

Program Studi : Teknik Kimia

LAPORAN AKHIR PENELITIAN



**SIMULASI ALOHA UNTUK MENENTUKAN SKENARIO KONSEKUENSI
PADA PENGANGKUTAN *LIQUEFIED NATURAL GAS* (LNG) DI PROVINSI
DKI JAKARTA**

Oleh:

Dody Guntama, S.T., M.Eng. (0329089001)

Ayu Lintang Cahyani (2019710450051)

Vidrika Linda (2019710450068)

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS JAYABAYA
JAKARTA
SEPTEMBER 2022**

Program Studi : Teknik Kimia

**SIMULASI ALOHA UNTUK MENENTUKAN SKENARIO KONSEKUENSI
PADA PENGANGKUTAN LIQUEFIED NATURAL GAS (LNG) DI PROVINSI
DKI JAKARTA**



HIBAH FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS JAYABAYA

Oleh:

Dody Guntama, S.T., M.Eng. (0329089001)

Ayu Lintang Cahyani (2019710450051)

Vidrika Linda (2019710450068)

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS JAYABAYA
JAKARTA
SEPTEMBER 2022**

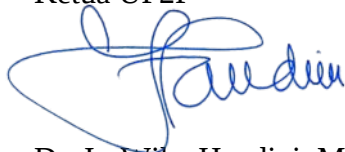
HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR PENELITIAN

1. Judul Penelitian : Simulasi ALOHA Untuk Menentukan Skenario Konsekuensi pada Pengangkutan *Liquefied Natural Gas* (LNG) di Provinsi DKI Jakarta
2. Bidang Penelitian : Rekayasa Pengolahan Limbah
3. Ketua Peneliti :
 - a. Nama Lengkap dan Gelar : Dody Guntama., ST., M.Eng.
 - b. Jenis Kelamin : Laki – Laki
 - c. Golongan/Pangkat/NIDN : IIIB/-/0329089001
 - d. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
 - e. Jabatan Struktural : Ketua UPM FTI-UJ
 - f. Pusat Penelitian : Kampus C Universitas Jayabaya
4. Alamat Ketua Peneliti :
 - a. Alamat Prodi/Telp/Fax/E-mail : Jl. Raya Bogor Km. 28, Cimanggis, Jakarta Timur
 - b. Alamat Rumah/Telp/Fax/E-mail : Jl. Rancho Indah Dalam RT 08 RW 02 Tanjung Barat, Jagakarsa, Jakarta Selatan. 085273000244 / dodysopril@gmail.com
5. Jumlah Anggota Peneliti : 2 orang
 - a. Nama Anggota 1 : Ayu Lintang Cahyani
 - b. Nama Anggota 2 : Vidrika Linda
6. Lokasi Penelitian : Provinsi DKI Jakarta
7. Kerjasama dengan Institusi :
 - a. Nama Institusi : -
 - b. Alamat : -
 - c. Telepon/Fax/E-mail : -
8. Lama Penelitian : 12 bulan
9. Biaya yang diperlukan :
 - a. Sumber dari Lembaga

Penelitian FTI-UJ : Rp. 5.000.000,-
b. Sumber lain, sebutkan : Rp.
.....
c. Jumlah : Rp.

Mengetahui,

Ketua UP2P



Dr. Ir. Wike Handini, M.T

NIDN. 0324096901

Jakarta, 07 September 2022

Ketua Pengusul



Dody Guntama, S.T., M.Eng.

NIDN. 0329089001

Menyetujui,

Dekan



Ir. Hernan, M.T., Ph.D.

NIDN. 0311096901

RINGKASAN

Mobilitas penggunaan LNG didasari atas keuntungannya sebagai bahan bakar substituent bensin dan solar dimana LNG memiliki sifat rendah emisi. Proses mobilisasi pensistribusian LNG memiliki potensi adanya kecelakaan saat berlangsung. Oleh sebab itu dilakukan penelitian untuk mengetahui bahaya yang dapat terjadi dan jarak aman untuk evakuasi jika terjadi kebocoran serta skenario dengan menggunakan simulasi ALOHA. Proses penelitian dilakukan dengan studi literatur, pengumpulan data, penentuan bulan dan waktu release, dan dilanjutkan dengan simulasi terhadap data yang ada. Teknik analisis data dilakukan dengan menentukan suhu tangki dan air dispersion model pada 31 SPBG. Hasil simulasi bola api pada waktu pukul 08:00 . 14:00, dan 22:00 didapat jarak aman pada 812 meter, 812 meter, dan 815 meter. Hasil simulasi kolom api pada waktu pukul 08:00 . 14:00, dan 22:00 didapat jarak aman pada 29 meter, 29 meter, dan 28 meter. Hasil simulasi awan uap pada waktu pukul 08:00 . 14:00, dan 22:00 didapat Lower Explosive Limit (LEL) pada 169 meter, 160 meter, dan 243 meter. Dengan demikian simulasi simulasi ALOHA dapat merepresentasikan jarak aman evakuasi dan skenario pada saat terjadi kecelakaan.

Kata kunci: *ALOHA, BLEVE, LNG, safe distance*

DAFTAR ISI

Halaman

Halaman Judul	i
Halaman Sampul	ii
Halaman Pengesahan	iii
Ringkasan	v
Daftar Isi	vi
Daftar Tabel	vii
Daftar Gambar	ix

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Perumusan masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Luaran Penelitian.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 <i>Liquefied Natural Gas</i> (LNG)	4
2.2 LNG Sebagai Bahan Bakar Kendaraan	4
2.3 Rantai Distribusi LNG	5
2.4 Tangki Pengangkutan dan Penyimpanan LNG	6
2.5 Bahaya pada LNG	7
2.6 ALOHA	10

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian	12
3.2 Tempat Penelitian	13
3.3 Jenis dan Sumber Data	13
3.4 Teknik Pengumpulan Data	13
3.5 Teknik Analisis Data	13

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data SPBG di DKI Jakarta	17
4.2 Data Udara	19
4.3 Simulasi ALOHA	19
BAB V. KESIMPULAN	
5.1 Data Udara	30
5.2 Simulasi ALOHA	30
DAFTAR PUSTAKA	31
DAFTAR LAMPIRAN	
Lampiran 1. Dokumentasi Hasil Sementara Penelitian	35
Lampiran 2. Artikel Ilmiah.....	38
Lampiran 3. Kontrak Penelitian	50

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1.	Fluk panas dan bahayanya	9
Tabel 2.	Kriteria kelebihan tekanan (<i>overpressure</i>)	10
Tabel 3.	Solar insolation and stability class	15
Tabel 4.	Data SPBG di Provinsi DKI Jakarta	17
Tabel 5.	Data Udara	19

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. P&ID tangki pengangkutan LNG	7
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian	12
Gambar 3. simulasi bola api pada tumpahan LNG pada jam 08.00	19
Gambar 4. pemetaan lokasi yang terdampak tumpahan LNG pada jam 08.00 pada tinjauan bola api	20
Gambar 5. simulasi bola api pada tumpahan LNG pada jam 14.00	21
Gambar 6. pemetaan lokasi yang terdampak tumpahan LNG pada jam 14.00 pada tinjauan bola api	21
Gambar 7. simulasi bola api pada tumpahan LNG pada jam 22.00	22
Gambar 8. pemetaan lokasi yang terdampak tumpahan LNG pada jam 22.00 pada tinjauan bola api	22
Gambar 9. simulasi kolam api pada tumpahan LNG pada jam 08.00	23
Gambar 10. pemetaan lokasi yang terdampak tumpahan LNG pada jam 08.00 pada tinjauan kolam api	24
Gambar 11. simulasi kolam api pada tumpahan LNG pada jam 14.00	25
Gambar 12. pemetaan lokasi yang terdampak tumpahan LNG pada jam 14.00 pada tinjauan kolam api	25
Gambar 13. simulasi kolam api pada tumpahan LNG pada jam 22.00	26
Gambar 14. pemetaan lokasi yang terdampak tumpahan LNG pada jam 22.00 pada tinjauan kolam api	26
Gambar 15. simulasi awan uap pada tumpahan LNG pada jam 08.00	27
Gambar 16. pemetaan lokasi yang terdampak tumpahan LNG pada jam 08.00 pada tinjauan awan uap	28
Gambar 17. simulasi awan uap pada tumpahan LNG pada jam 14.00	28
Gambar 18. pemetaan lokasi yang terdampak tumpahan LNG pada jam 14.00 pada tinjauan awan uap	29
Gambar 19. simulasi awan uap pada tumpahan LNG pada jam 22.00	29

Gambar 20. pemetaan lokasi yang terdampak tumpahan LNG pada jam 22.00 pada tinjauan awan uap.....	30
--	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Seiring dengan perkembangan zaman, kebutuhan penggunaan bahan bakar minyak seperti solar dan bensin menjadi semakin meningkat sehingga berpengaruh terhadap peningkatan penggunaan minyak bumi. Kebutuhan minyak bumi yang terus meningkat dapat menyebabkan cadangan minyak bumi menjadi menipis dan berdampak terjadinya krisis minyak bumi. Oleh sebab itu dibutuhkan alternatif bahan bakar yang dapat digunakan sebagai pengganti solar dan bensin di Indonesia. Salah satu alternatif bahan bakar yang dapat digunakan adalah LNG.

Liquefied natural gas (LNG) merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang berpotensi untuk digunakan di Indonesia. Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki sumber daya gas alam yang melimpah. Hal ini ditunjukkan dari data BP Statistical Review of World Energy, pada tahun 2019 cadangan gas alam di Indonesia sebesar 50,5 triliun standar kubik kaki (TSCF)[1]. Di Indonesia pada tahun 2018, produksi gas bumi sebesar 2,9 juta MMSCF yang digunakan terutama untuk memenuhi konsumsi dalam negeri di sektor industri. Selain itu, gas bumi dijadikan sebagai komoditas ekspor dalam bentuk LNG dan gas pipa sebesar 1,2 juta MMSCF[2]. Dengan masih besarnya jumlah cadangan gas alam dan kapasitas produksi yang tetap maka LNG dapat digunakan sebagai salah satu alternatif bahan bakar di Indonesia dan dapat menurunkan konsumsi bensin dan solar. Selain lebih banyak jumlah cadangannya di Indonesia, LNG juga memiliki keuntungan dibandingkan dengan bensin dan solar yaitu lebih rendah emisi sehingga ramah lingkungan dan dapat mendukung terciptanya *eco city* dibidang transportasi.

Selain masih banyaknya cadangan gas alam di Indonesia, penggunaan LNG juga dapat digunakan sebagai bahan bakar transportasi, terutama di Provinsi DKI Jakarta. Hal ini ditunjukkan dengan telah tersedianya Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas (SPBG) di Provinsi DKI Jakarta. Berdasarkan data yang diperoleh dari Dinas Tenaga Kerja, Transmigrasi dan Energi terdapat 31 SPBG dengan 19 SPBG yang beroperasi dan 12 SPBG yang tidak beroperasi[3].

Pada penerapan di lapangan, pendistribusian LNG dapat menggunakan moda transportasi darat dan transportasi laut. Tetapi untuk mencapai ke konsumen dibutuhkan pendistribusian dengan moda transportasi darat. Terdapat kelebihan dan kekurangan ke apabila menggunakan transportasi darat. Kelebihannya yaitu ongkos produksi yang lebih murah sedangkan kekurangannya adalah adanya resiko besar apabila melakukan pengangkutan melalui darat apabila terjadinya kebocoran LNG pada saat pengangkutan. LNG merupakan salah satu bahan kimia yang berbahaya karena bersifat flammable sehingga apabila terjadi kecelakaan akan menyebabkan terjadinya pelepasan bahan yang diangkut dapat membahayakan manusia ataupun lingkungan yang ada di sekitarnya.

Beberapa kecelakaan transportasi bahan berbahaya diantaranya terjadi kebocoran pada pipa yang mengalirkan cairan propane pada tanggal 3 Agustus 1978 di Donnellson, Iowa, USA sehingga membentuk awan yang menutupi area hutan dan perumahan penduduk seluas 30,4 Ha. Kejadian ini menghancurkan 8 bangunan, 1 mobil serta 2 orang meninggal yang disebabkan oleh awan yang terbakar[4]. Pada tanggal 9 Maret 1972 di Lynchburg, Virginia juga terjadi kecelakaan terhadap truk pengangkut propana, sehingga cairan tersebut keluar dari tangki dan terbakar. Kecelakaan lain yang pernah terjadi juga adalah pelepasan LPG dari tangki pengangkut yang disebabkan kereta api keluar dari jalur, kejadian ini berlangsung di Stasiun Viareggio pada 29 Juni 2009 yang menghancurkan 5 bangunan dan beberapa kendaraan bermotor serta 31 korban jiwa karena LPG yang bocor terbakar[5].

Penelitian ini dilakukan dengan maksud untuk mengetahui bahaya yang dapat terjadi bagi manusia dan lingkungan serta jarak aman untuk evakuasi apabila terjadi kebocoran LNG serta skenario dengan menggunakan simulasi ALOHA.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

1.2.1 Rumusan Masalah

- 1) Apa saja skenario yang digunakan pada simulasi ALOHA?
- 2) Bahaya apa saja yang terjadi apabila terjadi kebocoran LNG pada saat pengangkutan?

- 3) Berapa jarak aman yang dibutuhkan pada saat terjadi kebocoran LNG pada saat pengangkutan?

1.2.2 Variabel Penelitian

- 1) Arah angin
- 2) Kecepatan angin
- 3) Humadity

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian mengenai pokok permasalahan adalah:

- 1) Mengetahui skenario yang digunakan pada simulasi ALOHA
- 2) Mengetahui bahaya yang terjadi apabila terjadi kebocoran LNG pada saat pengangkutan
- 3) Mengetahui jarak aman yang dibutuhkan pada saat terjadi kebocoran LNG pada saat pengangkutan

1.4 Luaran Penelitian

Target luaran yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah publikasi di jurnal nasional terakreditasi :

Nama Jurnal : Jurnal Teknologi

Publisher : Universitas Jayabaya

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Liquefied Natural Gas (LNG)*

Liquefied natural gas (LNG) merupakan produk yang tidak berbau, tidak berwarna, tidak beracun dan tidak korosif yang dihasilkan dari gas alam. Komponen penyusun utama metana (87% - 99%), etana, propana, butane dan hidrokarbon berat lainnya. Selain itu, LNG mengandung Nitrogen, karbon dioksida, air dan senyawa *trace* lainnya[6]. Komposisi yang terkandung dalam LNG berbeda-beda tergantung pada reservoir dimana gas alam didapatkan. LNG memiliki volum 1/600 volum awal gas, dimana 1 m³ gas alam hanya menghasilkan 1,67 liter LNG.

LNG disimpan dalam tangki bertekanan atau pada suhu rendah (*cryogenic*) atau gabungan keduanya. LNG memiliki titik didih -166°C hingga -155°C, flash point -188°C dan *auto ignition temperature* sebesar 540°C. LNG cair memiliki densitas berkisar 430 kg/m³ – 470 kg/m³. Pada suhu -107°C, uap LNG memiliki *specific gravity* lebih besar dibandingkan udara (60°F) dan menurun seiring dengan naiknya suhu. *Flammable limit* LNG berikasar 5% volum dan 15% volum. Untuk membuat uap LNG terbakar di udara, energi minimum yang dibutuhkan adalah 0,29 mJ (milijoule)[6].

2.2 **LNG Sebagai Bahan Bakar Kendaraan**

Salah satu pemanfaatan LNG yang dapat dikembangkan di Indonesia adalah sebagai salah satu bahan bakar alternatif pengganti solar atau bensin. Penggunaan LNG sebagai bahan bakar memiliki banyak keuntungan dari berbagai aspek, diantaranya dari aspek ketahanan energi nasional, mengurangi impor solar dan bensin serta meningkatkan eksplorasi sumber-sumber gas alam yang banyak terdapat di Indonesia. Dari aspek lingkungan, dibandingkan dengan solar dan bensin LNG menghasilkan emisi CO₂ 23% lebih rendah per unit energi[7], 90% lebih rendah menghasilkan senyawa NO_x, hampir 100% tidak menghasilkan *particulate emission* dan senyawa SO_x[8]. Sedangkan dari aspek teknis LNG memiliki angka oktan yang tinggi yaitu 120+ dibandingkan bensin 84 – 93. Uap

LNG memiliki suhu *auto ignition* (AIT) yang lebih tinggi yaitu 540°C dibandingkan diesel yang hanya 316°C dan bensin 257°C sehingga lebih aman digunakan[9]. Namun kandungan energi lebih rendah dibandingkan diesel dan solar, yaitu 19 MJ/liter, 35 MJ/liter dan 32 MJ/liter[10].

Secara spesifik LNG banyak digunakan sebagai bahan bakar diesel untuk kendaraan berat seperti bus dan truk pengangkut. Setiap 100 galon diesel kendaraan kelas 8 (>33.000 lb) dapat menempuh jarak sebesar 640 mil, sedangkan 200 galon LNG atau setara 110 *Diesel Gallon Equivalent* (DGE) dengan jarak tempuh sebesar 605 mil, sehingga dengan jumlah bahan bakar yang hampir sama LNG dapat menempuh jarak yang tidak jauh berbeda dengan menggunakan bahan bakar diesel[11]. Dalam pengaplikasian LNG dalam mesin diesel masih digunakan diesel sebagai bahan pembantu pembakaran awal dikarenakan tingginya AIT LNG. Bahan bakar LNG cocok digunakan untuk kendaraan yang pengisian bahan bakar selalu dilakukan setiap hari, ketika kendaraan itu tidak digunakan setiap hari, maka LNG akan menguap secara perlahan karena gradien suhu yang besar dengan lingkungan[12].

2.3 Rantai Distribusi LNG

LNG yang akan digunakan oleh konsumen sebelumnya mengalami beberapa tahapan proses yaitu eksplorasi, ekstraksi, liquefaksi, transportasi, penyimpanan dan *regasification*. Pada proses eksplorasi, gas alam yang dihasilkan pada tekanan tinggi kemudian dikirim ke bagian pencairan (*liquefaction plant*) untuk diubah menjadi LNG. LNG yang dihasilkan disimpan dalam tangki *cryogenic* pada suhu -163 °C pada tekanan atmosferik dan kemudian diangkut menuju terminal penerima (*receiving terminal*). LNG pada receiving terminal kemudian didistribusikan langsung dalam bentuk cair dan di regasifikasi untuk disalurkan dengan menggunakan pipa.

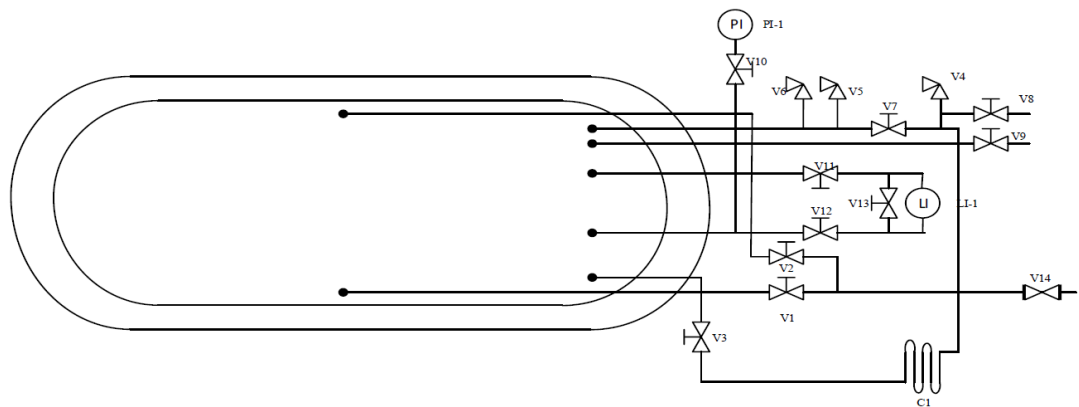
Transportasi menggunakan jaringan pipa memiliki beberapa kekurangan diantaranya jaringan pipa tidak dapat diletakan dibawah 100 m dari permukaan air laut, investasi mahal, resiko yang besar, tidak fleksibel dalam kapasitas pengangkutan, suplai gas tergantung dengan penurunan tekanan sepanjang pipa. Penurunan tekanan yang terjadi pada pipa berkisar 7-10 bar setiap 160 km[13].

LNG lebih menguntungkan secara ekonomi apabila di angkut dengan menggunakan *cryogenic* tangker dalam fasa cairan.

2.4 Tangki Pengangkut dan Penyimpan LNG

Secara umum tangki yang digunakan untuk mengangkut dan menyimpan LNG terdiri dari dua buah tangki yaitu tangki bagian dalam (*tank*) dan tangki bagian luar (*jacket*). Tangki bagian dalam terbuat dari material yang tahan terhadap suhu dingin yaitu material yang mengandung 9% nikel dan *stainless steel*, sedangkan untuk tangki bagian luar material yang digunakan adalah *carbon steel*. Tangki bagian luar berfungsi sebagai pelapis tangki bagian dari benturan apabila terjadi kecelakaan. Diantara tangki bagian dalam dan bagian luar terdapat isolasi dengan jenis *multi layer insulation* (MLI) atau yang berbentuk *powder*[14]. Tangki LNG biasanya dilengkapi beberapa peralatan seperti valve, *safety valve*, *pressure indicator* dan *level indicator*, *trycock*.

Berdasarkan ketentuan yang dikeluarkan oleh *Departement of Transportation* (DOT) pada dokumen 49 CFR volume 178.338 pada tangki jenis ini semua valve masukan dan valve keluaran terletak pada bagian bawah tengah tangki[15]. Material yang digunakan untuk sistem perpipaan yang berkontak langsung dengan LNG harus dibuat dari material yang tahan terhadap suhu *cryogenic*. Baik sistem perpipaan, sambungan (*fitting*), valve harus memiliki *design pressure* minimal 4 kali dari *design pressure* tangki LNG. Tiap-tiap sambungan harus berbentuk *threaded*, *welded* atau *flanged*. Jika digunakan sambungan jenis *threaded*, maka pipa dan sambungan harus mempunyai minimum *schedule 80*. Untuk melindungi dari tabrakan valve-valve yang berada ditangki ditutupi oleh suatu pelindung (*housing*).



Keterangan:

V1 : <i>front filling</i>	V6 : <i>safety valve</i>	V12 : <i>special valve</i>
V2 : <i>top filling</i>	V7 : <i>vent valve</i>	V13 : <i>special valve</i>
V3 : <i>pressure building valve</i>	V8 : <i>vent valve</i>	V14 : <i>purge valve</i>
V4 : <i>safety valve</i>	V9 : <i>trycock valve</i>	PI-11 : <i>pressure gauge</i>
V5 : <i>safety valve</i>	V10 : <i>hand shut off valve</i>	LI-1 : <i>level gauge</i>
	V11 : <i>special valve</i>	C1 : <i>pressure building coil</i>

Gambar 1. P&ID tangki pengangkutan LNG[16]

2.5 Bahaya pada LNG

Meskipun LNG memiliki banyak keuntungan untuk diterapkan di Indonesia sebagai salah satu bahan bakar pengganti diesel, LNG masih memiliki bahaya yang bisa terjadi selama proses penyimpanan, distribusi, maupun kegiatan loading dan unloading, bahaya (hazard) yang dimiliki oleh LNG, diantaranya

1. *Vapor clouds* dan *vapor dispersion*

Kemungkinan untuk terbentuknya vapor cloud dari releasenya LNG dikarenakan kecelakaan sangat besar. Vapor cloud yang terbentuk dari LNG ini tidak beracun, namun dapat menurunkan konsentrasi O_2 (*asphyxiation*) sehingga dapat berbahaya bagi manusia yang berada disekitar vapor cloud. Konsentrasi LNG untuk membuat konsentrasi O_2 dibawah 15 % (*impaired behavior*) adalah 28,2%, sedangkan konsentrasi yang dapat menimbulkan kematian adalah 71,3 % dengan konsentrasi O_2 dibawah 6%[17]. Vapor cloud dipengaruhi oleh angin, dimana vapor cloud yang terbentuk dibawa menjauhi sumber dan mendispersikan. Semakin cepat angin suatu wilayah, maka semakin banyak uap LNG yang akan terdispersi.

Dispersi juga dapat dipengaruhi oleh stabilitas atmosfer, kelembaban, terrain dan perbedaan suhu antara udara dan permukaan tanah. Ketika awal pelepasan, uap LNG memiliki densitas yang lebih besar dari udara sehingga pencampuran LNG dan dispersi sangat rendah, namun ketika suhu uap telah mencapai diatas -107 °C maka uap mempunyai densitas lebih ringan dari udara sehingga laju dispersi meningkat.

2. Kebakaran

LNG merupakan senyawa yang sangat mudah terbakar, sangat eksplosif, api sangat mudah menyebar, laju pembakaran dua kali pembakaran bensin dan mempunyai suhu api yang tinggi sehingga menghasilkan panas radiasi yang besar.

Panas radiasi yang dihasilkan dari pembakaran LNG berkisar 220 kW/m² atau 12.000 BTU/min/ft², dibandingkan dengan bensin yang hanya 140 kW/m² (7600 BTU/min/ft²) sehingga apabila terjadi pool fire, LNG akan melepaskan 57% panas radiasi yang lebih besar pada ukuran pool fire yang sama. Tabel 1 menunjukan besarnya nilai fluk panas beserta bahaya yang dapat ditimbulkan.

Tabel 1. Fluk panas dan bahayanya[6]

No.	Fluk Panas BTU/jam.ft ²	Bahaya
1.	1.600 (5kW/m ²)	Apabila terkena manusia akan mengakibatkan sakit dalam 15 – 30 detik, tidak membahayakan manusia
2.	4.000 (12 kW/m ²)	<i>Combustible material</i> dapat terbakar apabila terkena panas dalam waktu lama
3.	6.700 (21 kW/m ²)	Bangunan dapat terbakar apabila terkena panas dalam waktu lama
4.	10.000 (32 kW/m ²)	Baja pada bangunan akan kehilangan kekuatannya.

3. Ledakan

Ledakan adalah lepasnya energi yang besar secara tiba-tiba. LNG dan gas alam sesungguhnya tidak dapat menghasilkan ledakan. Ledakan seperti *vapor cloud explosion* dapat terjadi ketika LNG *release* pada *confined/congested area, delayed ignition* sehingga adanya waktu untuk pembentukan campuran yang ignitable dan adanya sumber energi yang cukup untuk membakar campuran tersebut. VCE diikuti dengan air blast

effect, fireball, terleparkanya material yang ada pada daerah ledakan[18]. Terjadinya ledakan pada LNG dengan adanya *confinement* atau parsial confinement karena api yang dihasilkan memiliki kecepatan yang besar/turbulen menuju campuran metana-udara sehingga menghasilkan tekanan yang besar (*overpressure*). Pada Tabel 2, dapat dilihat kriteria dari kelebihan tekanan (*overpressure*).

Tabel 2. Kriteria kelebihan tekanan (*overpressure*) [19]

Kategori kelebihan tekanan	Kelebihan Tekanan (N/m ²)	
	Batas Bawah	Batas Atas
Kaca jendela hancur	250	4.000
Bahaya terhadap pintu, dinding, dan manusia	5.000	10.000
Bangunan rusak	15.000	20.000
Bangunan hancur dan manusia mengalami luka parah	25.000	50.000

4. *Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (BLEVE)*

Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (BLEVE) merupakan ledakan yang disebabkan kegagalan tangka dimana cairan yang disimpan memiliki suhu diatas titik didihnya pada tekanan atmosfer[20]. BLEVE yang terjadi pada LNG karena adanya pemanasan pada tangki LNG yang cukup lama yang mengakibatkan tangki tidak dapat menahan panas dari luar sehingga LNG menguap dan terbakar. Terdapat tiga hal yang dapat menyebabkan BLEVE terjadi yaitu cairan pada kondisi pada suhu diatas suhu didihnya, adanya containment dan loss of containment. Sumber energi yang dihasilkan dari BLEVE dapat berasal dari LNG yang disimpan dalam tangki bertekanan atau pelepasan energi panas yang sangat besar sehingga menghasilkan fireball dan radiasi panas yang besar[21].

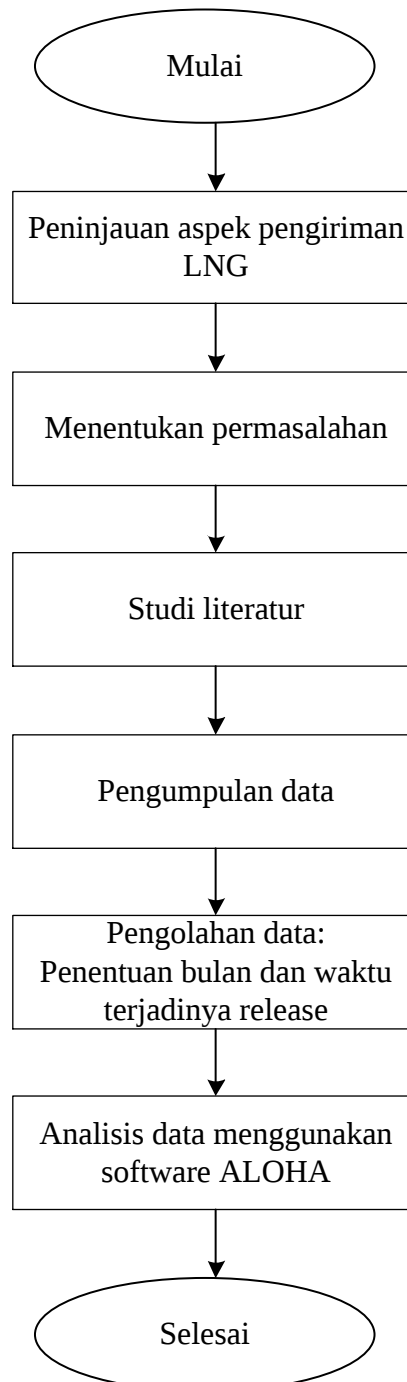
2.6 ALOHA

ALOHA merupakan perangkat lunak/*software* yang berguna untuk merencanakan dan menanggapi keadaan darurat dari bahan kimia seperti salah satunya adalah senyawa hidrokarbon. Dengan menggunakan *software* ALOHA memungkinkan untuk memasukkan rincian tentang adanya potensi rilis kimia dan kemudian akan menghasilkan perkiraan zona ancaman untuk berbagai jenis

bahaya. Potensi bahaya dari gas beracun, gas yang mudah terbakar, BLEVE, jet fire, pool fire, dan vapor cloud expansions dapat dimodelkan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3.2 Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Provinsi DKI Jakarta.

3.3 Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari berbagai sumber literatur.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data untuk mendukung penelitian, maka dilakukan Metode ini dilakukan dengan tujuan untuk memecahkan permasalahan dengan menggunakan literatur yang berkaitan dengan permasalahan. Metode pengumpulan data pada penelitian ini diawali dengan melakukan identifikasi pada bulan apa yang akan menjadi simulasi terjadinya *release* dan mengambil sampel apa rentan di waktu pagi, siang, dan sore. Setelah dilakukan identifikasi, maka dilakukan pengumpulan data.

Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini berasal dari berbagai sumber data. Data yang dibutuhkan antara lain:

1. Kecepatan angin
2. Arah angin
3. Kelembaban
4. Suhu
5. *Stability Class*
6. Diameter tangki
7. Panjang tangki

3.5 Teknik Analisis Data

3.5.1 Menentukan suhu di dalam tangki

Melakukan penentuan suhu pada awal rilis LNG. Untuk melakukan perhitungan perubahan suhu selama terjadi rilis, dipertimbangkan konduksi termal melalui dinding tangki yang berkontak dengan cairan, dan pendinginan evaporatif yang disebabkan penguapan cairan didalam tangki

untuk mengisi kekosongan yang disebabkan cairan yang keluar (pendinginan karena ekspansi adiabatik didalam tangki diabaikan).

$$\frac{dT_T}{dt} = \frac{Q_e L_c + F_{Hw} A_{tw}}{\rho_l c_{pl} V_l} \quad (1)$$

Dimana,

F_{Hw} : fluks energi panas yang melintasi dinding

A_{tw} : area dinding tangki yang berkontak dengan cairan

ρ_l, c_{pl}, V_l : densitas, kapasitas panas, dan volum cairan di dalam tangki

Laju penguapan pada kepala tangki, Q_e , secara sederhana berhubungan dengan kehilangan massa total dari tangki, Q_T , dan densitas efluen, ρ_X , menggunakan persamaan:

$$Q_e(t) = \frac{Q_T}{\rho_X} \left(\frac{\rho_l \rho_g}{\rho_l - \rho_g} \right) \quad (2)$$

Dimana ρ_g adalah densitas gas

3.5.2 Air Dispersion Models

Pelepasan bahan kimia yang mudah menguap secara tidak langsung dapat menimbulkan ancaman bagi kehidupan dan kesehatan yang berada disekitar titik pelepasan. Beberapa bahan kimia bersifat *toxic* jika terhirup, dan dapat juga menimbulkan bahaya kebakaran. Model dispersi udara sangat penting untuk memprediksi zona bahaya yang terkait dengan awan gas beracun atau mudah terbakar. Model ini digunakan untuk memprediksi bagaimana konsentrasi polutan, setelah dilepaskan ke udara, bervariasi menurut waktu dan posisi.

Turbulensi atmosfer memiliki dampak besar pada laju dispersi awan polutan. Stabilitas adalah konsep yang digunakan untuk mencirikan sifat atmosfer dataran rendah yang mengatur pergerakan vertikal udara. Secara khusus, stabilitas mengacu pada kecenderungan atmosfer untuk menahan atau meningkatkan gerakan vertikal dan juga turbulensi. Atmosfer yang stabil dapat menghambat pencampuran vertikal; suasana netral tidak meningkatkan atau menghambat pencampuran vertikal; dan atmosfer yang tidak stabil meningkatkan pencampuran vertikal dan turbulensi. Radiasi matahari memainkan peran besar dalam stabilitas atmosfer. Dengan radiasi matahari yang kuat, tanah menghangatkan dan menghangatkan udara

dataran rendah; udara hangat naik menghasilkan pusaran dan tingkat turbulensi yang tinggi. Sebaliknya, ketika suhu udara meningkat dengan ketinggian, gaya apung bertindak untuk menghambat pencampuran vertikal menciptakan atmosfer yang sangat stabil.

Tabel 3. *Solar insolation and stability class*[22]

<i>Wind Speed</i>	<i>Day</i>			<i>Night</i>	
<2	A	A – B	B	E	F
2 – 3	A – B	B	C	E	F
3 – 5	B	B – C	C	D	E
5 – 6	C	C – D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D
Stability is D for completely overcast conditions during day or night					

insolasi matahari yang diserap oleh tanah dari lokasi, waktu, dan derajat kekeruhan[23]:

$$F_s = \begin{cases} 1111(1 - 0,0071C_I^2)(\sin \phi_s - 0,1); & (\sin \phi) > 0,1 \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (3)$$

Dimana,

C_I : *Cloudiness index* (skala 1 sampai 10)

ϕ_s : ketinggian matahari (sudut matahari di atas horison) dalam derajat

Model dispersi Gaussian digunakan untuk awan uap yang tidak secara signifikan mempengaruhi aliran udara ambien, dan tidak terpengaruh oleh gravitasi (dianggap polutan pasif).

Model Gaussian memprediksikan bahwa distribusi konsentrasi dari pelepasan gas netral dalam keadaan tunak akan mendekati distribusi Gaussian dengan bertambahnya jarak down-wind. Parameter yang mencirikan distribusi didasarkan pada pengukuran empiris. Peningkatan waktu rata-rata pengukuran juga cenderung mendorong distribusi ke bentuk Gaussian, serta memperluas distribusi spasial. Distribusi konsentrasi aktual dari pelepasan dapat bervariasi secara signifikan dari Gaussian pada setiap saat dalam waktu.

Model yang digunakan untuk menggambarkan dispersi setiap awan didasarkan pada model dispersi Gaussian yang dikembangkan oleh Palazzi

yang menggambarkan perilaku pelepasan kondisi *steady state* dengan durasi pendek[24].

$$C(x, y, z) = \left\{ \frac{X}{2} \left[\operatorname{erf} \frac{x}{\sigma_x \sqrt{2}} \right] - \operatorname{erf} \frac{x-Ut}{\sigma_x \sqrt{2}} \right\} \text{ untuk } (t \leq t_r) \quad (4)$$

$$C(x, y, z) = \left\{ \frac{X}{2} \left[\operatorname{erf} \frac{x-U(t-t_r)}{\sigma_x \sqrt{2}} \right] - \operatorname{erf} \frac{x-Ut}{\sigma_x \sqrt{2}} \right\} \text{ untuk } (t_r < t < \infty) \quad (5)$$

Dimana,

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ adalah parameter dispersi

t_r adalah durasi rilis

X mewakili distribusi Gaussian dari sumber pelepasan secara *continuous steady state*[25].

$$X(x, y, z) = \left(\frac{Q(t)}{U} \right) g_y(x, y) g_z(x, z) \quad (6)$$

dimana

$$g_y(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y(x)} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_y(x)} \right)^2 \right] \quad (7)$$

Bila tidak ada inversi,

$$g_z(x, z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z(x)} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z-h_s}{\sigma_z(x)} \right)^2 \right] + \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z+h_s}{\sigma_z(x)} \right)^2 \right] \quad (8)$$

h_s adalah ketinggian rilis

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data SPBG di DKI Jakarta

Dalam pemenuhan kebutuhan LNG di Provinsi DKI Jakarta untuk transportasi darat terdapat 31 SPBG yang terdiri dari 19 SPBG yang beroperasi dan 12 SPBG yang tidak beroperasi seperti tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Data SPBG di Provinsi DKI Jakarta[3]

No.	Nama Perusahaan	Wilayah	Status Usaha
1	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas Kampung Rambutan	Jakarta Timur	Beroperasi
2	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas Pinang Ranti	Jakarta Timur	Beroperasi
3	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas Raya Bogor (Cimanggis)	Jakarta Timur	Beroperasi
4	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas Pemuda	Jakarta Timur	Beroperasi
5	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas Perintis Kemerdekaan	Jakarta Timur	Beroperasi
6	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas Hek Kramat Jati	Jakarta Timur	Beroperasi
7	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas Pulogadung	Jakarta Timur	Beroperasi
8	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas Cililitan	Jakarta Timur	Beroperasi
9	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas Pulo Gebang	Jakarta Timur	Tidak Beroperasi
10	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas Klender	Jakarta Timur	Tidak Beroperasi
11	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas Kampung Melayu	Jakarta Timur	Tidak Beroperasi
12	Mobile Refueling Unit Pulo Gebang	Jakarta Timur	Tidak Beroperasi
13	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas Raya Mampang/Tendean	Jakarta Selatan	Beroperasi
14	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas Raya	Jakarta Selatan	Beroperasi

No.	Nama Perusahaan	Wilayah	Status Usaha
	Pasar Minggu/Mabes		
15	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas Lebak Bulus	Jakarta Selatan	Beroperasi
16	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas Rugunan	Jakarta Selatan	Tidak Beroperasi
17	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas Ecostation Tb. Simatupang	Jakarta Selatan	Tidak Beroperasi
18	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas Ecostation Cilandak	Jakarta Selatan	Tidak Beroperasi
19	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas Daan Mogot Peking	Jakarta Barat	Beroperasi
20	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas Rawa Buaya	Jakarta Barat	Tidak Beroperasi
21	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas Daan Mogot (Jelambar/Grogol)	Jakarta Barat	Beroperasi
22	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas Peta Barat Kalideres	Jakarta Barat	Tidak Beroperasi
23	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas Daan Mogot	Jakarta Barat	Beroperasi
24	Mobile Refueling Unit Terminal Grogol	Jakarta Barat	Beroperasi
25	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas Depo Plumpang	Jakarta Utara	Tidak Beroperasi
26	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas - Mobile Refueling Unit Taman Pluit	Jakarta Utara	Beroperasi
27	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas - Mobile Refueling Unit Ancol	Jakarta Utara	Beroperasi
28	Mobile Refueling Unit Pluit	Jakarta Utara	Beroperasi
29	Mobile Refueling Unit Monas	Jakarta Pusat	Beroperasi
30	Mobile Refueling Unit Industri Raya	Jakarta Pusat	Tidak Beroperasi
31	Mobile Refueling Unit Lapangan Banteng	Jakarta Pusat	Tidak Beroperasi

Berdasarkan data SPBG yang ada di Provinsi DKI Jakarta diambil titik lokasi kejadian lepasnya LNG saat pengangkutan di SPBG Kampung Rambutan.

4.2 Data Udara

Data udara diambil pada tanggal 8 Desember 2021 saat musim hujan.

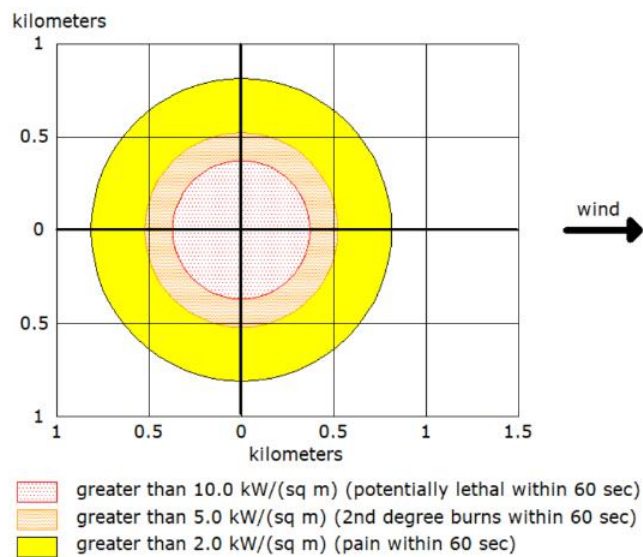
Tabel 5. Data Udara[26]

Jam (WIB)	Kecepatan Angin (meter/detik)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Arah Angin
08.00	3,05	27	87	Timur
14.00	4,72	31	69	Barat laut
22.00	1,67	25	91	Barat daya

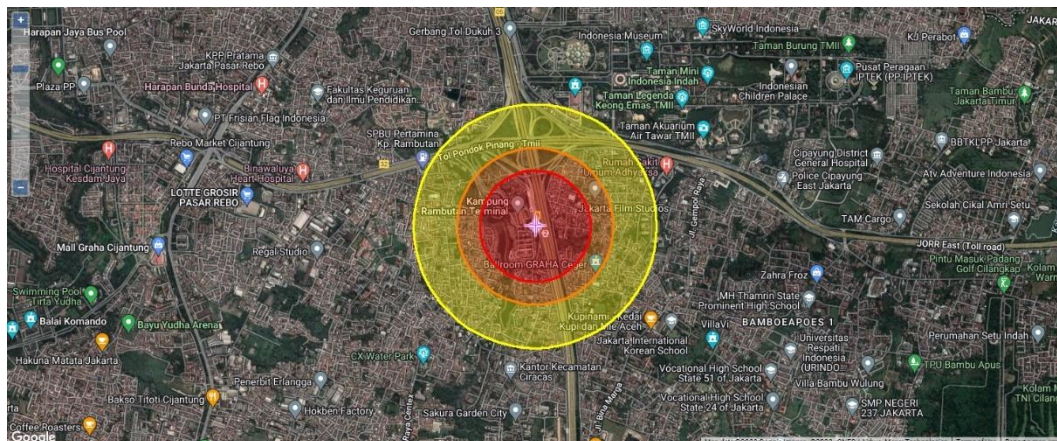
4.3 Simulasi ALOHA

4.3.1 Bola Api

Pada simulasi pertama adalah menentukan skenario bola api untuk data cuaca pada jam 08.00 WIB. Bola api dapat terbentuk dari tumpahan LNG yang menghasilkan panas radiasi seperti tertera pada Gambar 3 dan cakupan wilayah yang terkena dampak dari titik lokasi kejadian seperti tertera pada Gambar 4.



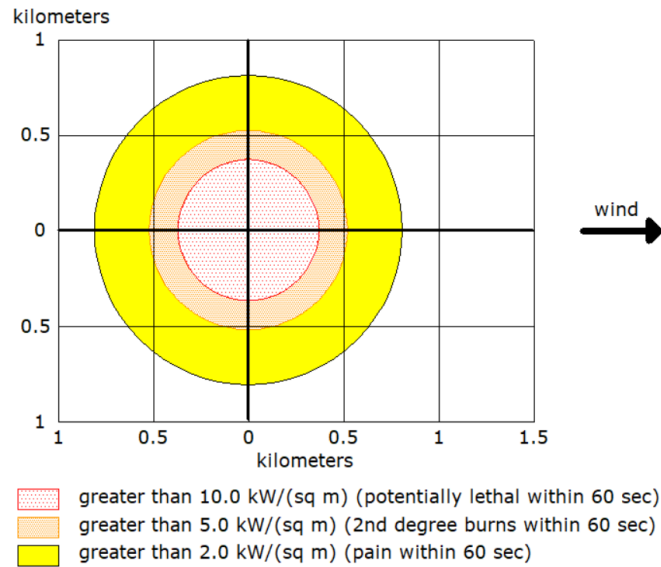
Gambar 3. simulasi bola api pada tumpahan LNG pada jam 08.00



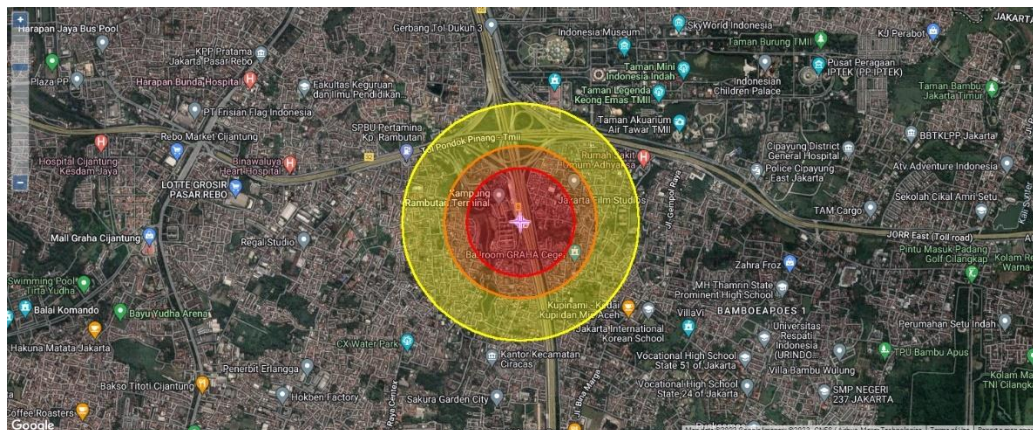
Gambar 4. pemetaan lokasi yang terdampak tumpahan LNG pada jam 08.00 pada tinjauan bola api

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan untuk tumpahan yang terjadi pada jam 08.00 seperti tertera pada Gambar 3 dan Gambar 4 diketahui panas radiasi yang dapat membahayakan pengendara disekitar dengan adanya kebocoran pada truk tangki sebesar 1 inci berada pada radius kurang dari 370 meter dengan besar panas radiasi lebih dari 10 kW/m^2 , sedangkan pada radius 522 meter dapat menyebabkan luka bakar dengan besar panas radiasi lebih dari 5 kW/m^2 , dan pada radius 812 meter dapat menyebabkan luka dengan panas radiasi lebih dari 2 kW/m^2 . Dapat disimpulkan dari simulasi pertama ini, bola api jarak yang aman bagi pengendara lain apabila terjadi tumpahan LNG adalah lebih dari 812 meter.

Simulasi penentuan skenario bola api untuk data cuaca pada jam 14.00 WIB diperoleh bola api dapat terbentuk dari tumpahan LNG yang menghasilkan panas radiasi seperti tertera pada Gambar 5 dan cakupan wilayah yang terkena dampak dari titik lokasi kejadian seperti tertera pada Gambar 6.



Gambar 5. simulasi bola api pada tumpahan LNG pada jam 14.00



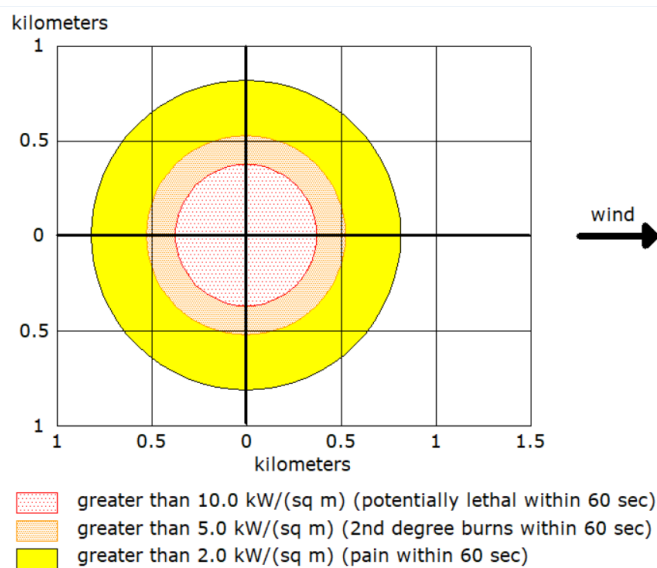
Gambar 6. pemetaan lokasi yang terdampak tumpahan LNG pada jam 14.00
pada tinjauan bola api

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan untuk tumpahan yang terjadi pada jam 14.00 seperti tertera pada Gambar 5 dan Gambar 6 diketahui panas radiasi yang dapat membahayakan pengendara disekitar dengan adanya kebocoran pada truk tangki sebesar 1 inci berada pada radius kurang dari 370 meter dengan besar panas radiasi lebih dari 10 kW/m², sedangkan pada radius 522 meter dapat menyebabkan luka bakar dengan besar panas radiasi lebih dari 5 kW/m², dan pada radius 812 meter dapat menyebabkan luka dengan panas radiasi lebih dari 2 kW/m². Dapat disimpulkan dari simulasi pertama ini, bola

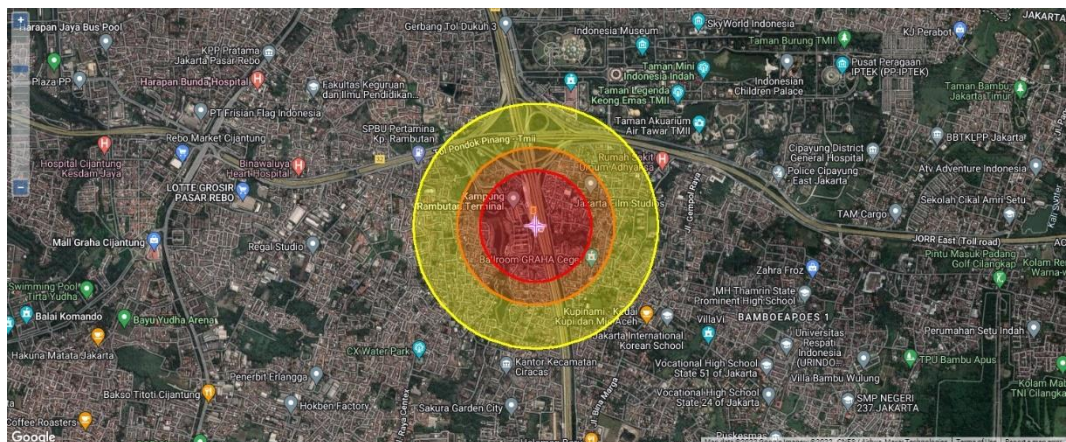
api jarak yang aman bagi pengendara lain apabila terjadi tumpahan LNG adalah lebih dari 812 meter.

Simulasi penentuan skenario bola api untuk data cuaca pada jam 14.00 WIB diperoleh bola api dapat terbentuk dari tumpahan LNG yang menghasilkan panas radiasi seperti tertera pada Gambar 5 dan cakupan wilayah yang terkena dampak dari titik lokasi kejadian seperti tertera pada Gambar 6.

Selanjutnya dilakukan simulasi penentuan skenario bola api untuk data cuaca pada jam 22.00 yang mana hasilnya tertera seperti pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. simulasi bola api pada tumpahan LNG pada jam 22.00

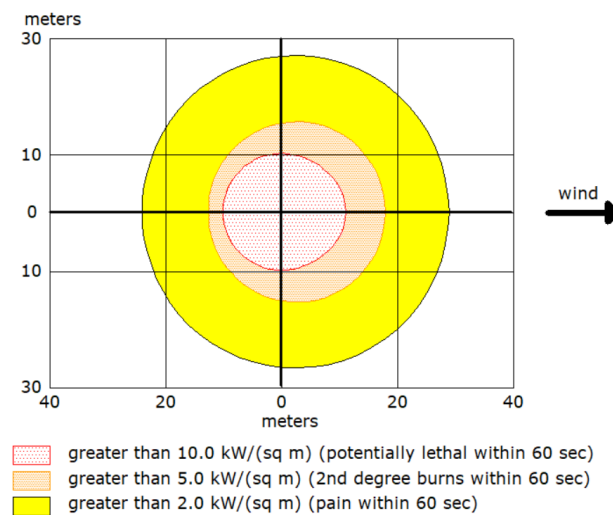


Gambar 8. pemetaan lokasi yang terdampak tumpahan LNG pada jam 22.00 pada tinjauan bola api

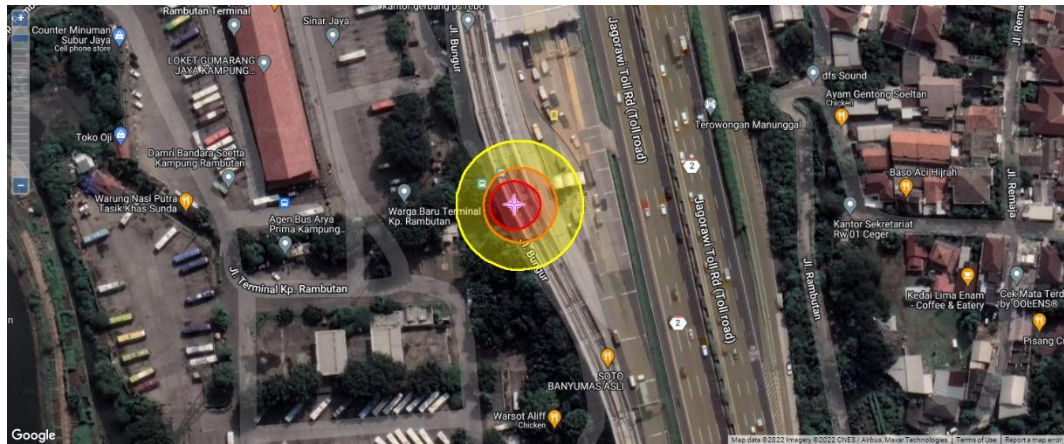
Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan untuk tumpahan yang terjadi pada jam 14.00 seperti tertera pada Gambar 7 dan Gambar 8 diketahui panas radiasi yang dapat membahayakan pengendara disekitar dengan adanya kebocoran pada truk tangki sebesar 1 inci berada pada radius kurang dari 372 meter dengan besar panas radiasi lebih dari 10 kW/m², sedangkan pada radius 524 meter dapat menyebabkan luka bakar dengan besar panas radiasi lebih dari 5 kW/m², dan pada radius 815 meter dapat menyebabkan luka dengan panas radiasi lebih dari 2 kW/m². Dapat disimpulkan dari simulasi pertama ini, bola api jarak yang aman bagi pengendara lain apabila terjadi tumpahan LNG adalah lebih dari 815 meter.

4.3.2 Kolam Api

Simulasi ALOHA yang dilakukan selanjutnya adalah untuk menentukan skenario kolam api. Kolam api dapat terbentuk dari tumpahan LNG. Kolam api yang terbentuk ini dapat menghasilkan panas sehingga berpengaruh pada lingkungan terutama yang pengendara yang berada disekitar truk pengangkut LNG.



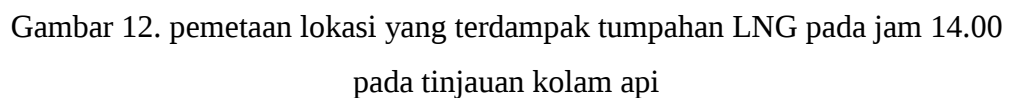
Gambar 9. simulasi kolam api pada tumpahan LNG pada jam 08.00



Gambar 10. pemetaan lokasi yang terdampak tumpahan LNG pada jam 08.00 pada tinjauan kolam api

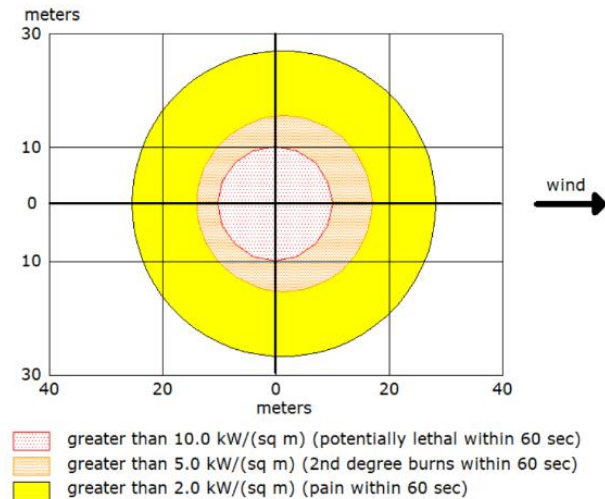
Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan data cuaca pada jam 08.00 seperti tertera pada Gambar 9 dan Gambar 10 diperoleh bahwa pada radius kurang dari 11 meter dapat menghasilkan panas radiasi lebih dari 10 kW/m² yang membahayakan bagi pengendara disekitar lokasi tumpahnya LNG. Sedangkan pada jarak 18 meter hanya menyebabkan luka pada pengendara di sekitar dengan panas radiasi 2 kW/m². Sehingga dapat disimpulkan untuk jarak aman (exclusion zone) apabila terjadi kejadian tumpahan LNG adalah lebih dari 29 meter.

Selanjutnya dilakukan simulasi penentuan skenario kolam api untuk data cuaca pada jam 14.00 yang mana hasilnya tertera seperti pada Gambar 11 dan Gambar 12.

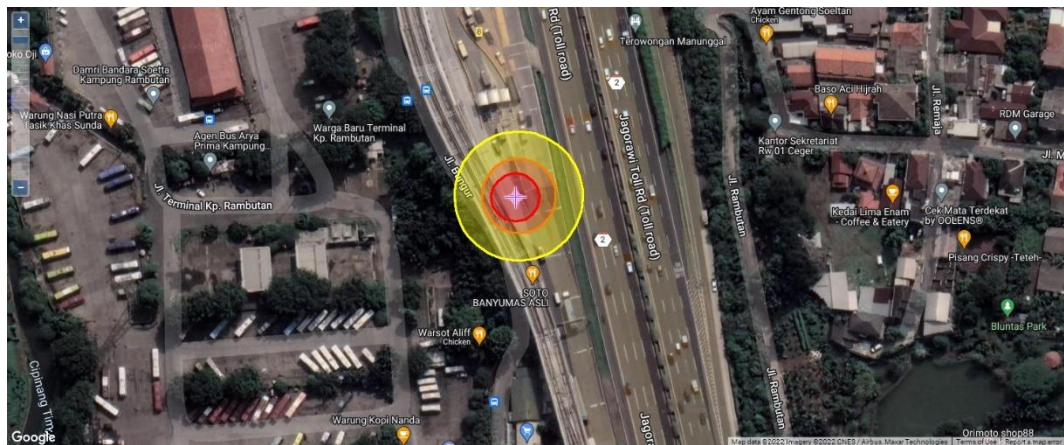


25

Simulasi penentuan skenario bola api untuk data cuaca pada jam 22.00 WIB diperoleh bola api dapat terbentuk dari tumpahan LNG yang menghasilkan panas radiasi seperti tertera pada Gambar 13 dan cakupan wilayah yang terkena dampak dari titik lokasi kejadian seperti tertera pada Gambar 14.



Gambar 13. simulasi kolam api pada tumpahan LNG pada jam 22.00



Gambar 14. pemetaan lokasi yang terdampak tumpahan LNG pada jam 22.00 pada tinjauan kolam api

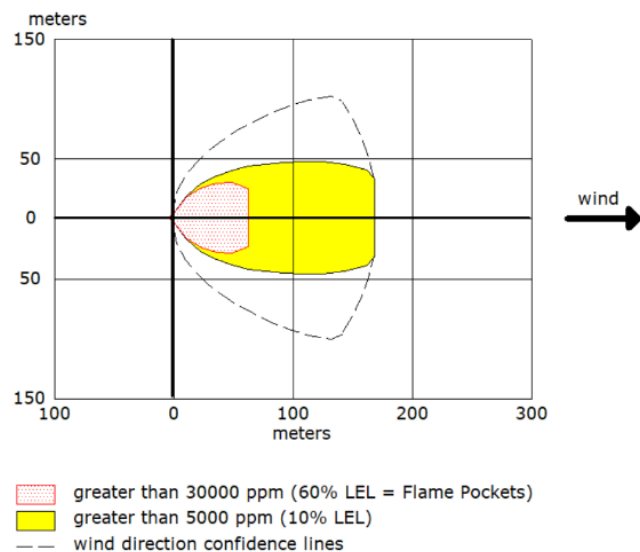
Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan data cuaca pada jam 22.00 seperti tertera pada Gambar 13 dan Gambar 14 diperoleh bahwa pada radius kurang dari 10 meter dapat menghasilkan panas radiasi lebih dari 10 kW/m² yang membahayakan bagi pengendara disekitar lokasi tumpahnya LNG. Sedangkan pada jarak 17 meter hanya menyebabkan luka

pada pengendara di sekitar dengan panas radiasi 2 kW/m². Sehingga dapat disimpulkan untuk jarak aman (exclusion zone) apabila terjadi kejadian tumpahan LNG adalah lebih dari 28 meter.

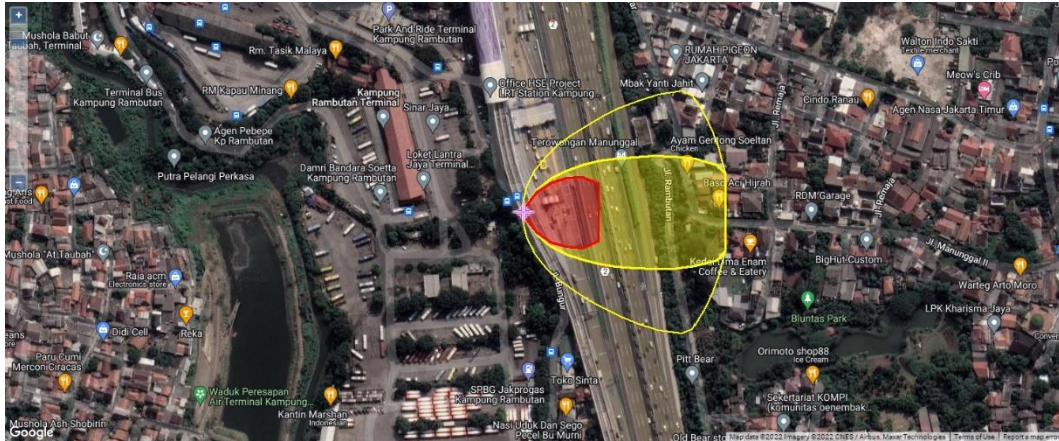
4.3.3 Awan Uap

Apabila pada sekitar tumpahan LNG tidak memiliki sumber api maka dapat terbentuk awan uap, sehingga LNG yang memiliki titik didih dibawah suhu udara lingkungan dapat menguap dengan cepat. Apabila terdapat sumber api disekitar terjadinya tumpahan, awan uap dapat mengakibatkan flash fire karena konsentrasi uap awan yang terbentuk dapat memiliki konsentrasi Lower Explosive Limit (LEL) dan Lower Flammable Limit (LFL).

Simulasi skenario awan uap pada tumpahan LNG yang pertama dilakukan dengan menggunakan data cuaca pada jam 08.00 sehingga diperoleh hasil seperti pada Gambar 15 dan cakupan wilayah yang terkena dampak dapat dilihat pada Gambar 16.



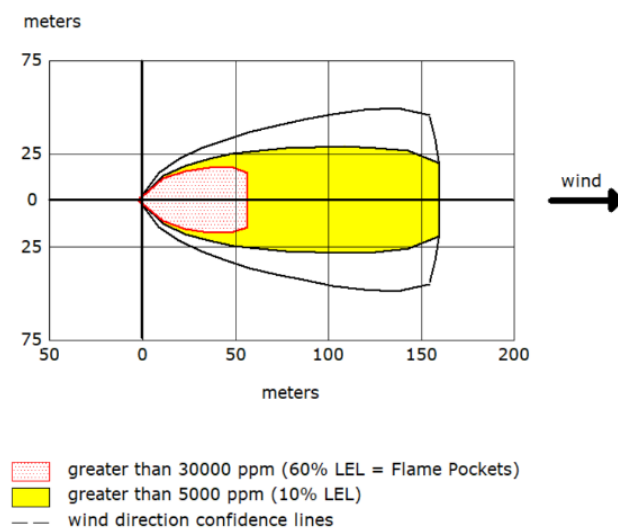
Gambar 15. simulasi awan uap pada tumpahan LNG pada jam 08.00



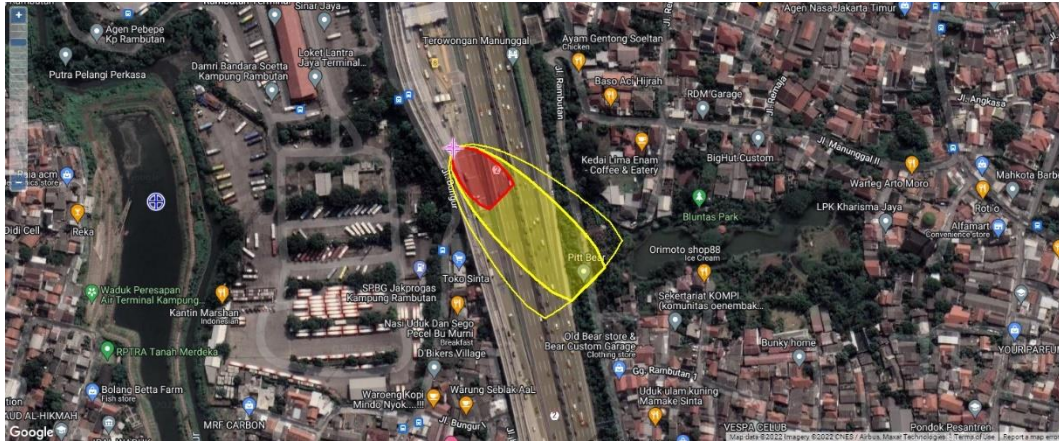
Gambar 16. pemetaan lokasi yang terdampak tumpahan LNG pada jam 08.00
pada tinjauan awan uap

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan data cuaca pada jam 08.00 diperoleh zona bahaya pada konsentrasi LNG mencapai 60% LEL adalah pada radius 63 meter dan untuk 10 % LEL pada radius 169 meter.

Pada data cuaca jam 14.00 juga dilakukan simulasi untuk mengetahui uap panas yang dihasilkan dari tumpahan LNG dari truk pengangkutan sehingga diperoleh hasil simulasi seperti pada Gambar 17 dan Gambar 18.



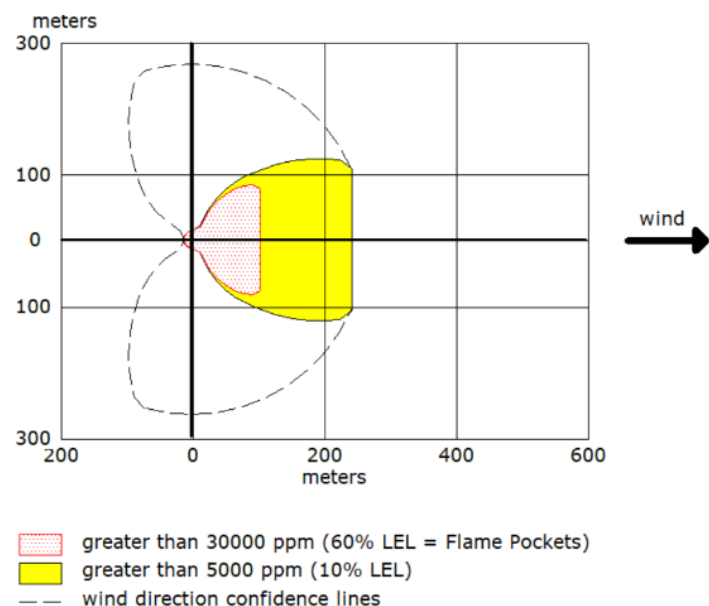
Gambar 17. simulasi awan uap pada tumpahan LNG pada jam 14.00



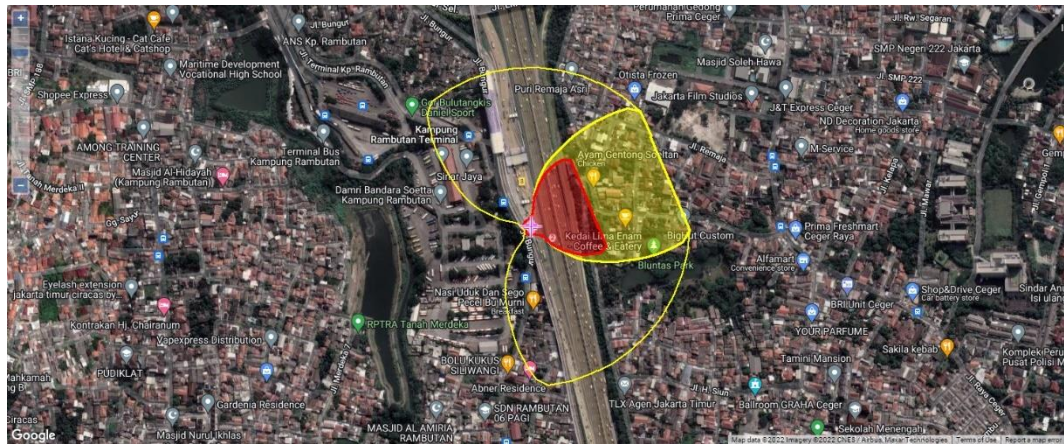
Gambar 18. pemetaan lokasi yang terdampak tumpahan LNG pada jam 14.00 pada tinjauan awan uap

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan data cuaca pada jam 14.00 diperoleh zona bahaya pada konsentrasi LNG mencapai 60% LEL adalah pada radius 57 meter dan untuk 10 % LEL pada radius 160 meter.

Simulasi penentuan skenario uap panas untuk data cuaca pada jam 22.00 WIB diperoleh uap panas dapat terbentuk dari tumpahan LNG yang menghasilkan panas radiasi seperti tertera pada Gambar 19 dan cakupan wilayah yang terkena dampak dari titik lokasi kejadian seperti tertera pada Gambar 20.



Gambar 19. simulasi awan uap pada tumpahan LNG pada jam 22.00



Gambar 20. pemetaan lokasi yang terdampak tumpahan LNG pada jam 22.00
pada tinjauan awan uap

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan data cuaca pada jam 22.00 diperoleh zona bahaya pada konsentrasi LNG mencapai 60% LEL adalah pada radius 103 meter dan untuk 10 % LEL pada radius 243 meter.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, didapatkan hasil simulasi bola api pada waktu pukul 08:00, 14:00, dan 22:00 WIB didapat jarak aman pada 812 meter, 812 meter, dan 815 meter. Hasil simulasi kolom api pada waktu pukul 08:00, 14:00, dan 22:00 didapat jarak aman pada 29 meter, 29 meter, dan 28 meter. Hasil simulasi awan uap pada waktu pukul 08:00, 14:00, dan 22:00 didapat Lower Explosive Limit (LEL) pada 169 meter, 160 meter, dan 243 meter maka aplikasi aloha dapat merepresentasikan hasil skenario potensi pencemaran pada pengangkutan Liquid Natural Gas (LNG) dengan baik.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya dapat dilanjutkan dengan meneliti kebakaran di tangki LNG saat kecepatan angin berbeda dan di tangki penyimpanan bawah tanah.

DAFTAR PUSTAKA

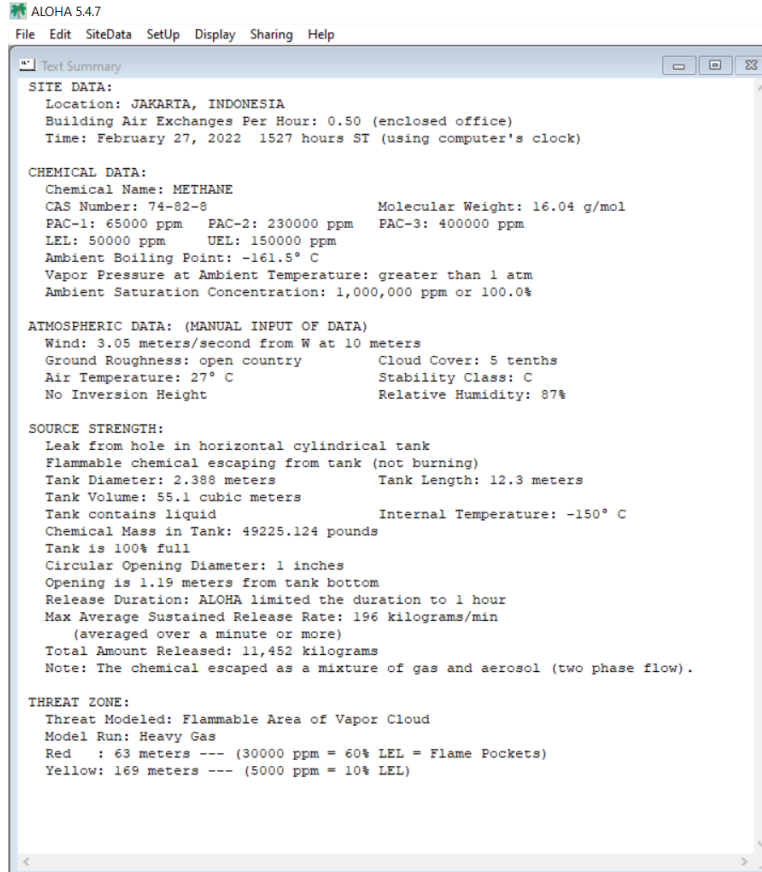
- [1] BP. 2020. Statistical Review of World Energy 2020 69th edition. BP, UK.
- [2] Sekretariat Jendral Dewan Energi Nasional. 2019. Outlook Energi Indonesia 2019. Dewan Energi Nasional.
- [3] Dinas Tenaga Kerja, Transmigrasi dan Energi, “Data Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas (SPBG) dan Mobile Refueling Unit (MRU) di Provinsi DKI Jakarta”, 2020, tersedia di <https://data.jakarta.go.id/dataset/data-spbg-dan-mru-di-provinsi-dki-jakarta> [Diakses pada 23 November 2021]
- [4] AIChE/CCPS. 2010. Guidelines for Vapor Cloud Explosion, Pressure Vessel Burst, BLEVE, and Flash Fire Hazards. Center for Chemical Process Safety of The American Institute of Chemical engineers, New York.
- [5] Busini, Valentina, Marco Pontiggia, Marco Derudi, Gabriele Landucci, Valerio Cozzani and Renao Rota. 2011. Safety of LPG Rail Transportation. CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS. Vol. 24.
- [6] BP Process Safety Series. 2007. LNG Fire Protection and Emergency Response. British Petroleum, London.
- [7] NFPA 59A. 2013. Standard for Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG). National Fire Protection Association, USA.
- [8] Herdzik, Jerzy. 2011. LNG As a Marine Fuel-Possibilities and Problem. Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol.18(2), Hal. 169-176.
- [9] Kumar, S., H. T. Tae Kwon, K.H. Choi, W. Lim, J.H. Cho, K. Tak. 2011. LNG: An eco-friendly cryogenic fuel for sustainable development. Applied Energy, Vol. 88, Hal. 4264-4273.
- [10] Maxwell, Timothy T dan Jones, C. Jesse. 1995. Conversion of Compression Ignition Engine. dalam Alternative fuel: Emissions, Economics and Performance. Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania.
- [11] J.B. Hunt. 2014. Natural Gas in Transportation White Paper Rev 02/14. J.B. Hunt Transport Service, Inc.

- [12] Canis, Bill., Pirog, Robert., Yacobucci, D. Brent, 2014, "Natural Gas for Cars and Truck: Options and Challenges", Congressional Research Service, USA.
- [13] Chrz, V., C. Emmer. 2007. LNG Directly to Customer Stations. International Conference and Exhibition on Liquefied Natural Gas (LNG). Barcelona, Spain.
- [14] G.H. Shi, Y.Y. Jing, S.L. Wang, X.T. Zhang. 2010. Development Status of Liquefied Natural gas Industry in China. Energy Policy, Vol.38, Hal. 7457-7465.
- [15] DOT. 2011. Title 49 Transportation Part 100-177. Office of Federal Register National Archieved and Record Administration as a Special Edition of The Federal Register, USA.
- [16] Misra,J.P., 2009, "Design Operation & Safety Aspect of LNG Road Transportation and LNG Sattelite Stations", IndianOil, India.
- [17] Woodward, L.Jhon dan Pitblado, M. Robin, 2010, "LNG Risk Based Safety Modeling and Consequences Analysis", John Wiley & Son, Inc.,New Jersey, USA.
- [18] AIChE/CCPS,2010, "Guidelines for Vapor Cloud Explosion,Pressure Vessel Burst,BLEVE,and Flash Fire Hazards ", Center for Chemical Process Safety of The American Institute of Chemical engineers, New York.
- [19] NFPA 59A, 2013, "Standard for Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG)", National Fire Protection Association, USA.
- [20] AIChE/CCPS,1995, "Guidelines for Chemical Trasportation Risk Analysis", Center for Chemical Process Safety of The American Institute of Chemical engineers, New York.
- [21] Jianhua, LI dan Zhenghua, Huang, 2012,"Fire and Explosion Risk Analysis and Evaluation for LNG ships", Procedia Engineering, Vol. 45, hal.70-76.
- [22] Crawl, Daniel A. dan Joseph F. Louvar. 2002. Chemical Process Safety Fundamentals with Applications. Prentice Hall. New Jersey.

- [23] Raphael, J. M. 1962. "Prediction of temperature in rivers and reservoirs." Journal of the Power Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers.
- [24] Palazzi, E., M. Defaveri, G. Fumarola, and G. Ferraiolo. 1982. "Diffusion from a Steady Source of Short Duration." Atmospheric Environment no. 16 (12):2785-2790.
- [25] Hanna, Steven R., Gary A. Briggs, Rayford P. Hosker, United States. Dept. of Energy. Office of Energy Research., and United States. Dept. of Energy. Office of Health and Environmental Research. 1982. Handbook on atmospheric diffusion: prepared for the Office of Health and Environmental Research, Office of Energy Research, U.S. Department of Energy. [Oak Ridge, TN]: Technical Information Center, U.S. Dept. of Energy.
- [28] The Weather Channel, "Weather", 2021, tersedia di <https://weather.com/en-GB/weather/today/l/6d094d6c238980410c9e0d3b9cf1abb97a07224c4ea202bdae566885f42f986d> [diakses 8 Desember 2021]

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Hasil Penelitian



File Edit SiteData Setup Display Sharing Help

Text Summary

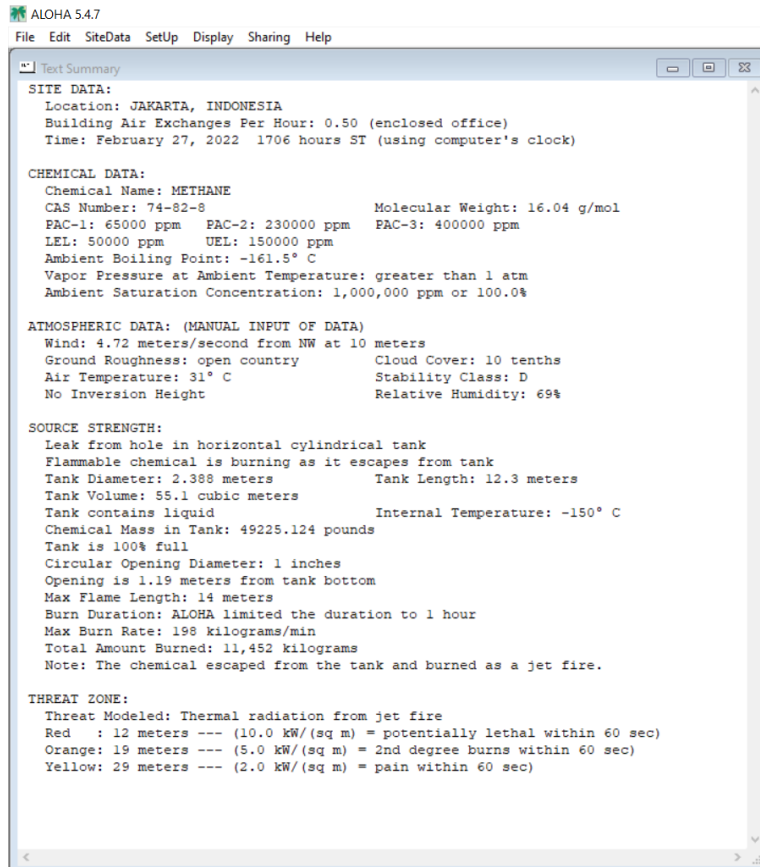
SITE DATA:
 Location: JAKARTA, INDONESIA
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.50 (enclosed office)
 Time: February 27, 2022 1706 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
 Chemical Name: METHANE
 CAS Number: 74-82-8 Molecular Weight: 16.04 g/mol
 PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm
 LEL: 50000 ppm UEL: 150000 ppm
 Ambient Boiling Point: -161.5° C
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
 Wind: 4.72 meters/second from NW at 10 meters
 Ground Roughness: open country Cloud Cover: 10 tenths
 Air Temperature: 31° C Stability Class: D
 No Inversion Height Relative Humidity: 69%

SOURCE STRENGTH:
 BLEVE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank
 Tank Diameter: 2.388 meters Tank Length: 12.3 meters
 Tank Volume: 55.1 cubic meters
 Tank contains liquid
 Internal Storage Temperature: -150° C
 Chemical Mass in Tank: 49225.124 pounds
 Tank is 100% full
 Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%
 Fireball Diameter: 163 meters Burn Duration: 11 seconds

THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Thermal radiation from fireball
 Red : 370 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
 Orange: 522 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 812 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)



Lampiran 2 Artikel Ilmiah

The screenshot displays a computer screen with a notification window and a web browser showing a journal submission page.

Notification Window:

- Notifications**
- [JCBEEM] Editor Decision**
- 2022-08-19 12:27 PM
- Sari Sekar Ningrum: We have reached a decision regarding your submission to Journal of Community Based Environmental Engineering and Management, "ALOHA SIMULATION TO DETERMINE CONSEQUENCE SCENARIOS ON TRANSPORTATION LIQUEFIED NATURAL GAS (LNG) IN DKI JAKARTA PROVINCE". Our decision is to: accepted and proceed to copyediting stage. Imas Komariah

Journal Submission Page:

- Journal of Community Based Environmental Engineering and Management
- Submission Library View Metadata
- ALOHA SIMULATION TO DETERMINE CONSEQUENCE SCENARIOS ON TRANSPORTATION LIQUEFIED NATURAL GAS (LNG) IN DKI JAKARTA PROVINCE
- Sari Sekar Ningrum
- Submission Review Copyediting Production
- Round 1
- Round 1 Status: submission accepted
- Notifications:
 - [JCBEEM] Editor Decision 2022-08-05 02:28 PM
 - [JCBEEM] Editor Decision 2022-08-19 12:27 PM
- Reviewer's Attachments:
 - 24766-1 ##default:groups:name:external:Reviews## 5924-992_Article_Text-24323-1-4-20220718R.docx
 - 24773-1 ##default:groups:name:external:Reviews## Revised 5924-992_Article_Text-24323-1-4-20220718R.docx
- Revisions:
 - 24823-1 ##default:groups:name:author## 5924-24773-1-5-20220805 - Revised.docx

Email Window:

- [JCBEEM] Hasil review artikel**
- 35 of 2,806
- Fr, 5 Aug, 14:32
- Dr. Eng. Yonik Malarati Yustanti
Department of Environmental Engineering
Pasundan University
Jl. Dr. Setiabudi 193 Bandung 40153
Indonesia
- Universitas Pasundan Bandung
- IMPORTANT: Email ini akan menggunakan layanan Email G Suite Pasundan dan Universitas Pasundan Bandung. Supported by Google Apps
- Sari Sekar Ningrum sariSekarNingrum@gmail.com
to: dodysepi@pasundan.ac.id
- Reply Forward

ALOHA SIMULATION TO DETERMINE CONSEQUENCE SCENARIOS ON TRANSPORTATION LIQUEFIED NATURAL GAS (LNG) IN DKI JAKARTA PROVINCE

Dody Guntama¹, Ayu Lintang Cahyani¹, Vidrika Linda¹, Sari Sekar Ningrum^{1*}

¹⁾Department of Chemical Engineering, Jayabaya University, Indonesia

Abstract

The mobility of using LNG is based on its advantages as a substituent fuel for gasoline and diesel, where LNG has low emission properties. The process of mobilizing the distribution of LNG has the potential for accidents when it takes place. The study was conducted to determine the hazards that can occur and the safe distance for evacuation in the event of a leak using ALOHA simulation. The research process is carried out by studying literature, collecting data, determining the month and time of release, and continuing with a simulation of the existing data. The data analysis technique was carried out by determining the tank temperature and water dispersion model at 31 SPBG. Fireball simulation results at 8:00 a.m. 2:00 p.m, and 10:00 p.m have safe distances at 812 meters, 812 meters, and 815 meters. Fire column simulation results at 8:00 a.m. 2:00 p.m, and 10:00 p.m have safe distances at 29 meters, 29 meters, and 28 meters. Vapor cloud simulation results at 8:00 a.m. 2:00 p.m, and 10:00 p.m have Lower Explosive Limits (LEL) at 169 meters, 160 meters, and 243 meters. Thus the ALOHA simulation can represent the safe distance of evacuation and scenarios in the event of an accident.

Keywords: ALOHA, BLEVE, LNG, safe distance

Introduction

Liquefied natural gas (LNG) is one of the alternative fuels that have the potential to be used in Indonesia. Indonesia is a country that has abundant natural gas resources. This is shown from the Central Statistic Agency (BPS) Statistical Review of World Energy, in 2019 natural gas reserves in Indonesia amounted to 50.5 trillion standard cubic feet (TSCF). (BP, 2020) . With a large number of natural gas reserves and fixed production capacity, LNG can be used as an alternative fuel in Indonesia and can reduce gasoline and diesel consumption. Besides still Due to a large number of natural

gas reserves in Indonesia, LNG can also be used as transportation fuel, especially in DKI Jakarta Province. This is indicated by the availability of Gas Fuel Filling Stations (SPBG) in DKI Jakarta Province. Based on data obtained from Dinas Tenaga Kerja, Transmigrasi dan Energi, there are 31 SPBGs with 19 operating SPBGs and 12 non-operating SPBGs. (Dinas Tenaga Kerja Transmigrasi dan Energi, 2020). LNG can be distributed using land transportation and water transportation modes. But to reach consumers, distribution is needed by land transportation modes. The advantages of the land transportation mode are lower production costs, while the weakness is the potential for leakage during transportation. The aim of this study is to determine the dangers that can occur for humans and the environment as well as a safe distance for evacuation in the event of an LNG leak and scenarios using ALOHA simulations.

^{*)}Corresponding Author:
E-mail: sarisekarningrum@gmail.com

Received:
Revised:
Accepted:

Liquefied natural gas (LNG) is an odorless, colorless, non-toxic, and non-corrosive product produced from natural gas. The main constituent components are methane (87% - 99%), ethane, propane, butane, and other heavy hydrocarbons. In addition, LNG contains Nitrogen, carbon dioxide, water, and compounds trace other (BP Process Safety Series, 2007). One of the uses of LNG that can be developed in Indonesia is as an alternative fuel to replace diesel or gasoline. From an environmental perspective, compared to diesel and gasoline, LNG produces 23% lower CO₂ emissions per unit of energy (NFPA 59A, 2013), 90% lower yield of NO_x compounds, and almost 100% does not produce particulate emission and SO_x compounds (Herdzik, 2011). Meanwhile, from the technical aspect, LNG has a high octane number, which is 120+ compared to gasoline 84–93. LNG vapor has a temperature of auto-ignition (AIT) which is higher at 540°C compared to diesel which is only 316°C and gasoline at 257°C so it is safer to use (Kumar, H, Choi, & Lim, 2011). However, the energy content is lower than diesel and diesel, namely 19 MJ/liter, 35 MJ/liter, and 32 MJ/liter (Maxwell & Jones, 1995).

LNG still has dangers that can occur during the process of storage, distribution, as well as loading and unloading activities. Vapor clouds and vapor dispersion due to a large LNG accident, fire due to LNG is a highly flammable, highly explosive compound, fire is very easy to spread, the rate of combustion is twice that of gasoline combustion and has a high flame temperature so that it produces radiant heat. The large ones in Table 1 below describe the magnitude of the flux value and the hazard caused, an explosion where the explosion will produce overpressure whose effects will be described in Table 2, and Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (BLEVE) is an explosion caused by a tank failure where the stored liquid has a temperature above its boiling

point at atmospheric pressure (AIChE/CCPS, 2010).

Table 1 Hot flux and its dangers (BP Process Safety Series, 2007)

No	Heat Flux BTU/hour ft ²	Danger
1	1,600 (5kW/m ²)	If exposed to humans, it will cause pain in 15 - 30 seconds, not harmful to humans
2	4,000 (12 kW/m ²)	<i>Combustible material</i> can catch fire when exposed to heat for a long time
3	6,700 (21 kW/m ²)	Buildings can catch fire if exposed to heat for a long time
4	10,000 (32 kW/m ²)	Steel in buildings will lose its strength.

Table 2. Criteria for overpressure (overpressure) (NFPA 59A, 2013)

Category	Overpressure (N/m ²)	
	Lower limit	Upper limit
Broken window glass	250	4,000
Danger to doors, walls and people	5,000	10,000
Damaged building	15,000	20,000
Buildings were destroyed and people were seriously injured	25,000	50,000

ALOHA is software/ software which is useful for planning and responding to chemical emergencies such as hydrocarbons. By using software ALOHA makes it possible to enter details about the presence of a potential chemical release and will then generate a zone estimate of threats to various types of hazards.

Research Methodology

Research Location

The research was carried out in DKI Jakarta Province

Tools and Materials

The type of data used in this research is secondary data. Secondary data is data obtained from various literature sources.

The data collection method in this study begins with identifying the month of what which will be a simulation of the occurrence release and take samples of what is vulnerable in the morning, afternoon, and evening. After identification, data collection is carried out.

The experimental design used in this study was derived from various data sources. The data required include:

1. Wind velocity
2. Wind direction
3. Humidity
4. Temperature
5. *Stability Class*
6. Tank diameter
7. Tank length

Data analysis technique

Determining the temperature in the tank

The tank temperature is determined at the start of the LNG release. The calculation of the temperature change during the release is determined by considering the thermal conduction through the tank wall in contact with the liquid and the evaporative cooling caused by the evaporation of the liquid in the tank to fill the void caused by the liquid leaving (cooling

caused by adiabatic expansion in the tank is ignored). Calculation To calculate temperature changes during release contained in Equation (1) below

$$\frac{dT_T}{dt} = \frac{Q_e L_c + F_{Hw} A_{tw}}{\rho_l c_{pl} V_l} \quad (1)$$

Where,

F_{Hw} : heat energy flux across the wall

A_{tw} : the area of the tank wall in contact with the liquid

ρ_l, c_{pl}, V_l : density, heat capacity and volume of liquid in the tank

Evaporation rate at the head of the tank, Q_e , is simply related to the total mass loss of the tank, Q_T , and the effluent density, ρ_X , using the equation (2):

$$Q_e(t) = \frac{Q_T}{\rho_X} \left(\frac{\rho_l \rho_g}{\rho_l - \rho_g} \right) \quad (2)$$

Where ρ_g is the density of the gas

Air dispersion model

Air dispersion models are essential for predicting the hazard zone associated with toxic or flammable gas clouds. This model is used to predict how pollutant concentrations, once released into the air, vary with time and position. Atmospheric turbulence has a major impact on the dispersion rate of pollutant clouds.

The model used to describe the dispersion of each cloud is based on the Gaussian dispersion model developed by Palazzi which describes the discharge behavior of conditions steady state with duration short[24] seen in equation (3)

$$.C(x, y, z) = \left\{ \frac{x}{2} \left[\operatorname{erf} \frac{x}{\sigma_x \sqrt{2}} \right] - \operatorname{erf} \frac{x-Ut}{\sigma_x \sqrt{2}} \right\} \quad (3)$$

($t \leq t_r$)

$$C(x, y, z) = \left\{ \frac{x}{2} \left[\operatorname{erf} \frac{x-U(t-t_r)}{\sigma_x \sqrt{2}} \right] - \operatorname{erf} \frac{x-Ut}{\sigma_x \sqrt{2}} \right\} \quad (4)$$

for ($t_r < t < \infty$)

Where,

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ is dispersion parameters

t_r is release duration represent Gaussian distribution of discharge sources continuous

steady state in equation (Hanna, Briggs, & Jr, 1982) .

$$X(x, y, z) = \left(\frac{Q(t)}{U} \right) g_y(x, y) g_z(x, z) \quad (5)$$

where

$$g_y(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y(x)} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_y(x)} \right)^2 \right] \quad (6)$$

If there is no inversion,

$$g_z(x, z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z(x)} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z-h_s}{\sigma_z(x)} \right)^2 \right] + \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z+h_s}{\sigma_z(x)} \right)^2 \right] \quad (7)$$

h_r is release height

Potential hazards from toxic gases, flammable gases, BLEVE, jet fire, pool fire, and vapor cloud expansions can be modeled using ALOHA.

Results and Discussion

In fulfilling LNG needs in DKI Jakarta Province for land transportation, there are 31 gas filling station (SPBGs) consisting of 19 operating SPBGs and 12 non-operating SPBGs.

Based on SPBG data in DKI Jakarta Province, the location of the LNG release incident was taken at SPBG Kampung Rambutan.

Air Data

The air data was taken on December 8, 2021, during the rainy season. The data are shown at Table 3.

ALOHA Simulation

Fire Ball

In the first simulation is to determine the scenario of the fire ball for weather data at 8:00 a.m WIB

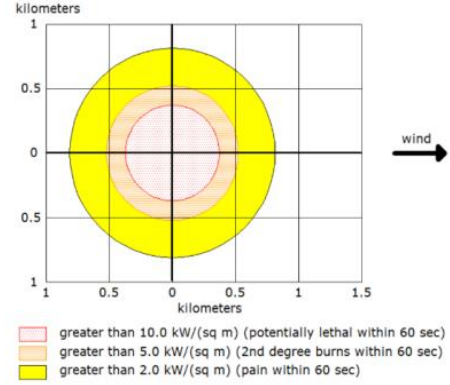


Figure 1 . Fire ball simulation on LNG spill at 8:00 a.m



Figure 2 . Mapping of locations affected by the LNG spill at 8:00 a.m at fireball review

Based on the results of the simulation carried out for the spill that occurred at 8:00 a.m as shown in Figure 1 and Pictures 2 It is known that radiant heat that can endanger drivers around with a leak in a tank truck of 1 inch is located at a radius of less than 370 meters with a radiant heat of more than 10 kW/m², while at a radius of 522 meters it can cause burns with a radiation heat of more than 5 kW/m², and at a radius of 812 meters can cause injury with radiant heat of more than 2 kW/m². It can be concluded from this first simulation, fire ball a safe distance for other drivers in the event of an LNG spill is more than 812 meters.

Table 3. Air data

Hours (WIB)	Wind Speed (meter/second)	Temperature (°C)	Humidity (%)	Wind direction
8:00	3.05	27	87	East
14.00	4.72	31	69	Northwest
22.00	1.67	25	91	Southwest

The simulation of determining the fire ball scenario for weather data at 2:00 p.m WIB, it was obtained that a fireball could be formed from an LNG spill that produced radiant heat as shown in Figure 3 and the coverage of the affected area from the point where the incident occurred as shown in Figure 4 .

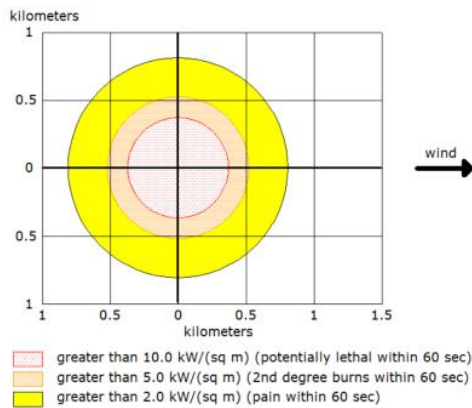


Figure 3 . Fire ball simulation on the LNG spill at 2:00 p.m



Figure 4 . Mapping of locations affected by the LNG spill at 2:00 p.m on the fire ball review

Based on the results of the simulation carried out for the spill that occurred at 2:00 p.m as shown in Figure 3 and Pictures 4 it is known that radiant heat that can endanger drivers around with a leak in a tank truck of 1 inch is located at a radius of less than 370 meters with a radiant heat of more than 10 kW/m^2 , while at a radius of 522 meters it can cause burns with a radiation heat of more than 5 kW/m^2 , and at a radius of 812 meters can cause injury with radiant heat of more than 2 kW/m^2 . It can be concluded from this first simulation, fire ball a safe distance for other drivers in the event of an LNG spill is more than 812 meters.

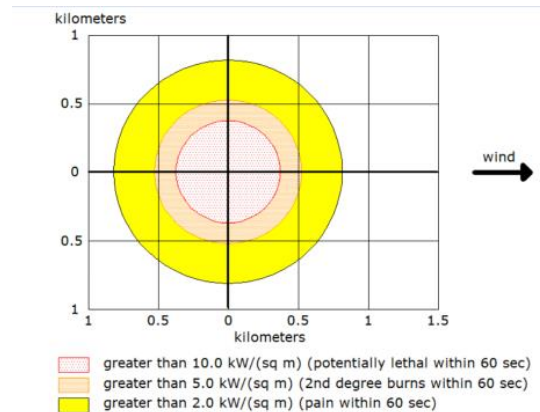


Figure 5 . Fire ball simulation on the LNG spill at 10:00 p.m



Figure 6 . Mapping of locations affected by the LNG spill at 10.00 p.m fire ball review

Based on the results of the simulation carried out for the spill that occurred at 10.00 p.m has shown in Figure 5 and Pictures 6 it is known that radiant heat that can endanger drivers around with a leak in the tank truck of 1 inch is located at a radius of less than 372 meters with a radiant heat of more than 10 kW/m^2 , while at a radius of 524 meters it can cause burns with a large amount of radiant heat of more than 5 kW/m^2 , and at a radius of 815 meters can cause injury with radiant heat of more than 2 kW/m^2 . It can be concluded from this first simulation, fire ball a safe distance for other drivers in the event of an LNG spill is more than 815 meters.

Pool Fire

Pool fire can form from an LNG spill. Pool fire that is formed can generate heat around the source. The heat has an impact to the environment, especially for drivers who around the LNG transport truck.

Based on the results of the simulation carried out using weather data at 8:00 a.m are shown in Figure 7 and Pictures 8 It was found that at a radius of less than 11 meters it can produce radiant heat of more than 10 kW/m^2 which is dangerous for motorists around the location of the LNG spill. Meanwhile, at a distance of 18 meters, it only causes injuries to nearby drivers with a radiant heat of 2 kW/m^2 . So it can be concluded that the safe distance (exclusion zone) in the event of an LNG spill is more than 29 meters.

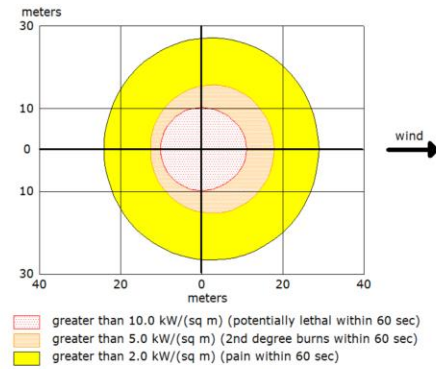


Figure 7 . Fire pool simulation on LNG spill at 8:00 a.m

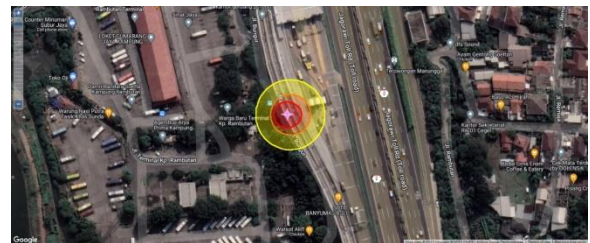


Figure 8 . Mapping of the location affected by the LNG spill at 8:00 a.m on the fire pool review

Fire pool scenario determination simulation fire for weather data at 2:00 p.m where the results are shown as in Figure 9 and Figure 10.

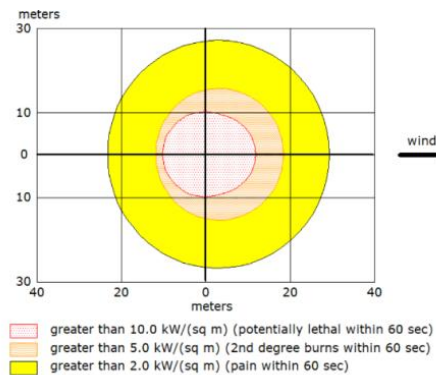


Figure 9 . Simulation of fire pool on LNG spill at 2:00 p.m

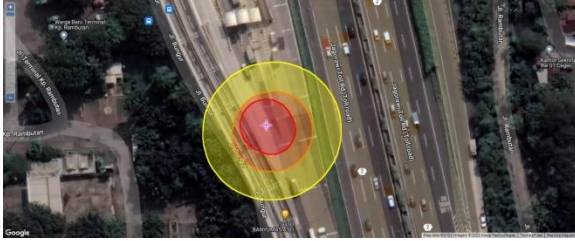


Figure 10 . Mapping of the location affected by the LNG spill at 2.00 p.m on the fire pool review

Based on the results of the simulation carried out using weather data at 2.00 p.m has shown in Fig 9 and Figure 10 it was found that at a radius of less than 12 meters it can produce radiant heat of more than 10 kW/m^2 which is dangerous for motorists around the location of the LNG spill. Meanwhile, at a distance of 19 meters, it only causes injuries to nearby drivers with a radiant heat of 2 kW/m^2 . So it can be concluded that the safe distance (exclusion zone) in the event of an LNG spill is more than 29 meters.

The simulation of determining the fire pool scenario fire for weather data at 10.00 p.m WIB, it was obtained that a fire pool could be formed from an LNG spill that produced radiant heat as shown in Figure 11 and the coverage of the affected area from the point where the incident occurred as shown in Figure 12 .

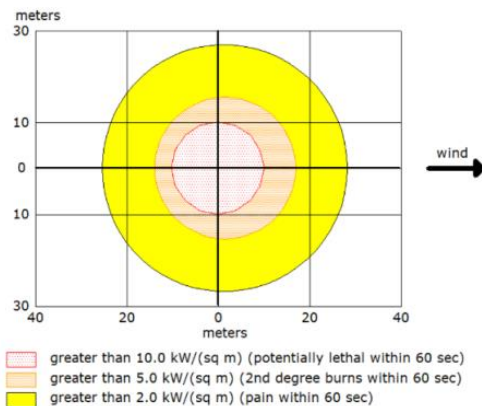


Figure 11 . Simulation fire pool on the LNG spill at 10.00 p.m

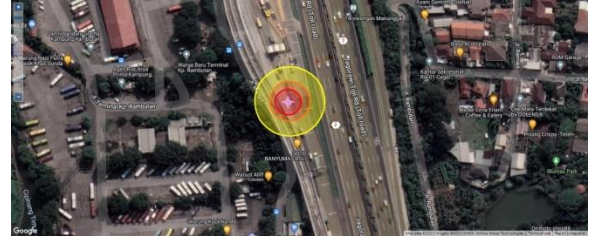


Figure 12 . Mapping of the locations affected by the LNG spill at 10.00 p.m fire pool review

Based on the results of the simulation carried out using weather data at 10.00 p.m has shown in Figure 11 and Figure 12 It was found that at a radius of less than 10 meters it can produce radiant heat of more than 10 kW/m^2 which is dangerous for motorists around the location of the LNG spill. Meanwhile, at a distance of 17 meters, it only causes injuries to nearby drivers with a radiant heat of 2 kW/m^2 . So it can be concluded that the safe distance (exclusion zone) in the event of an LNG spill is more than 28 meters.

Steam Cloud

If around the LNG spill there is no source fire Then a vapor cloud can form, so that LNG which has a boiling point below the ambient air temperature can evaporate quickly. If there is a source fire Around the spill, the vapor cloud can cause flash fire because the vapor cloud concentration formed can have a Lower Explosive Limit (LEL) and Lower Flammable Limit (LFL) concentration.

The steam cloud scenario simulation in the first LNG spill was carried out using weather data at 8:00 a.m so that the results as shown in Figure 13 and the coverage of the affected area can be seen in Figure 14 .

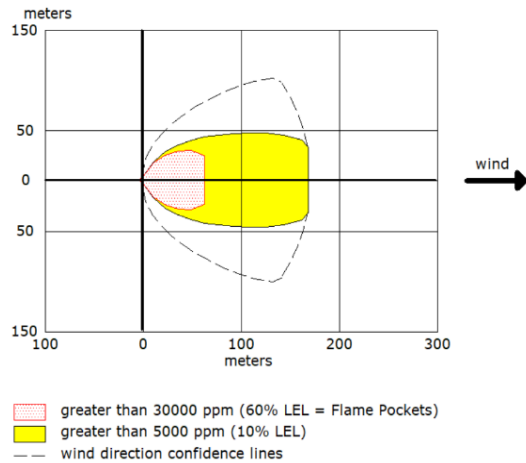


Figure 13 . Steam cloud simulation on LNG spill at 8:00 a.m

From the simulation results carried out using weather data at 8:00 a.m, the hazard zone at the LNG concentration reaches 60% LEL is at a radius of 63 meters and for 10% LEL at radius 169 meters.

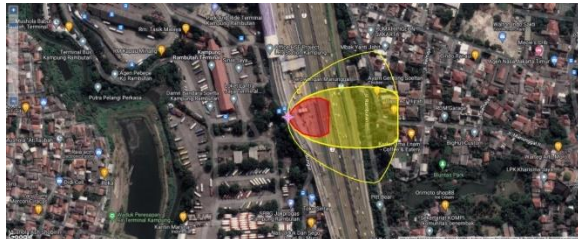


Figure 14 . Mapping of the location affected by the LNG spill at 8:00 a.m on the vapor cloud review

In the weather data at 2.00 p.m, a simulation is also carried out to determine the hot steam generated from the LNG spill from the transport truck so that the simulation results are obtained as shown in Figure 15 and Figure 16 .

From the simulation results carried out using weather data at 2:00 p.m, the hazard zone at the LNG concentration reaches 60% LEL is at a radius of 57 meters and for 10% LEL at radius 160 meters.

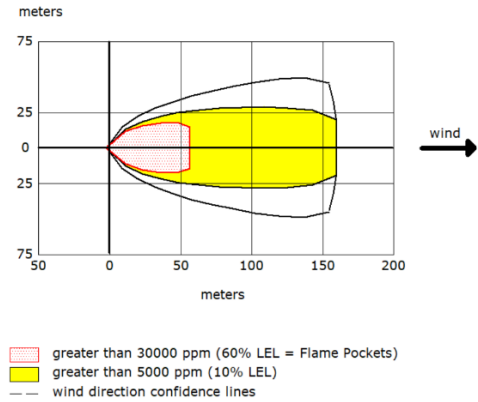


Figure 15 . Vapor cloud simulation on LNG spill at 2:00 p.m

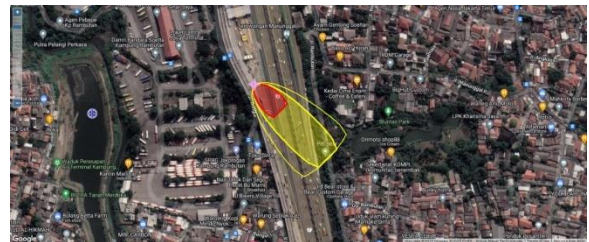


Figure 16 . Mapping of the locations affected by the LNG spill at 2.00 p.m on the vapor cloud review

The simulation of determining the hot steam scenario for weather data at 10.00 p.m WIB shows that hot steam can be formed from an LNG spill that produces radiant heat as shown in Figure 17 and the coverage of the affected area from the point where the incident occurred as shown in Figure 18 .

Base on the simulation results carried out using weather data at 10:00 p.m, the hazard zone at the LNG concentration reaches 60% LEL at a radius of 103 meters and 10% LEL at a radius of 243 meters.

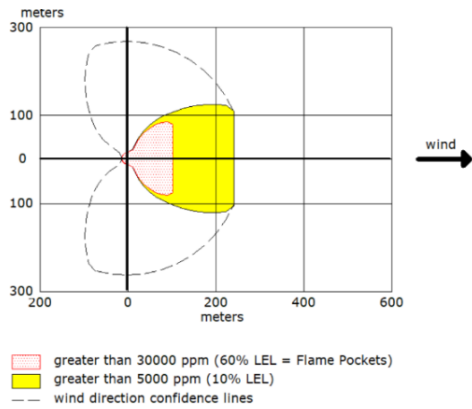


Figure 17. Vapor cloud simulation on LNG spill at 10.00 p.m



Figure 18. Mapping of locations affected by the LNG spill at 10.00 p.m on the steam cloud review.

Conclusion

Based on the simulation that has been done, fireball simulation results were obtained at 8:00 a.m, 2:00 p.m, and 10:00 p.m, are safe distances more than 812 meters, 812 meters, and 815 meters. Fire column simulation results at 8:00 a.m, 2:00 p.m, and 10:00 p.m are safe distances more than 29 meters, 29 meters and 28 meters. Steam cloud simulation results at 8:00 a.m, 2:00 p.m, and 10:00 p.m have Lower Explosive Limits (LEL) at 169 meters, 160 meters, and 243 meters. Thus the ALOHA application can represent the results of potential safe distance scenarios in the Liquid Natural Gas (LNG) distribution process when gas is released in the distribution process.

Acknowledgment

With sincere thanks for the Faculty of Industrial Technology, Jayabaya University, through research funds with Contract Number:

71.006/KONTRAKPENELITIAN/FTI-UJ/XII/2021, this paper completed.

References

- AICHe/CCPS. (2010). *Guidelines for Chemical Transportation Risk Analysis*. New York: Center for Chemical Process Safety of The American Institute of Chemical engineers.
- BP. (2020). *Statistical Review of World Energy 2020 69th Edition*. UK.
- BP Process Safety Series. (2007). *LNG Fire Protection and Emergency Response*. London: British Petroleum.
- Dinas Tenaga Kerja Transmigrasi dan Energi. (2020, November 23). *Data Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas (SPBG) dan Mobile Refueling Unit (MRU) di Provinsi DKI Jakarta 2020*. Diambil kembali dari Jakarta Open Data: <https://data.jakarta.go.id/dataset/data-spbg-dan-mru-di-provinsi-dki-jakarta>
- Hanna, S. R., Briggs, G. A., & Jr, R. P. (1982). *Handbook on atmospheric diffusion: prepared for the Office of Health and Environmental Research, Office of Energy Research, U.S. Department of Energy*. United States: Dept. of Energy. Office of Energy Research., and United States. Dept. of Energy. Office of Health and Environmental Research. Technical Information Center.
- Herdzik, J. (2011). LNG As a Marine Fuel-Possibilities and Problem. *Journal of KONES Powertrain and Transport*, Vol.18(2). 169-176.
- Kumar, S., H, T. T., Choi, W., & Lim, J. H. (2011). LNG: An eco-friendly cryogenic fuel for sustainable development. *Applied Energy*, Vol. 88. 4264-4273.

- Maxwell, T. T., & Jones, C. J. (1995). *Conversion of Compression Ignition Engine dalam Alternative fuel: Emissions, Economics and Performance*. Pennsylvania: Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale.
- NFPA 59A. (2013). *Standard for Production, Storage, and Handling of Liquified Natural Gas (LNG)*. USA: National Fire Protection Association.

Lampiran 3. Kontrak Penelitian



UNIVERSITAS JAYABAYA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
Teknik Elektro | Teknik Kimia | Teknik Mesin
TERAKREDITASI B



KONTRAK PERJANJIAN PENUGASAN PELAKSANAAN PENELITIAN
TAHUN AKADEMIK 2021/2022

NOMOR : 71.006/KONTRAK PENELITIAN/FTI-UJ/XII/2021

Pada hari ini Rabu tanggal 15 (lima belas) bulan Desember tahun 2021 (dua ribu dua puluh satu), kami yang bertandatangan di bawah ini:

1. **Ir. Herliati, M.T., Ph.D.** : Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya, yang berkedudukan di Jl. Raya Bogor Km 28,8 Cimanggis Jakarta Timur, untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**.
2. **Dody Guntama, S.T., M.Eng.** : Dosen Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya, dalam hal ini bertindak sebagai ketua pengusul penelitian tahun akademik 2021/2022 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

PIHAK PERTAMA dan **PIHAK KEDUA**, secara bersama-sama sepakat mengikatkan diri dalam suatu perjanjian pelaksanaan penelitian tahun akademik 2021/2022 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut:

Pasal 1
Ruang Lingkup Kontrak

PIHAK PERTAMA memberi penugasan kepada **PIHAK KEDUA** dan **PIHAK KEDUA** menerima penugasan tersebut dari **PIHAK PERTAMA**, untuk melaksanakan dan menyelesaikan penelitian tahun akademik 2021/2022 dengan judul "Simulasi ALOHA Untuk Menentukan Skenario Konsekuensi pada Pengangkutan Liquefied Natural Gas (LNG) di Provinsi DKI Jakarta"

Pasal 2
Dana Penelitian

- (1) Besarnya dana untuk melaksanakan penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 adalah sebesar **Rp. 5.000.000,- (Lima Juta Rupiah)**.
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada Anggaran Belanja Tahun Akademik 2021/2022.

Pasal 3
Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian

- (1) **PIHAK PERTAMA** melalui Wakil Dekan II akan membayarkan Dana Penelitian kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut:

Jl. Raya Bogor Km. 28,8 Cimanggis Jakarta Timur Telp. 021-8714823, 8722485, Fax. 021-8722258 Kotak Pos 4174
Website : <http://www.ftijayabaya.ac.id> E-mail : info@ftijayabaya.ac.id



UNIVERSITAS JAYABAYA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
Teknik Elektro | Teknik Kimia | Teknik Mesin
TERAKREDITASI B



- a. Pembayaran tahap pertama sebesar 70% dari total dana penelitian yaitu $70\% \times \text{Rp. 5.000.000,-} = \text{Rp. 3.500.000,-}$ (tiga juta lima ratus ribu rupiah), yang akan dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** melalui Wakil Dekan II kepada **PIHAK KEDUA**, setelah penandatanganan kontrak penelitian.
 - b. Pembayaran tahap kedua sebesar 30% dari total dana penelitian yaitu $30\% \times \text{Rp. 5.000.000,-} = \text{Rp. 1.500.000,-}$ (satu juta lima ratus ribu rupiah), dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** melalui Wakil Dekan II kepada **PIHAK KEDUA**, setelah menyerahkan laporan akhir sesuai jadwal dan mekanisme yang berlaku.
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) akan dicairkan melalui transfer oleh **PIHAK PERTAMA** melalui Wakil Dekan II kepada **PIHAK KEDUA**.

Pasal 4
Jangka Waktu

Jangka waktu pelaksanaan penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 sampai selesai 100%, adalah terhitung sejak **Desember 2021** dan berakhir pada **Agustus 2022**.

Pasal 5
Laporan Penelitian

- (1) **PIHAK KEDUA** wajib menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** berupa laporan kemajuan paling lambat Maret 2022 sesuai dengan pengumuman dari UP2P.
- (2) **PIHAK KEDUA** wajib menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** berupa laporan akhir paling lambat Agustus 2022 sesuai dengan pengumuman dari UP2P.
- (3) Laporan Penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (1) dan (2) harus memenuhi segala ketentuan yang tercantum dalam pedoman yang telah ditentukan.
- (4) **PIHAK KEDUA** wajib melampirkan draft artikel publikasi ilmiah (Seminar Internasional dan atau Jurnal Nasional/Internasional) dan bukti submit dalam laporan akhir.

Pasal 6
Target Luaran

PIHAK KEDUA wajib memenuhi target luaran penelitian berupa Publikasi Ilmiah (Seminar Internasional dan atau Jurnal Nasional/Internasional) yang dibuktikan dengan bukti proses review dari pengelola jurnal.

Pasal 7
Hak dan Kewajiban Para Pihak

- (1) Hak dan Kewajiban **PIHAK PERTAMA**:
 - a. **PIHAK PERTAMA** berhak untuk mendapatkan dari **PIHAK KEDUA** luaran penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6.



UNIVERSITAS JAYABAYA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
Teknik Elektro | Teknik Kimia | Teknik Mesin
TERAKREDITASI B



- b. **PIHAK PERTAMA** berkewajiban untuk memberikan dana penelitian kepada **PIHAK KEDUA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) dan dengan mekanisme pembayaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3.
- (2) Hak dan Kewajiban **PIHAK KEDUA**:
- PIHAK KEDUA** berhak menerima dana penelitian dari **PIHAK PERTAMA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1).
 - PIHAK KEDUA** wajib menyerahkan kepada **PIHAK PERTAMA** laporan kemajuan dan laporan Akhir.
 - PIHAK KEDUA** wajib mendiseminasikan hasil penelitian pada Seminar Internasional atau Jurnal Nasional/Internasional (Minimal sedang tahap review dengan disertai bukti).
 - PIHAK KEDUA** wajib menuliskan ucapan terima kasih dan disertai dengan nomor kontrak penelitian pada luaran penelitian.
 - PIHAK KEDUA** wajib bertanggungjawab dalam penggunaan dana penelitian yang diterimanya sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui.

Pasal 8
Monitoring dan Evaluasi

PIHAK PERTAMA dalam rangka pengawasan menugaskan UP2P untuk melakukan Monitoring dan Evaluasi internal terhadap kemajuan pelaksanaan Penelitian Tahun Anggaran 2021/2022.

Pasal 9
Penilaian Luaran

- Penilaian luaran penelitian dilakukan oleh Komite Penilai/*Reviewer* untuk melihat kesesuaian luaran dengan ketentuan yang berlaku.
- Apabila dalam penilaian luaran tidak tercapai maka **PIHAK KEDUA** tidak dapat mengajukan usulan proposal penelitian tahun berikutnya.

Pasal 10
Sanksi

- Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Penelitian ini telah berakhir, namun **PIHAK KEDUA** belum menyelesaikan tugasnya/terlambat menyerahkan laporan akhir, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi administratif berupa tidak diperkenankan mengajukan proposal tahun berikutnya.
- Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat mencapai target luaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6, maka capaian target luaran tersebut akan dicatat sebagai hutang **PIHAK KEDUA** kepada **PIHAK PERTAMA**.
- Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melunasi target luaran sesuai batas waktu yang telah ditentukan, maka akan berdampak pada kesempatan **PIHAK KEDUA** untuk tidak mendapatkan pendanaan penelitian yang dikelola oleh **PIHAK PERTAMA**.



UNIVERSITAS JAYABAYA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
Teknik Elektro | Teknik Kimia | Teknik Mesin
TERAKREDITASI B



Pasal 11
Hak Milik Hasil Penelitian

Hasil Pelaksanaan Penelitian ini yang berupa sarana, prasarana dan luaran adalah milik Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya.

Pasal 12
Penyelesaian Sengketa

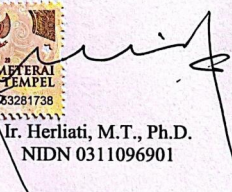
Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum.

Pasal 13
Lain-lain

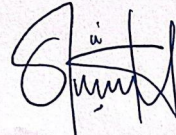
- (1) **PIHAK KEDUA** menjamin bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas belum pernah dibiayai dan/atau diikutsertakan pada Pendanaan Penelitian lainnya, baik yang diselenggarakan oleh instansi, lembaga, perusahaan atau yayasan, baik di dalam maupun di luar negeri.
- (2) Segala sesuatu yang belum cukup diatur dalam Perjanjian ini dan dipandang perlu diatur lebih lanjut dan dilakukan perubahan oleh **PARA PIHAK**, maka perubahan-perubahannya akan diatur dalam perjanjian tambahan atau perubahan yang merupakan satu kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari Perjanjian ini.

Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh **PARA PIHAK** pada hari dan tanggal tersebut di atas, dibuat dalam rangkap 2 (dua) dan bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.

PIHAK PERTAMA


Ir. Herliati, M.T., Ph.D.
NIDN 0311096901

PIHAK KEDUA


Dody Guntama, S.T., M.Eng
NIDN 0329089001