
Entropi	1,195 BTU/Lb.°F
Berat molekul	37,125
Molar density	0,003 Lb.Mol/Ft ³
Massa jenis	0,124 Lb/Ft ³
Standard liquid mass density	27,799 Lb/Ft ³
Kapasitas panas molar	12,771 BTU/Lb.Mol.°F
Kapasitas panas massa	0,334 BTU/Lb.°F
Konduktivitas panas	0,013 BTU/Jam.°F
Viskositas	0,012 cP
Tegangan permukaan	-
Panas spesifik	12,771 BTU/Mol.°F
Koefisien Z	0,991
Volume molar	299,767 Ft ³ /Lb.Mol
Koefisien Watson	12,070
Viskositas kinematis	5,962 cSt
Cp/Cv	1,192
Lower Heating Value	409.503,265 BTU/Lb.Mol
LHV massa	11.030,265 BTU/Lb
Berat jenis rata-rata fluida	1,367 Lb.Mol/f ³
Panas penguapan	20.098,045 BTU/Lb.Mol
Panas massa penguapan	661,818 BTU/Lb
Flash point	< 0 °Celcius



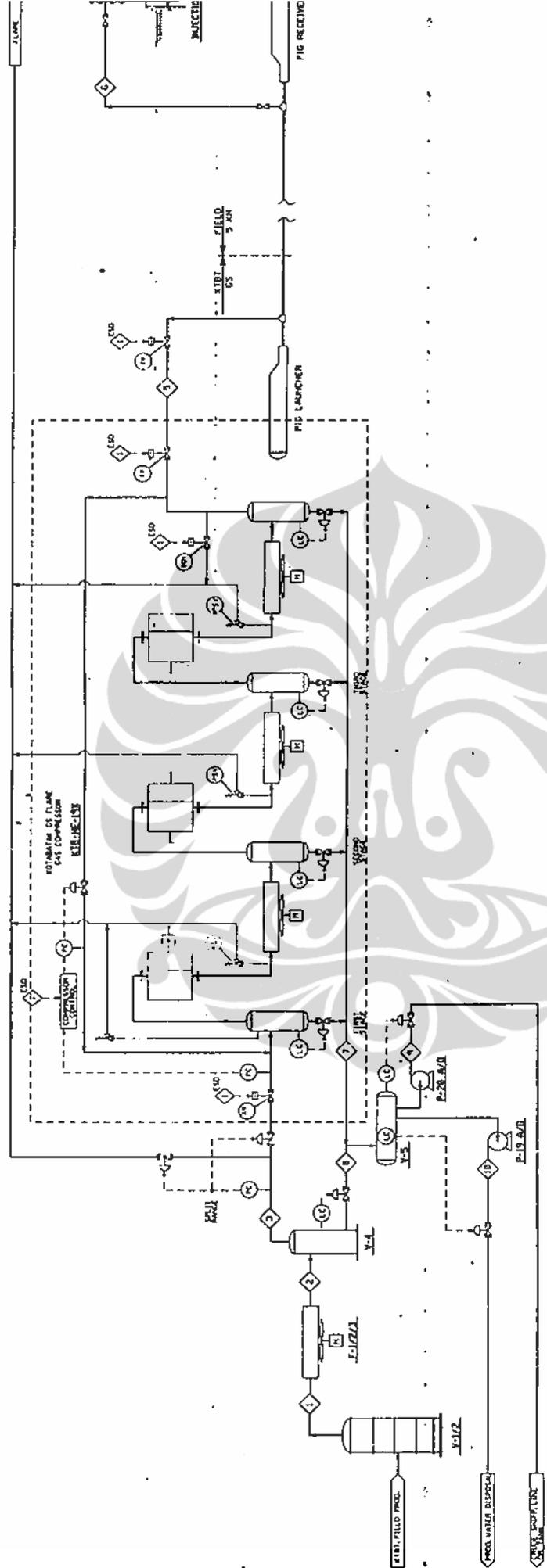
Analisis dampak..., Wahyu Aditya, FKM UI, 2008.

7.5 HP/5FC
 CAPACITY: 1588 cu ft
 DISCHARGE PRESS: 2 psig
 SUCTION PRESS: 1480 psig

WATER PUMP
 150 GPM

150 GPM

GAS BOILER
 150 GPM



STREAM NUMBER	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TEMPERATURE (°F)	290	110	110	70	110	110	110	110	110	110
TEMPERATURE (°C)	150	45	45	22	45	45	45	45	45	45
PRESSURE (psig)	15	9	5	2	150	175				
PRESSURE (psia)	30	24	20	17	165	190				
LIQUID FLOW RATE (GPM)										
LIQUID FLOW RATE (LPM)										
GAS STD. FLOWRATE (SCFD)										
GAS STD. FLOWRATE (LPM)										
MASS FLOWRATE (lb/hr)										
MASS FLOWRATE (kg/hr)										

