

**SKRIPSI**

**PREDIKSI MODEL KEBAKARAN DAN LEDAKAN PADA SPBU DI KOTA BANDA ACEH  
DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI TAHUN 2024**



**OLEH:**

**MUHAMMAD DEA AL-FATTAH**  
**2007110017**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH  
BANDA ACEH  
2024**

**SKRIPSI**

**PREDIKSI MODEL KEBAKARAN DAN LEDAKAN PADA SPBU DI KOTA BANDA ACEH  
DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI TAHUN 2024**

Skripsi ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat  
Universitas Muhammadiyah Aceh



OLEH:

**MUHAMMAD DEA AL-FATTAH**  
**2007110017**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH  
BANDA ACEH  
2024**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Dea Al-fattah

NPM : 2007110017

Fakultas : Kesehatan Masyarakat

Peminatan : Kesehatan dan keselamatan kerja

Judul Skripsi : PREDIKSI MODEL KEBAKARAN DAN LEDAKAN PADA SPBU DI KOTA  
BANDA ACEH DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI TAHUN 2024

Dengan ini saya menyatakan sebagai sebenarnya dan tanpa adanya paksaan, bahwa skripsi yang saya buat adalah benar-benar hasil karya dan pemikiran saya sendiri. Apabila di kemudian hari diketahui bahwa skripsi ini dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi akademis yang ditetapkan oleh Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Aceh (FKM UNMUHA) termasuk pembatalan hasil siding.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada paksaan.

Hormat Saya,  
Banda Aceh, Juli 2024

Muhammad Dea Al-fattah  
2007110017

## ABSTRAK

**Nama : M. Dea Al-Fattah**

**NPM :207110017**

### **“PREDIKSI MODEL KEBAKARAN DAN LEDAKAN PADA SPBU DI KOTA BANDA ACEH DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI TAHUN 2024”**

xix + 179 halaman + 4 tabel + 6 lampiran

Ukuran tangki timbun yang memiliki kapasitas minimal 30.000 liter bahan bakar sangat krusial dalam menilai risiko kebakaran dan ledakan yang disebabkan oleh kebocoran. Pengisian tangki yang melebihi kapasitas maksimum dapat mengakibatkan tumpahan bahan bakar, yang meningkatkan risiko kebakaran jika tumpahan tersebut bersentuhan dengan sumber panas. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi dan mengevaluasi potensi kebakaran dan ledakan di SPBU Kota Banda Aceh dengan menggunakan metode ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmosphere) sebagai dasar untuk mitigasi risiko dan sistem keselamatan migas.

Metode penelitian yang diterapkan adalah kuantitatif deskriptif dengan pendekatan observasional analitik dan pemodelan menggunakan perangkat lunak ALOHA. Penelitian ini menganalisis skenario Leak of Tank dan BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) di empat SPBU di Kota Banda Aceh. Data sekunder diperoleh dari jurnal, artikel terkait kebakaran dan ledakan di SPBU, serta dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Kota Banda Aceh.

Hasil pemodelan menunjukkan variasi dalam radius area mudah terbakar dan zona ancaman di setiap SPBU. Untuk skenario Leak of Tank, SPBU C memiliki radius area mudah terbakar terluas (56 meter), diikuti oleh SPBU A (46 meter), SPBU D (24 meter), dan SPBU B (19 meter). Untuk skenario BLEVE, SPBU D memiliki zona ancaman terbesar (709 meter), diikuti oleh SPBU A (673 meter), SPBU B (636 meter), dan SPBU C (625 meter).

Setiap SPBU memiliki tingkat risiko kebakaran dan ledakan yang berbeda, dipengaruhi oleh kondisi dan faktor lingkungan masing-masing lokasi. SPBU Kampung Mulia menunjukkan risiko tertinggi dari segi zona ancaman dan populasi berisiko. Untuk meningkatkan manajemen risiko, disarankan peningkatan inspeksi rutin, pelatihan staf, investasi dalam teknologi pengamanan, dan kepatuhan terhadap regulasi keselamatan. Penggunaan perangkat lunak ALOHA terbukti efektif dalam memberikan wawasan yang lebih baik untuk memperbaiki prosedur dan kebijakan yang ada.

**Kata Kunci:** Ledakan, Kebakaran, SPBU, ALOHA, BLEVE.

**Daftar Kepustakaan:** 37 Bacaan (2007-2023)

## ABSTRACT

**Name : M. Dea Al-Fattah**  
**NPM : 207110017**

### **“Prediction Model for Fires and Explosions at Gas Stations in Banda Aceh City Using Applications in 2024”**

xix + 179 pages + 4 tables + 6 appendices

The storage tank size, with a minimum capacity of 30,000 liters, is crucial for assessing the risk of fire and explosion due to leaks. Overfilling the tank can lead to fuel spills, increasing the risk of fire if the spill contacts a heat source. This study aims to predict and evaluate fire and explosion risks at gas stations in Banda Aceh City using the ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmosphere) method for risk mitigation and safety system improvements.

The research method involves quantitative descriptive analysis with an observational and analytical approach, utilizing ALOHA software. Scenarios analyzed include Tank Leak and BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) at four gas stations in Banda Aceh City. Secondary data were sourced from journals, articles on gas station fires and explosions, and from the Meteorology, Climatology, and Geophysics Agency (BMKG) of Banda Aceh City.

The modeling results reveal variations in flammable area radius and threat zone across gas stations. In the Tank Leak scenario, Gas Station C has the widest flammable area (56 meters), followed by Gas Station A (46 meters), Gas Station D (24 meters), and Gas Station B (19 meters). For the BLEVE scenario, Gas Station D has the largest threat zone (709 meters), with Gas Station A (673 meters), Gas Station B (636 meters), and Gas Station C (625 meters) following.

Each gas station exhibits different levels of fire and explosion risk due to local conditions and environmental factors. Gas Station Kampung Mulia shows the highest risk for threat zone and population at risk. Recommendations include enhancing routine inspections, staff training, investing in safety technology, and adhering to safety regulations. The ALOHA software has proven effective for gaining better insights into improving existing safety procedures and policies.

**Keywords: Explosion, fire, gas station, ALOHA, BLEVE.**

**Bibliography: 37 Readings (2007-2023)**

**PERNYATAAN PERSETUJUAN**

Skripsi ini telah Dipertahankan di hadapan Tim Penguji Skripsi Fakultas Kesehatan  
Masyarakat Universitas Muhammadiyah Aceh

Banda Aceh, 02 Agustus 2024

Pembimbing I

Pembimbing II


  
Dr. Tahara Dilla Santi, M.Biomed

  
Putri Aristasari, SKM, M.KKK

Mengetahui,

Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Universitas Muhammadiyah Aceh



  
Dr. Basri Aramico Ib., SKM., MPH

NIK 19811029 200603 1001

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**SKRIPSI**

**PREDIKSI MODEL KEBAKARAN DAN LEDAKAN PADA SPBU DI KOTA BANDA ACEH  
DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI TAHUN 2024**

Skripsi ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat  
Universitas Muhammadiyah Aceh

OLEH:

**M DEA AL FATTAH**  
**NPM: 2007110017**

Mahasiswa Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Universitas Muhammadiyah Aceh  
Telah lulus ujian skripsi pada hari Jum'at, 02 Agustus 2024

Banda Aceh, 02 Agustus 2024

Pembimbing I


Pembimbing II

  
**Dr. Tahara Dilla Santi, M.Biomed**

  
**Putri Aristasari, SKM, M.KKK**

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Universitas Muhammadiyah Aceh



  
**Dr. Basri Aramico Ib., SKM., MPH**  
**NIK: 19811029 200603 1001**

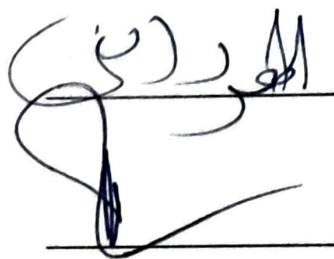
## PENGESAHAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah Dipertahankan Dihadapan tim penguji Skripsi  
Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Aceh

Banda Aceh, 02 Agustus 2024

Tanda Tangan

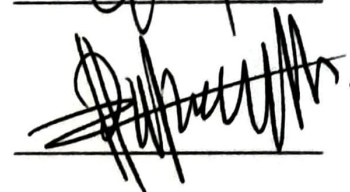
Ketua : Dr. Tahara Dilla Santi, M. Biomed



Penguji I : Dr. Basri Aramico Ib, SKM, MPH



Penguji II : Agustina, SST, M. Kes



Penguji III : Putri Ariscasari, SKM, M.KKK

FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH



DEKAN,

Dr. Basri Aramico Ib., SKM., MPH

NIK 19811029 200603 1001

## BIODATA

Nama : Muhammad Dea Al Fattah  
Tempat/Tgl. Lahir : Banda Aceh, 17 Maret 2002  
Agama : Islam  
Status Pekerjaan : Pelajar  
Alamat : Kajhu, Komplek Polayasa, Kec Baitusalam, Blok D 155  
Nama Ayah : Sumanto, S.Sos  
Nama Ibu : Siti Hajar, S.I.Kom  
Pekerjaan Orang Tua : PNS  
Alamat Orang Tua : Kajhu, Komplek Polayasa, Kec Baitusalam, Blok D 155

### Pendidikan yang Ditempuh

1. SD : SD Negeri 54 Banda Aceh
2. SMP : SMP IT Nurul Fikri Aceh Besar
3. SMU/SMA : SMA Al-Athiyah Banda Aceh
4. PT : Universitas Muhammadiyah Aceh

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Puji dan syukur kehadirat Allah SWT, dimana atas rahmat dan hidayah-Nya penulis telah dapat menyelesaikan Skripsi ini, salawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari alam jahiliyah ke alam islamiah.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Aceh. Dengan terwujudnya penulisan akhir ini, maka dengan penuh keikhlasan penulis sampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada ibu **Dr. Tahara Dilla Santi, M. Biomed** dan ibu **Putri Ariscasari, SKM, M.KKK** selaku pembimbing yang telah memberi petunjuk, arahan, bimbingan, dan dukungan mulai dari awal penulisan sampai akhir penulisan ini dan terimakasih juga kepada:

1. Kedua orang tua tercinta yang selalu memberikan do'a dan semangat dalam penyelesaian Skripsi ini.
2. Bapak Dr. H. Aslam Nur, MA selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Aceh.
3. Bapak Dr. Basri Aramico Ib, SKM, MPH selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Aceh.
4. ibu Putri Ariscasari, SKM, M.KKK selaku Ketua Peminatan Kesehatan dan Keselamatan Kerja di Fakultas Kesehatan Masyarakat di Universitas Muhammadiyah Aceh
5. Para Dosen Pembimbing di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Aceh.

6. Kepada Putra, Adil, Raju, Noval, Rahul, dan Mardiah yang telah banyak membantu dalam penyelesaian Skripsi ini.
7. Para dosen dan staff Akademik Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Aceh.
8. Semua teman-teman Mahasiswa FKM-UNMUHA yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan proposal ini.
9. Kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhirnya kepada Allah SWT kita sepantasnya berserah diri, tiada satupun yang terjadi tanpa kehendak-Nya. Harapan penulis, semoga Skripsi ini bermanfaat bagi penulis sendiri maupun bagi segenap pembaca dan masyarakat., Amin.

Banda Aceh, Juli 2024

Muhammad Dea Al-fattah  
2007110017

## DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL LUAR	
JUDUL DALAM	
LEMBAR PERNYATAAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN .....	vi
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	vii
BIODATA .....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR SINGKATAN .....	xix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xx
<b>BAB I .....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	7
1.3 Ruang Lingkup Penelitian .....	8
1.4 Tujuan Penelitian.....	8
1.4.1 Tujuan Umum.....	8
1.4.2 Tujuan Khusus .....	8
1.5 Manfaat Penelitian .....	9
1.5.1 Manfaat Teoritis .....	9
1.5.2 Manfaat Praktis .....	10
<b>BAB II .....</b>	<b>12</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>12</b>
2.1 Prediksi .....	12
2.2 API.....	15
2.2.1 Definisi API.....	15
2.2.2 Teori API .....	16
2.2.3 Teori Segitiga API ( <i>Fire Triangle</i> ) .....	16
2.2.4 Teori Tetrahedron Api ( <i>Fire Tetrahedron</i> ).....	18

2.2.5	Siklus Api (Life Cycle of Fire).....	19
2.2.6	Proses Penjalaran API.....	21
2.3	Kebakaran.....	23
2.3.1	Definisi Kebakaran.....	23
2.3.3	Klasifikasi Kebakaran .....	24
2.3.4	Proses Kebakaran .....	25
2.3.6	Tipe-Tipe Kebakaran.....	27
2.4	Ledakan .....	30
2.4.1	Definisi Ledakan .....	30
2.4.2	Jenis-Jenis Ledakan.....	32
2.5	Faktor-Faktor yang Menyebabkan Kebakan dan Ledakan di SPBU .....	33
2.6	Kesiapsiagaan dan Respon Plan .....	34
2.6.1	Prevention .....	34
2.6.2	Response and Procedure.....	35
2.6.4	Follow Up.....	36
2.7	Aplikasi .....	37
2.7.1	KAMELEON FIRE E-3D.....	37
2.7.2	BREEZE Incident Analyst.....	38
2.7.3	CHARM .....	38
2.8	ALOHA .....	39
2.9	SPBU (Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum).....	43
2.9.1	Definisi SPBU .....	43
2.9.2	Tipe-Tipe SPBU .....	44
2.9.3	Sarana dan Prasarana Pada SPBU .....	45
2.10	Kerangka Teori.....	46
	<b>BAB III .....</b>	<b>48</b>
	<b>KERANGKA KONSEP .....</b>	<b>48</b>
3.1	Kerangka Konsep .....	48
3.2	Defenisi Operasional .....	49
	<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>51</b>
4.1	Jenis Penelitian .....	51
4.2	Lokasi dan waktu Penelitian.....	51
4.3	Jenis Data.....	53
4.4	Pengumpulan Data .....	53
4.5	Teknik Pengumpulan Data .....	54

4.6	Pengolahan Data .....	55
4.7	Teknik Analisis Data.....	57
4.8	Penyajian Data.....	57
<b>BAB V .....</b>		<b>59</b>
<b>GAMBARAN UMUM .....</b>		<b>59</b>
5.1	Profil Singkat Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) .....	59
5.2	Visi Misi Perusahaan.....	61
5.3	Keamanan Produk & Layanan .....	62
5.4	Struktur Organisasi Perusahaan .....	62
5.5	Uraian Tugas Perusahaan.....	63
<b>BAB VI .....</b>		<b>67</b>
<b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>67</b>
6.1	Hasil Penelitian .....	67
6.2	Pembahasan .....	146
<b>BAB VII .....</b>		<b>164</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>164</b>
7.1	Kesimpulan .....	164
7.2	Saran.....	165
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>167</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>170</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Segitiga Api (fire triangle).....	17
Gambar 2.2 Teori Tetrahedon Api .....	18
Gambar 2.3 Reaksi Pembakaran .....	19
Gambar 2.4 Siklus Api .....	21
Gambar 2.5 Jet Fire .....	27
Gambar 2.6 Flash Fire .....	28
Gambar 2.7 Pool Fire.....	28
Gambar 2.8 Running Liquid Fire.....	29
Gambar 2. 9 Fireball atau BLEVE.....	29
Gambar 2. 10 Vapor Cloud Explosion .....	30
<b>Gambar 3. 1 Kerangka Konsep</b> .....	48
Gambar 6. 1 Lokasi Penelitian SPBU Simpang Dodik, lamtemen, Indonesia .....	69
Gambar 6. 2 Informasi Tentang Bangunan .....	69
Gambar 6. 3 Input Data Lokasi.....	70
Gambar 6. 4 Informasi Data Waktu Dan Tanggal .....	71
Gambar 6. 5 Input Data Bahan Kimia.....	72
Gambar 6. 6 Atmospheric Option 1.....	74
Gambar 6. 7 Atmospheric Option 2.....	74
Gambar 6. 8 Tank Size and Orientation .....	75
Gambar 6. 9 Chemical State and Temperature.....	76
Gambar 6. 10 Liquid Mass or Volume.....	77
Gambar 6. 11 Pemilihan Model Ledakan Type Of Tank Failure.....	78
Gambar 6. 12 Area and Type of Leak.....	79
Gambar 6. 13 Height of the Tank Opening .....	80
Gambar 6. 14 Text Summary .....	81
Gambar 6. 15 Flammable Area .....	82
Gambar 6. 16 Type of Tank Failure .....	83
Gambar 6. 17 BLEVE Percent Mass in Fireball .....	84
Gambar 6. 18 Text Summary .....	86
Gambar 6. 19 Flammable Area .....	87
Gambar 6. 20 Informasi Lokasi.....	89
Gambar 6. 21 Informasi Tentang Bangunan .....	89
Gambar 6. 22 Input Data Lokasi.....	90
Gambar 6. 23 Informasi Data Waktu Dan Tanggal .....	91
Gambar 6. 24 Informasi Bahan Kimia .....	92
Gambar 6. 25 Atmospheric data option 1 .....	93
Gambar 6. 26 Atmospheric data option 2.....	94
Gambar 6. 27 Tank Size and Orientation .....	95
Gambar 6. 28 Chemical State and Temperature .....	96
Gambar 6. 29 Liquid Mass or Volume.....	97
Gambar 6. 30 Pemilihan Model Ledakan Type Of Tank Failure.....	98
Gambar 6. 31 Area and Type of Leak.....	99
Gambar 6. 32 Height of the Tank Opening .....	99
Gambar 6. 33 Text Summary .....	100

Gambar 6. 34 Flammable Area .....	102
Gambar 6. 35 Pemilihan Model Ledakan BLEVE .....	103
Gambar 6. 36 BLEVE Percent Mass in Fireball .....	104
Gambar 6. 37 Text Summary .....	105
Gambar 6. 38 Flammable Area .....	106
Gambar 6. 39 Informasi Lokasi.....	108
Gambar 6. 40 Informasi Tentang Bangunan .....	108
Gambar 6. 41 Input Data Tentang Lokasi.....	109
Gambar 6. 42 Input Data Waktu Dan Tanggal .....	110
Gambar 6. 43 Informasi Bahan Kimia .....	111
Gambar 6. 44 Atmospheric data option 1 .....	112
Gambar 6. 45 Atmospheric data option 2 .....	113
Gambar 6. 46 Tank Size and Orientation .....	114
Gambar 6. 47 Chemical State and Temperature .....	115
Gambar 6. 48 Liquid Mass or Volume .....	116
Gambar 6. 49 Pemilihan Model Ledakan Leaking Tank .....	117
Gambar 6. 50 Area and Type of Leak .....	118
Gambar 6. 51 Height of the Tank Opening .....	119
Gambar 6. 52 Text Summary .....	120
Gambar 6. 53 Flammable Area .....	121
Gambar 6. 54 Pemilihan Model Ledakan BLEVE .....	123
Gambar 6. 55 BLEVE Percent Mass in Fireball .....	123
Gambar 6. 56 Text Summary .....	125
Gambar 6. 57 Flammable Area .....	126
Gambar 6. 58 Informasi Lokasi.....	128
Gambar 6. 59 Informasi Jenis Bangunan .....	128
Gambar 6. 60 Input Data Lokasi.....	129
Gambar 6. 61 Informasi Data Waktu Dan Lokasi .....	130
Gambar 6. 62 Informasi Bahan Kimia .....	131
Gambar 6. 63 Atmospheric Data Option 1.....	133
Gambar 6. 64 Atmospheric Data Option 2.....	133
Gambar 6. 65 Tank Size and Orientation .....	135
Gambar 6. 66 Chemical State and Temperature .....	135
Gambar 6. 67 Liquid Mass or Volume.....	136
Gambar 6. 68 Pemilihan Model Ledakan BLEVE .....	137
Gambar 6. 69 Area and Type Leak .....	138
Gambar 6. 70 Height of the Tank Opening .....	139
Gambar 6. 71 Text Summary Hasil Pemodelan BLEVE.....	140
Gambar 6. 72 Flammable Area .....	141
Gambar 6. 73 Pemilihan Model Ledakan BLEVE .....	142
Gambar 6. 74 BLEVE percent Mass in Fireball .....	143
Gambar 6. 75 Text Summary Hasil Pemodelan BLEVE.....	144
Gambar 6. 76 Flammable Area BLEVE .....	145
Gambar 6. 77 Prediksi Model Ledakan dan Kebakaran Tipe Leaking Tank Poll Fire	147
Gambar 6. 78 Threat Zone SPBU Simpang Dodik 14.239.411 .....	148
Gambar 6. 79 Prediksi Model Ledakan dan Kebakaran Tipe BLEVE .....	150

Gambar 6. 80 Prediksi Model Ledakan dan Kebakaran Tipe Leaking Tank Poll Fire	151
Gambar 6. 81 Threat Zone SPBU Simpang Dodik 14.239.411 .....	152
Gambar 6. 82 Prediksi Model Ledakan dan Kebakaran Tipe BLEVE .....	154
Gambar 6. 83 Prediksi Model Ledakan dan Kebakaran Tipe Leaking Tank Poll Fire	156
Gambar 6. 84 Threat Zone SPBU Kuta Alam 14.234.412 .....	157
Gambar 6. 85 Prediksi Model Ledakan dan Kebakaran Tipe BLEVE .....	159
Gambar 6. 86 Prediksi Model Ledakan dan Kebakaran Tipe Leaking Tank Poll Fire	160
Gambar 6. 87 Threat Zone SPBU Kampung Mulia 14.231.482 .....	161
Gambar 6. 88 Prediksi Model Ledakan dan Kebakaran Tipe BLEVE .....	163

## DAFTAR TABEL

TABEL 2. 1 TIPE SPBU PERTAMINA DAN BESARNYA INITIAL FEE .....	44
TABEL 2. 2 TIPE-TIPE TANGKI SPBU LUAS DAN KAPASITAS.....	45
TABEL 3. 1 DEFINISI OPERASIONAL .....	49
TABEL 4. 1 NAMA DAN ALAMAT STASIUN PENGISIAN BAHAN BAKAR UMUM (SPBU) KOTA BANDA ACEH .....	51

## DAFTAR SINGKATAN

SPBU (Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum)

ALOHA (*Areal Location of Hazardous Atmosphere*)

BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*)

SOP (Standar Operasional Prosedur)

COCO (*Company Operation Company Owner*)

DODO (*Dealer Operation Company Owner*)

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran I** Informasi Kepada Responden
- Lampiran II** Pernyataan Persetujuan Responden
- Lampiran III** Kuesioner Observasi
- Lampiran IV** Surat Izin Penelitian
- Lampiran V** Data Badan Meteorologi dan Klimatologi Geofisika (BMKG)
- Lampiran VI** Approval Status Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU)
- Lampiran VII** Dokumentasi Penelitian

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Sarana Penyimpanan Bahan Bakar Minyak (SPBU) merupakan infrastruktur vital dalam industri minyak dan gas, yang berperan dalam mendistribusikan bahan bakar kepada masyarakat. Namun, SPBU juga memiliki risiko tinggi terkait dengan kebakaran dan ledakan yang dapat mengancam keselamatan manusia, lingkungan, dan aset perusahaan. Kebakaran dan ledakan di SPBU dapat memiliki konsekuensi serius, termasuk kerugian finansial yang besar, dampak lingkungan yang merusak, dan bahkan kehilangan nyawa (Lestari *et al.*, 2019)

Faktor-faktor ledakan dan kebakaran di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) saat ini sangatlah menjadi esensial mengingat peran krusial SPBU dalam memenuhi kebutuhan bahan bakar kendaraan dan transportasi. Di sisi lain, SPBU juga merupakan potensi sumber risiko serius terhadap kejadian kebakaran dan ledakan yang berpotensi mengancam keselamatan masyarakat serta lingkungan sekitarnya. Berbagai faktor memengaruhi risiko kejadian tersebut, termasuk sifat bahaya bahan bakar yang mudah terbakar, potensi kebocoran bahan bakar, percikan api atau panas yang mungkin terjadi, kesalahan manusia dalam operasional SPBU, serta faktor-faktor lingkungan (Yulianto *et al.*, 2022)

Salah satu faktor yang berkontribusi pada bahaya kebakaran dan ledakan di SPBU adalah ketidaksesuaian dengan Standar Operasional Prosedur (SOP) yang telah ditetapkan. SOP yang ketat dirancang untuk meminimalkan risiko kecelakaan dengan mengatur tindakan dan praktik yang harus diikuti oleh petugas SPBU. Namun, ketika

SOP tidak diikuti atau diabaikan, potensi bahaya meningkat secara signifikan. Dampak dari ketidaksesuaian dengan SOP di SPBU, dapat mengakibatkan kerugian finansial yang besar akibat kerusakan peralatan dan infrastruktur. Tidak hanya berdampak pada finansial dan infrastruktur saja tapi juga berdampak pada lingkungan seperti tumpahan bahan bakar di area SPBU, sehingga berdampak pada petugas SPBU, seperti cedera serta berpotensi kehilangan (Jihan, 2020).

Kasus ledakan dan kebakaran di SPBU adalah situasi berbahaya yang dapat mengancam manusia, lingkungan, dan aset. Berdasarkan data dari (Ahrens et al., 2020) Amerika Serikat memiliki jumlah stasiun pengisian bahan bakar (SPBU) terbanyak di dunia, yakni lebih dari 140.000. Selain itu, frekuensi kejadian ledakan SPBU terbesar juga terjadi di Amerika Serikat. Data menunjukkan bahwa dari total 550 kejadian ledakan SPBU yang terjadi, semuanya (100%) terjadi di Amerika Serikat, dengan 9 (100%) kematian dan 43 (100%) kecelakaan. Selain itu, dinyatakan bahwa kerugian properti akibat kejadian ini mencapai \$11.1 (37%) dari harga kerusakan langsung.

Dikutip dalam BBC (*British Broadcasting Corporation*) telah terjadinya tragedi kebakaran dan ledakan di pompa bensin di Dagestan, Rusia. Pihak berwenang Rusia telah menginformasikan bahwa sekitar 260 pekerja darurat telah dikerahkan ke lokasi tragedi ini untuk melakukan upaya penyelamatan dan pemadaman api (Mahdanie et al., 2023).

Di Indonesia pada tahun 2022, terdapat sekitar 14.020 stasiun pengisian bahan bakar yang terbagi 7.868 SPBU dan 6.152 Pertashop yang tersebar di setiap wilayah kabupaten dan kota. Di kota Banda Aceh sendiri, terdapat 12 SPBU yang

masih aktif dan melayani pengisian bahan bakar hingga saat ini. PT Pertamina berkomitmen untuk terus meningkatkan jumlah SPBU guna memberikan kemudahan bagi setiap konsumen (Muhammad Ridwan, 2022).

Menurut (Rizki et al., 2023) tragedi kebakaran dan ledakan di Indonesia yang terjadi di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) Alang-Alang, yang terletak di Kabupaten Toraja Utara, Sulawesi Selatan. Kebakaran yang terjadi di SPBU ini merenggut satu mobil pikap yang sedang berada di lokasi tersebut. Sayangnya, sopir mobil tersebut tidak berhasil melarikan diri dari api yang meluas dengan cepat, dan ia menderita luka bakar yang parah. Kondisinya yang kritis menuntut perawatan medis intensif agar dapat pulih dari cedera serius yang dialaminya.

Kejadian ini mengingatkan kita tentang urgensi pengelolaan risiko di SPBU. Pengisian bahan bakar adalah aktivitas yang umum dilakukan oleh masyarakat, dan keselamatan mereka harus menjadi prioritas utama. Kebakaran di SPBU tidak hanya mengancam nyawa dan kesehatan individu, tetapi juga dapat memiliki dampak yang merugikan secara ekonomi dan lingkungan (Melda Yenni *et al.*, 2021)

Strategi-strategi manajemen risiko yang relevan untuk mencegah terjadinya kebakaran dan ledakan pada industri pengisian bahan bakar, hal ini termasuk kedalam pemeliharaan dan inspeksi rutin untuk memastikan bahwa semua peralatan dan sistem di SPBU berfungsi dengan baik dan memenuhi standar keselamatan yang ditetapkan. Ini mencakup memeriksa kondisi pompa bahan bakar, saluran pengiriman, peralatan pemadam kebakaran, dan sistem deteksi kebocoran gas. Selain itu, pelatihan yang memadai kepada staf SPBU tentang prosedur keselamatan yang tepat dalam menangani bahan bakar dan peralatan terkait sangat penting untuk

meningkatkan kesadaran akan tindakan pencegahan ledakan dan cara merespons situasi darurat. Hal ini mencakup pelatihan dalam penggunaan peralatan pemadam kebakaran, tindakan evakuasi, dan penanganan kebocoran atau ledakan. Investasi dalam teknologi pengamanan terkini seperti sensor deteksi gas, pemadam kebakaran otomatis, sistem pemadam kebakaran berbasis aerosol, dan sistem pengamanan lainnya juga perlu dipertimbangkan untuk mendeteksi dan mencegah potensi kebocoran atau ledakan. Teknologi-teknologi ini dapat memberikan peringatan dini dan membantu mengendalikan kebakaran sebelum menjadi lebih besar (Budi Yulianto, 2022).

Penerapan peraturan dan standar keselamatan yang ketat untuk industri SPBU juga sangat penting. Hal ini termasuk memastikan bahwa SPBU mematuhi semua regulasi keamanan yang berlaku, seperti standar konstruksi bangunan, penyimpanan bahan bakar yang aman, dan prosedur operasional yang sesuai. Perencanaan respons darurat yang komprehensif dan pelatihan staf untuk merespons dengan cepat dan efektif dalam situasi darurat seperti kebocoran atau ledakan juga harus menjadi prioritas. Perencanaan ini mencakup pengembangan rencana evakuasi, komunikasi darurat, dan pelatihan dalam penanganan situasi kritis (Endrianto, 2023).

Kasus ledakan di SPBU adalah pengingat penting tentang pentingnya mengelola risiko dengan baik di sekitar fasilitas tersebut. SPBU adalah tempat yang digunakan oleh masyarakat secara luas, sehingga keselamatan mereka harus menjadi prioritas utama. Insiden ledakan di SPBU tidak hanya mengancam keselamatan individu, tetapi juga dapat berdampak negatif secara ekonomi dan lingkungan,

terutama bagi komunitas sekitar SPBU (Tejamaya, 2022). Peningkatan jumlah SPBU di Kota Banda Aceh adalah cermin dari pertumbuhan ekonomi dan mobilitas penduduk di wilayah tersebut. Dalam konteks yang semakin kompleks ini, penerapan teknologi canggih seperti ALOHA untuk menganalisis dan mengelola risiko kebakaran dan ledakan di SPBU menjadi sangat relevan. Ini mencerminkan kesadaran akan pentingnya keselamatan dan perlindungan lingkungan dalam menghadapi tantangan yang datang bersamaan dengan pertumbuhan industri.

Banda Aceh, sebagai ibu kota Provinsi Aceh yang terletak di pesisir utara Pulau Sumatera, merupakan daerah yang memiliki sejumlah SPBU yang penting dalam mendukung mobilitas penduduk dan kegiatan ekonomi di wilayah ini. Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan industri dan peningkatan permintaan bahan bakar di Kota Banda Aceh telah menghasilkan peningkatan jumlah SPBU. Oleh karena itu, penting untuk memahami dan mengelola risiko kebakaran dan ledakan di SPBU dengan lebih baik, terutama dengan memanfaatkan teknologi dan alat analisis terkini seperti ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmospheres) (Setyono, 2018).

Di Aceh sendiri, pada tanggal 9 Agustus 2017 terjadi kebakaran pada sebuah Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) Jln Teuku Umar, No 2 Simpang Jam/Taman Sari, Banda Aceh dengan No SPBU 14232485 kepemilikan PT Johan Besaudara, disebabkan oleh operator kurangnya memahami secara mendalam tentang bahaya dan resiko Bahan Bakar Minyak (BBM), kurangnya pelatihan sehingga mengakibatkan kurangnya *awareness* yang mendalam terhadap bahaya BBM, pekerja juga kurang terampil dalam menggunakan APAR/APAB sehingga kebakaran tersebut tidak dapat diatasi dengan cepat. Faktor lain dari penyebab kebakaran SPBU

ini adalah operator dan pekerja SPBU yang tidak memahami bahwa tumpahan BBM saat membersihkan *strainer* yang masuk kedalam *cabl duct* akan berakumulasi, membentuk campuran yang mudah terbakar yang berpotensi menimbulkan kebakaran jika adanya sumber panas/api. Adapun peralatan APAR/APAB yang sudah saatnya untuk dilakukan pemeriksaan tidak dilaksanakan sesuai dengan jadwal yang ditetapkan sesuai dengan Standar Operasional Prosedur (SOP) dan *Job Safety Analysis* (JSA) (Migas, 2018).

Adapun kebakaran tersebut tidak menyebabkan ledakan di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) di Kota Banda Aceh tetapi tetap menjadi esensial mengingat peran SPBU di Kota Banda Aceh sangat berpengaruh dalam memenuhi kebutuhan bahan bakar bermotor dan bermobil di Kota Banda Aceh. Disisi lain, SPBU merupakan salah satu sumber potensi resiko serius terjadinya kebakaran dan ledakan yang mengancam keselamatan masyarakat, pekerja serta lingkungan yang ada di sekitar SPBU tersebut (Migas, 2018).

Oleh karena itu, pentingnya dilakukan analisis perhitungan level risiko menggunakan perangkat lunak ALOHA pada scenario kebocoran BBM yang terdiri dari unsur Benzena dimana terdapat kebocoran pada tangki timbun SPBU. ALOHA memiliki kemampuan untuk menampilkan beberapa model jenis scenario yang sering terjadi pada kebocoran bahan kimia, yaitu: *Jet fire*, *Flash fire*, dan *Pool fire*. Pada penelitian ini menggunakan *flammable liquid* yaitu Pertamina yang terdiri dari senyawa kimia Benzena. Perangkat lunak ALOHA akan memberikan informasi mengenai luasan area yang termasuk zona merah, oranye dan kuning berdasarkan

tekanan ledakannya serta probabilitas fasilitas eksisting yang akan terkena dampaknya.

Penelitian ini bertujuan untuk kesenjangan pengetahuan mengenai penggunaan ALOHA dalam menganalisis faktor penyebab kebakaran dan ledakan di SPBU, khususnya di Kota Banda Aceh. Penelitian ini akan mengidentifikasi faktor penyebab kebakaran dan ledakan di SPBU menggunakan ALOHA pada tahun 2024. Hasil penelitian diharapkan akan memberikan wawasan yang lebih baik dalam manajemen risiko SPBU, berkontribusi pada keselamatan masyarakat, dan membantu dalam perbaikan prosedur dan kebijakan yang ada.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Potensi terjadinya ledakan dan kebakaran di stasiun pengisian bahan bakar (SPBU) sangat tinggi, terutama ketika mempertimbangkan lingkungan yang kurang mendukung dan tingkat kesadaran pekerja terhadap Standar Operasional Prosedur (SOP) keselamatan kerja. Khususnya di wilayah Kota Banda Aceh, peningkatan jumlah SPBU mencerminkan pertumbuhan ekonomi dan mobilitas penduduk di daerah tersebut. Berdasarkan data yang didapatkan dalam kurun waktu 10 tahun terakhir terdapat sebuah kejadian kebakaran SPBU yang ada di Kota Banda Aceh yang mana kejadian kebakaran tersebut di sebabkan kurangnya pemahaman operator dan pekerja SPBU tentang potensi bahayanya BBM sehingga menyebabkan terjadinya kebakaran pada SPBU tersebut. Walaupun kejadian itu hampir menghancurkan seluruh SPBU tersebut tetapi tidak terjadi ledakan pada SPBU tersebut. Untuk menghindari terjadinya potensi kebakaran dan ledakan terjadi lagi penting untuk mengantisipasi potensi risiko ini dengan melakukan Hazard screening menggunakan

metode ALOHA. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memprediksi dan mengevaluasi potensi terjadinya kebakaran dan ledakan di SPBU Kota Banda Aceh dengan menggunakan metode ALOHA. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dalam upaya pencegahan potensi kecelakaan kerja, yang akan membantu pembuat kebijakan untuk merespons potensi insiden yang mungkin terjadi di masa depan.

### **1.3 Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup penelitian dalam penelitian ini mencakup analisis potensi risiko ledakan dan kebakaran di stasiun pengisian bahan bakar (SPBU) di Kota Banda Aceh. Potensi risiko ini dievaluasi dengan menggunakan metode ALOHA.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini dibedakan menjadi 2 tujuan yaitu, tujuan umum dan tujuan khusus.

#### **1.4.1 Tujuan Umum**

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk memprediksi potensi kebakaran dan ledakan pada SPBU wilayah Kota Banda Aceh dengan metode ALOHA, sehingga potensi kecelakaan kerja akan terdeteksi dan menjadi referensi atas upaya kesiapsiagaan.

#### **1.4.2 Tujuan Khusus**

Berdasarkan rumusan masalah, dapat disimpulkan tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui *flammable area* jika terjadinya kebakaran dan ledakan berdasarkan ukuran tangki serta bahan kimia yang mengandung *Benzene* dalam bahan bakar minyak di seluruh SPBU Kota Banda Aceh
2. Mengidentifikasi *threat zone* jika terjadinya kebakaran dan ledakan dampak besar wilayah berdasarkan ukuran tangki timbun yang terjadi serta kandungan dalam bakar minyak di seluruh SPBU Kota Banda Aceh
3. Mengidentifikasi sumber kebocoran pada *Tank source* jika terjadinya kebakaran dan ledakan, berdasarkan kebocoran tangki timbun pada bahan bakar minyak di seluruh SPBU Kota Banda Aceh
4. Melakukan pemetaan wilayah terdampak dengan *including system Google Earth* pada aplikasi ALOHA, jika terjadinya kebakaran dan ledakan berdasarkan ukuran tangki serta kandungan bahan bakar minyak pada Kawasan SPBU di seluruh SPBU Kota Banda Aceh

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian dalam penelitian ini dibagi menjadi 2 bagian, yaitu manfaat praktis dan manfaat teoritis.

### **1.5.1 Manfaat Teoritis**

Penelitian ini berkontribusi signifikan terhadap literatur keselamatan kerja dengan memperkenalkan pendekatan baru dalam mengidentifikasi dan mengantisipasi risiko kebakaran serta ledakan di stasiun pengisian bahan bakar. Dengan mengaplikasikan metode ALOHA, penelitian ini tidak hanya memperkaya pengetahuan tentang praktik keselamatan kerja di SPBU tetapi juga mendukung pengembangan dan perbaikan metode ALOHA sebagai alat prediksi risiko di lingkungan kritis. Temuan dari penelitian ini menyediakan dasar untuk

pengembangan model prediktif yang dapat diterapkan dalam kasus serupa di sektor lain, serta meningkatkan pemahaman mendalam tentang faktor-faktor risiko di lingkungan SPBU dan efektivitas implementasi prosedur keselamatan operasional (SOP) dalam mengurangi risiko potensial.

### **1.5.2 Manfaat Praktis**

#### **1. Manfaat Bagi Peneliti**

Penelitian ini memberikan beberapa manfaat signifikan bagi peneliti dan pengembangan keilmuan di bidang keselamatan industri. Pertama, peneliti akan memperoleh pengalaman berharga dalam menerapkan metode hazard screening menggunakan perangkat lunak ALOHA, khususnya dalam konteks kebakaran dan ledakan di SPBU. Kedua, penelitian ini akan meningkatkan pemahaman peneliti tentang berbagai faktor risiko yang dapat mempengaruhi keselamatan di lingkungan industri, terutama di SPBU, serta bagaimana faktor-faktor tersebut dapat diukur dan dikelola. Terakhir, hasil penelitian ini membuka peluang untuk penelitian lanjutan, memungkinkan pengembangan model prediktif yang lebih canggih untuk kasus serupa di masa depan, serta memperkaya literatur ilmiah di bidang keselamatan industri.

#### **2. Manfaat Bagi Institusi Pendidikan**

Penelitian ini berperan penting dalam menambah kekayaan literatur dan pengetahuan dalam bidang keselamatan dan pengelolaan risiko, yang dapat dijadikan sebagai sumber referensi berharga untuk kurikulum dan penelitian di institusi pendidikan. Selain itu, penelitian ini juga memberikan kontribusi dalam mempromosikan kesadaran akan pentingnya keselamatan kerja di lingkungan

industri, membantu institusi pendidikan untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa dan peserta pelatihan mengenai praktik dan prosedur keselamatan yang esensial.

### 3. Manfaat Bagi Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Penelitian ini menyediakan data dan hasil analisis yang sangat berguna untuk mengidentifikasi risiko dan mengantisipasi potensi insiden kebakaran dan ledakan di stasiun pengisian bahan bakar, yang pada gilirannya dapat membantu dalam upaya pencegahan kecelakaan kerja. Selain itu, penelitian ini memberikan landasan yang kokoh untuk pengembangan prosedur operasi standar (SOP) dan panduan kesiapsiagaan yang lebih efektif, yang akan berkontribusi pada perlindungan yang lebih baik bagi pekerja dan lingkungan di SPBU.

### 4. Manfaat Bagi Pemerintah

Penelitian ini memberikan informasi yang penting bagi badan pengatur, seperti Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi (BPH Migas), dalam merancang peraturan dan regulasi yang lebih ketat untuk meningkatkan keselamatan di stasiun pengisian bahan bakar. Selain itu, hasil penelitian ini juga membantu pemerintah dalam memahami risiko potensial di SPBU, sehingga mereka dapat merancang kebijakan yang lebih efektif untuk mengelola risiko ini dan merespons insiden yang mungkin terjadi dengan lebih baik.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Prediksi

##### 2.1.1 Definisi Prediksi

Prediksi adalah suatu proses sistematis untuk mengestimasi kemungkinan terjadinya suatu kejadian di masa depan, dengan memanfaatkan informasi yang ada dari masa lalu dan situasi saat ini. Tujuannya adalah untuk meminimalkan kesalahan antara apa yang diprediksi dengan apa yang sebenarnya terjadi. Meskipun tidak menjanjikan kepastian mutlak tentang hasil akhir, melainkan prediksi berupaya untuk memberikan perkiraan yang seakurat mungkin dengan apa yang akan terjadi di masa mendatang (Kafil, 2019).

Memprediksi ledakan dan kebakaran pada SPBU merupakan proses yang kompleks dan melibatkan berbagai faktor. Berikut adalah beberapa mekanisme yang dapat digunakan untuk memprediksi potensi terjadinya peristiwa tersebut: analisis faktor risiko, model matematika dan statistik, simulasi komputer, dan sistem pemantauan. Berdasarkan hasil prediksi, ledakan dan kebakaran pada SPBU dapat dikategorikan sebagai risiko rendah, risiko sedang, atau risiko tinggi. Namun, penting untuk dicatat bahwa prediksi ini hanya perkiraan dan tidak dapat menjamin bahwa ledakan dan kebakaran tidak akan terjadi. Oleh karena itu, selalu diperlukan langkah-langkah pencegahan yang memadai dan meningkatkan kewaspadaan untuk meminimalisir potensi terjadinya ledakan dan kebakaran pada SPBU (Arfani, 2021).

### 2.1.2 Metode Prediksi

Kebakaran dan ledakan pada SPBU adalah salah satu bahaya utama yang dapat menyebabkan kerusakan material, kematian, dan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengembangkan model prediksi untuk mencegah dan meminimalkan risiko kebakaran dan ledakan pada SPBU. Adapun berbagai metode telah dikembangkan untuk memprediksi kebakaran dan ledakan pada SPBU, antara lain (Puspitasari., *et al* 2019):

1. Metode Fuzzy Logic

Metode ini menggunakan sistem inferensi fuzzy untuk memprediksi bahaya kebakaran dan ledakan menggunakan suhu, tekanan, dan konsentrasi gas.

2. Metode Image Processing

Metode ini menggunakan algoritma pengolahan gambar untuk mengidentifikasi tanda-tanda awal kebakaran seperti asap dan api.

3. Jaringan Saraf Tiruan

Berdasarkan data historis dan sensor, metode ini menggunakan model pembelajaran mesin untuk memprediksi kemungkinan kebakaran dan ledakan.

4. Analisis Bahaya dan Operabilitas (HAZOP)

Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi potensi ledakan dan kebakaran pada SPBU serta merencanakan tindakan pencegahan kebakaran.

5. Internet of Things (IoT)

Sistem IoT dapat memantau kondisi SPBU secara real-time dan menggunakan data sensor untuk memprediksi kebakaran dan ledakan.

### **2.1.3 Kelebihan dan Kekurangan Metode Prediksi**

Setiap metode prediksi memiliki manfaat dan kelemahan. Metode fuzzy logic dan jaringan saraf tiruan dapat memberikan prediksi yang cukup akurat, tetapi mereka membutuhkan banyak data pembelajaran. Meskipun faktor pencahayaan dan gangguan visual lainnya dapat berpengaruh, metode pemrosesan gambar dapat menemukan tanda-tanda awal kebakaran. Meskipun HAZOP adalah metode yang sistematis untuk menemukan bahaya kebakaran, itu membutuhkan banyak waktu dan sumber daya. Meskipun sangat mahal, sistem berbasis IoT dapat memantau kondisi SPBU secara real-time (Aulia, 2021).

### **2.1.4 Penerepan Model Prediksi**

Model prediksi kebakaran dan ledakan pada SPBU dapat diterapkan dalam berbagai hal, antara lain (Arfani, 2021):

1. Desain dan pembangunan SPBU

Dengan menggunakan model prediksi, desain dan pembangunan SPBU yang lebih aman dan tahan terhadap kebakaran dan ledakan dapat dilakukan.

2. Operasi dan pemeliharaan SPBU

Model prediksi dapat membantu operasi dan pemeliharaan SPBU, misalnya, mereka dapat membantu menentukan jadwal inspeksi dan pemeliharaan berkala pada peralatan SPBU.

3. Pengembangan sistem peringatan dini

Sistem peringatan dini kebakaran dan ledakan pada SPBU dapat dibuat dengan menggunakan model prediksi.

4. Pelatihan petugas SPBU

Model prediksi dapat membantu petugas SPBU mempelajari cara mencegah dan menangani kebakaran dan ledakan.

## **2.2 API**

### **2.2.1 Definisi API**

Api atau proses penghasilan api adalah suatu fenomena yang rumit. Untuk terjadinya api, ada suatu reaksi kimia yang melibatkan bahan bakar, oksigen, dan panas yang berada dalam keterkaitan tertentu. Selama proses penghasilan api, energi panas dilepaskan melalui suatu reaksi katalitik sendiri, yang melibatkan kondisi bahan bakar dalam bentuk padat, cair, gas, atau kombinasi dari semuanya (Ruliyanta and Setyadi, 2022).

Defenisi api adalah suatu reaksi kimiawi dimana bahan bakar, oksigen, dan panas bertemu dan menyebabkan ignisi. Proses ini disebut reaksi oksidasi-reduksi, di mana terjadi perpindahan elektron antara komponen yang terlibat. Bahan bakar berperan sebagai zat yang melepaskan elektron (reduktor), sedangkan oksigen berperan sebagai zat yang menerima elektron (oksidator). Selama reaksi ini, bahan bakar bereaksi dengan oksigen di sekitar, menghasilkan energi dalam bentuk panas dan cahaya yang dikenal sebagai pembakaran atau ignisi. Energi dilepaskan karena ikatan kimia dalam bahan bakar berubah menjadi ikatan yang lebih stabil dalam produk reaksi (Lestari *et al.*, 2021)

Kebakaran merupakan suatu peristiwa atau reaksi kimia yang terjadi secara cepat dan berantai antara bahan bakar dan zat asam (udara) dalam perbandingan yang tepat dan disertai adanya panas. Api dapat terbentuk dengan sangat cepat karena mampu melakukan proses oksidasi yang bersifat eksotermis dengan

sendirinya tanpa adanya bantuan dari zat lain. Proses oksidasi ini diikuti dengan perubahan variasi kekuatan panas dan nyala ( and Muckett, 2007).

Secara garis besar, api merupakan hasil dari interaksi kimia yang kompleks antara bahan bakar dan oksigen, menghasilkan panas, cahaya, dan gas. Proses ini memiliki peran yang sangat vital dalam kehidupan manusia dan berbagai bidang teknologi modern (Affuwani, Amiruddin and Yoga, 2021).

### **2.2.2 Teori API**

Terdapat tiga teori api yang dapat menjelaskan terjadinya api, sebagai berikut(Lestari *et al.*, 2021):

1. Teori Segitiga Api (Fire Triangle)
2. Teori Tetrahedron Api (Fire Tetrahedron)
3. Siklus Api (Life Cycle of Fire)

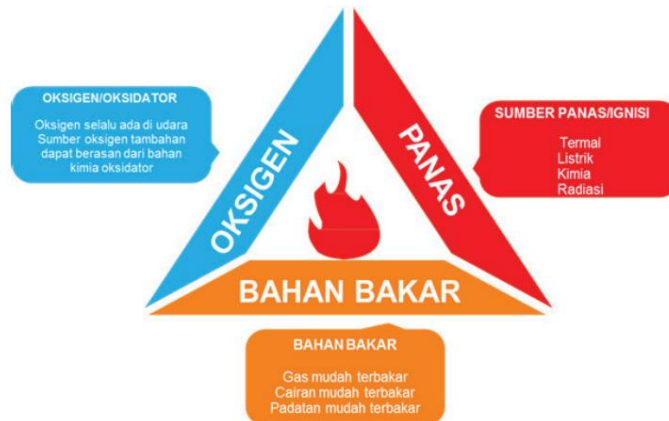
### **2.2.3 Teori Segitiga API (*Fire Triangle*)**

Dalam proses kebakaran, struktur kimiawi sederhana dapat diilustrasikan dengan konsep yang dikenal sebagai "Segitiga Api". Menurut teori ini, api dapat terjadi hanya jika ada kehadiran tiga elemen penting, yakni: bahan yang mudah terbakar, oksigen yang mencukupi dari udara atau bahan yang berperan sebagai oksidator, dan suhu yang cukup tinggi.

Berdasarkan teori segitiga api, pada teori *fire triangle* menjelaskan bahwa untuk terjadinya api maka harus ada tiga komponen dasar yaitu

1. Bahan bakar (*fuel*)
2. Oksigen atau oksidator

### 3. Sumber panas atau ignisi (*heat*)

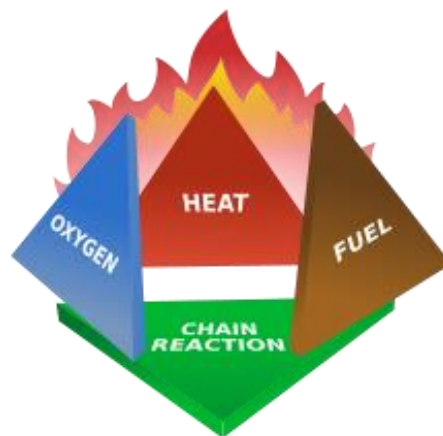


**Gambar 2.1 Segitiga Api (*fire triangle*)**

Komponen-komponen kebakaran diilustrasikan sebagai tiga sisi segitiga, dimana keberadaan setiap sisi adalah penting untuk membentuk api. Tanpa satu komponen pun, api tidak akan terbentuk. Oleh karena itu, konsep utama dalam mencegah dan memadamkan kebakaran adalah dengan menghilangkan atau mengurangi salah satu dari tiga komponen tersebut. Misalnya, jika terdapat kebocoran bahan bakar, tindakan pencegahan dan pemadaman dapat dilakukan dengan menutup katup untuk menghilangkan bahan bakar tersebut. Jika jumlah bahan bakar terlalu banyak, penghilangan sumber panas dengan menggunakan air bisa menjadi cara lainnya. Selain itu, strategi lain untuk mencegah dan memadamkan kebakaran adalah dengan menghalangi atau memutuskan suplai oksigen, bisa dilakukan dengan memberikan foam atau menambahkan gas inert(Lestari *et al.*, 2021).

#### 2.2.4 Teori Tetrahedron Api (*Fire Tetrahedron*)

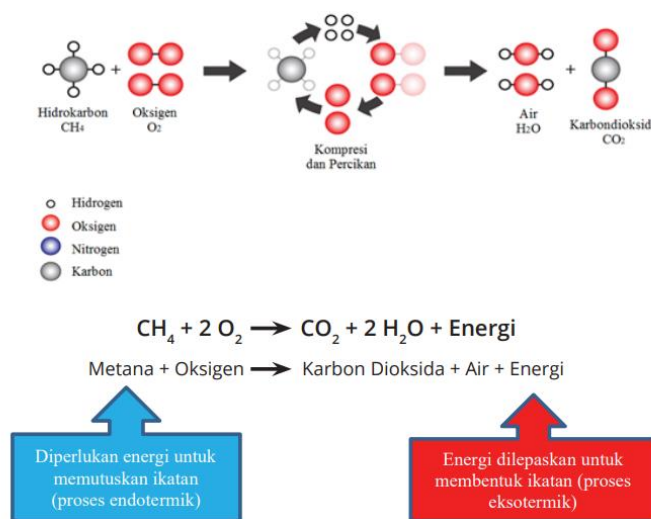
Teori ini merupakan pembaharuan dari teori segitiga api dengan adanya satu komponen tambahan yang mana ditemukannya unsur keempat yang menyebabkan timbulnya api. Unsur yang keempat ini adalah rantai reaksi. Teori ini menjelaskan bahwa pada saat energi diterapkan pada bahan bakar seperti hidrokarbon, beberapa ikatan karbon akan dengan karbon lainnya terputus dan menghasilkan radikal bebas.



**Gambar 2.2 Teori Tetrahedron Api**

Teori ini menjelaskan bahwa saat energi diberikan kepada bahan bakar seperti hidrokarbon, sebagian ikatan karbon dengan karbon terputus, menghasilkan radikal bebas. Energi ini juga memungkinkan pemutusan rantai karbon dengan hidrogen, yang menghasilkan lebih banyak radikal bebas. Demikian pula, ikatan oksigen dengan oksigen juga terputus, menghasilkan radikal oksida. Jika radikal bebas berada cukup dekat satu sama lain atau dengan gugus fungsi, mereka dapat bergabung.

Selama proses pemutusan rantai, energi dilepaskan, yang kemudian digunakan untuk memutus rantai lainnya, melepaskan lebih banyak energi lagi. Kebakaran terjadi secara berantai karena dilepaskannya energi tambahan, yang dikenal sebagai reaksi berantai. Proses ini akan berhenti ketika bahan bakar telah habis terbakar, oksigen telah habis, energi telah diserap, atau reaksi berantai terputus. Reaksi kimiawi gas metana sebagai contoh proses terjadinya api di sajikan pada Gambar 3 (Lestari *et al.*, 2021).



**Gambar 2.3 Reaksi Pembakaran**

### 2.2.5 Siklus Api (Life Cycle of Fire)

Berbeda dengan dua teori diatas yang mana pada teori ini menyatakan bahwa proses pembakaran terjadi dalam enam tahap, yaitu

a. Masukan/input (*heat*)

*Input heat* yaitu sejumlah panas yang dibutuhkan untuk melepaskan uap dari padat atau cairan, serta sebagai sumber penyalaan (*ignition source*). Panas yang

masuk harus cukup untuk memproduksi uap yang dibutuhkan dalam Menyusun campuran yang dapat menyala (*ignitable mixture*) dengan udara dekat sumber bahan bakar secara terus-menerus.

b. Bahan bakar (*fuel*)

Pada dasarnya sama dengan konsep bahan bakar pada *fire triangle* atau *tetrahedron of fire*. Bahan bakar harus pada susunan yang sesuai untuk terbakar.

c. Oksigen

Teori ini hanya membahas oksigen yang ada di atmosfer dan mengabaikan oksigen dan halogen yang dihasilkan dari oksidator. Hal ini dikarenakan pusat dari teori ini adalah penyebaran api (*diffusion flame*) dimana api dihasilkan dari campuran spontan dari uap atau gas bahan bakar dengan udara.

d. Persentuhan (*Proportioning*)

Peristiwa benturan antara oksigen dengan molekul bahan bakar. Kecepatan molekul dan jumlah benturan bergantung pada panas dari campuran oksigem dan bahan bakar. Jika campuran lebih panas, kecepatan lebih tinggi.

e. Percampuran (*Mixing*)

Pencampuran atau *mixing* yang sesuai setelah panas diterapkan pada bahan bakar sehingga menghasilkan uap yang dibutuhkan untuk pembakaran. Pada *mixing* ini rasio bahan bakar terhadap oksigen harus benar sebelum penyalaan tersebut terjadi.

f. Keberlanjutan Penyalaan (*ignition continuity*)

Pada saat kebakaran energi kimia diubah menjadi panas, panas yang dipancarkan dari api kembalike permukaan bahan bakar. Panas tersebut haru cukup

untuk menjadi panas yang masuk (*input heat*) demi berlanjutnya siklus kebakaran. Maka karena itu, dapat dikatakan bahwa bagian terakhir, *ignition continuity* merupakan Langkah pertama untuk siklus kebakaran selanjutnya yaitu masuknya panas (*input heat*).



**Gambar 2.4 Siklus Api**

### **2.2.6 Proses Penjalaran API**

Penjalaran api memiliki beberapa variasi, dimana biasanya kebakaran dimulai dari skala kecil dan kemudian berkembang menjadi lebih besar, menyebar ke wilayah sekitarnya. Penjalaran api menurut (Tanubrata and Wiryopranoto, 2019) melalui beberapa cara yaitu:

1. Konveksi

Penjalaran api dari benda padat, misalnya merambat melalui besi, beton, kayu, atau dinding. Jika terjadi kebakaran di suatu ruangan, maka panas dapat

merambat melalui dinding sehingga ruangan di sebelah akan mengalami pemanasan yang menyebabkan api dapat merambat dengan mudah.

## 2. Konduksi

Merupakan proses perpindahan panas melalui bahan padat. Bagian panas yang terjadi di permukaan bahan bakar dapat kembali disalurkan ke bagian bahan bakar yang belum terbakar. Energi panas ini memberikan panas awal sebelum permukaan bahan bakar mengalami penguapan karena kebakaran. Selama kejadian kebakaran, panas dapat ditransfer melalui berbagai material seperti balok baja, kawat atau kabel, pipa logam, dinding, dan berbagai bahan lainnya yang masih utuh saat mengalami perpindahan panas.

## 3. Radiasi

Penjalaran panas lainnya melalui proses radiasi yaitu perpindahan panas melalui gelombang elektromagnetik. Sebagian dari energi yang dihasilkan dipancarkan ke udara sekitar, sementara sebagian lainnya mengarah ke bahan bakar yang menyebabkan peningkatan kebakaran. Selama kejadian kebakaran, permukaan-permukaan yang panas dapat memancarkan panas dan menyebarkan api dengan jarak yang jauh untuk menyalakan bahan bakar.

## **2.3 Kebakaran**

### **2.3.1 Definisi Kebakaran**

Kebakaran merupakan kejadian yang tidak diinginkan karena menyebabkan penderitaan dan malapetaka akibat api yang membesar. Masalah kebakaran adalah kerugian material, korban, kecatatan fisik dan pengaruh psikologis yang dapat mengurangi kejiwaan korban. Kebakaran terjadi sebagai suatu peristiwa atau reaksi kimia yang berlangsung dengan cepat dan berantai antara bahan bakar dan udara (zat asam), dengan perbandingan yang tepat, disertai dengan pelepasan panas (Seni *et al.*, 2023).

Kebakaran adalah bencana yang lebih banyak disebabkan oleh kelalaian manusia (human error) dengan dampak kerugian harta benda, stagnasi atau terhentinya usaha, terhambatnya perekonomian dan pemerintahan bahkan korban jiwa. Ancaman kebakaran selalu menjadi ketakutan bagi berbagai pihak, termasuk pelaku usaha, masyarakat, dan industri. Kejadian kebakaran dianggap sebagai suatu insiden yang sangat merugikan, berpotensi menyebabkan kerugian besar bagi perusahaan, para pekerja, dan juga dapat membahayakan pembangunan nasional (Andini, Anggraeiny and Susilowati, 2020).

Kebakaran yang diakibatkan oleh ledakan atau ledakan yang diakibatkan oleh kebakaran dapat menimbulkan kerugian harta benda, cedera bahkan kematian. kejadian kebakaran juga dapat menyebabkan jatuhnya korban jiwa dan cedera (*injury*) terutama yang disebabkan oleh keracunan akibat kebakaran (*Fire toxicity*) hal ini dikarenakan mayoritas kematian dan kesakitan akibat kebakaran berhubungan erat dengan terhirupnya asap (*effluent*) dari kebakaran tersebut. Nyala api berasal dari

tiga unsur yaitu bahan bakar (fuel), oksigen (O<sub>2</sub>), dan panas. Kebakaran terjadi karena adanya tiga faktor yang menjadi unsur api. Jenis, jumlah dan banyaknya cairan, gas, dan debu yang mudah terbakar dapat menyebabkan ledakan yang parah (Mustika, Wardani and Prasetyo, 2018)

### **2.3.3 Klasifikasi Kebakaran**

Klasifikasi kebakaran yang diatur dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI No. Per.04/Men/1980, yang diadopsi dari NFPA 10, mengidentifikasi empat golongan kebakaran yang berbeda, yaitu:

a. Kebakaran Kelas A

Klasifikasi kebakaran kelas A adalah kebakaran yang disebabkan oleh benda padat yang mudah terbakar seperti kayu, kain, kertas, atau plastik.

b. Kebakaran Kelas B

Klasifikasi kebakaran kelas B adalah kebakaran yang disebabkan oleh benda cair atau gas yang mudah terbakar seperti bensin, cat, thinner, gas LPG, dan gas LNG.

c. Kebakaran Kelas C

Klasifikasi kebakaran kelas C adalah kebakaran yang disebabkan oleh penggunaan komponen elektrik (listrik) seperti televisi, kulkas, instalasi listrik, dan lain sebagainya.

d. Kebakaran Kelas D

Klasifikasi kebakaran kelas D adalah kebakaran yang disebabkan oleh benda metal yang mudah terbakar seperti potassium, sodium, aluminium, dan magnesium (Ismara, 2019).

### **2.3.4 Proses Kebakaran**

Proses kebakaran melibatkan serangkaian reaksi kimia kompleks antara bahan bakar dan oksigen yang menghasilkan panas, cahaya, dan gas. Untuk memahami proses ini secara mendalam, beberapa konsep kimiawi sangat penting (Lestari *et al.*, 2021).

#### **1. Kerapatan Uap**

Kerapatan uap (vapour density) mengacu pada berat molekul uap bahan bakar dibandingkan dengan udara. Kerapatan uap yang tinggi menunjukkan bahwa uap tersebut cenderung lebih berat dari udara, yang dapat meningkatkan risiko kebakaran atau ledakan karena uap dapat mengendap di permukaan tanah.

#### **2. Titik Nyala**

Titik nyala (flash point), sebagai konsep kedua, adalah suhu terendah di mana sebuah bahan dapat menghasilkan uap yang dapat terbakar saat terkena sumber panas eksternal.

#### **3. Energi Minimum**

Minimum ignition energy adalah energi minimum yang diperlukan untuk memulai reaksi kebakaran.

#### **4. Suhu Minimum**

Autoignition temperature, adalah suhu minimum di mana sebuah bahan dapat terbakar secara spontan tanpa perlu adanya sumber panas eksternal.

## **5. Kisaran Kosentrasi**

Flammability limit, mengacu pada kisaran konsentrasi bahan bakar dalam udara yang dapat terbakar. Terakhir, burning velocity, yang keenam, adalah kecepatan perambatan api melalui campuran bahan bakar dan udara.

Dengan memahami konsep-konsep ini, kita dapat lebih baik mengerti dan mengendalikan proses kebakaran serta mengurangi risiko kecelakaan yang berhubungan dengan kebakaran.

### **2.3.5 Sifat-Sifat Kebakaran**

Bahan bakar yang memiliki karakteristik nilai kisaran batas nyala lebar, autoignition temperature rendah, titik nyala rendah, dan minimum ignition energy rendah menandakan tingkat bahaya yang tinggi terkait dengan kebakaran (Lestari *et al.*, 2021).

#### **1. Nilai Kisaran Batas Nyala Lebar**

Kisaran batas nyala lebar mengindikasikan bahwa bahan bakar memiliki kisaran konsentrasi yang luas di udara di mana dapat terbakar. Hal ini berarti bahan bakar tersebut memiliki potensi untuk terbakar dengan cepat dan mudah dalam berbagai kondisi atmosfer.

#### **2. Autoignition Temperature Rendah**

Autoignition temperature yang rendah menunjukkan bahwa bahan bakar dapat terbakar secara spontan pada suhu yang relatif rendah tanpa adanya sumber panas eksternal. Hal ini berarti risiko kebakaran meningkat karena bahan tersebut dapat terbakar tanpa perlu pemicu eksternal.

### 3. Titik Nyala Rendah

Titik nyala rendah menunjukkan suhu terendah di mana bahan dapat menghasilkan uap yang dapat terbakar saat terkena sumber panas eksternal. Ini berarti bahwa bahan bakar dapat dengan mudah terbakar pada suhu yang relatif rendah, meningkatkan risiko kebakaran dalam situasi di mana suhu bisa meningkat tiba-tiba.

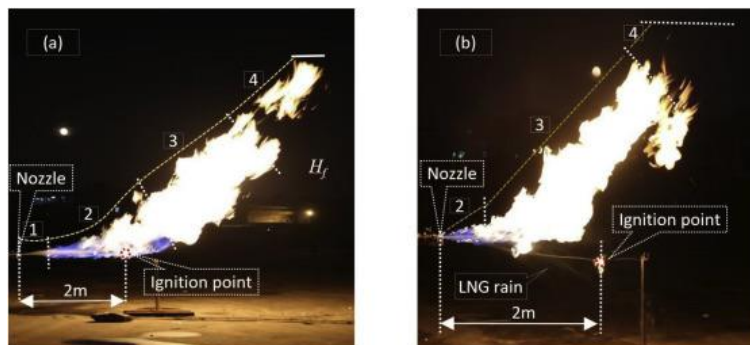
### 4. Minimum Ignition Energy Rendah

Minimum ignition energy rendah menunjukkan bahwa bahan bakar membutuhkan energi yang relatif kecil untuk memulai reaksi kebakaran. Hal ini membuatnya lebih rentan terhadap percikan api atau sumber panas yang kecil, sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya kebakaran.

#### 2.3.6 Tipe-Tipe Kebakaran

Di industri kimia dan perminyakan, kebakaran sering terjadi dan dapat menghasilkan berbagai jenis tipe kebakaran yang memiliki karakteristik yang unik. Berikut adalah penjelasan singkat untuk setiap tipe kebakaran yang umumnya terjadi di kedua jenis industri tersebut (Lestari *et al.*, 2021):

#### 1. Jet Fire



Gambar 2.5 Jet Fire

Jet fire terjadi ketika gas atau cairan terbakar dengan kuat dari sumber yang bocor dengan tekanan tinggi. Ini sering terjadi pada saluran pipa atau klep yang pecah di mana bahan bakar atau bahan kimia dapat meleleh atau mengalir secara langsung ke dalam udara dan terbakar secara cepat.

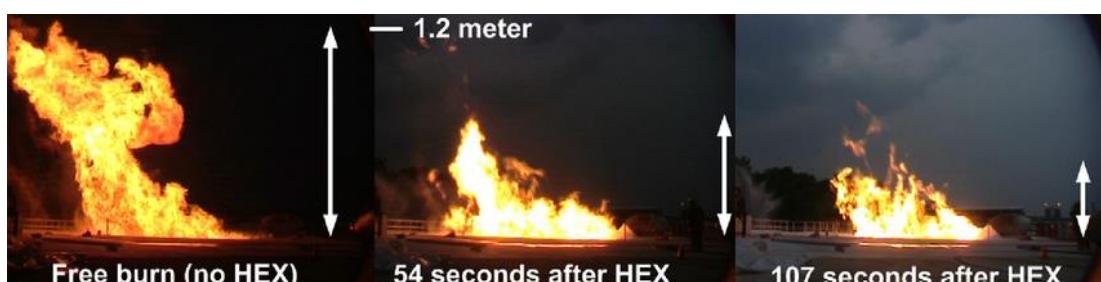
## 2. *Flash Fire*



**Gambar 2.6 *Flash Fire***

Flash fire adalah kebakaran yang cepat dan hebat yang terjadi ketika gas, uap, atau cairan mudah terbakar terkena sumber panas eksternal dalam waktu yang sangat singkat. Ini bisa terjadi secara tiba-tiba dan membakar dalam sekejap tanpa adanya tanda peringatan.

## 3. *Pool Fire*



**Gambar 2.7 *Pool Fire***

Pool fire terjadi ketika cairan bahan bakar atau kimia tertuang dan membentuk kolam di permukaan tanah atau permukaan lainnya. Bahan bakar

kemudian terbakar dari permukaan kolam tersebut, menghasilkan api yang besar dan panas yang tinggi.

#### 4. *Running Liquid Fire*



**Gambar 2.8 Running Liquid Fire**

Running liquid fire terjadi ketika cairan bahan bakar atau bahan kimia terbakar dan mengalir, menciptakan sumber api yang bergerak. Ini bisa terjadi misalnya saat tangki penyimpanan pecah dan cairan bahan bakar terbakar saat mengalir keluar.

#### 5. *Fireball atau BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)*



**Gambar 2. 9 Fireball atau BLEVE**

BLEVE terjadi ketika tangki atau wadah yang berisi cairan bahan bakar atau kimia terlalu panas sehingga cairan dalamnya mendidih, menghasilkan tekanan yang sangat tinggi, dan akhirnya meledak secara spektakuler.

## 6. *Vapor Cloud Explosion*



**Gambar 2. 10 Vapor Cloud Explosion**

Vapor cloud explosions terjadi ketika gas atau uap bahan bakar atau kimia tercampur dengan udara dalam konsentrasi yang tepat, kemudian terkena sumber panas yang cukup untuk memicu ledakan. Ini dapat terjadi misalnya saat gas bocor dari pipa atau tangki dan membentuk awan gas yang mudah terbakar.

Setiap jenis kebakaran ini memiliki karakteristiknya sendiri tergantung pada material yang terlibat, temperatur dan tekanan material, kondisi lingkungan, serta waktu penyalaan. Oleh karena itu, penting bagi industri kimia dan perminyakan untuk memiliki sistem pemadam kebakaran yang efektif dan rencana darurat yang baik untuk mengatasi berbagai jenis kebakaran yang mungkin terjadi.

### **2.4 Ledakan**

#### **2.4.1 Definisi Ledakan**

Ledakan adalah peningkatan tajam dalam volume dan pengeluaran energi dalam cara yang membahayakan, biasanya dengan pengeluaran suhu yang tinggi dan penghasilan gas. Ledakan dapat terjadi secara alami, seperti letusan gunung berapi, atau secara buatan, seperti ledakan menggunakan bom atau dinamit. Ledakan dikategorikan sebagai deflagrasi jika gelombang tekanannya adalah subsonik dan

detonasi jika gelombang tekanannya adalah supersonik (gelombang kejut) (Haqi, 2018).

Menurut (Joni, Suryanita and Kamaldi, 2016) ledakan dapat dijelaskan sebagai suatu fenomena pelepasan energi yang terjadi secara tiba-tiba, cepat, dan pada skala yang sangat besar. Fenomena ini mencakup pelepasan energi yang bersifat instan dan terjadi dengan kecepatan yang luar biasa, serta melibatkan jumlah energi yang signifikan. Proses pelepasan energi yang bersifat mendadak ini menghasilkan gelombang tekanan yang merambat dalam medium sekitarnya, dikenal sebagai gelombang kejut. Gelombang kejut ini, selain menciptakan tekanan signifikan, juga memiliki dampak yang luas pada lingkungan sekitar, memberikan kontribusi pada intensitas ledakan dan memperkuat karakteristik fisik dari peristiwa ini. Oleh karena itu, dapat diidentifikasi bahwa ledakan merupakan suatu kejadian kompleks yang melibatkan sejumlah besar energi yang dilepaskan secara tiba-tiba, menciptakan gelombang tekanan yang menjalar dan berpengaruh signifikan pada medium sekitarnya.

Sebuah ledakan terjadi ketika energi yang dilepaskan secara tiba-tiba menghasilkan gelombang tekanan yang cepat dan ekspansif. Ini bisa terjadi dalam berbagai konteks, seperti reaksi kimia yang cepat, peledakan bahan bakar, atau ledakan mekanis. Dampak dari ledakan bisa mencakup kerusakan fisik, penciptaan gelombang kejut, dan pelepasan energi panas yang besar. Ledakan sering kali menghasilkan kerusakan yang signifikan pada lingkungan sekitarnya dan dapat memiliki konsekuensi yang berbahaya bagi kehidupan manusia dan hewan (Mujana, Sutriyono and Trimurtiningrum, 2023).

### 2.4.2 Jenis-Jenis Ledakan

Menurut (Marpahiko, Elvira and Sutandar, 2021) jenis ledakan dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) berdasarkan sumber ledakan:

1) *Free Air Burst*,

Free Air Burst adalah jenis ledakan yang terjadi di udara bebas. Ketika suatu bahan peledak meledak di udara, gelombang ledak yang dihasilkan akan menyebar secara radial dari pusat peledak. Ini terjadi karena tidak adanya hambatan signifikan yang menghalangi perambatan gelombang ledak, seperti permukaan tanah atau bangunan. Akibatnya, gelombang ledak dapat menyebar dengan cepat dan merusak dalam berbagai arah, menciptakan kerusakan yang luas. Contoh dari ledakan Free Air Burst adalah ledakan bom udara atau bom yang dijatuhkan dari pesawat di atas target.

2) *Air Burst*

Air Burst terjadi ketika ledakan terjadi di udara tetapi gelombang ledaknya dipantulkan oleh permukaan tanah. Hal ini menghasilkan efek yang berbeda dibandingkan dengan Free Air Burst karena sebagian energi ledakan dipantulkan kembali ke atas oleh permukaan tanah. Ini dapat menghasilkan kerusakan yang lebih terfokus pada daerah di sekitar titik ledakan, tetapi juga dapat menyebabkan gelombang ledak sekunder yang memantul kembali ke tanah dan menyebabkan kerusakan tambahan. Contoh dari Air Burst adalah ledakan yang terjadi di atas permukaan air atau di atas tanah yang relatif datar.

### 3) *Surface Burst*

Surface Burst terjadi ketika ledakan terjadi di atas atau dekat permukaan tanah. Jenis ledakan ini dapat menghasilkan efek yang sangat destruktif karena energi ledakan secara langsung berinteraksi dengan permukaan tanah dan struktur di sekitarnya. Gelombang ledak akan merambat melalui tanah dan struktur, menciptakan kerusakan yang besar dan mungkin menghasilkan efek tambahan seperti gempa tanah dan terbakarnya materi yang mudah terbakar. Contoh dari Surface Burst adalah ledakan bom yang ditanam di bawah permukaan tanah atau ledakan yang terjadi di permukaan tanah, seperti ledakan ranjau darat.

#### **2.5 Faktor-Faktor yang Menyebabkan Kebakaran dan Ledakan di SPBU**

SPBU memiliki potensi bahaya kebakaran karena sebagai tempat proses penyimpanan bahan mudah terbakar. Bahan bakar minyak atau bensin tersebut diantaranya Premium, Pertalite, Pertamina, Pertamina Turbo, Pertamina Dex, dan Solar. Pertamina merupakan salah satu bahan flammable liquid, yang memiliki potensi bahaya yang harus diperhatikan. Banyak faktor yang dapat menjadi penyebab kebakaran SPBU salah satunya adalah faktor unsafe behavior operator SPBU pada saat melakukan proses pengisian BBM ke tangki pendam tidak dipasang rambu-rambu peringatan dan ada sumber api yang berasal dari karyawan SPBU yang sedang merokok. Kegagalan pengoperasian SPBU dapat menyebabkan dampak buruk terhadap kelangsungan pengoperasian SPBU dan berisiko buruk terhadap peralatannya. Pada pengoperasian SPBU khususnya kegiatan pembongkaran unloading (penerimaan dan penimbunan) dan loading (penyaluran BBM) memiliki risiko tinggi terhadap bahaya risiko kebakaran (Affuwani, Amiruddin and Yoga, 2021).

## **2.6 Kesiapsiagaan dan Respon Plan**

Kesiapsiagaan dan Respons Plan adalah suatu pendekatan yang komprehensif dalam menghadapi kebakaran atau keadaan darurat lainnya. Pendekatan ini mencakup beberapa tahap yang saling terkait dan saling mendukung untuk memastikan bahwa organisasi atau individu dapat merespon dengan cepat, efisien, dan efektif dalam situasi darurat. Berikut adalah penjelasan singkat tentang masing-masing tahapan dan bagaimana mereka saling terkait (Descatha *et al.*, 2017):

### **2.6.1 Prevention**

Berdasarkan teori (Descatha *et al.*, 2017) evaluasi risiko merupakan langkah krusial dalam menentukan kebutuhan perawatan darurat medis di tempat kerja. Dalam evaluasi ini, aspek-aspek seperti faktor-faktor fisik, kimia, ergonomi, organisasi kerja, serta pengaruh lingkungan seperti iklim dan masalah epidemi harus diperhitungkan. Evaluasi tersebut juga wajib mempertimbangkan karakteristik tanggap darurat lokal, seperti waktu yang dibutuhkan oleh layanan medis darurat (EMS) untuk mencapai lokasi kejadian dan waktu tempuh ke fasilitas medis melalui berbagai moda transportasi seperti darat, laut, dan udara. Selain itu, perawatan psikososial melalui sesi kesiapan debriefing perlu diterapkan untuk melibatkan karyawan terlibat dan staf medis, guna memastikan akses terhadap sumber daya psikologis yang terlatih dalam situasi darurat yang tidak terduga. Penguatan jalur komunikasi, baik yang internal maupun eksternal termasuk informasi media dan kontak-kontak, juga menjadi hal yang penting dalam memastikan komunikasi yang efektif dalam menghadapi situasi darurat.

### **2.6.2 Response and Procedure**

Respons Bantuan Hidup Dasar (BHD) yang didasarkan pada rekomendasi internasional seperti yang dikeluarkan oleh Komite Penghubung Internasional untuk Resusitasi (ILCOR). Hal ini menekankan perlunya modul BHD yang disesuaikan dengan risiko yang spesifik untuk setiap perusahaan. Para profesional kesehatan dan keselamatan kerja diharapkan untuk mengembangkan prosedur yang terperinci dalam menanggapi keadaan darurat, mulai dari kejadian kecil hingga bencana besar, termasuk sistem peringatan. Proses ini mencakup identifikasi gejala awal, penyesuaian dengan situasi yang spesifik dalam perusahaan, dan pembagian kepada para profesional terkait. Pentingnya tanda tangan dari para profesional ini menunjukkan keseriusan dan tanggung jawab mereka terhadap prosedur tersebut. Selain itu, penekanan pada evaluasi berkala dari prosedur ini menunjukkan bahwa tanggapan terhadap situasi darurat merupakan proses yang dinamis dan harus terus diperbarui sesuai dengan perubahan dalam lingkungan kerja atau pemahaman terhadap risiko yang mungkin timbul (Descatha *et al.*, 2017).

### **2.6.3 Preparedness and Training**

Preparedness and Training dalam konteks kasus kebakaran sangat penting untuk memastikan bahwa penyedia layanan darurat siap untuk menanggapi keadaan darurat dengan efektif dan efisien. Ini mencakup pelatihan rutin yang melibatkan simulasi dan latihan yang berfokus pada berbagai aspek bahaya dan risiko yang mungkin terjadi, baik itu kimia, fisik, biologis, maupun psikologis. Penyedia layanan darurat harus menerima pelatihan yang berkelanjutan dan rutin, yang melibatkan spesialis pekerjaan dalam jangka waktu yang lama setelah suatu kejadian dan

kadang-kadang bahkan untuk jangka waktu yang lebih panjang. Selain memastikan kebugaran fisik untuk bekerja, pelatihan khusus harus memberikan pemahaman mendalam tentang berbagai jenis bahaya dan risiko yang mungkin dihadapi, serta bagaimana menanggapi dengan tepat dalam situasi darurat.

Pelatihan ini harus mencakup sesi simulasi dan latihan rutin sebagai komponen yang sangat penting. Melalui simulasi dan latihan ini, penyedia layanan darurat dapat mengasah keterampilan praktis mereka, meningkatkan koordinasi tim, dan menguji respons mereka terhadap skenario kebakaran yang realistis. Dengan demikian, mereka dapat memperoleh pengalaman dan kepercayaan diri yang diperlukan untuk menanggapi keadaan darurat dengan cepat, efektif, dan terkoordinasi (Descatha *et al.*, 2017).

#### **2.6.4 Follow Up**

Follow-up atau tindak lanjut dari kasus kebakaran, terutama dalam konteks korban massal atau insiden bencana, merupakan tahapan kritis dalam manajemen keadaan darurat. Komunikasi yang masuk akal dan cepat menjadi kunci dalam situasi tersebut. Perusahaan-perusahaan yang terlibat, dibantu oleh para profesional di bidang pekerjaan, harus mengarahkan komunikasi yang tepat kepada para profesional dan relawan, serta kepada media. Hal ini memastikan bahwa informasi yang disampaikan adalah akurat, terkini, dan memberikan panduan yang jelas bagi para profesional yang terlibat dalam tanggapan darurat dan untuk masyarakat umum. Selain itu, komunikasi yang efektif juga membantu mengurangi kepanikan dan memberikan arahan yang diperlukan kepada orang-orang yang terdampak.

Aspek komunikasi, kebijakan publik juga memiliki peran penting dalam memfasilitasi perusahaan untuk menerapkan program pencegahan dan respons terhadap keadaan darurat sesuai dengan rekomendasi. Meskipun terdapat perbedaan dalam peraturan di berbagai negara, upaya harmonisasi harus dilakukan untuk memastikan bahwa standar keamanan dan tanggapan darurat yang tinggi diterapkan di semua lingkungan kerja. Pernyataan posisi umum yang menyatakan komitmen untuk meningkatkan kesehatan pekerja, terutama dalam hal tanggapan darurat, harus diterapkan secara konsisten di setiap negara. Ini dapat dicapai dengan bantuan masyarakat nasional yang bertanggung jawab atas tanggapan darurat di lingkungan kerja atau organisasi nirlaba terkait lainnya. Langkah ini merupakan bagian dari perjalanan panjang dalam peningkatan kesehatan pekerja secara keseluruhan dengan dukungan dari semua pihak terkait (Descatha *et al.*, 2017).

## **2.7 Aplikasi**

### **2.7.1 KAMELEON FIRE E-3D**

Program KAMELEON FIRE E-3D adalah sebuah solusi yang telah dirancang dengan batasan yang spesifik untuk menangani kebakaran yang disebabkan oleh hidrokarbon, baik dalam bentuk tumpahan cairan maupun percikan gas. Program ini telah melalui tahap validasi yang ketat melalui serangkaian uji coba kebakaran yang dilakukan oleh SINTEF dalam kolam tertutup. Hasil dari uji coba tersebut menjadi landasan penting dalam pembaruan dan peningkatan program ini. Berdasarkan temuan yang diperoleh dari percobaan, program KAMELEON FIRE E-3D telah diperjelas dan disempurnakan untuk meningkatkan efektivitasnya dalam menangani situasi kebakaran yang kompleks dan berbahaya seperti kebakaran hidrokarbon.

Dengan demikian, program ini menjadi sebuah solusi yang tangguh dan dapat diandalkan dalam upaya penanggulangan kebakaran di berbagai lingkungan industri yang berpotensi terkena dampak kebakaran hidrokarbon(Lestari *et al.*, 2021).

### **2.7.2 BREEZE Incident Analyst**

BREEZE Incident Analyst adalah sebuah perangkat lunak yang dirancang khusus untuk memprediksi toksisitas, kebakaran, dan potensi dampak ledakan dari bahan kimia. Software ini memiliki kemampuan untuk memproyeksikan konsentrasi bahan kimia serta tingkat flammabilitas, menggunakan model radiasi termal untuk memprediksi fluks radiasi dan kenaikan suhu, serta model untuk memperkirakan tekanan berlebih akibat ledakan. BREEZE Incident Analyst menyediakan beragam model dispersi untuk analisis bahan kimia beracun. Program ini sangat bermanfaat dalam tanggap darurat, perencanaan, dan penyusunan skenario kecelakaan, terutama dalam konteks manajemen risiko. Model-model yang digunakan dalam analisis kejadian mencakup model dispersi seperti Dense Gas Dispersion, SLAB, INPUFF, dan AFTOX, model kebakaran yang dirancang untuk menghitung fluks radiasi panas terkait dengan potensi ledakan dan kebakaran seperti confined pool fires, unconfined pool fires, jet fires, dan BLEVE, serta model ledakan(Lestari *et al.*, 2021).

### **2.7.3 CHARM**

Dikutip dari situs resmi CHARM (CHARM, 2023) potensi pelepasan bahan kimia berbahaya yang tidak disengaja, kebakaran, dan ledakan menimbulkan risiko yang harus ditangani di berbagai tingkat. Program Manajemen Risiko EPA (RMP, Peraturan 112r) mengharuskan penilaian bahaya dan pengembangan program tanggap darurat untuk memastikan kesiapan dalam menghadapi kemungkinan insiden. CHARM juga

dapat digunakan untuk memperkirakan dampak penggunaan senjata pemusnah massa (WMD) kimia. Berbagai spesies yang diperkirakan digunakan seperti klorin, gas mustard, sarin, soman, dan VX telah disertakan dalam database perangkat lunak ini. Selain itu, versi CHARM yang kompleks juga memungkinkan untuk memperkirakan dampak WMD biologis, seperti antraks, baik sebagai konsentrasi udara maupun pengendapan permukaan.

Program CHARM menyediakan basis data kimia yang berisi data tentang sifat fisik, kimia, dan toksik lebih dari 100 senyawa kimia. CHARM mengharuskan pengguna untuk memilih bahan kimia yang dilepaskan, mendeskripsikan pelepasan, memilih kisi-kisi medan, dan menentukan kondisi meteorologi di lokasi pelepasan. Pelepasan dapat digambarkan sebagai pelepasan seketika atau terus menerus, mengandung atau tidak mengandung, cair, gas, atau partikel. Pelepasan dapat berupa kebakaran kolam cairan, Ledakan Uap Cairan Mendidih (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion/BLEVE), atau semburan api. Tekanan berlebih untuk awan uap yang mudah terbakar atau kegagalan mekanis dari bejana bertekanan juga dapat diprediksi. Data meteorologi untuk input ke CHARM dapat diperoleh dari instrumen yang dibawa ke lokasi, dari stasiun meteorologi terdekat, atau dari perkiraan yang disiapkan oleh pusat cuaca jarak jauh. Masukan dari pengguna yang digabungkan dengan data kimia memungkinkan CHARM untuk melakukan simulasi pelepasan (Eltgroth, 2015).

## **2.8 ALOHA**

ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) merupakan sebuah program permodelan dispersi yang memiliki kemampuan untuk memproyeksikan

zona-zona ancaman terkait dengan pelepasan bahan kimia berbahaya, termasuk awan uap beracun/mudah terbakar, serta ledakan. Program ini dapat memprediksi hasil dari pelepasan bahan kimia secara instan di udara dan menyajikan visualisasi dari area yang terdampak, memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai situasi dan luasnya daerah yang terkena dampak. Model ini sering digunakan untuk menganalisis dan melacak perjalanan bahan kimia menjadi awan uap di udara, awan yang mudah terbakar, dan akhirnya kebakaran serta ledakan. Area dampak hasil simulasi kemudian dievaluasi untuk menentukan tingkat keparahan dan cakupan dari kecelakaan ledakan dan kebakaran, dan zona yang memiliki dampak berbahaya ditetapkan sebagai Sumber Daya Vital (SDV) dari sumber pelepasan tersebut.

ALOHA melakukan berbagai estimasi untuk menghasilkan output dengan cepat. Prediksi yang dihasilkan telah diverifikasi dengan estimasi dari model serupa dan pengukuran lapangan untuk memastikan keakuratannya. Pengguna ALOHA harus memahami beberapa parameter dasar yang terkait dengan atmosfer. Secara keseluruhan, model ALOHA dapat memberikan manfaat maksimal karena kemudahan penggunaannya dan kemampuan dalam memperkirakan emisi (Setyono, 2018).

Secara umum, perangkat lunak ALOHA dibuat untuk melakukan prediksi terkait:

1. Tanggapan darurat terhadap prediksi kebocoran bahan kimia
2. Perencanaan respons darurat terhadap kebocoran bahan kimia
3. Meningkatkan kesiapsiagaan

## 1. Zonasi ALOHA

Menurut (Priambodo, 2018) ALOHA membagi area dampak menjadi tiga lapis zona/zonasi yaitu zona merah, zona jingga dan zona kuning, dengan definisi sesuai dengan skenario kecelakaan. Skenario ledakan mempunyai efek berbahaya berupa gelombang kejut, yang mampu merusak bangunan maupun mengancam jiwa, mempunyai definisi sebagai berikut:

- a) zona merah 8,0 psi (mampu merusak bangunan),
- b) zona jingga 3,5 psi (menyebabkan luka serius), dan
- c) zona kuning 1,0 psi (meretakkan gelas).

Sedangkan untuk skenario kebakaran, zonasi berupa daerah mudah terbakar yang merupakan area diantara dua nilai presentase konsentrasi campuran udara dan fluida mudah terbakar (awan uap/vapour cloud). Dua nilai tersebut adalah nilai ambang ledakan bawah (lower explosive limit-LEL) dan nilai ambang ledakan atas (upper explosive limit -UEL). Untuk tujuan konservatif, ALOHA menggunakan 60% dan 10% LEL sebagai nilai ambang kebakaran bawah (lower flammability limit) dari awan uap. Sehingga jika daerah mudah terbakar suatu awan uap kontak dengan sumber kebakaran/percikan api, awan uap tersebut akan dengan cepat terbakar. Pembagian zonasi skenario kebakaran didefinisikan sebagai berikut:

- a) zona merah, LEL
- b) zona jingga, 60% LEL
- c) zona kuning, 10% LEL.

## **2. Langkah-Langkah Penggunaan ALOHA**

ALOHA memiliki kemampuan untuk memodelkan tiga jenis bahaya, yakni dispersi gas beracun, kebakaran, dan ledakan. Program ini menggunakan beberapa model dispersi udara yang berbeda, termasuk model Gaussian dan heavy gas, untuk memprediksi pergerakan serta penyebaran gas kimia. Selain itu, ALOHA juga mampu memperkirakan penyebaran gas beracun, tekanan berlebih dari ledakan awan uap, atau daerah yang rentan terbakar akibat ledakan awan uap.

Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam penggunaan program ALOHA;

1. Pengisian data lokasi Langkah ini dapat dilakukan dengan memilih opsi SiteData di menu. Setelah itu, tekan Location untuk membuka Kotak Dialog informasi lokasi. Kemudian, tekan Add untuk menambahkan data lokasi yang akan dianalisis. Di dalam Kotak Dialog yang muncul, Anda perlu memasukkan informasi seperti nama lokasi, elevasi, dan koordinat geografis lokasi tersebut.
2. Pengisian data emisi yang akan dianalisis Langkah ini dapat dilakukan dengan memilih opsi SetUp dan kemudian memilih Chemical. Di langkah ini, Anda diminta untuk memasukkan jenis zat kimia yang akan dianalisis, contohnya metana. ALOHA hanya dapat menganalisis satu jenis zat kimia dalam satu waktu. Kotak Dialog untuk langkah ini dapat ditemukan dalam program.
3. Pengisian data meteorologi Langkah ini dapat dilakukan dengan memilih opsi SetUp dan kemudian memilih Atmospheric. Di langkah ini, Anda diminta untuk memasukkan informasi seperti kecepatan dan arah angin, kekasaran permukaan tanah, dan stabilitas cuaca.

4. Pengisian data sumber emisi Langkah ini dapat dilakukan dengan memilih opsi SetUp dan memilih Source. ALOHA menyediakan empat jenis sumber emisi, yaitu Direct, Puddle, Tank, dan Gas Pipeline. Dalam penelitian ini, sumber emisi yang akan digunakan adalah Tank dan Gas Pipeline.
5. Analisis risiko yang akan terjadi Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis risiko yang mungkin terjadi. ALOHA menyediakan tiga jenis analisis risiko, yaitu:
  - a. Area Toksik dari Awan Uap
  - b. Area Mudah Terbakar dari Awan Uap
  - c. Area Ledakan dari Ledakan Awan Uap

Dengan demikian, metode *Areal Location of Hazardous Atmosphere* (ALOHA) berperan penting dalam perencanaan dan tanggap darurat terhadap potensi kebakaran dan ledakan akibat kebocoran zat kimia di area tangka SPBU. Oleh karena itu, implementasi metode ALOHA menjadi relevan sebagai alat pengukuran dalam penelitian prediksi risiko kebakaran dan ledakan di SPBU.

## **2.9 SPBU (Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum)**

### **2.9.1 Definisi SPBU**

Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) merupakan unit pelayanan PT (Persero) Pertamina dalam pengadaan bahan bakar bagi masyarakat umum maupun industri. SPBU menyediakan berbagai jenis bahan bakar termasuk untuk kendaraan umum, industri maupun serta pesawat terbang dan kapal laut, seperti avtur, minyak diesel, solar, bensin, dan pertamax dengan oktan lebih tinggi. Stasiun pengisian bahan bakar umum adalah tempat dimana kendaraan-kendaraan dapat diisi

dengan bahan bakar, dan di Indonesia sendiri stasiun pengisian bahan bakar dikenal dengan Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) dan juga pom bensin. Selain menyediakan bahan bakar, beberapa SPBU juga menyediakan fasilitas seperti pompa angin untuk pengisian ban kendaraan (Yolanda, 2018).

SPBU adalah prasarana umum yang digunakan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) otomotif, termasuk premium dan solar, serta varian khusus seperti pertamax dan pertamax plus yang tersedia di SPBU yang dioperasikan oleh Pertamina. SPBU, sebagai titik akhir dalam rangkaian pemasaran BBM yang langsung bersentuhan dengan pelanggan akhir (*end customer*), Oleh karena itu, perlunya pembenahan dan perhatian khusus yang lebih besar diarahkan ke SPBU(Larekeng, 2019).

### 2.9.2 Tipe-Tipe SPBU

Ada beragam jenis SPBU yang ditentukan oleh fasilitas dan infrastruktur yang dimilikinya, termasuk volume penjualan seperti throughput, ukuran lahan, dan jumlah dispenser. Setiap jenis SPBU memiliki dampak langsung terhadap keuntungan yang harus diserahkan kepada PT. PERTAMINA. Dalam hal ini, berikut merupakan tipe-tipe dari SPBU berdasarkan hasil keuntungan yang harus dibagi:

**TABEL 2. 1 TIPE SPBU PERTAMINA DAN BESARNYA INITIAL FEE**

Tipe SPBU	Perkiraan Volume Penjualan	Besarnya Initial Fee
Tipe SPBU A	> 35 Kilo Liter	Rp. 800.000.000,00
Tipe SPBU B	> 25 Kilo Liter dan <= 35 Kilo Liter	Rp. 650.000.000,00
Tipe SPBU C	> 20 Kilo Liter dan <= 25 Kilo Liter	Rp. 500.000.000,00
Tipe SPBU E	> 15 Kilo Liter dan <= 20 Kilo Liter	Rp. 350.000.000,00
Tipe SPBU D	<= 15 Kilo Liter	Rp. 250.000.000,00

*Sumber : PT.Pertamina*

Selain membayar biaya awal yang besar kepada PT Pertamina, jenis stasiun pengisian bahan bakar (SPBU) juga ditentukan berdasarkan luas lahan yang tersedia untuk operasi bisnisnya. Luas lahan ini berkaitan dengan berbagai faktor seperti lebar jalan di depannya, kapasitas tangki, panjang selang dispenser, dan aspek lainnya. Berikut Tipe-tipe SPBU berdasarkan Luas dan Kapasitas Tangki:

**TABEL 2. 2 TIPE-TIPE TANGKI SPBU LUAS DAN KAPASITAS**

Komponen	Tipe A	Tipe B	Tipe C	Tipe D	Tipe E
Minimum Ukuran Lahan (m <sup>2</sup> )	2500	1600	1225	900	700
Minimal Lebar Muka Jalan (m <sup>2</sup> )	50	40	35	30	20
Selang (m)	Min. 26	20 – 25	16 – 20	10 – 16	Max. 10
Kapasitas Tangki (Kl)	Min. 160 kl	Min. 140 kl	Min. 100 kl	Min. 80 kl	Min. 60 kl

*Sumber : PT.Pertamina*

### 2.9.3 Sarana dan Prasarana Pada SPBU

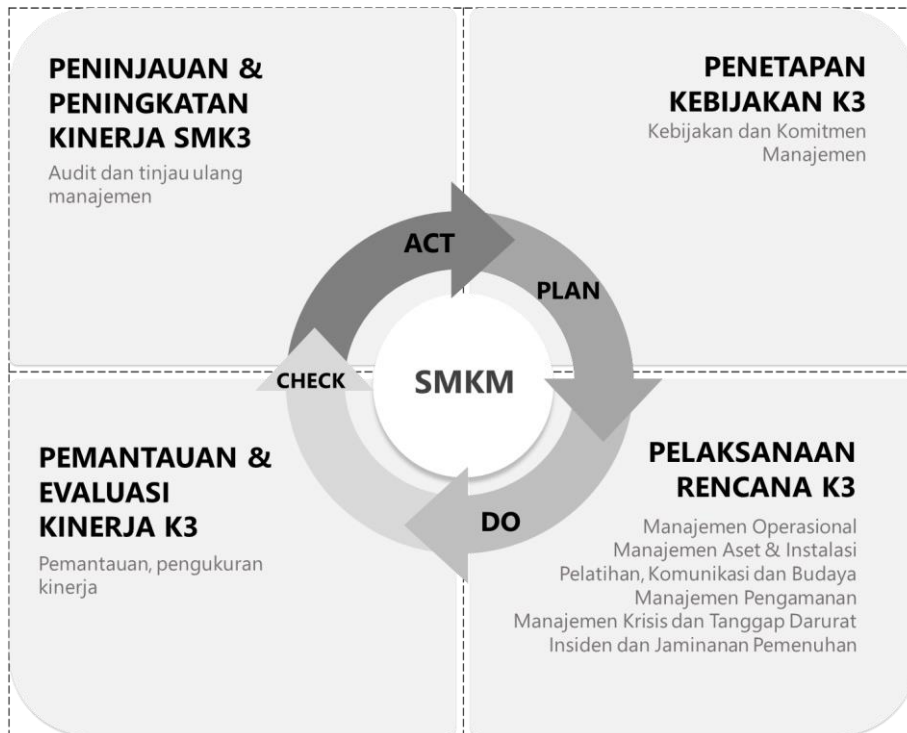
Pembangunan fasilitas Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) untuk menyediakan layanan ritel bahan bakar minyak kepada kendaraan umum, termasuk mesin bensin dan diesel, adalah suatu proses yang dipengaruhi oleh beragam aspek. Ini mencakup aspek ekonomi bisnis, teknis, keamanan kerja, dan lingkungan kota, serta faktor politik yang relevan pada periode tersebut.

Setiap Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) harus mematuhi standar sarana dan prasarana yang telah ditetapkan. Ini mencakup berbagai fasilitas yang harus tersedia agar SPBU dapat menjalankan operasinya dengan baik, antara lain (Lestari *et al.*, 2021):

1. Fasilitas Penanggulangan Kebakaran: Mengacu pada panduan yang ditetapkan oleh PT. Pertamina.
2. Sarana lindungi lingkungan
3. Sistem Keamanan dan Sistem Pencahayaan
4. Peralatan dan kelengkapan filling BBM sesuai dengan standar PT. Pertamina
5. Duiker, dibutuhkan sebagai saluran air umum di depan bangunan SPBU
6. Sensor api dan perangkat Pemadam kebakaran
7. Lambang PT. Pertamina
8. Generator
9. Racun Api
10. Fasilitas umum
11. Instalasi listrik dan air yang memadai
12. Rambu-rambu standar PT. Pertamina

#### **2.10 Kerangka Teori**

Dalam studi ini, peneliti tidak melakukan pengujian hipotesis tetapi membandingkan implementasi atau pelaksanaan sistem dengan standar yang telah ditetapkan. Standar yang dijadikan acuan adalah PP No. 50 Tahun 2012 tentang Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja K3, serta Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi No. 0289.K/18/DJM.T/2018 tentang Pedoman Teknis Keselamatan Peralatan dan Pengoperasian SPBU. Pendekatan yang digunakan dalam mengembangkan kerangka kerja adalah dengan pendekatan *continual improvement* dan PDCA (*Plan Do Check Act*). Berikut adalah kerangka kerja yang digunakan dalam penelitian ini.



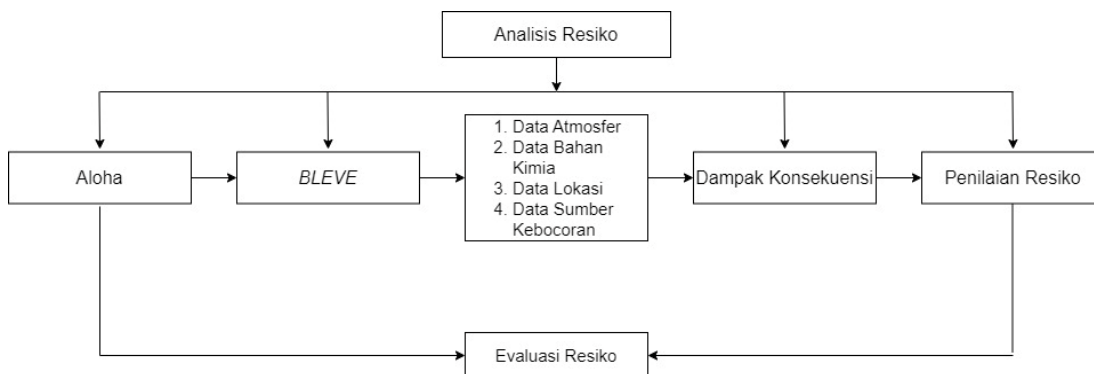
**Gambar 2.11 Kerangka Teori**

## BAB III

### KERANGKA KONSEP

#### 3.1 Kerangka Konsep

SPBU adalah lokasi yang sangat rentan terhadap kebakaran dan ledakan karena banyaknya bahan bakar minyak yang mudah terbakar, yang dapat menyebabkan ledakan. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi prediksi kebakaran dan ledakan di SPBU dengan melakukan pemetaan zona yang terpengaruh oleh peristiwa tersebut menggunakan suatu system aplikasi ALOHA.



**Gambar 3. 1 Kerangka Konsep**

Penggunaan ALOHA untuk proyeksi merupakan sebuah metode pemodelan yang digunakan untuk memperkirakan potensi kebakaran dan ledakan yang dapat terjadi. Analisis yang dilakukan mampu menampilkan area-area yang berpotensi terbakar (*Flamble Area*). Data yang diperlukan mencakup informasi tentang zat kimia, kondisi atmosfer, serta skenario kebocoran, yang kemudian dimasukkan ke dalam perangkat lunak ALOHA untuk menghasilkan visualisasi zona-zona yang berisiko.

### 3.2 Defenisi Operasional

TABEL 3. 1 DEFINISI OPERASIONAL

Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Cara Ukur	Hasil Ukur
Data Bahan Kimia ( <i>flammable area</i> )	Informasi tentang bahan kimia pada tangki timbun yang menjadi objek penelitian adalah Bahan bakar minyak yang mengandung bahan kimia <i>Benzene</i>	Data Sekunder yang tersedia dalam perangkat ALOHA	<i>Checklist</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berat Molekul dalam satuan g/mol</li> <li>- Titik didih dalam satuan derajat Celcius (°C)</li> <li>- Tekanan kritis dalam satuan atmosferik (atm)</li> <li>- Titik Beku dalam satuan derajat Celcius (°C)</li> <li>- AEGL dalam satuan <i>parts per million</i> (ppm)</li> </ul>
Data Atmosfer ( <i>threat zone</i> )	Data tentang kondisi atmosfer pada area proyeksi penyebaran dari tangki timbun yang menjadi objek penelitian yaitu untuk melihat besar wilayah apabila terjadinya ledakan dan kebakaran berdasarkan	Data Sekunder yang didapatkan dari BMKG	<i>Checklist</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kecepatan angin dalam satuan meter per second (m/s)</li> <li>- Arah angin berdasarkan petunjuk mata angin</li> <li>- Ketinggian pengukuran kecepatan angin dalam satuan meter (m)</li> <li>- Kerapatan permukaan daratan</li> <li>- Kondisi awan</li> <li>- Kelembapan udara dalam presentase (%)</li> </ul>

Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Cara Ukur	Hasil Ukur
	ukuran Tangki timbun			- Temperatur udara dalam satuan deratan celcius
Data Sumber kebocoran ( <i>tank source</i> )	Sumber Kebocoran bahan kimia dari objek yang akan diteliti. Penelitian ini mengambil tangki timbun sebagai Sumber kebocoran ( <i>Tank Source</i> )	Data Sekunder dari PT Pertamina	<i>Checklist</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diameter tangka dalam satuan meter (m)</li> <li>- Panjang tangka dalam satuan meter (m)</li> <li>- Volume tangki dalam satuan cu meter</li> <li>- Temperatur dalam satuan derajat celcius °C</li> <li>- Tinggi cairan yang diisi pada tangka dalam satuan galon</li> <li>- Diameter pembukaan kebocoran dalam satuan inci (in.)</li> <li>- Letak tinggi kebocoran dari permukaan tangka dalam satuan meter (m)</li> </ul>
Data Lokasi	Letak tempat penelitian yang dituju	Data sekunder dari <i>Google Earth</i>	<i>Checklist</i>	- Letak geografis

## BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

### 4.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian observasional analitik yang menggunakan design case study. Observasional analitik adalah metode penelitian di mana peneliti mengamati dan mencatat perilaku, kejadian, atau fenomena yang terjadi secara alami tanpa melakukan intervensi langsung. Design studi kasus merupakan sebuah fenomena dengan Batasan konteks tertentu atau studi tentang sebuah kasus dari sebuah metode penelitian untuk memperoleh informasi dari sebuah kejadian atau kasus Dalam studi observasional.

### 4.2 Lokasi dan waktu Penelitian

#### 4.2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini direncanakan akan dilaksanakan di seluruh Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) yang ada di wilayah Kota Banda Aceh. Berikut adalah daftar nama Stasiun Pengisian Bakar Umum (SPBU) seluruh wilayah Kota Banda Aceh.

**TABEL 4. 1 NAMA DAN ALAMAT STASIUN PENGISIAN BAHAN BAKAR UMUM  
(SPBU) KOTA BANDA ACEH**

NO	SPBU	ALAMAT
1.	SPBU PERTAMINA LAMNYONG	Jl. Teuku Nyak Arief, Lamnyong, Kec. Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Aceh 23112, Indonesia
2.	SPBU BATOH	Jl. Dr. Mr. Mohd Hasan, Batoh, Kec. Lueng Bata, Kota Banda Aceh, Aceh 23122, Indonesia
3.	SPBU PERTAMINA 14.239.411 Simpang Dodik	Jl. Cut Nyak Dien, Lamtemen Bar., Kec. Jaya Baru, Kota Banda Aceh, Aceh 23232, Indonesia

NO	SPBU	ALAMAT
4.	SPBU SIMPANG JAM	Jl. Teuku Umar No.6, Sukaramai, Kec. Baiturrahman, Kota Banda Aceh, Aceh 23116, Indonesia
5.	SPBU PERTAMINA LINGKE 14.239.405	Jeulingke, Kec. Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Aceh 23114, Indonesia
6.	SPBU PERTAMINA 14.231.482	Jl. Dharma, Mulia, Kec. Kuta Alam, Kota Banda Aceh, Aceh 23123, Indonesia
7.	SPBU PERTAMINA LAMBHUK	Lambhuk, Kec. Ulee Kareng, Kota Banda Aceh, Aceh, Indonesia
8.	SPBU PERTAMINA 14.232.448	Jl. Medan B. Aceh, Gampong Pie, Kec. Meuraxa, Kota Banda Aceh, Aceh 23232, Indonesia
9.	SPBU LUENG BATA 14.232.404	Cot Mesjid, Kec. Lueng Bata, Kota Banda Aceh, Aceh 23111, Indonesia
10.	SPBU LAMPASEH 13.231.408	Jl. Rama Setia, Lampaseh Kota, Kec. Kuta Raja, Kota Banda Aceh, Aceh, Indonesia
11.	SPBU COCO 11.231.401 RUDIN ACEH	Jl. Jenderal Sudirman No.96, Geuceu Meunara, Kec. Jaya Baru, Kota Banda Aceh, Aceh 23233, Indonesia
12.	SPBU KAMPUNG MULIA (PT. TRINADA JAYA SINERGI) 14.234.482	Jl. Syiah Kuala Dsn Tgk Dibrang, Mulia, Kec. Kuta Alam, Kota Banda Aceh, Aceh 23123, Indonesia
13.	SPBU PERTAMINA 14.239.412	Jl. T. Hamzah Bendahara, Kuta Alam Kota Banda Aceh, Aceh, Indonesia
14.	SPBP POLDA ACEH	Lamtemen Bar., Kec. Jaya Baru, Kota Banda Aceh, Aceh 23232, Indonesia
15.	SPBU NELAYAN 18.231.001	Jl. Indra Budiman, Lampulo, Kec. Kuta Alam, Kota Banda Aceh, Aceh, Indonesia

#### 4.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada tanggal 24 Juni sampai tanggal 9 Juli 2024, waktu penelitian ini dapat berubah sesuai kondisi yang telah ditetapkan oleh peneliti.

### **4.3 Jenis Data**

#### **4.3.1 Data Primer**

Data primer adalah data yang diperoleh langsung pada lokasi penelitian dengan metode observasi bersama responden. Observasi dilakukan sesudah peneliti mendapatkan persetujuan dari responden, dan tanda tangan responden pada lembar Observasi.

#### **4.3.2 Data Sekunder**

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara langsung dari berbagai sumber yang telah tersedia. Dalam penelitian ini data sekunder di peroleh dari jurnal jurnal dan artikel artikel terkait dengan kebakaran dan ledakan stasiun pengisian bahan bakar umum (SPBU) kemudian data juga diambil dari sumber Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kota Banda Aceh.

### **4.4 Pengumpulan Data**

1. Peneliti meminta izin dari institusi terkait untuk melakukan studi pendahuluan. Peneliti mengajukan dan mendapatkan persetujuan dari BMKG
2. Peneliti mengajukan dan mendapatkan persetujuan dari SPBU.
3. Peneliti meminta izin persetujuan kepada kepala SPBU.
4. Peneliti memberikan informasi kepada responden penelitian tentang tujuan dan sifat keikutsertaan instansi mereka.
5. Responden yang setuju berpartisipasi terkait dengan pengambilan data untuk di analisis pada system aplikasi ALOHA.

#### 4.5 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan secara langsung (data primer), yang mencakup pengumpulan informasi secara langsung dari lapangan. Data tersebut kemudian dimasukkan ke dalam perangkat lunak ALOHA untuk menyesuaikan kondisi lapangan dengan pengaturan di dalam ALOHA. Selain itu, terdapat juga penggunaan data sekunder, yaitu data Lattitude dan Longitude lokasi daerah SPBU di Banda Aceh. Data sekunder ini digunakan untuk memetakan lokasi SPBU yang ingin dianalisis dampak konsekuensi dan risiko kejadian ledakan oleh perangkat lunak ALOHA. Dengan demikian, penggunaan data primer dan sekunder ini membantu dalam mengoptimalkan analisis dampak konsekuensi dan risiko kejadian ledakan menggunakan perangkat lunak ALOHA. Berikut adalah daftar data yang dibutuhkan pada penelitian ini.

1. Informasi zat kimia yang didapatkan dari Stasiun Bahan Bakar Umum (SPBU).
2. Informasi mengenai sumber kebocoran didapatkan dari Stasiun Bahan Bakar Umum (SPBU).
3. Informasi mengenai keadaan atmosfer di lingkungan penelitian didapatkan dari BMKG (Informasi dalam bentuk *Online*).
4. Informasi lokasi yang ditetapkan sebagai tempat penelitian (Lattitude dan Langitude) didapatkan dari hasil pengamatan menggunakan Google Earth.

Dalam penelitian ini peneliti memakai dua skenario untuk melihat besaran ledakan pada tangga timbun SPBU;

#### 1. *Leaking Tank Pool Fire*

*Leaking Tank* sendiri merupakan kebocoran pada tangki menyebabkan cairan mudah terbakar menyentuh udara atau sumber penyalaan, yang memicu kebakaran hebat. Api yang menyala membentuk *Pool Fire* (kolam cairan) yang terbakar, menimbulkan berbagai bahaya signifikan, yang mana *pool Fire* terjadi ketika cairan bahan bakar atau kimia tertuang dan membentuk kolam di permukaan tanah atau permukaan lainnya. Bahan bakar kemudian terbakar dari permukaan kolam tersebut, menghasilkan api yang besar dan panas yang tinggi. Radiasi panas dari api dapat mengakibatkan luka bakar serius pada individu dan merusak bangunan di sekitarnya.

#### 2. *BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)*

*BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)* terjadi ketika cairan dalam tangki yang tertekan mendidih dan melepaskan uap dalam jumlah besar. Ketika tangki tidak mampu menahan tekanan uap yang meningkat, tangki akan meledak secara tiba-tiba. Ledakan ini mengakibatkan semburan cairan panas dan uap ke lingkungan sekitar, sering kali disertai dengan api yang besar.

### **4.6 Pengolahan Data**

Metode analisis yang digunakan adalah metode pemodelan piranti lunak ALOHA (*Areal Locations of Hazardous Atmosphere*) yang dikeluarkan oleh *United States Environmental Protection Agency* (US EPA).

ALOHA memiliki kemampuan untuk memodelkan tiga jenis bahaya, yakni dispersi gas beracun, kebakaran, dan ledakan. Program ini menggunakan beberapa

model dispersi udara yang berbeda, termasuk model Gaussian dan heavy gas, untuk memprediksi pergerakan serta penyebaran gas kimia. Selain itu, ALOHA juga mampu memperkirakan penyebaran gas beracun, tekanan berlebih dari ledakan awan uap, atau daerah yang rentan terbakar akibat ledakan awan uap.

Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam penggunaan program ALOHA;

- 1 Pengisian data lokasi Langkah ini dapat dilakukan dengan memilih opsi SiteData di menu. Setelah itu, tekan Location untuk membuka Kotak Dialog informasi lokasi. Kemudian, tekan Add untuk menambahkan data lokasi yang akan dianalisis. Di dalam Kotak Dialog yang muncul, Anda perlu memasukkan informasi seperti nama lokasi, elevasi, dan koordinat geografis lokasi tersebut.
- 2 Pengisian data emisi yang akan dianalisis Langkah ini dapat dilakukan dengan memilih opsi SetUp dan kemudian memilih Chemical. Di langkah ini, Anda diminta untuk memasukkan jenis zat kimia yang akan dianalisis, contohnya metana. ALOHA hanya dapat menganalisis satu jenis zat kimia dalam satu waktu. Kotak Dialog untuk langkah ini dapat ditemukan dalam program.
- 3 Pengisian data meteorologi Langkah ini dapat dilakukan dengan memilih opsi SetUp dan kemudian memilih Atmospheric. Di langkah ini, Anda diminta untuk memasukkan informasi seperti kecepatan dan arah angin, kekasaran permukaan tanah, dan stabilitas cuaca.
- 4 Pengisian data sumber emisi Langkah ini dapat dilakukan dengan memilih opsi SetUp dan memilih Source. ALOHA menyediakan empat jenis sumber emisi,

yaitu Direct, Puddle, Tank, dan Gas Pipeline. Dalam penelitian ini, sumber emisi yang akan digunakan adalah Tank dan Gas Pipeline.

- 5 Analisis risiko yang akan terjadi Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis risiko yang mungkin terjadi. ALOHA menyediakan tiga jenis analisis risiko, yaitu:
  - a. Area Toksik dari Awan Uap
  - b. Area Mudah Terbakar dari Awan Uap
  - c. Area Ledakan dari Ledakan Awan Uap

Dengan demikian, metode *Areal Location of Hazardous Atmosphere* (ALOHA) berperan penting dalam perencanaan dan tanggap darurat terhadap potensi kebakaran dan ledakan akibat kebocoran zat kimia di area tangka SPBU. Oleh karena itu, implementasi metode ALOHA menjadi relevan sebagai alat pengukuran dalam penelitian prediksi risiko kebakaran dan ledakan di SPBU.

#### **4.7 Teknik Analisis Data**

Analisis data yang sudah diperoleh diolah dengan menggunakan perangkat lunak ALOHA kemudian dengan mengeluarkan outputan *Leaking Tank Model (HOLE)* dan *Bleve*. Hasil dari outputan *Leaking Tank* dan *bleve* kemudian di konversikan ke google earth untuk memperoleh hasil besaran dan dampak dari kejadian kebakaran dan ledakan di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU).

#### **4.8 Penyajian Data**

Presentasi data melibatkan penggunaan hasil perhitungan dan pemodelan yang dibuat oleh perangkat lunak ALOHA. Metode perhitungan yang diterapkan

dalam penelitian ini adalah deskriptif, yang bertujuan untuk memberikan gambaran yang jelas tentang pemetaan area yang rentan terhadap kebakaran dan ledakan di SPBU.

## BAB V

### GAMBARAN UMUM

#### 5.1 Profil Singkat Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU)

Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) dengan kode nomor 14.239.411 merupakan SPBU berjenis COCO (*Company Operation Company Owner*) dan memiliki status “PASTI PAS”. SPBU ini terletak di Jl. Cut Nyak Dien, Lamtemen Barat, Kecamatan Jaya Baru, Kota Banda Aceh, Aceh 23232, Indonesia. SPBU Lamtemen memiliki pekerja dengan jumlah 18 orang.

Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) dengan kode nomor 14.231.482 adalah SPBU berjenis DODO (*Dealer Operation Company Owner*) dan memiliki status “PASTI PAS”. SPBU ini berlokasi di Jl. Dharma, Mulia, Kecamatan Kuta Alam, Kota Banda Aceh, Aceh 23123, Indonesia. SPBU Kampung Mulia memiliki pekerja dengan jumlah 19 orang.

Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) dengan kode nomor 11.231.401 adalah SPBU berjenis COCO (*Company Operation Company Owner*) dan berstatus “PASTI PAS”. SPBU ini terletak di Jl. Jenderal Sudirman No.96, Geuceu Meunara, Kecamatan Jaya Baru, Kota Banda Aceh, Aceh 23233, Indonesia. SPBU Geucue Meunara memiliki pekerja dengan jumlah 14 orang.

Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) dengan kode nomor 14.239.412 adalah SPBU berjenis DODO (*Dealer Operation Company Owner*) dan berstatus “PASTI PAS”. SPBU ini berlokasi di Kuta Alam, Kecamatan Kuta Alam, Kota Banda Aceh, Aceh 24415, Indonesia. SPBU Kuta Alam memiliki pekerja dengan jumlah 12 orang.

Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) ini termasuk kategori Pertamina PASTI PAS yang telah bersertifikat, menjamin pelayanan terbaik dan memenuhi standar internasional. Konsumen dapat mengharapkan kualitas dan kuantitas BBM yang terjamin karena “SPBU PASTI PAS!” menggunakan alat pengukur kualitas dan kuantitas yang akurat, serta prosedur monitoring yang lebih ketat. Untuk memastikan ketepatan takaran, SPBU ini rutin melakukan tes ketepatan volume dengan batas toleransi akurasi yang lebih ketat dibandingkan SPBU biasa. Jika pompa melewati batas toleransi, Dinas Metrologi akan melakukan kalibrasi ulang. Selain itu, untuk menjamin kualitas BBM, SPBU ini melakukan pengujian kualitas tiga kali lebih banyak daripada SPBU biasa, dengan batas toleransi yang lebih ketat. Prosedur ini dilakukan untuk memberikan kepastian kepada konsumen bahwa setiap liter BBM yang dibeli sesuai dengan standar kualitas dan kuantitas yang ditetapkan oleh Pertamina.

Konsumen yang datang ke Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) akan disambut dengan senyum, salam, dan sapa dari para operator. Untuk memastikan konsumen mendapatkan volume BBM yang akurat, operator akan menunjukkan mesin pompa yang menunjukkan angka nol sebelum memulai pengisian. Untuk mendapatkan sertifikasi “PASTI PAS!”, SPBU harus telah melewati audit kepatuhan terhadap standar pelayanan yang ditetapkan oleh Pertamina. Sertifikasi ini mencakup penilaian terhadap berbagai aspek, termasuk kualitas layanan, keakuratan alat ukur, kebersihan, dan kenyamanan fasilitas SPBU, sehingga konsumen dapat merasa yakin bahwa mereka menerima layanan terbaik sesuai dengan standar tinggi yang diharapkan dari SPBU bersertifikat Pertamina PASTI PAS.

Audit mencakup berbagai aspek, termasuk standar pelayanan, jaminan kualitas dan kuantitas, kondisi peralatan dan fasilitas, keselarasan format fasilitas, serta penawaran produk dan layanan tambahan. Setelah mendapatkan sertifikat “PASTI PAS!”, Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) harus tetap menjalani audit rutin untuk mempertahankan statusnya. Jika SPBU gagal dalam audit tersebut, mereka dapat kehilangan predikat sebagai SPBU PASTI PAS!. Audit rutin ini memastikan bahwa SPBU terus mematuhi standar tinggi yang telah ditetapkan, memberikan layanan terbaik kepada konsumen, menjaga keakuratan pengukuran BBM, dan memastikan semua fasilitas dan peralatan dalam kondisi optimal. Dengan demikian, konsumen selalu mendapatkan pengalaman pengisian BBM yang berkualitas dan sesuai dengan harapan.

## **5.2 Visi Misi Perusahaan**

1. Visi Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU)
  - a. Menjadikan Perusahaan yang handal dalam pekerjaan dan prima dalam pelayanan.
  - b. Menjadikan Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) yang berkualitas.
2. Misi Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU)
  - a. Membuka lapangan pekerjaan yang baru
  - b. Memberikan kemudahan bagi masyarakat dalam melakukan pengisian Bahan Bakar Umum
  - c. Memberikan kenyamanan pelayanan kepada konsumen dalam membeli BBM dengan slogan Pasti Pas!.

### **5.3 Keamanan Produk & Layanan**

Pada tahun 2019 Pertamina menerapkan layanan baru yaitu "Call Center 135", dan menuntaskan digitalisasi 2.975 Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) dari 5.518 target Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU). Komitmen layanan terbaik ini di berikan kepada pelanggan dengan memperhatikan Undang-Undang No.5 Tahun 1999 tentang Larangan Praktik Monopoli dan Persaingan Usaha Tidak Sehat; serta Undang-Undang No.8 Tahun 1999 tentang Perlindungan Konsumen. Pelayanan kepada pelanggan menjadi tanggung jawab Fungsi Customer Care yang secara berkala menyampaikan laporan kinerja kepada Direksi. Selain itu, Pertamina juga menjamim keselamatan pelanggan terkait dengan penggunaan produk-produk Pertamina, termasuk produk-produk yang digunakan Masyarakat. Pertamina memastikan seluruh (100%) proses produksi, produk Perseroan serta pengembangannya telah melalui penerapan mutu, keselamatan, Kesehatan, keamanan, dan kelola lingkungan (QHSSE) untuk memastikan pengaruhnya pada keselamatan dan Kesehatan pelanggan.

### **5,4 Struktur Organisasi Perusahaan**

Organisasi adalah wadah bagi sekelompok orang yang bekerja sama untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan. Agar kerjasama tersebut berjalan dengan baik, perlu adanya pembagian tugas, wewenang, dan tanggung jawab dari masing-masing bagian. Oleh karena itu, penyusunan struktur organisasi perusahaan harus didasarkan pada pertimbangan efisiensi dan efektivitas untuk mencapai tujuan organisasi dan disesuaikan dengan kebutuhan organisasi.

Struktur organisasi adalah elemen penting untuk menerapkan pengawasan yang efektif dan sebagai dasar dalam pelimpahan wewenang serta tanggung jawab. Struktur organisasi SPBU Batoh dan SPBU Simpang Jam dapat dikategorikan sebagai Line Authority, di mana seorang atasan atau kepala bagian bertanggung jawab dalam pengambilan keputusan. Selain itu, kepala bagian juga bertanggung jawab atas semua aktivitas organisasi yang dilakukan oleh bawahannya untuk mencapai tujuan organisasi.

Demikian pula dengan garis koordinasi, sesuai dengan tanggung jawab dan wewenang masing-masing, di mana dalam struktur organisasi tersebut terdapat pembagian tugas yang jelas dan terkoordinasi, yang kemudian dipertanggung jawabkan langsung kepada kepala bagian.

Struktur tersebut disusun berdasarkan kebutuhan perusahaan, terdiri dari :

1. Kepala SPBU
2. Wakil kepala SPBU
3. Internal Audit
4. Bagian Administrasi dan Keuangan, Seksi Administrasi Persediaan Kantor, Seksi Pembukuan, Seksi Keuangan.
5. Bagian Umum dan Personalia, Seksi Humas dan Keamanan, Seksi Pengadaan Bahan, Seksi Maintenance.

## **5.5 Uraian Tugas Perusahaan**

### **1. Pemilik SPBU**

Tugas dan Tanggung jawab:

- a. Menginvestasikan dananya untuk kegiatan perusahaan.
- b. Menerima hasil “return on investment” yang tertentu dari perusahaan.
- c. Menerima laporan-laporan perusahaan yang akan datang dan yang sekarang dari kepala SPBU.
- d. Menyetujui kepala SPBU dalam menggunakan optimum dan rencana-rencana jangka Panjang.

## **2. Kepala SPBU**

Tugas dan Tanggung jawab:

- a. Sebagai pimpinan perusahaan dan pengganti.
- b. Menciptakan hubungan kerjasama yang antara kepala-kepala divisi atau bagian-bagian untuk kelancaran perusahaan.
- c. Bertanggung jawab langsung kepada pemilik SPBU atas pelaksanaan tugas operasional.

## **3. Wakil Kepala SPBU**

Tugas dan Tanggung jawab:

- a. Bertanggung jawab kepada kepala SPBU.
- b. Menggantikan tugas kepala SPBU apabila berhalangan hadir.

## **4. Internal Audit**

Tugas dan Tanggung jawab:

- a. Mengadakan penilaian dan penelitian terhadap ketetapan serta penerapan dari
- b. sistem dari sistem prosedur keuangan termasuk pengadministrasian dalam
- c. peningkatan efektifitas pengawasan terhadap kegiatan perusahaan.

- d. Mengadakan penilaian dan penelitian terhadap segenap harta perusahaan.
- e. Mengadakan penilaian dan penelitian terhadap tingkat kebenaran setiap
- f. pelaporan data kepada manajemen.

## **5. Bagian administrasi dan Keuangan**

Tugas dan Tanggung jawab:

- a. Melaksanakan administrasi perusahaan yang menyangkut kepegawaian, penjualan, dan perusahaan.
- b. Memberikan saran kepada SPBU atas masalah-masalah yang menyangkut administrasi perusahaan.
- c. Mempersiapkan dan mengatur surat-surat, pengisian laporan laporan, dan formulir-formulir untuk bagian lain.
- d. Bertanggung jawab atas pelaksanaan administrasi secara umum.
- e. Bertanggung jawab kepada kepala SPBU.
- f. Bertanggung jawab terhadap pemakaian dan pemeliharaan peralatan yang digunakan dan penggunaan bahan-bahan yang diterimanya.
- g. Menyelenggarakan dan mengawasi penyinpangan dokumen yang menyangkut masalah keuangan.

## **6. Security**

Tugas dan Tanggung jawab:

- a. Menjaga keamanan dan ketertiban SPBU

- b. Mengawasi Kelangsungan penjualan BBM kepada konsumen
- c. Bertanggung jawab kepada kepala SPBU

### **1. Operator**

Tugas dan tanggung jawab:

- a. Melakukan transaksi langsung dengan konsumen.
- b. Melaporkan hasil penjualan BBM kepada kepala SPBU.
- c. Melayani konsumen dengan baik dan sepenuh hati

## BAB VI

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 6.1 Hambatan Penelitian

Adapun Hambatan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Hambatan dalam perizinan untuk meneliti di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) menjadi kendala utama. Dari 15 SPBU yang kami teliti, hanya 4 SPBU yang memberikan izin. Sedangkan, SPBU lainnya mengharuskan adanya izin dari pihak PT. PERTAMINA (Persero) di Banda Aceh. Namun, pihak PT. PERTAMINA (Persero) tidak memberikan respon terhadap permohonan izin yang kami ajukan, bahkan hingga hari pelaksanaan penelitian. Akibatnya, SPBU yang memerlukan izin dari PT. PERTAMINA tidak memberikan izin untuk dilakukan penelitian di lokasi mereka.
- b. Saat melakukan penelitian di lapangan, peneliti sering mengalami kesulitan dalam mendapatkan data yang berkaitan dengan karakteristik tangki timbun di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU). Kendala ini muncul karena beberapa faktor, antara lain akses terbatas ke lokasi tangki, kurangnya dokumentasi yang tersedia, serta terbatasnya informasi yang dapat diberikan oleh pihak pengelola SPBU. Selain itu, adanya perbedaan standar dan spesifikasi tangki timbun di setiap SPBU juga menambah kompleksitas dalam pengumpulan data yang akurat dan konsisten. Hal ini berdampak pada proses analisis yang memerlukan data rinci mengenai kapasitas, material, usia tangki, serta prosedur pemeliharaan yang diterapkan. Yang mana dari ke empat SPBU hanya Satu SPBU yang memberikan akses penuh untuk mengetahui tentang karakteristik Tangki timbun pada SPBU tersebut.

## 6.2 Hasil Penelitian

### 6.1.1. Hasil Pemodelan di SPBU A

Hasil pemodelan kebakaran dan ledakan dari *Benzena* dapat dilihat setelah semua data yang diperlukan dimasukkan ke dalam parameter site data dan setup. Parameter site data diisi dengan data lokasi yang dijadikan tempat penelitian, sedangkan parameter setup diisi dengan data bahan kimia (*chemical data*), data atmosferik (*atmospheric data*), dan data sumber kebocoran (*source data*).

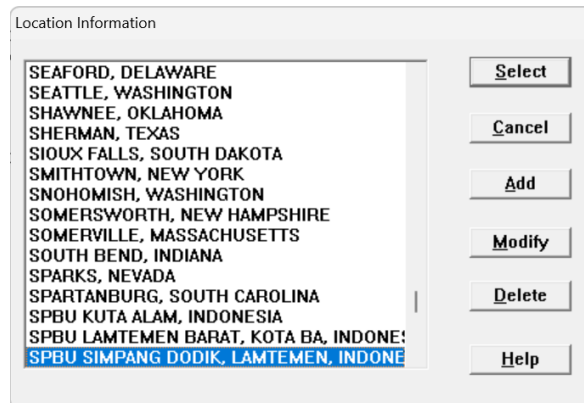
Setelah semua data yang diperlukan dimasukkan, hasil pemodelan kebakaran dan ledakan dapat dilihat pada display yang menggambarkan *flammbale area*. Setelah semua data dimasukkan, rincian data secara lengkap akan ditampilkan dalam *text summary*. *Text summary* ALOHA dari data yang dimasukkan dalam pemodelan kebaran dan ledakan pada SPBU A adalah sebagai berikut:

#### A. *Site data*

*Site data* merupakan data lokasi yang dijadikan sebagai tempat atau objek penelitian, yaitu SPBU A. Data yang dimasukkan dalam parameter ini adalah data lokasi, tipe bangunan, tanggal dan waktu. Dengan menggunakan data BMKG, koordinat yang diperoleh adalah Latitude 5.52887361N dan Longitude 95.29560596E, dengan ketinggian permukaan 7 meter diatas permukaan tanah. Data tipe bangunan yang dimasukkan disesuaikan dengan tipe bangunan SPBU Simpang Dodik 14.239.411. Berdasarkan observasi yang dilakukan SPBU yang menjadi unit analisis merupakan bangunan bertipe satu lantai (*single storied*) yang di

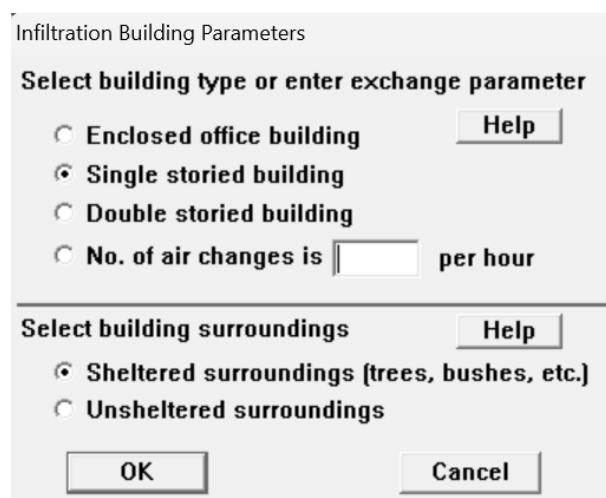
sekitarnya terdapat bangunan lain dan perpohonan. Sedangkan parameter tanggal dan waktu diisi berdasarkan tanggal dan waktu penelitian.

Lokasi: SPBU Simpang Dodik, Lamtemen, Indonesia



**Gambar 6. 1 Lokasi Penelitian SPBU Simpang Dodik, lamtemen, Indonesia**

Tipe Bangunan: *single storied building*



**Gambar 6. 2 Informasi Tentang Bangunan**

Antarmuka pengguna ini memungkinkan pengguna untuk memasukkan parameter bangunan yang akan memengaruhi penyebaran atmosfer bahan kimia berbahaya. Adapun pada gambar diatas Pengguna dapat memilih dari tiga jenis bangunan dan lingkungan bangunan. Penelitian ini memfokuskan pada tipe

bangunan *single storied building* (bangunan satu lantai) dan *sheltered surroundings* (lingkungan terlindungi dari sekelilingnya).

Location Input

Enter full location name:

Location is

Is location in a U.S. state or territory ?

In U.S.  Not in U.S.

Enter approximate elevation

Elevation is   ft  m

Enter approximate location

	deg.	min.		
Latitude	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="52.0"/>	<input checked="" type="radio"/> N	<input type="radio"/> S
Longitude	<input type="text" value="95"/>	<input type="text" value="29.0"/>	<input checked="" type="radio"/> E	<input type="radio"/> W

**Gambar 6. 3 Input Data Lokasi**

Antarmuka pengguna ini memungkinkan pengguna untuk memasukkan data lokasi dan meteorologi yang akan memengaruhi penyebaran atmosfer. Pada kotak *Is location in a U.S. state or territory ?*, pilih apakah lokasi tersebut berada di negara bagian atau wilayah AS. Dalam contoh gambar, lokasinya tidak berada di AS, jadi pilih Not in U.S. Pada kotak *Enter approximate elevation*, masukkan ketinggian lokasi dalam meter. Dalam contoh gambar, ketinggiannya adalah 7 meter.

ALOHA adalah alat yang digunakan untuk memprediksi penyebaran atmosfer bahan kimia berbahaya dengan mempertimbangkan data lokasi dan meteorologi. Alat ini dilengkapi dengan database data lokasi dan meteorologi yang luas, memungkinkan pengguna untuk melakukan perhitungan yang akurat terkait bagaimana angin dan faktor cuaca lainnya akan memengaruhi penyebaran bahan kimia berbahaya. Selain menggunakan data yang tersedia dalam database, pengguna juga memiliki fleksibilitas untuk memasukkan data lokasi dan meteorologi mereka

sendiri. Hal ini memungkinkan penyesuaian yang lebih spesifik dan relevan terhadap situasi dan kondisi lapangan yang aktual, sehingga hasil prediksi penyebaran bahan kimia dapat lebih akurat dan sesuai dengan kenyataan. Dengan demikian, ALOHA menjadi alat yang sangat berguna bagi pengguna dalam mengelola risiko dan mengambil tindakan yang tepat dalam situasi darurat yang melibatkan bahan kimia berbahaya.

Date and Time Options

You can either use the computer's internal clock for the model's date and time, or set a constant date and time.

Use internal clock  Set a constant time

---

Input a constant date and time :

Month	Day	Year	Hour	Minute
7	1	2024	3	15
[1 - 12]	[1 - 31]	[1900 - ...]	[0 - 23]	[0 - 59]

OK Cancel Help

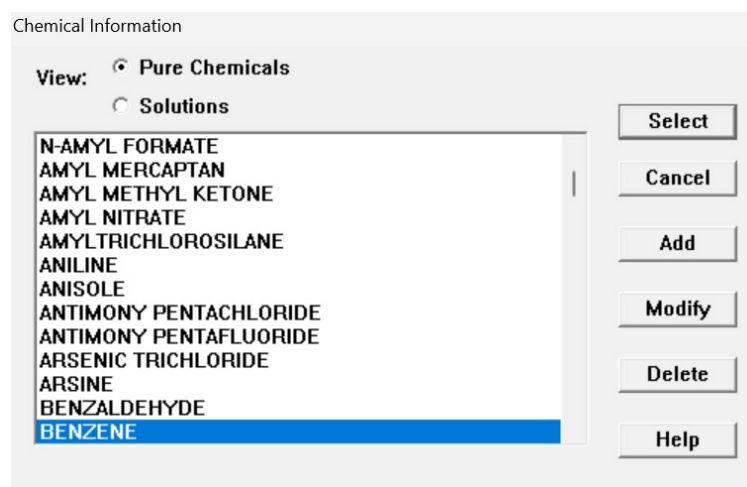
**Gambar 6. 4 Informasi Data Waktu Dan Tanggal**

Antarmuka pengguna ini memungkinkan pengguna untuk memasukkan data Tanggal dan Waktu di dalam perangkat lunak. Opsi ini memungkinkan Anda untuk mengatur tanggal dan waktu yang akan digunakan dalam model simulasi. Pada gambar diatas dipilih set a constant time (waktu yang diatur) dimana kemudian diatur secara manual seperti gambar diatas sesuai waktu dan tanggal pada saat dilakuknya pengamatan di lapangan.

## B. Set up

### a. Chemical Data

Untuk memahami dan memodelkan potensi kebakaran serta ledakan di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) A, peneliti memilih untuk fokus pada bahan kimia Benzena. Benzena dipilih karena sifatnya yang mudah menguap dan sangat mudah terbakar, yang berpotensi meningkatkan risiko kebakaran dan ledakan di area tersebut. Dengan menggunakan Benzena sebagai studi kasus, peneliti dapat mengembangkan model yang lebih akurat dan relevan untuk mengidentifikasi faktor-faktor risiko serta merancang strategi mitigasi yang efektif. Studi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam upaya meningkatkan keselamatan operasional di SPBU dan mengurangi kemungkinan terjadinya insiden berbahaya.



**Gambar 6. 5 Input Data Bahan Kimia**

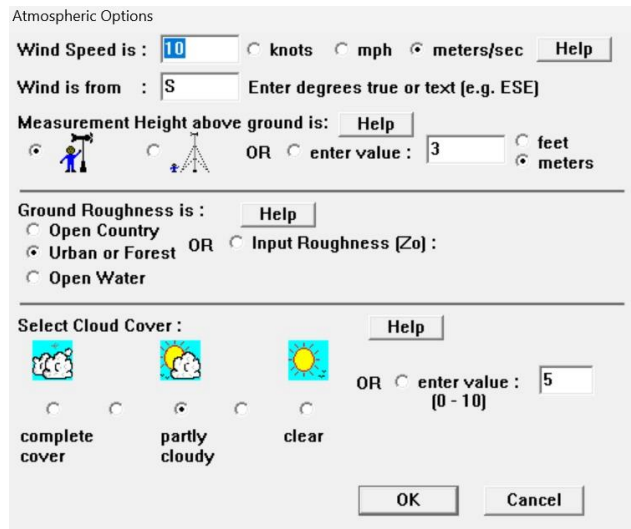
Dengan demikian informasi mengenai property dari *benzene* dapat ditampilkan, informasi yang diberikan adalah sebagai berikut:

- a. Berat molekul : 78.11 g/mol
- b. AEGL 1 : 52 ppm
- c. AEGL 2 : 800 ppm
- d. AEGL 3 : 4000 ppm
- e. IDLH : 500 ppm
- f. Titik Didih : 175.9 F
- g. ASC :15.7%

b. *Atmospheric data*

1. *Atmospheric data option 1*

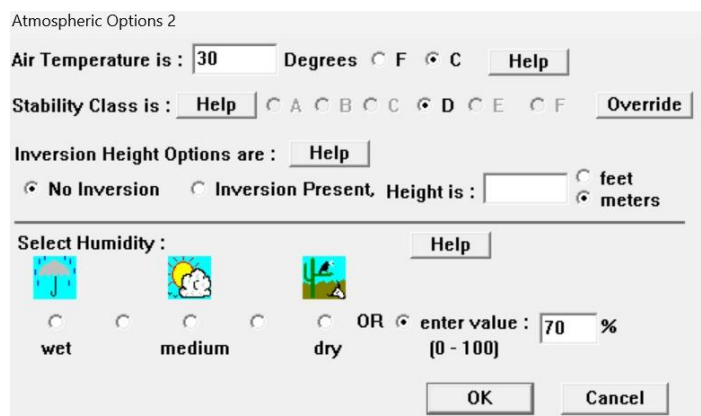
Data atmosfer yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada pengamatan langsung di lokasi serta data yang diperoleh dari BMKG Kota Banda Aceh. Berdasarkan informasi dari BMKG, kecepatan angin di Kota Banda Aceh tercatat 10 m/s dengan kelembapan relatif sebesar 70%.



**Gambar 6. 6 Atmospheric Option 1**

Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan parameter atmosfer, termasuk kecepatan angin, kekasaran permukaan tanah, dan tutupan awan, guna memperoleh prediksi yang lebih akurat. Adapun pada menu **Measurement Height above ground is**, peneliti menginput arah angin keselatan dan ketinggian dengan jarak 3 Meter dengan visual cuaca cerah berawan dengan value atau kondisi awan 5.

2. *Atmospheric data option 2*



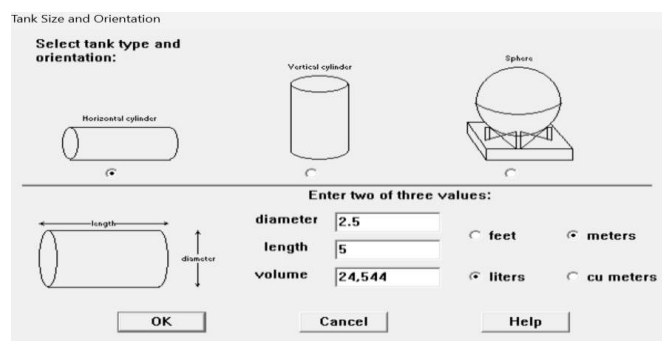
**Gambar 6. 7 Atmospheric Option 2**

Setelah memasukkan data kecepatan angin, nilai tutupan awan, dan temperatur udara, ALOHA secara otomatis memberikan alternatif untuk memilih kelas stabilitas atmosfer, yang dalam hal ini dipilih kelas D. Karena benzena merupakan gas berat, kondisi inversi yang dipilih adalah tanpa inversi. Data yang dimasukkan meliputi temperatur udara sebesar 30°C, kelas stabilitas D, tinggi inversi tanpa inversi, dan kelembapan udara sebesar 70%. ALOHA memanfaatkan data ini untuk memodelkan penyebaran benzena dengan lebih akurat, memperhitungkan faktor-faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi perilaku gas di atmosfer. Dengan memasukkan parameter-parameter ini, prediksi mengenai risiko kebakaran dan ledakan di SPBU simpang Dodik dapat dilakukan dengan lebih tepat, membantu dalam merancang langkah-langkah mitigasi yang efektif.

c. *Source*

1. Tank Size and Orientation

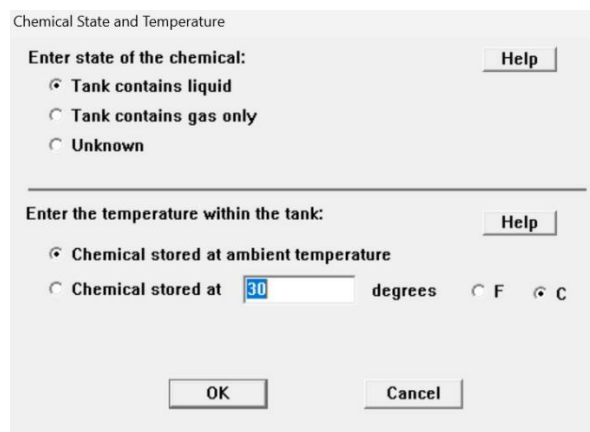
Pada aplikasi ALOHA, sumber yang dapat dipilih meliputi direct, puddle, tank, dan gas pipeline. Berdasarkan unit analisis dalam penelitian ini, sumber yang dipilih adalah tank dengan tipe horizontal cylinder. Data yang diinput merupakan hasil data sekunder yang diperoleh dari SPBU Simpang Dodik.



**Gambar 6. 8 Tank Size and Orientation**

Meliputi diameter tangki sebesar 2,5 meter, panjang tangki 5 meter, dan volume tangki 24,54 liter. Informasi ini digunakan untuk memodelkan potensi kebakaran dan ledakan, sehingga dapat menghasilkan prediksi yang lebih akurat dan membantu dalam merancang langkah-langkah mitigasi yang sesuai.

## 2. *Chemical State and Temperature*



**Gambar 6. 9 *Chemical State and Temperature***

Tangki yang dianalisis dalam penelitian ini mengandung cairan dengan temperatur di sekitar tangki sebesar 30°C. Informasi ini, dikombinasikan dengan data lain seperti diameter tangki sebesar 2,5 meter, panjang tangki 5 meter, dan volume tangki 24,54 liter, digunakan untuk memodelkan potensi kebakaran dan ledakan. Aplikasi ALOHA memanfaatkan data ini untuk menghasilkan prediksi yang lebih akurat mengenai penyebaran zat kimia dan risiko terkait. Dengan demikian, penelitian ini dapat membantu merancang langkah-langkah mitigasi yang lebih efektif dan meningkatkan keselamatan operasional di SPBU Simpang Dodik.

### 3. *Liquid Mass or Volume*

Liquid Mass or Volume

Enter the mass in the tank OR volume of the liquid

The mass in the tank is: 18.9

pounds  
 tons(2,000 lbs)  
 kilograms

OR

Enter liquid level OR volume

The liquid volume is: 5,216

gallons  
 cubic feet  
 liters  
 cubic meters

80.4 % full by volume

OK Cancel Help

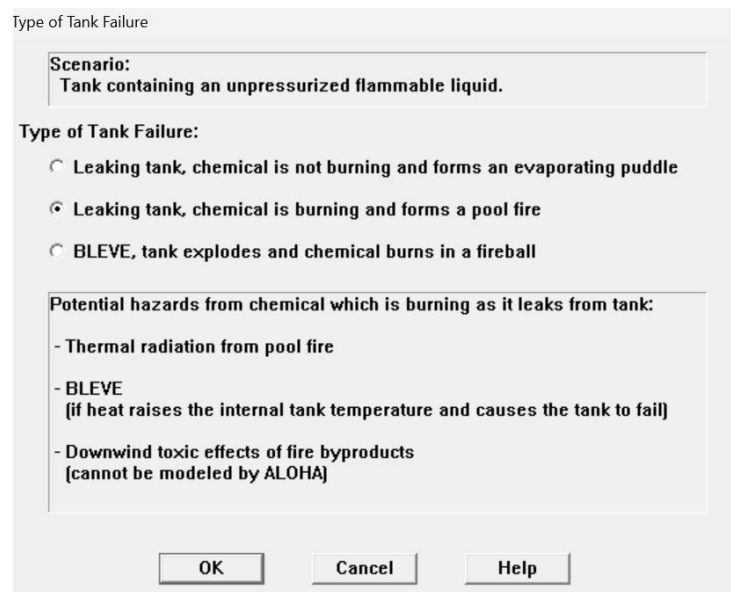
**Gambar 6. 10 *Liquid Mass or Volume***

Tangki di SPBU Simpang Dodik memiliki massa cairan sebesar 18,9 ton. Volume cairan yang ada di dalam tangki tersebut, yang diukur secara otomatis, mencapai 80,4% dari total kapasitas tangki. Dengan kata lain, dari seluruh kapasitas tangki yang ada, cairan yang ada saat ini mengisi sekitar 80,4% dari ruang yang tersedia. Massa cairan yang terukur ini setara dengan 18,9 ton, menggambarkan bobot total cairan dalam tangki pada saat ini.

### 4. *Type of Tank Failure*

*Type of Tank Failure* merujuk pada berbagai jenis kegagalan atau kerusakan yang dapat terjadi pada tangki penyimpanan. Kegagalan tangki dapat disebabkan oleh berbagai faktor dan dapat memengaruhi fungsionalitas serta keselamatan. Adapun peneliti mencoba simulasikan dalam 2 skenario yang berbeda antara satu dan lainnya, skenario pertama yang di simulasikan pada SPBU Simpang Dodik memakai type *Leaking Tank* dan Skenario ke dua memakai metode BLEVE.

a. *Leaking Tank*



**Gambar 6. 11 Pemilihan Model Ledakan *Type Of Tank Failure***

Berdasarkan gambar diatas menunjukkan tangkapan layar dari simulasi komputer yang menampilkan berbagai skenario kegagalan tangki yang melibatkan cairan mudah terbakar tanpa tekanan. Adapun peneliti mencoba simulasikan scenario pertama yaitu leaking tank dengan ledakan pool fire.

Dalam skenario ini, kebocoran pada tangki menyebabkan cairan mudah terbakar menyentuh udara atau sumber penyalaaan, yang memicu kebakaran hebat. Api yang menyala membentuk kolam cairan yang terbakar, menimbulkan berbagai bahaya signifikan. Radiasi panas dari api dapat mengakibatkan luka bakar serius pada individu dan merusak bangunan di sekitarnya. Selain itu, asap yang dihasilkan oleh kebakaran dapat menyebabkan masalah pernapasan dan berbagai komplikasi kesehatan bagi orang yang terpapar. Pembakaran cairan mudah terbakar juga dapat

melepaskan produk sampingan beracun ke udara, yang berpotensi menimbulkan bahaya serius jika terhirup.

- *Area and Type of Leak*

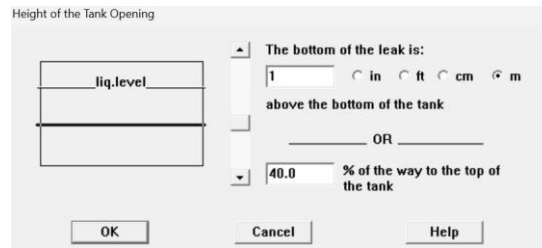
Adapun pada gambar dibawah ini merupakan inputan simulasi dari jenis kebocoran pada tanki yang mana pada gambar tersebut memiliki 2 kemungkinan scenario jenis kebocoran pada tangkai.

The image shows a software dialog box titled "Area and Type of Leak". The main instruction is "Select the shape that best represents the shape of the opening through which the pollutant is exiting". There are two options: "Circular opening" (selected with a radio button) and "Rectangular opening" (unselected). Below these are two diagrams: a circle with a horizontal double-headed arrow labeled "diameter" and a rectangle with horizontal arrows labeled "width" and "length". Under the circular opening option, there is a text field "Opening diameter:" with the value "10" and a unit selection menu with options: "inches", "feet", "centimeters" (selected), and "meters". Below this, there is another question: "Is leak through a hole or short pipe/valve?" with two radio button options: "Hole" (selected) and "Short pipe/valve". At the bottom of the dialog are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

**Gambar 6. 12 Area and Type of Leak**

Peneliti memilih jenis kebocoran yang berasal dari circular opening, dengan fokus pada bentuk kebocoran berupa lubang (hole) berbentuk lingkaran dan opening diameter kebocoran dalam ukuran 10 centimeter.

- *Height of the Tank Opening*



**Gambar 6. 13** *Height of the Tank Opening*

Selanjutnya, setelah memasukkan beberapa opsi untuk titik kebocoran yang berasal dari lubang berbentuk lingkaran, aplikasi ALOHA secara otomatis menampilkan menu opsi perkiraan letak kebocoran pada dasar tangki utama. Jarak kebocoran dari dasar tangki hingga permukaan tanah ditetapkan dengan nilai 20% dari total ketinggian tangki.

- *Text Summary*

Maka setelah semua data telah dimasukan dalam scenario pertama ini maka secara otomatis aplikasi ALOHA akan menampilkan text summary. Adapun berikut hasil visual dari bentuk text summary yang ditampilkan.

**SITE DATA:**  
 Location: SPBU SIMPANG DODIK, LAMTEMEN, INDONESIA  
 Building Air Exchanges Per Hour: 1.50 (sheltered single storied)  
 Time: July 1, 2024 1420 hours ST (user specified)

**CHEMICAL DATA:**  
 Chemical Name: BENZENE  
 CAS Number: 71-43-2 Molecular Weight: 78.11 g/mol  
 AEGL-1 (60 min): 52 ppm AEGL-2 (60 min): 800 ppm AEGL-3 (60 min): 4000 ppm  
 IDLH: 500 ppm LEL: 12000 ppm UEL: 80000 ppm  
 Carcinogenic risk - see CAMEO Chemicals  
 Ambient Boiling Point: 176.1° F  
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.16 atm  
 Ambient Saturation Concentration: 156,586 ppm or 15.7%

**ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)**  
 Wind: 10 meters/second from S at 3 meters  
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths  
 Air Temperature: 30° C Stability Class: D  
 No Inversion Height Relative Humidity: 70%

**SOURCE STRENGTH:**  
 Leak from hole in horizontal cylindrical tank  
 Flammable chemical is burning as it escapes from tank  
 Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 5 meters  
 Tank Volume: 24,544 liters  
 Tank contains liquid Internal Temperature: 30° C  
 Chemical Mass in Tank: 18.9 tons Tank is 80% full  
 Circular Opening Diameter: 10 centimeters  
 Opening is 1 meters from tank bottom  
 Max Flame Length: 16 yards Burn Duration: 35 minutes  
 Max Burn Rate: 841 pounds/min  
 Total Amount Burned: 20,412 pounds  
 Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.  
 The puddle spread to a diameter of 10.8 yards.

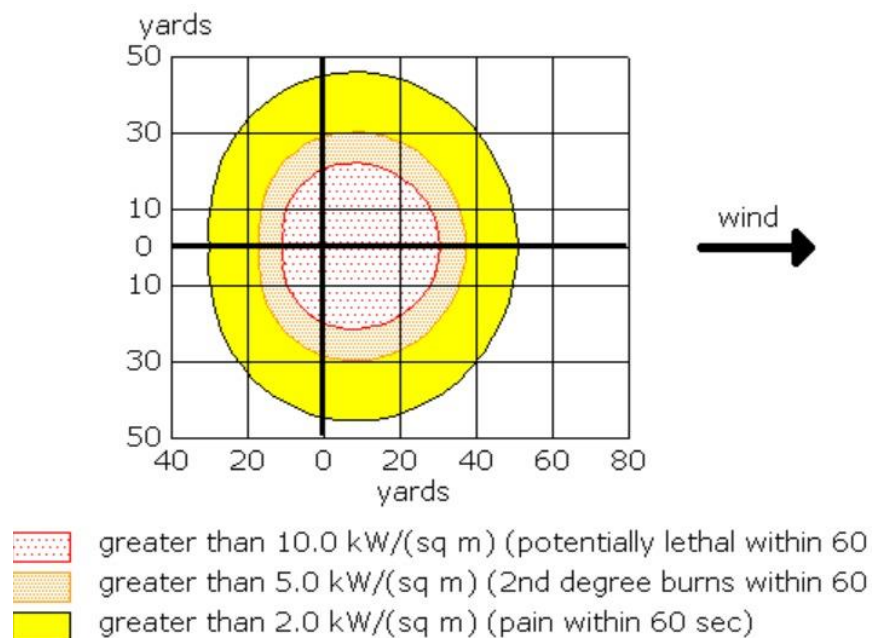
### **Gambar 6. 14 Text Summary**

Penelitian ini dilaksanakan di SPBU Simpang Dodik Lamtemen, Indonesia, pada tanggal 1 Juli 2024. Kondisi cuaca saat itu cerah berawan dengan nilai kondisi awan sebesar 5 dan suhu udara mencapai 30°C. Angin bertiup ke arah selatan dengan kecepatan 10 meter per detik pada ketinggian 3 meter di atas permukaan tanah. Di SPBU ini, tangki timbun memiliki volume sebesar 24,54 liter, dengan 80% dari kapasitasnya terisi oleh cairan. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan dua skenario kebocoran, salah satunya adalah skenario kebakaran kolam akibat kebocoran pada tangki. Kebocoran ini bersumber dari sebuah lubang berbentuk lingkaran dengan diameter 10 cm, yang merepresentasikan kebocoran dari sebuah

bukaan melingkar. Skenario ini dipilih untuk memahami dampak dan karakteristik kebocoran pada kondisi tersebut.

- Display

Setelah memasukkan data ke dalam sumber dan memilih parameter tampilan pada aplikasi, pemodelan zona ancaman dapat ditampilkan dengan hasil Output secara visual mengenai scenario pertama ini dapat dilihat dari display dibawah ini:



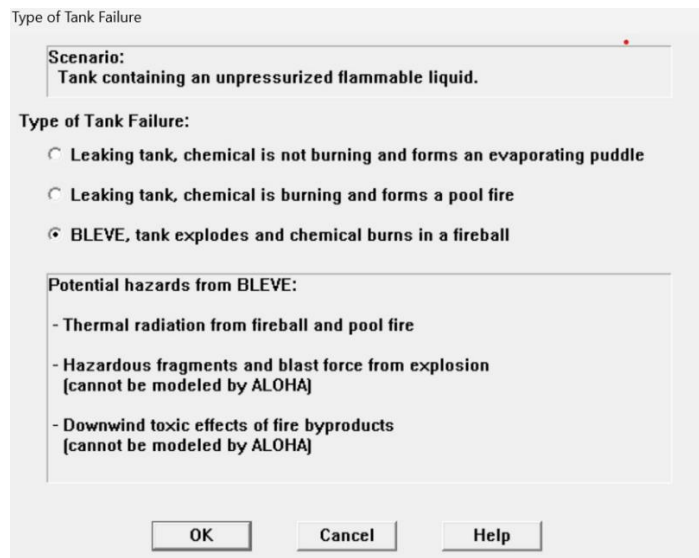
**Gambar 6. 15 Flammable Area**

Zona merah menunjukkan jarak hingga 31 Yard dari titik kebocoran, di mana radiasi panas melebihi 10,0 kW/m<sup>2</sup>, menandakan area dengan risiko paling tinggi. Zona oranye mencakup jarak hingga 38 yard, dengan radiasi panas lebih dari 5,0 kW/m<sup>2</sup>, menunjukkan risiko yang lebih rendah dibandingkan zona merah namun

tetap signifikan. Zona kuning meliputi area hingga 51 Yard dari titik kebocoran, dengan radiasi panas melebihi  $2,0 \text{ kW/m}^2$ , menunjukkan risiko yang lebih rendah tetapi tetap perlu diperhatikan. Penilaian ini membantu dalam mengidentifikasi dan memitigasi potensi bahaya akibat kebakaran dari kebocoran tangki.

*b. BLEVE*

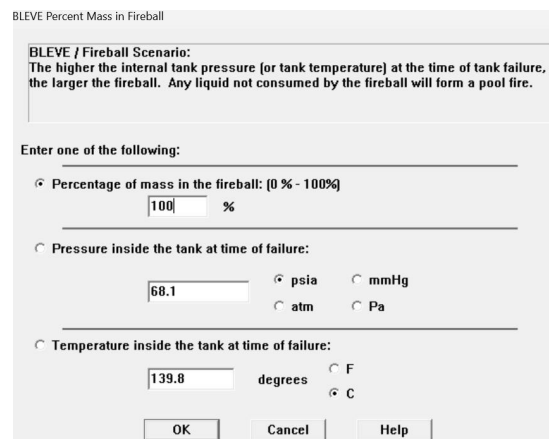
Peneliti juga melakukan simulasi skenario kedua, yaitu BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*) yang melibatkan ledakan pool fire. Dalam simulasi ini, peneliti mengkaji dampak dari kombinasi ledakan yang disebabkan oleh pemanasan cairan dalam tangki yang kemudian mengakibatkan kebakaran kolam. BLEVE terjadi ketika cairan dalam tangki yang tertekan mendidih dan melepaskan uap dalam jumlah besar. Ketika tangki tidak mampu menahan tekanan uap yang meningkat, tangki akan meledak secara tiba-tiba. Ledakan ini akan menyebabkan semburan cairan panas dan uap ke lingkungan sekitar, sering kali disertai dengan api yang besar.



**Gambar 6. 16 Type of Tank Failure**

Berdasarkan gambar di atas, tampak tangkapan layar dari simulasi komputer yang menggambarkan berbagai skenario kegagalan tangki yang melibatkan cairan mudah terbakar dalam kondisi tanpa tekanan. Dalam simulasi ini, peneliti juga mengeksplorasi skenario BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*).

- *BLEVE Percent Mass in Fireball*



BLEVE Percent Mass in Fireball

BLEVE / Fireball Scenario:  
The higher the internal tank pressure (or tank temperature) at the time of tank failure, the larger the fireball. Any liquid not consumed by the fireball will form a pool fire.

Enter one of the following:

Percentage of mass in the fireball: (0% - 100%)  
100 %

Pressure inside the tank at time of failure:  
68.1  psia  mmHg  
 atm  Pa

Temperature inside the tank at time of failure:  
139.8 degrees  F  
 C

OK Cancel Help

**Gambar 6. 17 BLEVE Percent Mass in Fireball**

Berdasarkan gambar di atas, dapat dijelaskan bahwa semakin tinggi tekanan internal atau suhu di dalam tangki, semakin besar pula kemungkinan terbentuknya bola api pada saat tangki mengalami kerusakan. Tekanan dan suhu yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan energi yang terkandung dalam bahan yang ada di dalam tangki, sehingga saat tangki pecah atau terbuka, reaksi yang terjadi dapat menghasilkan bola api dengan ukuran yang lebih besar.

Persentase ledakan pada kejadian BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*) ditentukan berdasarkan besar ledakan dibandingkan dengan nilai maksimum kapasitas ledakan tangki tersebut. Persentase ini mengukur sejauh mana energi yang terlepas pada saat terjadinya BLEVE mencapai 100% dari kapasitas

ledakan total yang mungkin terjadi dari tangki yang bersangkutan. Dengan kata lain, jika nilai ledakan mencapai 100%, berarti tangki tersebut telah mengalami ledakan penuh, melepaskan seluruh energi potensial yang ada. Menghitung persentase ledakan ini penting untuk memahami tingkat keparahan dan potensi dampak dari kejadian BLEVE, sehingga langkah-langkah pencegahan dan mitigasi dapat direncanakan dengan lebih efektif.

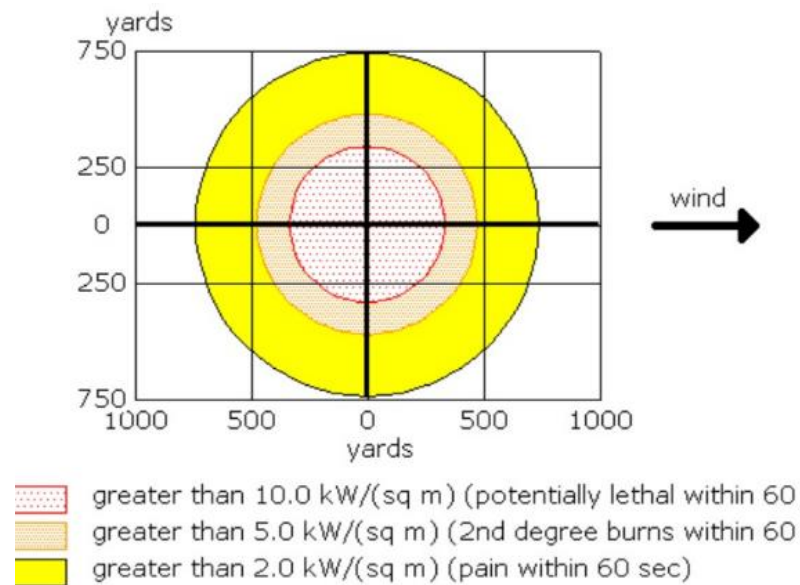
- *Text Summary*

Maka setelah semua data telah dimasukkan dalam scenario ke dua ini maka secara otomatis aplikasi ALOHA akan menampilkan text summary. Adapun berikut hasil visual dari bentuk text summary yang ditampilkan.



- Display

Setelah memasukkan data ke dalam sumber dan memilih parameter tampilan pada aplikasi, pemodelan zona ancaman dapat ditampilkan dengan hasil Output secara visual mengenai scenario kedua ini dapat dilihat dari display dibawah ini:



**Gambar 6. 19 Flammable Area**

Setelah data dimasukkan ke dalam sumber, pemodelan dapat ditampilkan dengan memilih parameter display untuk zone ancaman. Hasil pemodelan menunjukkan tiga zona ancaman berdasarkan intensitas radiasi panas. Zona merah mencakup area hingga 334 Yard dari sumber kebocoran, dengan intensitas radiasi panas lebih dari 10,0 kW/m<sup>2</sup>, yang menandakan risiko tinggi terhadap kesehatan dan keselamatan. Zona oranye meliputi area hingga 472 Yard, dengan radiasi panas lebih dari 5,0 kW/m<sup>2</sup>, menunjukkan risiko sedang. Sementara itu, zona kuning mencakup area hingga 737 Yard, dengan intensitas radiasi panas lebih dari 2,0 kW/m<sup>2</sup>, yang

masih menandakan adanya risiko tetapi dengan tingkat yang lebih rendah dibandingkan dengan zona merah dan oranye.

### **6.1.2. Hasil Pemodelan di SPBU B**

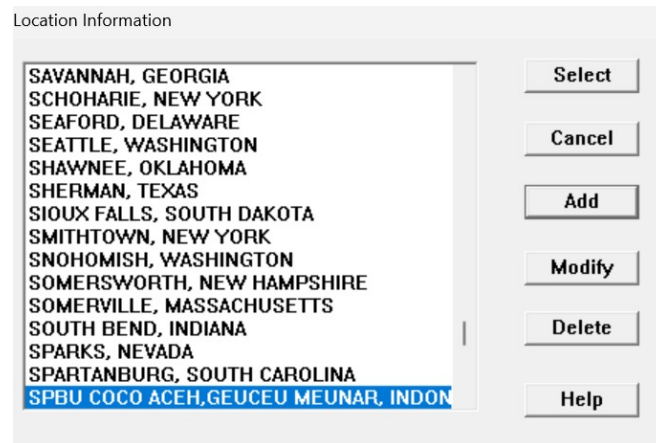
Hasil pemodelan kebakaran dan ledakan dari benzena dapat dilihat setelah semua data yang diperlukan dimasukkan ke dalam parameter site data dan setup. Parameter site data diisi dengan informasi mengenai lokasi penelitian, sedangkan parameter setup meliputi data bahan kimia (chemical data), data atmosferik (atmospheric data), dan data sumber kebocoran (source data). Setelah semua data ini dimasukkan, hasil pemodelan kebakaran dan ledakan dapat ditampilkan pada display, yang menggambarkan area yang mudah terbakar (flammable area). Rincian lengkap dari data pemodelan akan terlihat dalam text summary. Text summary ALOHA untuk pemodelan kebakaran dan ledakan pada SPBU B adalah sebagai berikut:

#### **A. *Site Data***

Site data merupakan data lokasi yang dijadikan sebagai tempat atau objek penelitian, yaitu SPBU B Data yang dimasukkan dalam parameter ini adalah data lokasi, tipe bangunan, tanggal dan waktu. Dengan menggunakan data BMKG, koordinat yang diperoleh adalah Latitude 5.52471949N dan Longitude 95.3025734E, dengan ketinggian permukaan 8 Meter diatas permukaan tanah. Data tipe bangunan yang dimasukkan disesuaikan dengan tipe bangunan SPBU Coco Aceh 11.231. 401 Berdasarkan observasi yang dilakukan SPBU yang menjadi unit analisis merupakan bangunan bertipe satu lantai (single storied) yang di sekitarnya terdapat

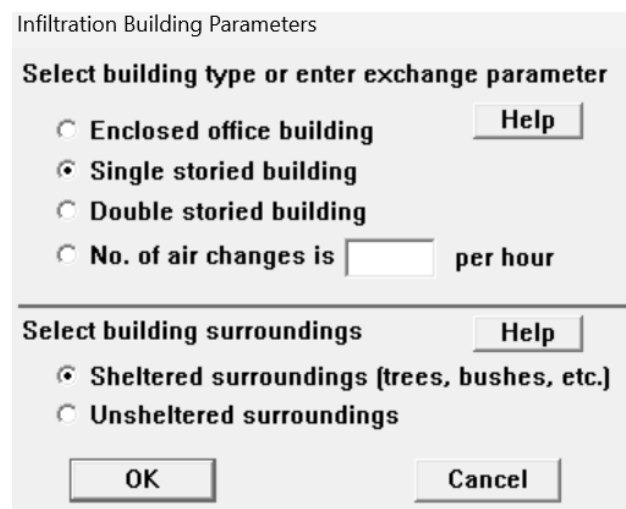
bangunan lain dan perpohonan. Sedangkan parameter tanggal dan waktu diisi berdasarkan tanggal dan waktu penelitian.

Lokasi : SPBU Coco Aceh, Geuceu Meunara, Indonesia



**Gambar 6. 20 Informasi Lokasi**

Tipe Bangunan: single storied building



**Gambar 6. 21 Informasi Tentang Bangunan**

Antarmuka pengguna ini memungkinkan pengguna untuk memasukkan parameter bangunan yang akan memengaruhi penyebaran atmosfer bahan kimia

berbahaya. Adapun pada gambar diatas Pengguna dapat memilih dari tiga jenis bangunan dan lingkungan bangunan. Penelitian ini memfokuskan pada tipe bangunan single storied building (bangunan satu lantai) dan sheltered surroundings (lingkungan terlindungi dari sekelilingnya).

Location Input

Enter full location name:

Location is

Is location in a U.S. state or territory ?

In U.S.  Not in U.S.

Enter approximate elevation

Elevation is   ft  m

Enter approximate location

	deg.	min.		
Latitude	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="52"/>	<input checked="" type="radio"/> N	<input type="radio"/> S
Longitude	<input type="text" value="95"/>	<input type="text" value="30"/>	<input checked="" type="radio"/> E	<input type="radio"/> W

**Gambar 6. 22 Input Data Lokasi**

Antarmuka pengguna ini memungkinkan pengguna untuk memasukkan data lokasi dan meteorologi yang akan memengaruhi penyebaran atmosfer. Pada kotak ***Is location in a U.S. state or territory ?***, pilih apakah lokasi tersebut berada di negara bagian atau wilayah AS. Dalam contoh gambar, lokasinya tidak berada di AS, jadi pilih ***Not in U.S.*** Pada kotak ***Enter approximate elevation***, masukkan ketinggian lokasi dalam meter. Dalam contoh gambar, ketinggiannya adalah 8 meter.

ALOHA adalah alat yang digunakan untuk memprediksi penyebaran atmosfer bahan kimia berbahaya dengan mempertimbangkan data lokasi dan meteorologi. Alat ini dilengkapi dengan database data lokasi dan meteorologi yang luas, memungkinkan pengguna untuk melakukan perhitungan yang akurat terkait

bagaimana angin dan faktor cuaca lainnya akan memengaruhi penyebaran bahan kimia berbahaya. Selain menggunakan data yang tersedia dalam database, pengguna juga memiliki fleksibilitas untuk memasukkan data lokasi dan meteorologi mereka sendiri. Hal ini memungkinkan penyesuaian yang lebih spesifik dan relevan terhadap situasi dan kondisi lapangan yang aktual, sehingga hasil prediksi penyebaran bahan kimia dapat lebih akurat dan sesuai dengan kenyataan. Dengan demikian, ALOHA menjadi alat yang sangat berguna bagi pengguna dalam mengelola risiko dan mengambil tindakan yang tepat dalam situasi darurat yang melibatkan bahan kimia berbahaya.

Date and Time Options

You can either use the computer's internal clock for the model's date and time, or set a constant date and time.

Use internal clock  Set a constant time

---

Input a constant date and time :

Month	Day	Year	Hour	Minute
7	3	2024	9	30
[1 - 12]	[1 - 31]	[1900 - ...]	[0 - 23]	[0 - 59]

OK Cancel Help

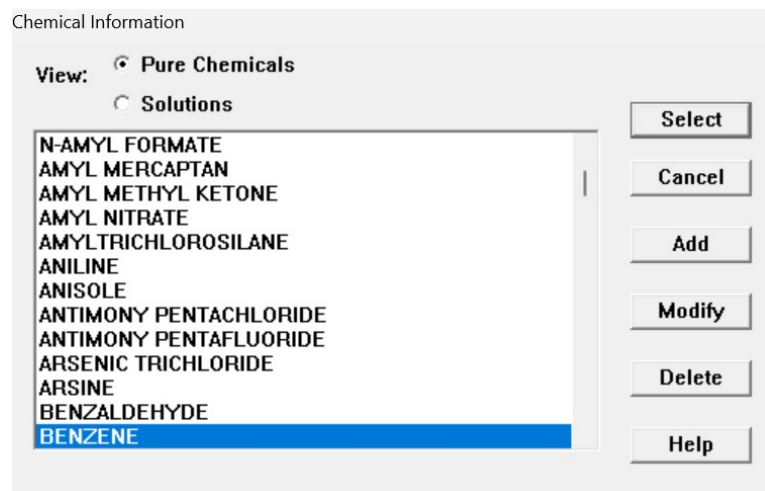
**Gambar 6. 23 Informasi Data Waktu Dan Tanggal**

Antarmuka pengguna ini memungkinkan pengguna untuk memasukkan data Tanggal dan Waktu di dalam perangkat lunak. Opsi ini memungkinkan Anda untuk mengatur tanggal dan waktu yang akan digunakan dalam model simulasi. Pada gambar diatas dipilih *set a constant time* (waktu yang diatur) dimana kemudian diatur secara manual seperti gambar diatas sesuai waktu dan tanggal pada saat dilakuknya pengamatan di lapangan.

B. *Set up*

a. *Chemical Data*

Untuk memahami dan memodelkan potensi kebakaran dan ledakan di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) Coco Aceh, peneliti memusatkan perhatian pada bahan kimia Benzena. Pemilihan Benzena didasarkan pada sifatnya yang mudah menguap dan sangat mudah terbakar, sehingga meningkatkan risiko kebakaran dan ledakan di area tersebut. Dengan menggunakan Benzena sebagai studi kasus, peneliti dapat mengembangkan model yang lebih akurat dan relevan untuk mengidentifikasi faktor risiko serta merancang strategi mitigasi yang efektif. Studi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan keselamatan operasional di SPBU dan mengurangi kemungkinan terjadinya insiden berbahaya.



**Gambar 6. 24 Informasi Bahan Kimia**

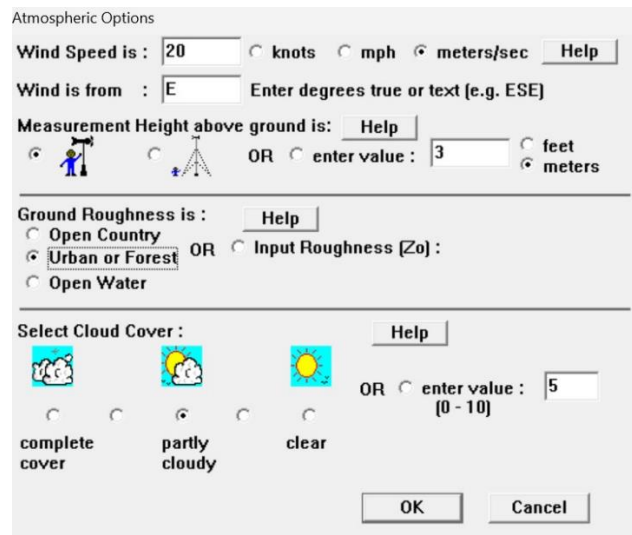
Informasi mengenai properti Benzena adalah sebagai berikut: Benzena memiliki berat molekul sebesar 78.11 g/mol. Nilai Acute Exposure Guideline Levels (AEGL) untuk Benzena adalah sebagai berikut: AEGL 1 sebesar 52 ppm, AEGL 2 sebesar 800 ppm, dan AEGL 3 sebesar 4000 ppm. Nilai *Immediately Dangerous to Life*

or Health (IDLH) untuk Benzena adalah 500 ppm. Benzena memiliki titik didih pada 175.9°F dan ASC (Air Saturation Concentration) sebesar 15.7%.

b. *Atmospheric data*

1) *Atmospheric data option 1*

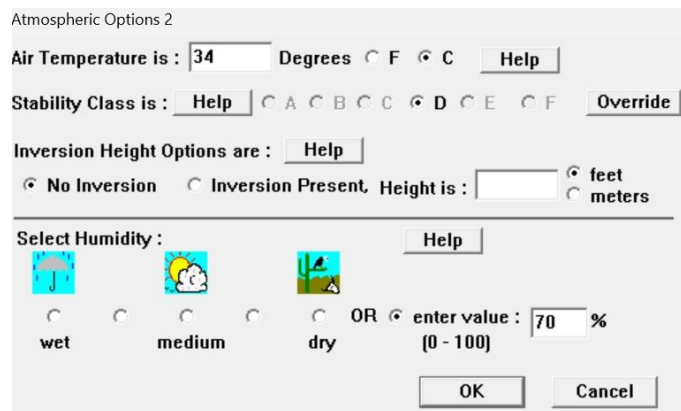
Data atmosfer yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada pengamatan langsung di lokasi serta data yang diperoleh dari BMKG Kota Banda Aceh. Berdasarkan informasi dari BMKG, kecepatan angin di Kota Banda Aceh tercatat 20 m/s dengan kelembapan relatif sebesar 70%.



**Gambar 6. 25 Atmospheric data option 1**

Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan parameter atmosfer, termasuk kecepatan angin, kekasaran permukaan tanah, dan tutupan awan, guna memperoleh prediksi yang lebih akurat. Adapun pada menu Measurement Height above ground is, peneliti menginput arah angin keselatan dan ketinggian dengan jarak 3 Meter dengan visual cuaca cerah berawan dengan value atau kondisi awan 5.

2) *Atmospheric data option 2*



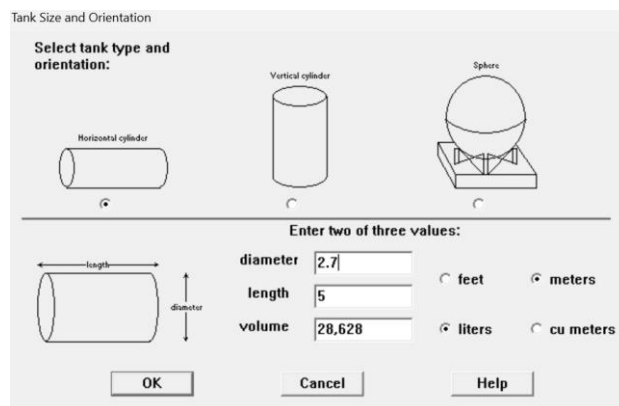
**Gambar 6. 26 Atmospheric data option 2**

Setelah memasukkan data kecepatan angin, nilai tutupan awan, dan temperatur udara, ALOHA secara otomatis memberikan alternatif untuk memilih kelas stabilitas atmosfer, yang dalam hal ini dipilih kelas D. Karena benzena merupakan gas berat, kondisi inversi yang dipilih adalah tanpa inversi. Data yang dimasukkan meliputi temperatur udara sebesar 34°C, kelas stabilitas D, tinggi inversi tanpa inversi, dan kelembapan udara sebesar 70%. ALOHA memanfaatkan data ini untuk memodelkan penyebaran benzena dengan lebih akurat, memperhitungkan faktor-faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi perilaku gas di atmosfer. Dengan memasukkan parameter-parameter ini, prediksi mengenai risiko kebakaran dan ledakan di SPBU Coco Aceh dapat dilakukan dengan lebih tepat, membantu dalam merancang langkah-langkah mitigasi yang efektif.

c. Source

1. Tank Size and Orientation

Pada aplikasi ALOHA, sumber yang dapat dipilih meliputi direct, puddle, tank, dan gas pipeline. Berdasarkan unit analisis dalam penelitian ini, sumber yang dipilih adalah tank dengan tipe horizontal cylinder. Data yang diinput merupakan hasil data sekunder yang diperoleh dari SPBU Coco Aceh.



**Gambar 6. 27 Tank Size and Orientation**

Meliputi diameter tangki sebesar 2,7 meter, panjang tangki 5 meter, dan volume tangki 28,628 liter. Informasi ini digunakan untuk memodelkan potensi kebakaran dan ledakan, sehingga dapat menghasilkan prediksi yang lebih akurat dan membantu dalam merancang langkah-langkah mitigasi yang sesuai.

## 2. *Chemical State and Temperature*

Chemical State and Temperature

Enter state of the chemical: Help

Tank contains liquid

Tank contains gas only

Unknown

---

Enter the temperature within the tank: Help

Chemical stored at ambient temperature

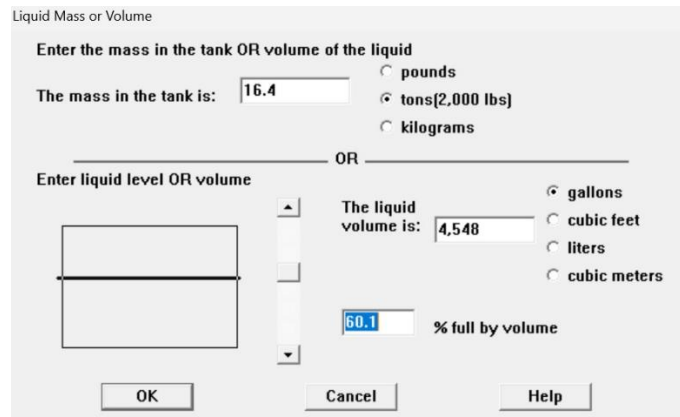
Chemical stored at  degrees  F  C

OK Cancel

**Gambar 6. 28 *Chemical State and Temperature***

Tangki yang dianalisis dalam penelitian ini mengandung cairan dengan temperatur di sekitar tangki sebesar 34°C. Informasi ini, dikombinasikan dengan data lain seperti diameter tangki 2,7 meter, panjang tangki 5 meter, dan volume tangki 28,628 liter, digunakan untuk memodelkan potensi kebakaran dan ledakan. Aplikasi ALOHA memanfaatkan data ini untuk menghasilkan prediksi yang lebih akurat mengenai penyebaran zat kimia dan risiko terkait. Dengan demikian, penelitian ini dapat membantu merancang langkah-langkah mitigasi yang lebih efektif dan meningkatkan keselamatan operasional di SPBU Simpang Dodik.

### 3. *Liquid Mass or Volume*



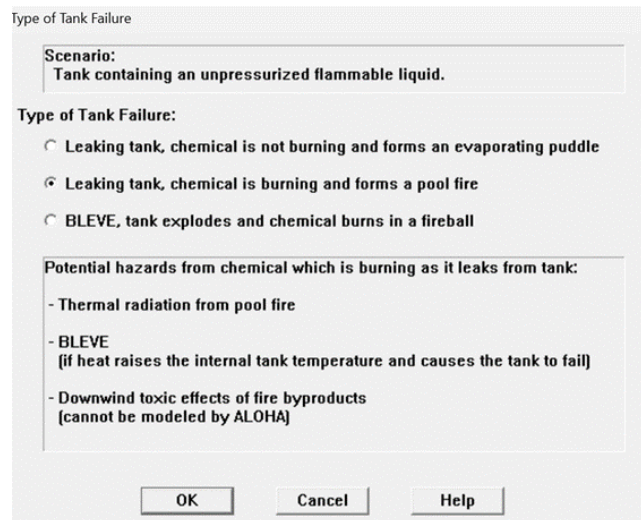
**Gambar 6. 29 *Liquid Mass or Volume***

Tangki di SPBU Coco Aceh memiliki massa cairan sebesar 16,4 ton. Volume cairan yang ada di dalam tangki tersebut, yang diukur secara otomatis, mencapai 60,1% dari total kapasitas tangki. Dengan kata lain, dari seluruh kapasitas tangki yang ada, cairan yang ada saat ini mengisi sekitar 60,1% dari ruang yang tersedia. Massa cairan yang terukur ini setara dengan 16,4 ton, menggambarkan bobot total cairan dalam tangki pada saat ini.

### 4. *Type of Tank Failure*

*Type of Tank Failure* merujuk pada berbagai jenis kerusakan atau kegagalan yang dapat terjadi pada tangki penyimpanan. Kegagalan tangki ini bisa disebabkan oleh berbagai faktor yang dapat memengaruhi fungsionalitas dan keselamatan. Peneliti mencoba mensimulasikan dua skenario berbeda di SPBU Coco Aceh. Skenario pertama menggunakan tipe *Leaking Tank* dan skenario kedua menggunakan metode BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*).

a. *Leaking of Tank*



**Gambar 6. 30 Pemilihan Model Ledakan *Type Of Tank Failure***

Berdasarkan gambar di atas, terlihat tangkapan layar dari simulasi komputer yang menampilkan berbagai skenario kegagalan tangki yang melibatkan cairan mudah terbakar tanpa tekanan. Peneliti mensimulasikan skenario pertama, yaitu tangki bocor dengan ledakan kebakaran kolam (*pool fire*). Dalam skenario ini, kebocoran pada tangki menyebabkan cairan mudah terbakar bersentuhan dengan udara atau sumber penyalaan, memicu kebakaran besar. Api yang menyala membentuk kolam cairan yang terbakar, menimbulkan berbagai bahaya signifikan. Radiasi panas dari api dapat menyebabkan luka bakar serius pada individu dan merusak bangunan di sekitarnya. Selain itu, asap yang dihasilkan oleh kebakaran dapat menyebabkan masalah pernapasan dan berbagai komplikasi kesehatan bagi orang yang terpapar. Pembakaran cairan mudah terbakar juga dapat melepaskan produk sampingan beracun ke udara, yang berpotensi menimbulkan bahaya serius jika terhirup.

### 1) *Area and Type of Leak*

Adapun pada gambar dibawah ini merupakan inputan simulasi dari jenis kebocoran pada tanki yang mana pada gambar tersebut memiliki 2 kemungkinan scenario jenis kebocoran pada tangki.

Area and Type of Leak

Select the shape that best represents the shape of the opening through which the pollutant is exiting

Circular opening       Rectangular opening

Opening diameter: 4.5

inches  
 feet  
 centimeters  
 meters

Is leak through a hole or short pipe/valve?  
 Hole       Short pipe/valve

OK      Cancel      Help

**Gambar 6. 31 *Area and Type of Leak***

Peneliti memilih jenis kebocoran yang berasal dari circular opening, dengan fokus pada bentuk kebocoran berupa lubang (*hole*) berbentuk lingkaran dan opening diameter kebocoran dalam ukuran 4,5 centimeter.

### 2) *Height of the Tank Opening*

Height of the Tank Opening

The bottom of the leak is:  
0.59  in  ft  cm  m  
above the bottom of the tank

OR

22.0 % of the way to the top of the tank

OK      Cancel      Help

**Gambar 6. 32 *Height of the Tank Opening***

Selanjutnya, setelah memasukkan beberapa opsi untuk titik kebocoran yang berasal dari lubang berbentuk lingkaran, aplikasi ALOHA secara otomatis menampilkan menu opsi perkiraan letak kebocoran pada dasar tangki utama. Jarak kebocoran dari dasar tangki hingga permukaan tanah ditetapkan dengan nilai 22,0% dari total ketinggian tangki.

### 3) *Text Summary*

Maka setelah semua data telah dimasukkan dalam scenario pertama ini maka secara otomatis aplikasi ALOHA akan menampilkan text summary. Adapun berikut hasil visual dari bentuk text summary yang ditampilkan.

```
SITE DATA:
Location: SPBU COCO ACEH,GEUCEU MEUNAR, INDONESIA
Building Air Exchanges Per Hour: 2.96 (sheltered single storied)
Time: July 3, 2024 0930 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: BENZENE
CAS Number: 71-43-2 Molecular Weight: 78.11 g/mol
AEGL-1 (60 min): 52 ppm AEGL-2 (60 min): 800 ppm AEGL-3 (60 min): 4000 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 12000 ppm UEL: 80000 ppm
Carcinogenic risk - see CAMEO Chemicals
Ambient Boiling Point: 176.1° F
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.19 atm
Ambient Saturation Concentration: 186,524 ppm or 18.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 20 meters/second from E at 3 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 34° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 70%

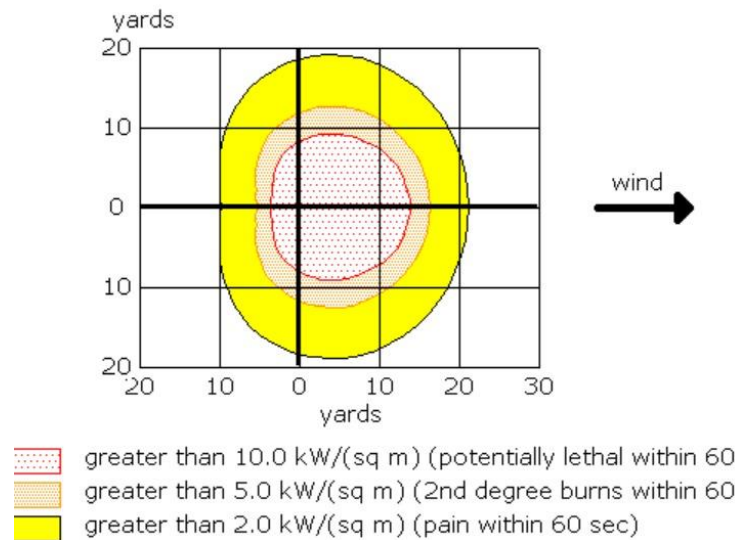
SOURCE STRENGTH:
Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical is burning as it escapes from tank
Tank Diameter: 2.7 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 28,628 liters
Tank contains liquid Internal Temperature: 34° C
Chemical Mass in Tank: 16.4 tons Tank is 60% full
Circular Opening Diameter: 4.5 centimeters
Opening is 0.59 meters from tank bottom
Max Flame Length: 8 yards
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Burn Rate: 170 pounds/min
Total Amount Burned: 10,072 pounds
Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.
The puddle spread to a diameter of 4.8 yards.
```

**Gambar 6. 33 Text Summary**

Penelitian ini dilaksanakan di SPBU Coco Aceh Gueceu Meunara, Indonesia, pada tanggal 3 Juli 2024. Kondisi cuaca saat itu cerah berawan dengan nilai kondisi awan sebesar 5 dan suhu udara mencapai 34°C. Angin bertiup ke arah selatan dengan kecepatan 20 meter per detik pada ketinggian 3 meter di atas permukaan tanah. Di SPBU ini, tangki timbun memiliki volume sebesar 28,628 liter, dengan 60% dari kapasitasnya terisi oleh cairan. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan dua skenario kebocoran, salah satunya adalah skenario kebakaran kolam akibat kebocoran pada tangki. Kebocoran ini bersumber dari sebuah lubang berbentuk lingkaran dengan diameter 4,5 cm, yang merepresentasikan kebocoran dari sebuah bukaan melingkar. Skenario ini dipilih untuk memahami dampak dan karakteristik kebocoran pada kondisi tersebut.

#### 4) *Display*

Setelah memasukkan data ke dalam sumber dan memilih parameter tampilan pada aplikasi, pemodelan zona ancaman dapat ditampilkan dengan hasil Output secara visual mengenai scenario pertama ini dapat dilihat dari display dibawah ini:

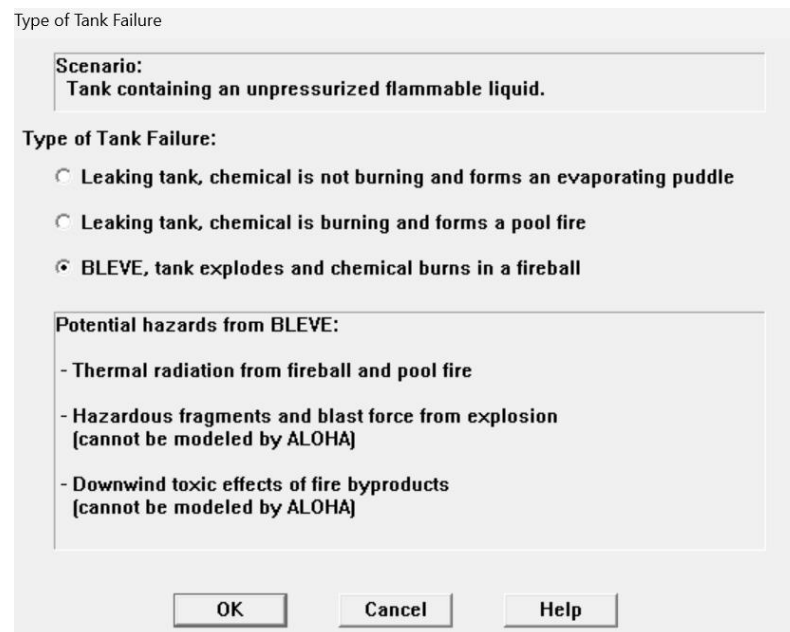


**Gambar 6. 34 Flammable Area**

Zona merah menunjukkan jarak hingga 14 Yard dari titik kebocoran, di mana radiasi panas melebihi 10,0 kW/m<sup>2</sup>, menandakan area dengan risiko paling tinggi. Zona oranye mencakup jarak hingga 16 yard, dengan radiasi panas lebih dari 5,0 kW/m<sup>2</sup>, menunjukkan risiko yang lebih rendah dibandingkan zona merah namun tetap signifikan. Zona kuning meliputi area hingga 21 Yard dari titik kebocoran, dengan radiasi panas melebihi 2,0 kW/m<sup>2</sup>, menunjukkan risiko yang lebih rendah tetapi tetap perlu diperhatikan. Penilaian ini membantu dalam mengidentifikasi dan memitigasi potensi bahaya akibat kebakaran dari kebocoran tangki.

b. BLEVE

Peneliti juga mensimulasikan skenario kedua, yaitu BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*) yang melibatkan ledakan kebakaran kolam (*pool fire*). Dalam simulasi ini, peneliti mengkaji dampak dari kombinasi ledakan akibat pemanasan cairan dalam tangki yang kemudian memicu kebakaran kolam. BLEVE terjadi ketika cairan dalam tangki yang tertekan mendidih dan melepaskan uap dalam jumlah besar. Ketika tangki tidak mampu menahan tekanan uap yang meningkat, tangki akan meledak secara tiba-tiba. Ledakan ini mengakibatkan semburan cairan panas dan uap ke lingkungan sekitar, sering kali disertai dengan api yang besar.



**Gambar 6. 35 Pemilihan Model Ledakan BLEVE**

Berdasarkan gambar di atas, terlihat tangkapan layar dari simulasi komputer yang menunjukkan berbagai skenario kegagalan tangki yang melibatkan cairan mudah terbakar dalam kondisi tanpa tekanan. Dalam simulasi ini, peneliti juga mengeksplorasi skenario BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*).

1) *BLEVE Percent Mass in Fireball*

BLEVE Percent Mass in Fireball

BLEVE / Fireball Scenario:  
The higher the internal tank pressure (or tank temperature) at the time of tank failure, the larger the fireball. Any liquid not consumed by the fireball will form a pool fire.

Enter one of the following:

Percentage of mass in the fireball: [0 % - 100%]  
100 %

Pressure inside the tank at time of failure:  
68.1  psia  mmHg  
 atm  Pa

Temperature inside the tank at time of failure:  
139.8 degrees  F  
 C

OK Cancel Help

**Gambar 6. 36 BLEVE Percent Mass in Fireball**

Berdasarkan gambar di atas, dapat dijelaskan bahwa semakin tinggi tekanan internal atau suhu di dalam tangki, semakin besar kemungkinan terbentuknya bola api saat tangki mengalami kerusakan. Tekanan dan suhu yang tinggi menyebabkan peningkatan energi dalam bahan di dalam tangki, sehingga ketika tangki pecah atau terbuka, reaksi yang terjadi dapat menghasilkan bola api yang lebih besar.

Persentase ledakan pada kejadian BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) ditentukan berdasarkan ukuran ledakan dibandingkan dengan kapasitas maksimum ledakan tangki tersebut. Persentase ini mengukur sejauh mana energi yang dilepaskan saat BLEVE mencapai 100% dari kapasitas total ledakan yang mungkin terjadi dari tangki tersebut. Dengan kata lain, jika nilai ledakan mencapai 100%, berarti tangki tersebut telah mengalami ledakan penuh, melepaskan seluruh energi potensial yang ada. Menghitung persentase ledakan ini penting untuk memahami tingkat keparahan dan potensi dampak dari kejadian BLEVE, sehingga langkah-langkah pencegahan dan mitigasi dapat direncanakan dengan lebih efektif.

### 3) Text Summary

Maka setelah semua data telah dimasukkan dalam scenario ke dua ini maka secara otomatis aplikasi ALOHA akan menampilkan text summary. Adapun berikut hasil visual dari bentuk text summary yang ditampilkan.

```
SITE DATA:
Location: SPBU COCO ACEH,GEUCEU MEUNAR, INDONESIA
Building Air Exchanges Per Hour: 2.96 (sheltered single storied)
Time: July 3, 2024 0930 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: BENZENE
CAS Number: 71-43-2 Molecular Weight: 78.11 g/mol
AEGL-1 (60 min): 52 ppm AEGL-2 (60 min): 800 ppm AEGL-3 (60 min): 4000 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 12000 ppm UEL: 80000 ppm
Carcinogenic risk - see CAMEO Chemicals
Ambient Boiling Point: 176.1° F
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.19 atm
Ambient Saturation Concentration: 186,524 ppm or 18.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 20 meters/second from E at 3 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 34° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 70%

SOURCE STRENGTH:
BLEVE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank
Tank Diameter: 2.7 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 28,628 liters
Tank contains liquid
Internal Storage Temperature: 34° C
Chemical Mass in Tank: 16.4 tons Tank is 60% full
Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%
Fireball Diameter: 156 yards Burn Duration: 10 seconds

THREAT ZONE:
Threat Modeled: Thermal radiation from fireball
Red : 315 yards --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: 446 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 696 yards --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)
```

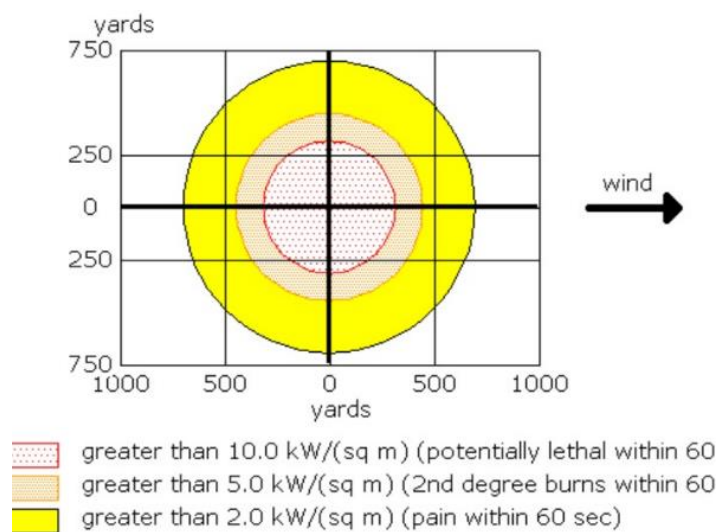
**Gambar 6. 37 Text Summary**

Pada skenario kedua, penelitian ini menggunakan skenario BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion), di mana tidak ada bukaan kebocoran seperti pada skenario pertama. Pada skenario ini, peneliti fokus pada kemungkinan terjadinya ledakan tangki timbun akibat tekanan internal yang besar. Ledakan ini terjadi ketika cairan di dalam tangki mendidih dengan cepat, menyebabkan peningkatan tekanan

yang signifikan hingga akhirnya memicu ledakan. Hasil dari skenario ini dapat dilihat pada gambar yang disajikan pada bagian selanjutnya.

#### 4) *Display*

Setelah memasukkan data ke dalam sumber dan memilih parameter tampilan pada aplikasi, pemodelan zona ancaman dapat ditampilkan dengan hasil Output secara visual mengenai scenario kedua ini dapat dilihat dari display dibawah ini:



**Gambar 6. 38 Flammable Area**

Setelah data dimasukkan ke dalam sumber, pemodelan dapat ditampilkan dengan memilih parameter display untuk zone ancaman. Hasil pemodelan menunjukkan tiga zona ancaman berdasarkan intensitas radiasi panas. Zona merah mencakup area hingga 315 Yard dari sumber kebocoran, dengan intensitas radiasi panas lebih dari 10,0 kW/m<sup>2</sup>, yang menandakan risiko tinggi terhadap kesehatan dan keselamatan. Zona oranye meliputi area hingga 446 Yard, dengan radiasi panas lebih dari 5,0 kW/m<sup>2</sup>, menunjukkan risiko sedang. Sementara itu, zona kuning mencakup

area hingga 696 Yard, dengan intensitas radiasi panas lebih dari 2,0 kW/m<sup>2</sup>, yang masih menandakan adanya risiko tetapi dengan tingkat yang lebih rendah dibandingkan dengan zona merah dan oranye.

### **6.3.1 Hasil Pemodelan di SPBU C**

Hasil Pemodelan kebakaran dan ledakan dari benzena dapat dilihat setelah semua data yang diperlukan dimasukkan ke dalam parameter site data dan setup. Parameter site data diisi dengan data lokasi yang dijadikan tempat penelitian, sedangkan parameter setup diisi dengan data bahan kimia (*chemical data*), data atmosferik (*atmospheric data*), dan data sumber kebocoran (*source data*).

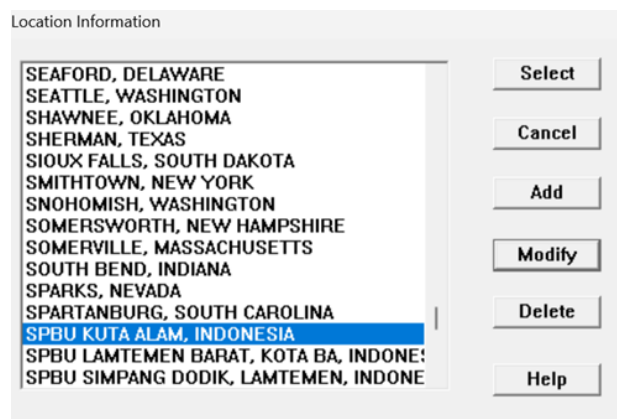
Setelah semua data yang diperlukan dimasukkan, hasil pemodelan kebakaran dan ledakan dapat dilihat pada display yang menggambarkan flammable area. Setelah semua data dimasukkan, rincian data secara lengkap akan ditampilkan dalam text summary. Text summary ALOHA dari data yang dimasukkan dalam pemodelan kebaran dan ledakan pada SPBU C adalah sebagai berikut:

#### **A. Site Data**

*Site data* merupakan data lokasi yang dijadikan sebagai tempat atau objek penelitian, yaitu SPBU C. Data yang dimasukkan dalam parameter ini adalah data lokasi, tipe bangunan, tanggal dan waktu. Dengan menggunakan data BMKG, koordinat yang diperoleh adalah Latitude 5.5560455N dan Longitude 95.3284952E, dengan ketinggian permukaan 7 meter diatas permukaan tanah. Data tipe bangunan yang dimasukkan disesuaikan dengan tipe bangunan SPBU C. Berdasarkan observasi

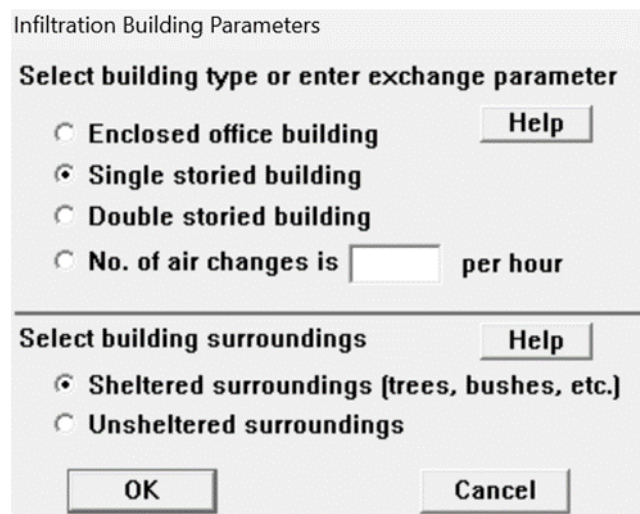
yang dilakukan SPBU yang menjadi unit analisis merupakan bangunan bertipe satu lantai (*single storied*) yang di sekitarnya terdapat bangunan lain dan perpohonan. Sedangkan parameter tanggal dan waktu diisi berdasarkan tanggal dan waktu penelitian.

Lokasi : SPBU Kuta Alam, Indonesia



Gambar 6. 39 Informasi Lokasi

Tipe Bangunan : *single storied building*



Gambar 6. 40 Informasi Tentang Bangunan

Antarmuka pengguna ini memungkinkan pengguna untuk memasukkan parameter bangunan yang akan memengaruhi penyebaran atmosfer bahan kimia berbahaya. Adapun pada gambar diatas Pengguna dapat memilih dari tiga jenis bangunan dan lingkungan bangunan. Penelitian ini memfokuskan pada tipe bangunan single storied building (bangunan satu lantai) dan sheltered surroundings (lingkungan terlindungi dari sekelilingnya).

Location Input

Enter full location name:  
Location is

---

Is location in a U.S. state or territory ?  
 In U.S.  Not in U.S.

---

Enter approximate elevation  
Elevation is   ft  m

---

Enter approximate location

	deg.	min.		
Latitude	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="55"/>	<input checked="" type="radio"/> N	<input type="radio"/> S
Longitude	<input type="text" value="95"/>	<input type="text" value="32"/>	<input checked="" type="radio"/> E	<input type="radio"/> W

**Gambar 6. 41 Input Data Tentang Lokasi**

Antarmuka pengguna ini memungkinkan pengguna untuk memasukkan data lokasi dan meteorologi yang akan memengaruhi penyebaran atmosfer. Pada kotak *location in a U.S. state or territory?*, pilih apakah lokasi tersebut berada di negara bagian atau wilayah AS. Dalam contoh gambar, lokasinya tidak berada di AS, jadi pilih Not in U.S. Pada kotak *Enter approximate elevation*, masukkan ketinggian lokasi dalam meter. Dalam contoh gambar, ketinggiannya adalah 7 meter.

ALOHA adalah alat yang digunakan untuk memprediksi penyebaran atmosfer bahan kimia berbahaya dengan mempertimbangkan data lokasi dan meteorologi. Alat ini dilengkapi dengan database data lokasi dan meteorologi yang luas,

memungkinkan pengguna untuk melakukan perhitungan yang akurat terkait bagaimana angin dan faktor cuaca lainnya akan memengaruhi penyebaran bahan kimia berbahaya.

Selain menggunakan data yang tersedia dalam database, pengguna juga memiliki fleksibilitas untuk memasukkan data lokasi dan meteorologi mereka sendiri. Hal ini memungkinkan penyesuaian yang lebih spesifik dan relevan terhadap situasi dan kondisi lapangan yang aktual, sehingga hasil prediksi penyebaran bahan kimia dapat lebih akurat dan sesuai dengan kenyataan. Dengan demikian, ALOHA menjadi alat yang sangat berguna bagi pengguna dalam mengelola risiko dan mengambil tindakan yang tepat dalam situasi darurat yang melibatkan bahan kimia berbahaya.

Date and Time Options

You can either use the computer's internal clock for the model's date and time, or set a constant date and time.

Use internal clock    Set a constant time

---

Input a constant date and time :

Month	Day	Year	Hour	Minute
7	2	2024	9	10
(1 - 12)	(1 - 31)	(1900 - ...)	(0 - 23)	(0 - 59)

OK   Cancel   Help

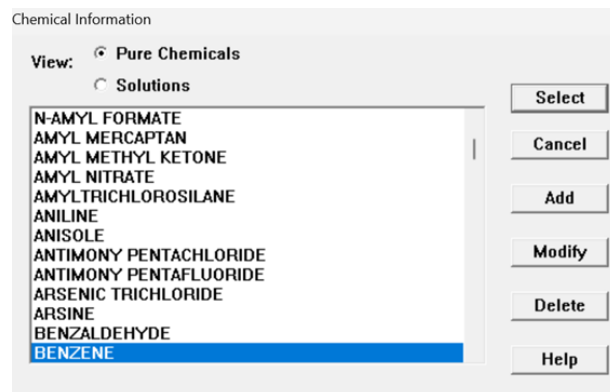
**Gambar 6. 42 Input Data Waktu Dan Tanggal**

Antarmuka pengguna ini memungkinkan pengguna untuk memasukkan data Tanggal dan Waktu di dalam perangkat lunak. Opsi ini memungkinkan Anda untuk mengatur tanggal dan waktu yang akan digunakan dalam model simulasi. Pada gambar diatas dipilih set a constant time (waktu yang diatur) dimana kemudian diatur secara manual seperti gambar diatas sesuai waktu dan tanggal pada saat dilakuknya pengamatan di lapangan.

B. *Site up*

a. *Chemical Data*

Untuk memahami dan memodelkan potensi kebakaran serta ledakan di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) simpang Dodik, peneliti memilih untuk fokus pada bahan kimia Benzena. Benzena dipilih karena sifatnya yang mudah menguap dan sangat mudah terbakar, yang berpotensi meningkatkan risiko kebakaran dan ledakan di area tersebut. Dengan menggunakan Benzena sebagai studi kasus, peneliti dapat mengembangkan model yang lebih akurat dan relevan untuk mengidentifikasi faktor-faktor risiko serta merancang strategi mitigasi yang efektif. Studi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam upaya meningkatkan keselamatan operasional di SPBU dan mengurangi kemungkinan terjadinya insiden berbahaya.



**Gambar 6. 43 Informasi Bahan Kimia**

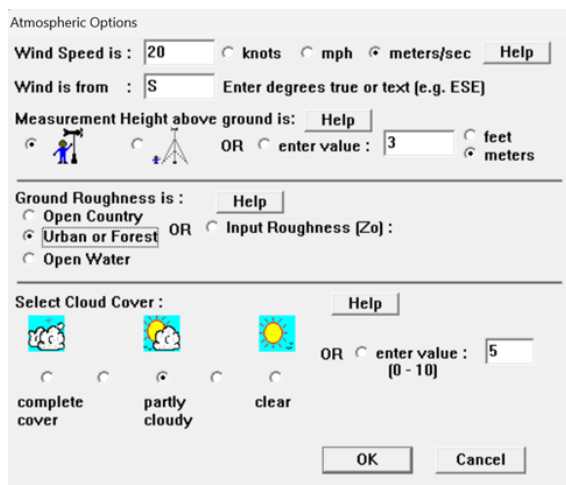
Dengan demikian informasi mengenai property dari benzene dapat ditampilkan, informasi yang diberikan adalah sebagai berikut:

- a. Berat molekul : 78.11 g/mol
- b. AEGL 1 : 52 ppm
- c. AEGL 2 : 800 ppm
- d. AEGL 3 : 4000 ppm
- e. IDLH : 500 ppm
- f. Titik Didih : 175.9 F
- g. ASC : 15.7%

b. *Atmospheric data*

1. *Atmospheric data option 1*

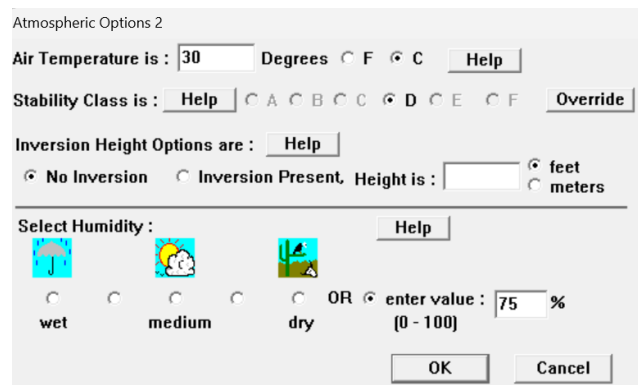
Data atmosfer yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada pengamatan langsung di lokasi serta data yang diperoleh dari BMKG Kota Banda Aceh. Berdasarkan informasi dari BMKG, kecepatan angin di Kota Banda Aceh tercatat 20 m/s dengan kelembapan relatif sebesar 70%.



**Gambar 6. 44** *Atsmospheric data option 1*

Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan parameter atmosfer, termasuk kecepatan angin, kekasaran permukaan tanah, dan tutupan awan, guna memperoleh prediksi yang lebih akurat. Adapun pada menu Measurement Height above ground is, peneliti menginput arah angin keselatan dan ketinggian dengan jarak 3 Meter dengan visual cuaca cerah berawan dengan value atau kondisi awan 5.

## 2. Atmospheric data option 2



**Gambar 6. 45 Atmospheric data option 2**

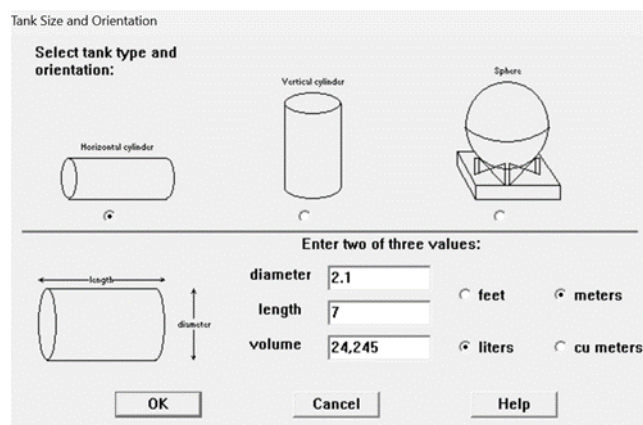
Setelah memasukkan data kecepatan angin, nilai tutupan awan, dan temperatur udara, ALOHA secara otomatis memberikan alternatif untuk memilih kelas stabilitas atmosfer, yang dalam hal ini dipilih kelas D. Karena benzena merupakan gas berat, kondisi inversi yang dipilih adalah tanpa inversi. Data yang dimasukkan meliputi temperatur udara sebesar 30°C, kelas stabilitas D, tinggi inversi tanpa inversi, dan kelembapan udara sebesar 75%. ALOHA memanfaatkan data ini untuk memodelkan penyebaran benzena dengan lebih akurat, memperhitungkan faktor-faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi perilaku gas di atmosfer. Dengan memasukkan parameter-parameter ini, prediksi mengenai risiko kebakaran dan

ledakan di SPBU Kuta Alam dapat dilakukan dengan lebih tepat, membantu dalam merancang langkah-langkah mitigasi yang efektif.

c. *Source*

1. *Tank Size and Orientation*

Pada aplikasi ALOHA, sumber yang dapat dipilih meliputi direct, puddle, tank, dan gas pipeline. Berdasarkan unit analisis dalam penelitian ini, sumber yang dipilih adalah tank dengan tipe horizontal cylinder. Data yang diinput merupakan hasil data sekunder yang diperoleh dari SPBU Kuta Alam.



**Gambar 6. 46 Tank Size and Orientation**

Meliputi diameter tangki sebesar 2,1 meter, panjang tangki 7 meter, dan volume tangki 24,245 liter. Informasi ini digunakan untuk memodelkan potensi kebakaran dan ledakan, sehingga dapat menghasilkan prediksi yang lebih akurat dan membantu dalam merancang langkah-langkah mitigasi yang sesuai.

## 2. *Chemical State and Temperature*

Chemical State and Temperature

Enter state of the chemical: Help

Tank contains liquid  
 Tank contains gas only  
 Unknown

---

Enter the temperature within the tank: Help

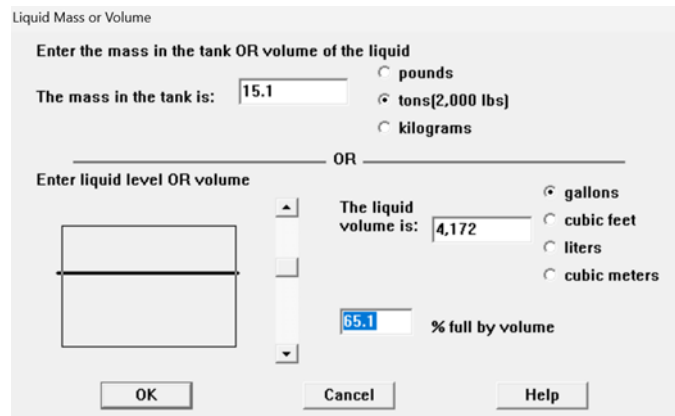
Chemical stored at ambient temperature  
 Chemical stored at  degrees  F  C

OK Cancel

**Gambar 6. 47 *Chemical State and Temperature***

Tangki yang dianalisis dalam penelitian ini mengandung cairan dengan temperatur di sekitar tangki sebesar 30°C. Informasi ini, dikombinasikan dengan data lain seperti diameter tangki sebesar 2,1 meter, panjang tangki 7 meter, dan volume tangki 24,245 liter, digunakan untuk memodelkan potensi kebakaran dan ledakan. Aplikasi ALOHA memanfaatkan data ini untuk menghasilkan prediksi yang lebih akurat mengenai penyebaran zat kimia dan risiko terkait. Dengan demikian, penelitian ini dapat membantu merancang langkah-langkah mitigasi yang lebih efektif dan meningkatkan keselamatan operasional di SPBU Kuta Alam.

### 3. *Liquid Mass or Volume*



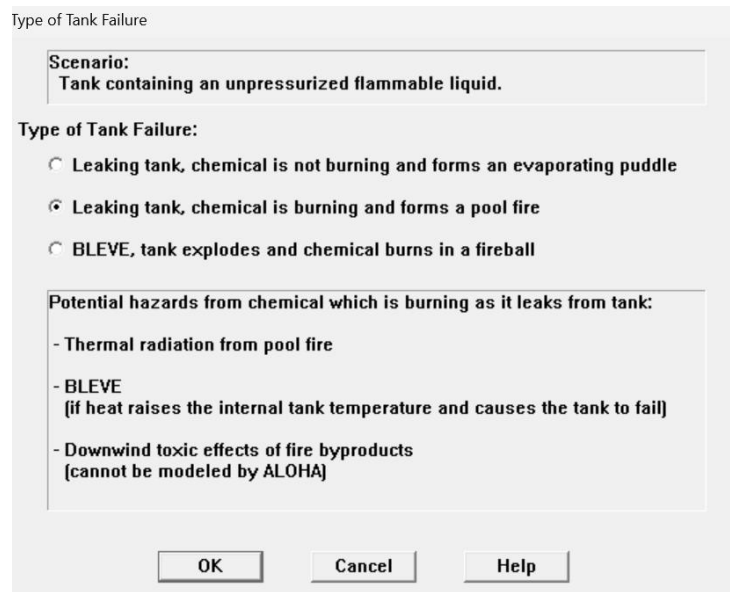
**Gambar 6. 48 *Liquid Mass or Volume***

Tangki di SPBU Kuta Alam memiliki massa cairan sebesar 15,1 ton. Volume cairan yang ada di dalam tangki tersebut, yang diukur secara otomatis, mencapai 65,1% dari total kapasitas tangki. Dengan kata lain, dari seluruh kapasitas tangki yang ada, cairan yang ada saat ini mengisi sekitar 65,1% dari ruang yang tersedia. Massa cairan yang terukur ini setara dengan 15,1 ton, menggambarkan bobot total cairan dalam tangki pada saat ini.

### 4. *Type of Tank Failure*

*Type of Tank Failure* merujuk pada berbagai jenis kegagalan atau kerusakan yang dapat terjadi pada tangki penyimpanan. Kegagalan tangki dapat disebabkan oleh berbagai faktor dan dapat memengaruhi fungsionalitas serta keselamatan. Adapun peneliti mencoba simulasikan dalam 2 skenario yang berbeda antara satu dan lainnya, skenario pertama yang di simulasikan pada SPBU Kuta Alam memakai type “Leaking Tank” dan Skenario ke dua memakai metode BLEVE.

a. *Leaking Tank*



**Gambar 6. 49** Pemilihan Model Ledakan *Leaking Tank*

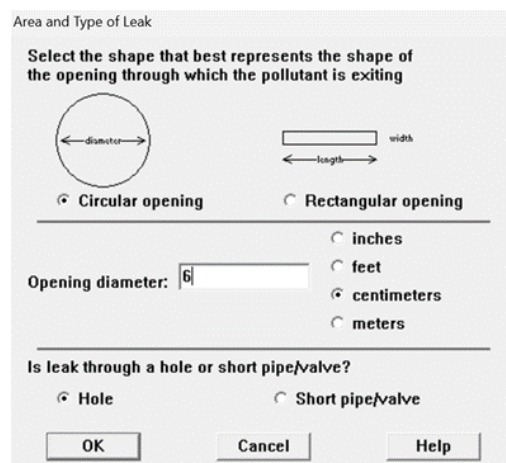
Berdasarkan gambar diatas menunjukkan tangkapan layar dari simulasi komputer yang menampilkan berbagai skenario kegagalan tangki yang melibatkan cairan mudah terbakar tanpa tekanan. Adapun peneliti mencoba simulasikan scenario pertama yaitu *leaking tank* dengan ledakan *pool fire*.

Dalam skenario ini, kebocoran pada tangki menyebabkan cairan mudah terbakar menyentuh udara atau sumber penyalaan, yang memicu kebakaran hebat. Api yang menyala membentuk kolam cairan yang terbakar, menimbulkan berbagai bahaya signifikan. Radiasi panas dari api dapat mengakibatkan luka bakar serius pada individu dan merusak bangunan di sekitarnya. Selain itu, asap yang dihasilkan oleh kebakaran dapat menyebabkan masalah pernapasan dan berbagai komplikasi kesehatan bagi orang yang terpapar. Pembakaran cairan mudah terbakar juga dapat

melepaskan produk sampingan beracun ke udara, yang berpotensi menimbulkan bahaya serius jika terhirup.

b. *Area and Type of Leak*

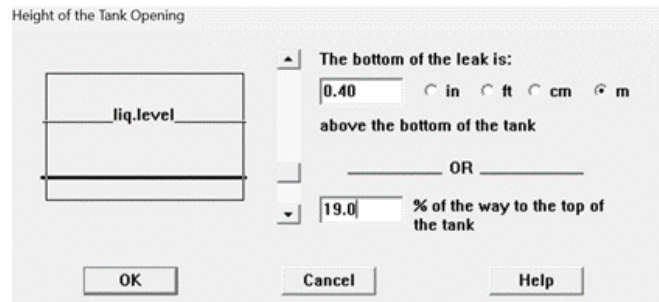
Adapun pada gambar dibawah ini merupakan inputan simulasi dari jenis kebocoran pada tanki yang mana pada gambar tersebut memiliki 2 kemungkinan scenario jenis kebocoran pada tangkai.



**Gambar 6. 50 Area and Type of Leak**

Peneliti memilih jenis kebocoran yang berasal dari circular opening, dengan fokus pada bentuk kebocoran berupa lubang (*hole*) berbentuk lingkaran dan opening diameter kebocoran dalam ukuran 6 centimeter.

c. *Height of the Tank Opening*



**Gambar 6. 51 *Height of the Tank Opening***

Selanjutnya, setelah memasukkan beberapa opsi untuk titik kebocoran yang berasal dari lubang berbentuk lingkaran, aplikasi ALOHA secara otomatis menampilkan menu opsi perkiraan letak kebocoran pada dasar tangki utama. Jarak kebocoran dari dasar tangki hingga permukaan tanah ditetapkan dengan nilai 19.0% dari total ketinggian tangki.

d. *Text Summary*

Maka setelah semua data telah dimasukkan dalam scenario pertama ini maka secara otomatis aplikasi ALOHA akan menampilkan text summary. Adapun berikut hasil visual dari bentuk text summary yang ditampilkan.

```
SITE DATA:
Location: SPBU KUTA ALAM, INDONESIA
Building Air Exchanges Per Hour: 2.95 (sheltered single storied)
Time: July 2, 2024 0910 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: BENZENE
CAS Number: 71-43-2
Molecular Weight: 78.11 g/mol
AEGL-1 (60 min): 52 ppm AEGL-2 (60 min): 800 ppm AEGL-3 (60 min): 4000 ppm
IDLH: 500 ppm LEL: 12000 ppm UEL: 80000 ppm
Carcinogenic risk - see CAMEO Chemicals
Ambient Boiling Point: 176.1° F
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.16 atm
Ambient Saturation Concentration: 156,586 ppm or 15.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 20 meters/second from S at 3 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 30° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 75%

SOURCE STRENGTH:
Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical is burning as it escapes from tank
Tank Diameter: 2.1 meters Tank Length: 7 meters
Tank Volume: 24,245 liters
Tank contains liquid Internal Temperature: 30° C
Chemical Mass in Tank: 15.1 tons Tank is 65% full
Circular Opening Diameter: 6 centimeters
Opening is 0.40 meters from tank bottom
Max Flame Length: 10 yards
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Burn Rate: 303 pounds/min
Total Amount Burned: 17,943 pounds
Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.
The puddle spread to a diameter of 6.5 yards.
```

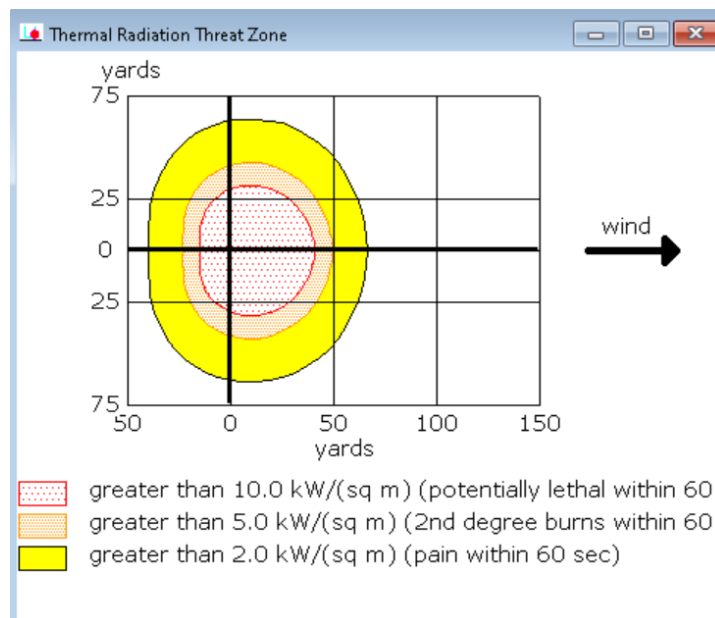
**Gambar 6. 52 Text Summary**

Penelitian ini dilaksanakan di SPBU Coco Kuta Alam, Indonesia, pada tanggal 2 Juli 2024. Kondisi cuaca saat itu cerah berawan dengan nilai kondisi awan sebesar 5 dan suhu udara mencapai 30°C. Angin bertiup ke arah selatan dengan kecepatan 20 meter per detik pada ketinggian 3 meter di atas permukaan tanah. Di SPBU ini,

tangki timbun memiliki volume sebesar 24,245 liter, dengan 65% dari kapasitasnya terisi oleh cairan. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan dua skenario kebocoran, salah satunya adalah skenario kebakaran kolam akibat kebocoran pada tangki. Kebocoran ini bersumber dari sebuah lubang berbentuk lingkaran dengan diameter 6 cm, yang merepresentasikan kebocoran dari sebuah bukaan melingkar. Skenario ini dipilih untuk memahami dampak dan karakteristik kebocoran pada kondisi tersebut.

e. Display

Setelah memasukkan data ke dalam sumber dan memilih parameter tampilan pada aplikasi, pemodelan zona ancaman dapat ditampilkan dengan hasil Output secara visual mengenai scenario pertama ini dapat dilihat dari display dibawah ini:

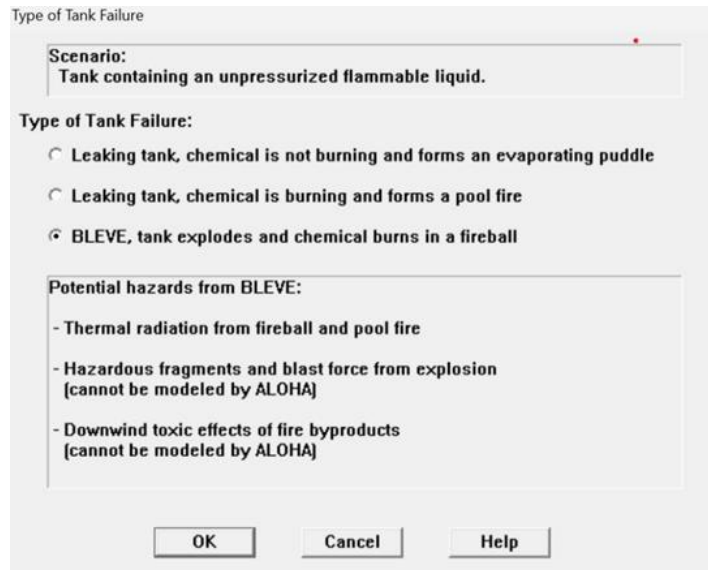


**Gambar 6. 53 Flammable Area**

Zona merah menunjukkan jarak hingga 41 Yard dari titik kebocoran, di mana radiasi panas melebihi  $10,0 \text{ kW/m}^2$ , menandakan area dengan risiko paling tinggi. Zona oranye mencakup jarak hingga 50 yard, dengan radiasi panas lebih dari  $5,0 \text{ kW/m}^2$ , menunjukkan risiko yang lebih rendah dibandingkan zona merah namun tetap signifikan. Zona kuning meliputi area hingga 61 Yard dari titik kebocoran, dengan radiasi panas melebihi  $2,0 \text{ kW/m}^2$ , menunjukkan risiko yang lebih rendah tetapi tetap perlu diperhatikan. Penilaian ini membantu dalam mengidentifikasi dan memitigasi potensi bahaya akibat kebakaran dari kebocoran tangki.

b. *BLEVE*

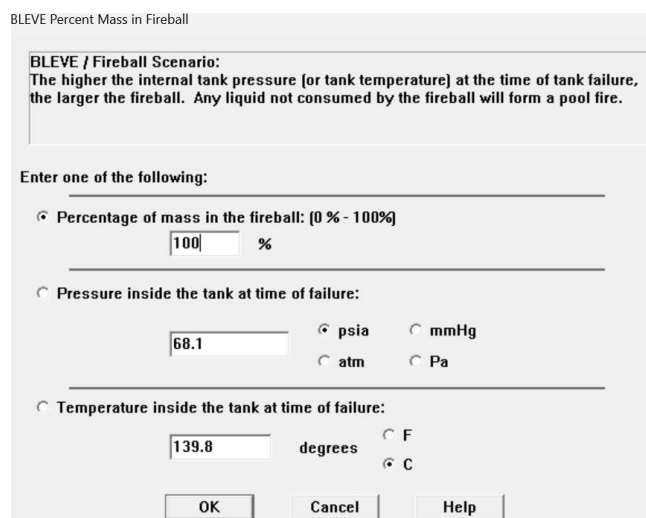
Peneliti juga melakukan simulasi skenario kedua, yaitu BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*) yang melibatkan ledakan pool fire. Dalam simulasi ini, peneliti mengkaji dampak dari kombinasi ledakan yang disebabkan oleh pemanasan cairan dalam tangki yang kemudian mengakibatkan kebakaran kolam. BLEVE terjadi ketika cairan dalam tangki yang tertekan mendidih dan melepaskan uap dalam jumlah besar. Ketika tangki tidak mampu menahan tekanan uap yang meningkat, tangki akan meledak secara tiba-tiba. Ledakan ini akan menyebabkan semburan cairan panas dan uap ke lingkungan sekitar, sering kali disertai dengan api yang besar.



**Gambar 6. 54 Pemilihan Model Ledakan BLEVE**

Berdasarkan gambar di atas, tampak tangkapan layar dari simulasi komputer yang menggambarkan berbagai skenario kegagalan tangki yang melibatkan cairan mudah terbakar dalam kondisi tanpa tekanan. Dalam simulasi ini, peneliti juga mengeksplorasi skenario BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*).

1) *BLEVE Percent Mass in Fireball*



**Gambar 6. 55 BLEVE Percent Mass in Fireball**

Berdasarkan gambar di atas, dapat dijelaskan bahwa semakin tinggi tekanan internal atau suhu di dalam tangki, semakin besar pula kemungkinan terbentuknya bola api pada saat tangki mengalami kerusakan. Tekanan dan suhu yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan energi yang terkandung dalam bahan yang ada di dalam tangki, sehingga saat tangki pecah atau terbuka, reaksi yang terjadi dapat menghasilkan bola api dengan ukuran yang lebih besar.

Persentase ledakan pada kejadian BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*) ditentukan berdasarkan besar ledakan dibandingkan dengan nilai maksimum kapasitas ledakan tangki tersebut. Persentase ini mengukur sejauh mana energi yang terlepas pada saat terjadinya BLEVE mencapai 100% dari kapasitas ledakan total yang mungkin terjadi dari tangki yang bersangkutan. Dengan kata lain, jika nilai ledakan mencapai 100%, berarti tangki tersebut telah mengalami ledakan penuh, melepaskan seluruh energi potensial yang ada. Menghitung persentase ledakan ini penting untuk memahami tingkat keparahan dan potensi dampak dari kejadian BLEVE, sehingga langkah-langkah pencegahan dan mitigasi dapat direncanakan dengan lebih efektif.

## 2) *Text Summary*

Maka setelah semua data telah dimasukkan dalam scenario ke dua ini maka secara otomatis aplikasi ALOHA akan menampilkan text summary. Adapun berikut hasil visual dari bentuk text summary yang ditampilkan.

SITE DATA:  
 Location: SPBU KUTA ALAM, INDONESIA  
 Building Air Exchanges Per Hour: 2.95 (sheltered single storied)  
 Time: July 2, 2024 0910 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:  
 Chemical Name: BENZENE  
 CAS Number: 71-43-2 Molecular Weight: 78.11 g/mol  
 AEGL-1 (60 min): 52 ppm AEGL-2 (60 min): 800 ppm AEGL-3 (60 min): 4000 ppm  
 IDLH: 500 ppm LEL: 12000 ppm UEL: 80000 ppm  
 Carcinogenic risk - see CAMEO Chemicals  
 Ambient Boiling Point: 176.1° F  
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.16 atm  
 Ambient Saturation Concentration: 156,586 ppm or 15.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)  
 Wind: 20 meters/second from S at 3 meters  
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths  
 Air Temperature: 30° C Stability Class: D  
 No Inversion Height Relative Humidity: 75%

SOURCE STRENGTH:  
 BLEVE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank  
 Tank Diameter: 2.1 meters Tank Length: 7 meters  
 Tank Volume: 24,245 liters  
 Tank contains liquid  
 Internal Storage Temperature: 30° C  
 Chemical Mass in Tank: 15.1 tons Tank is 65% full  
 Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%  
 Fireball Diameter: 152 yards Burn Duration: 10 seconds

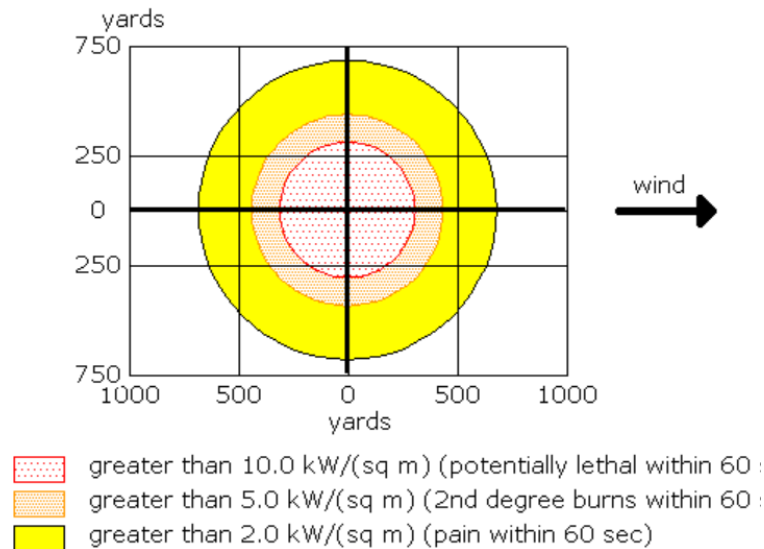
THREAT ZONE:  
 Threat Modeled: Thermal radiation from fireball  
 Red : 310 yards --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)  
 Orange: 438 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)  
 Yellow: 684 yards --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

### **Gambar 6. 56 Text Summary**

Pada skenario kedua, penelitian ini menggunakan skenario BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion), di mana tidak ada bukaan kebocoran seperti pada skenario pertama. Pada skenario ini, peneliti fokus pada kemungkinan terjadinya ledakan tangki timbun akibat tekanan internal yang besar. Ledakan ini terjadi ketika cairan di dalam tangki mendidih dengan cepat, menyebabkan peningkatan tekanan yang signifikan hingga akhirnya memicu ledakan. Hasil dari skenario ini dapat dilihat pada gambar yang disajikan pada bagian selanjutnya.

### 3) Display

Setelah memasukkan data ke dalam sumber dan memilih parameter tampilan pada aplikasi, pemodelan zona ancaman dapat ditampilkan dengan hasil Output secara visual mengenai scenario kedua ini dapat dilihat dari display dibawah ini:



**Gambar 6. 57 Flammable Area**

Setelah data dimasukkan ke dalam sumber, pemodelan dapat ditampilkan dengan memilih parameter display untuk zone ancaman. Hasil pemodelan menunjukkan tiga zona ancaman berdasarkan intensitas radiasi panas. Zona merah mencakup area hingga 310 Yard dari sumber kebocoran, dengan intensitas radiasi panas lebih dari 10,0 kW/m<sup>2</sup>, yang menandakan risiko tinggi terhadap kesehatan dan keselamatan. Zona oranye meliputi area hingga 438 Yard, dengan radiasi panas lebih dari 5,0 kW/m<sup>2</sup>, menunjukkan risiko sedang. Sementara itu, zona kuning mencakup area hingga 684 Yard, dengan intensitas radiasi panas lebih dari 2,0 kW/m<sup>2</sup>, yang

masih menandakan adanya risiko tetapi dengan tingkat yang lebih rendah dibandingkan dengan zona merah dan oranye.

#### **6.4.1 Hasil Permodelan di SPBU D**

Hasil permodelan kebakaran dan ledakan dari bahan kimia Benzena dapat dilihat setelah semua data yang diperlukan dimasukkan ke dalam parameter site data dan setup. Parameter site data diisi dengan data lokasi yang dijadikan tempat penelitian, sedangkan parameter setup diisi dengan data bahan kimia (*chemical data*), data atmosfer (*atmospheric data*), dan data sumber kebocoran (*source data*).

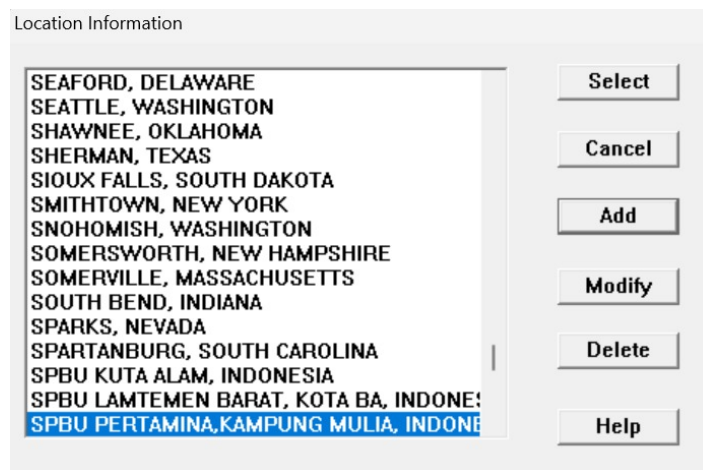
Setelah semua data yang diperlukan dimasukkan kedalam aplikasi ALOHA, hasil permodelan kebakaran dan ledakan dapat dilihat pada display yang menggambarkan flammable area. Setelah semua data dimasukkan, rincian data secara lengkap akan ditampilkan dalam *text summary*. *Text summary* ALOHA dari data yang dimasukkan dalam pemodelan kebakaran dan ledakan pada SPBU Kampung Mulia adalah sebagai berikut.

##### **A. Site Data**

*Site data* merupakan data lokasi yang dijadikan sebagai tempat atau objek penelitian, yaitu SPBU D. Data yang dimasukkan dalam parameter ini adalah data lokasi, tipe bangunan, tanggal dan waktu. Dengan menggunakan data BMKG, koordinat yang diperoleh adalah Latitude 5.56341892N dan Longitude 95.3235653E, dengan ketinggian permukaan 5 meter diatas permukaan laut. Data tipe bangunan yang dimasukkan disesuaikan dengan tipe bangunan SPBU D. berdasarkan observasi

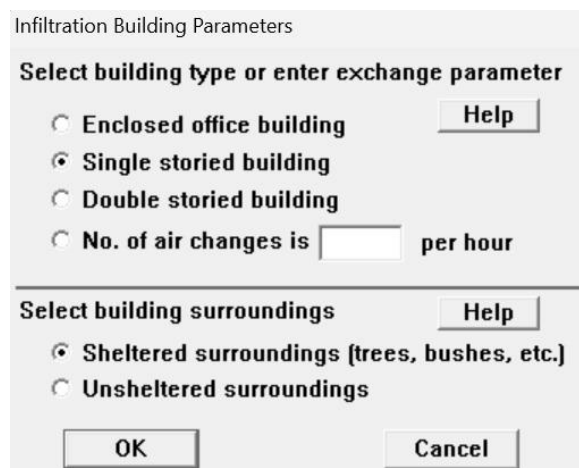
yang dilakukan SPBU yang menjadi unit analisis merupakan bangunan bertipe satu lantai (Single Storied) yang di sekitarnya terdapat bangunan lain dan perpohonan. Sedangkan untuk parameter tanggal dan waktu diisi berdasarkan tanggal dan waktu penelitian

Lokasi: SPBU Pertamina, Kampung Mulia, Indonesia



Gambar 6. 58 Informasi Lokasi

Tipe bangunan: *Single Storied Building*



Gambar 6. 59 Informasi Jenis Bangunan

Antarmuka pengguna ini memungkinkan pengguna untuk memasukkan parameter bangunan yang akan memengaruhi penyebaran *atmosfer* bahan kimia berbahaya. Adapun pada gambar diatas pengguna dapat memilih dari tiga jenis bangunan dan lingkungan bangunan. Penelitian ini memfokuskan pada tipe bangunan ***Single Storied Building*** (bangunan satu lantai) dan ***Sheltered Surroundings*** (lingkungan terlindung dari sekelilingnya).

Location Input

Enter full location name:  
Location is

Is location in a U.S. state or territory ?  
 In U.S.  Not in U.S.

Enter approximate elevation  
Elevation is   ft  m

Enter approximate location

	deg.	min.		
Latitude	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="56"/>	<input checked="" type="radio"/> N	<input type="radio"/> S
Longitude	<input type="text" value="95"/>	<input type="text" value="32"/>	<input checked="" type="radio"/> E	<input type="radio"/> W

**Gambar 6. 60 Input Data Lokasi**

Antarmuka pengguna ini memungkinkan pengguna untuk memasukkan data Lokasi dan meteorologi yang akan memengaruhi penyebaran *atmosfer*. Pada kontak ***Is location in a U.S state or territory?***, pilih apakah lokasi tersebut beradadi negara bagian mana atau wilayah A.S. Dalam contoh gambar, lokasinya tidak berada di A.S, jadi pilih *Not in U.S.* Pada kontak ***Enter approximate elevation***, masukkan ketinggian Lokasi dalam meter. Dalam contoh gambar, ketinggiannya adalah 7 Meter.

ALOHA adalah alat yang digunakan untuk memprediksi penyebaran *atmosfer* bahan kimia berbahaya dengan mempertimbangkan data lokasi dan meteorologi. Alat ini dilengkapi dengan database data lokasi dan meteorologi yang luas,

memungkinkan pengguna untuk melakukan perhitungan yang akurat terkait bagaimana angin dan faktor cuaca lainnya akan memengaruhi penyebaran bahan kimia berbahaya. Selain menggunakan data yang tersedia dalam database, pengguna juga memiliki fleksibilitas untuk memasukkan data lokasi dan meteorologi mereka sendiri. Hal ini memungkinkan penyesuaian yang lebih spesifik dan relevan terhadap situasi dan kondisi lapangan yang aktual, sehingga hasil prediksi penyebaran bahan kimia dapat lebih akurat dan sesuai dengan kenyataan. Dengan demikian, ALOHA menjadi alat yang sangat berguna bagi pengguna dalam mengelola risiko dan mengambil tindakan yang tepat dalam situasi darurat yang melibatkan bahan kimia berbahaya.

Date and Time Options

You can either use the computer's internal clock for the model's date and time, or set a constant date and time.

Use internal clock  Set a constant time

---

Input a constant date and time :

Month	Day	Year	Hour	Minute
7	4	2024	16	10
(1 - 12)	(1 - 31)	(1900 - ...)	(0 - 23)	(0 - 59)

OK Cancel Help

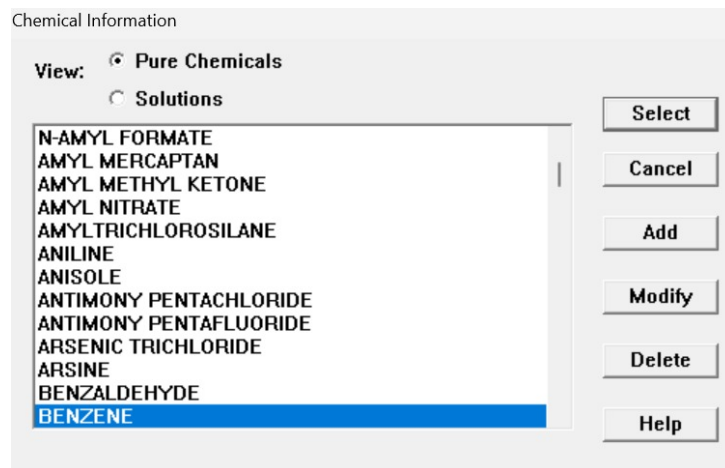
**Gambar 6. 61 Informasi Data Waktu Dan Lokasi**

Antarmuka pengguna ini memungkinkan pengguna untuk memasukkan data Tanggal dan Waktu di dalam aplikasi ALOHA. Opsi ini memungkinkan Anda untuk mengatur tanggal dan waktu yang akan digunakan dalam model simulasi. Pada gambar diatas dipilih *set a constant time* (waktu yang diatur) dimana kemudian diatur secara manual seperti gambar diatas sesuai waktu dan tanggal pada saat dilakuknya pengamatan di lapangan.

B. *Set Up*

a. *Chemical Data*

Untuk memahami dan memodelkan potensi kebakaran serta ledakan di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) PERTAMINA, Kampung Mulia, peneliti memilih untuk fokus pada bahan kimia Benzena. Benzena dipilih karena sifatnya yang mudah menguap dan sangat mudah terbakar, yang berpotensi meningkatkan risiko kebakaran dan ledakan di area tersebut. Dengan menggunakan Benzena sebagai studi kasus, peneliti dapat mengembangkan model yang lebih akurat dan relevan untuk mengidentifikasi faktor-faktor risiko serta merancang strategi mitigasi yang efektif. Studi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam upaya meningkatkan keselamatan operasional di SPBU dan mengurangi kemungkinan terjadinya insiden berbahaya.



**Gambar 6. 62 Informasi Bahan Kimia**

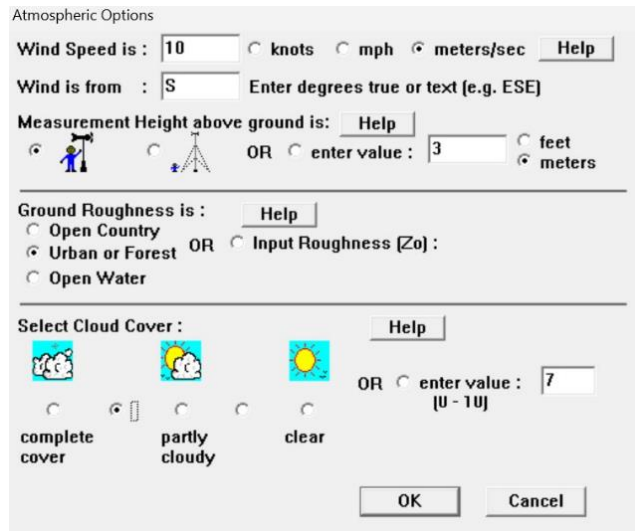
Dengan demikian informasi mengenai *property* dari benzene dapat ditampilkan, informasi yang diberikan adalah sebagai berikut:

- a. Berat molekul : 78.11 g/mol
- b. AEGL 1 : 52 ppm
- c. AEGL 2 : 800 ppm
- d. AEGL 3 : 4000 ppm
- e. IDLH : 500 ppm
- f. Titik Didih : 175.9 F
- g. ASC : 15.7%

*b. Atmospheric Data*

*1. Atmospheric Data Option 1*

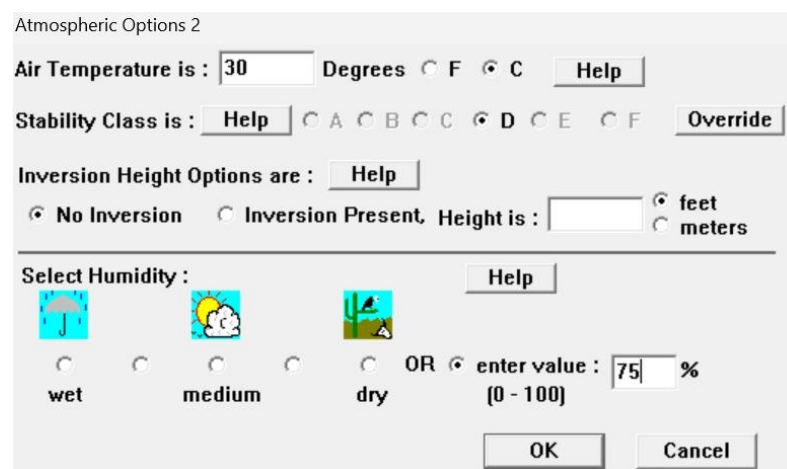
Data *atmosfer* yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada pengamatan langsung di lokasi serta data yang diperoleh dari BMKG Kota Banda Aceh. Berdasarkan informasi dari BMKG, kecepatan angin di Kota Banda Aceh tercatat 10 m/s dengan kelembapan relatif sebanyak 75%



**Gambar 6. 63 Atmospheric Data Option 1**

Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan parameter atmosfer, termasuk kecepatan angin, kekasaran permukaan tanah, dan tutupan awan, guna memperoleh prediksi yang lebih akurat. Adapun pada menu **Measurement Height above ground is**, peneliti menginput arah angin keselatan dan ketinggian dengan jarak 3 Meter dengan visual cuaca cerah berawan dengan value atau kondisi awan 7.

2. *Atmospheric Data Option 2*



**Gambar 6. 64 Atmospheric Data Option 2**

Setelah memasukkan data kecepatan angin, nilai tutupan awan, dan temperatur udara, ALOHA secara otomatis memberikan alternatif untuk memilih kelas stabilitas *atmosfer*, yang dalam hal ini dipilih kelas D. Karena benzena merupakan gas berat, kondisi inversi yang dipilih adalah tanpa inversi. Data yang dimasukkan meliputi temperatur udara sebesar 30°C, kelas stabilitas D, tinggi inversi tanpa inversi, dan kelembapan udara sebesar 70%. ALOHA memanfaatkan data ini untuk memodelkan penyebaran benzena dengan lebih akurat, memperhitungkan faktor-faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi perilaku gas di atmosfer seperti Suhu, tekanan gas, kelembaban, ketinggian dan komposisi udara. Dengan memasukkan parameter-parameter ini, prediksi mengenai risiko kebakaran dan ledakan di SPBU Pertamina, Kampung Mulia dapat dilakukan dengan lebih tepat, membantu dalam merancang langkah-langkah mitigasi yang efektif.

c. *Source*

1. Tank Size and Orientation

Pada aplikasi ALOHA, sumber yang dapat dipilih meliputi *direct, puddle, tank, dan gas pipeline*. Berdasarkan unit analisis dalam penelitian ini, sumber yang dipilih adalah tank dengan tipe *horizontal cylinder*. Data yang diinput merupakan hasil data sekunder yang diperoleh dari SPBU Pertamina, Kampung Mulia.

Tank Size and Orientation

Select tank type and orientation:

Horizontal cylinder      Vertical cylinder      Sphere

Enter two of three values:

diameter        feet       meters

length        liters       cu meters

volume

OK      Cancel      Help

**Gambar 6. 65 Tank Size and Orientation**

Meliputi diameter tangki sebesar 2.5 meter, panjang tangki 6 meter, dan volume tangki 29.45 liter. Informasi ini digunakan untuk memodelkan potensi kebakaran dan ledakan, sehingga dapat menghasilkan prediksi yang lebih akurat dan membantu dalam merancang langkah – langkah mitigasi yang sesuai.

2. *Chemical State and Temperature*

Chemical State and Temperature

Enter state of the chemical:

Tank contains liquid

Tank contains gas only

Unknown

---

Enter the temperature within the tank:

Chemical stored at ambient temperature

Chemical stored at  degrees  F  C

OK      Cancel

**Gambar 6. 66 Chemical State and Temperature**

Tangki yang dianalisis dalam penelitian ini mengandung cairan dengan temperatur di sekitar tangki sebesar 30°C. Informasi ini, dikombinasikan dengan data lain seperti diameter tangki sebesar 2,5 meter, panjang tangki 6 meter, dan volume tangki 29.45 liter, digunakan untuk memodelkan potensi kebakaran dan ledakan. Aplikasi ALOHA memanfaatkan data ini untuk menghasilkan prediksi yang lebih akurat mengenai penyebaran zat kimia dan risiko terkait. Dengan demikian, penelitian ini dapat membantu merancang langkah-langkah mitigasi yang lebih efektif dan meningkatkan keselamatan operasional di SPBU PERTAMINA Kampung Mulia.

### 3. *Liquid Mass or Volume*

Liquid Mass or Volume

Enter the mass in the tank OR volume of the liquid

The mass in the tank is:

pounds  
 tons(2,000 lbs)  
 kilograms

OR

Enter liquid level OR volume

The liquid volume is:

gallons  
 cubic feet  
 liters  
 cubic meters

% full by volume

OK Cancel Help

**Gambar 6. 67 *Liquid Mass or Volume***

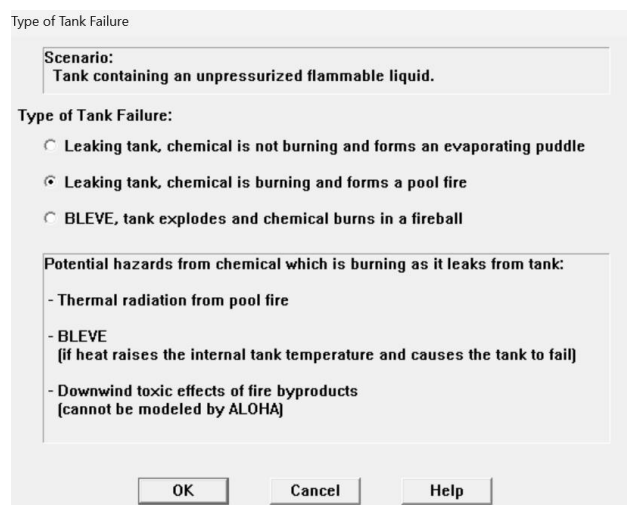
Tangki di SPBU PERTAMINA Kampung Mulia memiliki massa cairan sebesar 22.5 ton. Volume cairan yang ada di dalam tangki tersebut, yang diukur secara otomatis, mencapai 80% dari total kapasitas tangki. Dengan kata lain, dari seluruh kapasitas tangki yang ada, cairan yang ada saat ini mengisi sekitar 80% dari ruang

yang tersedia. Massa cairan yang terukur ini setara dengan 22.5 ton, menggambarkan bobot total cairan dalam tangki pada saat ini.

#### 4. *Type of Tank Failure*

“*Type of Tank Failure*” merujuk pada berbagai jenis kegagalan atau kerusakan yang dapat terjadi pada tangki penyimpanan. Kegagalan tangki dapat disebabkan oleh berbagai faktor dan dapat memengaruhi fungsionalitas serta keselamatan. Adapun peneliti mencoba simulasikan dalam 2 skenario yang berbeda antara satu dan lainnya, scenario pertama yang di simulasikan pada SPBU PERTAMINA Kampung Mulia memakai type “*Leaking Tank*” dan Skenario ke dua memakai metode *BLEVE*.

##### a. *Leaking Tank*



**Gambar 6. 68 Pemilihan Model Ledakan *BLEVE***

Berdasarkan gambar diatas menunjukkan tangkapan layar dari simulasi komputer yang menampilkan berbagai skenario kegagalan tangki yang melibatkan

cairan mudah terbakar tanpa tekanan. Adapun peneliti mencoba simulasikan scenario pertama yaitu *leaking tank* dengan ledakan *pool fire*.

Dalam skenario ini, kebocoran pada tangki menyebabkan cairan mudah terbakar menyentuh udara atau sumber penyalaan, yang memicu kebakaran hebat. Api yang menyala membentuk kolam cairan yang terbakar, menimbulkan berbagai bahaya signifikan. Radiasi panas dari api dapat mengakibatkan luka bakar serius pada individu dan merusak bangunan di sekitarnya. Selain itu, asap yang dihasilkan oleh kebakaran dapat menyebabkan masalah pernapasan dan berbagai komplikasi kesehatan bagi orang yang terpapar. Pembakaran cairan mudah terbakar juga dapat melepaskan produk sampingan beracun ke udara, yang berpotensi menimbulkan bahaya serius jika terhirup.

#### 1) *Area and Type of Leak*

Adapun pada gambar dibawah ini merupakan inputan simulasi dari jenis kebocoran pada tanki yang mana pada gambar tersebut memiliki 2 kemungkinan scenario jenis kebocoran pada tangkai.

Area and Type of Leak

Select the shape that best represents the shape of the opening through which the pollutant is exiting

Circular opening       Rectangular opening

Opening diameter: 5

inches  
 feet  
 centimeters  
 meters

Is leak through a hole or short pipe/valve?

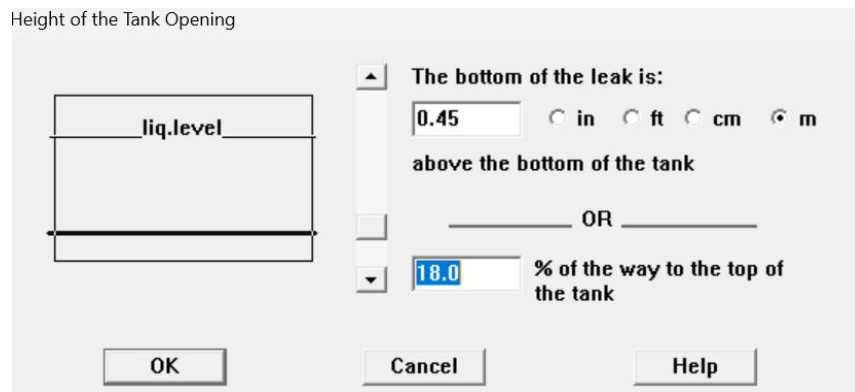
Hole       Short pipe/valve

OK      Cancel      Help

**Gambar 6. 69 *Area and Type Leak***

Peneliti memilih jenis kebocoran yang berasal dari *Circular opening*, dengan fokus pada bentuk kebocoran berupa lubang (*hole*) berbentuk lingkaran dan opening diameter kebocoran dalam ukuran 5 centimeter.

## 2) *Height of the Tank Opening*



Height of the Tank Opening

liq.level

The bottom of the leak is:  
0.45  in  ft  cm  m  
above the bottom of the tank

OR

18.0 % of the way to the top of the tank

OK Cancel Help

**Gambar 6. 70 *Height of the Tank Opening***

Selanjutnya, setelah memasukkan beberapa opsi untuk titik kebocoran yang berasal dari lubang berbentuk lingkaran, aplikasi ALOHA secara otomatis menampilkan menu opsi perkiraan letak kebocoran pada dasar tangki utama. Jarak kebocoran dari dasar tangki hingga permukaan tanah ditetapkan dengan nilai 18% dari total ketinggian tangki.

## 3) Text Summary

Maka setelah semua data telah dimasukan dalam scenario pertama ini maka secara otomatis aplikasi ALOHA akan menampilkan *text summary*. Adapun berikut hasil visual dari bentuk *text summary* yang ditampilkan.

**SITE DATA:**

Location: SPBU PERTAMINA, KAMPUNG MULIA, INDONESIA  
Building Air Exchanges Per Hour: 1.50 (sheltered single storied)  
Time: July 4, 2024 1610 hours ST (user specified)

**CHEMICAL DATA:**

Chemical Name: BENZENE  
CAS Number: 71-43-2 Molecular Weight: 78.11 g/mol  
AEGL-1 (60 min): 52 ppm AEGL-2 (60 min): 800 ppm AEGL-3 (60 min): 4000 ppm  
IDLH: 500 ppm LEL: 12000 ppm UEL: 80000 ppm  
Carcinogenic risk - see CAMEO Chemicals  
Ambient Boiling Point: 176.2° F  
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.16 atm  
Ambient Saturation Concentration: 156,548 ppm or 15.7%

**ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)**

Wind: 10 meters/second from S at 3 meters  
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 7 tenths  
Air Temperature: 30° C Stability Class: D  
No Inversion Height Relative Humidity: 75%

**SOURCE STRENGTH:**

Leak from hole in horizontal cylindrical tank  
Flammable chemical is burning as it escapes from tank  
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 6 meters  
Tank Volume: 29,452 liters  
Tank contains liquid Internal Temperature: 30° C  
Chemical Mass in Tank: 22.5 tons Tank is 80% full  
Circular Opening Diameter: 5 centimeters  
Opening is 0.45 meters from tank bottom  
Max Flame Length: 10 yards  
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour  
Max Burn Rate: 210 pounds/min  
Total Amount Burned: 12,460 pounds  
Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.  
The puddle spread to a diameter of 5.4 yards.

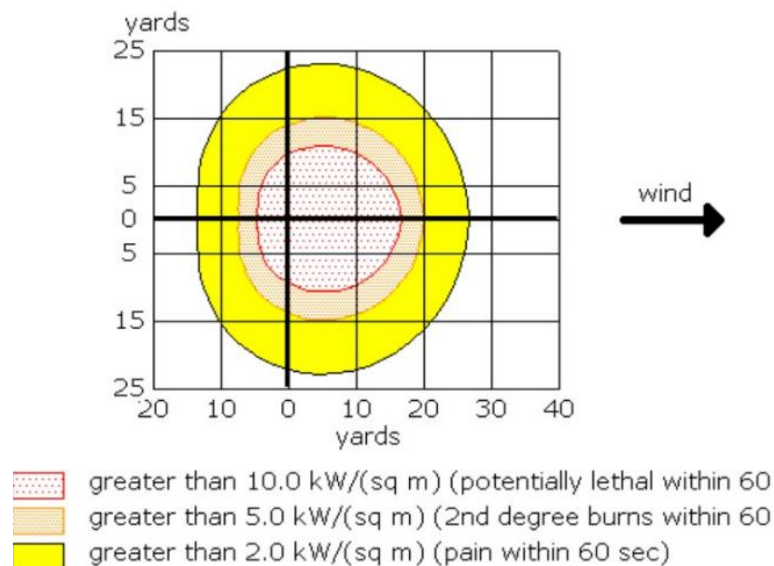
**Gambar 6. 71 Text Summary Hasil Pemodelan Leaking Tank Pool Fire**

Penelitian ini dilaksanakan di SPBU Kampung Mulia, Indonesia, pada tanggal 4 Juli 2024. Kondisi cuaca saat itu cerah berawan dengan nilai kondisi awan sebesar 5 dan suhu udara mencapai 30°C. Angin bertiup ke arah selatan dengan kecepatan 10 meter per detik pada ketinggian 3 meter di atas permukaan tanah. Di SPBU ini, tangki timbun memiliki volume sebesar 29,452 liter, dengan 80% dari kapasitasnya terisi oleh cairan. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan dua skenario kebocoran, salah satunya adalah skenario kebakaran kolam akibat kebocoran pada tangki. Kebocoran ini bersumber dari sebuah lubang berbentuk lingkaran dengan diameter 5 cm, yang merepresentasikan kebocoran dari sebuah bukaan melingkar.

Skenario ini dipilih untuk memahami dampak dan karakteristik kebocoran pada kondisi tersebut.

#### 4) Display

Setelah memasukkan data ke dalam sumber dan memilih parameter tampilan pada aplikasi, pemodelan zona ancaman dapat ditampilkan dengan hasil Output secara visual mengenai scenario pertama ini dapat dilihat dari display dibawah ini:



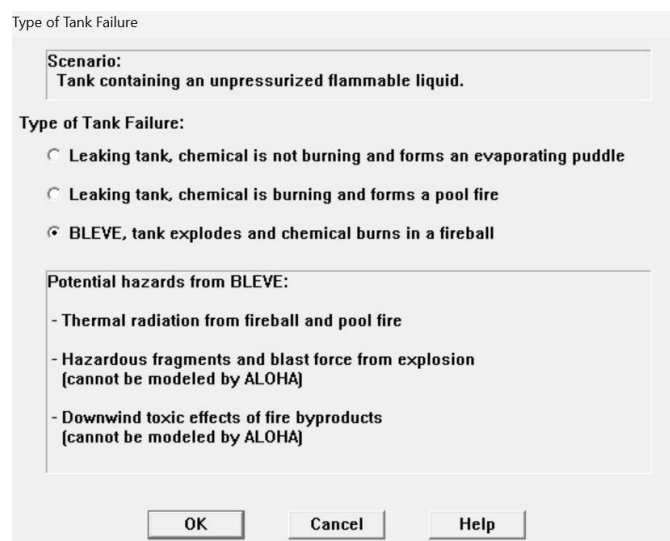
**Gambar 6. 72 Flammable Area**

Zona merah menunjukkan jarak hingga 17 Yard dari titik kebocoran, di mana radiasi panas melebihi 10,0 kW/m<sup>2</sup>, menandakan area dengan risiko paling tinggi. Zona oranye mencakup jarak hingga 20 yard, dengan radiasi panas lebih dari 5,0 kW/m<sup>2</sup>, menunjukkan risiko yang lebih rendah dibandingkan zona merah namun tetap signifikan. Zona kuning meliputi area hingga 27 Yard dari titik kebocoran, dengan radiasi panas melebihi 2,0 kW/m<sup>2</sup>, menunjukkan risiko yang lebih rendah

tetapi tetap perlu diperhatikan. Penilaian ini membantu dalam mengidentifikasi dan memitigasi potensi bahaya akibat kebakaran dari kebocoran tangki.

b. BLEVE

Peneliti juga melakukan simulasi skenario kedua, yaitu *BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)* yang melibatkan ledakan *pool fire*. Dalam simulasi ini, peneliti mengkaji dampak dari kombinasi ledakan yang disebabkan oleh pemanasan cairan dalam tangki yang kemudian mengakibatkan kebakaran kolam. *BLEVE* terjadi ketika cairan dalam tangki yang tertekan mendidih dan melepaskan uap dalam jumlah besar. Ketika tangki tidak mampu menahan tekanan uap yang meningkat, tangki akan meledak secara tiba-tiba. Ledakan ini akan menyebabkan semburan cairan panas dan uap ke lingkungan sekitar, sering kali disertai dengan api yang besar.



**Gambar 6. 73 Pemilihan Model Ledakan BLEVE**

Berdasarkan gambar di atas, tampak tangkapan layar dari simulasi komputer yang menggambarkan berbagai skenario kegagalan tangki yang melibatkan cairan

mudah terbakar dalam kondisi tanpa tekanan. Dalam simulasi ini, peneliti juga mengeksplorasi skenario *BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)*.

1) *BLEVE Percent Mass in Fireball*

BLEVE Percent Mass in Fireball

BLEVE / Fireball Scenario:  
The higher the internal tank pressure (or tank temperature) at the time of tank failure, the larger the fireball. Any liquid not consumed by the fireball will form a pool fire.

Enter one of the following:

Percentage of mass in the fireball: [0% - 100%]  
100 %

Pressure inside the tank at time of failure:  
68.1  psia  mmHg  
 atm  Pa

Temperature inside the tank at time of failure:  
139.8 degrees  F  C

OK Cancel Help

**Gambar 6. 74 BLEVE percent Mass in Fireball**

Berdasarkan gambar di atas, dapat dijelaskan bahwa semakin tinggi tekanan internal atau suhu di dalam tangki, semakin besar pula kemungkinan terbentuknya bola api pada saat tangki mengalami kerusakan. Tekanan dan suhu yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan energi yang terkandung dalam bahan yang ada di dalam tangki, sehingga saat tangki pecah atau terbuka, reaksi yang terjadi dapat menghasilkan bola api dengan ukuran yang lebih besar.

Persentase ledakan pada kejadian *BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)* ditentukan berdasarkan besar ledakan dibandingkan dengan nilai maksimum kapasitas ledakan tangki tersebut. Persentase ini mengukur sejauh mana energi yang terlepas pada saat terjadinya *BLEVE* mencapai 100% dari kapasitas ledakan total yang mungkin terjadi dari tangki yang bersangkutan. Dengan kata lain,

jika nilai ledakan mencapai 100%, berarti tangki tersebut telah mengalami ledakan penuh, melepaskan seluruh energi potensial yang ada. Menghitung persentase ledakan ini penting untuk memahami tingkat keparahan dan potensi dampak dari kejadian *BLEVE*, sehingga langkah-langkah pencegahan dan mitigasi dapat direncanakan dengan lebih efektif

## 2) *Text Summary*

Maka setelah semua data telah dimasukkan dalam scenario ke dua ini maka secara otomatis aplikasi ALOHA akan menampilkan *text summary*. Adapun berikut hasil visual dari bentuk *text summary* yang ditampilkan.

```
SITE DATA:
  Location: SPBU PERTAMINA, KAMPUNG MULIA, INDONESIA
  Building Air Exchanges Per Hour: 1.50 (sheltered single storied)
  Time: July 4, 2024 1610 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:
  Chemical Name: BENZENE
  CAS Number: 71-43-2
  Molecular Weight: 78.11 g/mol
  AEGL-1 (60 min): 52 ppm  AEGL-2 (60 min): 800 ppm  AEGL-3 (60 min): 4000 ppm
  IDLH: 500 ppm  LEL: 12000 ppm  UEL: 80000 ppm
  Carcinogenic risk - see CAMEO Chemicals
  Ambient Boiling Point: 176.2° F
  Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.16 atm
  Ambient Saturation Concentration: 156,548 ppm or 15.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
  Wind: 10 meters/second from S at 3 meters
  Ground Roughness: urban or forest  Cloud Cover: 7 tenths
  Air Temperature: 30° C  Stability Class: D
  No Inversion Height  Relative Humidity: 75%

SOURCE STRENGTH:
  BLEVE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank
  Tank Diameter: 2.5 meters  Tank Length: 6 meters
  Tank Volume: 29,452 liters
  Tank contains liquid
  Internal Storage Temperature: 30° C
  Chemical Mass in Tank: 22.5 tons  Tank is 80% full
  Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%
  Fireball Diameter: 173 yards  Burn Duration: 11 seconds

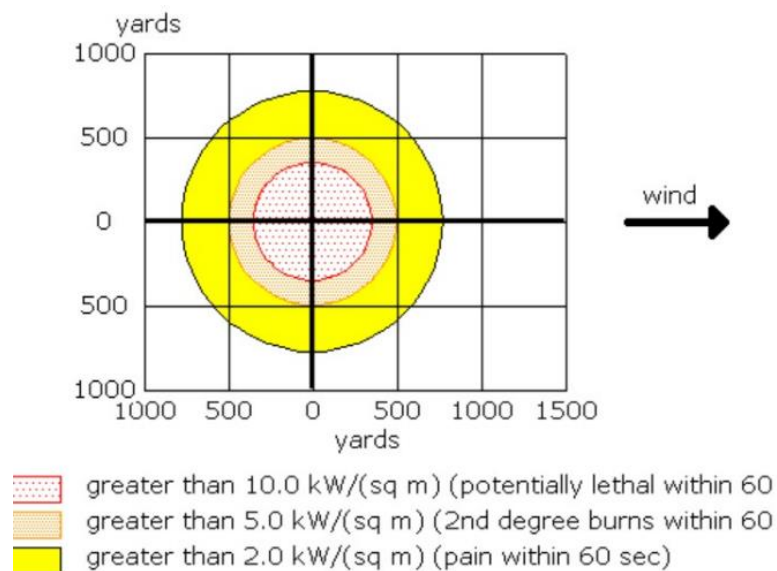
THREAT ZONE:
  Threat Modeled: Thermal radiation from fireball
  Red : 351 yards --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
  Orange: 497 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
  Yellow: 776 yards --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)
```

**Gambar 6. 75 Text Summary Hasil Pemodelan BLEVE**

Pada skenario kedua, penelitian ini menggunakan skenario BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion), di mana tidak ada bukaan kebocoran seperti pada skenario pertama. Pada skenario ini, peneliti fokus pada kemungkinan terjadinya ledakan tangki timbun akibat tekanan internal yang besar. Ledakan ini terjadi ketika cairan di dalam tangki mendidih dengan cepat, menyebabkan peningkatan tekanan yang signifikan hingga akhirnya memicu ledakan. Hasil dari skenario ini dapat dilihat pada gambar yang disajikan pada bagian selanjutnya.

### 3) Display

Setelah memasukkan data ke dalam sumber dan memilih parameter tampilan pada aplikasi, pemodelan zona ancaman dapat ditampilkan dengan hasil Output secara visual mengenai scenario kedua ini dapat dilihat dari display dibawah ini:



**Gambar 6. 76 Flammabel Area BLEVE**

Setelah data dimasukkan ke dalam sumber, pemodelan dapat ditampilkan dengan memilih parameter display untuk zone ancaman. Hasil pemodelan menunjukkan tiga zona ancaman berdasarkan intensitas radiasi panas. Zona merah mencakup area hingga 351 Yard dari sumber kebocoran, dengan intensitas radiasi panas lebih dari  $10,0 \text{ kW/m}^2$ , yang menandakan risiko tinggi terhadap kesehatan dan keselamatan. Zona oranye meliputi area hingga 497 Yard, dengan radiasi panas lebih dari  $5,0 \text{ kW/m}^2$ , menunjukkan risiko sedang. Sementara itu, zona kuning mencakup area hingga 776 Yard, dengan intensitas radiasi panas lebih dari  $2,0 \text{ kW/m}^2$ , yang masih menandakan adanya risiko tetapi dengan tingkat yang lebih rendah dibandingkan dengan zona merah dan oranye.

### **6.3 Pembahasan**

#### **6.2.1 *Flammable Area SPBU A***

##### **1) Pemodelan ledakan dan kebakaran *Leaking Tank Poll Fire***

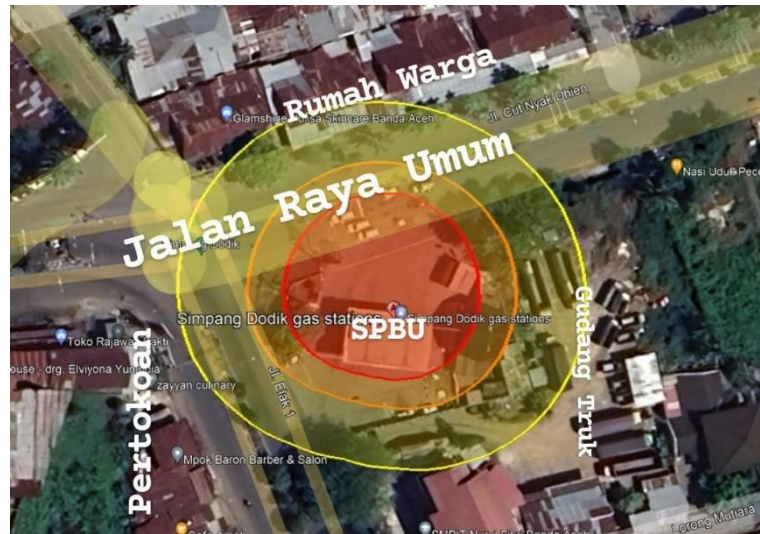
Analisis ini dilakukan menggunakan perangkat lunak ALOHA dengan permodelan ledakan dan kebakaran *leaking tank poll fire*. Data yang diperlukan berupa data zat kimia, data *atmosfer*, data tangki, serta skenario yang digunakan untuk mengidentifikasi kebakaran dan ledakan. Data ini diinput ke dalam perangkat lunak ALOHA. Skenario yang dipilih adalah adanya kebocoran dengan diameter 10 sentimeter pada tangki timbun yang terdapat di SPBU Simpang Dodik. Hasil pemetaan yang diperoleh kemudian diaplikasikan menggunakan *Google Earth* untuk menunjukkan dampak yang terjadi akibat kebakaran dan ledakan tersebut.



Gambar 6. 77 Prediksi Model Ledakan dan Kebakaran Tipe *Leaking Tank Poll Fire*

Dari gambar di atas, dapat dilihat bahwa area yang mudah terbakar (*flammable area*) pada SPBU A mencakup seluruh bagian SPBU tersebut, dengan radius mencapai 51 yard dari titik kebocoran. Titik kebocoran pada SPBU ini adalah tangki timbun yang terletak di antara dispenser dan kantor di SPBU tersebut. Adapun tindakan pengendalian yang perlu dilakukan untuk mengantisipasi dampak ledakan SPBU terhadap komunitas yaitu dengan menerapkan standar keselamatan dengan cara Memastikan bahwa SPBU mematuhi standar keselamatan yang ditetapkan oleh otoritas terkait, termasuk instalasi peralatan yang memadai untuk mengurangi risiko kebakaran dan ledakan, serta menyediakan dan memelihara peralatan pemadam kebakaran serta sistem deteksi dan alarm kebakaran. SPBU juga memerlukan rencana tanggap darurat guna untuk menyusun prosedur evakuasi dan koordinasi dengan tim penyelamat serta pihak berwenang.

a. **Threat Zone SPBU A**



**Gambar 6. 78 Threat Zone SPBU A 14.239.411**

Dari hasil pemodelan yang dilakukan menggunakan aplikasi ALOHA, didapatkan bahwa *upper level of concern* (zona merah) adalah sebesar  $10 \text{ kW/m}^2$  dengan jarak mencapai 31 yard. Zona merah ini berpotensi mematikan serta menimbulkan kerusakan parah pada wilayah yang terkena dalam waktu 60 detik. *Middle level of concern* (zona oranye) adalah sebesar  $5 \text{ kW/m}^2$  dengan jarak mencapai 38 yard. Zona oranye ini dapat menyebabkan luka bakar tingkat dua dalam waktu 60 detik. *Lower level of concern* (zona kuning) adalah sebesar  $2 \text{ kW/m}^2$  dengan jarak mencapai 51 yard. Zona kuning ini dapat menyebabkan luka bakar ringan serta rasa sakit dalam waktu 60 detik.

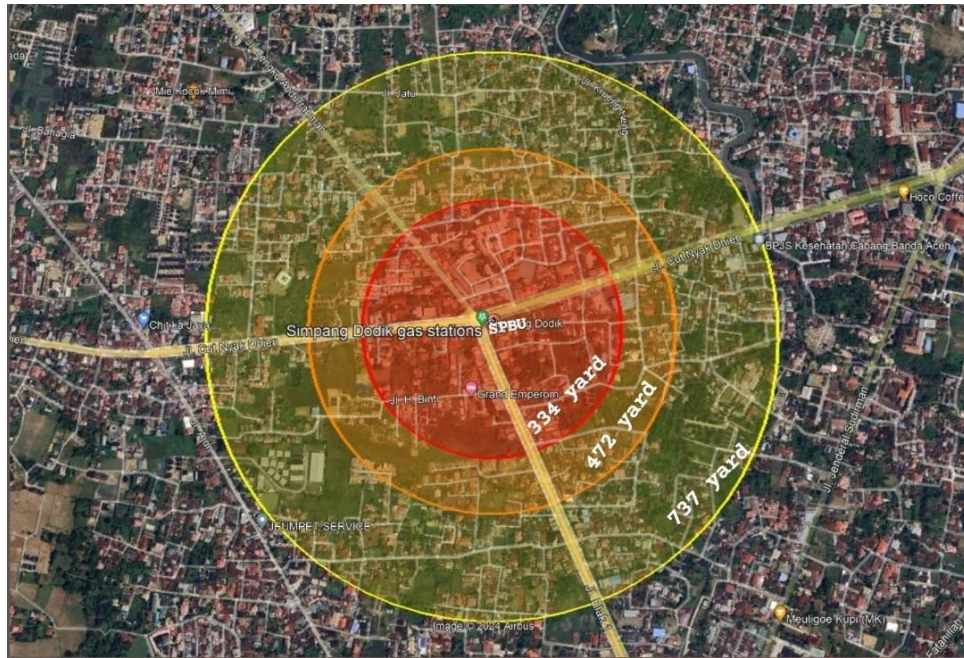
Titik kebocoran di SPBU ini berada pada tangki timbun di sisi kiri SPBU, dekat dengan kantor SPBU. Hasil prediksi dari penelitian menunjukkan bahwa zona merah dapat meluas hingga 31 yard dari titik kebocoran, zona oranye dapat mencapai 38

*yard*, dan zona kuning dapat meluas hingga 51 *yard*. Zona aman dari bahaya kebakaran dan ledakan di SPBU A adalah lebih dari 51 *yard* dari titik kebocoran.

Setelah diaplikasikan ke Google Earth, terlihat bahwa jarak terjauh untuk kemungkinan kebakaran dan ledakan adalah 51 *yard*. Pada zona merah yang meluas hingga 31 *yard*, area yang terkena mencakup dispenser pengisian minyak 1, 2, dan 3, penyimpanan tabung gas, serta jalan raya umum yang berbatasan langsung dengan SPBU. Pada zona oranye yang mencapai 38 *yard*, area yang terkena mencakup jalan raya umum di perbatasan SPBU, pepohonan di sekitar SPBU, serta beberapa bangunan di sekitarnya. Sedangkan pada zona kuning yang meluas hingga 51 *yard*, area yang terkena meliputi halaman depan rumah warga, gudang truk, serta bagian tengah jalan raya umum.

## **2) Pemodelan *BLEVE* SPBU A**

Skenario selanjutnya menggunakan model ledakan dan kebakaran *BLEVE* dengan tangki timbun yang mengalami 100% kerusakan. Berdasarkan model ledakan *BLEVE*, zona ancaman terdiri dari zona merah pada jarak 334 *yard* dari sumber kebocoran, dengan radiasi termal sebesar 10,0 kW/m<sup>2</sup>, yang dapat menyebabkan kematian dan kerusakan parah dalam 60 detik; zona oranye pada jarak 472 *yard*, dengan radiasi termal sebesar 5,0 kW/m<sup>2</sup>, yang dapat menyebabkan luka bakar serius dalam 60 detik; dan zona kuning pada jarak 737 *yard*, dengan radiasi termal sebesar 2,0 kW/m<sup>2</sup>, yang dapat menyebabkan nyeri dalam 60 detik.



**Gambar 6. 79** Prediksi Model Ledakan dan Kebakaran Tipe *BLEVE*

### 6.2.2 Populasi yang beresiko SPBU A

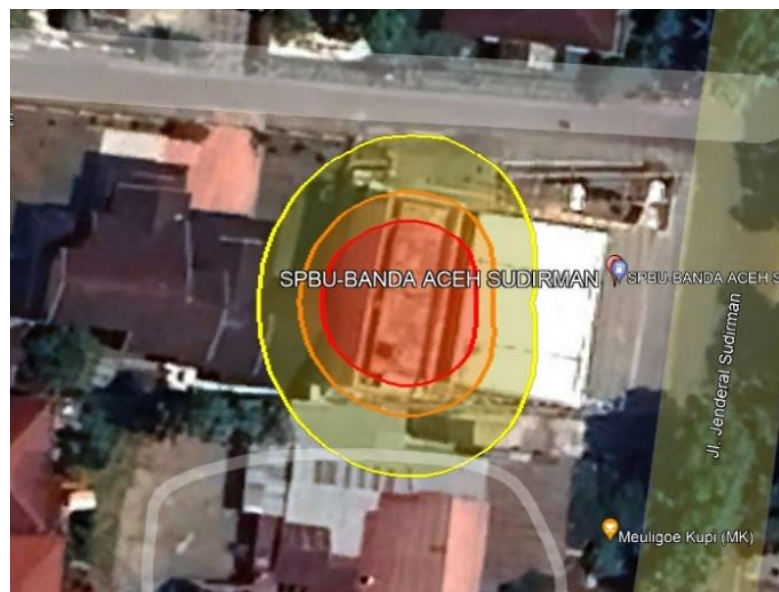
Populasi yang beresiko tinggi terhadap kejadian kebakaran dan ledakan di SPBU Simpang Dodik terdiri dari seluruh pekerja berjumlah 18 orang. Risiko juga mencakup konsumen yang sedang melakukan pengisian minyak di SPBU serta penduduk yang berada dalam radius 737 *yard* dari lokasi SPBU. Oleh karena itu, masyarakat di sekitar permukiman SPBU Simpang Dodik termasuk dalam kelompok yang beresiko terkena dampak kebakaran dan ledakan SPBU A.

### 6.2.3 *Flammable Area* SPBU B

#### 1) Pemodelan ledakan dan kebakaran *Leaking Tank Pool Fire*

Analisis ini dilakukan menggunakan perangkat lunak ALOHA dengan memodelkan skenario ledakan dan kebakaran pada tangki bocor, yang dikenal sebagai "leaking tank pool fire." Data yang diperlukan mencakup data zat kimia,

kondisi atmosfer, informasi tangki, serta skenario yang digunakan untuk mengidentifikasi kebakaran dan ledakan. Data ini kemudian dimasukkan ke dalam perangkat lunak ALOHA. Skenario yang dipilih melibatkan kebocoran dengan diameter 4,5 sentimeter pada tangki timbun yang berada di SPBU B. Hasil pemetaan yang diperoleh kemudian diterapkan menggunakan Google Earth untuk menampilkan dampak yang ditimbulkan oleh kebakaran dan ledakan tersebut.



**Gambar 6. 80** Prediksi Model Ledakan dan Kebakaran Tipe *Leaking Tank Poll Fire*

Berdasarkan gambar di atas, terlihat bahwa area yang mudah terbakar (*flammable area*) di SPBU B mencakup seluruh bagian SPBU, dengan radius mencapai 21 Yard dari titik kebocoran. Titik kebocoran tersebut berada pada tangki timbun yang terletak di antara dispenser dan kantor SPBU.

a. **Threat Zone SPBU B**



**Gambar 6. 81 Threat Zone SPBU B**

Berdasarkan hasil pemodelan yang dilakukan menggunakan aplikasi ALOHA, didapatkan bahwa tingkat kekhawatiran tertinggi (*upper level of concern*) atau zona merah adalah  $10 \text{ kW/m}^2$  dengan jarak mencapai 14 yard. Zona merah ini berpotensi mematikan dan menimbulkan kerusakan parah pada area yang terkena dalam waktu 60 detik. Tingkat kekhawatiran menengah (*middle level of concern*) atau zona oranye adalah  $5 \text{ kW/m}^2$  dengan jarak mencapai 16 yard. Zona oranye ini dapat menyebabkan luka bakar tingkat dua dalam waktu 60 detik. Tingkat kekhawatiran terendah (*lower level of concern*) atau zona kuning adalah  $2 \text{ kW/m}^2$  dengan jarak mencapai 21 yard. Zona kuning ini dapat menyebabkan luka bakar ringan serta rasa sakit dalam waktu 60 detik.

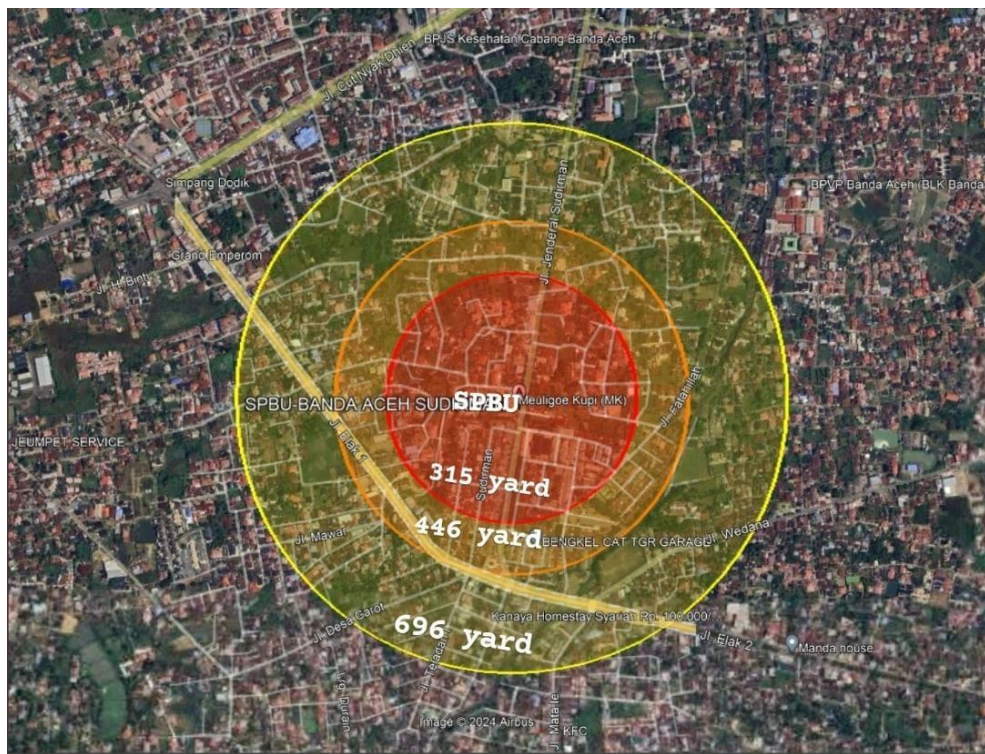
Titik kebocoran di SPBU ini terletak pada tangki timbun di sisi kiri SPBU, dekat dengan kantor SPBU. Prediksi penelitian menunjukkan bahwa zona merah dapat meluas hingga 14 yard dari titik kebocoran, zona oranye hingga 16 yard, dan zona kuning hingga 21 yard. Zona aman dari bahaya kebakaran dan ledakan di SPBU Simpang Dodik adalah lebih dari 21 yard dari titik kebocoran.

Setelah diaplikasikan ke Google Earth, terlihat bahwa jarak terjauh yang mungkin terkena dampak kebakaran dan ledakan adalah 21 yard. Di zona merah yang meluas hingga 16 yard, area yang terpengaruh mencakup dispenser pengisian minyak 1, 2, dan 3, penyimpanan tabung gas, serta jalan raya umum yang berbatasan langsung dengan SPBU. Pada zona oranye yang mencapai 16 yard, area yang terkena mencakup jalan raya umum di perbatasan SPBU, pepohonan di sekitar SPBU, serta beberapa bangunan di sekitarnya. Sementara itu, pada zona kuning yang meluas hingga 21 yard, area yang terpengaruh meliputi halaman depan rumah warga, gudang truk, serta bagian tengah jalan raya umum.

## **2) Pemodelan BLEVE B**

Skenario berikut menggunakan model ledakan dan kebakaran BLEVE dengan tangki timbun yang mengalami kerusakan total. Menurut model BLEVE, zona ancaman terbagi dalam beberapa kategori berdasarkan jarak dari sumber kebocoran dan intensitas radiasi termal. Zona merah, yang terletak pada jarak 315 yard dari sumber kebocoran, mengalami radiasi termal sebesar  $10,0 \text{ kW/m}^2$ . Zona ini berpotensi menyebabkan kematian dan kerusakan parah pada objek serta individu yang terpapar dalam waktu 60 detik. Zona oranye, yang mencapai jarak 446 yard dari titik kebocoran, menghadapi radiasi termal sebesar  $5,0 \text{ kW/m}^2$  dan dapat menyebabkan

luka bakar serius dalam waktu yang sama. Sementara itu, zona kuning meluas hingga 696 yard dari sumber kebocoran dengan radiasi termal sebesar  $2,0 \text{ kW/m}^2$ , yang dapat menyebabkan rasa nyeri pada individu yang terpapar dalam 60 detik. Model ini menggambarkan dampak signifikan dari kerusakan total tangki timbun dan memberikan panduan penting untuk perencanaan tindakan pencegahan serta respons darurat untuk mengurangi risiko terhadap masyarakat dan lingkungan sekitar SPBU.



**Gambar 6. 82 Prediksi Model Ledakan dan Kebakaran Tipe BLEVE**

#### **6.2.4 Populasi yang berisiko SPBU B**

Populasi yang berisiko tinggi terhadap kejadian kebakaran dan ledakan di SPBU B meliputi seluruh pekerja, yang berjumlah 14 orang. Risiko juga mencakup konsumen yang sedang melakukan pengisian bahan bakar di SPBU serta penduduk

yang berada dalam radius 696 yard dari lokasi SPBU. Dengan demikian, masyarakat yang tinggal di sekitar permukiman SPBU B termasuk dalam kelompok yang berisiko mengalami dampak dari kebakaran dan ledakan di SPBU B.

#### **6.2.5 *Flammable Area* SPBU C**

##### **1) Pemodelan ledakan dan kebakaran Leaking Tank Pool Fire**

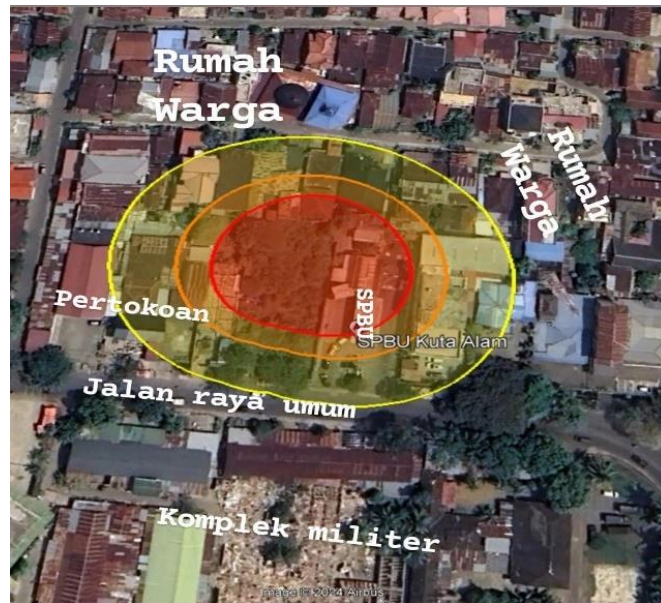
Analisis ini dilakukan menggunakan perangkat lunak ALOHA dengan memodelkan skenario ledakan dan kebakaran pada tangki bocor, yang dikenal sebagai "leaking tank pool fire." Data yang diperlukan mencakup data zat kimia, kondisi atmosfer, informasi tangki, serta skenario yang digunakan untuk mengidentifikasi kebakaran dan ledakan. Data ini kemudian dimasukkan ke dalam perangkat lunak ALOHA. Skenario yang dipilih melibatkan kebocoran dengan diameter 6 sentimeter pada tangki timbun yang berada di SPBU Kuta Alam. Hasil pemetaan yang diperoleh kemudian diterapkan menggunakan Google Earth untuk menampilkan dampak yang ditimbulkan oleh kebakaran dan ledakan tersebut.



**Gambar 6. 83** Prediksi Model Ledakan dan Kebakaran Tipe *Leaking Tank Poll Fire*

Berdasarkan gambar di atas, terlihat bahwa area yang mudah terbakar (*flammable area*) di SPBU Kuta Alam mencakup seluruh bagian SPBU, dengan radius mencapai 61 Yard dari titik kebocoran. Titik kebocoran tersebut berada pada tangki timbun yang terletak di antara dispenser dan kantor SPBU.

a. **Threat Zone SPBU C**



**Gambar 6. 84 Threat Zone SPBU C**

Berdasarkan hasil pemodelan yang dilakukan menggunakan aplikasi ALOHA, didapatkan bahwa tingkat kekhawatiran tertinggi (upper level of concern) atau zona merah adalah  $10 \text{ kW/m}^2$  dengan jarak mencapai 41 yard. Zona merah ini berpotensi mematikan dan menimbulkan kerusakan parah pada area yang terkena dalam waktu 60 detik. Tingkat kekhawatiran menengah (middle level of concern) atau zona oranye adalah  $5 \text{ kW/m}^2$  dengan jarak mencapai 50 yard. Zona oranye ini dapat menyebabkan luka bakar tingkat dua dalam waktu 60 detik. Tingkat kekhawatiran terendah (lower level of concern) atau zona kuning adalah  $2 \text{ kW/m}^2$  dengan jarak mencapai 61 yard. Zona kuning ini dapat menyebabkan luka bakar ringan serta rasa sakit dalam waktu 60 detik.

Titik kebocoran di SPBU ini terletak pada tangki timbun di sisi kiri SPBU, dekat dengan kantor SPBU. Prediksi penelitian menunjukkan bahwa zona merah dapat

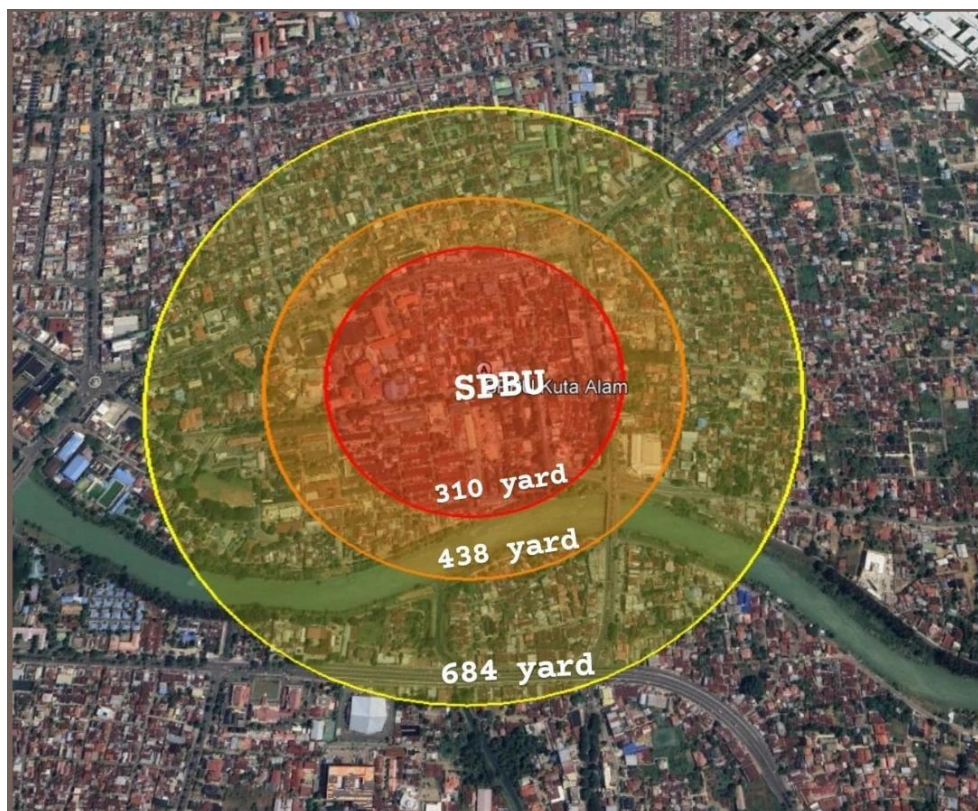
meluas hingga 41 yard dari titik kebocoran, zona oranye hingga 50 yard, dan zona kuning hingga 21 yard. Zona aman dari bahaya kebakaran dan ledakan di SPBU Simpang Dodik adalah lebih dari 61 yard dari titik kebocoran.

Setelah diaplikasikan ke Google Earth, terlihat bahwa jarak terjauh yang mungkin terkena dampak kebakaran dan ledakan adalah 61 yard. Di zona merah yang meluas hingga 41 yard, area yang terpengaruh mencakup dispenser pengisian minyak 1, 2, dan 3, penyimpanan tabung gas, serta jalan raya umum yang berbatasan langsung dengan SPBU. Pada zona oranye yang mencapai 50 yard, area yang terkena mencakup jalan raya umum di perbatasan SPBU, pepohonan di sekitar SPBU, serta beberapa bangunan di sekitarnya. Sementara itu, pada zona kuning yang meluas hingga 61 yard, area yang terpengaruh meliputi halaman depan rumah warga, gudang truk, serta bagian tengah jalan raya umum.

## **2) Pemodelan BLEVE SPBU C**

Skenario berikut menggunakan model ledakan dan kebakaran BLEVE dengan tangki timbun yang mengalami kerusakan total. Menurut model BLEVE, zona ancaman terbagi dalam beberapa kategori berdasarkan jarak dari sumber kebocoran dan intensitas radiasi termal. Zona merah, yang terletak pada jarak 310 yard dari sumber kebocoran, mengalami radiasi termal sebesar 10,0 kW/m<sup>2</sup>. Zona ini berpotensi menyebabkan kematian dan kerusakan parah pada objek serta individu yang terpapar dalam waktu 60 detik. Zona oranye, yang mencapai jarak 438 yard dari titik kebocoran, menghadapi radiasi termal sebesar 5,0 kW/m<sup>2</sup> dan dapat menyebabkan luka bakar serius dalam waktu yang sama. Sementara itu, zona kuning meluas hingga 684 yard dari sumber kebocoran dengan radiasi termal sebesar 2,0

$\text{kW/m}^2$ , yang dapat menyebabkan rasa nyeri pada individu yang terpapar dalam 60 detik. Model ini menggambarkan dampak signifikan dari kerusakan total tangki timbun dan memberikan panduan penting untuk perencanaan tindakan pencegahan serta respons darurat untuk mengurangi risiko terhadap masyarakat dan lingkungan sekitar SPBU.



**Gambar 6. 85** Prediksi Model Ledakan dan Kebakaran Tipe *BLEVE*

#### **6.2.6** Populasi yang beresiko SPBU C

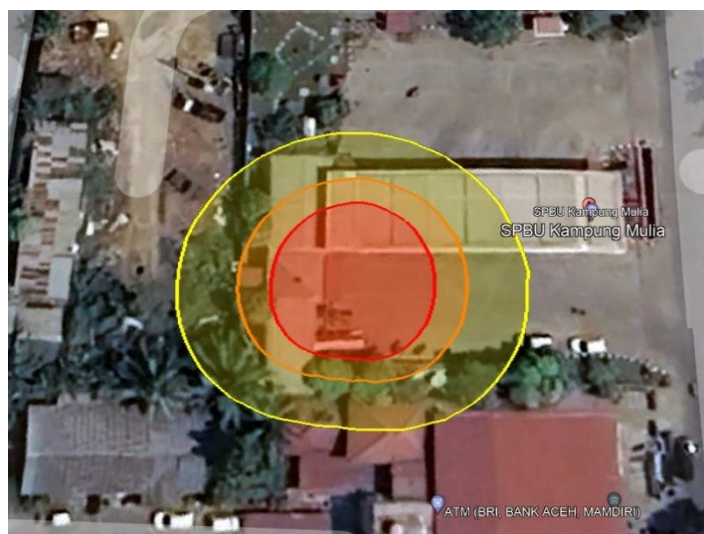
Populasi yang berisiko tinggi terhadap kejadian kebakaran dan ledakan di SPBU Simpang Dodik meliputi seluruh pekerja, yang berjumlah 12 orang. Risiko juga mencakup konsumen yang sedang melakukan pengisian bahan bakar di SPBU serta penduduk yang berada dalam radius 684 yard dari lokasi SPBU. Dengan demikian, masyarakat yang tinggal di sekitar permukiman SPBU C termasuk dalam kelompok

yang berisiko mengalami dampak dari kebakaran dan ledakan di SPBU C. Berdasarkan kondisi geografis SPBU C yang berada ditengah kota dan sangat dekat dengan pemukiman warga, prediksi korban terdampak ledakan dan kebakaran kemungkinan lebih banyak dibandingkan dengan SPBU lain.

### 6.2.7 *Flammable Area* SPBU D

#### 1) **Pemodelan ledakan dan kebakaran *Leaking Tank Poll Fire***

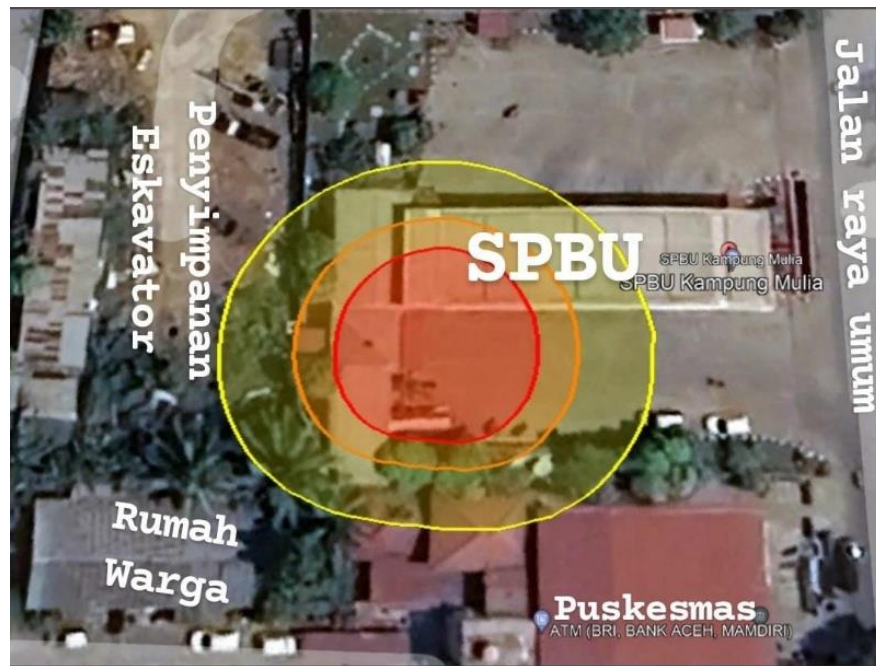
Analisis ini dilakukan menggunakan perangkat lunak ALOHA dengan permodelan ledakan dan kebakaran *leaking tank poll fire*. Data yang diperlukan berupa data zat kimia, data *atmosfer*, data tangki, serta skenario yang digunakan untuk mengidentifikasi kebakaran dan ledakan. Data ini diinput ke dalam perangkat lunak ALOHA. Skenario yang dipilih adalah adanya kebocoran dengan diameter 5 sentimeter pada tangki timbun yang terdapat di SPBU Simpang Dodik. Hasil pemetaan yang diperoleh kemudian diaplikasikan menggunakan *Google Earth* untuk menunjukkan dampak yang terjadi akibat kebakaran dan ledakan tersebut.



**Gambar 6. 86** Prediksi Model Ledakan dan Kebakaran Tipe *Leaking Tank Poll Fire*

Dari gambar di atas, dapat dilihat bahwa area yang mudah terbakar (*flammable area*) pada SPBU D mencakup seluruh bagian SPBU tersebut, dengan radius mencapai 27 yard dari titik kebocoran. Titik kebocoran pada SPBU ini adalah tangki timbun yang terletak di antara dispenser dan kantor di SPBU tersebut.

a. **Threat Zone SPBU D**



**Gambar 6. 87 Threat Zone SPBU D**

Dari hasil pemodelan yang dilakukan menggunakan aplikasi ALOHA, didapatkan bahwa *upper level of concern* (zona merah) adalah sebesar  $10 \text{ kW/m}^2$  dengan jarak mencapai 17 yard. Zona merah ini berpotensi mematikan serta menimbulkan kerusakan parah pada wilayah yang terkena dalam waktu 60 detik. *Middle level of concern* (zona oranye) adalah sebesar  $5 \text{ kW/m}^2$  dengan jarak mencapai 20 yard. Zona oranye ini dapat menyebabkan luka bakar tingkat dua dalam waktu 60 detik. *Lower level of concern* (zona kuning) adalah sebesar  $2 \text{ kW/m}^2$  dengan

jarak mencapai 27 yard. Zona kuning ini dapat menyebabkan luka bakar ringan serta rasa sakit dalam waktu 60 detik.

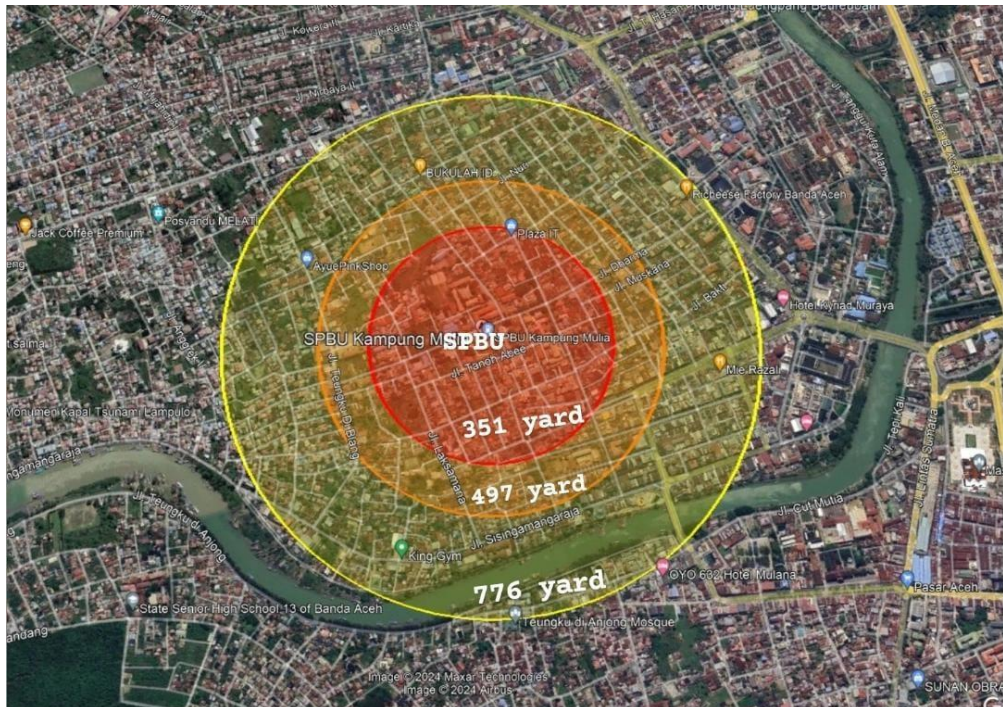
Titik kebocoran di SPBU ini berada pada tangki timbun di sisi kanan SPBU, dekat dengan kantor SPBU. Hasil prediksi dari penelitian menunjukkan bahwa zona merah dapat meluas hingga 17 yard dari titik kebocoran, zona oranye dapat mencapai 20 yard, dan zona kuning dapat meluas hingga 27 yard. Zona aman dari bahaya kebakaran dan ledakan di SPBU Simpang Dodik adalah lebih dari 27 yard dari titik kebocoran.

Setelah diaplikasikan ke *Google Earth*, terlihat bahwa jarak terjauh untuk kemungkinan kebakaran dan ledakan adalah 17 yard. Pada zona merah yang meluas hingga 17 yard, area yang terkena mencakup dispenser pengisian minyak 4 dan 3, penyimpanan tabung gas, serta ATM. Pada zona oranye yang mencapai 20 yard, kantor SPBU, pepohonan di sekitar SPBU, serta beberapa bangunan di sekitarnya. Sedangkan pada zona kuning yang meluas hingga 27 yard, area yang terkena meliputi dispenser pengisian minyak 2 dan 1, halaman puskesmas serta penyimpanan eskavator.

## **2) Pemodelan BLEVE SPBU D**

Skenario selanjutnya menggunakan model ledakan dan kebakaran *BLEVE* dengan tangki timbun yang mengalami 100% kerusakan. Berdasarkan model ledakan *BLEVE*, zona ancaman terdiri dari zona merah pada jarak 351 yard dari sumber kebocoran, dengan radiasi termal sebesar 10,0 kW/m<sup>2</sup>, yang dapat menyebabkan kematian dan kerusakan parah dalam 60 detik, zona oranye pada jarak 497 yard, dengan radiasi termal sebesar 5,0 kW/m<sup>2</sup>, yang dapat menyebabkan luka bakar serius

dalam 60 detik, dan zona kuning pada jarak 776 yard, dengan radiasi termal sebesar 2,0 kW/m<sup>2</sup>, yang dapat menyebabkan nyeri dalam 60 detik.



**Gambar 6. 88** Prediksi Model Ledakan dan Kebakaran Tipe *BLEVE*

### 6.2.7 Populasi yang beresiko SPBU D

Populasi yang beresiko tinggi terhadap kejadian kebakaran dan ledakan di SPBU Simpang Dodik terdiri dari seluruh pekerja berjumlah 19 orang. Risiko juga mencakup konsumen yang sedang melakukan pengisian minyak di SPBU serta penduduk yang berada dalam radius 776 yard dari lokasi SPBU. Oleh karena itu, masyarakat di sekitar permukiman SPBU Simpang Dodik termasuk dalam kelompok yang beresiko terkena dampak kebakaran dan ledakan SPBU D.

## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1 Kesimpulan

Penelitian ini melakukan pemodelan dan analisis risiko kebakaran dan ledakan di beberapa SPBU menggunakan perangkat lunak ALOHA. Berikut adalah kesimpulan berdasarkan hasil pemodelan:

1. Hasil pemodelan *Leaking Tank Pool Fire* menggunakan perangkat lunak ALOHA menunjukkan variasi radius area mudah terbakar di setiap SPBU. SPBU A memiliki area mudah terbakar dengan radius 51 yard dari titik kebocoran, sedangkan SPBU B memiliki radius 21 yard. SPBU C menunjukkan area mudah terbakar terluas dengan radius 61 yard, dan SPBU D memiliki radius 27 yard. Variasi ini mengindikasikan bahwa setiap SPBU memiliki tingkat risiko kebakaran yang berbeda, yang dipengaruhi oleh kondisi dan faktor lingkungan masing-masing lokasi.
2. Berdasarkan pemodelan BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*) dengan perangkat lunak ALOHA, zona ancaman terbesar bervariasi di setiap SPBU yang dianalisis. SPBU A memiliki zona ancaman hingga radius 737 yard, SPBU B mencapai 696 yard, SPBU C sebesar 684 yard, dan SPBU D menunjukkan risiko tertinggi dengan radius 776 yard. Hasil ini mencerminkan perbedaan potensi ledakan yang signifikan di setiap SPBU, dipengaruhi oleh faktor desain dan operasional masing-masing lokasi. Adapun dapat dipastikan bahwasanya setiap SPBU menunjukkan risiko yang tinggi.

3. Berdasarkan analisis populasi berisiko di setiap SPBU, hasilnya menunjukkan variasi jumlah individu yang terpapar potensi risiko. Di SPBU A, terdapat 18 pekerja, konsumen, dan penduduk dalam radius 737 yard dari zona ancaman. SPBU B memiliki 14 orang dalam radius 696 yard. Di SPBU C, terdapat 12 individu yang berisiko dalam radius 684 yard. SPBU D menunjukkan jumlah terbanyak, yaitu 19 orang, dalam radius 776 yard. Data ini mengindikasikan bahwa risiko terhadap populasi bervariasi di setiap SPBU, dengan SPBU D memiliki jumlah populasi berisiko tertinggi.

Penelitian ini menunjukkan bahwa setiap SPBU memiliki potensi risiko kebakaran dan ledakan yang signifikan, terutama dalam radius tertentu dari titik kebocoran. Zona ancaman terbesar ditunjukkan oleh radius zona merah (upper level of concern), yang mengindikasikan area dengan risiko tinggi yang berpotensi mematikan dan menimbulkan kerusakan parah dalam waktu singkat.

## **7.2 Saran**

Berdasarkan hasil pemodelan risiko kebakaran dan ledakan di SPBU, berikut adalah beberapa saran untuk mengurangi risiko dan melindungi populasi:

1. Memasang Wind direction untuk dapat mengetahui arah angin sehingga pada saat kebocoran yang terjadi di SPBU karyawan tidak berjalan menuju arah angin.
2. Berikan pelatihan rutin kepada karyawan tentang prosedur keselamatan dan penanganan kebakaran serta ledakan dan adakan latihan simulasi darurat

secara berkala untuk memastikan kesiapsiagaan karyawan dan masyarakat sekitar dalam menghadapi insiden.

3. Lakukan pemetaan risiko yang lebih mendetail untuk menentukan zona aman dan risiko di sekitar SPBU serta Kembangkan dan uji rencana respons darurat yang mencakup evakuasi, komunikasi, dan koordinasi dengan pihak berwenang seperti pemerintah dan tokoh masyarakat setempat.
4. Revisi desain dan tata letak SPBU untuk meminimalkan risiko kebakaran dan ledakan. Lakukan pengawasan rutin dan pemeliharaan terhadap fasilitas dan peralatan untuk memastikan semuanya berfungsi dengan baik.
5. Melakukan perencanaan mitigasi risiko akibat dampak kebakaran dan ledakan yang berfokus pada komunitas, mengingat beberapa prediksi menunjukkan kawasan pemukiman dan sarana prasarana umum menjadi salah satu area terdampak dan seharusnya menjadi prioritas penanganan pada saat kejadian darurat.

Dengan menerapkan saran-saran ini, diharapkan risiko kebakaran dan ledakan di SPBU dapat dikurangi, sehingga meningkatkan keselamatan karyawan, konsumen, dan masyarakat sekitar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Affuwani, N., Amiruddin, J. and Yoga, N.G. (2021) 'Analisis Risiko Dan Kerugian Kebakaran Dan Ledakan Pada Tangki Pendam Pertamina Di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (Spbu) X Dengan Metode Dow'S Fire and Explosion Index', *Jurnal Pendidikan Teknik dan Vokasional*, 4(1), pp. 13–22.
- Ahrens and Marty (2020) *Service or Gas Station Fires Supporting Tables Fires in or at Service or Gas Stations: Supporting Tables*.
- Andini, F.N., Anggraeiny, R. and Susilowati, T. (2020) 'Upaya Dinas Pemadam Kebakaran Dalam Pencegahan Dan Penanggulangan Kebakaran Di Kecamatan Samarinda Ulu Kota Samarinda', *Jurnal Administrasi Negara*, 8 (2)(1), pp. 8978–8990.
- Budi Yulianto (2022) 'Analisis Risiko Terjadinya Kebakaran dan Ledakan pada Kegiatan Unloading Bahan Bakar Minyak dari Mobil Tangki di SPBU dengan Menggunakan Dow's Fire & Explosion Index, ALOHA dan MARPLOT', *LONTAR PUSAT INFORMASI KESEHATAN MASYARAKAT Pusinfokesmas FKMUI* [Preprint].
- CHARM (2023) *COMPLEX HAZARDOUS AIR REALEASE MODEL (CHARM)*, *Charmmodel.com*.
- Descatha, A. et al. (2017) 'Emergency Preparedness and Response in Occupational Setting: A Position Statement', *Frontiers in Public Health*, 5(September), pp. 1–4. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00251>.
- Eltgroth, B.M.W. (2015) 'Complex Hazardous Air Release Model (CHARM<sup>®</sup>) Technical Reference Manual'.
- Furness, A. and Muckett, M. (2007) *Introduction to Fire Safety Management*.
- Haqi, D.N. (2018) 'Analisis Potensi Bahaya Dan Risiko Terjadinya Kebakaran Dan Ledakan Di Tangki Penyimpanan Lpg Pertamina Perak Surabaya', *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 7(3), p. 321. Available at: <https://doi.org/10.20473/ijosh.v7i3.2018.321-328>.
- Ismara, k isma (2019) *Pedoman K3 Kebakaran, Universitas Negeri Yogyakarta*.
- Jihan, I. (2020) 'Pengaruh Standar Operasional Prosedur (Sop) Terhadap Kualitas Pelayanan Di Spbu 44.551.17 Kota Yogyakarta'.
- Joni, M., Suryanita, R. and Kamaldi, A. (2016) 'Analisis Beban Ledakan dan Pengaruhnya Terhadap Struktur Portal Baja', *Jom FTEKNIK*, 3(2), pp. 1–7.
- Larekeng, A.B.S. (2019) 'Analisis Pengaruh Kelengkapan Produk, Orientasi Pasar dan Saluran Distribusi terhadap Kinerja Spbu Pertamina di Bandar Lampung', *Program Pascasarjana Magister Manajemen Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Lampung*, pp. 1–126.

- Lestari, A.M., Indrayani, R. and Akbar, K.A. (2019) 'Gambaran Sarana Proteksi Aktif Kebakaran Dan Kepatuhan Konsumen Pada Tanda Dan Rambu Peringatan Di SPBU Sebagai Upaya Pencegahan Kebakaran', *Ikesma*, p. 93.
- Lestari, F. et al. (2021) *Keselamatan Kebakaran (Fire Safety)*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Mahdanie, N., Wahyuni, I. and Jayanti, S. (2023) 'Pengetahuan, Sikap, dan Praktik Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Pekerja SPBU X Kabupaten Malang', *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*, pp. 198–203.
- Marpahiko, G., Elvira and Sutandar, E. (2021) 'Kalkulasi Analisis Struktur Desain Beban Gempa Dan Performanya Terhadap Beban Ledakan Pada Gedung Bri Cabang Pontianak', *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 8(2), pp. 1–10.
- Melda Yenni, O. et al. (2021) 'ANALISIS KADAR LOGAM TIMBAL DARAH PETUGAS STASIUN PENGISIAN BENSIN UMUM (SPBU) KOTA JAMBI', *Journal of Innovation Research and Knowledge*, 1(5), pp. 773–776.
- Migas, T.I.P.K. (2018) *Keselamatan SPBU pedoman teknis dan pembelajaran dari kejadian, Kementerian Energi dan sumber daya mineral direktorat jendral minyak dan gas bumi*.
- Muhammad Ridwan (2022) *Hingga 2022, Indonesia Memiliki 7868 SPBU dan 6152 Pertashop*, *readers.id*. Available at: <https://www.readers.id/read/hingga-2022-indonesia-memiliki-7868-spbu-dan-6152-pertashop/index.html> (Accessed: 24 March 2024).
- Mujana, T., Sutriyono, B. and Trimurtiningrum, R. (2023) 'ANALISA DRIFT GEDUNG PERKANTORAN JOMBANG TERHADAP BEBAN LEDAKAN 500 KILOGRAM TRINITROTOLUENE PADA VARIASI JARAK Tember', *Sondir*, 7(1), pp. 70–78. Available at: <https://doi.org/10.36040/sondir.v7i1.5909>.
- Mustika, sika widya, Wardani, R. sari and Prasetio, D.B. (2018) 'Penilaian Risiko Kebakaran Gedung Bertingkat', *J. Kesehat. Masy. Indones*, 13(1), pp. 18–25.
- Priambodo, D. (2018) 'Penentuan Nilai Jarak Aman Sumber Tidak Bergerak: Skenario Kebakaran dan Ledakan pada SPBU dan SPPBE di Sekitar Tapak RDE', *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 20(1), p. 9. Available at: <https://doi.org/10.17146/jpen.2018.20.1.4314>.
- Rizki Eggy Apriliani, T.S.H. and Berliana, N. (2023) 'Faktor Yang Berhubungan Dengan Kadar Hemoglobin Pada Petugas Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (Spbu) Di Kecamatan Jambi Selatan Kota Jambi', 08(3).
- Ruliyanta and Setyadi, W. (2022) 'Pelatihan Penggunaan Alat Pemadam Api Ringan di Gedung Baru Inalum', 3(2), pp. 71–76.
- Seni, W. et al. (2023) 'Penyuluhan Penanggulangan Kebakaran Kompor Gas Menggunakan Alat Pemadam Api Tradisional', *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bangsa*, 1(6), pp. 716–724.

- Setyono, S.H. (2018) 'Model Dispersi Gas Metana Akibat Ledakan Atau Kebocoran Pada Industri Pengolahan Minyak Menggunakan Program Aloha', *Its*, p. 145.
- Tanubrata, M. and Wiryopranoto, H. (2019) 'Penjalaran Kebakaran pada Suatu Konstruksi Bangunan Gedung Akibat Sumber Panas', *Jurnal Teknik Sipil*, 12(1), pp. 14–43. Available at: <https://doi.org/10.28932/jts.v12i1.1412>.
- Yolanda, A.D.G. (2018) 'SISTEM INFORMASI MANAJEMEN DATA PENJUALAN BBM PADA SPBU PACE KABUPATEN NGANJUK', 02(05).
- Yulianto, B. and Tejamaya, M. (2022) 'Analisa Tingkat Risiko Terjadinya Kebakaran dan Ledakan pada Kegiatan Unloading Bahan Bakar Minyak dari Mobil Tangki di SPBU', *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 11(04), pp. 366–379. Available at: <https://doi.org/10.33221/jikm.v11i04.2016>.
- Arfani, M.R. (2021) 'IMPLEMENTASI COMPUTER VISION PADA DETEKSI DINI KEBAKARAN AREA SPBU BERBASIS SEGMENTASI'. Politeknik Harapan Bersama Tegal.
- Aulia, B.U. (2021) 'Eko Budi Santoso Ema Umilia'.
- Endrianto, E. and Zaelani Adnan, A. (2023) 'Sistem Manajemen Keselamatan Kesehatan Kerja (SMK3) Kontraktor Di PT Pertamina EP Asset 3 Jatibarang Field', *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 4, pp. 345–350.
- Migas, T.I.P.K. (2018) *Keselamatan SPBU pedoman teknis dan pembelajaran dari kejadian, Kementerian Energi dan sumber daya mineral direktorat jendral minak dan gas bumi*. Available at: <https://migas.esdm.go.id/uploads/Buku-Keselamatan-SPBU-2018.pdf>.
- Puspitasari, N., Tejawati, A. and Prakoso, F. (2019) 'Estimasi Stok Penerimaan Bahan Bakar Minyak Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto', *JRST (Jurnal Riset Sains Dan Teknologi)*, 3(1), pp. 9–18.
- Yulianto, B. and Tejamaya, M. (2022) 'Analisis Risiko Kebakaran dan Ledakan Kegiatan Unloading Bahan Bakar Minyak di SPBU dengan menggunakan Dow's Fire & Explosion Index, ALOHA dan MARPLOT', *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 11(04), pp. 366–379.

## **LAMPIRAN I**

### **INFORMASI KEPADA RESPONDEN**

**Assalamu'alaikum Wr. Wb.,**

Saya Muhammad Dea Al Fattah, atas nama peneliti mahasiswa tingkat akhir pada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Aceh peminatan Keselamatan dan Kesehatan Kerja bermaksud mengadakan penelitian mengenai Prediksi Kebakaran dan Ledakan Pada SPBU di Wilayah Kerja Banda Aceh. Dengan penelitian ini diharapkan akan diketahui mengenai prediksi kebakaran dan ledakan serta kecelakaan kerja pada SPBU yang dianalisis menggunakan Aplikasi ALOHA. Hasil dari penelitian diharapkan dapat dijadikan dasar informasi dan bahan referensi atas dasar evaluasi terhadap instansi terkait.

Keikutsertaan Bapak/Ibu/Sdr (i) dalam penelitian ini adalah secara sukarela dan menguntungkan semua pihak baik responden, peneliti, instansi dan masyarakat luas. Setelah anda setuju untuk berpartisipasi dalam penelitian ini dan menandatangani pernyataan persetujuan responden, maka anda akan sudi untuk dapat meluangkan waktu dan memberikan dukungan kepada saya sebagai peneliti.

Semua data yang dikumpulkan dalam penelitian ini akan dirahasiakan oleh tim peneliti dan tidak terbuka bagi masyarakat atau pihak lain tanpa persetujuan peneliti. Laporan yang akan dihasilkan dari penelitian ini tidak akan mencantumkan identitas responden yang bersangkutan.

Demikian informasi kami sampaikan, terima kasih atas kehadiran anda menjadi responden.

**Wassalamu'alaikum Wr. Wb.,**

**LAMPIRAN II**

**PERNYATAAN PERSETUJUAN RESPONDEN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bersedia menjadi responden pada penelitian ini dan apabila dikemudian hari terdapat kekurangan, maka saya bersedia untuk dihubungi kembali.

Banda Aceh,     /     /2023

**Responden**

Nama : .....

Tanda tangan :



**Peneliti**

Nama : .....

Tanda Tangan :



## LEMBAR OBSERVASI

## II. PREDIKSI KONSEKUENSI KEBAKARAN

No	INFORMASI	RINCIAN DATA	SATUAN	KETERANGAN
1.	<b>Bahan Kimia (Chemical Data)</b>	Berat molekul	..... °C	
		Titik didih	..... °C	
		Temperature kritis	..... atm	
		Tekanan kritis	..... °C	
		Titik beku	..... °C	
		AEgl	..... ppm	
2.	<b>Atmosfer (Atmospheric Data)</b>	Kecepatan Angin	..... m/s	
		Arah angin	.....	
		Ketinggian	..... m	
		Kerapatan permukaan daratan	.....	
		Kondisi awan	.....	
		Kelembapan udara	..... %	
		Temperatur udara	..... °C	
3.	<b>Sumber kebocoran</b>	Tinggi cairan yang diisi pada tangki	..... m	
		Diameter pembukaan kebocoran	..... inch	
		Letak tinggi kebocoran dari permukaan	..... m	

## PERSETUJUAN SETELAH PENJELASAN

Saya tidak memperoleh paksaan dalam berpartisipasi dalam penelitian ini dan seluruh informasi yang telah saya isi adalah benar sebagaimana mestinya.

Tanda tangan responden	Tanda tangan pemeriksa angket	Tanda tangan Ka. Peneliti
( )	( )	( )

----- Terima Kasih -----

## Lampiran IV

### Surat Izin Penelitian



## UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT

TERAKREDITASI "UNGGUL" LAM-PTKes SK No. 0831/LAM-PTKes/Akr/Sar/IX/2022

Jln. Kampus Muhammadiyah No. 93, Batoh, Lueng Bata, Banda Aceh, 23245

Telp/Fax: 0651-31054/0651-31053

Website: <http://fkm.unmuha.ac.id> – Email: [fkm@unmuha.ac.id](mailto:fkm@unmuha.ac.id)

No : 521/UM.FKM.M/VI/2024  
Lamp : 1 (satu) eks  
Hal : Permohonan Izin Penelitian

Banda Aceh, 12 Juni 2024

Kepada Yth.

**Direktur/Pimpinan PT. PERTAMINA Provinsi Aceh**

di

Tempat

Dengan Hormat,

1. Teiring salam dan doa kami sampaikan semoga Bapak/Ibu beserta karyawan selalu berada dalam lindungan Allah SWT dalam menjalankan aktivitas sehari-hari;
2. Sehubungan adanya dosen Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Aceh akan mengadakan penelitian di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) di wilayah kota Banda Aceh, maka kami memohon izin kepada Bapak/Ibu Direktur/Pimpinan PT.PERTAMINA Provinsi Aceh untuk dapat memfasilitasi pengambilan data penelitian di SPBU wilayah setempat (daftar terlampir), dengan topik "**Analisis Pelaksanaan Sistem Manajemen Keselamatan Migas (SMKM) Pada Stasiun Pengisian Bahan Bakar umum (SPBU) Di Kota Banda Aceh Tahun 2024**";
3. Demikianlah kami sampaikan, atas bantuan dan perhatiannya kami ucapkan terima kasih.



**Dr. Basri Aramico, Ib. SKM., MPH**  
NIK. 19811029 200603 1001



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH**  
**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT**

TERAKREDITASI "UNGGUL" LAM-PTKes SK No. 0831/LAM-PTKes/Akr/Sar/IX/2022

Jln. Kampus Muhammadiyah No. 93, Batoh, Lueng Bata, Banda Aceh, 23245

Telp/Fax: 0651-31054/0651-31053

Website: <http://fkm.unmuha.ac.id> – Email: [fkm@unmuha.ac.id](mailto:fkm@unmuha.ac.id)

**Lampiran:**

**A. Nama Tim Peneliti**

No	Nama	Jabatan	NIDN/NPM
1	Putri Arisca Sari, SKM, M.KKK	Dosen	1307039301
2	Wardiati, SKM, M.Kes	Dosen	1319028801
3	Naimah, SKM, MKM	Dosen	1313039002
4	Putra Rizki Aulia	Mahasiswa	207110010
5	Muhammad Dea Al-Fattah	Mahasiswa	207110017
6	Rahmat Ariya	Mahasiswa	207110065

**B. Nama SPBU sebagai lokasi penelitian**

NO	SPBU	Alamat
1.	SPBU PERTAMINA LAMNYONG	Jl. Teuku Nyak Arief, Lamnyong, Kec. Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Aceh 23112, Indonesia
2.	SPBU BATOH	Jl. Dr. Mr. Mohd Hasan, Batoh, Kec. Lueng Bata, Kota Banda Aceh, Aceh 23122, Indonesia
3.	SPBU PERTAMINA 14.239.411	Jl. Cut Nyak Dien, Lamtemen Bar., Kec. Jaya Baru, Kota Banda Aceh, Aceh 23232, Indonesia
4.	SPBU SIMPANG JAM	Jl. Teuku Umar No.6, Sukaramai, Kec. Baiturrahman, Kota Banda Aceh, Aceh 23116, Indonesia
5.	SPBU PERTAMINA LINGKE 14.239.405	Jeulingke, Kec. Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Aceh 23114, Indonesia
6.	SPBU PERTAMINA 14.231.482	Jl. Dharma, Mulia, Kec. Kuta Alam, Kota Banda Aceh, Aceh 23123, Indonesia
7.	SPBU PERTAMINA LAMBHUK	Lambhuk, Kec. Ulee Kareng, Kota Banda Aceh, Aceh, Indonesia
8.	SPBU PERTAMINA 14.232.448	Jl. Medan B. Aceh, Gampong Pie, Kec. Meuraxa, Kota Banda Aceh, Aceh 23232, Indonesia
9.	SPBU LUENG BATA 14.232.404	Cot Mesjid, Kec. Lueng Bata, Kota Banda Aceh, Aceh 23111, Indonesia
10.	SPBU LAMPASEH 13.231.408	Jl. Rama Setia, Lampaseh Kota, Kec. Kuta Raja, Kota Banda Aceh, Aceh, Indonesia
11.	SPBU COCO 11.231.401 RUDIN ACEH	Jl. Jenderal Sudirman No.96, Geuceu Meunara, Kec. Jaya Baru, Kota Banda Aceh, Aceh 23233, Indonesia
12.	SPBU PERTAMINA PASTI PAS (SPBU 14.2354.65)	Jl. Teuku Nyak Arief, Sabang, Banda Aceh, Lamgugob, Syiah Kuala, Banda Aceh City, Aceh 24415, Indonesia
13.	SPBU KAMPUNG MULIA (PT. TRINANDA JAYA SINERGI)	Jl. Syiah Kuala Dsn Tgk Dibrang, Mulia, Kec. Kuta Alam, Kota Banda Aceh, Aceh 23123, Indonesia
14.	SPBP POLDA ACEH	Lamtemen Bar., Kec. Jaya Baru, Kota Banda Aceh, Aceh 23232, Indonesia
15.	SPBU NELAYAN 18.231.001	Jl. Indra Budiman, Lampulo, Kec. Kuta Alam, Kota Banda Aceh, Aceh, Indonesia



**Dr. Basri Ramico, Ib, SKM., MPH**  
**NIK 19811029 200603 1001**

Lampiran V

Data Badan Meteorologi dan Klimatologi Geofisika (BMKG)

PRAKIRAAN CUACA KECAMATAN JAYA BARU								
TANGGAL	CUACA				SUHU (°C)	KELEM-BAPAN (%)	KEC. ANGIN (KM/JAM)	ARAH ANGIN
	PAGI (06.00-12.00 WIB)	SIANG--SORE (12.00- 19.00 WIB)	MALAM (19.00-00.00 WIB)	DINI HARI (00.00-06.00 WIB)				
24 Juni 2024	Cerah- Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Berawan	24-35	45-90	30	Timur Laut
25 Juni 2024	Cerah- Cerah Berawan	Cerah	Cerah- Cerah Berawan	Cerah	24-35	60-90	10	Timur Laut
26 Juni 2024	Cerah	Cerah	Cerah	Cerah Berawan	25-34	55-90	10	Utara
27 Juni 2024	Cerah- Cerah Berawan	Hujan Petir- Berawan Tebal	Berawan	Berawan- Cerah Berawan	24-35	40-85	10	Timur
28 Juni 2024	Cerah Berawan- Berawan	Hujan Ringan- Berawan	Cerah Berawan	Hujan Lebat- Berawan	23-32	65-100	10	Selatan
29 Juni 2024	Hujan Ringan- Hujan Petir	Hujan Ringan- Berawan	Berawan- Berawan Tebal	Hujan Ringan- Cerah Berawan	24-32	60-95	10	Tenggara
30 Juni 2024	Cerah Berawan	Berawan- Berawan Tebal	Berawan- Berawan Tebal	Berawan- Berawan Tebal	24-32	60-90	10	Selatan
01 Juli 2024	Cerah Berawan- Berawan	Cerah Berawan	Berawan- Berawan Tebal	Cerah Berawan- Berawan	24-33	60-95	10	Selatan
02 Juli 2024	Cerah Berawan- Berawan	Cerah	Cerah	Cerah- Cerah Berawan	25-35	55-90	20	Selatan
03 Juli 2024	Cerah- Cerah Berawan	Cerah	Cerah- Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	24-34	45-90	20	Timur
04 Juli 2024	Cerah Berawan- Hujan Ringan	Hujan Ringan- Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Cerah Berawan- Berawan	24-33	55-90	10	Tenggara
05 Juli 2024	Cerah- Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	24-33	55-90	10	Tenggara
06 Juli 2024	Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Cerah Berawan- Hujan Ringan	Cerah- Berawan	24-33	50-95	20	Selatan
07 Juli 2024	Cerah Berawan- Hujan Ringan	Cerah Berawan	Cerah Berawan	Cerah Berawan- Berawan Tebal	23-32	70-100	20	Timur
08 Juli 2024	Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Cerah Berawan	Cerah Berawan- Berawan Tebal	24-33	75-95	10	Selatan

Area Penelitian	SPBU Pertamina 14.239.411, Jl. Cut Nyak Dien, Lamtemen Bar., Kec. Jaya Baru, Kota Banda Aceh, Aceh 23232, Indonesia
Ketinggian Permukaan	7 m
Latitude	5.52887361
Longitude	95.29560596

TANGGAL	CUACA				SUHU (°C)	KELEM-BAPAN (%)	KEC. ANGIN (KM/JAM)	ARAH ANGIN
	PAGI (06.00-12.00 WIB)	SIANG--SORE (12.00- 19.00 WIB)	MALAM (19.00-00.00 WIB)	DINI HARI (00.00-06.00 WIB)				
24 Juni 2024	Cerah- Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Berawan	24-35	45-90	30	Timur Laut
25 Juni 2024	Cerah- Cerah Berawan	Cerah	Cerah- Cerah Berawan	Cerah	24-35	60-90	10	Timur Laut
26 Juni 2024	Cerah	Cerah	Cerah	Cerah Berawan	25-34	55-90	10	Utara
27 Juni 2024	Cerah- Cerah Berawan	Hujan Petir- Berawan Tebal	Berawan	Berawan- Cerah Berawan	24-35	40-85	10	Timur
28 Juni 2024	Cerah Berawan- Berawan	Hujan Ringan- Berawan	Cerah Berawan	Hujan Lebat- Berawan	23-32	65-100	10	Selatan
29 Juni 2024	Hujan Ringan- Hujan Petir	Hujan Ringan- Berawan	Berawan- Berawan Tebal	Hujan Ringan- Cerah Berawan	24-32	60-95	10	Tenggara
30 Juni 2024	Cerah Berawan	Berawan- Berawan Tebal	Berawan- Berawan Tebal	Berawan- Berawan Tebal	24-32	60-90	10	Selatan
01 Juli 2024	Cerah Berawan- Berawan	Cerah Berawan	Berawan- Berawan Tebal	Cerah Berawan- Berawan	24-33	60-95	10	Selatan
02 Juli 2024	Cerah Berawan- Berawan	Cerah	Cerah	Cerah- Cerah Berawan	25-35	55-90	20	Selatan
03 Juli 2024	Cerah- Cerah Berawan	Cerah	Cerah- Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	24-34	45-90	20	Timur
04 Juli 2024	Cerah Berawan- Hujan Ringan	Hujan Ringan- Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Cerah Berawan- Berawan	24-33	55-90	10	Tenggara
05 Juli 2024	Cerah- Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	24-33	55-90	10	Tenggara
06 Juli 2024	Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Hujan Ringan- Cerah Berawan	Cerah- Berawan	24-33	50-95	20	Selatan
07 Juli 2024	Cerah Berawan- Hujan Ringan	Cerah Berawan	Cerah Berawan	Cerah Berawan- Berawan Tebal	23-32	70-100	20	Timur
08 Juli 2024	Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Cerah Berawan	Cerah Berawan- Berawan Tebal	24-33	75-95	10	Selatan

Area Penelitian	SPBU Coco Aceh 11.231.401, Jl. Jenderal Sudirman No. 96, Geuceu Meunara, Kec. Jaya Baru, Kota Banda Aceh, Aceh 23233, Indonesia
Ketinggian Permukaan	8 m
Latitude	5.52471949
Longitude	95.30257434

**PRAKIRAAN CUACA KECAMATAN KUTA ALAM**

TANGGAL	CUACA				SUHU (°C)	KELEM-BAPAN (%)	KEC. ANGIN (KM/JAM)	ARAH ANGIN
	PAGI (06.00-12.00)	SIANG-SORE (12.00- 19.00)	MALAM (19.00-00.00)	DINI HARI (00.00-06.00)				
24 Juni 2024	Cerah- Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Berawan	24-35	45-90	30	Timur Laut
25 Juni 2024	Cerah- Cerah Berawan	Cerah	Cerah- Cerah Berawan	Cerah	24-35	60-90	10	Timur Laut
26 Juni 2024	Cerah	Cerah	Cerah	Cerah Berawan	25-34	55-90	10	Utara
27 Juni 2024	Cerah- Cerah Berawan	Hujan Petir- Berawan Tebal	Berawan	Berawan- Cerah Berawan	24-35	40-85	10	Timur
28 Juni 2024	Cerah Berawan- Berawan	Hujan Ringan- Berawan	Cerah Berawan	Hujan Lebat- Berawan	23-32	65-100	10	Selatan
29 Juni 2024	Hujan Ringan- Hujan Petir	Hujan Ringan- Berawan	Berawan- Berawan Tebal	Hujan Ringan- Cerah Berawan	24-32	60-95	10	Tenggara
30 Juni 2024	Cerah Berawan	Berawan- Berawan Tebal	Berawan- Berawan Tebal	Berawan- Berawan Tebal	24-32	60-90	10	Selatan
01 Juli 2024	Cerah Berawan- Berawan	Cerah Berawan	Berawan- Berawan Tebal	Cerah Berawan- Berawan	24-33	60-95	10	Selatan
02 Juli 2024	Cerah Berawan- Berawan	Cerah	Cerah	Cerah- Cerah Berawan	25-35	55-90	20	Selatan
03 Juli 2024	Cerah- Cerah Berawan	Cerah	Cerah- Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	24-34	45-90	20	Timur
04 Juli 2024	Cerah Berawan- Hujan Ringan	Hujan Ringan- Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Cerah Berawan- Berawan	24-33	55-90	10	Tenggara
05 Juli 2024	Cerah- Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	24-33	55-90	10	Tenggara
06 Juli 2024	Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Cerah Berawan- Hujan Ringan	Cerah- Berawan	24-33	50-95	20	Selatan
07 Juli 2024	Cerah Berawan- Hujan Ringan	Cerah Berawan	Cerah Berawan	Cerah Berawan- Berawan Tebal	23-32	70-100	20	Timur
08 Juli 2024	Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Cerah Berawan	Cerah Berawan- Berawan Tebal	24-33	75-95	10	Selatan

Area Penelitian	SPBU Pertamina 14.231.482. Jl. Dharma, Mulia, Kec. Kuta Alam, Kota Banda Aceh, Aceh 23123, Indonesia
Ketinggian Permukaan	5 m
Latitude	5.56341892
Longitude	95.3235653

**PRAKIRAAN CUACA KECAMATAN KUTA ALAM**

TANGGAL	CUACA				SUHU (°C)	KELEM-BAPAN (%)	KEC. ANGIN (KM/JAM)	ARAH ANGIN
	PAGI (06.00-12.00)	SIANG-SORE (12.00- 19.00)	MALAM (19.00-00.00)	DINI HARI (00.00-06.00)				
24 Juni 2024	Cerah- Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Berawan	24-35	45-90	30	Timur Laut
25 Juni 2024	Cerah- Cerah Berawan	Cerah	Cerah- Cerah Berawan	Cerah	24-35	60-90	10	Timur Laut
26 Juni 2024	Cerah	Cerah	Cerah	Cerah Berawan	25-34	55-90	10	Utara
27 Juni 2024	Cerah- Cerah Berawan	Hujan Petir- Berawan Tebal	Berawan	Berawan- Cerah Berawan	24-35	40-85	10	Timur
28 Juni 2024	Cerah Berawan- Berawan	Hujan Ringan- Berawan	Cerah Berawan	Hujan Lebat- Berawan	23-32	65-100	10	Selatan
29 Juni 2024	Hujan Ringan- Hujan Petir	Hujan Ringan- Berawan	Berawan- Berawan Tebal	Hujan Ringan- Cerah Berawan	24-32	60-95	10	Tenggara
30 Juni 2024	Cerah Berawan	Berawan- Berawan Tebal	Berawan- Berawan Tebal	Berawan- Berawan Tebal	24-32	60-90	10	Selatan
01 Juli 2024	Cerah Berawan- Berawan	Cerah Berawan	Berawan- Berawan Tebal	Cerah Berawan- Berawan	24-33	60-95	10	Selatan
02 Juli 2024	Cerah Berawan- Berawan	Cerah	Cerah	Cerah- Cerah Berawan	25-35	55-90	20	Selatan
03 Juli 2024	Cerah- Cerah Berawan	Cerah	Cerah- Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	24-34	45-90	20	Timur
04 Juli 2024	Cerah Berawan- Hujan Ringan	Hujan Ringan- Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Cerah Berawan- Berawan	24-33	55-90	10	Tenggara
05 Juli 2024	Cerah- Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	24-33	55-90	10	Tenggara
06 Juli 2024	Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Cerah Berawan- Hujan Ringan	Cerah- Berawan	24-33	50-95	20	Selatan
07 Juli 2024	Cerah Berawan- Hujan Ringan	Cerah Berawan	Cerah Berawan	Cerah Berawan- Berawan Tebal	23-32	70-100	20	Timur
08 Juli 2024	Cerah Berawan	Cerah- Cerah Berawan	Cerah Berawan	Cerah Berawan- Berawan Tebal	24-33	75-95	10	Selatan

Area Penelitian	SPBU Kuta Alam 14.239412, Kuta Alam, Kec. Kuta Alam, Kota Banda Aceh, Aceh 24415, Indonesia
Ketinggian Permukaan	7 m
Latitude	5.5560455
Longitude	95.3284952



Mengetahui,  
 Koordinator Bidang Data dan Informasi Sta.  
 Met. Kelas I SIM Banda Aceh,

**ANANG HERIYANTO, S.Si., M.Si.**  
 NIP. 198401312006041003

Aceh Besar, 12 Juli 2024 Pembuat

Laporan/ Prakirawan,

**FAQIH MUSYAFFA, S.Tr. Met.**  
 NIP. 200003112022041002

Lampiran VI

Approval SPBU Kota Banda Aceh

NO	SPBU	ALAMAT	Status
16.	SPBU PERTAMINA LAMNYONG	Jl. Teuku Nyak Arief, Lamnyong, Kec. Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Aceh 23112, Indonesia	Menolak
17.	SPBU BATOH	Jl. Dr. Mr. Mohd Hasan, Batoh, Kec. Lueng Bata, Kota Banda Aceh, Aceh 23122, Indonesia	Izin dari Pertamina
18.	SPBU PERTAMINA 14.239.411 Simpang Dodik	Jl. Cut Nyak Dien, Lamtemen Bar., Kec. Jaya Baru, Kota Banda Aceh, Aceh 23232, Indonesia	Approve
19.	SPBU SIMPANG JAM	Jl. Teuku Umar No.6, Sukaramai, Kec. Baiturrahman, Kota Banda Aceh, Aceh 23116, Indonesia	Izin dari Pertamina
20.	SPBU PERTAMINA LINGKE 14.239.405	Jeulingke, Kec. Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Aceh 23114, Indonesia	Izin dari Permina
21.	SPBU PERTAMINA 14.231.482	Jl. Dharma, Mulia, Kec. Kuta Alam, Kota Banda Aceh, Aceh 23123, Indonesia	Approve
22.	SPBU PERTAMINA LAMBHUK	Lambhuk, Kec. Ulee Kareng, Kota Banda Aceh, Aceh, Indonesia	Menolak
23.	SPBU PERTAMINA 14.232.448	Jl. Medan B. Aceh, Gampong Pie, Kec. Meuraxa, Kota Banda Aceh, Aceh 23232, Indonesia	Menolak (bermasalah dengan KPK)
24.	SPBU LUENG BATA 14.232.404	Cot Mesjid, Kec. Lueng Bata, Kota Banda Aceh, Aceh 23111, Indonesia	Izin dari Pertamina
25.	SPBU LAMPASEH 13.231.408	Jl. Rama Setia, Lampaseh Kota, Kec. Kuta Raja, Kota Banda Aceh, Aceh, Indonesia	Izin dari Pertamina
26.	SPBU COCO 11.231.401 RUDIN ACEH	Jl. Jenderal Sudirman No.96, Geuceu Meunara, Kec. Jaya Baru, Kota Banda Aceh, Aceh 23233, Indonesia	Approve

27.	SPBU KAMPUNG MULIA (PT. TRINANDA JAYA SINERGI) 412	Jl. Syiah Kuala Dsn Tgk Diblang, Mulia, Kec. Kuta Alam, Kota Banda Aceh, Aceh 23123, Indonesia	Izin dari Pertamina
28.	SPBU PERTAMINA 14.239.412	H84H+C99, Kuta Alam, Kec. Kuta Alam, Kota Banda Aceh, Aceh 24415	Approve

Lampiran VII

Dokumentasi Penelitian

SPBU PT. SINAR PUSAKA 14.239.411 (SPBU SP Dodik)

Sedang melakukan proses observasi dan pengecekan ketersediaan alat keselamatan kerja



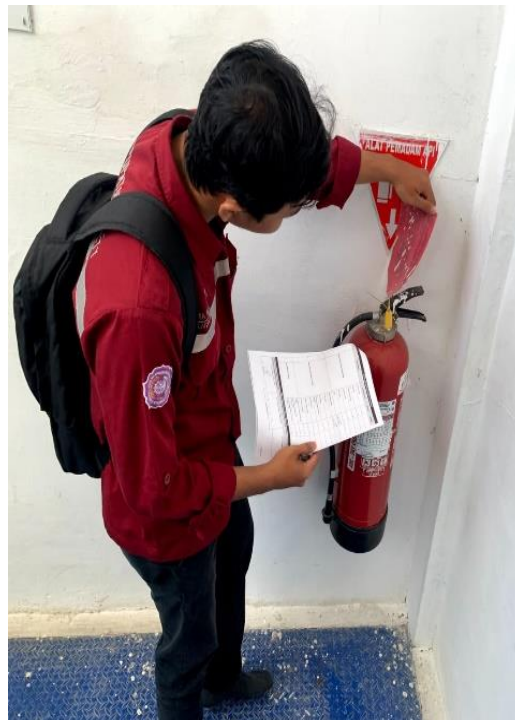
**SPBU PT Ansy Syaufi Petroleum 14.239.412 (SPBU Kuta Alam)**

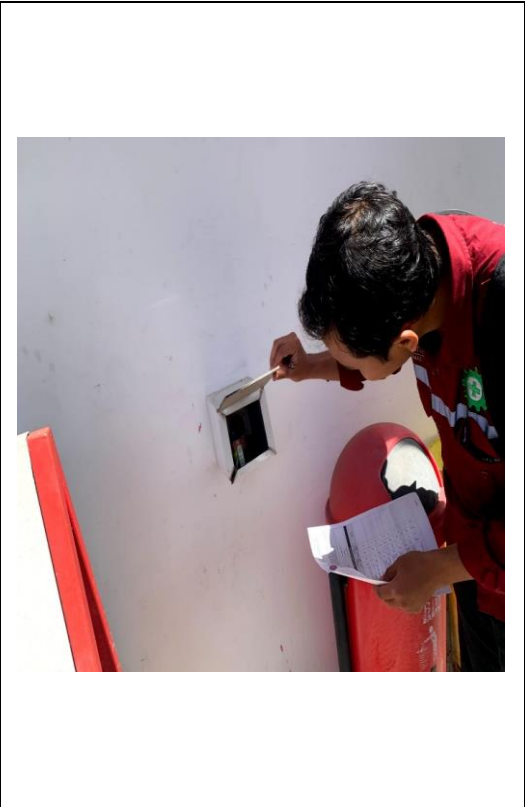
**Sedang melakukan proses observasi dan pengecekan ketersediaan alat keselamatan kerja di SPBU Kuta Alam**



**SPBU PT Coco Sudirman 11.231.401**

**Sedang melakukan proses observasi dan pengecekan ketersediaan alat sarana prasarana apakah sudah sesuai prosedur atau belum SPBU**





SPBU PT Lampaseh Jaya Montes 14.231.482

Sedang melakukan proses observasi dan pengecekan ketersediaan alat sarana prasarana apakah sudah sesuai prosedur atau belum SPBU



**Penyerahan Souvenir tanda terimakasih kepada SPBU yang telah mengizinkan melakukan penelitian**

