TUGAS AKHIR – RE 141581

ANALISIS DISPERSI EMISI HIDROKARBON PADA *ONSHORE RECEIVING FACILITIES* X DAN Y, PT. Z

MUHAMMAD RADIFAN PUTRA
3312100032

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei ST., MEPM

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

FINAL PROJECT – RE 141581

DISPERSION ANALYSIS OF HYDROCARBON EMISSION, ONSHORE RECEIVING FACILITIES X AND Y, PT. Z

MUHAMMAD RADIFAN PUTRA
3312100032

SUPERVISOR
Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei S.T., MEPM

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS DISPERSI EMISI HIDROKARBON PADA *ONSHORE RECEIVING FACILITIES* X DAN Y, PT.Z

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MUHAMMAD RADIFAN PUTRA
NRP. 3312 100 032

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dr. Engl. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM
NIP. 19820119 200501 1 001

SURABAYA
JULI, 2016

ANALISIS DISPERSI EMISI HIDROKARBON PADA *ONSHORE RECEIVING FACILITIES* X DAN Y, PT. Z

Nama Mahasiswa : Muhammad Radifan Putra
NRP : 3312100032
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei ST., MEPM

ABSTRAK

Onshore Receiving Facilities (ORF) adalah fasilitas penerimaan dan distribusi gas alam terletak di daratan. ORF dilengkapi dengan *vent tower* yang berfungsi untuk melepas gas hasil produksi ke atmosfer melalui proses yang dinamakan *emergency hydrocarbon release*. Proses ini dinamakan *emergency hydrocarbon release* karena sifatnya yang darurat (untuk keselamatan) dan komposisi utama dari gas alam adalah hidrokarbon.

Analisis dispersi emisi hidrokarbon yang terjadi saat *emergency hydrocarbon release* penting dilakukan karena bahaya yang ditimbulkan oleh hidrokarbon terhadap manusia. Analisis dispersi dilakukan dengan menggunakan perangkat *Areal Locations of Hazardous Atmosphere* (ALOHA) 5.4.5.

Hasil penelitian berupa jarak sebaran emisi terjauh yang dianggap berbahaya untuk dua j enis bahaya, yaitu r awan terbakar dan ber acun. Jarak ini diperoleh dengan membandingkan konsentrasi emisi hidrokarbon di permukaan dengan standar baku pembanding. Jarak yang diperoleh akan dijadikan acuan untuk manajemen risiko yang dibuat.

Penelitian kali ini menggunakan tiga jenis variabel, yaitu volume emisi hidrokarbon, kecepatan angin, dan kelas kestabilan atmosfer. Berdasarkan hasil analisis dispersi menggunakan ALOHA 5.4.5, jarak terjauh yang dianggap berbahaya (rawan meledak dan ber acun) adalah masing - masing 1,6 km dan 2, 8 km. Jarak terjauh ini terjadi pada kecepatan angin terendah (3 knot), dan kelas kestabilan atmosfer D (cenderung stabil).

Kata kunci: ALOHA 5.4.5, *emergency hydrocarbon release*

DISPERSION ANALYSIS OF HYDROCARBON EMISSION, ON ONSHORE RECEIVING FACILITIES X AND Y, PT. Z

Student Name : Muhammad Radifan Putra
Student ID : 3312100032
Department : Teknik Lingkungan
Supervisor : Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei ST., MEPM

ABSTRACT

Onshore Receiving Facilities (ORF) is gas receiving and distribution facility located onshore. ORF is equipped with vent tower which are used to release produced gas from ORF pipeline to ambient air in a process named emergency hydrocarbon release. Emergency hydrocarbon release occured only in emergency situation (fire,system failure,etc.) and for safety reasons.

Due to hydrocarbon effects on human health, dispersion analysis of hydrocarbon emission during emergency hydrocarbon release is essential to accomplish. Dispersion analysis is done by using Areal Locations of Hazardous Atmosphere (ALOHA) 5.4.5.

The outcome of this experiment is threat zones of two threats, flammable area and toxic area. This threat zones is obtained by comparing hydrocarbon emission ground concentration and quality standard. Threat zones found from dispersion analysis becomes reference for risk management which are made.

There are three variables used in this experiment,which are 1) hydrocarbon emission volume, 2) wind velocity, and 3) atmosphere stability class. Based on dispersion analysis, the longest radius for toxic area is 1,6 km, while the longest radius for flammable area is 2,8 km. This longest radius is achieved when the wind speed is minimum (3 knot) and and atmospheric stability class is D.

Key words: ALOHA 5.4.5, *emergency hydrocarbon release*

DAFTAR ISI

ABSTRAK ..... **i**
KATA PENGANTAR ..... **v**
DAFTAR ISI ..... **vii**
DAFTAR GAMBAR ..... **ix**
DAFTAR TABEL ..... **xi**
BAB 1 PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan 2
1.4 Ruang Lingkup 3
1.5 Manfaat 3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1 Onshore Receiving Facilites 5
2.2 Risiko Utama dalam Distribusi Gas Alam 5
2.2.1 *Safety Critical Equippment* Distribusi Gas Alam 5
2.2.2 *Emergency Hydrocarbon Relase* 6
2.3 Komposisi Gas Alam 8
2.3.1 Kandungan Hidrokarbon dalam Gas Alam 9
2.4 Bahaya Emisi Hidrokarbon 10
2.5 Model Dispersi Pencemaran Udara 11
2.5.1 Faktor – Faktor Model Dispersi Pencemaran Udara 11
2.5.2 Model Dispersi Gauss 12
2.5.3 ALOHA 15
2.6 Manajemen Risiko 16
BAB 3 METODE STUDI **19**

3.1 Deskripsi Umum 19
3.2 Kerangka Penelitian.....19
BAB 4 PEMBAHASAN..... 29
4.1 Volume Gas pada *Emergency hydrocarbon release*.....29
4.1.1 Durasi *Emergency Hydrocarbon Release* 30
4.1.2 Manajemen Data *Flow Rate* Gas ORF X dan ORF Y 31
4.1.3 Volume Gas pada *Emergency Hydrocarbon Release*....36
4.2 Input Data ALOHA 38
4.2.1 Data Meteorologi 38
4.2.2 Data Karakteristik Emisi 40
4.2.2 Data Sumber Emisi.....41
4.3 Standar Baku Pembanding.....43
4.4 Analisis Dispersi Emisi dengan ALOHA 44
4.4.1 Analisis Dispersi Emisi Skenario 1 47
4.4.2 Analisis Dispersi Emisi Skenario 2 48
4.4.3 Analisis Dispersi Emisi Skenario 3 48
4.4.4 Analisis Dispersi Emisi Skenario 4 48
4.5 Manajemen Risiko 49
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN..... 55
5.1 Kesimpulan..... 55
5.2 Saran 55
DAFTAR PUSTAKA..... 57

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi *vent tower* pada ORF 8
Tabel 2. 2 Tipikal Komposisi Gas Alam ORF X 9
Tabel 2. 3 Tipikal Komposisi Gas Alam ORF Y 9
Tabel 2. 4 Karakteristik Unsur Hidrokarbon Gas Alam 10
Tabel 2. 5 Kelas Kestabilan Atmosfir. 14
Tabel 2. 6 Nilai σ_y dan σ_z Daerah Urban (Perkotaan) 14
Tabel 2. 7 Nilai Koefisien Parameter Dispersi 16
Tabel 4. 1 *Flow Rate* ORF X 32
Tabel 4. 2 *Flow Rate* ORF Y 34
Tabel 4. 3 Data BMKG setempat. 38
Tabel 4. 4 Besarnya Emisi yang Dihasilkan 42
Tabel 4. 5 Parameter Input Data ALOHA 43
Tabel 4. 6 Standar Pembanding *Threat Zones* 44
Tabel 4. 7 Analisis Dispersi Emisi Skenario 1 (*Toxic Area)* 44
Tabel 4. 8 Analisis Dispersi Emisi Skenario 1 (*Flammable)* 45
Tabel 4. 9 Analisis Dispersi Emisi Skenario 2 (*Toxic Area*) 45
Tabel 4. 10 Analisis Dispersi Emisi Skenario 2 (*Flammable*) 46
Tabel 4. 11 Analisis Dispersi Emisi Skenario 3 (*Toxic Area*) 46
Tabel 4. 12 Analisis Dispersi Emisi Skenario 3 (*Flammable*) 46
Tabel 4. 13 Analisis Dispersi Emisi Skenario 4 (*Toxic Area*) 47
Tabel 4. 14 Analisis Dispersi Emisi Skenario 4 (*Flammable*) 47
Tabel 4. 15 *Major Hazard Management Plan Worksheet* 54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema *Emergency Hydrocarbon Release* di ORF...8
Gambar 2. 2 Visualisasi Perseberan Emisi Model Gauss.....13
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian.....22
Gambar 4. 1 *Screenshot* Input Data Meteorologi ALOHA..... 40
Gambar 4. 2 *Screenshot* Input Data Karakteristik Emisi ALOHA41
Gambar 4. 3 *Screenshot* Input Data Sumber Emisi ALOHA.....42
Gambar 4. 4 Visualisasi Dispersi Emisi Skenario 2 50
Gambar 4. 5 Visualisasi Dispersi Emisi Skenario 2 51
Gambar 4. 6 Visualisasi Dispersi Emisi Skenario 4 52
Gambar 4. 7 Visualisasi Dispersi Emisi Skenario 4 53

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Z adalah salah satu Kontraktor Kontrak Kerja Sama (KKKS) yang menjadi operator blok migas di salah satu provinsi di Indonesia. PT. Z menggunakan dua ORF yang berada di salah satu kota di Indonesia untuk proses distribusi gas alam, yaitu ORF X dan Y. ORF adalah faslitas penerimaan dan distribusi gas alam dari kilang penghasil gas alam yang terletak di tengah laut menuju fasiltas pembeli di daratan. Lokasi dari ORF X dan Y cukup dekat dari pemukiman penduduk, padahal ORF dilengkapi dengan *vent tower* yang menurut Mokhatab (2015), berfungsi pada saat kondisi darurat untuk melakukan *emergency hydrocarbon release,* yaitu lepasnya gas hidrokarbon ke udara bebas dan biasanya dalam jumlah besar. Gas hidrokarbon yang merupakan komponen utama penyusun dari gas alam ini terlepas ke udara bebas dan menyebar dengan jauh karena tekanan dan kecepatan yang tinggi (Khan, 2000).

Komponen utama penyusun dari gas alam adalah hidrokarbon fraksi ringan, yang komponen utamanya adalah metana (CH_4) dan sedikit CO_2, H_2O, air raksa, dan H_2S. Komposisi dari gas alam yang dihasilkan dari berbagai tempat mempunyai komposisi yang berbeda-beda. Hal ini tergantung dari fosil organik yang membentuk gas alam tersebut. Pada umumnya gas alam digunakan sebagai bahan penghasil energi, baik untuk perumahan ataupun industri (Slamet, 2008).

Menurut Sugiarti (2009) gas hidrokarbon yang berwujud gas memiliki sifat beracun yang lebih berbahaya dibandingkan dengan wujud padatan dan cairan. Gas hidrokarbon apabila dihirup dapat menyebabkan iritasi pada membran mukosa dan menimbulkan infeksi paru – paru bila terhisap. Dampak lain yang ditimbulkan dari gas hidrokarbon yang keluar antara lain, dapat menyebabkan penyerapan oksigen bagi tubuh berkurang karena darah yang mengikat gas hidrokarbon yang keluar (Zhongcao, 2014). Selanjutnya dijelaskan pula konsentrasi hidrokarbon melebihi 10% dapat menyebabkan hilang kesadaran pada manusia.

Oleh karena bahaya yang ditimbulkan dari emisi hidrokarbon pada manusia saat kondisi darurat terjadi, membuat kajian ini perlu dilakukan. Kajian mengenai analisis dispersi emisi hidrokarbon dilakukan untuk mengetahui jarak sebaran terjauh dimana konsentrasi hidrokarbon dianggap berbahaya. Selain itu, untuk melakukan manajemen risiko pada saat kondisi darurat terjadi. Analisis dispersi emisi hidrokarbon menggunakan perangkat ALOHA. Perangkat ini dapat digunakan untuk membuat *emergency response plan* pada keadaan darurat (EPA, 2003). ALOHA telah banyak digunakan dalam permodelan emisi udara dalam keadaan darurat, seperti kebocoran reaktor nuklir Fukushima (Leelossy, 2011), kecelekaan truk penangkut klorin di Amerika Serikat (Hanna, 2008) dan Ledakan hidrogen klorida pada sebuah pabrik di Cina (Shuang, 2008).

ORF yang diteliti pada penelitian kali ini adalah ORF X dan ORF Y, karena kedua ORF ini berada cukup dekat dengan pemukiman penduduk. Emisi yang akan dibahas pada penelitian kali ini terbatas pada gas hidrokarbon saja, karena gas hidrokarbon merupakan komponen utama dari penyusun gas alam. Hasil dari analisis ini diharapkan dapat memberi masukan bagi pemerintah setempat mengenai peraturan tentang *emergency hydrocarbon release* pada sistem distribusi gas alam di ORF X dan ORF Y.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan, maka rumusan masalah yang akan dibahas adalah:

1) Berapa volume dari emisi hidrokarbon pada saat *emergency hydrocarbon release*?
2) Bagaimana dispersi (*threat zone)* dari emisi hidrokarbon pada saat *emergency hydrocarbon release*?
3) Bagaimana manajemen risiko yang dapat dilakukan pada saat *emergency hydrocarbon release*?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1) Menentukan volume dari emisi hidrokarbon pada saat *emergency hydrocarbon release.*

2) Menganalisis dispersi emisi (threat zone) hidrokarbon pada saat *emergency hydrocarbon release*.
3) Membuat manajemen risiko pada saat *emergency hydrocarbon release*

1.4 Ruang Lingkup

Penelitian ini dibatasi oleh batasan – batasan ruang lingkup, yaitu:

1) Penelitian ini dilaksanakan di PT. Z, pada tanggal 10 Februari 2016 hingga 10 maret 2016.
2) Manajemen risiko didasarkan pada hasil analisis dispersi emisi hidrokarbon pada saat *emergency hydrocarbon release* yang dilakukan dengan menggunakan *software* ALOHA.
3) Aspek yang dibahas pada manajemen risiko pada penelitian kali ini adalah aspek kesalamatan manusia.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian kali ini antara lain:

1) Sebagai bahan evaluasi dan rekomendasi bagi PT. Z pada khususnya, dan untuk perusahaan migas dalam manajemen risiko pada kondisi *emergency hydrocarbon release*.
2) Sebagai rujukan bagi pemerintah provinsi setempat mengenai peraturan tentang *emergency hydrocarbon release* pada sistem distribusi gas alam di ORF X dan Y
3) Memberikan masukan tentang sistem tanggap darurat terkait dengan emisi hidrokarbon

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Onshore Receiving Facilites

Onshore Receiving Facilities (ORF) adalah fasilitas yang dimiliki oleh perusahaan penghasil migas sebagai penerimaan gas (*gas onshore receiving facility*) sebelum dialirkan melalui pipa penyaluran gas menuju pembeli. Gas yang diterima oleh ORF dikirimkan dari kilang gas alam melalui pipa distribusi utama baik melalui bawah laut (*subsea pipeline*) maupun bawah tanah. Panjang pipa distribusi utama untuk ORF X dan ORF Y adalah kurang lebih 50 km dan 15 km. Pada ORF, tidak terdapat proses pemurnian gas alam, namun tetap terdapat beberapa unit proses yang ada untuk menyesuaikan gas yang dikirim sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan oleh pembeli seperti kadar karbondioksida, kadar air, dan tekanan gas. Tekanan gas pada ORF X adalah 364,7 *psia* dan 404,7 *psia*.

Unit – unit proses yang terdapat pada ORF adalah:

1) *Pig Receiver*
2) *Slug Catcher*
3) *Filter Separator*
4) *Liquid Holding Tank*
5) *Pig Launcher*

2.2 Risiko Utama dalam Distribusi Gas Alam

Secara umum *major hazard* dalam produksi dan distribusi gas alam adalah sebagai berikut.

1) Lepasnya gas hidrokarbon dalam area proses
2) Kerusakan pipa dalam unit proses di ORF
3) Letak ruang kontrol yang dekat dengan area proses
4) Kebakaran
5) *Electrical blackout* (listrik padam)

2.2.1 *Safety Critical Equippment* Distribusi Gas Alam

Safety critical equippment (perangkat keselamatan kritis) adalah perangkat yang memiliki pengaruh penting dalam keselamatan pekerja, keselamatan lingkungan dan intregitas dari *plant.* SCE merupakan bagian penting dari sistem perlindungan pekerja yang meliputi sistem keamanan, peralatan, perangkat, dan ruang kontrol yang didesain untuk mencegah, mendeteksi,

mengontrol atau mengurangi dampak dari kecelakaan besar dan untuk memfasilitasi keberlangsungan hidup manusia. SCE selalu diperiksa dan dipelihara dengan baik,sehingga malfungsi dari perangkat ini sangat kecil kemungkinannya. SCE yang terdapat pada ORF X dan ORF Y adalah antara lain:

1) *Safety Device Valve*
2) *Pressure Relief Valve*
3) *Emergency Shut Down Push Button*
4) *Cold Vent*
5) *Fire Extinguisher*
6) *Fire Detector*
7) *Gas Detector*
8) *Smoke Detector*
9) *Heat Detector*
10) *Safety Equippment Module*
11) *Slup pump*
12) *Drain pump*
13) *CO_2 snuffing*
14) *Potable water tank*
15) *Potable water pump*

2.2.2 *Emergency Hydrocarbon Relase*

Salah satu sarana utama dalam proses distribusi gas alam adalah jaringan perpipaan distribusi gas alam. Jaringan perpipaan ini harus dilengkapi dengan mekanisme keamanan dan perlindungan lingkungan yang efisien. *Hydrocarbon release* dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi waktu dalam menanggulangi kejadian darurat. (Yi, 2014). *Hydrocarbon release* (venting) dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup no. 13 tahun 2009 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas Bumi adalah pelepasan gas – gas hidrokarbon yang disengaja dan bersifat kontinyu atau tidak menerus yang dihasilkan dari kegiatan operasi minyak dan gas, yaitu dari proses separasi fluida, ke udara terbuka melalui cerobong tetap. Selanjutnya dijelaskan pula bahwa *venting* yang berasal dari *pig launcher, pig receiver* dan *pressure relief valve* tidak memerlukan ijin dari Menteri Lingkungan Hidup.

Hydrocarbon release dalam kondisi normal diartikan sebagai lepasnya gas dalam produksi migas secara terkontrol ke atmosfer. Gas yang di *hydrocarbon release* biasanya adalah hidrokarbon, uap air, dan gas lainnya seperti karbon dioksida yang tidak diinginkan dalam proses dari minyak dan gas bumi (Kearns, 2000). Menurut Shapiro (2011) *Hydrocarbon release* dalam kondisi darurat (*emergency hydrocarbon release*) adalah proses *hydrocarbon release* yang terjadi diluar rencana dan bertujuan untuk mengurangi tekanan berlebih pada distribusi dari migas. Pada saat *emergency hydrocarbon release,* gas dalam pipa distribusi akan dikosongkan untuk mencapai tekanan tertentu yang dianggap aman untuk kemudian dilakukan proses perbaikan (Ji Min, 2005). Gas hidrokarbon yang terlepas ke udara bebas dapat menyebar dengan jauh karena tekanan dan kecepatan yang tinggi (Khan, 2000).

Pada ORF, *emergency hydrocarbon release* dilakukan untuk mencegah agar api tidak menyebar ketika terjadi kebakaran dengan cara menjauhkan gas alam dari sumber api (lebih dari 90% komposisi gas alam yang ada pada ORF adalah gas metan yang bersifat *highly flammable*), sehingga untuk mencegah terjadinya kebakaran yang lebih luas dan besar, gas yang berada pada unit – unit proses pada kedua ORF tersebut akan dibuang melalui *vent tower* (Nolan, 2014).

Selain kebakaran, ada beberapa hal lain yang bisa menyebabkan terjadinya *emergency hydrocarbon release* pada kedua ORF ini, diantaranya adalah terjadinya listrik padam (*electrical blackout*) sehingga *air instrument* yang berfungsi untuk menjaga tekanan dalam pipa pada unit proses di kedua ORF ini tidak bekerja sehingga dilakukan prosedur *emergency hydrocarbon release*. Hal lainnya yang dapat menyebabkan terjadinya *emergency hydrocarbon release* adalah diampui nya batas aman tekanan pada pipa unit proses ORF X dan ORF Y, hal ini bisa disebabkan penambahan aliran gas dari kilang gas atau kerusakan pada f asilitas pembeli, sehingga *emergency hydrocarbon release* harus dilakukan demi keamanan.

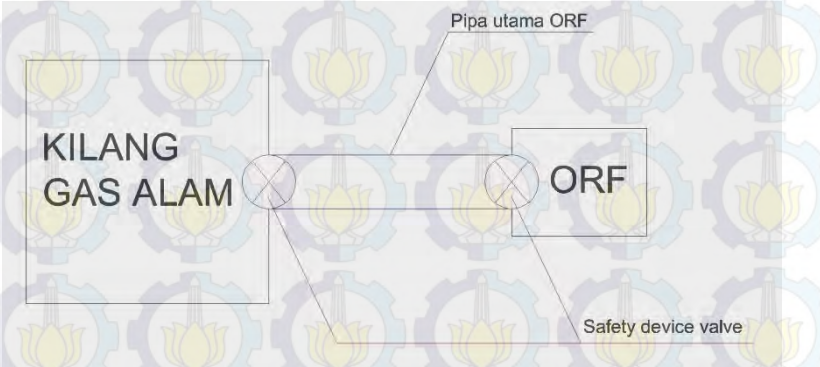
Tabel 2.1 pada halaman berikutnya menunjukan spesifikasi dari *vent tower* yang ada di ORF X dan ORF Y.

Tabel 2. 1 Spesifikasi *vent tower* pada ORF

Kapasitas	**411 MMSCFD**
Diameter	18" ~ 0,457 m
Tinggi	190' ~ 57 m
Tekanan Desain	285 PSI
Suhu Desain	100^{o}C

Sumber: PT. Z, 2016.

Pada saat terjadi *emergency hydrocarbon release*, safety device valve yang ada di ujung pipa utama ORF akan menutup, sehingga tidak ada suplai gas dari kilang. Gas yang ada di ORF kemudian akan dilepas melalui *vent tower*. Gambar 2.1 menunjukan skema dari *emergency hydrocarbon release* yang ada di ORF.



Gambar 2. 1 Skema *Emergency Hydrocarbon Release* di ORF.

2.3 Komposisi Gas Alam

Gas alam atau sering juga disebut gas bumi merupakan bahan bakar yang sangat sederhana. Sekitar 90% dari gas alam adalah metana (CH_4), yang terdiri dari satu atom karbon dan empat atom hidrogen. 10% lainnya terdiri dari etana (C_2H_6), propana (C_3H_8), butana (C_4H_{10}), serta komponen pengotor seperti H_2O, H_2S, dan CO_2 (Chandra, 2006). Selain itu disebutkan pula bahwa jenis dan j umlah dari komposisi gas alam bervariasi sesuai dengan sumber lokasi gas alam. Tabel 2.2 menunjukkan

tipikal komposisi gas alam yang ada pada ORF X, sedangkan Tabel 2.3 menunjukkan tipikal komposisi gas alam yang ada pada ORF Y.

Tabel 2. 2 Tipikal Komposisi Gas Alam ORF X

Nama Komponen	Persen (%)
Propana	2.8
Butana	1.3
Pentana	0.4
Nitrogen	1
Metana	90.1
Karbon Dioksida	2.3
Etana	1.9
Lain – lain	0.2
TOTAL	100

Sumber: ORF X, 2016

Tabel 2. 3 Tipikal Komposisi Gas Alam ORF Y

Nama Komponen	Persen (%)
Propana	2.8
Butana	1.1
Pentana	0
Nitrogen	0.01
Metana	91.1
Karbon Dioksida	0
Etana	4.9
Lain – lain	0.09
TOTAL	100

Sumber: ORF Y, 2016

2.3.1 Kandungan Hidrokarbon dalam Gas Alam

Gas alam merupakan suatu campuran yang mudah terbakar yang tersusun atas gas-gas hidrokarbon, yang terutama terdiri dari metana. Gas alam juga dapat mengandung etana, propana, butana, pentana, dan juga gas-gas yang mengandung sulfur. Komposisi pada gas alam dapat bervariasi (Nasution, 2011). Selanjutnya dijelaskan bahwa komponen utama dalam gas alam adalah metana (CH_4), yang merupakan molekul hidrokarbon rantai terpendek dan t eringan. Gas alam juga mengandung sedikit molekul-molekul hidrokarbon seperti etana (C_2H_6),

propana (C_3H_8), dan butana (C_4H_{10}). Tabel 2.4 menunjukkan karakteristik dari masing - masing unsur hidrokarbon .

Tabel 2. 4 Karakteristik dari Unsur Hidrokarbon pada Gas Alam

Nama Unsur[1]	Rumus Kimia[1]	Sifat Fisik[1]	Titik Didih (°C)[2]	Titik Leleh (°C)[2]
Metana	CH_4	tidak berwarna dan tidak berbau	-164	-182
Etana	C_2H_6	tidak berwarna dan tidak berbau	-88	-183
Propana	C_3H_8	tidak berwarna dan tidak berbau	-42	-190
Butana	C_4H_{10}	tidak berwarna dan tidak berbau	-4	-138

Sumber: 1. Nasution, 2011.
2. Fesenden, 1995.

2.4 Bahaya Emisi Hidrokarbon

Hidrokarbon adalah senyawa yang mengandung unsur C (karbon) dan H (hidrogen). Menurut Sugiarti (2009), gas hidrokarbon merupakan pencemar udara terbesar di Indonesia dengan presentase sebesar 18,34%. Selanjutnya dijelaskan pula bahwa hidrokarbon dalam jumlah sedikit tidak membahayakan manusia, kecuali dalam jumlah banyak di udara. Hidrokarbon dapat bereaksi dengan pencemar lainnya membentuk *Polyciclic Aromatic Hidrocarbon* (PAH). PAH dapat merangsang terbentuknya sel kanker bila terhirup masuk ke paru – paru. Dalam keadaan gas, hidrokarbon dapat menyebabkan iritasi pada membran mukosa dan menimbulkan infeksi paru – paru. Menurut EPA (2012) ,hidrokarbon dapat bereaksi dengan nitrogen oksida membentuk ozon permukaan, komponen utama dari *smog* yang menyebabkan iritasi pada mata dan p aru – paru. Selanjutnya

dijelaskan pula bahwa emisi hidrokarbon merupakan pencemar udara yang paling mudah menyebar dan sulit untuk diatasi.

2.5 Model Dispersi Pencemaran Udara

Dispersi emisi dapat diartikan sebagai persebaran dari emisi dalam bentuk fluida yang menghasilkan gerakan acak dari fluida itu sendiri dan molekulnya. Dispersi emisi penting diketahui untuk mengevaluasi suatu sumber polutan apakah suatu sumber emisi mengahasilkan pencemaran udara atau tidak. (Visscher, 2014). Pencemaran udara menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup no. 12 tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu udara yang telah ditetapkan.

Model dispersi emisi udara diartikan sebagai prediksi dari konsentrasi suatu emisi pada waktu dan tempat yang ditentukan dengan menggunakan pendekatan fisik,kimia, dan dinamika fluida dari polutan di atmosfir (Colls, 2010). Beberapa fungsi dari model dispersi antara lain (Bruno, 2010):

1) Untuk memprediksi efek dari sumber emisi terhadap kualitas udara ambien
2) Untuk mengevaluasi sumber emisi dalam rangka reduksi emisi untuk mencegah terjadinya polusi udara
3) Untuk merencanakan sistem tanggap darurat apabila kondisi darurat terjadi.

2.5.1 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Model Dispersi Pencemaran Udara

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi dispersi emisi udara, yaitu:

1) Tekanan udara: Karena udara mempunyai berat, maka seluruh molekul udara tertekan ke bawah. Apabila tekanan udara tinggi dan langit cerah maka polutan dapat terdispersi dengan baik, sebaliknya jika tekanan rendah dan langit berawan maka dispersi minimal terjadi (Visscher, 2014).
2) Angin: Angin adalah pergerakan udara yang diakibatkan oleh perbedaan tekanan dan k etinggian. Arah angin berpengaruh pada *plume* dan dapat digunakan untuk

mencari pencemaran *background* dari suatu kota (Visscher, 2014).

3) Suhu udara: suhu udara berpengaruh kepada ketebalan dari *mixing layer*. Semakin tebal *mixing layer* maka semakin banyak volume udara yang dapat mendispersi polutan (Visscher, 2014).
4) Kelembaban: Kelembaban maksimum dan kelembaban relatif mempengaruhi suhu udara (Zhongchao, 2014).
5) Radiasi sinar matahari: radiasi sinar matahari mempengaruhi kestabilan atmosfer dan *atmospheric boundary layer* (Visscher, 2014).
6) Turbulensi udara: turbulensi udara disebabkan oleh fluktuasi arah angin sehingga penyebaran polutan di udara. Turbulensi secara mekanis disebabkan oleh kekesaran dari permukaan. Gedung tinggi memiliki tingkat kekasaran yang juga tinggi (Visscher, 2014).
7) Temperatur permukaan atau temperatur ambien: pergerakan polutan di udara terjadi menggunakan prinsip konveksi, yaitu perpindahan zat dari satu tempat menuju ke tempat lain menggunakan pergerakan dari udara. Konveksi udara menjadi penting ddalam pendispersian polutan di udara karena konveksi menciptakan transfer vertikal polutan. Konveksi bebas terjadi karena partikel polutan bergerak menggunakan gaya angkat nya sendiri (Visscher, 2014).
8) Laju emisi polutan: laju emisi polutan diartikan sebagai banyak nya emisi dalam satuan massa (gram) yang di emisikan per satuan waktu (detik) (Zhongchao, 2014).

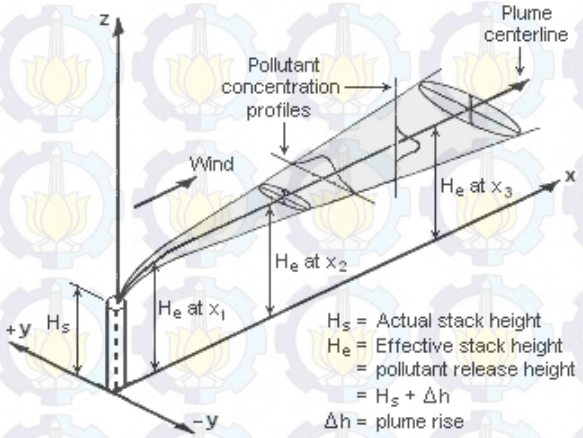
2.5.2 Model Dispersi Gauss

Menurut Bakar (2006), model dispersi gauss merupakan salah satu model perhitungan yang banyak digunakan untuk mensimulasikan pengaruh emisi terhadap kualitas udara. Selain itu dijelaskan pula bahwa model dispersi gauss merupakan bentuk Persamaan matematika yang dapat dimasukkan ke dalam perhitungan variabel dan diberikan informasi yang lebih detail mengenai sumber cemaran pada suatu daerah yang diteliti. Menurut Pasquill (1961), model ini banyak digunakan untuk menilai dampak adanya sumber pencemaran udara terhadap kualitas udara lokal dan perkotaan. Keuntungan dari pemodelan

Gauss adalah dapat digunakan untuk mengolah sejumlah besar sumber emisi, situasi dispersi, dan jaringan reseptor yang cukup padat secara spasial (dari jarak puluhan meter). Terdapat beberapa asumsi yang digunakan pada pada pemodelan gauss, antara lain (Permatasari, 2014).

1) Laju emisi adalah konstan
2) Dispersi terjadi searah dengan arah angin (*downwind*)
3) Kondisi meteorologi adalah konstan
4) Polutan tidak bereaksi selama berada di atmosfir
5) Polutan tidak mengalami refleksi dan di sposisi pada permukaan
6) Dispersi horizontal dan vertikal mengikuti distribusi gauss yang berawal dari garis tengah *plume.*

Gambar 2.2. menunjukkan persebaran emisi dari model gauss.



Gambar 2. 2 Visualisasi Perseberan Emisi Model Gauss

Sumber: Visscher,2014

Persamaan gauss memiliki beberapa parameter dispersi, diantaranya yaitu kelas kestabilan atmosfir. Kelas kestabilan atmosfir ini menggambarkan reaktifitas dari polutan di atmosfir. Tabel 2.5 menunjukkan kelas kestabilan atmosfir.

Tabel 2. 5 Kelas Kestabilan Atmosfir.

kecepatan angin (m/s)	Siang			Malam	
	Radiasi sinar matahari			Kondisi awan	
	Kuat	Sedang	Sedikit	Berawan	Cerah
<2	A	A – B	B	E	F
2 s/d 3	A – B	B	C	E	F
3 s/d 5	B	B – C	C	D	E
5 s/d 6	C	C – D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Sumber: Schulze, 2007

Persamaan 2.1. pada halaman berikutnya menunjukkan persamaan gauss.

$$C = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} exp\left(-\frac{1}{2}\frac{y^2}{\sigma_{y^2}}\right)\left\{exp\left(-\frac{1}{2}\frac{(z-h)^2}{\sigma_{z^2}}\right) + exp\left(-\frac{1}{2}\frac{(z+h)^2}{\sigma_{z^2}}\right)\right\} \ldots\ldots (2.1)$$

dimana: C = Konsentrasi pada (x,y,z) dalam g/m^3

Q = Laju emisi (g/s)

u = Kecepatan angin (m/s)

σ_y = Parameter sebaran dispersi pada jarak horizontal (m)

σ_z = Parameter sebaran dispersi pada jarak vertikal (m)

Tabel 2.6. menunjukkan nilai dari σ_y dan σ_z pada daerah urban (perkotaan).

Tabel 2. 6 Nilai dari σ_y dan σ_z pada Daerah Urban (Perkotaan)

Kelas Stabilitas	σ_y (m)	σ_z (m)
A – B	$0{,}32x(1+0{,}0004x)^{-0.5}$	$0{,}24x(1+0{,}0001x)^{-0.5}$
C	$0{,}22x(1+0{,}0004x)^{-0.5}$	$0{,}2x$
D	$0{,}16x(1+0{,}0004x)^{-0.5}$	$0{,}14x(1+0{,}0003x)^{-0.5}$
E – F	$0{,}11x(1+0{,}0004x)^{-0.5}$	$0{,}08x(1+0{,}0015x)^{-0.5}$

Sumber: Briggs (1973)

2.5.3 ALOHA

Areal Locations of Hazardous Atmospheres (ALOHA) merupakan perangkat yang digunakan pada saat terjadi kebocoran bahan kimia yang bersifat likuid atau gas. ALOHA dibuat untuk menghitung daerah bahaya terkait dengan kebocoran bahan kimia tersebut mulai dari jarak 100m hingga 10 km. Daerah bahaya tersebut didapat dengan membandingkan hasil perhitungan konsentrasi bahan kimia pada jarak tersebut dengan kadar maksimum yang dapat diterima oleh manusia. Besarnya kadar maksimum ini bergantung pada peraturan yang berlaku di negara atau perusahaan masing – masing.

ALOHA hanya dapat digunakan pada bahan kimia yang bersifat *airborne* (menyebar melalui udara) sehingga bahan kimia yang diperhitungkan hanya yang bersifat gas maupun likuid yang mudah menguap. Terdapat empat skenario kebocoran yang ada pada ALOHA, yaitu kebocoran langsung (*direct source*), kebocoran dari tangki (*tank*), kebocoran kolam (*puddle*), dan kebocoran pipa gas (*gas pipeline*).

Dalam memodelkan dispersi dari bahan kimia yang lepas ke udara, ALOHA menggunakan dasar model gauss yang telah dimodifikasi oleh Palazzi (Palazzi et al. 1982) yang menjelaskan dispersi udara pada saat *steady state* dalam durasi yang singkat. Persamaan 2.2. menunjukkan rumus gauss yang dimodifikasi oleh Pallazi

$$C(x,y,z,t) = \left\{\frac{\gamma}{2}\left[erf\left[\frac{x}{\sigma_x\sqrt{2}}\right] - erf\left[\frac{(x-Ut}{\sigma_x\sqrt{2}}\right]\right]\right\} \text{ jika } (t \leq t_r) \ldots\ldots (2.2)$$

atau

$$C(x,y,z,t) = \left\{\frac{\gamma}{2}\left[erf\left[\frac{x-U\,(t-t_r)}{\sigma_x\sqrt{2}}\right] - erf\left[\frac{(x-Ut}{\sigma_x\sqrt{2}}\right]\right]\right\} \text{ jika } (t_r < t < \infty) \ldots\ldots (2.2)$$

Nilai dari γ merupakan fungsi hasil dari distribusi gauss untuk *continuous steady state point source* yang dapat dilihat pada Persamaan 2.3 (Hanna et al. 1982)

$$\gamma\,(x,y,z,t) = \left(\frac{Q(t)}{U}\right) g_y(x,y) g_z(x,z) \ldots\ldots (2.3)$$

Dimana:

t_r = lamanya waktu kebocoran.

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

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

Nilai dari parameter dispersi σ_x , σ_y , σ_z yang digunakan oleh ALOHA menggunakan rumus yang dirumuskan oleh Beals, 1971. Persamaan 2.4 menunjukkan nilai dari parameter dispersi untuk σ_x , sedangkan Persamaan 2.5 untuk σ_y ,dan Persamaan 2.6 untuk σ_z.

$$\sigma_x(X_0) = S_{X1}{X_0}^{S_{x2}} \ldots\ldots (2.4)$$

$$\sigma_y(x) = \frac{s_{y1}x}{\sqrt{1+s_{y2}x}} \ldots\ldots (2.5)$$

$$\sigma_z(x) = s_{z1}x(1+s_{z2}x)^{S_{z3}} \ldots\ldots (2.6)$$

Tabel 2.7 menunjukkan nilai dari koefisien yang digunakan untuk menghitung parameter dispersi.

Tabel 2. 7 Nilai Koefisien yang Digunakan Untuk Menghitung Parameter Dispersi

		Kelas Stabilitas					
Roughness	**Koefisien**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
Urban & Rural	S_{x1}	0,22	0,02	0,02	0,04	0,17	0,17
	S_{x2}	1,22	1,22	1,22	1,14	0,97	0,97
	S_{y1}	0,22	0,16	0,11	0,08	0,06	0,04
	S_{y2}	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Rural	S_{z1}	0,2	0,12	0,08	0,06	0,03	0,016
	S_{z2}	0	0	0,0002	0,0015	0,0003	0,0003
	S_{z3}	0	0	-0,5	-0,5	-1	-1
Urban	S_{z1}	0,24	0,24	0,2	0,14	0,08	0,08
	S_{z2}	0,001	0,001	0	0,0003	0,0015	0,0015
	S_{z3}	0,5	0,5	0	-0,5	-0,5	-0,5

Sumber: Beals, 1971

2.6 Manajemen Risiko

Manajemen risiko diartikan sebagai kemampuan untuk menata kemungkinan variabilitas kegagalan dengan menekan

sekecil mungkin tingkat kerugian yang diakibatkan oleh keputusan yang diambdil dalam mengatasi situasi yang tidak pasti. (DNV GL, 2007). Konsep dasar manajemen risiko adalah sebagai berikut (Djohanputro, 2008):

1) Identifikasi risiko: tahap adalah tahap pengidentifikasian risiko apa saja yang mungkin dihadapi oleh suatu industri.
2) Pengukuran risiko: pengukuran risiko mengacu pada dua faktor yaitu kuantitatif dan kualitatif. Kuantitas risiko menyangkut berapa banyak nilai atau eksposur yang rentan terhadap risiko. Kualitatif risiko menyangkut kemungkinan suatu risiko tersebut muncul.
3) Pemetaan risiko: pemetaan risiko ditujukan untuk menerapkan prioritas risiko berdasarkan kepentingannya bagi industri.
4) Model pengelolaan risiko.
5) Pengawasan dan pengendalian risiko.

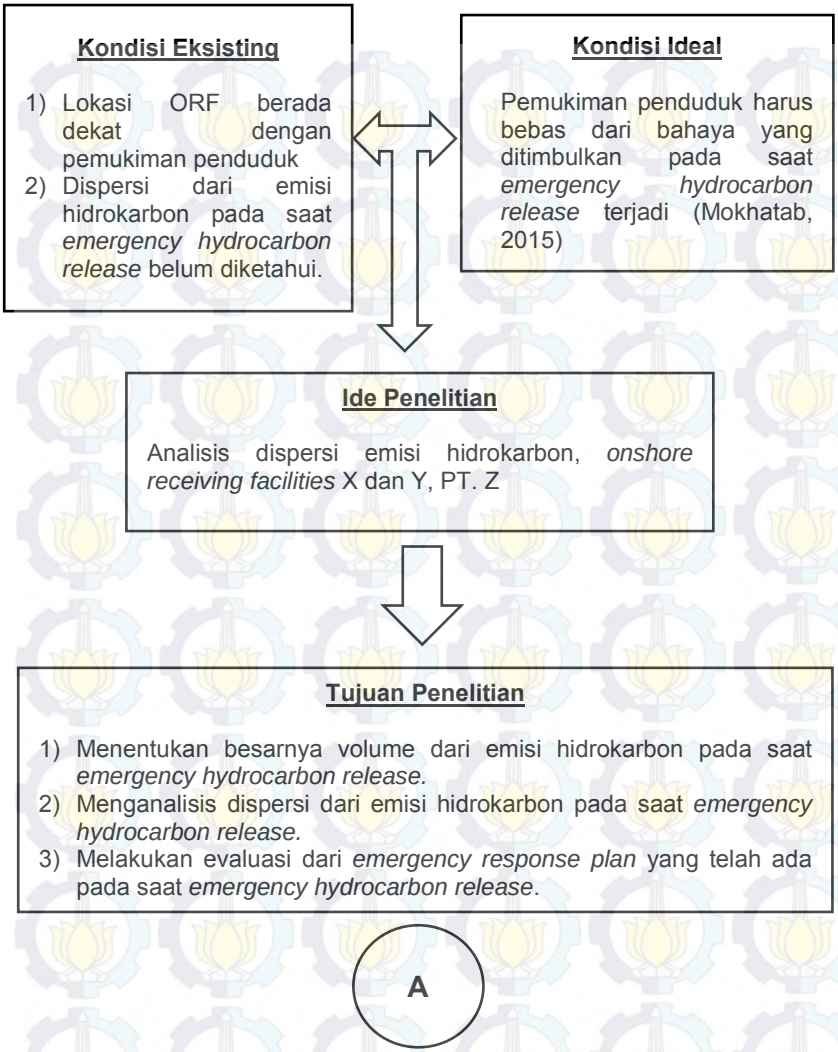
BAB 3
METODE STUDI

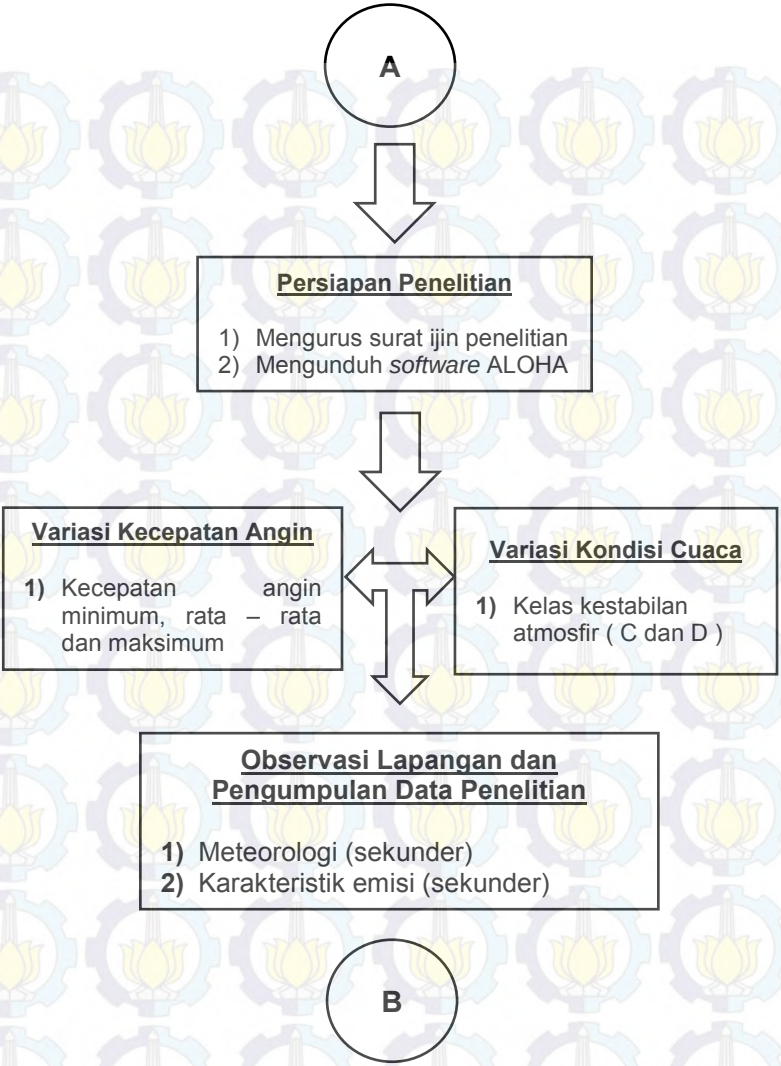
3.1 Deskripsi Umum

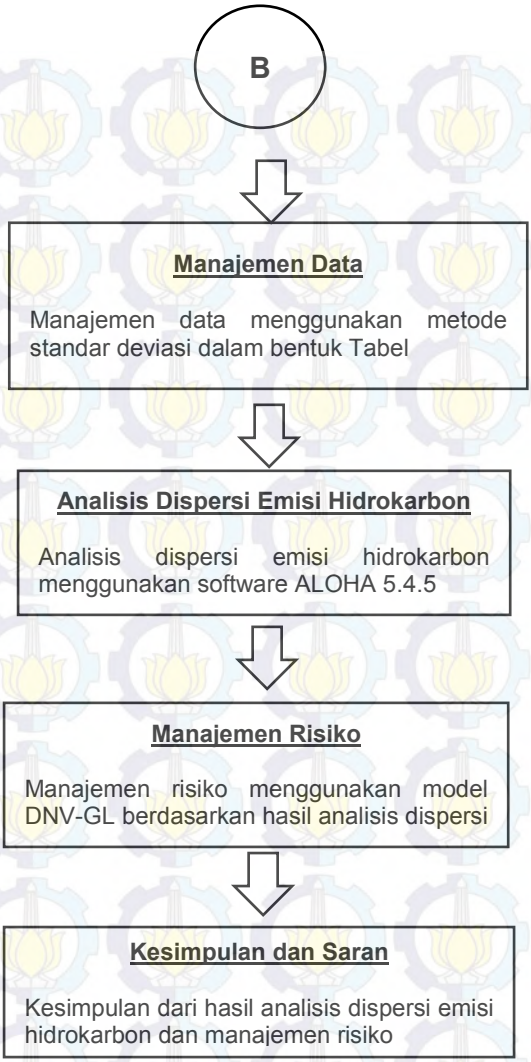
Penelitian ini membahas tentang dispersi dari emisi hidrokarbon yang dihasilkan pada saat *emergency hydrocarbon release*. Lokasi penelitian bertempat di ORF X dan ORF Y yang terletak di salah satu kota di Indonesia. Analisis dispersi dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* ALOHA 5.4.5. Selanjutnya dibuat manajemen risiko berdasarkan hasil dari analisis dispersi yang dilakukan. Kerangka penelitian yang digunakan adalah merumuskan ide penelitian, melakukan studi literatur, observasi lapangan, pengumpulan data sekunder, melakukan analisis dispersi menggunakan perangkat ALOHA, dan terakhir dilakukan evaluasi terhadap dokumen *emergency response plan* yang sudah ada. Variabel yang digunakan pada penelitian kali ini adalah variasi kecepatan angin dan variasi kelas kestabilan atmosfir yang merepresntasikan kondisi cuaca. Hasil akhir yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah menentukan jarak dimana konsentrasi metana di permukaan lebih besar dari pada standar baku mutu pembanding yang digunakan. Jarak ini merupakaN jarak yang dianggap berbahaya bagi keselamatan manusia. Hasil akhir ini selanjutnya dapat digunakan oleh rujukan bagi pemerintah provinsi setempat mengenai peraturan tentang *emergency hydrocarbon release* pada sistem distribusi gas alam di ORF X dan Y.

3.2 Kerangka Penelitian

Tahapan penelitian dibuat dalam bentuk kerangka penelitian. Kerangka penelitian ini dibuat guna memudahkan dalam pelaksanaan penelitian. Tahapan yang dilakukan pada penelitian kali ini antara lain, penentuan ide penelitian, persiapan penelitian, observasi lapangan, pengumpulan data penelitian, manajemen data, analisis dispersi emisi hidrokarbon,manajemen risiko, dan kesimpulan dan saran. Kerangka penelitian yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 3.1.


Kondisi Eksisting
1) Lokasi ORF berada dekat dengan pemukiman penduduk
2) Dispersi dari emisi hidrokarbon pada saat *emergency hydrocarbon release* belum diketahui.
Kondisi Ideal
Pemukiman penduduk harus bebas dari bahaya yang ditimbulkan pada saat *emergency hydrocarbon release* terjadi (Mokhatab, 2015)
Ide Penelitian
Analisis dispersi emisi hidrokarbon, *onshore receiving facilities* X dan Y, PT. Z
Tujuan Penelitian
1) Menentukan besarnya volume dari emisi hidrokarbon pada saat *emergency hydrocarbon release.*
2) Menganalisis dispersi dari emisi hidrokarbon pada saat *emergency hydrocarbon release.*
3) Melakukan evaluasi dari *emergency response plan* yang telah ada pada saat *emergency hydrocarbon release*.
A


A
Persiapan Penelitian
1) Mengurus surat ijin penelitian
2) Mengunduh *software* ALOHA
Variasi Kecepatan Angin
1) Kecepatan angin minimum, rata – rata dan maksimum
Variasi Kondisi Cuaca
1) Kelas kestabilan atmosfir (C dan D)
Observasi Lapangan dan Pengumpulan Data Penelitian
1) Meteorologi (sekunder)
2) Karakteristik emisi (sekunder)
B



Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian

1) Ide Penelitian

Ide penelitian ini didasarkan pada kondisi yang telah disebutkan pada Bab I, dimana pada Bab tersebut dimana dijelaskan bahwa letak dari ORF X dan ORF Y berada cukup dekat dari area pemukiman, sehingga perlu dibuat analisis dispersi emisi hidrokarbon pada saat *emergency hydrocarbon release* untuk mengetahui daerah mana yang menjadi daerah berbahaya ketika *emergency hydrocarbon release* terjadi. Penelitian ini berjudul "Analisis Dispersi Emisi Hidrokarbon pada *Onshore Receiving Facilites* menggunakan ALOHA 5.4.5.

2) Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari informasi yang berkaitan dengan emisi yang timbul dari *emergency hydrocarbon release* pada proses distribusi gas alam, literatur mengenai dispersi emisi di atmosfer, literatur mengenai permodelan dispersi, peraturan perundangan yang berkaitan dengan penelitan ini dan literatur lain yang menunjang penelitian ini. Studi literatur ini dilakukan dari tahap awal penelitian sampai penarikan kesimpulan.

3) Penelitian terdahulu

Penelitian tentang analisis dispersi emisi gas yang dibuang dari *emergency hydrocarbon release* belum banyak dilakukan. Salah satunya yang melakukan penelitian adalah Yi (2014) mengenai waktu yang diperlukan untuk melakukan *emergency hydrocarbon release* pada jaringan pipa distribusi gas alam. Pada penelitian kali ini didapatkan kesimpulan bahwa panjang dan diameter dari pipa *vent* berpengaruh kepada lamanya *emergency hydrocarbon release*. Penelitian yang dilakukan oleh Yi ini memperbaiki penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ji Min (2005) dimana dalam percobaan yang dilakukan oleh Ji Min, didapatkan bahwa Persamaan gas ideal dan konservasi massa dapat menghitung lamanya *emergency hydrocarbon release* namun tanpa memperhatikan friksi antara fluida dengan pipa. Persamaan 3.1 ini menunjukkan Persamaan yang ditemukan oleh Yi mengenai lamanya waktu untuk *emergency hydrocarbon release*.

$$t = f\,\frac{D^2}{d^2}\,L\,\Delta P \ldots\ldots (3.1)$$

Dimana : t = waktu *emergency hydrocarbon release* (menit)

f = koefisien (0,38 min/Mpa.km)
D= diameter dari pipa utama (m)
d = diameter dari pipa vent (m)
L = panjang pipa utama (km)
ΔP = perbedaan tekanan sebelum dan s esudah *hydrocarbon release* (MPa)

Dengan menggunakan rumus ini dapat diestimasikan secara cepat dan cermat mengenai lamanya waktu *emergency hydrocarbon release*.

4) Persiapan Penelitan

Persiapan yang perlu dilakukan sebelum memulai penelitan kali ini adalah pengiriman proposal dan persyaratan lainnya yang diperlukan untuk melengkapi kelengkapan administrasi selama menjalankan penelitian. Perijinan selanjut nya adalah mengajukan surat permohonan permintaan data kepada Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika setempat

5) Observasi Lapangan

Observasi Lapangan dimaksudkan sebagai bentuk permulaan dari adaptasi terhadap keseluruhan alur proses distribusi gas alam yang terjadi pada ORF X dan ORF Y. Observasi lapangan ORF X dilaksanakan pada t anggal 16 Februari 2016 sedangkan observasi lapangan ORF Y dilaksanakan pada t anggal 17 F ebruari 2016. Gambar 3.3 dan 3.4. menunjukkan dokumentasi dari kegiatan observasi lapangan. Kegiatan yang dilakukan pada kedua ORF tersebut adalah:

- *Safety Induction*
- Penjelasan mengenai ORF secara singkat
- Penjelasan alur proses distribusi gas alam yang terjadi pada ORF
- Penjelasan instrumen – instrumen yang dipakai di ORF
- Penjelasan mengenai mekanisme dan SOP pada kondisi darurat
- Penjelasan mengenai alat dan instrumen kesalamatan yang digunakan
- Pengamatan kondisi sekitar ORF.

6) Pengumpulan Data Penelitian

Penelitian kali ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer yang dikumpulkan adalah panjang pipa utama yang merupakan pipa terkait dengan *emergency*

hydrocarbon release. Pengukuran dilakukan secara langsung dilapangan. Tabel 3.3 menunjukkan data sekunder yang dikumpulkan.

Tabel 3. 1 Jenis dan Sumber Data Sekunder

Jenis Data	Sumber Data
Diameter Pipa Utama	*Process Instrument Diagram*
Diameter Pipa Vent	*Process Instrument Diagram*
Tinggi Pipa Vent	*Process Instrument Diagram*
Suhu Udara Bulanan (2015)	BMKG Setempat
Kelembaban Udara Bulanan (2015)	BMKG Setempat
Kecapatan dan Arah Angin Bulanan (2015)	BMKG Setempat
***Flow Rate* Gas (Januari 2016)**	PT. Z
Komposisi Gas Alam	PT. Z
Tekanan dalam Pipa	PT. Z

Pada penelitian kali ini, data *flow rate* gas yang didapatkan diukur dalam satuan MSCFD (*thousand standard cubic feet per day)* sedangkan perangkat ALOHA menggunakan satuan meter kubik, oleh karena itu dilakukan terlebih dahulu konversi menjadi satuan meter kubik yang menggunakan Persamaan 3.2. (Zainury,2003).

$$\mathrm{m}^3 = \mathrm{MSCFD\ X\ (0{,}028317)\ X\ 1000} \ldots\ldots\ldots (3.2)$$

Dimana: MSCFD = volume gas dalam MSCFD

Satuan MSCFD diukur dalam kondisi standar, yaitu 60^{o}F dan tekanan 1 psig sedangkan volume gas berubah sesuai dengan suhu dan tekanan, oleh karena itu digunakan Persamaan gas ideal yang ditunjukan dalam Persamaan 3.3.

$$\frac{P_{STANDARD}\,X\,V_{STANDARD}}{T_{STANDARD}} = \frac{P_{LINE}\,X\,V_{LINE}}{T_{LINE}} \ldots\ldots\ldots (3.3)$$

$$V_L = V_S\,X\,\frac{P_S}{P_L}\,X\,\frac{T_L}{T_S} \ldots\ldots\ldots (3.3)$$

Dimana: P = Tekanan
V = Volume
T = Temperatur

7) Manajemen Data

Manajemen data merupakan tahapan awal yang dilakukan sebelum memulai analisis dispersi. Manajemen data pada penelitian kali ini bertujuan untuk menyeleksi data – data sekunder yang didapatkan. Penyeleksian data harus dilakukan untuk menghilangkan data – data yang menyimpang dan bisa menganggu keakuratan dari analisis dispersi. Data – data yang akan diseleksi adalah data meteorologi selama tahun 2015 dan flow rate menuju fasilitas pembeli selama bulan Januari 2016. Manajemen data penelitian kali ini bertujuan menggunakan metode standar deviasi untuk populasi. Persamaan 3.4. menunjukkan rumus dari metode standar deviasi yang digunakan.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=N}^{N}(Xi - \mu)^2} \ldots\ldots (3.4)$$

dimana:σ = standar deviasi populasi
N = banyaknya data
Xi = data ke-n
μ = rata – rata dari data

kemudian proses seleksi data dilakukan dengan rumus berikut.

$$\sigma\, maksimum = \mu + \sigma$$
$$\sigma\, minimum = \mu + \sigma$$

dimana data yang menyimpang merupakan data yang berada diluar dari *range* σ maksimum sampai dengan σ minimum.

8) Analisis Dispersi menggunakan ALOHA

Analisis dispersi emisi hidrokarbon pada penelitian kali ini menggunakan perangkat ALOHA versi 5.4.4 yang dikeluarkan oleh *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) Amerika Serikat pada tahun 2013. Dalam melakukan analisis dispersi kali ini, dipilih 4 skenario yang mungkin terjadi ketika terjadi *emergency hydrocarbon release*. Keempat skenario tersebut adalah sebagai berikut.

a) Skenario 1: Skenario ini menggambarkan kondisi dimana pada saat *emergency hydrocarbon release* seluruh gas yang ada pada ORF X akan dibuang menuju *cold vent* pada ORF X.
b) Skenario 2: Skenario ini menggambarkan kondisi dimana pada saat *emergency hydrocarbon release* terjadi kegagalan penutupan (*failure*) dari SDV yang terdapat

pada pipa utama distribusi ORF X, sehingga gas yang ada pada pipa tersebut, seluruhnya akan dibuang menuju *cold vent* pada ORF X. Volume gas yang dibuang akan ditambah dengan volume gas pada skenario 1, hal ini dikarenakan skenario 1 (gas yang ada di ORF akan dibuang pada saat *emergency hydrocarbon release*) merupakan keharusan dimana hal ini dilakukan untuk mencegah terjadi nya ledakan pada ORF itu sendiri. Secara desain skenario ini sangat kecil kemungkinannya untuk terjadi, adanya skenario ini hanya untuk keperluan studi.

c) Skenario 3: Skenario ini menggambarkan kondisi dimana pada saat *emergency hydrocarbon release* seluruh gas yang ada pada ORF Y akan dibuang menuju *cold vent* pada ORF Y.

d) Skenario 4: Skenario ini menggambarkan kondisi dimana pada saat *emergency hydrocarbon release* terjadi kegagalan penutupan (*failure*) dari SDV yang terdapat pada pipa utama distribusi ORF Y, sehingga gas yang ada pada pipa tersebut, seluruhnya akan dibuang menuju *cold vent* pada ORF Y. Volume gas yang dibuang akan ditambah dengan volume gas pada skenario 3, hal ini dikarenakan skenario 3 (gas yang ada di ORF akan dibuang pada saat *emergency hydrocarbon release*) merupakan keharusan dimana hal ini dilakukan untuk mencegah terjadi nya ledakan pada ORF itu sendiri. Secara desain skenario ini sangat kecil kemungkinannya untuk terjadi, adanya skenario ini hanya untuk keperluan studi

Dalam menganalisis dispersi emisi, perangkat ALOHA hanya dapat menggambarkan dispersi dari satu jenis bahan kimia saja, sehingga pada penelitian kali ini bahan kimia yang dipilih adalah metana dalam bentuk gas. Metana dipilih karena dari komposisi tipikal kedua ORF, metana merupakan komposisi yang paling dominan yaitu diatas 90%. Volume gas yang nanti dibuang pada saat *emergency hydrocarbon release* akan dikali dengan komposisi metana sesuai dengan tipikal ORF masing masing. Pada penelitian kali ini daerah bahaya yang akan dicari adalah daerah yang berisiko terkena efek kesehatan akibat paparan

emisi hidrokarbon dan yang kedua adalah daerah yang berisiko mengalami ledakan karena gas metana merupakan gas yang mudah meledak apabila terdapat sumber api. Lampiran A menunjukkan cara dari pengoperasian ALOHA 5.4.5. Hasil analisis ALOHA 5.4.5 kemudian akan dijadikan acuan untuk manajemen risiko yang dibuat,

9) Manajemen Risiko

Setelah didapatkan daerah bahaya dari hasil analisis dispersi, maka akan dilakukan manajemen risiko dengan m odel yang dibuat oleh DNV-GL sehingga dapat dibuat *major hazard management plan worksheet*. Tabel 3.4 menunjukkan Contoh dari *major hazard management plan worksheet* yang akan dibuat.

Tabel 3. 2 *Major Hazard Management Plan Worksheet*

Risiko	Penyebab Kejadian	Penanggulan Risiko		Bahaya	Penanggulangan Bahaya	Monitoring Bahaya
		Prevent	*Detect / Control*		*Mitigation*	

Sumber: DNV-GL, 2007.

10) Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan disusun berdasarkan hasil analisis dan pambahasan. Kesimpulan merupakan jawaban dari tujuan penelitian. Sedangkan saran diberikan untuk memperbaiki kekurangan dari penelitian ini.

BAB 4
PEMBAHASAN

4.1 Volume Gas pada *Emergency hydrocarbon release*

Volume gas yang dikeluarkan pada s aat *emergency hydrocarbon release* harus diukur dengan cermat. Pada penelitian kali ini volume gas dihitung dengan mengunakan dua pendekatan, yaitu:

1) Untuk skenario 1 dan 3 p ada penelitian kali ini, terlebih dahulu akan dihitung lamanya waktu yang diperlukan untuk melakukan *emergency hydrocarbon release* dengan menggunakan Persamaan 3.1.

$$t = f\,\frac{D^2}{d^2}\,L\,\Delta P$$

Dimana: t = waktu *emergency hydrocarbon release* (menit)

f = koefisien (0,38 min/Mpa.km)
D= diameter dari pipa utama (m)
d = diameter dari pipa vent (m)
L = panjang pipa utama (km)
ΔP = perbedaan tekanan sebelum dan sesudah *hydrocarbon release* (MPa)

Setelah diketahui prakiraan cermat mengenai waktu yang diperlukan untuk melakukan *emergency hydrocarbon release*, hasil yang diperoleh kemudian dikalikan dengan *flow rate* yang mengalir pada pipa sehingga didapatkan volume gas yang keluar ketika terjadi emergency *hydrocarbon release*.

2) Untuk skenario 2 dan 4 volume gas dihitung dengan pendekatan volume pipa pipa distribusi utama ORF X dan ORF Y, dimana volume pipa tersebut dihitung dengan Persamaan 4.1 .

$$V = L\,X\,\frac{1}{4}\pi D^2 \ldots\ldots (4.1)$$

Dimana: V = volume (m^3)
L = panjang pipa (m)
D = diameter pipa (m)
π = 3.14

Volume gas yang keluar kemudian ditambahkan dengan volume gas pada skenario 1 dan 2. Skenario 2 dan 4 menggambarkan *worst case scenario* yang dapat terjadi pada saat *emergency hydrocarbon release*.

4.1.1 Durasi *Emergency Hydrocarbon Release*

Dengan menggunakan pendekatan yang telah dijelaskan pada Bab 4.1, waktu *hydrocarbon release* yang diperlukan pada skenario 1 dan 3 adalah sebagai berikut.

1) **Skenario 1:**

Nilai dari parameter: D = 10 inch = 0,254 m
d = 18 inch = 0,4572 m
L = 65 m = 0,065 km
ΔP = 350 psig = 2,41 MPa

Sehingga dapat dicari waktu *hydrocarbon release* yang diperlukan sebagai berikut.

$$t = f\,\frac{D^2}{d^2}\,L\,\Delta P$$

$$t = 0,38\,x\,\frac{0,254^2}{0,4572^2}\,x\,0,065\,x\,2,41$$

$$t = 0,0184\ menit \sim 1,1038\ detik$$

Waktu *hydrocarbon release* yang digunakan pada penelitan kali ini adalah 2 detik, yang merupakan pembulatan dari 1,1038 detik.

2) **Skenario 2:**

Nilai dari parameter: D = 10 inch = 0,254 m
d = 18 inch = 0,4572 m
L = 31 mil = 49,8895 km
ΔP = 350 psig = 2,41 MPa

Sehingga dapat dicari waktu *hydrocarbon release* yang diperlukan sebagai berikut.

$$t = f\,\frac{D^2}{d^2}\,L\,\Delta P$$

$$t = 0,38\,x\,\frac{0,254^2}{0,4572^2}\,x\,49,8895\,x\,2,41$$

$$t = 14,1384\ menit \sim 848,305\ detik$$

Waktu *hydrocarbon release* yang digunakan pada penelitan kali ini adalah 15 menit, yang merupakan pembulatan dari 14,1384 menit.

3) Skenario 3:

Nilai dari parameter: D = 10 inch = 0,254 m
d = 18 inch = 0,4572 m
L = 30 m = 0,03 km
ΔP = 390 psig = 2,69 MPa

Sehingga dapat dicari waktu *hydrocarbon release* yang diperlukan sebagai berikut.

$$t = f\ \frac{D^2}{d^2}\ L\ \Delta P$$

$$t = 0,38\ x\ \frac{0,254^2}{0,4572^2}\ x\ 0,03\ x\ 2,69$$

$$t = 0,009\ menit \sim 0,568\ detik$$

Waktu *hydrocarbon release* yang digunakan pada penelitan kali ini adalah 1 detik, yang merupakan pembulatan dari 0,568 detik.

4) Skenario 4

Nilai dari parameter: D = 10 inch = 0,254 m
d = 18 inch = 0,4572 m
L = 8 mil = 12,8747 km
ΔP = 350 psig = 2,41 MPa

Sehingga dapat dicari waktu *hydrocarbon release* yang diperlukan sebagai berikut.

$$t = f\ \frac{D^2}{d^2}\ L\ \Delta P$$

$$t = 0,38\ x\ \frac{0,254^2}{0,4572^2}\ x\ 12,8747\ x\ 2,41$$

$$t = 4,07\ menit \sim 244,2\ detik$$

Waktu *hydrocarbon release* yang digunakan pada penelitan kali ini adalah 5 m enit, yang merupakan pembulatan dari 4,07 menit.

4.1.2 Manajemen Data *Flow Rate* Gas ORF X dan ORF Y

1) ORF X

Berdasarkan data pengamatan hasil selama bulan Januari 2016, *flow rate* gas yang mengalir pada ORF X dapat dilihat pada Tabel 4.1. Untuk mendapatkan nilai

pada kolom B adalah dengan mengalikan nilai kolom A dengan menggunakan Persamaan 3.2. Sedangkan nilai kolom C adalah nilai kolom B dikalikan dengan menggunakan Persamaan 3.3. dimana nilai P adalah 350 psig dan T adalah 83.66^{o}F. Nilai P merupakan nilai dari tekanan operasional pada ORF X, sedangkan nilai T merupakan rata – rata temperatur udara berdasarkan data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Setempat.

Tabel 4. 1 *Flow Rate* Gas ORF X.

Tanggal	MSCFD (A)	m3/hari(standard) (B)	m3/hari(aktual) (C)
01-Jan-16	83451,544	2363097,363	9414,130
02-Jan-16	79440,833	2249526,071	8961,683
03-Jan-16	77597,496	2197328,280	8753,737
04-Jan-16	77561,647	2196313,147	8749,693
05-Jan-16	79652,381	2255516,467	8985,548
06-Jan-16	78852,878	2232876,949	8895,356
07-Jan-16	79764,767	2258698,893	8998,226
08-Jan-16	79149,361	2241272,461	8928,803
09-Jan-16	77993,227	2208534,217	8798,380
10-Jan-16	78127,335	2212331,748	8813,508
11-Jan-16	78753,545	2230064,120	8884,151
12-Jan-16	79599,518	2254019,554	8979,585
13-Jan-16	79567,621	2253116,315	8975,986
14-Jan-16	78421,468	2220660,701	8846,689
15-Jan-16	77267,728	2187990,259	8716,536
16-Jan-16	77999,138	2208701,585	8799,046
17-Jan-16	82776,035	2343968,983	9337,926
18-Jan-16	85024,328	2407633,902	9591,555
19-Jan-16	79546,734	2252524,861	8973,630
20-Jan-16	82025,296	2322710,301	9253,235
21-Jan-16	81386,114	2304610,582	9181,130
22-Jan-16	80905,781	2291008,989	9126,943

Tanggal	MSCFD (A)	m3/hari(standard) (B)	m3/hari(aktual) (C)
23-Jan-16	78029,835	2209570,841	8802,509
24-Jan-16	78163,085	2213344,069	8817,541
25-Jan-16	75723,585	2144264,754	8542,342
26-Jan-16	74236,933	2102167,235	8374,634
27-Jan-16	74928,475	2121749,615	8452,646
28-Jan-16	72680,210	2058085,518	8199,021
29-Jan-16	71995,526	2038697,298	8121,782
30-Jan-16	72233,045	2045423,121	8148,576
31-Jan-16	74170,864	2100296,350	8367,181

Sumber: PT. Z, 2016

Contoh perhitungan *flow rate* gas:

- Nilai MSCFD = 83451,544
- $\mathrm{m}^3 = \mathrm{MSCFD\ X}\ \left({}^{1}/_{37,3}\right)\ \mathrm{X}\ 1000$
- $\mathrm{m}^3 = 83451{,}544\ \mathrm{X}\ (0{,}028317)\ \mathrm{X}\ 1000$ (pake 28.317)
- $N\mathrm{m}^3 = 2363097{,}363$ (standar)
- $V_L = V_S\ X\ \frac{P_S}{P_L}\ X\ \frac{T_L}{T_S}$
- $V_L = 2363097{,}363\ X\ \frac{1}{350}\ X\ \frac{83.66}{60}$
- V_L = 9414,130 m^3/hari

Setelah didapatkan data *flow rate* gas selama satu bulan, maka akan diseleksi data tersebut menggunakan metode standar deviasi sesuai dengan Persamaan 3.4. Hasil perhitungan adalah sebagai berikut.

- Rata – rata data = 8831,99 m^3/hari
- Standar deviasi = 348,27
- Deviasi minimum = 8483,72 m^3/hari
- Deviasi maksimum = 9180,26 m^3/hari
- Range data = 8483,72 – 9180,26 m^3/hari

Data yang tidak digunakan adalah data dengan tulisan berwarna merah. Sehingga dapat dihitung rata – rata baru adalah sebesar 8867,49 m^3/hari

2) ORF Y

Berdasarkan data pengamatan hasil selama bulan Januari 2016, *flow rate* gas yang mengalir pada ORF Y

dapat dilihat pada Tabel 4.2. Untuk mendapatkan nilai pada kolom B adalah dengan mengalikan nilai kolom A dengan menggunakan Persamaan 3.2. Sedangkan nilai kolom C adalah nilai kolom B dikalikan dengan menggunakan Persamaan 3.3. dimana nilai P adalah 390 psig dan T adalah 83.66°F. Nilai P merupakan nilai dari tekanan operasional pada ORF Y, sedangkan nilai T merupakan rata – rata temperatur udara berdasarkan data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Setempat.

Tabel 4. 2 *Flow Rate* Gas ORF Y

Tanggal	MSCFD (A)	m3/hari(standard) (B)	m3/hari(aktual) (C)
01-Jan-16	66214,315	1874990,752	6703,493
02-Jan-16	58232,577	1648971,874	5895,427
03-Jan-16	61978,760	1755052,541	6274,688
04-Jan-16	140564,746	3980371,907	14230,680
05-Jan-16	116121,004	3288198,476	11756,012
06-Jan-16	93333,679	2642929,797	9449,039
07-Jan-16	133681,118	3785448,216	13533,786
08-Jan-16	135826,076	3846186,986	13750,940
09-Jan-16	116766,547	3306478,317	11821,366
10-Jan-16	85580,972	2423396,370	8664,160
11-Jan-16	127809,941	3619194,105	12939,392
12-Jan-16	81525,250	2308550,504	8253,561
13-Jan-16	88609,619	2509158,578	8970,778
14-Jan-16	97724,036	2767251,522	9893,515
15-Jan-16	95389,206	2701136,152	9657,139
16-Jan-16	84309,244	2387384,860	8535,411
17-Jan-16	61222,292	1733631,648	6198,104
18-Jan-16	90187,256	2553832,534	9130,497
19-Jan-16	91807,964	2599726,122	9294,576
20-Jan-16	103111,452	2919806,986	10438,934
21-Jan-16	103505,267	2930958,651	10478,803

Tanggal	MSCFD (A)	m3/hari(standard) (B)	m3/hari(aktual) (C)
22-Jan-16	117695,743	3332790,343	11915,438
23-Jan-16	85003,163	2407034,578	8605,663
24-Jan-16	80000,109	2265363,075	8099,157
25-Jan-16	112876,415	3196321,429	11427,532
26-Jan-16	131260,684	3716908,792	13288,743
27-Jan-16	131993,092	3737648,383	13362,892
28-Jan-16	128159,012	3629078,740	12974,732
29-Jan-16	127474,644	3609699,494	12905,447
30-Jan-16	113289,672	3208023,631	11469,370
31-Jan-16	90898,268	2573966,258	9202,479

Sumber: PT. Z, 2016

Contoh perhitungan *flow rate* gas:

- Nilai MSCFD = 66214,315
- $m^3 = \text{MSCFD X } \left({}^{1}/_{37,3}\right) \text{ X } 1000$
- $m^3 = 66214{,}315 \text{ X } \left({}^{1}/_{37,3}\right) \text{ X } 1000$
- $m^3 = 1874990{,}752$ (standar)
- $V_L = V_S \, X \, \frac{P_S}{P_L} \, X \, \frac{T_L}{T_S}$
- $V_L = 1874990{,}752 \, X \, \frac{1}{390} \, X \, \frac{83.66}{60}$
- V_L = 6703,493 m^3

Setelah didapatkan data *flow rate* gas selama satu bulan, maka akan diseleksi data tersebut menggunakan metode standar deviasi sesuai dengan Persamaan 3.2. Hasil perhitungan adalah sebagai berikut.

- Rata – rata data = 10294,25 m^3/hari
- Standar deviasi = 2385,99
- Deviasi minimum = 7908,26 m^3/hari
- Deviasi maksimum = 12680,24 m^3/hari
- Range data = 7908,26 – 12680,24 m^3/hari

Data yang tidak digunakan adalah data dengan tulisan berwarna merah. Sehingga dapat dihitung rata – rata baru adalah sebesar 9845,44 m^3/hari

4.1.3 Volume Gas pada *Emergency Hydrocarbon Release*

1) Skenario 1

Volume gas yang dikeluarkan ketika terjadi emergency *hydrocarbon release* didapat dengan mengkalikan *flow rate* yang mengalir dengan waktu *hydrocarbon release*. Perhitungan volume gas dapat dilihat di bawah.

- *Flow rate* ORF X = 8867,49 m^3/hari
- Waktu *release* = 2 detik
- Volume gas = $\frac{8867{,}49\ m^3/hari}{86400\ detik/hari}\ x\ 2\ detik$
  = 0,205 m^3

Karena komposisi tipikal metana pada ORF X adalah 90,1% (Tabel 2.2) maka volume gas yang didapatkan dikali dengan 90,1% sehingga menjadi sebagai berikut.

- Volume gas = 0,205 m^3
- Komposisi = 90,1%
- Volume metana = 90,1% x 0,205 m^3
  = 0,185 m^3
- Flow rate release = 0,185 m^3/1,1308 detik
  = 0,164 m^3/detik.

2) Skenario 2

Volume gas diasumsikan sama dengan volume pipa yang dipasang di pipa distribusi utama ORF X, sesuai dengan Persamaan 4.1 Perhitungan volume gas adalah sebagai berikut.

- Panjang = 31 mil ~ 49889,54 m
- Diameter = 26 inci ~ 0,6604 m
- Volume = 17095,75 m^3

Karena komposisi tipikal metana pada ORF X adalah 90,1% (Tabel 2.2) maka volume gas yang didapatkan dikali dengan 90,1% sehingga menjadi sebagai berikut.

- Volume gas = 17095,75 m^3
- Komposisi = 90,1%
- Volume metana = 90,1% x 17095,75 m^3
  = 15403,275 m^3

Volume metana pada skenario 2 ditambah dengan skenario 1 seperti yang telah dijelaskan pada Bab 3.2, sehingga volume metana menjadi

- Volume metana total = 15403,275 m^3 + 0,185 m^3
  = 15403,460 m^3
- Flow rate release = 15403,460 m^3 / 848,305 detik
  = 18,16 m^3/detik.

3) Skenario 3

Volume gas yang dikeluarkan ketika terjadi emergency *hydrocarbon release* didapat dengan mengkalikan *flow rate* yang mengalir dengan waktu *hydrocarbon release*. Perhitungan volume gas dapat dilihat di bawah.

- *Flow rate* ORF Y = 9845,44 m^3/hari
- Waktu = 1 detik
- Volume gas = $\frac{9845{,}44\ m^3/hari}{86400\ detik/hari}\ x\ 1\ detik$
  = 0,114 m^3

Karena komposisi tipikal metana pada ORF Y adalah 91,1% (Tabel 2.3) maka volume gas yang didapatkan dikali dengan 91,1% sehingga menjadi sebagai berikut.

- Volume gas = 0,114 m^3
- Komposisi = 91,1%
- Volume metana = 91,1% x 0,114 m^3
  = 0,104 m^3
- Flow rate release = 0,104 m^3 / 0,568 detik
  = 0,183 m^3/detik

4) Skenario 4

Volume gas diasumsikan sama dengan volume pipa yang dipasang di pipa distribusi utama ORF Y, sesuai dengan Persamaan 4.1 Perhitungan volume gas adalah sebagai berikut.

- Panjang = 8 mil ~ 12874,72 m
- Diameter = 26 inci ~ 0,6604 m
- Volume = 4411,81 m^3

Karena komposisi tipikal metana pada ORF Y adalah 91,1% (Tabel 2.3) maka volume gas yang didapatkan dikali dengan 91,1% sehingga menjadi sebagai berikut.

- Volume gas = 4411,81 m^3
- Komposisi = 91,1%
- Volume metana = 91,1% x 4411,81 m^3

= 4019,157 m^3

Volume metana pada skenario 2 ditambah dengan skenario 1 seperti yang telah dijelaskan pada Bab 3.2, sehingga volume metana menjadi

- Volume metana total = 4019,157 m^3 + 0,104 m^3
  = 4019,261 m^3
- Flow rate release = 4019,261 m^3 / 244,2 detik
  = 16.5 m^3/detik.

4.2 Input Data ALOHA

Perangkat ALOHA membutuhkan beberapa input data untuk melakukan analisis dispersi emisi yang ingin diteliti. Input data tersebut dapat dibagi menjadi tiga yaitu:

1) Input Data Meteorologi
2) Input Data Karakteristik Emisi
3) Input Data Sumber Emisi

4.2.1 Data Meteorologi

Data meteorologi yang diperlukan pada analisis kali ini adalah:

1) Kecepatan angin
2) Arah Angin
3) Kekasaran permukaan
4) Kondisi cuaca
5) Temperatur udara
6) Kelas kestabilan
7) Ketinggian *inversion layer*
8) Kelambapan Udara

Parameter kecepatan angin, arah angin, temperatur udara dan kelembaban udara didapatkan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Setempat., yang berada dekat dengan kedua ORF. Tabel 4.3 menunjukkan data meteorologi yang didapat.

Tabel 4. 3 Data BMKG setempat.

No	Bulan	Angin			Suhu Udara	Kelembaban Udara
		Dari	Ke	Kecepatan (knots)		
1	Januari	270	90	5,2	27,4	81,0

No	Bulan	Angin			Suhu Udara	Kelembaban Udara
		Dari	Ke	Kecepatan (knots)		
2	Februari	315	135	3,0	**27,0**	**83,0**
3	Maret	45	225	3,3	28,1	78,0
4	April	270	90	3,9	28,6	76,0
5	Mei	45	225	4,5	29,4	72,0
6	Juni	45	225	4,0	28,8	71,0
7	Juli	45	225	5,0	28,6	69,0
8	Agustus	45	225	4,9	28,5	70,0
9	September	45	225	4,8	29,0	**66,0**
10	Oktober	45	225	4,3	**29,6**	**66,0**
11	Nopember	45	225	3,0	**29,7**	72,0
12	Desember	45	225	4,1	28,7	77,0

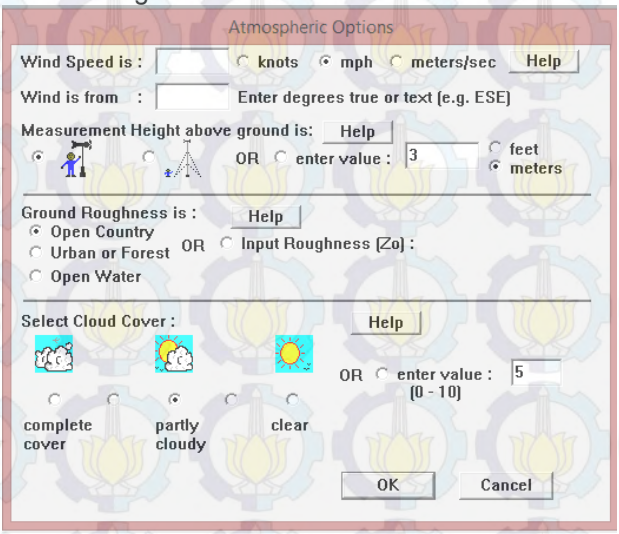
Sumber: BMKG Setempat, 2015.

Dari Tabel diatas dapat disimpulkan beberapa hal yaitu:

- Arah angin yang paling dominan adalah berhembus dari arah 45^{o}, namun karena angin merupakan fenomena alam yang sulit untuk diprediksi dari mana akan berhembus, maka arah 270^{o}, dan 315^{o} juga akan dimasukan dalam analisis
- Kecepatan angin yang digunakan dalam analisis adalah nilai maksimal, nilai minimum, dan n ilai rata – rata dari hasil pengamatan yang dilakukan oleh Stasiun Maritim Meteorologi Y, yaitu 3,0 knot, 4,4 knot, dan 5.2 knot.
- Untuk parameter suhu udara dan kelembaban udara terlebih dahulu dilakukan manajemen data menggunakan metode standar deviasi sesuai dengan Persamaan 3.2 sehingga nilai rata – rata dari kedua parameter tersebut dapat lebih akurat. Nilai dari parameter suhu udara yang akan digunakan dalam analisis adalah $28,7^{o}C$ atau $83,66^{o}F$, sedangkan untuk parameter kelembaban udara adalah 73%.

Selain tiga parameter yang telah disebutkan diatas, parameter lain yang diperlukan adalah kekasaran

permukaan dimana pada penelitian kali ini digunakan kekasaran permukaan untuk daerah *urban/forest*. Kelas kestabilan yang dipilih pada penelitian kali ini adalah kelas kestabilan b dan d, dimana kelas kestabilan b menggambarkan kondisi cerah (cenderung tidak stabil) dan kelas kestabilan d menggambarkan kondisi berawan (cenderung stabil). Ketinggian *inversion layer* tidak digunakan pada penelitian kali ini karena penelitian yang mendukung mengenai ketinggian *inversion layer* tidak ada sehingga dianggap tidak memiliki *inversion layer*. Gambar 4.1 menunjukan *screenshot* dari input data meteorologi.



Gambar 4. 1 *Screenshot* Input Data Meteorologi ALOHA

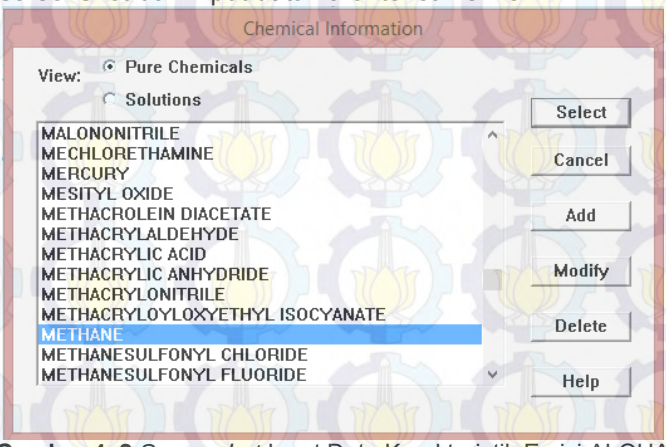
4.2.2 Data Karakteristik Emisi

Data karakteristik emisi yang diperlukan antara lain:

1) *Specific gravity*
2) Temperatur kritis
3) Tekanan kritis
4) Densitas
5) Titik nyala
6) *Lower explosive limit*

7) *Upper explosive limit*
8) Massa atom relatif
9) *Vapor pressure*

Semua data karakteristik emisi yang diperlukan tersedia secara *default* pada perangkat ALOHA. Data yang digunakan oleh ALOHA berasal dari US EPA (*United States Environmental Protection Agency)*. Emisi yang akan diteliti pada penelitian kali ini hanyalah metana yang dianggap mewakili komposisi hidrokarbon, hal ini dikarenakan komposisi hidrokarbon lainnya seperti propana,butana,pentana dan etana jauh lebih kecil dibandingkan dengan metana. Gambar 4.2. menunjukan *screenshot* dari input data karakteristik emisi.



Gambar 4. 2 *Screenshot* Input Data Karakteristik Emisi ALOHA

4.2.2 Data Sumber Emisi

Data sumber emisi yang diperlukan pada penelitian kali ini adalah:

1) Besarnya emisi yang dihasilkan (dalam m^3)
2) Tinggi dari tempat dimana emisi dihasilkan
3) Tekanan dari gas
4) Temperatur gas

Besarnya emisi yang dihasilkan sama dengan jumlah volume gas yang dikeluarkan ketika proses *emergency hydrocarbon release* dimana volume tersebut telah dihitung pada

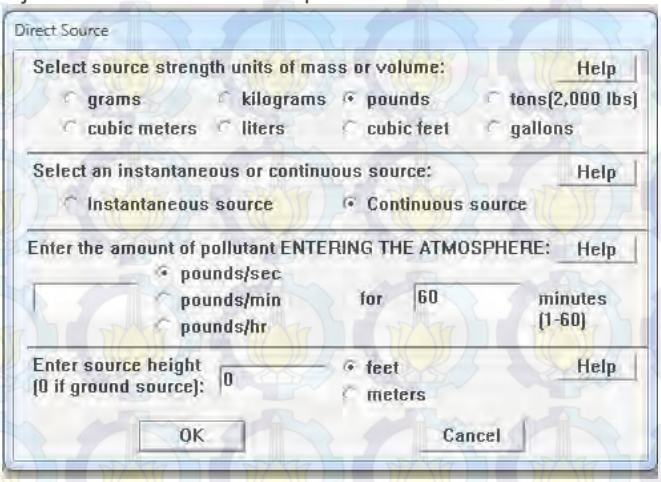
Bab 4.1.3. Tabel 4.4 menunjukkan besarnya emisi yang dihasilkan.

Tabel 4. 4 Besarnya Emisi yang Dihasilkan

Skenario	Volume Metana (m^3)
Skenario 1	0,185
Skenario 2	15403,460
Skenario 3	0,104
Skenario 4	4019,261

Sumber: hasil perhitungan.

Nilai dari parameter tekanan dan temperatur gas adalah 350 psig (364.7 psia) untuk ORF X dan 390 psig (404.7 psia) untuk ORF Y. Sedangkan temperatur gas dianggap sama dengan temperatur udara ambien. Ketinggian dimana emisi dihasilkan adalah 190 kaki atau sama dengan 57 ,9 meter. Gambar 4.3. menunjukan screenshot dari input data karakteristik emisi.



Gambar 4. 3 *Screenshot* Input Data Sumber Emisi ALOHA

Tabel 4.5 menunjukkan hasil rekapan input data ALOHA untuk data meteorologi, data karakteristik emisi, dan data sumber emisi.

Tabel 4. 5 Parameter Input Data ALOHA

Jenis Parameter	Nilai	Keterangan Variabel
Kecepatan angin	Variabel	3 / 4,4 / 5 knot
Arah angin	Variabel	45^{o} / 270^{o} / 315^{o}
Suhu udara	28.7^{o}C ~ 83.66^{O}F	-
Kelembapan	73%	-
Kekasaran permukaan	Urban	-
Kelas kestabilan	Variabel	B dan D
Data Kimia	Metan (gas)	-
Flow rate	Variabel (m^3/detik)	0,165 / 18,16 0,183 / 16,5
Release time		2 sekon / 15 menit 1 sekon / 5 menit
Ketinggian sumber	190 feet ~ 57.9 m	-
Temperatur gas	ambient	-
Tekanan pipa	364.7 psia (X) / 404.7 psia (Y)	-

4.3 Standar Baku Pembanding

Hasil dari analis dispersi menggunakan ALOHA adalah berupa *threat zone*, dimana *threat zone* merupakan daerah dimana konsentrasi emisi yang dihasilkan berada diatas standar baku pembanding tertentu yang ditetapkan. Penentuan standar yang dapat dipakai sebagai pembanding dengan konsentrasi emisi beragam, diantaranya yang paling sering dipakai adalah *Lower Expolosive Limit* (LEL) untuk menentukan daerah yang rawan kebakaran apabila terpapar emisi, kemudian untuk mengetahui daerah yang berisiko terkena efek kesehatan dapat digunakan standar *Acute Exposure Guideline Levels for Airborne Chemical* (AEGLs). Standar pembanding yang digunakan berbeda – beda, tergantung kepada industri atau *stakeholder* terkait yang menetapkan standar tersebut. Tabel 4.6. menunjukkan standar pembanding yang digunakan dalam penelitian kali ini

Tabel 4. 6 Standar Pembanding yang Digunakan

Standar baku (ppm)	Sumber	Pembanding
50000	ALOHA	*Flammable Area*
30000	ALOHA	*Flammable Area*
5000	ALOHA	*Flammable Area*
2500	PT. Z	*Toxic Area*
1000	MSDS Natural Gas	*Toxic Area*

Definisi dari LEL adalah konsentrasi minimum dari gas yang mudah terbakar (atau uapnya) yang dapat menyala apabila ada sumber api. Penelitian kali ini menggunakan nilai LEL *default* ALOHA yaitu 50000 ppm (5%), tetapi banyak terjadi dimana gas menyala sebelum dilampaui nya LEL oleh karena itu standar pembanding lainnya adalah 60% LEL, dan 10% LEL. Standar baku untuk pembanding *toxic area* didapatkan dari dokumen PT. Z yang menyebutkan bahwa konsentrasi paparan maksimal adalah 5% dari LEL yaitu 2500 ppm dan digunakan standar lainnya yaitu dari MSDS gas alam yang dikeluarkan oleh Cenovus Energy Inc. yaitu sebesar 1000 ppm. Perlu diketahui bahwa 1000 ppm merupakan nilai dari *Treshold Limit Value* (TLV) yang merupakan ambang batas paparan selama 8 jam (asumsi jam kerja). Sedikit kemungkinan bahwa gas metan yang terdispersi akan bertahan selama 8 jam di udara, karena gas metan sendiri merupakan gas yang mudah menguap sehingga diperkirakan tidak akan bertahan lama di udara. Nilai dari TLV tetap dimasukan kedalam standar pembanding karena selain daerah yang berisiko tinggi perlu diketahui juga daerah yang berisiko rendah.

4.4 Analisis Dispersi Emisi dengan ALOHA

Tabel 4.7 sampai dengan Tabel 4.14 menunjukkan hasil dari analisis dispersi emisi.

Tabel 4. 7 Hasil Analisis Dispersi Emisi ALOHA Skenario 1 (*Toxic Area)*

Kecepatan Angin	Stabilitas	Radius Bahaya 2500 ppm (km)	Radius Bahaya 1000 ppm (km)
3	**B**	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
3	**D**	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi

Kecepatan Angin	Stabilitas	Radius Bahaya 2500 ppm (km)	Radius Bahaya 1000 ppm (km)
4.4	B	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
4.4	D	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
5	B	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
5	D	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi

Sumber: Hasil perhitungan ALOHA

Tabel 4. 8 Hasil Analisis Dispersi Emisi ALOHA Skenario 1 (*Flammable Area)*

Kecepatan Angin	Stabilitas	Flammable 50000 ppm	Flammable 30000 ppm	Flammable 5000 ppm
3	B	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
3	D	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
4.4	B	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
4.4	D	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
5	B	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
5	D	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi

Sumber: Hasil perhitungan ALOHA

Tabel 4. 9 Hasil Analisis Dispersi Emisi ALOHA Skenario 2 (*Toxic Area*)

Kecepatan Angin	Stabilitas	Radius Bahaya 2500 ppm (km)	Radius Bahaya 1000 ppm (km)
3	B	0,724	1,1
3	D	1,6	2,8
4.4	B	0,602	0,931
4.4	D	1,3	2,2
5.2	B	0,554	0,860
5.2	D	1,1	2,0

Sumber: Hasil perhitungan ALOHA

Tabel 4. 10 Hasil Analisis Dispersi Emisi ALOHA Skenario 2 (*Flammable Area*)

Kecepatan Angin	Stabilitas	Flammable 50000 ppm	Flammable 30000 ppm	Flammable 5000 ppm
3	B	Tidak Terdeteksi	0,273	0,72
3	D	Tidak Terdeteksi	0,498	1,6
4.4	B	Tidak Terdeteksi	0,191	0,598
4.4	D	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	1,3
5.2	B	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	0,55
5.2	D	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	1,1

Sumber: Hasil perhitungan ALOHA

Tabel 4. 11 Hasil Analisis Dispersi Emisi ALOHA Skenario 3 (*Toxic Area*)

Kecepatan Angin	Stabilitas	Radius Bahaya 2500 ppm (km)	Radius Bahaya 1000 ppm (km)
3	B	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
3	D	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
4.4	B	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
4.4	D	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
5	B	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
5	D	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi

Sumber: Hasil perhitungan ALOHA

Tabel 4. 12 Hasil Analisis Dispersi Emisi ALOHA Skenario 3 (*Flammable Area*)

Kecepatan Angin	Stabilitas	Flammable 50000 ppm	Flammable 30000 ppm	Flammable 5000 ppm
3	B	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
3	D	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
4.4	B	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
4.4	D	Tidak	Tidak	Tidak

Kecepatan Angin	Stabilitas	Flammable 50000 ppm	Flammable 30000 ppm	Flammable 5000 ppm
		Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi
5	B	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
5	D	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi

Sumber: Hasil perhitungan ALOHA

Tabel 4. 13 Hasil Analisis Dispersi Emisi ALOHA Skenario 4 (*Toxic Area*)

Kecepatan Angin	Stabilitas	Radius Bahaya 2500 ppm (km)	Radius Bahaya 1000 ppm (km)
3	B	0,729	1,1
3	D	1,6	2,5
4.4	B	0,605	0,936
4.4	D	1,3	2,2
5	B	0,558	0,866
5	D	1,2	2,0

Sumber: Hasil perhitungan ALOHA

Tabel 4. 14 Hasil Analisis Dispersi Emisi ALOHA Skenario 4 (*Flammable Area*)

Kecepatan Angin	Stabilitas	Flammable 50000 ppm (m)	Flammable 30000 ppm (m)	Flammable 5000 ppm
3	B	Tidak Terdeteksi	0,276	0,724
3	D	Tidak Terdeteksi	0,504	1,6
4.4	B	Tidak Terdeteksi	0,194	0,602
4.4	D	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	1,3
5	B	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	0,554
5	D	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	1,1

Sumber: Hasil perhitungan ALOHA

4.4.1 Analisis Dispersi Emisi Skenario 1

Hasil analisis dispersi emisi dengan perangkat ALOHA dapat dilihat bahwa dengan skenario 1, *toxic area* dan *flammable*

area tidak terdeteksi yang berarti bahwa konsentrasi emisi yang dihasilkan selalu lebih kecil dengan standar baku pembanding yang digunakan. Hal ini disebabkan oleh volume emisi yang dikeluarkan kecil (0,185 m^3) dan tinggi dari *cold vent* yang ada pada ORF X mencapai 190 feet (59,7 m) sehingga gas metana dapat terdispersi dengan baik sehingga konsentrasi sebarannya semakin kecil.

4.4.2 Analisis Dispersi Emisi Skenario 2

Hasil analisis dispersi emisi dengan perangkat ALOHA dapat dilihat bahwa radius *toxic area* terjauh mencapai 1,6 km (diatas 2500 ppm) dan 2, 8 km (diatas 1000 ppm). Radius ini tercapai dengan kondisi kecepatan angin minimum yaitu 3 knot, dan kondisi cuaca berawan yaitu kelas kestabilan D (cenderung stabil). Sedangkan untuk daerah rawan terbakar (*flammable area*) tidak terdeteksi pada konsentrasi diatas 50000 ppm, 0,498 km (diatas 30000 ppm) dan 1, 6 km (diatas 5000 ppm). Gambar 4.4 dan 4.5 memperlihatkan visualisasi dispersi emisi skenario 2.

4.4.3 Analisis Dispersi Emisi Skenario 3

Hasil analisis dispersi emisi dengan perangkat ALOHA dapat dilihat bahwa dengan skenario 3, *toxic area* dan *flammable area* tidak terdeteksi yang berarti bahwa konsentrasi emisi yang dihasilkan selalu lebih kecil dengan standar baku pembanding yang digunakan. Hal ini disebabkan oleh volume emisi yang dikeluarkan kecil (0,104 m^3) dan tinggi dari *cold vent* yang ada pada ORF X mencapai 190 feet (59,7 m) sehingga gas metana dapat terdispersi dengan baik sehingga konsentrasi sebarannya semakin kecil.

4.4.4 Analisis Dispersi Emisi Skenario 4

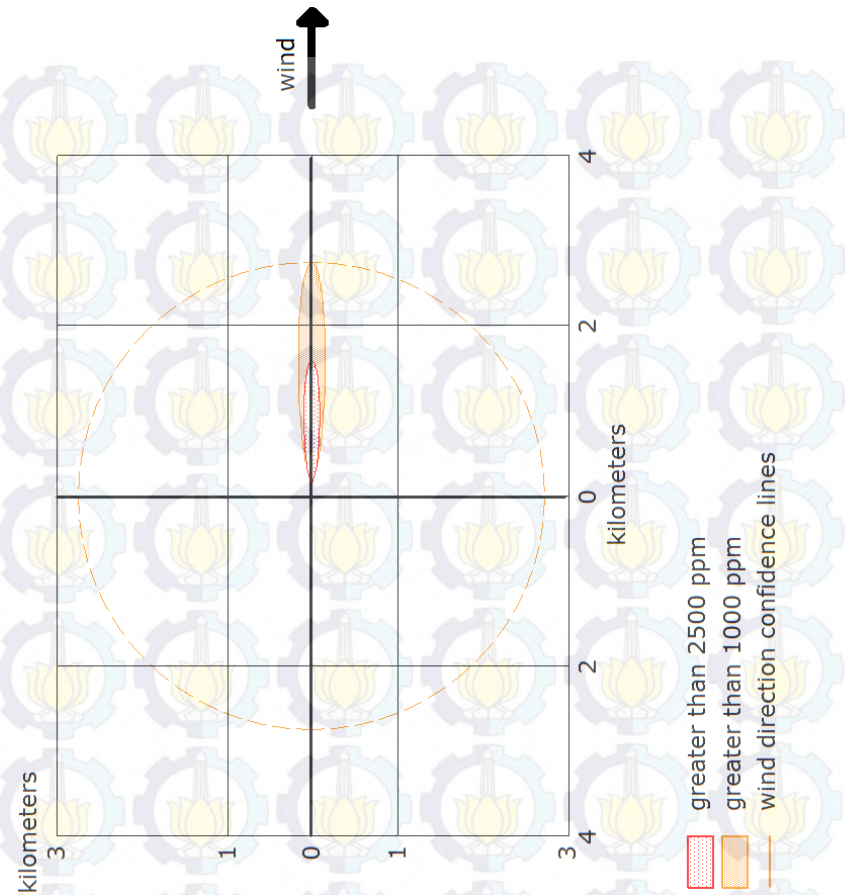
Hasil analisis dispersi emisi dengan perangkat ALOHA dapat dilihat bahwa radius *toxic area* terjauh mencapai 1,6 km (diatas 2500 ppm) dan 2,5 km (diatas 1000 ppm Radius ini tercapai dengan kondisi kecepatan angin minimum yaitu 3 knot, dan kondisi cuaca berawan yaitu kelas kestabilan D (cenderung stabil). Sedangkan untuk daerah rawan terbakar (*flammable area*) tidak terdeteksi pada konsentrasi diatas 50000 ppm, 0,504 km (diatas 30000 ppm) dan 1, 6 km (diatas 5000 ppm). Gambar 4.6 dan 4.7 memperlihatkan visualisasi dispersi emisi skenario 4.

Radius threat zone terjauh semuanya terjadi pada saat kondisi kecepatan angin yang berhembus adalah minimal (3 knot)

dan kondisi cuaca berawan yaitu kelas kestabilan D (cenderung stabil). Hal ini disebabkan ketika kecepatan angin minimal terjadi, konsentrasi dari emisi pada koordinat x,y, dan z yang sama semakin besar. Pernyataan ini didasarkan pada Persamaan 2.1 (Persamaan Gauss) dimana pada Persamaan tersebut dapat dilihat bahwa nilai dari konsentrasi emisi pada koordinat x,y,z berbanding terbalik dengan kecepatan angin. Sebagai contoh pada skenario 2, pada kecepatan angin 4.4 knot dibutuhkan jarak sejauh 1,1 km untuk mencapai konsentrasi 50000 ppm sedangkan pada kecepatan 3 knot dibutuhkan jarak sejauh 1,2 km untuk mencapai konsentrasi 50000 ppm. Kelas kestabilan atmosfir mempengaruhi reaktifitas dari zat kimia di udara, semakin stabil maka zat kimia semakin besar konsentrasinya pada koordinat yang sama. Skenario 2 dan 4 merupakan skenario dimana radius threat zone terjauh, karena skenario ini merupakan worst case scenario dimana terjadi kegagalan *safety device valve*. Pada skenario tersebut, seluruh gas yang ada pada pipa dibuang menuju ORF terdekat. Hasil simulasi ALOHA menunjukan bahwa volume gas yang dapat dikeluarkan melalui pipa *cold vent* adalah maksimal 5% dari volume pipa supaya *emergency hydrocarbon release* tidak berbahaya.

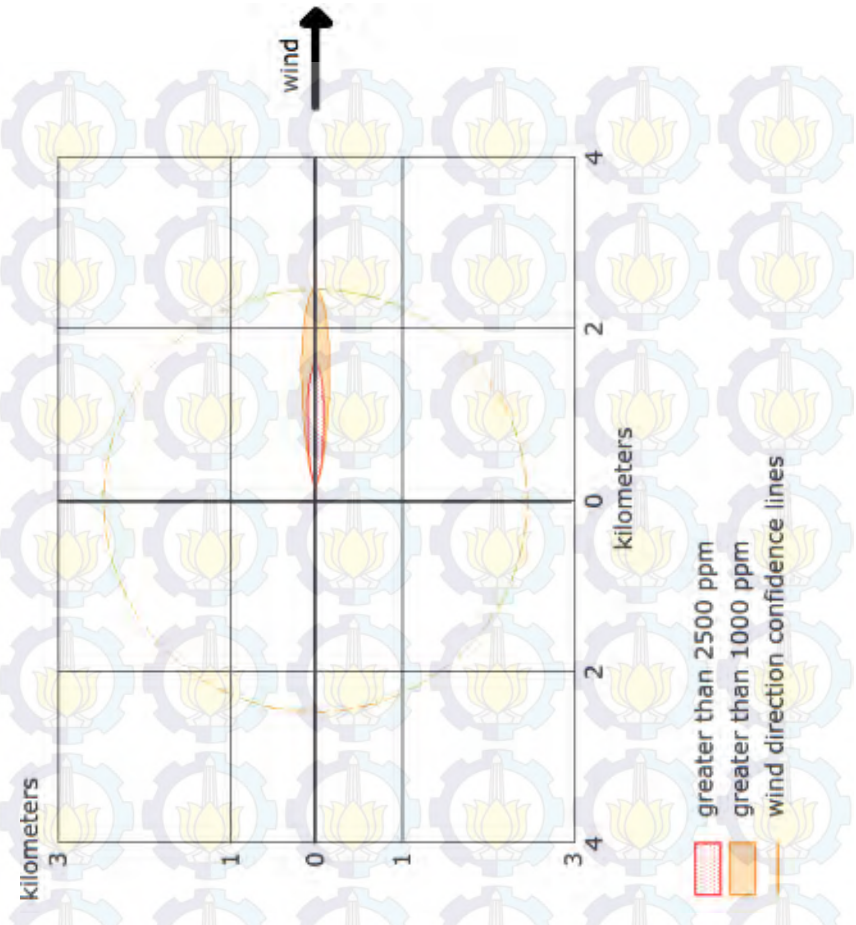
4.5 Manajemen Risiko

Manajemen risiko dilakukan untuk mengelola dampak yang terjadi sehingga bahaya yang ditimbulkan dapat dikendalikan dan tidak berakibat fatal. Manajemen risiko yang dilakukan pada penelitian kali ini mengacu kepada model pengelolaan risiko oleh DNV-GL yaitu *major hazard management worksheet plan* yang dapat dilihat pada Tabel 4.15 di halaman 54. *Major hazard management worksheet plan* ini kemudian akan diterjemahkan kedalam “Standar Operasi Prosedur” (SOP) dimana didalam SOP terdapat langkah – langkah yang harus dilakukan dalam kondisi darurat dan dijalankan oleh seluruh *stakeholder* terkait. SOP dapat dilihat di Lampiran B.

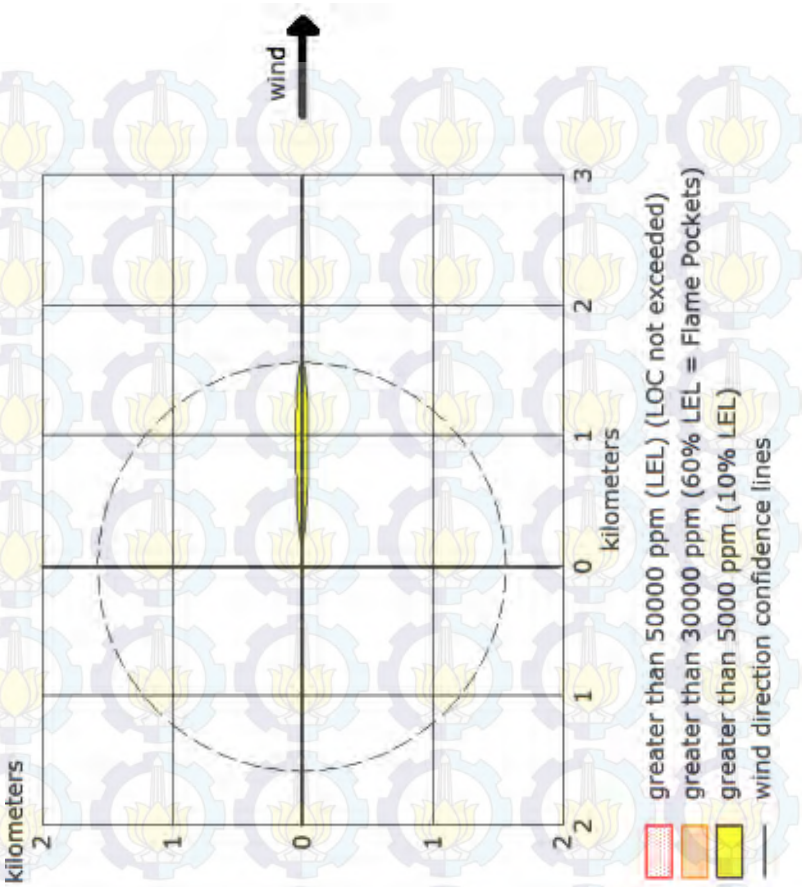


Gambar 4. 4 Visualisasi Dispersi Emisi Skenario 2 *(Toxic)*

Gambar 4. 5 Visualisasi Dispersi Emisi Skenario 2 *(Flammable)*



Gambar 4. 6 Visualisasi Dispersi Emisi Skenario 4 *(Toxic)*



Gambar 4. 7 Visualisasi Dispersi Emisi Skenario 4 *(Flammable)*

Tabel 4. 15 ***Major Hazard Management Plan Worksheet***

Risiko	Sebab	Penanggulan Risiko		Bahaya	Penanggulangan Bahaya	Monitoring Bahaya
		Prevent	*Detect*		*Mitigation*	
Emergency Hydrocarbon Release	Kebakaran	Dilarang merokok selama berada di area ORF	Pemasangan rambu peringatan	Timbulnya ledakan pada kawasan diluar ORF	Penyediaan *portable fire extinguisher* dengan tipe busa atau serbuk kimia kering di daerah yang memiliki resiko tinggi	Pemasangan *hydrocarbon detector* pada mesin yang menggunakan suplai udara bebas (generator, insinerator, dll)
			Pemasangan *high sensitivity smoke detector*		Pemakaian *protective clothing (coverall)* dengan sertifikasi ISO 14116:2008	Penyediaan *portable methane detector* pada kawasan padat penduduk
		Inspeksi secara menyeluruh terhadap area ORF	Pemasangan *fire detector* yang terintregasi dengan *emergency shutdown push button.*		Komunikasi dengan PLN dan *stakeholder* terkait lainnya bahwa telah terjadi *emergency hydrocarbon release* pada area ORF	Komunikasi dengan PLN dan *stakeholder* terkait lainnya bahwa telah terjadi *emergency hydrocarbon release*
					Penyediaan *emergency life support apparatus* pada daerah yang beresiko tinggi	Penyediaan *portable methane detector* pada kawasan padat penduduk
		Perawatan secara berkala terhadap pipa dan aksesoris pipa agar tidak terjadi kebocoran yang dapat menyebabkan kebakaran.	Pemasangan *hydrocarbon detector* pada area ORF	Kehilangan kesadaran pada manusia	Penyediaan *portable oxygen cylinder* pada daerah yang beresiko tinggi	Komunikasi dengan PLN dan *stakeholder* terkait lainnya bahwa telah terjadi *emergency hydrocarbon release* pada area ORF
					Komunikasi dengan PLN dan *stakeholder* terkait lainnya bahwa telah terjadi *emergency hydrocarbon release* pada area ORF	
	Kegagalan pada sistem elektronik (listrik, kabel, dll)	Sertifikasi kompetensi pekerja pada area ORF	Pemasangan alarm pada sistem elektronik pada area ORF	Timbulnya ledakan pada kawasan diluar ORF	Penyediaan *portable fire extinguisher* dengan tipe busa atau serbuk kimia kering di daerah yang memiliki resiko tinggi	*hydrocarbon detector* pada mesin yang menggunakan suplai udara bebas (generator, insinerator,
					Pemakaian *protective clothing (coverall)* dengan sertifikasi ISO 14116:2008	Penyediaan *portable methane detector* pada kawasan padat penduduk
		Inspeksi secara menyeluruh terhadap area ORF	Pemasangan *flow* dan *pressure alarm* pada sistem perpipaan ORF		Komunikasi dengan PLN dan *stakeholder* terkait lainnya bahwa telah terjadi *emergency hydrocarbon release* pada area ORF	Komunikasi dengan PLN dan *stakeholder* terkait lainnya bahwa telah terjadi *emergency hydrocarbon release*
					Penyediaan *emergency life support apparatus* pada daerah yang beresiko tinggi	Penyediaan *portable methane detector* pada kawasan padat penduduk
		Penggantian peralatan elektronik pada unit ORF	Pemasangan sekering pengaman pada sistem elektronik di area ORF	Kehilangan kesadaran pada manusia	Penyediaan *portable oxygen cylinder* pada daerah yang beresiko tinggi	Komunikasi dengan PLN dan *stakeholder* terkait lainnya bahwa
					Komunikasi dengan PLN dan *stakeholder* terkait lainnya bahwa telah terjadi *emergency*	telah terjadi *emergency hydrocarbon release* pada area ORF

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian kali ini adalah:

1) Volume gas metan yang diemisikan adalah 0,185 dan 15403,460 m^3 (ORF X) dan 0,104 dan 4019,261 m^3 (ORF Y), dimana volume terbesar dihasilkan pada saat terjadi kegagalan *safety device valve*. Meskipun begitu, kerusakan pada alat ini sangat kecil kemungkinannya karena *safety device valve* sendiri merupakan salah satu dari banyak *safety critical equippment* yang ada pada ORF, sehingga alat ini dirawat dengan baik. Kegagalan *safety device valve* sendiri tidak dimungkinkan secara desain, adanya skenario ini hanya untuk keperluan studi.
2) *Threat zone* terjauh terjadi pada saat kondisi kecepatan angin minimum dan kondisi cuaca berawan (cenderung stabil). Jarak terjauh yang dianggap berbahaya pada penelitian kali ini adalah 2,8 km dari sumber.
3) Manajemen risiko telah dibuat berdasarkan model manajemen risiko oleh DNV-GL, yaitu *major hazard worksheet management plan* dan standar operasional prosedur. Manajemen risiko dilakukan oleh tiga pihak, yaitu PT.Z sebagai pengelola ORF, kemudian pihak pembeli gas alam, dan kecamatan terkait.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk menambah akurasi dari penelitian kali ini adalah:

1) Perangkat ALOHA menggunakan prinsip dispersi gauss yang dimodifikasi oleh Pallazi (1982), namun untuk melengkapi hasil penelitian dapat digunakan model lain seperti puff model.

DAFTAR PUSTAKA

Bakar, Abu A.M. 2006. **Persebaran Kualitas Udara pada Daerah Industri Migas Studi Kasus Di PT. Pertamina UP VI Balongan**. Depok: FMIPA Universitas Indonesia

Bruno, Sportisse. 2010. **Fundamentals In Air Pollution From Process To Modelling.** New York: Springer

Colls, Jeremy. 2010: **Air Pollution Measurement , Modelling And Mitigation, Third Edtion.** New York: Routledge

Chandra, Vivek. 2006. **Fundamentals Of Natural Gas: An International Perspective**. Oklahoma: Pennwell Books

Djohanputro, B. 2008. **Manajemen Risiko.** Jakarta: Pendidikan Dan Pembinaan Manejemen Jakarta

DNV GL. 2007. **Building Risk Competence.**

EPA. 2003. **Air Dispersion Modeling Guidance**. Washington D.C: EPA Publication

EPA. 2012. **Automobile Emissions: An Overview**. Washington D.C: EPA Publication

Fesenden, Ralph. 1995. **Organic Chemistry, Fifth Edition**. Cleveland: Delta State University

Hanna, S. dkk. 2008. **Comparison of Six Widely Used Models for Recent Chlorine Accidents.** Process Safety Progress vol. 27 (248-259).

Ji Min, Kang. 2005. **Gas Venting Time And Gas Venting Amount In Natural Gas Pipeline.** Petrochemical Industry Application**.**

Kearns, John. 2000**. Flaring and Venting In The Oil & Gas Exploration & Production Industry**. International Association Of Oil & Gas Producers

Khan, Faisal. 2000**. Modelling and Simulation Of Heavy Gas Dispersion On The Basis Of Modifications In Plume Path Theory.** Journal Of Hazardous Material

Leelossy, A., R. Meszaros dan I. Lagzi. 2011. **Short and Long Term Dispersion Patterns of Radionuclides In The Atmosphere Around Fukushima Nuclear Power Plant.** Journal of Environmental Radioactivity vol 102 (1117-1121).

Mokhatab, Saeid. 2015. **Handbook Of Natural Gas Transmission And Processing.** Oxford: Elsevier

Nasution, Muhammad. 2011. **Penentuan Kadar Metana Pada Aliran Gas Ke Diatenol Amin, Karbonat, Plant, dan Train Menggunakan Kromatografi Gas**. Jurnal Akademik Universitas Indonesia

NOAA. 2013. **ALOHA Technical Documentation.** Seattle: Office of Response and Restoration

Pallazi, E., M. Defaveri. 1982. **Diffusion from a Point Source of Short Duration.** Atmospheric Environment no.16

Pasquill, F. 1961. **The Estimation of The Dispersion of Windborne Material**. Meteorological Magazine.

Permatasari, A.A.I. 2014 **Analisis Sebaran Pencemaran Udara Menggunakan Model Dispersi Gauss dan Pemetaan Arcgis 10.** Semarang: UNDIP

Schulze, Richard. 2007. **Practical Guide to Atmospheric Dispersion Modelling.** London: Trinity Consultant

Shapiro, Jeff. 2011. **Fire Code Requirements for Venting Of Flammable Gases**. National Fire Protection

Shuang, W. dan W. Zhi-rong. 2010. **Simulation Analysis on the Accident of Hydrogen Chloride with The Simulation Software ALOHA.** Journal of Fire Science and Technology vol 08.

Slamet. 2008. **Proses Pembuatan LNG**. Laporan. Departemen Teknik Kimia FTUI, Depok.

Sugiarti. 2009**. Gas Pencemar Udara dan Pengaruhnya Bagi Kesehatan Manusia**. UNM Makassar.

Visscher, Alex. 2014: **Air Dispersion Modelling: Foundation And Applications.** Kanada: University Of Calgary.

Yi, Xiong. 2014**. Research of Emergency Venting Time In Natural Gas Pipeline Accidents With SPS**. Journal of Safety Science And Technology.

Zongchao, Tan. 2014. **Air Pollution and Greenhouse Gases**. Singapura:Springer.

LAMPIRAN A

PETUNJUK PEMAKAIAN ALOHA 5.4.5

ALOHA 5.4.5 merupakan perangkat yang dibuat oleh *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) Amerika Serikat pada tahun 2013. Perangkat ini digunakan untuk mencari radius dengan konsentrasi yang telah ditentukan. Petunjuk pemakaian ini hanya untuk *direct source*.

1. **Klik Site Data → Location → Add → Masukan nama lokasi, ketinggian, dan koordinat dari lokasi**
2. **Klik Site Data → Tentukan Building Type**
3. **Klik Set Up → Chemical → Pilih zat kimia yang akan dilakukan analisa dispersi**
4. **Klik Set Up → Atmospheric → User Input → Masukan Data Atmosfer**
    a. **Kecepatan Angin**
    b. **Arah Angin**
    c. **Ketinggian Pengukuran Angin**
    d. **Koefisien Kekasaran**
    e. ***Cloud Cover***
    f. **Temperatur Udara**
    g. **Kelas Kestabilan**
    h. **Ketinggian inversi = 0**
    i. **Kelembapan**

5. **Klik Set Up → Direct → Masukan Data Sumber Emisi**
    a. **Satuan (volume/massa)**
    b. **Instantaneous Source**
    c. **Besarnya polutan (volume/massa)**
    d. **Ketinggian Sumber**
    e. **Fasa zat kimia (gas/liquid)**
    f. **Temperatur zat kimia**
    g. **Tekanan**
6. **Klik Display →Threat Zone**
    a. **Pilih Toxic Area / Flammable Area**
    b. **Tentukan Konsentrasinya**
    c. **Ok.**
7. **ALOHA akan menghitung radius dari konsentrasi yang ditentukan.**

LAMPIRAN B
MAJOR HAZARD MANAGEMENT PLAN WORKSHEET

Risiko	Penyebab Kejadian	Penanggulan Risiko		Bahaya	Penanggulangan Bahaya	Monitoring Bahaya
		Prevent	*Detect / Control*		*Mitigation*	
Emergency Hydrocarbon Release	Kebakaran	Dilarang merokok selama berada di area ORF	Pemasangan rambu peringatan	Timbulnya ledakan pada kawasan diluar ORF	Penyediaan *portable fire extinguisher* dengan tipe busa atau serbuk kimia kering di daerah yang memiliki resiko tinggi	Pemasangan *hydrocarbon detector* pada mesin yang menggunakan suplai udara bebas (generator, insinerator, dll)
			Pemasangan *high sensitivity smoke detector*		Pemakaian *protective clothing (coverall)* dengan sertifikasi ISO 14116:2008	Penyediaan *portable methane detector* pada kawasan padat penduduk
		Inspeksi secara menyeluruh terhadap area ORF	Pemasangan *fire detector* yang terintregasi dengan *emergency shutdown push button.*		Pelaksanaan *emergency drill situation bersama* dengan masyarakat pada daerah beresiko tinggi	Pemasangan sirine tanda bahaya yang terintegrasi dari kawasan ORF, Fasilitas Pembeli, dan Pemukiman Penduduk
				Kehilangan kesadaran pada manusia	Penyediaan *emergency life support apparatus* pada daerah yang beresiko tinggi (Pemakaian 15 menit)	Penyediaan *portable methane detector* pada kawasan padat penduduk
		Perawatan secara berkala terhadap pipa dan aksesoris pipa agar tidak terjadi kebocoran yang dapat menyebabkan kebakaran.	Pemasangan *hydrocarbon detector* pada area ORF		Penyediaan *portable oxygen cylinder* pada daerah yang beresiko tinggi	Pemasangan sirine tanda bahaya yang terintegrasi dari kawasan ORF, Fasilitas Pembeli, dan Pemukiman Penduduk
					Pelaksanaan *emergency drill situation bersama* dengan masyarakat pada daerah beresiko tinggi	

MAJOR HAZARD MANAGEMENT PLAN WORKSHEET

Risiko	Penyebab Kejadian	Penanggulan Risiko		Bahaya	Penanggulangan Bahaya	Monitoring Bahaya
		Prevent	*Detect / Control*		*Mitigation*	
Emergency Hydrocarbon Release	Kegagalan pada sistem elektronik (listrik, kabel, dll)	Sertifikasi kompetensi pekerja pada area ORF	Pemasangan alarm pada sistem elektronik pada area ORF	Timbulnya ledakan pada kawasan diluar ORF	Penyediaan *portable fire extinguisher* dengan tipe busa atau serbuk kimia kering di daerah yang memiliki resiko tinggi	Pemasangan *hydrocarbon detector* pada mesin yang menggunakan suplai udara bebas (generator, insinerator, dll)
					Pemakaian *protective clothing (coverall)* dengan sertifikasi ISO 14116:2008	Penyediaan *portable methane detector* pada kawasan padat penduduk
		Inspeksi secara menyeluruh terhadap sistem elektronik area ORF	Pemasangan *flow* dan *pressure alarm* pada sistem perpipaan ORF		Pelaksanaan *emergency drill situation bersama* dengan masyarakat pada daerah beresiko tinggi	Pemasangan sirine tanda bahaya yang terintegrasi dari kawasan ORF, Fasilitas Pembeli, dan Pemukiman Penduduk
				Kehilangan kesadaran pada manusia	Penyediaan *emergency life support apparatus* pada daerah yang beresiko tinggi (Pemakaian 15 menit)	Penyediaan *portable methane detector* pada kawasan padat penduduk
		Penggantian peralatan elektronik pada unit ORF	Pemasangan sekering pengaman pada sistem elektronik di area ORF		Penyediaan *portable oxygen cylinder* pada daerah yang beresiko tinggi	Pemasangan sirine tanda bahaya yang terintegrasi dari kawasan ORF, Fasilitas Pembeli, dan Pemukiman Penduduk
					Pelaksanaan *emergency drill situation bersama* dengan masyarakat pada daerah beresiko tinggi	

Dilaksanakan oleh: PT. Z		STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR
Untuk kondisi:		***Emergency Hydrocarbon Release Response Plan* ORF X dan Y**
Tujuan	Mengurangi paparan dari emisi hidrokarbon terhadap manusia sehingga mengurangi risiko keracunan hidrokarbon.	
	Mengurangi sumber panas yang berada di sekitar area sehingga mengurangi risiko timbulnya ledakan.	
Referensi	Hasil analisa dispersi ALOHA 5.4.5	
Pelaksana	*Incident Response Team*	
	1	**On - Scene Commander (OSC)**
	2	Ground Commander (GC)
Prosedur	1	Pakai alat *Emergency Life Saving Apparatus*, pastikan bahwa alat tersebut berfungsi dengan baik. (OSC)
	2	Tentukan arah angin dan kecepatannya berdasarkan *Continous Monitoring System.* Pastikan *assembly point* aman.
	3	Melakukan evakuasi menuju *assembly point* terdekat.
	4	Apabila assembly point dirasa tidak aman, cari tempat yang diperkirakan aman (GC) (Paparan Maksimum = 2500 ppm)

Dilaksanakan oleh: PT. Z		STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR
Untuk kondisi:		***Emergency Hydrocarbon Release Response Plan* ORF X dan Y**
Tujuan	Mengurangi paparan dari emisi hidrokarbon terhadap manusia sehingga mengurangi risiko keracunan hidrokarbon.	
	Mengurangi sumber panas yang berada di sekitar area sehingga mengurangi risiko timbulnya ledakan.	
Referensi	Hasil analisa dispersi ALOHA 5.4.5	
Pelaksana	*Incident Response Team*	
	1	On - Scene Commander (OSC)
	2	**Ground Commander (GC)**
Prosedur	1	Pakai alat *Emergency Life Saving Apparatus*, pastikan bahwa alat tersebut berfungsi dengan baik.
	2	Menyalakan sirine tanda bahaya terintegrasi untuk kawasan ORF, fasilitas pembeli, dan pemukiman penduduk
	3	Melakukan evakuasi menuju *assembly point* terdekat.
	4	Apabila assembly point dirasa tidak aman, cari tempat yang diperkirakan aman (GC) (Paparan Maksimum = 2500 ppm)

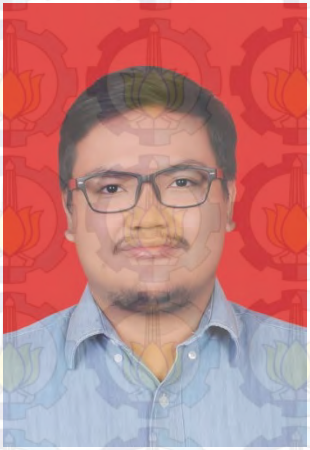
Dilaksanakan oleh: Pemerintah		STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR
Untuk kondisi:		***Emergency Hydrocarbon Release Response Plan* ORF X dan Y**
Tujuan	Mengurangi paparan dari emisi hidrokarbon terhadap manusia sehingga mengurangi risiko keracunan hidrokarbon.	
	Mengurangi sumber panas yang berada di sekitar area sehingga mengurangi risiko timbulnya ledakan.	
Referensi	Hasil analisa dispersi ALOHA 5.4.5	
Pelaksana	*Incident Response Team*	
	1	**Camat terkait**
	2	Pemadam Kebakaran
Prosedur	1	Mendengar sirine tanda bahaya terintegrasi untuk kawasan ORF, fasilitas pembeli, dan pemukiman penduduk
	2	Tentukan arah angin dan kecepatannya berdasarkan *Continous Monitoring System.* Pastikan *assembly point* aman.
	3	Memerintahkan evakuasi menuju *assembly point* terdekat.

Dilaksanakan oleh:		**STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR**
Pemerintah		
Untuk kondisi:		***Emergency Hydrocarbon Release Response Plan* ORF X dan Y**
Tujuan	Mengurangi paparan dari emisi hidrokarbon terhadap manusia sehingga mengurangi risiko keracunan hidrokarbon.	
	Mengurangi sumber panas yang berada di sekitar area sehingga mengurangi risiko timbulnya ledakan.	
Referensi	Hasil analisa dispersi ALOHA 5.4.5	
Pelaksana	*Incident Response Team*	
	1	Camat terkait
	2	**Pemadam Kebakaran**
Prosedur	1	Mendengar sirine tanda bahaya terintegrasi untuk kawasan ORF, fasilitas pembeli, dan pemukiman penduduk
	2	Melakukan evakuasi menuju *assembly point* terdekat.
	3	Memastikan bahwa tidak ada sumber pemicu ledakan di daerah yang berisiko tinggi .

Dilaksanakan oleh:		**STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR**
Product Buyer		
Untuk kondisi:		***Emergency Hydrocarbon Release Response Plan* ORF X dan Y**
Tujuan	Mengurangi paparan dari emisi hidrokarbon terhadap manusia sehingga mengurangi risiko keracunan hidrokarbon.	
	Mengurangi sumber panas yang berada di sekitar area sehingga mengurangi risiko timbulnya ledakan.	
Referensi	Hasil analisa dispersi ALOHA 5.4.5	
Pelaksana	*Incident Response Team*	
	1	**Operation Team**
	2	Safety Team
Prosedur	1	Mendengar sirine tanda bahaya terintegrasi untuk kawasan ORF, fasilitas pembeli, dan pemukiman penduduk
	2	Pakai alat *Emergency Life Saving Apparatus,* pastikan bahwa alat tersebut berfungsi dengan baik. (OSC)
	3	Menutup pipa input gas dari ORF menuju fasilitas pembeli.
	4	Mematikan semua mesin yang menggunakan suplai udara bebas dengan memperhatikan *hydrocarbon detector* kemudian segera keluar.

Dilaksanakan oleh:		**STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR**
Product Buyer		
Untuk kondisi:		***Emergency Hydrocarbon Release Response Plan* ORF X dan Y**
Tujuan	Mengurangi paparan dari emisi hidrokarbon terhadap manusia sehingga mengurangi risiko keracunan hidrokarbon.	
	Mengurangi sumber panas yang berada di sekitar area sehingga mengurangi risiko timbulnya ledakan.	
Referensi	Hasil analisa dispersi ALOHA 5.4.5	
Pelaksana	*Incident Response Team*	
	1	Operation Team
	2	**Safety Team**
Prosedur	1	Menerima pemberitahuan via radio mengenai *emergency hydrocarbon release dan* meneruskan ke seluruh area.
	2	Melakukan evakuasi menyuluruh terhadap karyawan yang berada di area, kemudian melakukan pencatatan karyawan
	3	Apabila ada karyawan yang hilang, keputusan untuk mengevakuasi ada pada manajer. (Paparan Maksimum = 2500 ppm)

BIOGRAFI PENULIS



Muhammad Radifan Putra lahir di Palembang pada tanggal 14 Oktober 1994. Riwayat pendidikan penulis dimulai dari SD Islam Harapan Ibu DKI Jakarta pada tahun 2000 – 2006. Kemudian dilanjutkan di SMPN 19 Jakarta pada tahun 2006 – 2009, sedangkan pendidikan tingkat atas ditempuh di SMA Labschool Kebayoran Jakarta dari tahun 2009 – 2012. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya dan terdaftar dengan NRP 3312 100 032.

Selama berkuliah, penulis aktif di berbagai organisasi kemahasiswaan dilingkup ITS, seperti menjadi Bolo Eco Campus ITS pada t ahun 2013 dan 2014, kemudian menjadi Kepala Bidang Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan ITS pada periode 2014 – 2015, selain itu penulis juga pernah menjadi Wakil Ketua Panitia Hari Sedunia 2014. Pada bidang akademik, prestasi yang pernah diraih adalah peraih dana hibah DIKTI untuk Program Kreativitas Mahasiswa – Penilitian dengan judul "Efektifitas Absorbsi CO_2 dengan Lumpur Sidoarjo sebagai Upaya Mitigasi *Global Warming*". Penulis berkesempatan untuk melakukan kerja praktik di PT. Badak NGL dan mengikuti berbagai pelatihan di bidang Teknik Lingkungan seperti pelatihan Inventarisasi Emisi (2014) dan Pemodelan ArcGIS (2015). Penulis dapat dihubungi via email radifan14@gmail.com.