



SKRIPSI - ME141501

PENILAIAN RISIKO SOSIAL PADA PROSES *LOADING* AMONIA DI DERMAGA PT. PETROKIMIA GRESIK

Hilda Gloria Natalia Tanggu Hunga
NRP 4213 100 047

Dosen Pembimbing

Dr.Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc
A.A.B. Dinariyana D.P. S.T., MES., Ph.D

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



SKRIPSI - ME 141501

PENILAIAN RISIKO SOSIAL PADA PROSES *LOADING* AMONIA DI DERMAGA PT PETROKIMIA GRESIK

HILDA GLORIA NATALIA TH
NRP 4213 100 047

Dosen Pembimbing
Dr.Eng.Dhimas Widhi H, S.T, M.Sc
A.A.B.Dinariyana D.P, S.T, MES. Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT - ME 141501

SOCIETAL RISK ASSESSMENT OF AMMONIA LOADING IN PT PETROKIMIA GRESIK JETTY

HILDA GLORIA NATALIA TH
NRP 4213 100 047

Supervisors

Dr.Eng.Dhimas Widhi H, S.T, M.Sc
A.A.B.Dinariyana D.P, S.T, MES. Ph.D

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

PENILAIAN RISIKO SOSIAL PADA PROSES *LOADING* AMONIA DI DERMAGA PT.PETROKIMIA GRESIK

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi *Reliability, Availability, Management
and Safety* (RAMS)

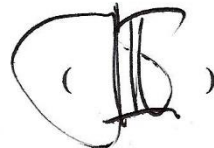
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

HILDA GLORIA NATALIA TANGGUHUNGA
NRP 4213 100 047

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dr. Eng. Dhimas Widhi H, S.T, M.Sc



A.A.B. Dinaryana D.P, S.T, MES,Ph.D



Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

PENILAIAN RISIKO SOSIAL PADA PROSES *LOADING* AMONIA DI DERMAGA PT.PETROKIMIA GRESIK

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi *Reliability, Availability, Management
and Safety* (RAMS)

Program Studi S-1 Depaertemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

HILDA GLORIA NATALIA TANGGUHUNGA

NRP 4213 100 047

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

NIP. 197708022008011007

Halaman ini sengaja dikosongkan

PENILAIAN RISIKO SOSIAL PADA PROSES *LOADING* AMONIA DI DERMAGA PT PETROKIMIA GRESIK

Nama : Hilda Gloria Natalia TH
NRP : 4213100047
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Dr.Eng Dhimas Widhi H, S.T,M.Sc
2. A.A.B. Dinaryana D.P, S.T, MES,Ph.D

ABSTRAK

Berdasarkan Instruksi Presiden (Inpres) Nomor 2 tahun 2010 tanggal 13 April 2010 tentang Revitalisasi Industri Pupuk, Pemerintah Indonesia menghendaki Departemen Badan dan Institusi terkait untuk mempercepat revitalisasi industri pupuk di Indonesia. PT Petrokimia Gresik merupakan salah satu produsen pupuk yang mendukung program pemerintah tersebut. Salah satu produksi non pupuk dari PT Petrokimia Gresik adalah amonia. Amonia adalah senyawa kausatik dan dapat merusak kesehatan. Kontak dengan gas amonia berkonsentrasi tinggi dapat menyebabkan kerusakan paru- paru bahkan kematian pada manusia. Penilaian risiko sosial dipilih untuk mengetahui bahaya atau dampak yang mungkin terjadi pada manusia saat proses *loading* amonia. Pada penelitian ini, analisa frekuensi dilakukan dengan menggunakan metode *fault tree analysis* dan *event tree analysis*, sedangkan untuk analisa konsekuensi menggunakan *process hazard analysis software tools*, setelah itu menrepresentasikan risiko antara frekuensi dan konsekuensi menggunakan metode *F-N Curve*. Pada identifikasi bahaya dengan skenario 5 lubang kebocoran yakni 3mm, 10mm, 50mm, 150mm, dan 200mm dan 3 tingkat kadar amonia yakni 100ppm, 700ppm, dan 5000ppm didapatkan dua bahaya yang dapat terjadi pada saat proses *loading* amonia yakni *gas dispersion* dan *vapour cloud explosion*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pada kadar 5000ppm dengan kecepatan angin sebesar 1,3knot dengan lubang kebocoran sebesar 3mm mengakibatkan 12 korban yang meninggal dunia, 10mm sebanyak 12 orang, 50mm sebanyak 25 orang, 150mm sebanyak 29 orang dan 200mm sebanyak 29orang. Setelah melakukan representasi risiko menggunakan *F-N curve* diketahui bahwa pada masing-masing skenario kebocoran, risiko berada pada zona ALARP yakni zona dimana risiko masih dapat diterima sehingga tidak perlu dilakukan mitigasi. Namun untuk menjaga agar risiko tetap bisa diterima, maka perlu dilakukan rekomendasi. Rekomendasi untuk menjaga nilai frekuensi yakni melakukan *maintenance* terhadap komponen secara rutin, sedangkan untuk menjaga tingkat konsekuensi dengan melakukan pelatihan tanggap bahaya terhadap tenaga kerja dan pembuatan prosedur keselamatan yang lebih baik sehingga dapat meminimalisir jumlah korban.

Kata kunci : Penilaian risiko, amonia, *fault tree analysis*, *event tree analysis*, *process hazard analysis software tools*, *f-n curve*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

SOCIETAL RISK ASSESSMENT OF AMMONIA LOADING IN PT PETROKIMIA GRESIK JETTY

Name : Hilda Gloria Natalia TangguHunga
NRP : 4213100047
Departement : Teknik Sistem Perkapalan
Supervisors : 1. Dr. Eng. Dhimas Widhi H, S.T., M.Sc
2. A.A.B. Dinaryana D.P, S.T, MES, Ph.D

ABSTRACT

Based on Presidential Instruction (Inpres) No. 2 of 2010 dated April 13, 2010, on Fertilizer Industry Revitalization, the Government of Indonesia wants Department and related Institution to accelerate the revitalization of fertilizer industry in Indonesia. PT Petrokimia Gresik is one of the fertilizer producers that support the government program. One of the non-fertilizer production from PT Petrokimia Gresik is ammonia. Ammonia is a caustic compound and can damage health. Contact with concentrated ammonia gas can cause lung damage and even death in humans. Social risk assessment is selected to determine the dangers or impacts that may occur in humans during the ammonia loading process. In this research, frequency analysis used fault tree analysis and event tree analysis, while for consequence analysis using process hazard analysis software tools, after that risk represents between frequency and consequence using F-N Curve method. In the identification of hazard with 5 leakage scenarios 3mm, 10mm, 50mm, 150mm, and 200mm and 3 levels of ammonia 100ppm, 700ppm, and 5000ppm obtained two hazards that can occur during the ammonia loading process there are gas dispersion and vapor cloud explosion. The results obtained show that at 5000ppm with the wind speed of 1,3knot with leakage hole of 3mm resulted in 12 victims who died, 10mm as many as 12 people, 50mm as many as 25 people, 150mm as many as 29 people and 200mm as many as 29orang. From risk representation using the F-N curve it is known that in each leakage scenario, the risk is in the ALARP zone, the zone where the hazard level is still acceptable so there is no need for mitigation. But to keep the risk still acceptable, it is necessary to make recommendations. Recommendations for maintaining the frequency value of performing routine maintenance of the components, while to maintain the level of consequences by conducting training on labor and making safety procedures so that it can minimize the number of victims.

Keywords: risk assessment, ammonia, fault tree analysis, event tree analysis, process hazard analysis software tools, f-n curve

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah Bapa yang Maha kuasa atas segala pertolongan dan kasihNya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Penilaian Risiko Sosial pada Proses Loading Amonia di Dermaga PT Petrokimia Gresik”. Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, penulis dibantu oleh banyak pihak diantaranya :

1. Orang tua penulis, ayah yang ada di Sorga Paulus Pulu TH, mamak Sri Pangestuti, kakak Erlinda Olympia TH, Mbah Kung yang ada di Sorga, Mbah Putri, Boku, Apu dan keluarga besar yang senantiasa memberikan dukungan dan kekuatan dalam setiap doa yang dipanjatkan, penulis bersyukur kepada Tuhan karena mempunyai keluarga luar biasa yang penuh dengan kasih.
2. Bapak Dr. Eng. M. Badruz Zaman, S.T, M.T selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan-FTK-ITS.
3. Bapak Prof Semin, S.T, M.T, Ph.D selaku Sekertaris Departemen Teknik Sistem Perkapalan-FTK-ITS, sekaligus dosen wali penulis selama 4 tahun.
4. Bapak Dr.Eng Dhimas Widhi H, S.T,M.Sc selaku dosen pembimbing 1 yang membimbing penulis dan memberikan pengarahan selama menyelesaikan tugas akhir dengan sabar.
5. Bapak A.A.B.Dinaryana D.P, S.T, MES, Ph.D selaku dosen pembimbing 2 sekaligus Kepala Laboratorium RAMS yang mendampingi, membimbing, dan mengarahkan penulis selama menyelesaikan tugas akhir.
6. Bapak Prof. Ketut Buda Artana, S.T, M.Sc selaku dosen Lab RAMS dan Bapak Dr. I Made Ariana, S.T, M.T.
7. Teman-teman Lab RAMS, Thariq, Made, Filik, Mas Zein, Kevin, Ago, Dante, Ben, Miranto, Nyimas, Mbak Bernard, Mbak Hayy, juga teman-teman yang sudah lulus terlebih dahulu Winda dan Pangestu, terimakasih untuk semuanya rek.
8. Mbak-mbak Lab RAMS, Mbak Dila, Mbak Ucik, Mbak Emmy, Mbak Putri, dan Mas Dwi, terimakasih atas saran-saran yang diberikan.
9. Teman-teman Himpunan Mahasiswa Sistem Perkapalan ITS, terkhusus departemen media informasi untuk kerjasma selama kurang lebih 2 tahun.
10. Intan, Vivie, Puput, Yusi teman yang sudah penulis anggap sebagai keluarga, maturnuwun kagungan doa lan semangate nipun.
11. Teman-Teman seperjuangan, Barakuda'13 Huhaa, sukses buat kita semua rek. Semoga Tuhan dengan kasih-Nya menyinari kehidupan kita dan memberikan damai sejahtera dari sekarang sampai selama-lamanya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

JUDUL.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xvi
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Skripsi	3
1.5 Manfaat	3
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Profil Perusahaan	5
2.3 Bahaya Amonia.....	7
2.4 Penyimpanan Amonia.....	9
2.5 Risk Assessment	12
2.5.1.1 Penentuan Deviasi Sistem.....	14
2.5.1.2 <i>Cause dan Consequences</i>	14
2.5.1.3 <i>Safeguards</i>	14
2.5.1.4 <i>Comments dan Action Required</i>	15
2.5.2 <i>Fault Tree Analysis (FTA)</i>	15
2.5.3 <i>Event Tree Analysis (ETA)</i>	17
2.5.4 <i>Process hazard analysis software tools</i>	18
2.6 <i>F-N Curve</i>	23
2.7 <i>LOPA (Layer of Protection Analysis)</i>	24
BAB III METODOLOGI.....	27
3.1 Perumusan Masalah	28
3.2 Studi Literatur	28
3.3 Pengumpulan Data	28
3.4 <i>HAZOP Identification</i>	34
3.5 Analisa Frekuensi.....	34
3.6 Analisa Konsekuensi.....	35
3.7 Representasi Risiko.....	35
3.8 Analisa Mitigasi	35
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	37
4.2 Data	37
4.3 <i>HAZOP Study</i>	39
4.3.1 Pembagian Node	40
4.3.2 Penentuan Deviasi Sistem.....	41

4.3.3 Penentuan <i>Cause</i> dan <i>Consequences</i>	41
4.3.4 Penentuan <i>Safeguards</i>	41
4.3.5 Penentuan <i>Comments</i> dan <i>Action Required</i>	41
4.4 <i>Fault Tree Analysis</i>	54
4.6 <i>Event Tree Analysis (ETA)</i>	56
4.7 Metode Analisa Konsekuensi.....	59
4.7.1 <i>Process hazard analysis software tools</i>	59
5.8 Representasi Risiko	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta lokasi PT Petrokimia Gresik	1
Gambar 2. 1 Dermaga PT Petrokimia Gresik	7
Gambar 2. 2 Tempat Penyimpanan Amonia.....	10
Gambar 2. 3 Contoh Worksheet HAZOP	13
Gambar 2. 4 Contoh <i>Fault Tree Analysis</i>	16
Gambar 2. 5 Contoh <i>Event Tree Analysis</i>	17
Gambar 2. 6 <i>Process hazard analysis software tools</i>	18
Gambar 2. 7 Contoh <i>Gas dispersion</i>	20
Gambar 2. 8 Contoh <i>Explosion</i>	21
Gambar 2. 9 <i>HKRG Societal Risk F-N Curve</i>	24
Gambar 2. 10 <i>Layer of protection analysis</i>	25
Gambar 3. 1 Alur Distribusi Tangki Amonia.....	29
Gambar 3. 2 P&ID <i>Ammonia Plant</i>	30
Gambar 3. 3 <i>Layout Pabrik II</i>	31
Gambar 3. 4 <i>Logical gates</i>	34
Gambar 4. 1 Kapal Ariana	38
Gambar 4. 2 Wind and Degress	39
Gambar 4. 3 <i>Fault tree analysis</i> pada node 1	55

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Contoh data arah angin selama satu hari.....	32
Tabel 4. 1 Ammonia Storage Tank Specification.....	37
Tabel 4. 2 <i>Principle Dimension of Ship</i>	38
Tabel 4. 3 Pembagian Node	40
Tabel 4. 4 Hasil FTA pda masing-masing <i>node</i> dengan skenario <i>gas release</i> ...	56
Tabel 4. 5 Hasil ETA pada masing-masing <i>node</i> untuk <i>gas dispersion</i> dan <i>explosion</i>	58
Tabel 4. 6 Rekap f-n curve.....	69

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan Instruksi Presiden (Inpres) Nomor 2 tahun 2010 tanggal 13 April 2010 tentang Revitalisasi Industri Pupuk, Pemerintah Indonesia menghendaki Departemen Badan dan Institusi terkait untuk mempercepat revitalisasi industri pupuk di Indonesia. Pemerintah menghendaki adanya peningkatan daya saing industri pupuk pada tingkat nasional, regional dan global, baik untuk pupuk anorganik, organik maupun pupuk hayati. Keinginan Pemerintah itu dilandasi kondisi perpupukan nasional yang masih kekurangan pasok, distribusi kurang lancar dan harga di tingkat petani sering melampaui harga eceran tertinggi (HET) yang ditetapkan Pemerintah.

Salah satu produsen pupuk yang ada di Indonesia adalah PT Petrokimia Gresik. PT Petrokimia Gresik merupakan produsen pupuk terlengkap dan terbesar di Indonesia yang menghasilkan produk pupuk dan non pupuk yang berdaya saing tinggi. Keberadaan PT Petrokimia Gresik ada untuk mendukung program Pemerintah dalam rangka meningkatkan produksi pertanian dan ketahanan pangan Nasional. Berbagai macam produksi pupuk yang dihasilkan oleh PT Petrokimia Gresik antara lain pupuk urea, pupuk fosfat, pupuk NPK, pupuk petrogenik, dll, dan untuk produk non pupuk antara lain asam sulfat, asam fosfat, amonia, *dry ice*, *aluminum fluoride*, *cement retarder*, dll.

Total kapasitas produksi pabrik PT Petrokimia Gresik sebesar 6.177.600 ton/tahun, dengan total produksi pupuk sebesar 4.400.000 ton/tahun dan 1.777.600 untuk total kapasitas produksi pabrik non pupuk. Salah satu produksi non pupuk dari PT Petrokimia Gresik adalah amonia yang mulai dioperasikan sejak tahun 1994 dengan kapasitas produksi sebesar 445.000 ton/tahun.



Gambar 1. 1 Peta lokasi PT Petrokimia Gresik
(Sumber : PT Petrokimia Gresik, 2010)

Amonia merupakan senyawa kimia dengan rumus NH_3 . Senyawa ini memiliki bau tajam yang khas. Amonia merupakan senyawa nitrogen yang terpenting dan paling banyak di produksi sebagai bahan baku utama pupuk. Walaupun Amonia memiliki sumbangan penting bagi keberadaan nutrisi di bumi, amonia sendiri adalah senyawa kausatik dan dapat merusak kesehatan. Kontak dengan gas amonia berkonsentrasi tinggi dapat menyebabkan kerusakan paru- paru dan bahkan kematian pada manusia. Sekalipun amonia di Amerika Serikat diatur sebagai gas tak mudah terbakar, amonia masih digolongkan sebagai bahan beracun jika terhirup, dan pengangkutan amonia berjumlah lebih besar dari 3.500 galon (13,248 L) harus disertai surat izin.

Di Indonesia, nilai ambang batas untuk amonia menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 1405/MENKES/SK/XI/ 2002 adalah sebesar 25 ppm atau 17 mg/m³. Menghirup amonia pada konsentrasi tinggi dapat menyebabkan pembengkakan saluran pernafasan dan sesak nafas. Terpapar amonia pada konsentrasi 0.5% selama 30 menit dapat menyebabkan kebutaan. Semakin besar kadar yang terkandung dalam amonia maka semakin besar juga bahaya yang dapat ditimbulkan.

Selain menggunakan amonia sebagai bahan baku dalam pembuatan pupuknya, PT Petrokimia Gresik juga menjual amonia dalam bentuk cair yang akan di distribusikan menggunakan kapal. Dalam melakukan proses muat atau *loading* amonia dari *storage tank* menuju ke kapal memungkinkan terjadi risiko. Selain berdampak pada lingkungan, bahaya akibat amonia juga dapat berdampak fatal apabila dengan kadar tinggi terhirup langsung oleh manusia. Berdasarkan sebuah berita yang terjadi pada hari selasa tanggal 27 Oktober 2015 sekitar pukul 08.00 WIB, 2 orang meninggal dunia akibat keracunan gas. Kejadian nahas ini dialami para pekerja pelabuhan. Kejadian bermula saat KM Orai dari Kalimantan yang mengangkut biji kelapa sawit tiba di Pelabuhan Panjang untuk melakukan bongkar muat. Saat membongkar, dari palka tercium bau menyengat gas amonia yang langsung membuat 4 pekerja bersama 1 mandor tidak sadarkan diri. Dari berita ini, diketahui bahwa manusia merupakan salah satu korban yang dapat mengalami dampak langsung dari bahaya akibat amonia, salah satu bahaya yang paling sering terjadi akibat gas amonia yakni *toxic* atau keracunan.

Berdasarkan permasalahan ini, maka perlu dilakukan penilaian risiko untuk mengetahui seberapa besar risiko yang bisa terjadi pada saat proses *loading* amonia. Penilaian risiko sosial dipilih karena penelitian ini akan menganalisa bahaya atau dampak langsung yang akan dialami oleh manusia, sehingga dipilihlah judul “Penilaian Risiko Sosial pada Proses *Loading* Amonia di Dermaga Petrokimia Gresik”.

Dalam melakukan penilaian risiko pada penelitian ini akan menggunakan metode *fault tree analysis* dan *Event Tree Analysis* untuk analisa frekuensi, kemudian untuk analisa konsekuensi menggunakan *process hazard analysis software tools*, dan menrepresentasikan risiko antara frekuensi dan konsekuensi menggunakan metode *F-N Curve* dengan standar *Hong Kong Government Risk Guidelines (HKRG)* dimana *F-N Curve* berfungsi untuk mengetahui apakah risiko yang terjadi dapat diterima atau tidak. Jika risiko tidak dapat diterima maka harus dilakukan tindakan mitigasi menggunakan LOPA (*Layer of protection analysis*).

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ada lima, yaitu :

1. Bagaimana potensi risiko pada proses *loading* amonia di Dermaga PT Petrokimia Gresik?
2. Bagaimana tingkat frekuensi bahaya yang terjadi pada proses *loading* amonia di Dermaga PT Petrokimia Gresik dengan menggunakan *Fault Tree Analysis*?
3. Bagaimana tingkat konsekuensi bahaya yang terjadi pada proses *loading* amonia di Dermaga PT Petrokimia Gresik dengan menggunakan *Process Hazard Analysis Software Tools*?
4. Bagaimana tingkat risiko yang dihasilkan pada proses *loading* amonia di Dermaga PT Petrokimia Gresik dengan menggunakan *F-N Curve*?
5. Bagaimana mitigasi jika risiko tidak dapat diterima?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dibuat agar lingkup penelitian ini lebih terarah, yaitu :

1. Menganalisa proses *loading* Amonia di Dermaga PT Petrokimia Gresik.
2. Penilaian risiko hanya dilakukan di Dermaga PT Petrokimia Gresik.
3. Kapal yang digunakan adalah kapal amonia milik PT Petrokimia Gresik.
4. Kejadian alam tidak dipertimbangkan.

1.4 Tujuan Skripsi

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi *hazard* pada saat proses *loading* amonia di dermaga PT Petrokimia Gresik
2. Menganalisa frekuensi bahaya yang ditimbulkan pada saat proses *loading* amonia di Dermaga PT Petrokimia Gresik menggunakan metode *Fault Tree Analysis*.
3. Menganalisa konsekuensi bahaya yang ditimbulkan pada proses *loading* amonia di Dermaga PT Petrokimia Gresik menggunakan metode *Process hazard analysis software tools*.
4. Memetakan tingkat risiko yang dihasilkan dengan menggunakan *F-N Curve*.
5. Melakukan tindakan mitigasi apabila risiko berada pada tingkat/level yang tidak dapat diterima.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui hal-hal apa saja yang dapat membahayakan kapal pada proses *loading* amonia serta risiko-risiko apa saja yang dapat terjadi pada kapal pada proses *loading* amonia pada dermaga PT Petrokimia Gresik.
2. Mengetahui seberapa besar bahaya yang dapat ditimbulkan akibat proses *loading* amonia pada dermaga PT Petrokimia Gresik.
3. Mendapatkan rekomendasi untuk prosedur *loading* muatan amonia agar proses *loading* muatan berada pada daerah aman.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Dalam sebuah tugas akhir berjudul “Analisis mitigasi dan pemetaan dispersi gas amonia pada skenario kebocoran *ammonia storage tank* PT.Petrokimia Gresik” oleh Ahmad Rizeki dari Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya tahun 2015 menganalisa seberapa besar dampak dari persebaran gas amonia yang diakibatkan dari beberapa skenario kebocoran pada tempat penyimpanan amonia dan tindakan mitigasi yang dilakukan secara struktural dan non struktural.

Kesimpulan yang dihasilkan dari tugas akhir tersebut adalah sebagai berikut :

- Identifikasi dengan menggunakan FMEA (*Failure Modes and Effect Analysis*) dapat diketahui bahwa nilai risiko tertinggi yaitu *fail close flow control valve* sedangkan dampak tertinggi (*catastrophic*) yaitu kebocoran tangki.
- Identifikasi risiko lanjutan menggunakan FTA (*Fault Tree Analysis*) diketahui bahwa penyebab dasar kebocoran tangki 11 TK 801 dengan kombinasi *cut set* terkecil adalah kesalahan *setting* pada tekanan FCV (*Flow Control Valve*) yang *error* atau jarang dikalibrasi dan material tangki mengalami penurunan kualitas.
- Pada skenario pertama kebocoran tangki pada dasar tangka, penyebaran gas amonia mencapai lebih dari 10 km dengan paparan gas 750 ppm, untuk wilayah yang terpapar adalah seluruh area PT Petrokimia Gresik, sedangkan pada skenario kedua kebocoran pada atap tangki peyebaran gas amonia dengan paparan 15 ppm mencapai 200 m dan paparan lebih dari 25 ppm mencapai 500m, untuk wilayah yang terpapar pada skenario kedua adalah *control room* dibagian *tank yard*.
- Mitigasi dibagi menjadi dua yakni secara struktural dan non struktural. Secara struktural berdasarkan hasil FMEA yaitu melakukan *maintenance* terhadap komponen secara rutin, membuat jadwal kalibrasi sesuai prosedur yang telah ditetapkan dan *preventive maintenance* secara efektif, sedangkan mitigasi non struktural yaitu pelatihan terhadap tenaga kerja dan pembuatan prosedur yg sesuai.

2.2 Profil Perusahaan

PT. Petrokimia Gresik adalah salah satu anak perusahaan PT. Pupuk Indonesia *Holding Company* (PIHC) yang merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang dahulu dikenal dengan nama PT. Pupuk Sriwidjaja (Persero) atau PUSRI (Persero) yang bergerak di bidang produksi pupuk, non-pupuk, bahan-bahan kimia dan jasa lainnya seperti jasa konstruksi dan engineering. PT Petrokimia Gresik merupakan produsen pupuk terlengkap dan terbesar di Indonesia yang pada awal berdirinya disebut Proyek Petrokimia Surabaya tahun 1962. Menempati areal seluas lebih dari 450 hektar, PT Petrokimia Gresik mengelola kawasan industri secara terpadu serta menghasilkan produk pupuk dan non pupuk yang berdaya saing tinggi. PT Petrokimia Gresik mengoperasikan lebih dari 21 pabrik yang terdiri dari pabrik pupuk dan pabrik non pupuk dengan kuantum produksi lebih dari 6 juta ton/tahun.

PT. Petrokimia Gresik memiliki tiga unit produksi. Ketiga unit tersebut, antara lain:

1. Unit Produksi I, yang terdiri dari:
 - Pabrik Amonia
 - Pabrik Pupuk ZA
 - Pabrik Pupuk Urea(1994)
2. Unit Produksi II, yang terdiri dari:
 - Pabrik Pupuk Fosfat I (SP-36)
 - Pabrik Pupuk Phonska(2000)
 - Pabrik Pupuk ZK dan Asam Klorida
 - Pabrik Pupuk NPK Kebomas
3. Unit Produksi III, yang terdiri dari:
 - Pabrik Asam Fosfat
 - Pabrik Asam Sulfat (H₂SO₄).
 - Pabrik ZA II
 - Pabrik Aluminium Fluorida (AlF₃)

Tabel 2.1 Kapasitas Produksi Pupuk dan Non Pupuk PT Petrokimia Gresik

Pabrik Pupuk		Kapasitas Produksi	
1	Pupuk Urea	460.000	ton/tahun
2	Pupuk Fosfat	500.000	ton/tahun
3	Pupuk ZA	750.000	ton/tahun
4	Pupuk NPK PHONSKA I, II, III, IV	2.250.000	ton/tahun
5	Pupuk NPK I, II, III, IV	370.000	ton/tahun
6	Pupuk NPK Blending	50.000	ton/tahun
7	Pupuk K ₂ SO ₄ (ZK)	10.000	ton/tahun
8	Pupuk Petriganik	10.000	ton/tahun
Total Kapasitas Pabrik Pupuk		4.400.000	ton/tahun
Pabrik Non-Pupuk		Kapasitas Produksi	
1	Amonia	445.000	
2	Asam Sulfat (98%)	570.000	
3	Asam Fosfat (100%)	200.000	
4	Cement Retarder	550.000	
5	Alumunium Florida	12.600	
Total Kapasitas Pabrik Non-Pupuk		1.777.600	ton/tahun
Total Kapasitas Pabrik		6.177.600	ton/tahun

(Sumber :PT Petrokimia Gresik, 2010)

PT Petrokimia Gresik adalah industri yang berbasis teknologi, dimana ditengah pesatnya kemajuan teknologi dan persaingan yang semakin tajam dalam industri pupuk dan produk kimia, PT Petrokimia Gresik mampu membangun keunggulan kompetitif melalui pengembangan produk-produk yang mampu bersaing di pasar global. Dalam menunjang kelancaran aktivitas produksi maupun pemasaran, PT Petrokimia Gresik memiliki berbagai sarana dan prasarana penunjang yang memadai, salah satunya adalah dermaga.



Gambar 2. 1 Dermaga PT Petrokimia Gresik
(Sumber :PT Petrokimia Gresik, 2010)

Dermaga PT Petrokimia Gresik merupakan dermaga bongkar muat berbentuk T dengan panjang 819 meter dan lebar 36 meter, dermaga ini mampu disandari tiga buah kapal berbobot antara 40.000 sampai 60.000 DWT sekaligus pada sisi laut dan 10.000 DWT pada sisi darat. Total kapasitas bongkar muat mencapai 7 juta ton/tahun. Dermaga ini dilengkapi dengan fasilitas bongkar muat meliputi *Continuous Ship Unloader (CSU)* untuk membongkar bahan curah berkapasitas 2.000 ton/jam, *Multiple Loading Crane* yang dapat memuat hasil produksi ke kapal dalam bentuk curah dengan kapasitas 300 ton/jam. Fasilitas lainnya adalah dua buah *Cangaroo Crane* yang merupakan alat bongkar curah dengan kapasitas masing-masing 350 ton/jam, serta *Belt Conveyor* dengan panjang keseluruhan mencapai 22 km. Dermaga PT Petrokimia Gresik juga dilengkapi fasilitas untuk bongkar muat bahan kimia cair berkapasitas 60 ton/jam untuk amonia dan 90 ton/jam untuk asam sulfat.

2.3 Bahaya Amonia

Pada tanggal 13 Juni 2015 sebanyak 5 orang meninggal dunia dan 100 orang lainnya sesak nafas akibat keracunan gas amonia. Hal ini terjadi akibat sebuah kapal tanker pengangkut gas amonia mengalami kebocoran. Kebocoran terjadi ketika kapal tanker terjebak di bawah jembatan layang di Doraha Bypass Jalan sepanjang kanal, sekitar 25 kilometer dari Ludhiana, India. Dari berita ini, dapat disimpulkan bahwasannya gas amonia berbahaya bagi manusia.

Amonia merupakan senyawa kimia dengan rumus NH_3 . Amonia merupakan senyawa nitrogen yang terpenting dan paling banyak di produksi sebagai bahan baku utama pupuk, biasanya senyawa ini didapati berupa gas dengan bau tajam yang khas sehingga gas ini mudah dikenal melalui baunya.

Adapun sifat-sifat umum dari amonia sebagai berikut:

1. Sangat mudah larut dalam air, yaitu pada keadaan standar, 1 liter air terlarut 1180 liter amonia.
2. Merupakan gas yang mudah mencair, amonia cair membeku pada suhu -78°C dan mendidih pada suhu -33°C
3. Memiliki tekanan uap : 400 mmHg ($-45,4^{\circ}\text{C}$)
4. Kelarutan dalam air : 31 g/100g (25°C)
5. Berat jenis : 0.682 ($-33,4^{\circ}\text{C}$)
6. Berat jenis uap : 0.6 lebih ringan dari udara (udara = 1), suhu kritis : 133°C
7. Amonia bersifat korosif pada tembaga dan timah
8. Tekanan untuk amonia cair 1.25atm
9. Amonia dapat meletup jika dicampur dengan udara

Selain itu, amonia adalah gas yang tidak berwarna dan mempunyai daya iritasi tinggi yang dihasilkan selama dekomposisi bahan organik oleh deaminasi. Apabila campuran udara dan amonia dalam ruangan 13-27% maka akan meledak dan terbakar, selain itu, amonia dapat saja terbakar pada daerah mudah terbakar : 16-25 % (LFL-UFL). Suhu kamar : 651°C . Amonia juga dapat menjadi korosif apabila terkena tembaga dan timah.

Walaupun Amonia memiliki sumbangan penting bagi keberadaan nutrisi di bumi, amonia sendiri adalah senyawa kausatik dan dapat merusak kesehatan. Amonia cair dapat menyebabkan kulit melepuh seperti luka bakar dan juga dapat menyebabkan iritasi pada kulit, mata dan saluran pernafasan. Bahkan bisa menyebabkan mual, muntah, dan pingsan. Penggunaan amonia dalam waktu yang lama dapat menyebabkan penyakit kanker karena amonia bersifat karsinogenik atau bahan yang dapat menimbulkan kanker. Kontak dengan gas amonia berkonsentrasi tinggi dapat menyebabkan kerusakan paru- paru dan bahkan kematian pada manusia. Sekalipun amonia di Amerika Serikat diatur sebagai gas tak mudah terbakar, amonia masih digolongkan sebagai bahan beracun jika terhirup, dan pengangkutan amonia berjumlah lebih besar dari 3.500 galon (13,248 L) harus disertai surat izin. Di Indonesia, nilai ambang batas menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002 sebesar 25 ppm atau 17 mg/m³. Menghirup senyawa ini pada konsentrasi tinggi dapat menyebabkan pembengkakan saluran pernafasan dan sesak nafas. Terkena amonia pada konsentrasi 0.5% selama 30 menit dapat menyebabkan kebutaan.

Nasional Fire Protection Association (NFPA) yang merupakan asosiasi asal Amerika memberikan peringkat untuk amonia dalam frasa risiko, keamanan, dan tingkat bahaya sebagai berikut :

- Kesehatan : (3) Tingkat keparahan tinggi
- Kebakaran : (1) Dapat terbakar
- Reaktivitas : (0) Tidak reaktiv

*Keterangan : peringkat tersebut merupakan skala dari 0 sampai 4.

Dari keterangan diatas dapat disimpulkan bahwa frasa risiko, keamanan, dan tingkat bahaya untuk amonia paling tinggi adalah kesehatan, sedangkan

kemungkinan untuk terbakar ada walaupun tidak terlalu bear, sedangkan untuk reaktivitas amonia termasuk tidak reaktiv.

Tabel 2 2 Dampak Pemaparan Amonia terhadap Manusia

Kadar Amonia (ppm)	Effek yang Ditimbulkan
0.5-1.0	Bau mulai tercium
2.0	Batas maksimal paparan kebauan di area pemukiman secara terus menerus (24 jam) Kepmen LH No.5/MEN-LH/II/1996
25	Batas maksimal paparan di area kerja (8 jam) Surat edaran Menaker No.02/MENAKER/1978
50-100	Iritasi ringan pada mata, hidung, dan tenggorokan. Toleransi dapat terjadi dalam 1-2minggu tanpa memberikan dampak
140	Iritasi tingkat menengah pada mata, tidak menimbulkan dampak yang lebih parah selama kurang dari 2jam
400	Iritasi tingkat menengah pada tenggorokan
700	Bahaya tingkat menengah pada mata
1000	Dampak langsung pada pernafasan
1700	Mengakibatkan <i>laryngospasm</i> (kejang singkat dari pita suara yang sementara membuat sulit untuk berbicara atau bernapas)
2500	Berakibat fatal setelah pemaparan selama setengah jam
2500 - 5000	Mengakibatkan <i>nekrosis</i> (kematian sel pada jaringan tubuh) dan kerusakan jaringan permukaan jalan pernafasan, sakit pada dada, edema paru dan brochospasm (kontraksi otot secara spontan atau penyempitan pada dinding bronkial).
5000	Berakibat fatal dapat menyebabkan kematian

(Sumber :Pasaribu, 2012)

2.4 Penyimpanan Amonia

Amonia merupakan zat volatile dengan titik didih normal -33°C pada tekanan atmosfer. Untuk mempermudah dalam penyimpanan dan pengangkutan amonia, maka diberlakukan proses tekanan tinggi dengan suhu rendah melalui bantuan kompresor, sehingga gas ammonia menjadi cair.

Ammonia Storage Tank merupakan suatu tangki yang digunakan untuk penyimpanan amonia (NH_3) cair yang berasal dari suplai produksi amonia baik itu dari pabrik maupun suplai amonia melalui kapal tengker. Pada *Ammonia Storage Tank* terjadi proses pengendalian level. Dimana pengendalian level dipengaruhi oleh variabel *pressure*, sehingga pada *Ammonia Storage Tank* ini dipasang *pressure indicator low* dan *pressure indicator high*. Untuk menjaga kestabilan nilai *pressure* apabila terjadi fluktuasi nilai *pressure* maka pada sistem kontrol proses di *ammonia storage* dipasang 3 kompresor yang bekerja secara otomatis. Apabila nilai *pressure* masih terus naik maka *ammonia vapor* akan dibakar oleh *ammonia incenerator* sehingga *pressure ammonia* bisa turun sampai proses kembali menjadi stabil.



Gambar 2. 2 Tempat Penyimpanan Amonia
(Sumber :PT Petrokimia Gresik, 2010)

Pada *ammonia storage tank* PT Petrokimia Gresik, terdapat *very low level alarm* dan *very high level alarm* yang berfungsi sebagai *safety instrumented system*. Ketika terjadi *trip alarm* pada *very low level alarm* maka *level indicator controller* akan mengirimkan sinyal untuk memerintahkan *transfer pump* agar berhenti sehingga menghentikan proses *transfer* amonia yang diambil dari *ammonia storage tank*. *Very low level alarm* pada *ammonia storage tank* didesain dengan ketinggian 120 cm dari dasar tangki, hal ini bertujuan agar tidak terjadi *vacuum ammonia* pada tangki yang dapat menyebabkan menyusutnya *ammonia storage tank* tersebut ketika pompa belum berhenti untuk mendistribusikan amonia dari *ammonia storage tank*. Sedangkan untuk *high level alarm* ketika terjadi *trip alarm* akan mengirimkan sinyal pada *transfer pump* yang mendistribusikan *ammonia liquid* menuju *ammonia storage tank* untuk berhenti dan juga menutup *control valve* pada pipa distribusi amonia yang menuju pada *ammonia storage tank*.

Pada proses pengendalian *level* yang terjadi di *ammonia storage tank* ini juga dipengaruhi oleh variabel *pressure*, sehingga pada *ammonia storage tank* ini juga dipasang *pressure indicator low* dan *pressure indicator high*. Setting *pressure* pada kondisi normal proses adalah pada range 20gr/cm² – 70gr/cm², dan sistem kontrol *pressure* pada tangki adalah ketika variabel *pressure* mencapai 45gr/cm² maka akan mengaktifkan kompresor 1 secara otomatis, kemudian ketika *pressure* mencapai 60gr/cm² akan mengaktifkan kompresor 2 dan ketika tekanan mencapai 75gr/cm² akan secara otomatis mengaktifkan kompresor 3.

Pada sistem kontrol proses di *ammonia storage tank* ini terdapat 3 kompresor yang bertujuan untuk menjaga kestabilan nilai *pressure* apabila terjadi fluktuasi nilai *pressure*. Apabila nilai *pressure* masih terus naik sampai pada 90gr/cm² maka *ammonia vapor* akan dibakar oleh *ammonia incenerator* agar *pressure ammonia* bisa turun sampai proses kembali menjadi stabil (Kurniasari, 2009).

Untuk mencegah kenaikan suhu akibat udara luar, di luar *shell* tangki amonia dilapisi isolasi yang berupa *foam glass* setebal 15-17,5 cm.

Tabel 2. 3 Pengamanan sistem upper dan under pressure berturut-turut

Pressure gr/cm ²	Sistem Pengamanan
75	High pressure alarm PIAH-859
80	Control valve PCV-809 terbuka
85	Very high pressure alarm PIAHH-859
90	Unloading valve FV-860 menutup
95	Safety valve SV-872 A open
100	Safety valve SV-872 B open
150	Emergency venting valve EMV-872 open

Pressure gr/cm ²	Sistem Pengaman
25	Low pressure alarm PIAH- 859
22-18	Refrigerator stop
15	Control valve akan membuka PCV-861
10	XV-853 membuka XV-852 menutup
5	Low pressure alarm PIAL-859
-2	Vacum breaker VB-872 A/B open

(Sumer:Kurniasari, 2009)

Untuk mencegah naiknya tekanan tangki akibat penguapan amonia, tangki dilengkapi sistem refrigerasi. Uap amonia dari tangki akan dihisap kompresor. Uap amonia yang terhisap dialirkan melewati surge drum sebelum ditekan dalam kompresor. Drum ini sejenis *vessel* pemisah uap amonia dengan amonia cair yang ikut terhisap kompresor. Uap amoniak dari drum dialirkan ke kompresor, sedang cairan amonia yang terpisah dikirim kembali ke tangki. Dalam kompresor, uap amonia bercampur dengan *compressor oil* yang digunakan dalam penekanan. *Oil* dipisahkan dari uap amonia hasil penekanan dalam *oil separator*. Uap amonia akan menuju tangki, sedang minyak kompresor didinginkan dalam *oil cooler*.

Uap amonia dari *oil separator* dipisahkan sekali lagi dari minyak-minyak yang tersisa dengan *extra oil separator*. *Oil* yang terpisah akan masuk kembali ke kompresor untuk menaikkan level *oil compressor*. Sedang uap amonia yang terpisah dialirkan ke *condenser*. Uap amonia dengan tekanan dan temperatur tinggi dicairkan di sini dengan air sebagai medium pendinginnya. Uap amonia masuk pada sisi *shell*, sedang air masuk melalui sisi *tube*.

Amonia cair yang dihasilkan dialirkan ke *receiver*. Dari *receiver*, amonia cair sebagian diekspansi melalui valve sehingga suhunya turun dan dialirkan ke sisi *shell economizer* dan menjadi pendingin, sebagian lagi dialirkan ke sisi *tube* melalui valve untuk didinginkan. Dalam *economizer*, amonia cair diturunkan suhunya hingga suhu -33°C . Amonia cair bertemperatur -33°C dialirkan kembali ke tangki, sedang uap amonia yang terjadi dalam *shell* akibat penyerapan panas kembali ke kompresor. Udara yang terikut dalam proses, semua masuk ke dalam *air purger* untuk diserap dari kandungan amonia bebas baru kemudian dibuang ke udara luar (Z.Z, 2016).

2.5 Risk Assessment

Risiko sering diartikan sebagai perkalian atau penggabungan antara frekuensi dan konsekuensi (sekalipun secara harafiah tidak berarti dikalikan atau digabungkan). Dalam konteks ini analisa dapat dilakukan secara kuantitatif maupun kualitatif. Analisa frekuensi akan menjawab seberapa sering sebuah bahaya muncul dan analisa konsekuensi akan menjawab implikasi apa yang mungkin muncul jika kejadian bahaya tersebut muncul (Artana, 2013)

Risk assessment atau penilaian risiko merupakan suatu cara pengujian risiko dengan cara mengidentifikasi kejadian-kejadian yang mungkin terjadi dan memberikan sebuah nilai bahaya dalam skala tertentu. Di dalam sebuah *risk assessment* dilakukan juga identifikasi terhadap faktor penyebab dari setiap kejadian dimana terdapat berbagai macam faktor yang mungkin terjadi. Kemudian dilakukan perhitungan frekuensi yang mungkin terjadi pada setiap kejadian. Dari identifikasi konsekuensi dan perhitungan frekuensi maka dapat diketahui peluang masing-masing risiko tersebut.

2.5.1 Hazard and Operability (HAZOP)

HAZOP adalah standar teknik analisis bahaya yang digunakan dalam persiapan penetapan keamanan dalam suatu sistem baru atau modifikasi unyuk suatu keberadaan potensi bahaya atau yang sistematis teliti dan terstruktur untuk mengidentifikasi berbagai permasalahan yang mengganggu jalannya proses dan risiko yang terdapat pada suatu peralatan yang dapat menimbulkan kerugian bagi manusia atau fasilitas pada sistem.

HAZOP menggunakan beberapa kata kunci dalam mengidentifikasi bahaya dari sebuah sistem atau proses. Dalam proses ini beberapa kata kunci seperti (*how, low, no, dll*) digunakan untuk mengetahui deviasi dari sitem atau proses berdasarkan beberapa parameter yang telah ditetapkan seperti tekanan, temperatur, aliran, dll. Metode HAZOP lebih banyak digunakan untuk mengevaluasi atau mengidentifikasi bahaya (*hazard*) dilevel sistem dengan pendekatan kualitatif. Sekalipun demikian, pendekatan kuantitatif juga sering ditemukan, dan cenderung lebih banyak digunakan untuk mengidentifikasi bahaya dan kemampuan operasi dari sebuah sistem atau

proses yang kontinyu, utamanya sistem atau proses fluida atau *thermal*. digunakan untuk mengidentifikasi bahaya (Artana, 2013).

Study Title:						Sheet:	
Drawing No.:						Node:	
Part Considered							
Design Intent:				Material:			
				Source:			
No.	Guide Word	Deviation	Possible Causes	Consequences	Safeguard	Comments	Action Required

Gambar 2. 3 Contoh *Worksheet HAZOP*
(Sumber:BS IEC 61882-HAZOP, 2017)

Langkah-langkah dalam metoda HAZOP adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi keselamatan yang terkait dengan potensi bahaya dan permasalahan operasi. Berhubungan dengan perancangan dan operasi dari sistem tersebut secara langsung yang berpengaruh terhadap terminal maupun masyarakat sekitar
2. Mengidentifikasi *safeguard* yang ada dan prosedur operasinya yang akan mengurangi kemungkinan terjadinya konsekuensi yang terkait dengan potensi bahaya
3. Menentukan dampak serius konsekuensi untuk permasalahan yang diidentifikasi
4. Mengevaluasi kecukupan ketersediaan *safeguard* dan prosedurnya
5. Rekomendasi tambahan *safeguard*, jika dibutuhkan

Secara khusus, langkah-langkah diatas dapat diterjemahkan menjadi aktivitas berikut:

1. Pemilihan node
2. Penerapan deviasi yang digunakan
3. Identifikasi penyebab bahaya yang terkait dengan *guide word*
4. Identifikasi keseluruhan konsekuensi tanpa tergantung dengan *safeguard*
5. Penentuan tindakan yang akan digunakan untuk mengeliminasi atau mitigasi permasalahan yang telah teridentifikasi jika diperlukan
6. Pengulangan pada semua nodes

Berikut merupakan istilah terminology yang digunakan dalam pelaksanaan HAZOP :

1. Proses
Proses apa yang sedang terjadi atau lokasi dimana proses tersebut berlangsung.
2. Sumber hazard
Sumber bahaya yang ditemukan dilapangan.

3. *Deviation* (Penyimpangan)
Hal-hal yang berpotensi untuk menimbulkan risiko
4. *Cause* (Penyebab)
Sesuatu yang kemungkinan besar akan mengakibatkan penyimpangan
5. *Consequence* (Akibat/konsekuensi)
Akibat dari deviation yang terjadi, yang harus diterima oleh sistem.
6. *Action* (Tindakan)
Tindakan dibagi menjadi dua kelompok yaitu tindakan yang mengurangi atau menghilangkan akibat (konsekuensi). Namun yang paling utama adalah menghilangkan penyebabnya dan mengurangi konsekuensinya.
7. *Severity*
Merupakan tingkat keparahan yang diperkirakan akan terjadi.
8. *Likelihood*
Kemungkinan terjadinya konsekuensi dengan sistem pengamanan yang ada.
9. *Risk*
Risiko merupakan nilai risiko yang didapatkan dari kombinasi kemungkinan *likelihood* dan *severity*

2.5.1.1 Penentuan Deviasi Sistem

Deviasi merupakan sebuah perpaduan antara *guidewords* dengan parameter proses. Parameter proses merupakan ukuran yang digunakan untuk mengetahui kondisi sistem. Seperti *pressure, temperature, flow, contamination*. Sedangkan *guidewords* merupakan batasan-batasan yang menunjukkan penyimpangan penyimpangan yang terjadi. Seperti, *no, more, less, as well as*, dan lain sebagainya.

2.5.1.2 Cause dan Consequences

Dari deviasi sistem dapat dianalisa penyebab dari deviasi tersebut. *Cause* (penyebab kejadian) sangat erat kaitannya dengan *Consequences* (konsekuensi kejadian), dan dari *cause* dapat diketahui pula konsekuensi yang ditimbulkan pada sistem. Sebagai contoh, dalam suatu sistem terjadi deviasi *more pressure*. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya *valve* yang tidak dapat terbuka dengan sempurna atau tidak dapat terbuka sama sekali saat terjadi proses. Hal ini dapat menyebabkan peningkatan tekanan atau *overpressure* dan dapat berakibat bocornya pipa dikarenakan tidak dapat menahan tekanan. Kebocoran pipa juga mengakibatkan *gas release* ke atmosfer dan jika ada sumber api maka dapat terjadi ledakan atau kebakaran.

2.5.1.3 Safeguards

Safeguards merupakan instrument yang terpasang pada sistem yang berfungsi untuk deteksi dini dan atau menanggulangi konsekuensi akibat adanya deviasi sistem. *Safeguards* pada sistem dapat berupa indikator dari parameter yang ada di sistem, atau instrument lain yang dapat menanggulangi deviasi. Seperti *pressure relief valve* yang dapat menanggulangi *overpressure*.

2.5.1.4 *Comments dan Action Required*

Comments merupakan tanggapan mengenai kondisi sistem apabila terjadi deviasi. Tanggapan yang di berikan dapat berupa dapat diterima atau tidaknya apabila suatu deviasi terjadi. Sebagai contoh apabila terjadi *overpressure* dan *gas release* ke atmosfer yang dapat menimbulkan bahaya.

Action Required merupakan rekomendasi yang dilakukan apabila deviasi pada sistem terjadi. Dapat berupa penambahan safeguards, atau penanganan secara prosedur.

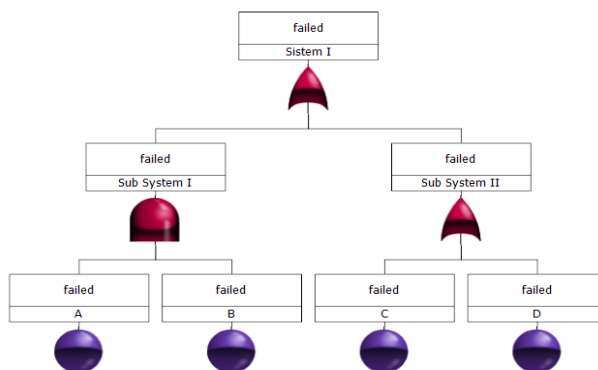
2.5.2 *Fault Tree Analysis (FTA)*

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan salah satu metoda yang umum digunakan dalam penilaian resiko dalam mencari nilai frkuensi dari sebuah kejadian, selain itu metode FTA khususnya digunakan pada sistem yang memiliki konsekuensi yang tinggi atau sistem-sistem yang melibatkan fungsi kontrol untuk menjamin keselamatan (*safety oriented system*). *Fault trees* menggunakan beberapa *logical gates* untuk menghubungkan antara satu kejadian (*event*) pada sistem dengan kejadian lainnya. Kondisi kegagalan yang sering disebut *top event* secara bertahap diturunkan menjadi kejadian dibawahnya secara bertahap dengan bantuan *logical gates* hingga penyebab dasar kegagalan (*basic event*) ditemukan. Oleh karena itu metode ini dikategorikan sebagai *top-down approach*.

Dengan pendekatan kualitatif, maka tahapan proses kegagalan secara terperinci bisa diturunkan sehingga metode ini dapat mengidentifikasi bagaimana proses kegagalan sistem. Dengan mengetahui proses kegagalan sistem ini, maka perbaikan, pengaturan, dan modifikasi pada sistem dapat dilakukan agar kejadian kegagalan yang sama bisa dicegah. Pendekatan kuantitatif dilakukan dengan memberikan nilai peluang terhadap munculnya masing-masing basic event dan selanjutnya dengan bantuan *logical gates* dan algoritma tertentu akan ditemukan besarnya peluang sistem mejadi gagal atau peluang munculnya *top event* bisa didapatkan (Artana, 2013).

Istilah-istilah yang umum digunakan dalam *fault tree analysis*:

1. *Event*
Merupakan penyimpangan yang tidak diharapkan dari suatu keadaan normal pada suatu komponen atau sistem.
2. *Top event*
Merupakan kejadian yang dikehendaki pada “puncak” yang akan diteliti lebih lanjut kejadian dasar lainnya dengan menggunakan gerbang logika untuk menentukan penyebab kegagalan.
3. *Basic event*
Merupakan kejadian yang tidak diharapkan yang dianggap sebagai penyebab dasar.



Gambar 2. 4 Contoh *Fault Tree Analysis*
(Sumber:Relex, 2017)

Beberapa *logical gates* yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

- AND gates*, kejadian output akan terjadi jika dan hanya jika semua kejadian *input* terjadi.
- OR gates*. Kejadian output akan terjadi jika paling tidak ada satu kejadian input yang terjadi.
- EOR gates (exclusive OR gates)*, kejadian *output* akan terjadi jika dan hanya jika satu kejadian *input* terjadi.
- NOT gates*, kejadian output akan terjadi hanya jika kejadian input tidak terjadi
- Basic event*, kegagalan pada hirarki terendah pada *fault trees*.
- Incomplete event*, kejadian yang membutuhkan penurunan lebih lanjut sampai nanti ditemukannya *basic event*.
- Intermediet event*, kombinasi dari kejadian kegagalan sebagai output dari *logical gates*.

Berikut langkah-langkah mengerjakan FTA menggunakan *Relex 2009*:

1. *List* komponen peralatan yang ada pada masing-masing sistem berdasarkan pembagian *node*
2. Mempelajari sistem dari gambar P&ID sehingga dapat menghasilkan kemungkinan-kemungkinan apa saja yang dapat menyebabkan sistem gagal.
3. Membuat *top event* yang dihubungkan dengan *logical gates* hingga kejadian paling dasar yakni *basic event*
4. Mencari nilai *failure rate* masing-masing peralatan menggunakan *DNV failure frequency guidance*
5. Masukkan nilai kegagalan yang didapat dari *DNV failure frequency guidance* pada *basic event*
6. Memastikan bahwa *logical gates* yang digunakan sudah sesuai karena *logical gates* akan sangat berpengaruh pada nilai hasil akhir, lalu dihitung menggunakan menu *calculate* di toolbar dan nilai kegagalan pada *top event* dapat diketahui.

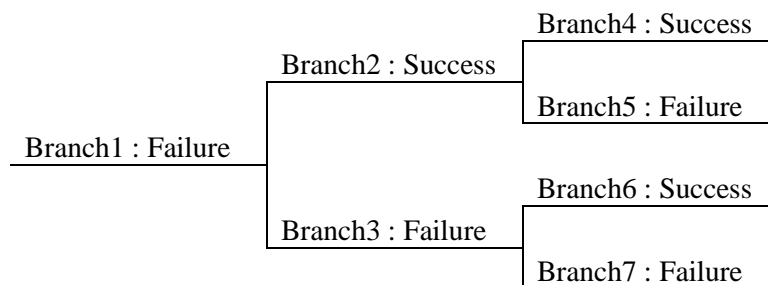
2.5.3 Event Tree Analysis (ETA)

Event Trees Analysis (ETA) merupakan salah satu metode yang digunakan dalam mencari nilai frekuensi. *Even Tree* adalah diagram yang menunjukkan semua kejadian yang mungkin terjadi di dalam sistem. Diagram ini diperoleh dengan mengidentifikasi semua komponen didalam sistem, dan selanjutnya secara berturut-turut dianalisis setiap cabang dari diagram dengan memasukkan peluang sukses dan gagal dari masing-masing komponen. Metode *event trees* ini dapat digunakan untuk melakukan analisis keandalan pada sistem dimana semua komponen beroperasi kontinyu, maupun pada sistem yang memiliki beberapa komponen yang berada pada posisi *standby* (mengandung *logic switching*). Sistem yang mengandung komponen standby ini sering dipergunakan pada *safety oriented system* (Artana, 2013).

ETA biasanya digunakan apabila hasil atau top event setelah menggunakan metode FTA masih bisa dibagi lagi, misalnya top event menggunakan FTA adalah *gas release*, *gas release* ternyata apabila terkena api atau tidak terkena api memiliki bahaya yang berbeda yang bisa dibedakan misalnya jika gas terkena api dapat mengakibatkan ledakan sedangkan jika tidak terkena api menyebabkan keracunan, sehingga untuk mencari dua nilai bahaya ini perlu dilakukan menggunakan metode *event tree analysis*.

Prosedur pelaksanaan *event tree analysis*:

1. Mengidentifikasi *initiating event* pada tipe kecelakaan yang terjadi. *Initiating event* dapat berupa sistem atau *equipment failure*, *human error*, atau gangguan pada proses terngnatung pada seberapa baik sistem atau operator merespon kejadian tersebut.
2. Mengidentifikasi *safety function* yang didesain untuk mengurangi *initialing event*
3. Menyusun *event tree*
4. Menyusun urutan konsekuensi kecelakaan yang terjadi
5. Menentukan urutan minimal *cut set*



Gambar 2. 5 Contoh *Event Tree Analysis*
(Sumber:Relex, 2017)

Komponen-komponen yang terdapat pada metode ETA diantaranya:

1. *Initiating Event*

Merupakan kesalahan atau peristiwa yang tidak diinginkan yang memulai awal dari rangkaian kecelakaan, yang dapat mengakibatkan kecelakaan tergantung pada

sukses tidaknya pelaksanaan metode penanggulangan bahaya yang dirancang kedalam sistem.

2. *Pivotal Event*

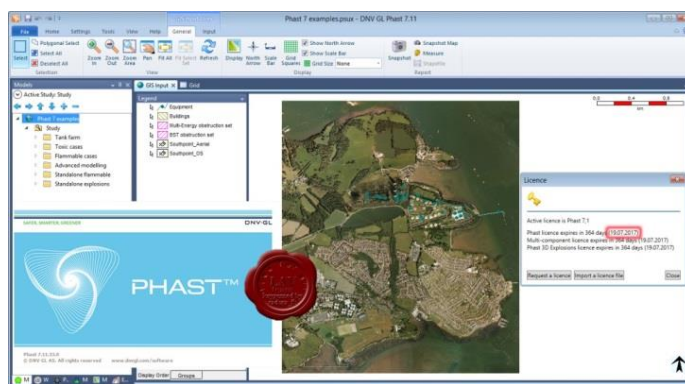
Merupakan peristiwa perantara penting yang terjadi antara kejadian awal dan kecelakaan akhir. *Pivotal Event* merupakan kejadian kegagalan maupun kesuksesan dari metode keselamatan yang ditetapkan untuk mencegah initiating event sehingga tidak menyebabkan sebuah kecelakaan (Rikayanti, 2015)

Sedangkan langkah – langkah pembuatan ETA adalah sebagai berikut :

1. Menjabarkan dari *top event* yang didapat dari *fault tree analysis* apabila dari *top event* masih bisa mengakibatkan bahaya lainnya, misalnya *gas release* merupakan *top event* dari sebuah kejadian maka harus diidentifikasi apakah dari *gas release* tersebut apabila terkena api dapat tersulut maka termasuk dalam *ignition* dan apabila sebarannya berbahaya maka bisa dimasukkan dalam *no ignition*.
2. *Initial event* menggunakan nilai dari probabilitas dari FTA

2.5.4 *Process hazard analysis software tools*

Process hazard analysis software tools merupakan *Top List software Consequences Modeling* atau *software* untuk pemodelan konsekuensi milik DNV yang sering digunakan di dunia industri (khususnya migas dan *chemical industry*). *Process hazard analysis software tools* digunakan untuk menganalisis situasi yang memiliki potensi bahaya yang terjadi baik untuk kehidupan, properti dan lingkungan, sekaligus untuk mengukur tingkat keparahan dari bahaya tersebut. Dalam *software* ini, konsekuensi dapat dapat dikelola atau dikurangi dengan cara mendesain proses atau *plant*, modifikasi prosedur operasional yang ada, atau dengan menerapkan langkah-langkah mitigasi lainnya (G.G, 2013)



Gambar 2. 6 *Process hazard analysis software tools*
(Sumber:G.G, 2013)

Pada *software* ini dapat digunakan untuk pemodelan berbagai jenis rilis dari kontaimen bertekanan (*pressure vessels*) ataupun yang tidak bertekanan (*Atmospheric Storage Tanks*).Terdapat 4 macam pemodelan khusus yang dapat diolah menggunakan *software* ini yakni:

- *Pressure Vessel*
- *Atmospheric Storage Tank*
- *Standalones*
- *Long pipeline*

Untuk katagori cuaca sendiri terdapat 10 jenis pilihan mulai dari *very unstable* hingga *very stable*.

Terdapat 14 *parameter set* yang dapat diolah menggunakan *software* ini diantaranya:

- *Discharge parameters*
- *Dispersion parameters*
- *Toxic parameters*
- *Flamable parameters*
- *Explosion parameters*
- *Pool fire parameters*
- *Building parameters*
- *Fireball and BLEVE parameters*
- *Grid parameters*
- *Surface parameters*

Ada 3 jenis *input data map* yang terdapat dalam *software* ini yakni:

1. *Bund Type data*
Yakni digunakan untuk pemodelan sebaran dan penguapan
2. *Building Type data*
Yakni digunakan untuk pemodelan efek racun bagi orang-orang yang didalam ruangan ataupun dijalar udara beracun yang tersebar.
3. *Terrain Type data*
Yakni digunakan untuk pemodelan dispersi

Selain itu, untuk material yang akan digunakan sendiri ada beberapa macam pilihan baik itu material yang murni maupun material campuran.

Lalu untuk mengetahui dampak dari kejadian, terdapat beberapa pilihan *effect level set* yakni:

- *Overpressure effect level*
- *Impulse effect level*
- *Jet fire radiation effect level*
- *Pool fire radiation effect level*
- *Fireball radiation effect level*
- *Flash fire to LFL fracton effect level*
- *Indoor toxic effect level*
- *Outdoor toxic effect level*

Melalui *software* ini dapat diketahui hasil untuk konsekuensi dari skenario yang akan dilakukan seperti :

1. Grafik perbandingan antara *centreline concentration vs distance*, yakni grafik yang menunjukkan seberapa besar luasan dispersi jika *gas release*
2. Grafik *toxic probit vs distance*, yakni menunjukkan besarnya luasan yang terkena dampak dari *toxic*.

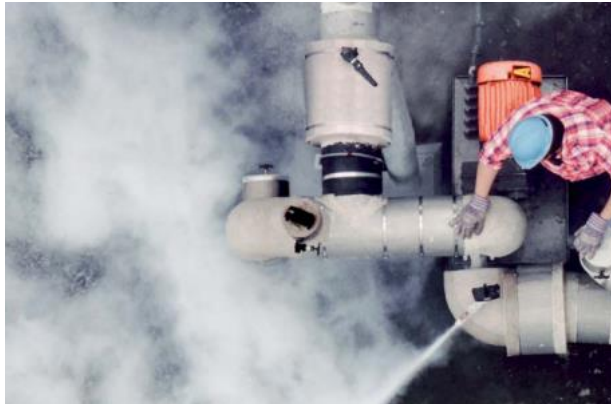
Bahaya yang mungkin terjadi pada penelitian ini yakni :

1. *Gas dispersion*

Gas dispersion merupakan peristiwa rilisnya gas dalam fasa gas akibat adanya kebocoran pipa atau komponen pendukung lain dalam suatu sistem (HSE, 2017). Ada beberapa kemungkinan fenomena ini dapat terjadi dalam fasilitas gas, antara lain :

- Gas ada pada dalam tekanan yang tinggi
- Kebocoran pipa, katup atau komponen lain
- Tidak ada sumber panas atau api

Gas dispersion merupakan salah satu insiden yang sering terjadi pada fasilitas gas disuatu sistem akibat kegagalan komponen, bocornya pipa dan *instrument* pendukung (Pangestu, 2017). Akibat yang ditimbulkan oleh *Gas dispersion* adalah gangguan fungsi pernapasan manusia karena berkurangnya kadar oksigen di udara bebas, namun akibat yang paling parah yang bisa ditimbulkan dari *gas dispersion* adalah kematian pada manusia. Untuk amonia sendiri, *gas dispersion* dengan kandungan amonia sebesar 5000ppm dapat mengakibatkan kematian pada manusia.



Gambar 2. 7 Contoh *Gas dispersion*
(Sumber: Drager, 2017)

Pada sebaran gas amonia, dapat mengakibatkan berbagai macam bahaya yang mengganggu kesehatan pada manusia seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, dengan tingkat kadar ppm yang berbeda maka gaangguan kesehatan yang diakibatkan juga berbeda, semakin besar kadar ppm yang ada pada sebaran maka semakin besar pula bahaya yang ditimbulkan. Selain itu, semakin besar kadar ppm maka sebaran gas yang dihasilkan untuk wilayah terdampak juga semakin kecil, hal ini dikarenakan semakin besar kadar ppm maka kemampatan zat tersebut semakin besar sehingga hasil sebaran yang terjadi lebih sedikit bila dibandingkan dengan kadar yang lebih kecil.

2. *Vapor Cloud Explosion VCE*

Banyak bahaya tidak langsung yang berhubungan dengan *power* atau kekuatan dari sebuah ledakan. Sebagai contoh manusia bisa terkena serpihan kaca atau

benda-benda tajam lain ketika terjadi ledakan, ataupun terbakar hingga hangus dalam api yang dihasilkan oleh beberapa jenis peledak tertentu. Manusia juga bisa hancur karena tertimpa bangunan yang runtuh. Namun walaupun dengan sebuah asumsi yang paling mengerikan tentang ledakan ternyata tubuh manusia cukup tangguh dalam menahan kekuatan ledakan sehingga tidak terjadi kematian langsung.

Misalnya pada sebuah ledakan yang relatif kecil seperti yang dihasilkan satu bom pipa buatan sendiri, dapat menghasilkan tekanan berlebih sekitar 1 psi dengan kecepatan angin ledakan hampir 40 mph, kekuatan dalam ledakan tersebut sudah cukup untuk menghancurkan kaca tetapi hanya dapat menyebabkan cedera ringan pada manusia. Selanjutnya apabila terjadi sebuah ledakan bom mobil dapat mencapai 2 hingga 3 psi dan kecepatan angin di atas 100 mph, sehingga berpotensi menyebabkan kerusakan besar pada bangunan, cedera parah dan kerusakan cukup yang bisa membunuh beberapa orang.

Ledakan dengan puncak tekanan lebih dari 5 psi dapat menyebabkan cedera yang meluas dan merenggut lebih banyak korban jiwa. Kekuatan dari ledakan tersebut cukup untuk memusnahkan kota dan merobohkan semua bangunan sedangkan pada manusia dapat berakibat merusak atau lebih tepatnya meledakkan gendang telinga.



Gambar 2. 8 Contoh *Explosion*
(Sumber: Geri, 2016)

Dan jika ledakan memiliki tekanan lebih dari 10 psi dan memproduksi kecepatan angin yang berkekuatan hampir 300 mph maka bangunan dengan rangka yang terbuat dari beton pun dapat hancur lebur. Yang terakhir dengan ledakan yang bertekanan lebih besar dari 20 psi menghasilkan korban jiwa secara menyeluruh.

Vapor cloud explosion merupakan salah satu bahaya ledakan yang paling serius dan cenderung sangat destruktif pada proses industri. Dulu vapor cloud explosion lebih dikenal dengan nama unconfined vapor cloud explosion (UVCE), namun istilah confinement (ruang tertutup) bertentangan dengan karakteristik VCE yang sejatinya terjadi pada area terbuka. Oleh karena itu istilah unconfined dihilangkan dari terminologi VCE.

VCE terjadi ketika sejumlah besar bocoran flammable vapor atau gas tercampur dengan udara luar dan terignisi sesudahnya. Proses pembakaran yang terjadi dapat menimbulkan tekanan berlebih atau tidak sama sekali. Jika tidak terdapat tekanan, maka kejadian yang muncul adalah vapor cloud fire atau flash fire. Sedangkan jika terdapat tekanan maka kejadian yang muncul adalah vapor cloud explosion. Penggunaan *process hazard analysis software tools* untuk ledakan di dalam bangunan selalu dimodelkan dengan metode TNT, jika menentukan bangunan rilis dicentang di *tab Bund*, pemodelan ledakan yang dilakukan dalam perhitungan dalam bangunan akan selalu menggunakan metode TNT, karena pemodelan ini valid untuk metode ledakan TNT saja, dan bukan untuk metode lainnya. Namun metode yang dipilih untuk metode *explosion* akan digunakan dalam pemodelan ledakan akhir, yang terjadi setelah awan meninggalkan bangunan.

Untuk standar dampak yang diakibatkan oleh ledakan, pada penelitian ini mengacu pada *Nasional Fire Protection Association (NFPA)* merupakan asosiasi asal Amerika yang membagi dampak yang terjadi dari sebuah ledakan baik pada bangunan maupun manusia berdasarkan besarnya tekanan.

Tabel 2 3 Dampak Ledakan terhadap Bangunan dan Manusia

Peak Over Pressure (psi)	Wind Speed (mph)	Efek pada Bangunan	Efek pada Manusia
1	38	Jendela kaca pecah	Cedera Ringan
2	70	Kerusakan sedang pada rumah (kaca, pintu luar, dan atap rusak parah)	Orang terluka karena pecahan kaca dan runtuh puing-puing
3	102	Struktur perumahan runtuh	Cedera serius terjadi
5	163	Sebagian besar bangunan runtuh	Cedera dan kematian bisa terjadi
10	294	Kerangka bangunan beton rusak berat dan hancur	Kebanyakan orang meninggal
20	502	Bangunan beton rusak berat dan hancur	Kematian mendekati 100%

(Sumber: NFPA, 2017)

2.6 *F-N Curve*

F-N curve merupakan representasi risiko yang umum digunakan jika konsekuensi diukur berdasarkan jumlah populasi terdampak (*societal risk*). *F* berada pada sisi ordinat (sumbu Y) yang mewakili frekuensi kumulatif dari jumlah orang yang terdampak per tahun dan *N* pada sisi ordinat (sumbu X) menunjukkan jumlah orang yang terdampak yang sesuai dengan frekuensinya.

Penilaian risiko sosial akan didahului oleh perhitungan frekuensi kemunculan bahaya (*F*) yang diukur dalam satuan kejadian per tahun dan dilanjutkan dengan estimasi jumlah orang yang terdampak per tahun (*N*). *F-N Curve* dibuat dalam format skala logaritmik. Skala logaritmik digunakan karena nilai frekuensi dan jumlah *fatalities* bisa berada pada nilai yang sangat jauh berbeda (Artana, 2013)

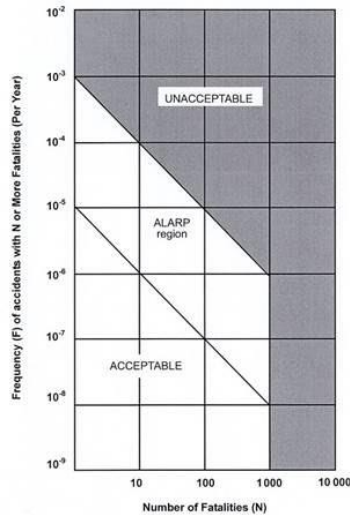
Risiko sosial dapat digambarkan melalui dua pola penggambaran sebagai berikut:

1. Frekuensi non-kumulatif, grafik pada pola ini dikenal dengan sebutan *F-N curve* dimana nilai yang diplot disumbu Y adalah frekuensi diskrit (bukan kumulatif) dari peluang kemunculan bahaya yang dievaluasi
2. Frekuensi kumulatif, grafik pada pola ini dikenal dengan sebutan *f-N curve* dimana nilai yang diplot disumbu Y adalah frekuensi kumulatif dari peluang kemunculan bahaya yang dievaluasi

F-N Curve yang akan digunakan dalam penelitian ini menggunakan pola frekuensi bukan kumulatif dengan standar *Hongkong Government Risk Guidelines (HKRG)*.

Ada 3 zona yang terdapat didalam *F-N curve* yakni:

1. Zona acceptable
Yakni zona dimana hasil dari representasi risiko yang dilakukan dapat diterima
2. Zona ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*)
ALARP (As Low As Reasonably Practicable) merupakan perbatasan antara risiko itu dapat diterima atau tidak, akan tetapi masih dapat diterima dan merupakan batas minimal suatu risiko untuk dapat diterima. Upaya pengurangan dari risiko harus diimbangi dengan analisa biayanya.
Apabila perkiraan risiko yang dilakukan masih tidak dapat diterima, maka perlu usaha untuk mengurangi risiko yang dapat dilakukan dengan 3 cara, yakni sebagai berikut:
 - Mengurangi frekuensi
 - Mengurangi konsekuensi
 - Sebuah kombinasi dari keduanya
3. Zona unacceptable
Yakni zona dimana hasil dari representasi risiko yang dilakukan tidak dapat diterima, sehingga perlu melakukan tindakan mitigasi



Gambar 2. 9 HKRG Societal Risk F-N Curve
(Sumber:Aecom, 2017)

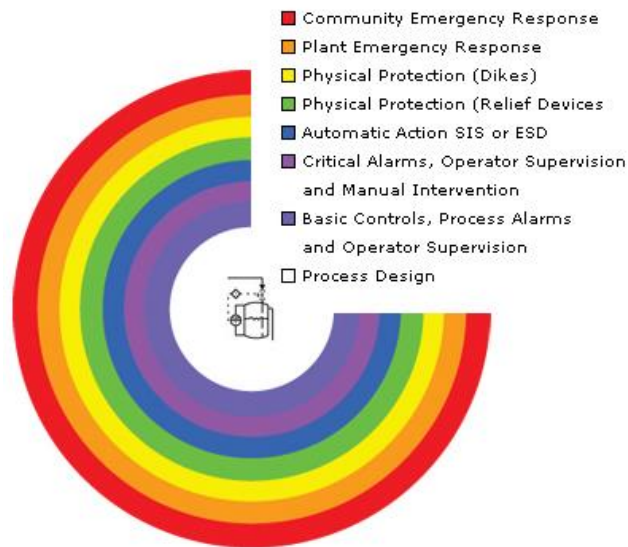
Menurut *Risk Measures dan Hong Kong Government Risk Guidelines (HKRG)*, risiko individu adalah perkiraan kenaikan kemungkinan kematian per tahun kepada individu hipotetis yang tetap 100% dari waktu pada titik stasioner tertentu. Pedoman risiko individu mensyaratkan bahwa tingkat maksimum risiko individu di luar lokasi yang terkait dengan instalasi berbahaya tidak boleh melebihi 1 dari 100.000 per tahun yaitu 1×10^{-5} per tahun.

Risiko masyarakat mengekspresikan risiko pada keseluruhan populasi. Hal ini dinyatakan dalam bentuk garis yang merencanakan frekuensi (F) N atau lebih kematian pada populasi dari insiden pada instalasi. Dua garis risiko FN digunakan di HKRG untuk mengurangi risiko masyarakat "dapat diterima" atau "tidak dapat diterima". Wilayah antara menunjukkan penerimaan risiko masyarakat adalah garis batas dan harus dikurangi sampai pada tingkat yang "serendah mungkin" dapat dipraktekkan (ALARP). Ini bertujuan untuk memastikan bahwa semua tindakan praktis dan hemat biaya yang dapat mengurangi risiko akan dipertimbangkan.

2.7 LOPA (*Layer of Protection Analysis*)

Pada saat melakukan representasi risiko antara frekuensi dan konsekuensi dengan menggunakan *F-N curve*, maka ada kemungkinan jika risiko tersebut berada pada zona unacceptable, dimana pada zona ini risiko tidak bisa diterima sehingga perlu dilakukan mitigasi agar risiko tersebut bisa diterima.

Tujuan dari LOPA adalah memastikan lapisan perlindungan untuk mengantisipasi risiko dari bahaya yang muncul. Dari LOPA akan diketahui IPL (*Independent Protection Layer*) yang dimiliki oleh suatu sistem ataupun fasilitas yang risikonya tidak dapat ditolerir tersebut, dan apabila tingkat perlindungan suatu sistem masih tidak bisa ditolerir, maka ditambahkan IPL lagi supaya risiko tersebut dapat ditolerir dengan cara penambahan safety device dan alarm (Aryantini, 2016).



Gambar 2. 10 *Layer of protection analysis*
(Sumber: ABS, 2017)

Standar LOPA yang digunakan dalam penelitian ini adalah IEC61511-*Functional Safety-Safety Instrumented system for the process industry sector*.

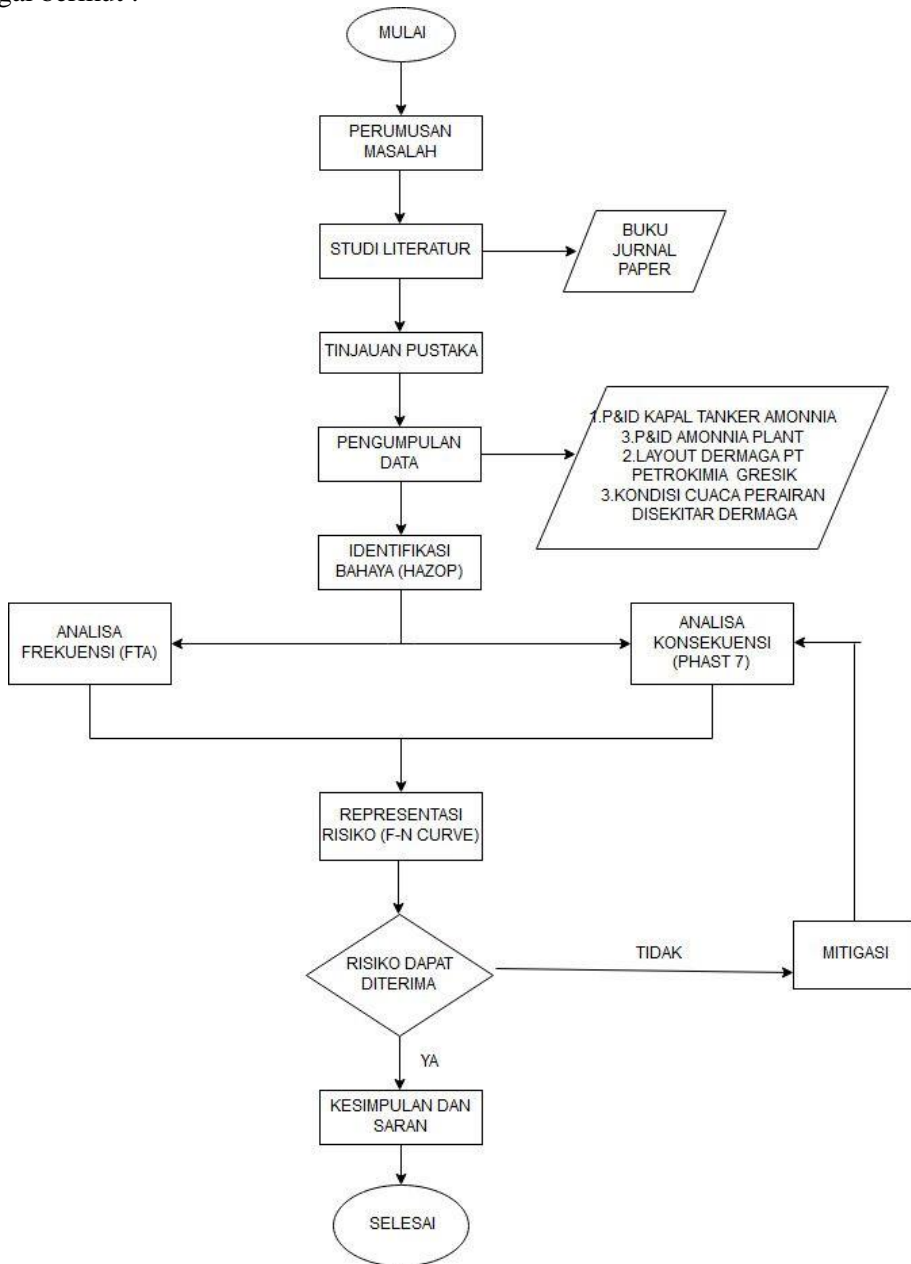
Langkah-langkah umum dalam menggunakan LOPA sebagai berikut:

1. Melakukan identifikasi skenario
2. Menentukan skenario kecelakaan
3. Mengidentifikasi kejadian dan frekuensi kegagalan per tahun
4. Mengidentifikasi lapisan perlindungan dan kemungkinan kegagalan komponennya
5. Memperkirakan risiko dari skenario kecelakaan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

Dalam metodologi penelitian ini terdapat *flow chart* yang berisikan tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam pengerjaan penelitian nantinya. Adapun tahapan pengerjaanya sebagai berikut :



Penjelasan dari masing-masing tahapan yang akan dilakukan sesuai dengan *flow chart* adalah sebagai berikut:

3.1 Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan tahap awal yang penting dilakukan dalam melakukan penelitian, karena dari rumusan masalah inilah sebuah penelitian bisa dilakukan. Sebuah rumusan masalah didapatkan dari sebuah informasi yang berasal dari sumber terpercaya atau *real* yang mana dalam informasi tersebut terkandung suatu permasalahan yang saat ini sedang terjadi, pernah terjadi maupun yang akan terjadi. Permasalahan bisa terjadi di lingkungan sekitar maupun jangkauan yang lebih luas. Dari permasalahan yang terjadi, dapat diangkat sebuah judul penelitian dengan harapan bahwa hasil dari penelitian yang dilakukan dapat menjawab permasalahan yang ada.

3.2 Studi Literatur

Dari perumusan masalah akan didapatkan sebuah permasalahan, untuk menguatkan gagasan atau landasan tentang permasalahan yang diangkat, maka selanjutnya untuk mengerjakan sebuah penelitian dibutuhkan studi literatur yakni mempelajari masalah dengan cara mencari sekaligus membaca referensi dari berbagai macam sumber, dimana referensi ini bisa didapatkan dari:

1. Jurnal
2. *Paper*
3. Buku
4. Tugas akhir
5. Penelitian
6. BS IEC 61882;2001 HAZOP *Study guidelines*
7. DNV *failure frequency guidance*

Referensi yang akan dipelajari tersebut berhubungan dengan permasalahan yang sedang diambil. Dalam melakukan studi literatur, diharapkan menghasilkan keluaran berupa metode apa yang bisa digunakan dalam menangani permasalahan yang ada, sehingga nantinya pada saat akan mengerjakan penelitian ini sudah mempunyai gambaran langkah-langkah yang akan dilakukan sekaligus metode apa saja yang akan digunakan dalam mengerjakan penelitian.

3.3 Pengumpulan Data

Setelah belajar literatur dari berbagai macam sumber dan didapatkan gambaran umum tentang penelitian yang diambil, langkah selanjutnya adalah pengumpulan data. Pada tahap ini merupakan tahapan yang cukup sulit, dimana dalam melakukan sebuah penelitian dibutuhkan data – data akurat yang digunakan untuk menunjang pengerjaan penelitian. Yakni dengan cara mengumpulkan satu per satu data yang dibutuhkan baik itu dari perusahaan, instansi, maupun yang lainnya yang berhubungan dengan penelitian yang diambil.

Dalam penelitian ini, data – data yang dibutuhkan dalam menunjang pengerjaan adalah sebagai berikut :

1. P&ID Kapal Tanker

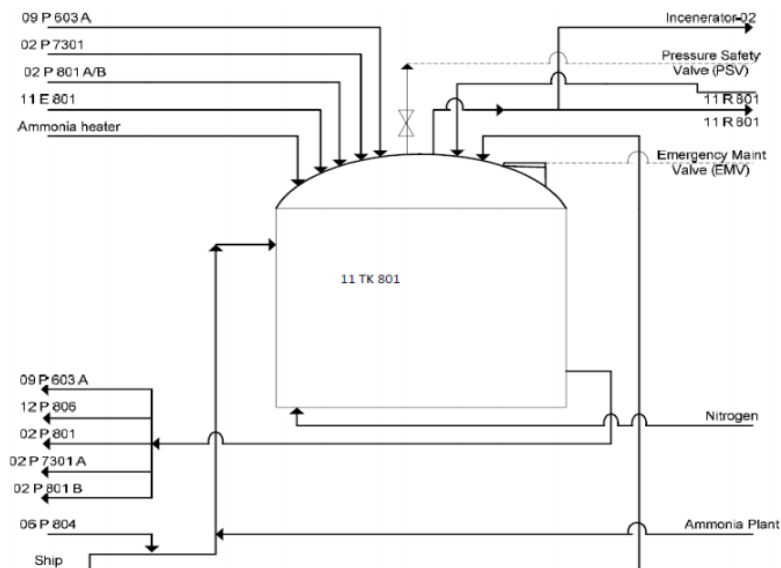
Karena penelitian yang diambil adalah tentang proses muat amonia dari tangki penyimpanan amonia menuju kapal, maka diperlukan data p&id kapal, dimana kapal yang diperlukan adalah kapal tanker dengan ukuran 17.500dw.t.

2. P&ID Ammonia Plant

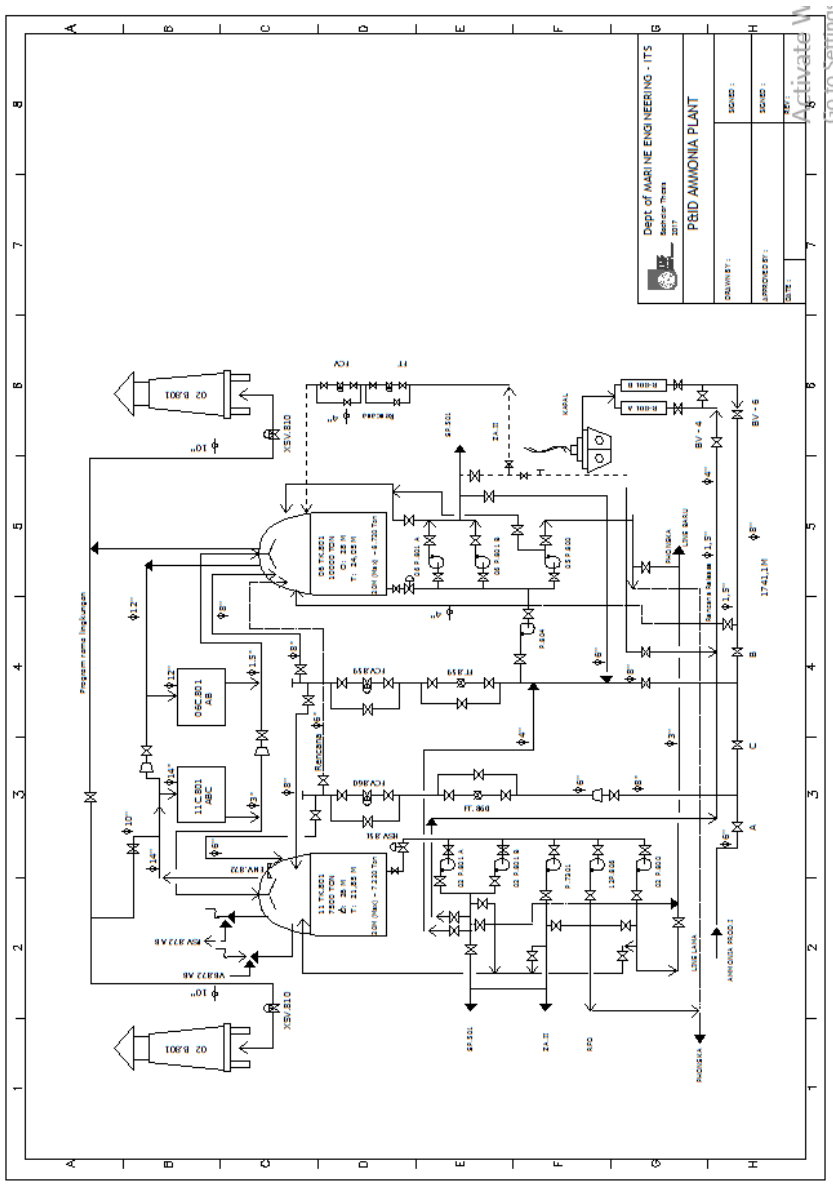
PT Petrokimia Gresik memiliki 3 tangki amonia sebagai berikut:

- 11TK 801
Kapasitas : 7.500 ton
Diameter : 26m
Tinggi Shell: 21.85m
- 06TK 801
Kapasitas : 10.000 ton
Diameter : 28,65m
Tinggi Shell: 24,05m
- 25TK 801
Kapasitas : 10.000 ton
Diameter : 28,65m
Tinggi Shell: 24,05m

Pada penelitian ini, tangki yang akan digunakan adalah tangki amonia 11TK 801.



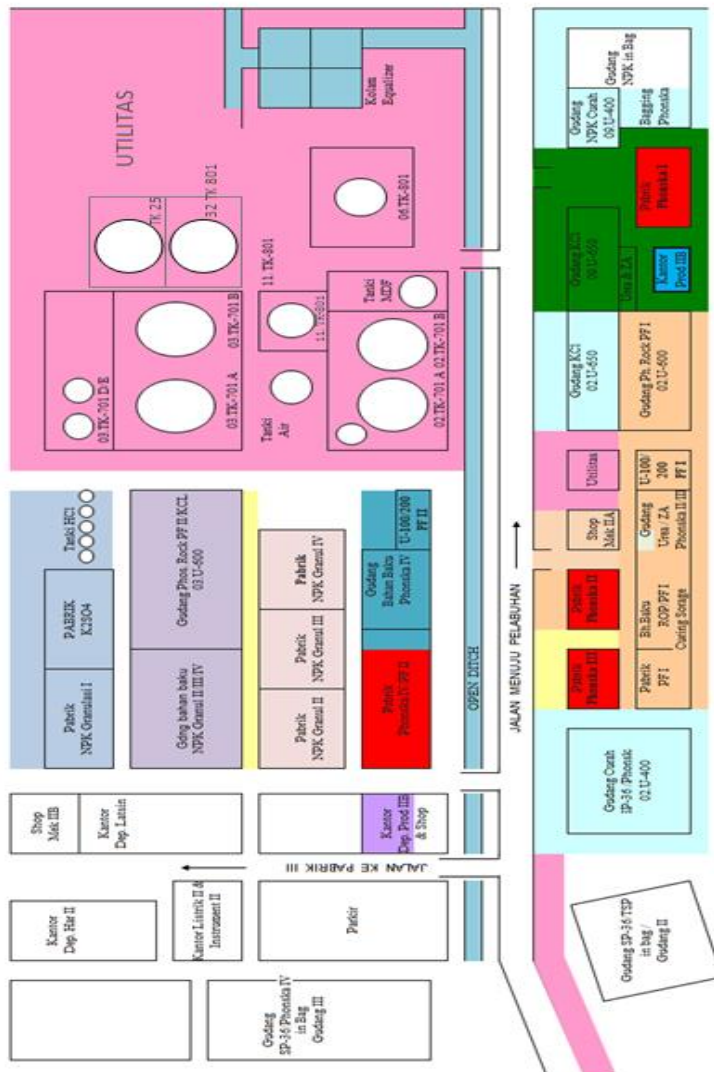
Gambar 3. 1 Alur Distribusi Tangki Amonia
(Sumber: Rochmatuz, 2016)



Gambar 3. 2 P&ID Ammonia Plant

3. *Layout* dan Jumlah Pegawai Perusahaan Petrokimia Gresik

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian tentang penilaian risiko sosial, maka diperlukan data berupa *layout* dan jumlah orang/pegawai disekitar wilayah terdampak. *Layout* perusahaan digunakan untuk mengetahui seberapa besar wilayah yang terdampak akibat sebaran dari hasil analisa konsekuensi. Sedangkan data jumlah orang digunakan untuk mengatagorikan tingkat keparahan yang dialami oleh korban seperti kategori ringan, sedang, maupun berat dimana untuk katagori berat.



Gambar 3. 3 *Layout* Pabrik II
(Sumber: Petrokimia Gresik, 2010)

4. Kondisi Cuaca di daerah sekitar dermaga

Data untuk kondisi cuaca meliputi arah mata angin dan kecepatan angin di daerah sekitar dermaga, dimana data ini akan digunakan sebagai *input* atau masukan dalam metode analisa konsekuensi.

Untuk arah mata angin sendiri, berdasarkan data yang didapat menunjukkan lebih dari 4 arah mata angin utama yakni selatan, utara, timur dan barat, seperti barat daya, barat laut, timur laut, dan masih banyak yang lainnya.

Tabel 3. 1 Contoh data arah angin selama satu hari


Date	Time(WIB)	WindDir(TN)	WindDir	WindSpd(knot)
01/12/2016	0	267,06	W	6,86
01/12/2016	1	264,93	W	6,53
01/12/2016	2	262,57	W	6,2
01/12/2016	3	259,96	W	5,89
01/12/2016	4	257,05	WSW	5,59
01/12/2016	5	253,83	WSW	5,3
01/12/2016	6	250,25	WSW	5,03
01/12/2016	7	246,29	WSW	4,79
01/12/2016	8	249,49	WSW	4,7
01/12/2016	9	252,81	WSW	4,62
01/12/2016	10	256,23	WSW	4,56
01/12/2016	11	259,74	W	4,51
01/12/2016	12	263,3	W	4,48
01/12/2016	13	266,89	W	4,47
01/12/2016	14	270,49	W	4,48
01/12/2016	15	274,05	W	4,51
01/12/2016	16	277,57	W	4,55
01/12/2016	17	281,01	W	4,61
01/12/2016	18	284,35	WNW	4,68
01/12/2016	19	287,57	WNW	4,77
01/12/2016	20	283,11	WNW	4,74
01/12/2016	21	278,62	W	4,75
01/12/2016	22	274,16	W	4,78
01/12/2016	23	269,78	W	4,84

5. Chemical Data Ammonia

Chemical data dapat dilihat dari *safety data sheet*. *Safety data sheet* untuk amonia yang digunakan pada penelitian ini adalah *safety data sheet* dari BOC yang merupakan bagian dari *Linde Group*.

Linde group merupakan pemasok gas industri, proses dan khusus terkemuka di dunia dan merupakan salah satu perusahaan rekayasa yang paling menguntungkan. TEST Produk dan layanan Linde dapat ditemukan di hampir setiap industri, di lebih dari 100 negara.

Dengan *safety data sheet* dapat digunakan untuk melakukan skenario konsekuensi seperti bahaya apa saja yang dapat ditimbulkan. Misalnya pada data terdapat pernyataan bahwa zat bersifat *flamable* maka berdasarkan pernyataan ini, dalam menentukan konsekuensi dapat diskenarioikan bahwa zat tersebut berpotensi untuk terbakar. Sebaliknya apabila zat tersebut ditengarai sebagai zat yang bersifat *toxic* maka dalam konsekuensi dapat diskenarioikan zat tersebut untuk *dispersion* atau sebaran.



BOC
A Member of The Linde Group

SAFETY DATA SHEET
Ammonia, anhydrous

Issue Date: 16.01.2013 Version: 1.0 SDS No.: 000010021772
 Last revised date: 18.12.2015 2/17

SECTION 2: Hazards identification

2.1 Classification of the substance or mixture

Classification according to Directive 67/548/EEC or 1999/45/EC as amended.

R10 T; R23 C; R34 N; R50

The full text for all R-phrases is displayed in section 16.

Classification according to Regulation (EC) No 1272/2008 as amended.

Physical Hazards

Flammable gas	Category 2	H221: Flammable gas.
Gases under pressure	Liquefied gas	H280: Contains gas under pressure; may explode if heated.

Health Hazards


Acute toxicity (Inhalation - gas)	Category 3	H331: Toxic if inhaled.
Skin corrosion	Category 1B	H314: Causes severe skin burns and eye damage.
Serious eye damage	Category 1	H318: Causes serious eye damage.

Environmental Hazards

Acute hazards to the aquatic environment	Category 1	H400: Very toxic to aquatic life.
Chronic hazards to the aquatic environment	Category 2	H411: Toxic to aquatic life with long lasting effects.

2.2 Label Elements

Contains: ammonia, anhydrous



Signal Words: Danger

Hazard Statement(s):
 H221: Flammable gas.
 H280: Contains gas under pressure; may explode if heated.
 H314: Causes severe skin burns and eye damage.
 H331: Toxic if inhaled.
 H410: Very toxic to aquatic life with long lasting effects.

Gambar 3. 4 Safety data sheet of ammonia
(Sumber: BOC, 2015)

3.4 HAZOP Identification

HAZOP Identification dilakukan setelah semua data-data yang dibutuhkan terkhusus data P&ID. Dalam melakukan identifikasi hazop menggunakan BS IEC 61882;2001 HAZOP Study guidelines.

Untuk melakukan proses identifikasi didalam HAZOP ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dan dilakukan yakni :

1. Memahami proses pada sistem, mulai dari sistem di *ammonia plant* sampai sistem dikapal .
2. Memahami cara operasi pada setiap *equipment* yang ada di sistem.
3. Mendefinisikan setiap setiap sistem yang ada yang dapat dilihat dari gambar P&ID, setelah itu dilakukan pembagian node.
4. Melakukan identifikasi deviasi pada masing-masing node.
5. Identifikasi penyebab dan konsekuensi pada masing-masing node.
6. Identifikasi *safeguard* yang ada
7. Mengisi tabel HAZOP dengan standar BS IEC 61882;2001 HAZOP Study guidelines dan analisa sebagai data isiannya.

3.5 Analisa Frekuensi

Tujuan dari analisa frekuensi adalah untuk mengetahui nilai probabilitas dari setiap kegagalan yang terjadi pada setiap komponen dalam sistem. Dalam skripsi ini akan digunakan FTA dan ETA dimana keduanya merupakan metode untuk melakukan analisa frekuensinya. Data yang diperlukan untuk melakukan analisa frekuensi berupa data p&id kapal dan *ammonia plant* dan DNV *failure frequency guidance* dan untuk melakukan analisa ini dalam mengolah data dibantu dengan menggunakan *software relex 2009*. Analisa ini dibuat berdasarkan HAZOP yang telah diidentifikasi HAZOP yang telah diidentifikasi sebelumnya.



Gambar 3. 5 Logical gates
(Sumber: ConceptDraw, 2017)

Langkah – langkah pembuatan FTA adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi masukan dan batasan
2. Membuat diagram *fault tree* dengan bantuan perangkat lunak *Relex*
3. Identifikasi *cut set*
4. Analisa menggunakan *cut set*
5. Analisa Kuantitatif
6. Yang perlu diperhatikan dalam menggunakan FTA adalah gerbang atau yang lebih dikenal dengan *logical gates* yang menyambungkan antara satu *event* terhadap *event* lainnya sehingga didapatkan nilai untuk *top event*.

Sedangkan langkah – langkah pembuatan ETA adalah sebagai berikut :

1. Menjabarkan dari *top event* yang didapat dari FTA apabila dari *top event* masih bisa mengakibatkan bahaya lainnya, misalnya *gas release* merupakan *top event* dari sebuah kejadian maka harus diidentifikasi apakah dari *gas release* tersebut apabila terkena api dapat tersulut maka termasuk dalam *ignition* dan apabila sebarannya berbahaya maka bisa dimasukkan dalam *no ignition*.
2. *Initial event* menggunakan nilai dari probabilitas dari FTA

3.6 Analisa Konsekuensi

Analisa Konsekuensi bertujuan untuk mengetahui kejadian atau bahaya apa yang mungkin dapat terjadi yang disebabkan oleh *hazard* atau potensi bahaya yang ada. Dalam skripsi ini analisa konsekuensi akan dimodelkan dengan menggunakan perangkat lunak *Process hazard analysis software tools* Konsekuensi yang akan di simulasikan dalam penelitian ini ada dua yakni berupa *Gas dispersion/ toxic* dan *explosion*.

3.7 Representasi Risiko

Berdasarkan analisa *hazard*, frekuensi, dan konsekuensi yang sudah didapatkan, langkah selanjutnya adalah menganalisa risiko untuk menentukan tingkat risiko dari masing-masing skenario. Untuk mengetahui tingkatan risiko dari masing-masing skenario, dalam hal ini menggunakan metode *F-N curve*. *F-N curve* digunakan untuk mengetahui apakah dari semua simulasi pemodelan tingkat risiko berada pada daerah *Acceptable*, *ALARP* dan *Unacceptable*.

F-N curve yang akan digunakan adalah standar *Hongkong Government Risk Guidelines (HKRG)*. Apabila hasil dari *F-N curve* menunjukkan bahwa risiko berada pada zona *unacceptable* maka harus dilakukan langkah mitigasi.

3.8 Analisa Mitigasi

Apabila tingkat risiko berada pada tingkat yang tidak dapat diterima maka perlu dilakukan mitigasi. Dalam hal ini rekomendasi tindakan mitigasi akan diberikan melalui analisa LOPA (*Layer of Protection Analysis*). Dari LOPA akan diketahui IPL (*Independent Protection Layer*) yang dimiliki oleh suatu sistem ataupun fasilitas yang risikonya tidak dapat ditolerir tersebut, dan apabila tingkat perlindungan suatu sistem masih tidak bisa ditolerir, maka ditambahkan IPL lagi supaya risiko tersebut dapat ditolerir dengan cara penambahan *safety device* dan alarm.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Analisa dan pembahasan merupakan proses pekerjaan yang dilakukan mulai dari awal pekerjaan hingga akhir.

Pada penelitian ini, objek yang digunakan dalam penilaian risiko adalah proses *loading* amonia dari *ammonia storage* menuju ke kapal.

4.2 Data

Data yang didapatkan untuk melakukan penelitian ini antara lain :

1. P&ID *loading system*

Ada beberapa P&ID yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- P&ID Kargo Kapal Tanker
- P&ID *Ammonia Plant*

Data-data P&ID ini akan digunakan untuk menentukan *node*, selanjutnya melakukan *HAZOP identification*, lalu dari data-data yang sudah diperoleh ini dapat melakukan pekerjaan analisa frekuensi menggunakan metode *fault tree analysis* dan *Event Tree Analysis* dibantu dengan *software relex 2009* dan akan dibahas lebih rinci pada sub bab berikutnya.

Tabel 4. 1 Ammonia Storage Tank Specification

Karakteristik	Spesifikasi
Capacity	: 7.500 MT
Diameter	: 26.000 mm
High	:21.940 mm
Design pressure	: 150 gr/cm ² G/-5 gr/Cm ²
Desain liquid level	: 20.820 mm
Max test level	: 20.820 mm
Max test level	: -33
Max operation temperature	: SA-516 GR70 MOD
MaterialCorrosion allowance	: 3/0/0
Type ofroof	: Dome
Liquid specific gravity	: 0.682
Year complete	: 2003

Tabel 4. 2 *Principle Dimension of Ship*

Name	:	Ariana
Type	:	Tanker
Length Overall	:	144,22 m
Breadth	:	23 m
Deadweight	:	17500 ton
Gross Tonage	:	11000
Speed	:	12,1/11.6 knot
Year Built	:	2016



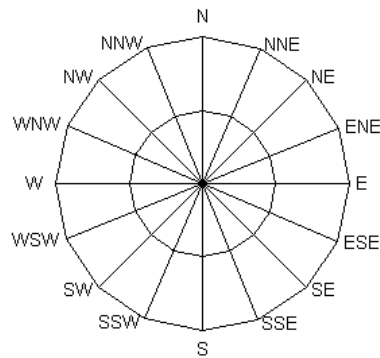
Gambar 4. 1 Kapal Ariana
(Sumber: Pertamina, 2017)

2. Data Lingkungan

Data lingkungan yang didapatkan yaitu berupa kondisi lingkungan disekitar dermaga yakni merupakan tempat proses *loading* amonia. Data-data tersebut antara lain:

- Kelembaban : 75,2 %
- Kecepatan angin : 7,3 m/detik
- Arah mata angin : WNW (diambil arah mata angin yang paling banyak muncul pada bulan desember 2016)

Cardinal Direction	Degree	Direction
N	348.75 - 11.25	
NNE	11.25 - 33.75	
NE	33.75 - 56.25	
ENE	56.25 - 78.75	
E	78.75 - 101.25	
ESE	101.25 - 123.75	
SE	123.75 - 146.25	
SSE	146.25 - 168.75	
S	168.75 - 191.25	
SSW	191.25 - 213.75	
SW	213.75 - 236.25	
WSW	236.25 - 258.75	
W	258.75 - 281.25	
WNW	281.25 - 303.75	
NW	303.75 - 326.25	
NNW	326.25 - 348.75	



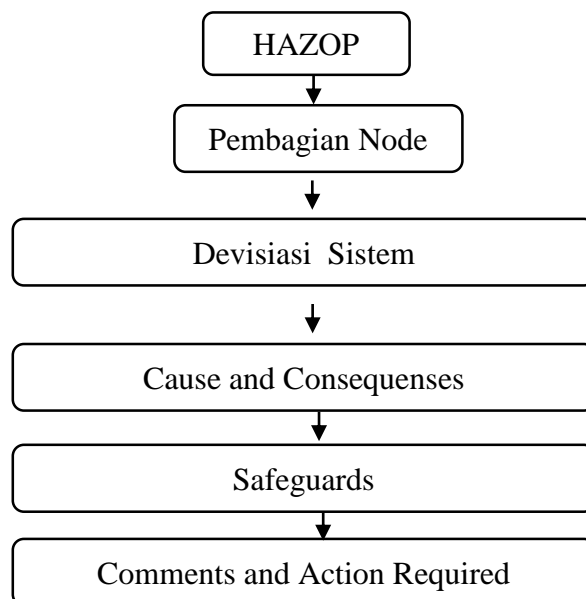
Gambar 4. 2 Wind and Degress
(Sumber: Fence, 2017)

Semua data diatas dianalisa sesuai dengan permasalahan yang akan diteliti dan batasan masalah yang ada.

Untuk data lingkungan akan digunakan sebagai masukan dalam melakukan konsekuensi

4.3 HAZOP Study

Hazard and Operability Study atau yang lebih dikenal dengan HAZOP adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi bahaya pada sebuah proses. Pendekatan yang dilakukan pada HAZOP adalah mengidentifikasi penyimpangan penyimpangan yang ada pada sebuah sub sistem pada sebuah fasilitas tertentu. Sesuai dengan standar BS IEC 61882 tentang HAZOP *guidelines*. Pengidentifikasian bahaya dilakukan dengan menggabungkan *guidewords* dan parameter pada P&ID fasilitas yang ingin diteliti.



Langkah-langkah dalam metoda HAZOP adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi keselamatan yang terkait dengan potensi bahaya dan permasalahan operasi. Berhubungan dengan perancangan dan operasi dari sistem tersebut secara langsung yang berpengaruh terhadap terminal maupun masyarakat sekitar
2. Mengidentifikasi *safeguard* yang ada dan prosedur operasinya yang akan mengurangi kemungkinan terjadinya konsekuensi yang terkait dengan potensi bahaya
3. Menentukan dampak serius konsekuensi untuk permasalahan yang diidentifikasi
4. Mengevaluasi kecukupan ketersediaan *safeguard* dan prosedurnya
5. Rekomendasi tambahan *safeguard*, jika dibutuhkan

Secara khusus, langkah-langkah diatas dapat diterjemahkan menjadi aktivitas berikut:

1. Pemilihan node
2. Penerapan deviasi yang digunakan
3. Identifikasi penyebab bahaya yang terkait dengan *guide word*
4. Identifikasi keseluruhan konsekuensi tanpa tergantung dengan *safeguard*
5. Penentuan tindakan yang akan digunakan untuk mengeliminasi atau mitigasi permasalahan yang telah teridentifikasi jika diperlukan.
6. Pengulangan pada semua node

4.3.1 Pembagian Node

Untuk memudahkan identifikasi maka P&ID harus dibagi menjadi beberapa sistem yang biasa disebut dengan “node”. Pembagian node didasari oleh fungsi dari setiap sub sistem yang ada. Berikut pembagian node pada proses *loading* amonia.

Tabel 4. 3 Pembagian Node

No	Node	Deskripsi
1	<i>Discharge System</i>	<i>Ammonia storage</i> menuju <i>Manifold</i> dermaga
2	<i>Transfer System</i>	<i>Manifold</i> dermaga menuju <i>Manifold</i> kapal
3	<i>Receiving System</i>	<i>Manifold</i> dikapal menuju kargo tanngki kapal

Berikut adalah penjelasan teknis mengenai setiap node yang telah dibagi:

1. Node 1, *Discharge System*
Pada sub sistem ini amonia di *transfer* dari *ammonia storage tank* tanki menuju kapal
2. Node 2, *Transfer System*
Pada sub sistem ini amonia yang berasal dari *ammonia storage* ditransferkan ke kapal melalui *manifold* yang ada di dermaga dan di kapal.

3. Node 3, *Receiving System*

Pada sub sistem amonia yang ditransferkan menuju ke kargo kapal, dalam proses loading muatan ini harus dipastikan tekanan sudah sesuai dengan yang dibutuhkan karena tangki untuk kapal

4.3.2 Penentuan Deviasi Sistem

Deviasi merupakan sebuah perpaduan antara *guidewords* dengan parameter proses. Parameter proses merupakan ukuran yang digunakan untuk mengetahui kondisi sistem. Seperti *pressure, temperature, flow, contamination*. Sedangkan *guidewords* merupakan batasan batasan yang menunjukkan penyimpangan penyimpangan yang terjadi. Seperti, *no, more, less, as well as*, dan lain sebagainya.

4.3.3 Penentuan *Cause dan Consequences*

Dari deviasi sistem dapat dianalisa penyebab dari deviasi tersebut. *Cause* (penyebab kejadian) sangat erat kaitannya dengan *Consequences* (konsekuensi kejadian), dan dari *cause* dapat diketahui pula konsekuensi yang ditimbulkan pada sistem. Sebagai contoh, dalam suatu sistem terjadi deviasi *more pressure*. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya *valve* yang tidak dapat terbuka dengan sempurna atau tidak dapat terbuka sama sekali saat terjadi proses. Hal ini dapat menyebabkan peningkatan tekanan atau *overpressure* dan dapat berakibat bocornya pipa dikarenakan tidak dapat menahan tekanan. Kebocoran pipa juga mengakibatkan *gas release* ke atmosfer dan jika ada sumber api maka dapat terjadi ledakan atau kebakaran.

4.3.4 Penentuan *Safeguards*

Safeguards merupakan instrument yang terpasang pada sistem yang berfungsi untuk deteksi dini dan atau menanggulangi konsekuensi akibat adanya deviasi sistem. *Safeguards* pada sistem dapat berupa indikator dari parameter yang ada di sistem, atau instrument lain yang dapat menanggulangi deviasi. Seperti *pressure relief valve* yang dapat menanggulangi *overpressure*.

4.3.5 Penentuan *Comments dan Action Required*

Comments merupakan tanggapan mengenai kondisi sistem apabila terjadi deviasi. Tanggapan yang di berikan dapat berupa dapat diterima atau tidaknya apabila suatu deviasi terjadi. Sebagai contoh apabila terjadi *overpressure* dan *gas release* ke atmosfer yang dapat menimbulkan bahaya.

Action Required merupakan rekomendasi yang dilakukan apabila deviasi pada sistem terjadi. Dapat berupa penambahan safeguards, atau penanganan secara prosedur.

Tabel 4. 4 HAZOP pada NODE 1

Study Title: Loading amonia							Sheet: 1
Drawing No.:		01-4213100047					Node: 1
Part Considered:		Discharge system					
Design Intent:		Material: Ammonia Source: Ammonia Storage					
No.	Guide Word	Deviation	Possible Causes	Consequences	Safeguard	Comments	Action Required
1	NO	NO FLOW	Ball Valve blocked	No Ammonia Supply	Flow meter	Not Acceptable	Routine check equipment
			Valve 1 blocked				
			Hand Switch Valve blocked (HSV.851)				
			Valve 2 blocked				
			Pump (P.801A) failed				
			Valve 3 blocked				
			Valve 4 blocked				
			Pump (P.801B) failed				
			Valve 5 blocked				
			Valve 6 blocked				
			Pump (P.7301) failed				
			Valve 7 blocked				
Pump (P.806) failed							

Study Title: Loading amonia							Sheet: 2
Drawing No.:		01-4213100047					Node: 1
Part Considered:		Discharge system					
Design Intent:		Material: Ammonia Source: Ammonia Storage					
No.	Guide Word	Deviation	Possible Causes	Consequences	Safeguard	Comments	Action Required
			Valve 8 blocked Valve 9 blocked Valve 10 blocked Pump (P.800) failed Valve 11 blocked				
2	MORE	MORE PRESSURE	Ball Valve blocked Valve 1 blocked Hand Switch Valve blocked (HSV.851) Valve 2 blocked Valve 2 blocked Pump (P.801A) failed Valve 3 blocked Valve 4 blocked	Vapour Cloud Explosion Gas disperssion Toxic	Pressure Safety Valve (PSV.872 AB)	Not Accetable	Routine check equipment

Tabel 4. 5 HAZOP pada NODE 1 (Lanjutan halaman sebelumnya)

Tabel 4. 6 HAZOP pada NODE 1 (Lanjutan halaman sebelumnya)

Study Title: Loading amonia							Sheet :3
Drawing No.:		01-4213100047					Node: 1
Part Considered:		Discharge system					
Design Intent:		Material: Ammonia Source: Ammonia Storage					
No.	Guide Word	Deviation	Possible Causes	Consequences	Safeguard	Comments	Action Required
			Pump (P.801B) failed				
			Valve 5 blocked				
			Valve 6 blocked Pump (P.7301) failed				
			Valve 7 blocked				
			Valve 8 blocked Pump (P.806) failed				
			Valve 9 blocked				
			Valve 10 blocked Pump (P.800) failed				
			Valve 11 blocked				
3	LESS	LESS FLOW	Ball Valve blocked				
			Valve 1 blocked				

Study Title: Loading amonia							Sheet :4
Drawing No.:		01-4213100047					Node: 1
Part Considered:		Discharge system					
Design Intent:		Material: Ammonia Source: Ammonia Storage					
No.	Guide Word	Deviation	Possible Causes	Consequences	Safeguard	Comments	Action Required
			Hand Switch Valve blocked (HSV.851)	Less supply Ammonia	Flow meter	Not Acceptable	Routine check equipment
			Valve 2 blocked Pump (P.801A) failed				
			Valve 3 blocked				
			Valve 4 blocked Pump (P.801B) failed				
			Valve 5 blocked				
			Valve 6 blocked Pump (P.7301) failed				
			Valve 7 blocked				
			Valve 8 blocked Pump (P.806) failed				
			Valve 9 blocked				

Tabel 4. 7 HAZOP pada NODE 1 (Lanjutan halaman sebelumnya)

Tabel 4. 8 HAZOP pada NODE 1 (Lanjutan halaman sebelumnya)

Study Title: Loading amonia							Sheet :5
Drawing No.:		01-4213100047					Node: 1
Part Considered:		Discharge system					
Design Intent:		Material: Ammonia Source: Ammonia Storage					
No.	Guide Word	Deviation	Possible Causes	Consequences	Safeguard	Comments	Action Required
			Valve 10 blocked Valve 11 blocked				
4	NO	NO PRESSURE	Pump cant work normally	No Ammonia Supply	Pressure Indicator	Not Acceptable	Routine check pump and Flowmeter
5	OTHER THAN	OTHER THAN DESTINATION	Pipeline rupture and gas leakage before reach receiver tank	Gas disperssion Toxic Vapour Cloud Explosion	Integrity of Piping	Not Acceptable	Should have a sufficiently rapid response to prevent explosion
6	AS WELL AS	AS WELL AS CONTAMINATION	contaminant is non flammable gas, it will decrease the quality of ammonia	Gas disperssion Toxic Vapour Cloud Explosion	Gas Chomatograph	Not Acceptable	Install Gas Chomatograph

Study Title: Loading amonia							Sheet :1
Drawing No.:		01-4213100047					Node:2
Part Considered:		Transfer System					
Design Intent:		Material: Ammonia					
No.	Guide Word	Deviation	Possible Causes	Consequences	Safeguard	Comments	Action Required
1	NO	NO FLOW	Valve COV 179 blocked	No Ammonia Supply	Flow meter	Not Acceptable	Routine check equipment
			Valve COV 177 blocked				
			Valve COV 175 blocked				
2	MORE	PRESSURE	Valve COV 179 blocked	Dispersion	Pressure Indicator	Not Acceptable	Routine check equipment
				Toxic			
			Valve COV 177 blocked	Vapour Cloud Explosion			
			Valve COV 175 blocked				

Tabel 4. 9 HAZOP pada NODE 2

Tabel 4. 10 HAZOP pada NODE 2 (Lanjutan halaman sebelumnya)

Study Title: Loading amonia							Sheet :2
Drawing No.:		01-4213100047					Node:2
Part Considered:		Transfer System					
Design Intent:		Material: Ammonia					
3	MORE	TEMPERATURE	Valve COV 179 blocked	Dispersion	Temperature Indicator	Not Acceptable	Routine check equipment
				Toxic			
			Valve COV 177 blocked	Flash fire			
			Valve COV 175 blocked				
4	OTHER THAN	OTHER THAN CORROSION	To much water content or oxygen	Dispersion	Integrity of piping	Not Acceptable	Routine check equipment
				Toxic			
				Vapour Cloud Explosion			
5	AS WELL AS	AS WELL AS CONTAMINATION	Another contaminant	Dispersion	Gas Chomatograph	Not Acceptable	Install Gas Chomatograph
				Toxic			
				Vapour Cloud explosion			

Study Title: Loading amonia							Sheet :1
Drawing No.:		01-4213100047					Node: 3
Part Considered:		Receiving system					
Design Intent:		Material: Ammonia					
No.	Guide Word	Deviation	Possible Causes	Consequences	Safeguard	Comments	Action Required
1	NO	NO FLOW	Valve COV 309 blocked	No Ammonia Supply	Flow meter	Not Acceptable	Routine check equipment
			Valve COV 201 blocked				
			Valve COV 025 blocked				
			Valve TCV 001 blocked				
			Valve TCV 002 blocked				
			Valve COV 076 blocked				
			Pump SP failed				
			Valve COV 087 blocked				
			Valve COV 104 blocked				
			Valve COV 173 blocked				
Valve COV 141 blocked							

Tabel 4. 11 HAZOP pada NODE 3

Tabel 4. 12 HAZOP pada NODE 3 (Lanjutan halaman sebelumnya)

Study Title: Loading amonia							Sheet :2
Drawing No.:		01-4213100047					Node: 3
Part Considered:		Receiving system					
Design Intent:		Material: Ammonia					
No.	Guide Word	Deviation	Possible Causes	Consequences	Safeguard	Comments	Action Required
2	MORE	MORE PRESSURE	Valve COV 309 blocked	Dispersion	Pressure Safety Valve	Not Accetable	Routine check equipment
			Valve COV 201 blocked				
			Valve COV 025 blocked	Toxic			
			Valve TCV 001 blocked				
			Valve TCV 002 blocked	Vapour Cloud Explosion			
			Valve COV 076 blocked				
			Pump SP failed				
			Valve COV 087 blocked				
			Valve COV 104 blocked				
			Valve COV 173 blocked				
			Valve COV 141 blocked				

Study Title: Loading amonia							Sheet :3
Drawing No.:		01-4213100047					Node: 3
Part Considered:		Receiving system					
Design Intent:		Material: Ammonia					
No.	Guide Word	Deviation	Possible Causes	Consequences	Safeguard	Comments	Action Required
3	MORE	MORE TEMPERATURE	Valve COV 309 blocked	Dispersion	Temperature Indicator	Not Accetable	Routine check equipment
			Valve COV 201 blocked				
			Valve COV 025 blocked	Toxic			
			Valve TCV 001 blocked				
			Valve TCV 002 blocked	Vapour Cloud Explosion			
			Valve COV 076 blocked				
			Pump SP failed				
			Valve COV 087 blocked				
			Valve COV 104 blocked				
			Valve COV 173 blocked				
Valve COV 141 blocked							

Tabel 4. 13 HAZOP pada NODE 3 (Lanjutan halaman sebelumnya)

Tabel 4. 14 HAZOP pada NODE 3 (Lanjutan halaman sebelumnya)

Study Title: Loading amonia							Sheet :4
Drawing No.:		01-4213100047					Node: 3
Part Considered:		Receiving system					
Design Intent:		Material: Ammonia					
No.	Guide Word	Deviation	Possible Causes	Consequences	Safeguard	Comments	Action Required
4	LESS	FLOW	Valve COV 309 blocked	Less supply Ammonia	Flow meter	Not Acceptable	Routine check equipment
			Valve COV 201 blocked				
			Valve COV 025 blocked				
			Valve TCV 001 blocked				
			Valve TCV 002 blocked				
			Valve COV 076 blocked				
			Pump SP failed				
			Valve COV 087 blocked				
			Valve COV 104 blocked				
			Valve COV 173 blocked				
Valve COV 141 blocked							

Study Title: Loading amonia							Sheet :5
Drawing No.:		01-4213100047					Node: 3
Part Considered:		Receiving system					
Design Intent:		Material: Ammonia					
No.	Guide Word	Deviation	Possible Causes	Consequences	Safeguard	Comments	Action Required
5	NO	NO PRESSURE	Pump cant work normally	No Ammonia Supply	Pressure Indicator	Not Acceptable	Routine check pump and Flowmeter
6	OTHER THAN	OTHER THAN DESTINATION	Pipeline rupture and gas leakage before reach receiver tank	Gas disperssion	Integrity of Piping	Not Acceptable	Should have a sufficiently rapid response to prevent explosion
				Toxic			
				VCE			
7	AS WELL AS	AS WELL AS CONTAMINATION	contaminant is non flammable gas, it will decrease the quality of ammonia	Gas disperssion	Gas Chomatograph	Not Acceptable	Install Gas Chomatograph
				Toxic			
				VCE			

Tabel 4. 15 HAZOP pada NODE 3 (Lanjutan halaman sebelumnya)

4.4 Fault Tree Analysis

Skenario kegagalan yang akan dibuat menggunakan metode *fault tree analysis* disini adalah gas release sehingga nantinya top event merupakan nilai kegagalan dari sistem pada masing-masing *node*.

Dalam menggunakan metode *fault tree analysis* dapat menggunakan dua cara yakni dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus yang berbeda-beda tergantung dari *logical gates*, maupun cara lainnya yakni menggunakan *software*. *Software* yang digunakan merupakan *software Relex 2009*.

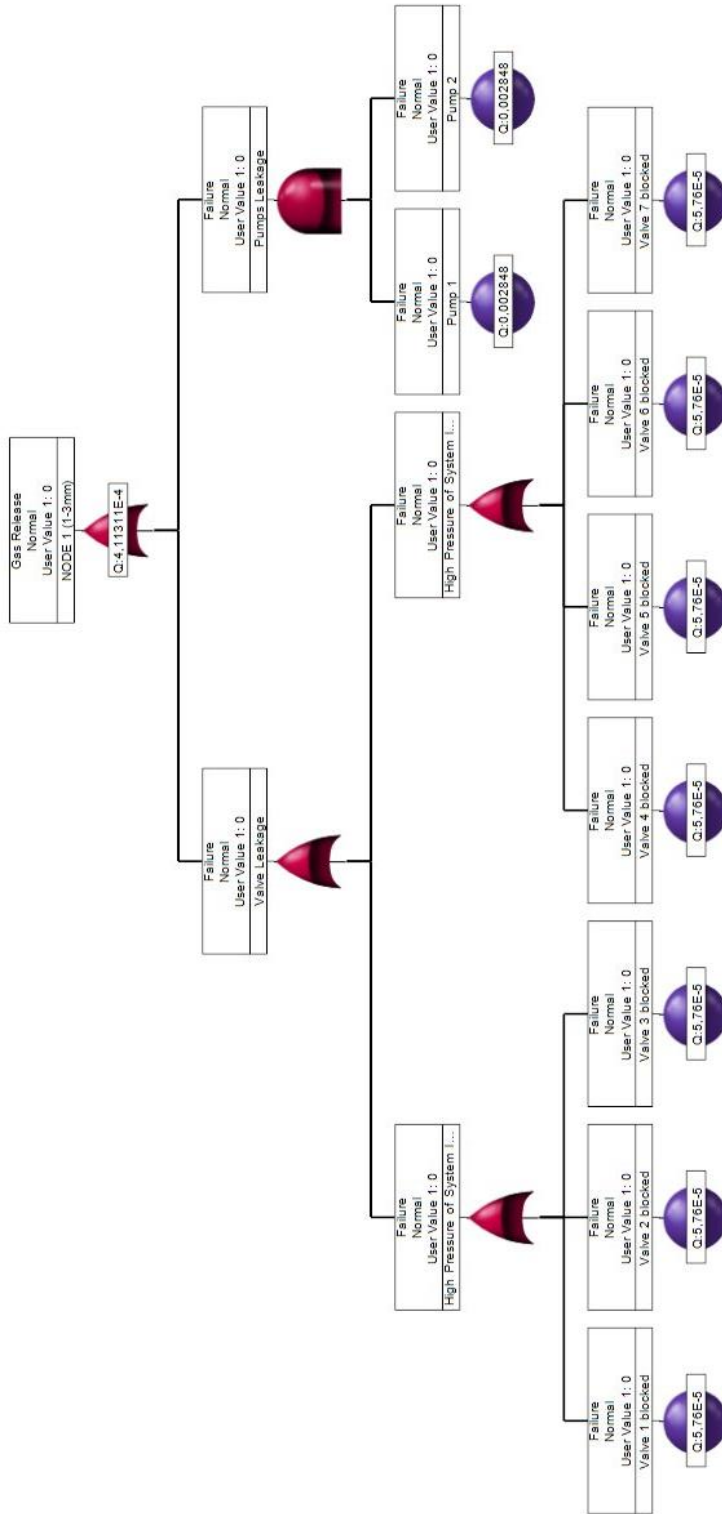
Dari data P&ID yang sudah ada dapat digunakan untuk mencari nilai kegagalan suatu sistem. Berikut langkah-langkah mengerjakan FTA menggunakan *Relex 2009*:

1. *List* komponen peralatan yang ada pada masing-masing sistem berdasarkan pembagian *node*
2. Mempelajari sistem dari gambar P&ID sehingga dapat menghasilkan kemungkinan-kemungkinan apa saja yang dapat menyebabkan sistem gagal.
3. Membuat *top event* yang dihubungkan dengan *logical gates* hingga kejadian paling dasar yakni *basic event*
4. Mencari nilai *failure rate* masing-masing peralatan menggunakan DNV *failure frequency guidance*
5. Masukkan nilai kegagalan yang didapat dari DNV *failure frequency guidance* pada *basic event*
6. Memastikan bahwa *logical gates* yang digunakan sudah sesuai karena *logical gates* akan sangat berpengaruh pada nilai hasil akhir, lalu dihitung menggunakan menu *calculate* di toolbar dan nilai kegagalan pada *top event* dapat diketahui.

Top event FTA pada penelitian ini adalah gas release.

Beberapa *logical gates* yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

- a. *AND gates*, kejadian output akan terjadi jika dan hanya jika semua kejadian *input* terjadi
- b. *OR gates*. Kejadian output akan terjadi jika paling tidak ada satu kejadian *input* yang terjadi
- c. *EOR gates (exclusive OR gates)*, kejadian output akan terjadi jika dan hanya jika satu kejadian *input* terjadi
- d. *NOT gates*, kejadian output akan terjadi hanya jika kejadian input tidak terjadi
- e. *Basic event*, kegagalan pada hirarki terendah pada *fault trees*
- f. *Incomplete event*, kejadian yang membutuhkan penurunan lebih lanjut sampai nanti ditemukannya *basic event*
- g. *Intermediet event*, kombinasi dari kejadian kegagalan sebagai *output* dari *logical gates*



Gambar 4. 3 Fault tree analysis pada node 1

Pada sistem jika dihitung menggunakan rumus maka,

- Logical gates “AND”

$$\begin{aligned} P(A \cap B) &= P(A) \times P(B) \\ &= 0,002848 \times 0,002848 \\ &= 8,1111E-06 \end{aligned}$$

- Logical gates “OR”

$$\begin{aligned} P(A \cup B) &= P(A) + P(B) - P(A \cap B) \\ &= 0,000054 + 0,000054 + 0,000054 + 0,000054 + 0,000054 + \\ &\quad 0,000054 + 0,000054 \\ &= 4,03E-04 \end{aligned}$$

Sehingga nilai kegagalan top event pada node 1 adalah $8,1104E-06 \times 0,000378 - (8,1104E-06 + 0,000378) = 4,11E-04$

Tabel 4. 4 Hasil FTA pada masing-masing *node* dengan skenario *gas release*

Node	Failure Rate				
	(1-3mm)	(3-10mm)	(10-50mm)	(50-150mm)	(>150mm)
1	4,11E-04	1,90E-04	9,06E-05	5,27E-05	
2	0,00351	0,00111	3,38E-04	4,93E-05	8,13E-05
3	0,00105	0,00332	0,00101	1,48E-04	2,44E-04

4.6 Event Tree Analysis (ETA)

Event Tree Analysis (ETA) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menghitung frekuensi terjadinya konsekuensi yang mungkin terjadi.

Dalam mendapatkan nilai konsekuensi, pada skripsi menggunakan sebuah *paper* berjudul “*Reliable Risk Estimation in the Risk Analysis of Chemical Industry. Case Study: Ammonia Storage Pressurized Spherical Tank*”, dimana *paper* ini menyajikan gambaran umum tentang prosedur untuk evaluasi individu dan masyarakat apabila risiko terjadi.

Dalam penelitian ini, diuraikan metodologi dan prosedur untuk penilaian keamanan probabilistik. Evaluasi individu dan risiko sosial adalah titik kunci dari penilaian keamanan di industri kimia. Langkah – langkah prosedur yang disajikan ini diterapkan pada tangki bertekanan untuk penyimpanan amonia secara berurutan untuk memperkirakan risiko yang dapat yang dapat terjadi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan lebih lanjut dalam analisis keamanan probabilistik bahan kimia Industri harus dilakukan, untuk mengembangkan prosedur yang lebih efektif dan cepat untuk risiko yang kompleks dan estimasi dengan nilai probabilitas yang realistik

Prosedur pelaksanaan *event tree analysis*:

1. Mengidentifikasi *initiating event* pada tipe kecelakaan yang terjadi. *Initiating event* dapat berupa sistem atau *equipment failure*, *human error*, atau gangguan pada proses tergantung pada seberapa baik sistem atau operator merespon kejadian tersebut.
2. Mengidentifikasi *safety function* yang didesain untuk mengurangi *initialing event*
3. Menyusun *event tree*
4. Menyusun urutan konsekuensi kecelakaan yang terjadi
5. Menentukan urutan minimal *cut set*

Sedangkan langkah – langkah pembuatan ETA adalah sebagai berikut :

1. Menjabarkan dari *top event* yang didapat dari *fault tree analysis* apabila dari *top event* masih bisa mengakibatkan bahaya lainnya, misalnya *gas release* merupakan *top event* dari sebuah kejadian maka harus diidentifikasi apakah dari *gas release* tersebut apabila terkena api dapat tersulut maka termasuk dalam *ignition* dan apabila sebarannya berbahaya maka bisa dimasukkan dalam *no ignition*.
2. *Initial event* menggunakan nilai dari probabilitas dari FTA

Dalam penelitian ini terdapat dua jenis konsekuensi yang bisa terjadi akibat gas release yakni:

1. Gas Dispersi/ Toxic

Gas dispersion adalah rilisnya gas dalam fasa gas akibat adanya kebocoran pipa atau instrument pendukung lain dalam sistem. Kemungkinan fenomena ini dapat terjadi dalam sistem gas, antara lain:

- Gas berada dalam kondisi tekanan tinggi
- Kebocoran pipa, instrument lain
- Tidak ada sumber panas atau api

Gas dispersion adalah salah satu insiden yang sering terjadi pada fasilitas gas disuatu sistem akibat kegagalan komponen, bocornya pipa dan instrument pendukung. Akibat terjadinya *gas dispersion* adalah munculnya masalah pernafasan manusia akibat berkurangnya kadar oksigen di udara bebas disekitar fasilitas, kerusakan pada sistem saraf pusat hingga mengakibatkan kematian pada manusia.

2. *Vapor Cloud Explosion VCE*

Vapor cloud explosion merupakan salah satu bahaya ledakan yang paling serius dan cenderung sangat destruktif pada proses industri. Dulu *vapor cloud explosion* lebih dikenal dengan nama *unconfined vapor cloud explosion* (UVCE), namun istilah confinement (ruang tertutup) bertentangan dengan karakteristik VCE yang sejatinya terjadi pada area

terbuka. Oleh karena itu istilah *unconfined* dihilangkan dari terminologi VCE.

VCE terjadi ketika sejumlah besar bocoran *flammable vapor* atau gas tercampur dengan udara luar dan terignisi sesudahnya. Proses pembakaran yang terjadi dapat menimbulkan tekanan berlebih atau tidak sama sekali. Jika tidak terdapat tekanan, maka kejadian yang muncul adalah *vapor cloud fire* atau *flash fire*. Sedangkan jika terdapat tekanan maka kejadian yang muncul adalah *vapor cloud explosion*.

Dalam *paper*, didapatkan untuk nilai *gas release* apabila terbakar kemungkinan peluangnya adalah 0,1 dan apabila tidak terbakar 0,9. Data yang digunakan dalam *paper* ini berdasarkan nilai dari kejadian yang pernah ada (*historical data*).

Berikut merupakan contoh hasil *Event Tree Analysis* dengan kebocoran 3mm pada *node 1*.

	Ignition	VCE
Gas release 4,11E-04	0,1	4,11E-05
	No ignition	Gas dispersion/toxic
	0,9	3,70E-04

Tabel 4. 5 Hasil nilai probabilitas menggunakan metode ETA pada masing-masing node untuk *gas dispersion* dan *vapour cloud explosion*

Gas dispersion/Toxic					
Frequency					
Node	(1-3mm)	(3-10mm)	(10-50mm)	(50-150mm)	(>150mm)
1	3,70E-04	1,71E-04	8,15E-05	4,74E-05	
2	3,16E-03	9,97E-04	3,04E-04	4,44E-05	7,32E-05
3	9,47E-04	2,99E-03	9,11E-04	1,33E-04	2,16E-04

<i>Vapour Cloud Explosion</i>					
<i>Frequency</i>					
Node	(1-3mm)	(3-10mm)	(10-50mm)	(50-150mm)	(>150mm)
1	4,11E-05	1,90E-05	9,06E-06	5,27E-06	
2	3,51E-04	1,11E-04	3,38E-05	4,93E-06	8,14E-06
3	1,05E-04	3,32E-04	1,01E-04	1,48E-05	2,40E-05

4.7 Metode Analisa Konsekuensi

Dalam konteks risiko sistem rekayasa, konsekuensi sering di representasikan dalam beberapa ukuran, antara lain:

1. Jumlah orang terdampak
2. Jumlah kerugian material
3. Luas lingkungan terdampak
4. Durasi terhentinya sistem/proses produksi
5. Citra di masyarakat

Analisa konsekuensi dapat dilakukan dengan beberapa pendekatan antara lain dengan mengevaluasi catatan sebelumnya, dengan menggunakan pemodelan komputer, pemodelan fisik, atau pendapat kualitatif ahli dalam bidang yang sesuai.

4.7.1 *Process hazard analysis software tools*

Process hazard analysis software tools digunakan untuk menganalisis situasi yang memiliki potensi bahaya yang terjadi baik untuk kehidupan, properti dan lingkungan, sekaligus untuk mengukur tingkat keparahan dari bahaya tersebut. Dalam *software* ini, konsekuensi dapat dapat dikelola atau dikurangi dengan cara mendesain proses atau *plant*, modifikasi prosedur operasional yang ada, atau dengan menerapkan langkah-langkah mitigasi lainnya .

Berikut merupakan beberapa pekerjaan yang dilakukan dengan menggunakan *process hazard analysis software tools* untuk skenario kebocoran pada *ammonia storage tank*

1. Input gambar peta wilayah yang akan digunakan untuk dilakukan perhitungan konsekuensi menggunakan *raster image set*.

Gambar yang akan diinput kedalam *software* yakni gambar yang kurang lebih sama seperti pada gambar 3.2 layout

2. Memilih sudi khusus yang akan digunakan seperti *pressure vessel* maupun *atmospheric storage* .

Dalam *software* ini sendiri dapat digunakan untuk pemodelan berbagai jenis rilis dari kontaimen bertekanan (*pressure vessels*) ataupun yang tidak bertekanan (*Atmospheric Storage Tanks*). Terdapat 4 macam pemodelan khusus yang dapat diolah menggunakan *software* ini yakni:

- *Pressure Vessel*
- *Atmospheric Storage Tank*
- *Standalones*
- *Long pipeline*

3. Beberapa input seperti:
 - a. Material, dalam hal ini dipilih amonia
 - b. Volume inventory
 - c. *Mass inventory*
 - d. *Temperature*
 - e. *Pressure*
 - f. *Phase to be release*
 - g. Lalu masukan data untuk dispersion yakni nilai batas ambang material (ppm) dan rata-rata waktu yang akan dipilih yakni toxic
 - h. Masukan diameter kebocoran yang akan dilakukan sesuai dengan skenario.
 Pada hasil konsekuensi diskenariokan lubang kebocoran masing-masing yakni:
 - 3mm
 - 10mm
 - 50mm
 - 150mm
 - 200mm

4. Untuk arah angin, pada penelitian ini menggunakan semua arah mata angin, sekaligus untuk kadar 5000ppm digunakan arah mata angin WNW yakni salah satu mata angin yang paling sering muncul di daerah sekitar dermaga. Arah mata angin ini didapatkan dari data angin diperairan Jawa Timur, dimana data yang didapat berupa waktu, arah angin, dan kecepatan angin setiap harinya dalam satu tahun, sehingga dalam penelitian ini di ambil *sample* pada bulan Desember pada tahun 2016 dan didapatkan rata-rata untuk arah angin dan kecepatannya.

5. Pada penelitian ini menggunakan 3 kecepatan angin masing-masing yang paling kecil yakni 1.3 knot, kecepatan sedang 7.3 knot, dan kecepatan paling besar yakni 9.3 knot.

Dari hasil konsekuensi menggunakan *process hazard analysis software tools* didapatkan dua kejadian yang terjadi akibat gas release yakni *dispersion/toxic* dan *explosion*..

Terdapat 14 *parameter set* yang dapat diolah menggunakan *software* ini diantaranya:

- *Discharge parameters*
- *Dispersion parameters*
- *Toxic parameters*
- *Flamable parameters*
- *Explosion parameters*
- *Pool fire parameters*
- *Building parameters*
- *Fireball and BLEVE parameters*
- *Grid parameters*
- *Surface parameters*

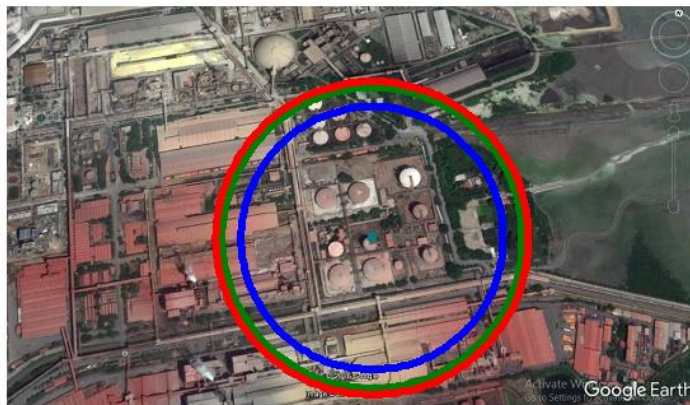
5.7.1.1 Dispersion

Gas dispersion adalah salah satu insiden yang sering terjadi pada fasilitas gas disuatu sistem akibat kegagalan komponen, bocornya pipa dan isntrument pendukung.

Kadar ppm yang digunakan untuk dispersi gas amonia yang *release* adalah sebagai berikut:

- *Protective action area (PAC) 1* yakni kadar amonia yang terkandung dalam sebaran gas sebesar 100ppm, dimana dampak pada manusia adalah ititasi ringan pada mata, hidung dan tenggorokan.
- *Protective action area (PAC) 2* yakni kadar amonia yang terkandung dalam sebaran gas sebesar 700ppm, dimana dampak pada manusia adalah bahaya tingkat menengah pada mata.
- *Protective action area (PAC) 1* yakni kadar amonia yang terkandung dalam sebaran gas sebesar 5000ppm, dimana dampak pada manusia adalah kematian.

Dari hasil menggunakan *software* didapatkan radius dan waktu sebaran dari gas yang akan dilampirkan dihalaman selanjutnya.



Gambar 4.7 Contoh hasil sebaran gas amonia pada node 1 dengan lubang kebooran 150mm

Dari gambar diatas, didapatkan beberapa keterangan sebagai berikut:

- Warna biru menunjukkan hasil sebaran gas amonia dengan kecepatan angin 9,3 knot menghasilkan radius 344,47m
- Warna hijau menunjukkan hasil sebaran gas amonia dengan kecepatan angin 7,1 knot menghasilkan radius 399,77m
- Warna *orange* menunjukkan hasil sebaran gas amonia dengan kecepatan angin 1,3 knot menghasilkan radius 421,08m

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 3mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah urn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)			PPM Fatality (N)		
		orang	PAC-1	PAC-2		PAC-3	Tolerable
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-	5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-	5000	3
	Pabrik NPK I	15	-	-	-	5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-	5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-	5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-	5000	0
	Gudang NPK	5	-	-	-	5000	0
	Pabrik Phonska I	15	-	-	-	5000	0
	Gudang KCL	4	-	-	-	5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-	5000	0
	Tangki ammonia	3	-	-	3/41,84m/429,3s	5000	3
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-	5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-	5000	0
							Total
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	5/7,39m/24,1s	5000	5
							Total
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	5/8,13m/421,26s	5000	5
							Total
						0	5

Gambar 4. 8 Rekap *gas dispersion* untuk kebocoran 3mm dengan kecepatan angin 1,3knot

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 3mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang (jumlah orang terdampak/radius/waktu)			PPM Fatality (N)	
		PAC-1	PAC-2	PAC-3		Tolerable
Node 1	Pabrik K2504	15	-	-	5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	5000	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	5000	0
	Gudang NPK	17	-	-	5000	0
	Pabrik Phonska I	15				
	Gudang KCL	4	-	-	5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	5000	0
	Tangki ammonia	2	-	3/10,65m/364,8s	5000	3
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	5000	0
					Total	3
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	5/7,56m/24,1s	5000	5
					Total	5
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	-	5/8,35m/439,7s	5000	5
					Total	0
					Total	5

Gambar 4. 9 Rekap *gas dispersion* untuk kebocoran 3mm dengan kecepatan angin 7,1knot

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 3mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah 3urn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu orang)			Tolerable	PPM Fatality (N)
		PAC-1	PAC-2	PAC-3		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	5000	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	5000	0
	Gudang NPK	17	-	-	5000	0
	Pabrik Phonska I	15	-	-	5000	0
	Gudang KCL	4	-	-	5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	5000	0
	Tangki ammonia	3	-	3/37,24m/324s	5000	0
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	5000	0
					Total	0
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/34,8m/5s	5000	0
					Total	0
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/22,9m/411s	5000	0
					Total	0

Gambar 4. 10 Rekap *gas dispersion* untuk kebocoran 3mm dengan kecepatan angin 9,3knot

5.7.1.2 Explosion

VCE terjadi ketika sejumlah besar bocoran *flammable vapor* atau gas tercampur dengan udara luar dan terignisi sesudahnya.

Amonia merupakan gas yang dapat terbakar, namun untuk ledakan yang dihasilkan biasanya tidak terlalu besar. Hasil yang didapat untuk *explosion* menggunakan *process hazard analysis software tools* menunjukkan bahwa ledakan terbesar adalah 3 psi, dimana untuk manusia dapat menyebabkan cedera parah namun tidak sampai meninggal.



Gambar 4. 11 Contoh hasil *explosion* pada *node 1*
(sumber: *process hazard analysis software tools*)

Dari gambar diatas, didapatkan beberapa keterangan sebagai berikut:

- Warna merah muda menunjukkan hasil ledakan gas amonia dengan kecepatan angin 9,3 knot dengan radius 136,02m.
- Warna biru menunjukkan hasil ledakan gas amonia dengan kecepatan angin 7,1 knot dengan radius 142,09m.
- Warna ungu menunjukkan hasil ledakan gas amonia dengan kecepatan angin 1,3 knot dengan radius 144,34m.
- Ledakan yang dihasilkan memiliki kekuatan tekanan sebesar 3bar. Untuk mengetahui dampak dari ledakan gas amonia sebesar 3psi terhadap manusia, maka pada penelitian ini menggunakan *Nasional Fire Protection Association (NFPA)* sebagai acuan atau pedoman dalam menentukan bahaya yang mungkin terjadi akibat ledakan yang dihasilkan.

Sebagai acuan dalam mengidentifikasi jumlah korban akibat ledakan, maka sesuai *Nasional Fire Protection Association (NFPA)*. NFPA merupakan asosiasi asal Amerika yang membagi dampak yang terjadi dari sebuah ledakan baik pada bangunan maupun manusia berdasarkan besarnya tekanan, sehingga didapatkan batasan seperti tabel dibawah ini:

Tabel 4. 6 Dampak Ledakan terhadap bangunan dan Manusia

Peak Over Pressure (psi)	Wind Speed (mph)	Efek pada Bangunan	Efek pada Manusia
1	38	Jendela kaca pecah	Cedera Ringan
2	70	Kerusakan sedang pada rumah (kaca, pintu luar, dan atap rusak parah)	Orang terluka karena pecahan kaca dan runtuhnya puing-puing
3	102	Struktur perumahan runtuh	Cedera serius terjadi
5	163	Sebagian besar bangunan runtuh	Cedera dan kematian bisa terjadi
10	294	Kerangka bangunan beton rusak berat dan hancur	Kebanyakan orang meninggal
20	502	Bangunan beton rusak berat dan hancur	Kematian mendekati 100%

(Sumber: NFPA,2017)

Dari hasil analisa untuk konsekuensi menunjukkan bahwa angka 3 psi merupakan angka terbesar dari tekanan yang diakibatkan dari ledakan gas amonia, maka dengan menggunakan tabel NFPA diatas dapat disimpulkan bahwa ledakan gas amonia pada manusia untuk penelitian ini bisa mengakibatkan korban cedera serius.

Kebocoran 3mm

Node/ Segmen	Receiver	Effect (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				Press Fatality (psi)	Press Fatality (N)
		orang	Serious injurites	Most killed	Fatalities 100% Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-	0	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-	0	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	-	0	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-	0	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-	0	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-	0	0
	Gudang NPK	17	-	-	-	0	0
	Pabrik Phonska I	15	-	-	-	0	0
	Gudang KCL	2	-	-	-	0	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-	0	0
	Pabrik Phonska III	15	-	-	-	0	0
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-	0	0
	Warga sekitar Petrokimi:	150	-	-	-	0	0
Total						0	0
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	-	0	0
Total						0	0
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	-	0	0
Total						0	0

Gambar 4. 12 Rekap explosion untuk kebocoran 10mm

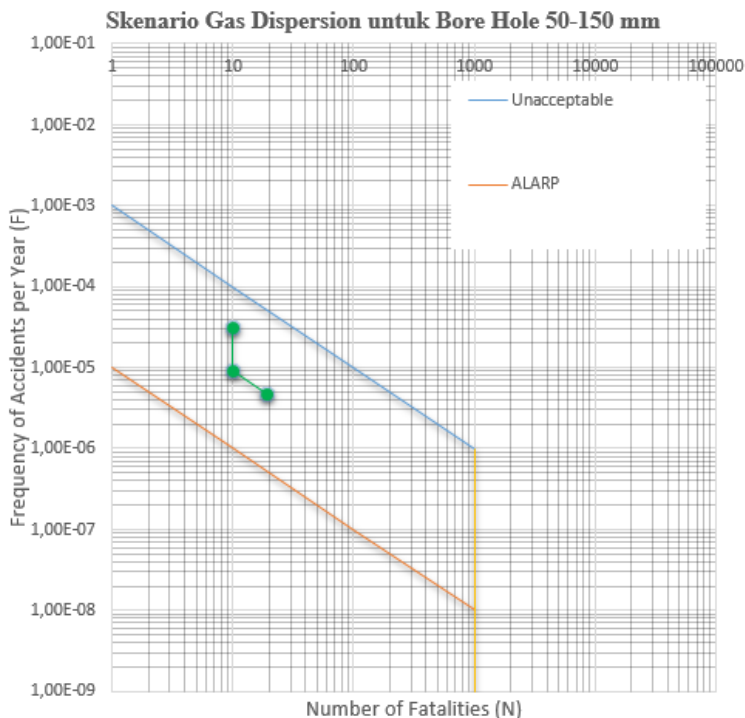
5.8 Representasi Risiko

Dalam menentukan apakah suatu risiko dapat diterima atau tidak, maka diperlukan acuan dalam menentukan keputusan, untuk itu digunakan representasi risiko *F-N curve Hong Kong Government Risk Guidelines (HKRG)*.

Pada hasil untuk nilai *gas release* menggunakan metode *Event Tree Analysis* maka memiliki kemungkinan 2 bahaya yakni *toxic* dan *explosion* dimana nilai frekuensi ini diperoleh menggunakan metode *Event Tree Analysis* dan nilai konsekuensi yang diperoleh dari *process hazard analysis software tools* untuk jumlah korban yang meninggal kemudian diplotkan pada *F-N curve* menggunakan bantuan *software auto cad 2007*.

Dari hasil konsekuensi yang didapat menunjukkan bahwa pada saat ledakan gas amonia terjadi tidak ada korban jiwa, namun pada saat sebaran gas amonia dengan kadar 5000ppm, maka beberapa manusia dapat meninggal, untuk itu pada saat meakukan *F-N curve* bahaya yang dilakukan hanya pada saat *gas dispersion*.

Dari hasil representasi risiko menggunakan *F-N curve* menunjukkan bahwasannya pada semua skenario lubang kebocoran menghasilkan risiko yang berada di zona ALARP, dimana pada zona ini risiko masih bisa diterima namun berada pada daerah maksimum risiko yang dapat diterima sehingga tidak memerlukan mitigasi.



Gambar 4.13 Contoh *F-N curve gas dispersion* pada kebocoran 50-150mm.

Tabel 4. 7 Rekap F-N Curve

Skenario	NODE	Frekuensi (<i>Gas dispersion</i>)	Jumlah korban (N)	ZONA
3mm	NODE 1	3,70E-04	2	ALARP
	NODE 2	3,16E-03	5	
	NODE 3	9,47E-04	5	
10mm	NODE 1	1,71E-04	2	ALARP
	NODE 2	9,97E-04	5	
	NODE 3	9,11E-04	5	
50mm	NODE 1	8,15E-05	15	ALARP
	NODE 2	3,04E-04	10	
	NODE 3	1,33E-04	10	
150mm	NODE 1	4,74E-05	19	ALARP
	NODE 2	4,44E-05	10	
	NODE 3	2,16E-04	10	
200mm	NODE 1		19	ALARP
	NODE 2	7,32E-05	10	
	NODE 3	2,16E-04	10	

Berdasarkan hasil dari representasi risiko menggunakan *F-N curve*, semua risiko pada masing-masing skenario berada pada zona ALARP, untuk itu tidak perlu melakukan langkah mitigasi, namun rekomendasi agar tetap bisa diterima yakni menjaga agar frekuensi dan konsekuensi tidak naik sehingga berada di zona *unacceptable*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan hasil dari penilaian risiko sosial pada saat *loading* amoniak di dermaga PT petrokimia gresik sebagai berikut:

1. Pada identifikasi bahaya didapatkan dua bahaya yang dapat terjadi pada saat proses *loading* amonia yakni *gas dispersion* dan *explosion*
2. Bahaya yang terjadi dapat diakibatkan oleh beberapa aspek misalnya *gas release* karena meningkatnya tekanan akibat kegagalan salah satu *equipment* seperti pompa dalam bekerja.
3. Hasil analisa frekuensi didapatkan untuk kebocoran 3mm pada node 1 sebesar 3,70E-04, node 2 3,16E-03, node 3 9,47E-04. Kebocoran 10mm pada node 1 1,71E-04, node 2 9,97E-04, node 3 9,11E-04. Kebocoran 50mm pada node 1 8,15E-05, node 2 3,04E-04, node 3 1,33E-04. Kebocoran 150mm pada node 1 4,74E-05, node 2 4,44E-05, node 3 2,16E-04. Kebocoran 200mm 2,16E-04.
4. Dalam analisa konsekuensi, kadar dari amonia sangat berpengaruh. Sehingga dilakukan 3 skenario sebaran gas yakni masing-masing 100ppm, 700ppm, dan 5000ppm dimana dampak yang dihasilkan mulai dari luka ringan hingga kematian. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pada kadar 5000ppm dengan lubang kebocoran sebesar 3mm mengakibatkan 12 korban jiwa, 10mm sebanyak 12 orang, 50mm sebanyak 25 orang, 150mm sebanyak 29 orang dan 200mm sebanyak 29orang.
5. Setelah merepresentasikan risiko menggunakan F-N curve, didapatkan hasil pada masing-masing skenario kebocoran berada pada zona ALARP. Pada zona ini risiko masih dapat diterima sehingga tidak perlu melakukan mitigasi, namun tetap diperlukan rekomendasi.
6. Rekomendasi perlu dilakukan agar risiko tetap berada di zona ALARP. Rekomendasi untuk menjaga tingkat frekuensi yakni dengan melakukan *maintenance* terhadap komponen secara rutin dan membuat jadwal kalibrasi sesuai prosedur yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Sedangkan untuk menjaga level konsekuensi dengan melakukan pelatihan keselamatan sigap bahaya terhadap tenaga kerja dan membuat prosedur keselamatan yang sesuai sehingga dapat meminimalisir jumlah korban.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian, terdapat beberapa saran yakni:

1. Pada proses analisa konsekuensi dapat menggunakan metode lain selain *process hazard analysis software tools* untuk melakukan proses pengolahan data seperti ALOHA namun masih memiliki beberapa kekurangan, ataupun juga Shell FRED.
2. Untuk melakukan representasi risiko, selain menggunakan F-N Curve dengan standar HK- *F-N curve Hong Kong Government Risk Guidelines (HKRG)* dapat pula menggunakan standar yang lebih tinggi yakni milik Netherlands.

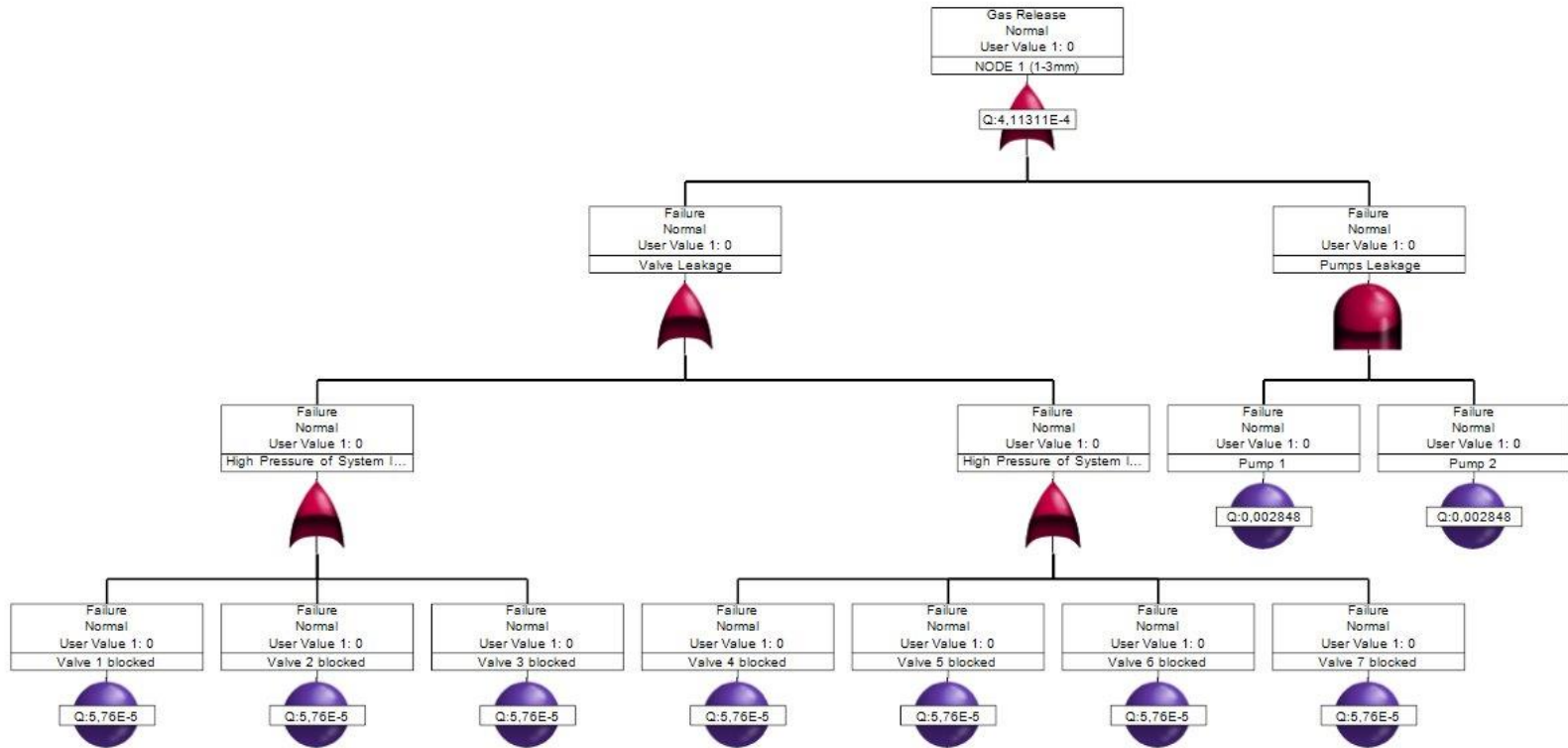
DAFTAR PUSTAKA

- ABS. (2017). Diambil kembali dari Analisis De Capas De Protection.
- Aecom, M. (2017). Diambil kembali dari Hongkong EIAO Societal Risk FN Curve.
- Alfan, V. N. (2014). *Penilaian Risiko Sosial Pada Mini CNG Plant Blok Semanggi*. Surabaya: Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Artana, K. B. (2013). *Penilaian Risiko Pipa Gas Bawah Laut*. Surabaya: Guna Widya.
- Aryantini, P. W. (2017). *Penilaian Risiko Ship to Shp Transfer LPG Tanker Pertamina Gas 1 dengan menggunakan Metode Fuzzy inferent System*. Surabaya.
- BOC. (2015). *Safety Data Sheet*. Amerika: Linde Group.
- Che Hassan, C. R. (2009). A Case Study of Consequences Analysis of Ammonia Transportation by Rail from Gurun to Port Klang in Malaysia Using Safiti Computer Model. *The American Society of Safety Engineers*.
- Conceptdraw. (2017). *Design Elements-fault tree analysis diagram*. Diambil kembali dari Conceptdraw.
- Drager. (2017). Gas Dispersion. *Competence in Gas Detection*.
- Fence, S. (2017). Diambil kembali dari Wind and Degrees.
- G. G. (2013, Januari 10). Next Generation Consequence Modelling Software Phast Launched by DNV GL.
- Geri, I. F. (2016). *Major Industrial Accident, Scenario and Evaluation of The Effect of Explosive Mixture*.
- Gresik, P. P. (2010). *Annual Report*. Gresik: PT Petrokimia Gresik.
- Haris, N. (2009). *Studi Performasi Basic Process Control System (BPCS) dan Safety Instrumented System (SIS) pada Ammonia Storage Tank di PT.Petrokimia Gresik*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- HAZOP, B. I. (2017). HAZOP BS IEC 61882.
- HSE, U. (t.thn.). *Fire and Explosion Strategy*. Offshore Division.
- L, J. (2003). Reliable Risk Estimation in the Risk Analysis of Chemical Industry Case study: Ammonia Storage Pressurized Spherical Tank.
- Network, J. N. (2015, Juni 13). Kapal Tanker Bocor, 6 Orang Tewas Keracunan Amoniak.
- Pangestu, S. (2017). *Penilaian Risiko Sosial pada Kapal Penumpang saat Melakukan Pengisian Bahan Bakar LNG*. Surabaya.
- Pasaribu, Y. C. (2012). Analisis Kosentrasi Gas Amoniak.
- Relex. (2017). Relex. Surabaya.
- Republik Indonseisa, M. K. (2002). *Persyaratan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri*. Republik Indonesia. Menteri Kesehatan Republik Indonesia.

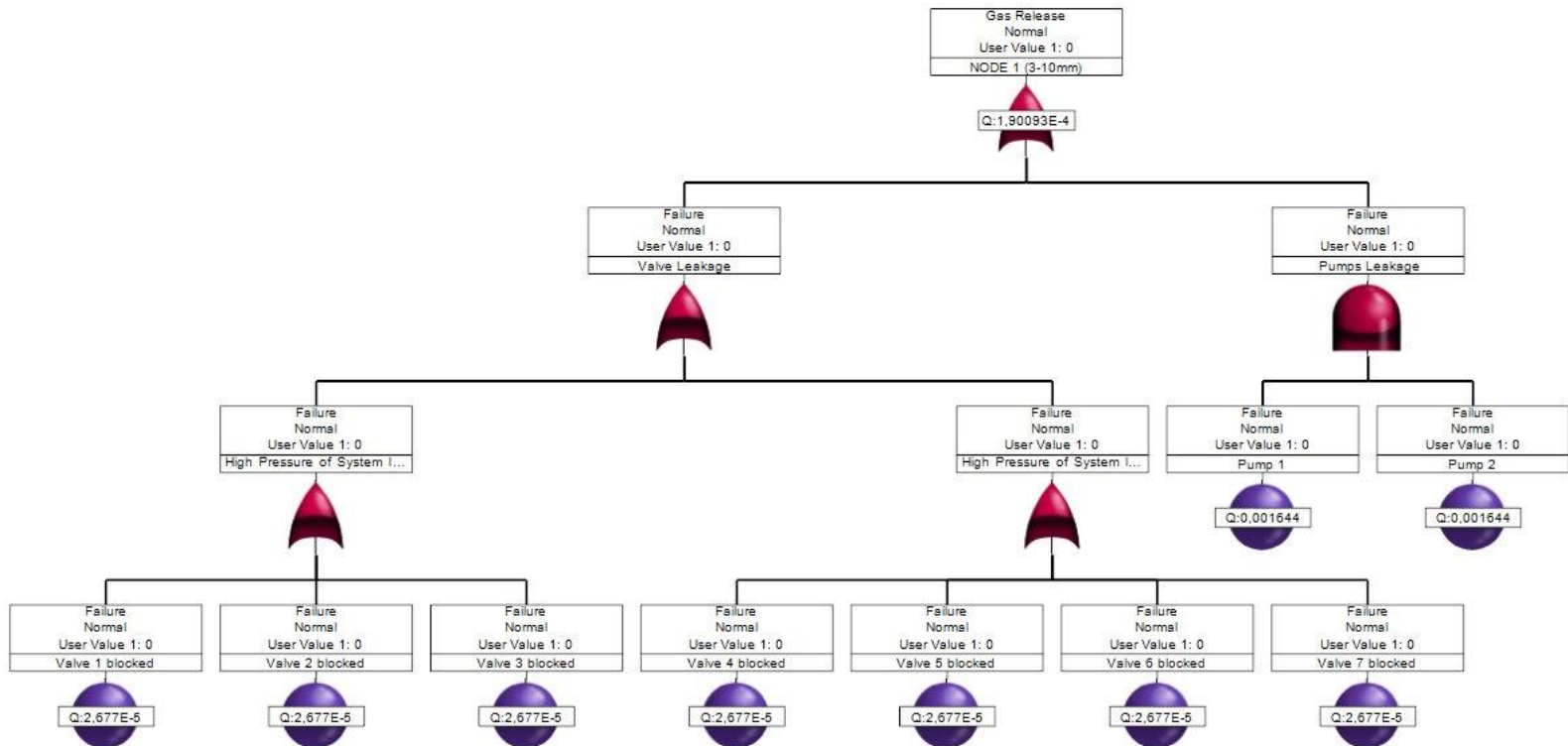
- Rikayanti, I. N. (2015). *Penilaian Risiko Sosial dan Analisis Geoteknik Terhadap Jalur Pipa LPG Semarang*. Surabaya.
- Roy, K. P. (2011). *Cosequence and Risk Assessment :Case Study of an Ammonia Storage Facility*.
- Setia Kurniasari, R. A. (2009). *Keselamatan Kerja pada Pengangkutan Amonia Cair Tangki Silinder di Unit Loading PT Petrokimia Gresik*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Z.Z, L. R. (2016). *Candal Produksi Departemen Produksi IIB Petrokimia Gresik*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

LAMPIRAN

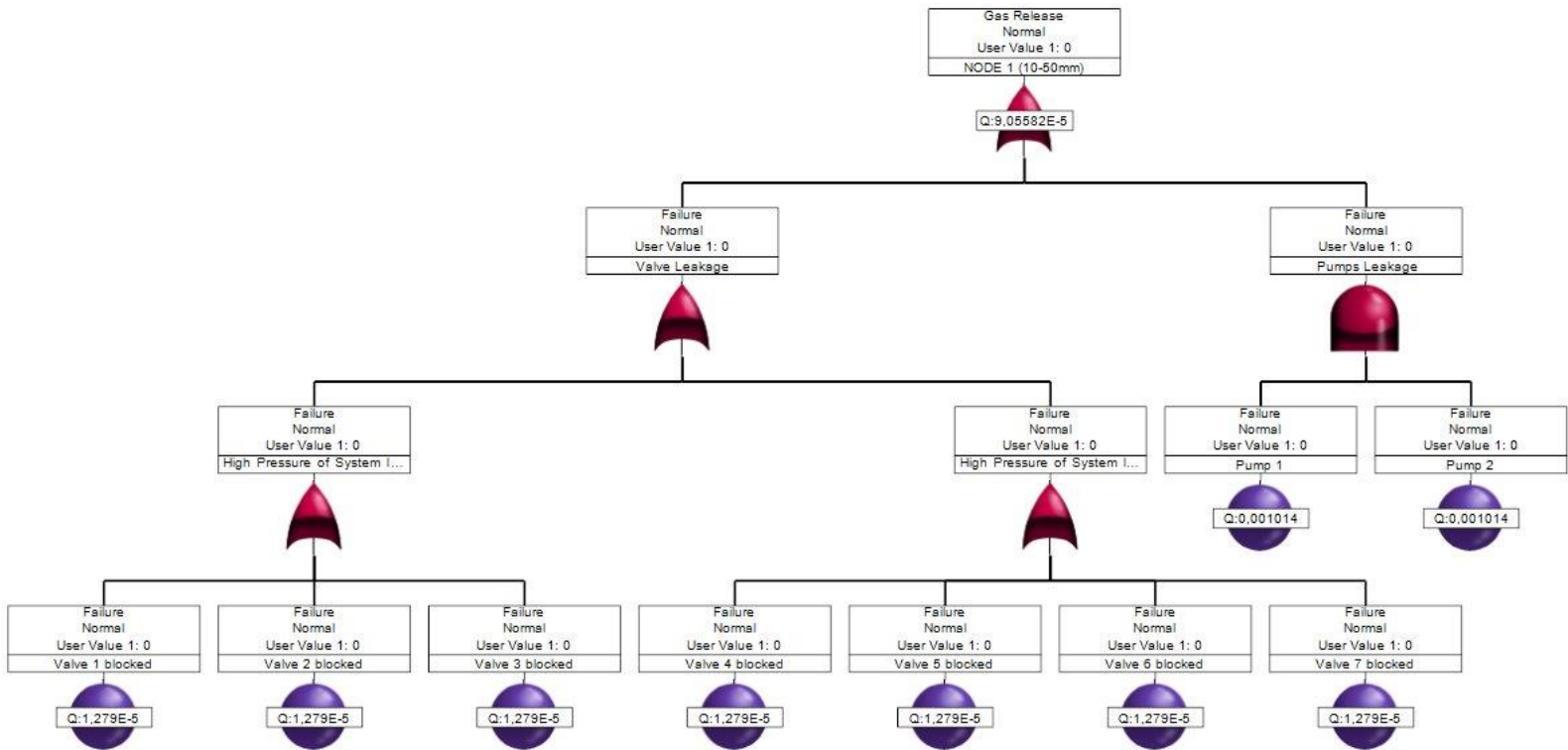
Halaman ini sengaja dikosongkan



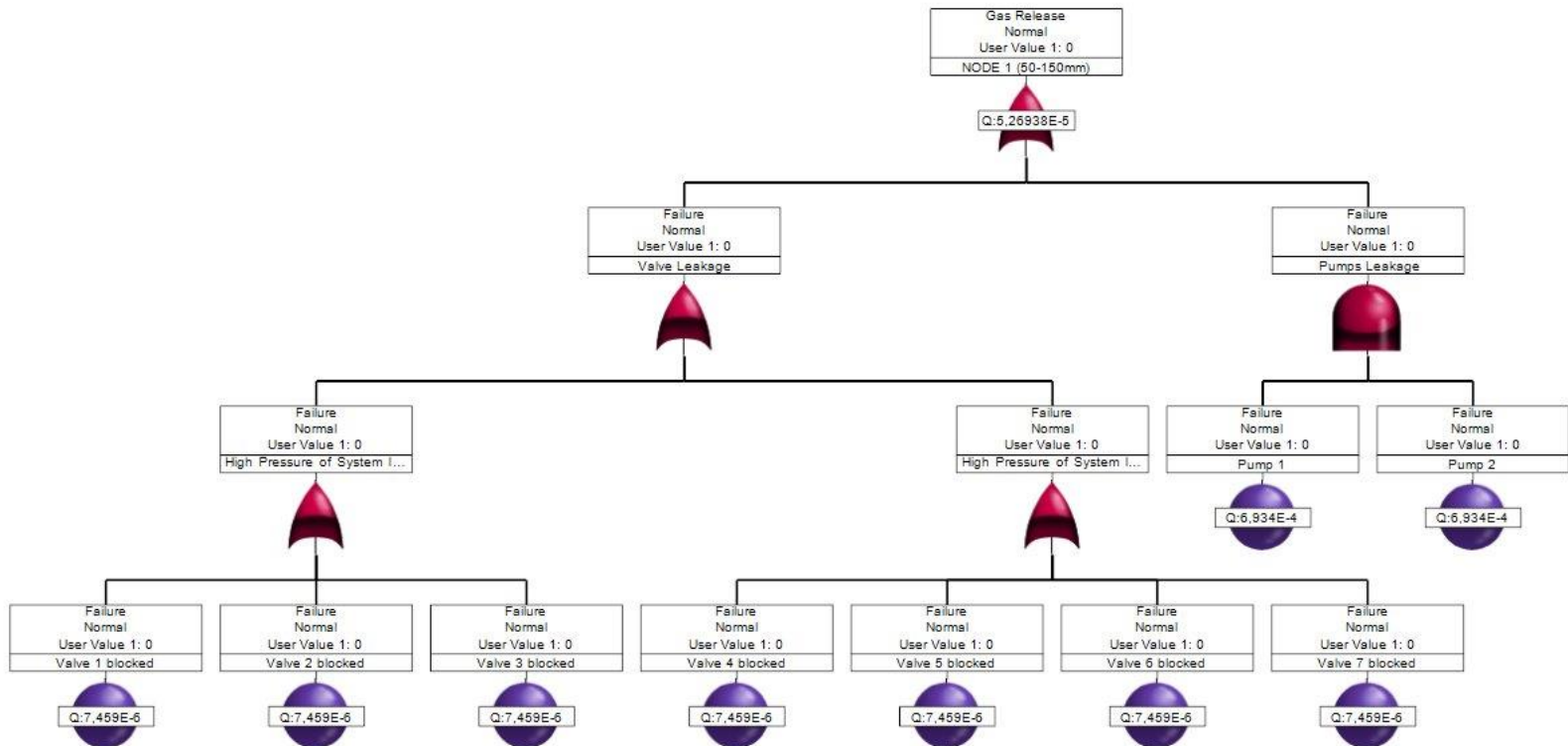
Gambar 1 FTA pada node 1 dengan skenario lubang kebocoran 1-3mm



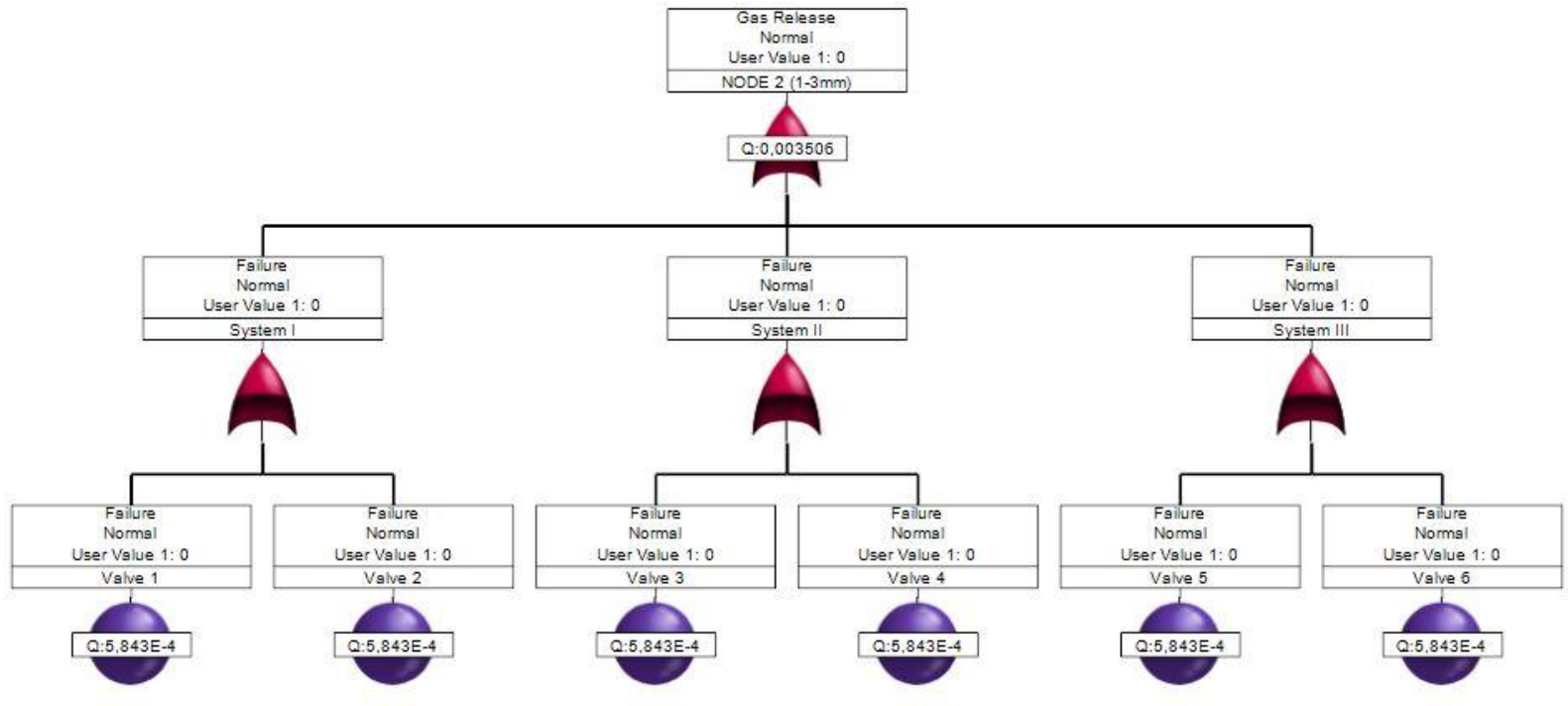
Gambar 2 FTA pada node 1 dengan skenario lubang kebocoran 3-10mm



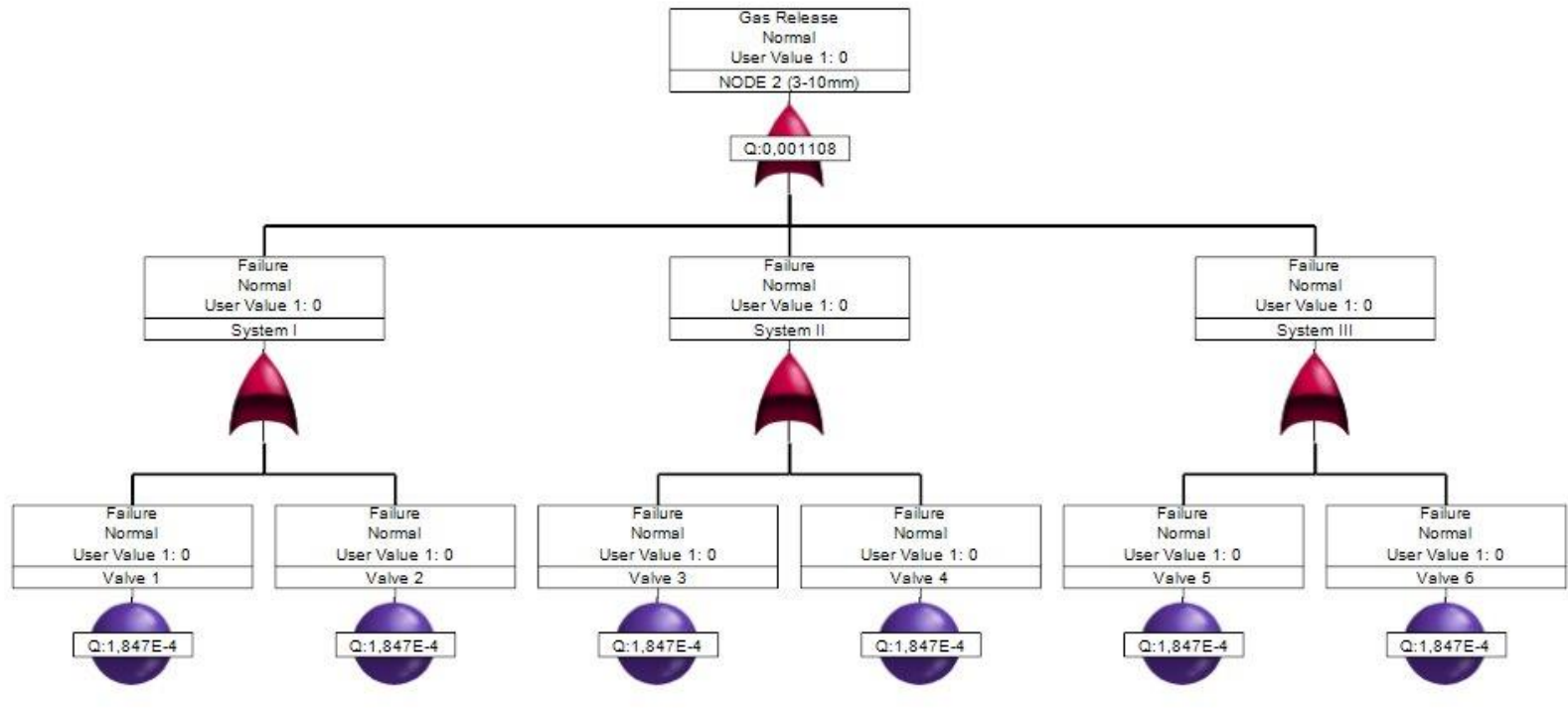
Gambar 3 FTA pada node 1 dengan skenario lubang kebocoran 10-50mm



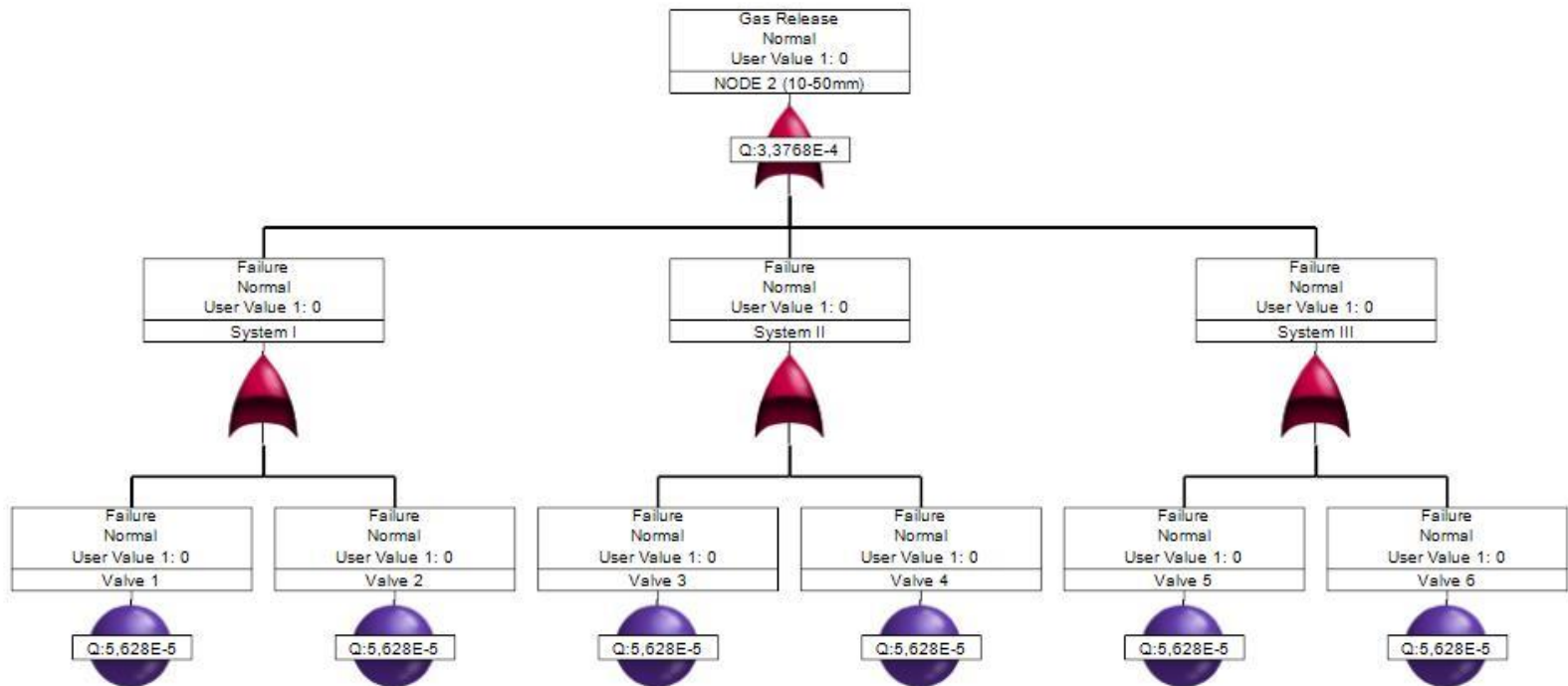
Gambar 4 FTA pada node 1 dengan skenario lubang kebocoran 50-150mm



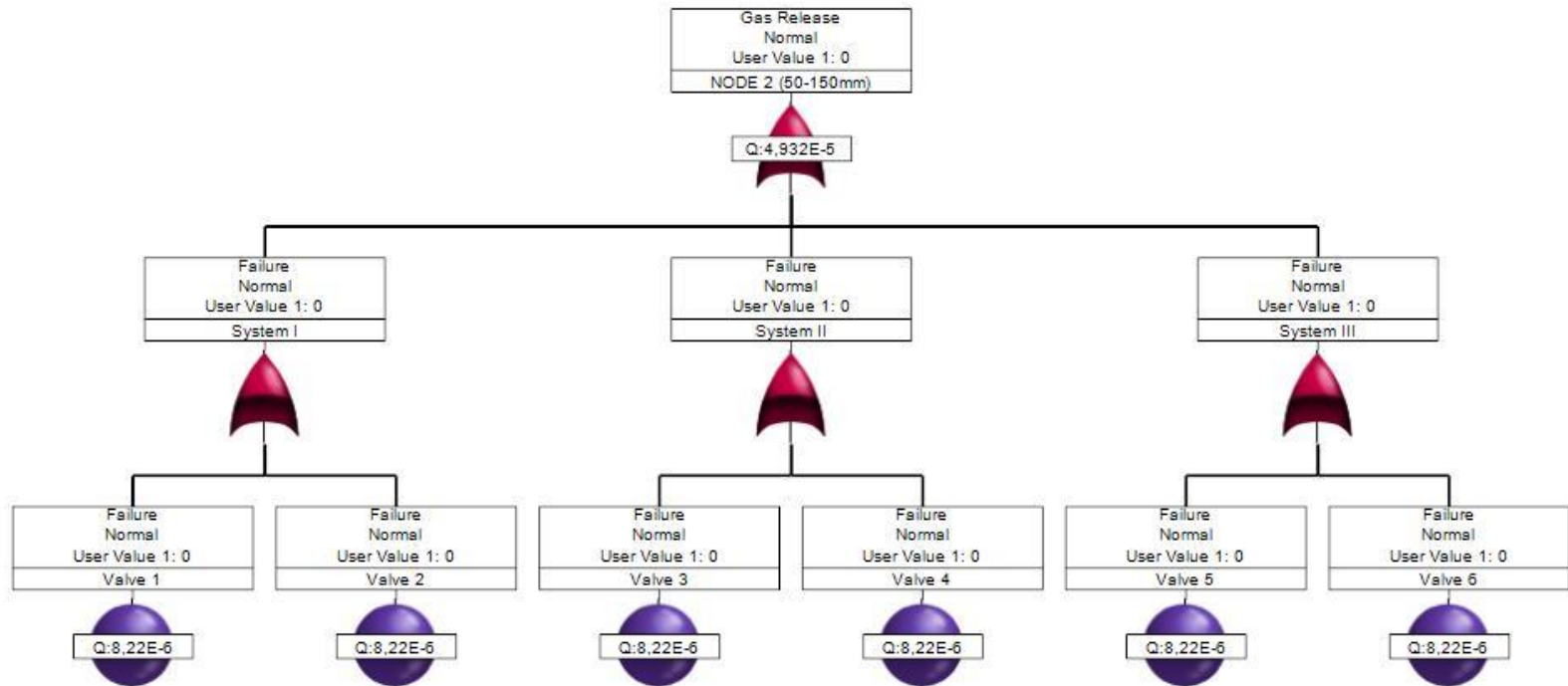
Gambar 5 FTA pada node 2 dengan skenario lubang kebocoran 1-3mm



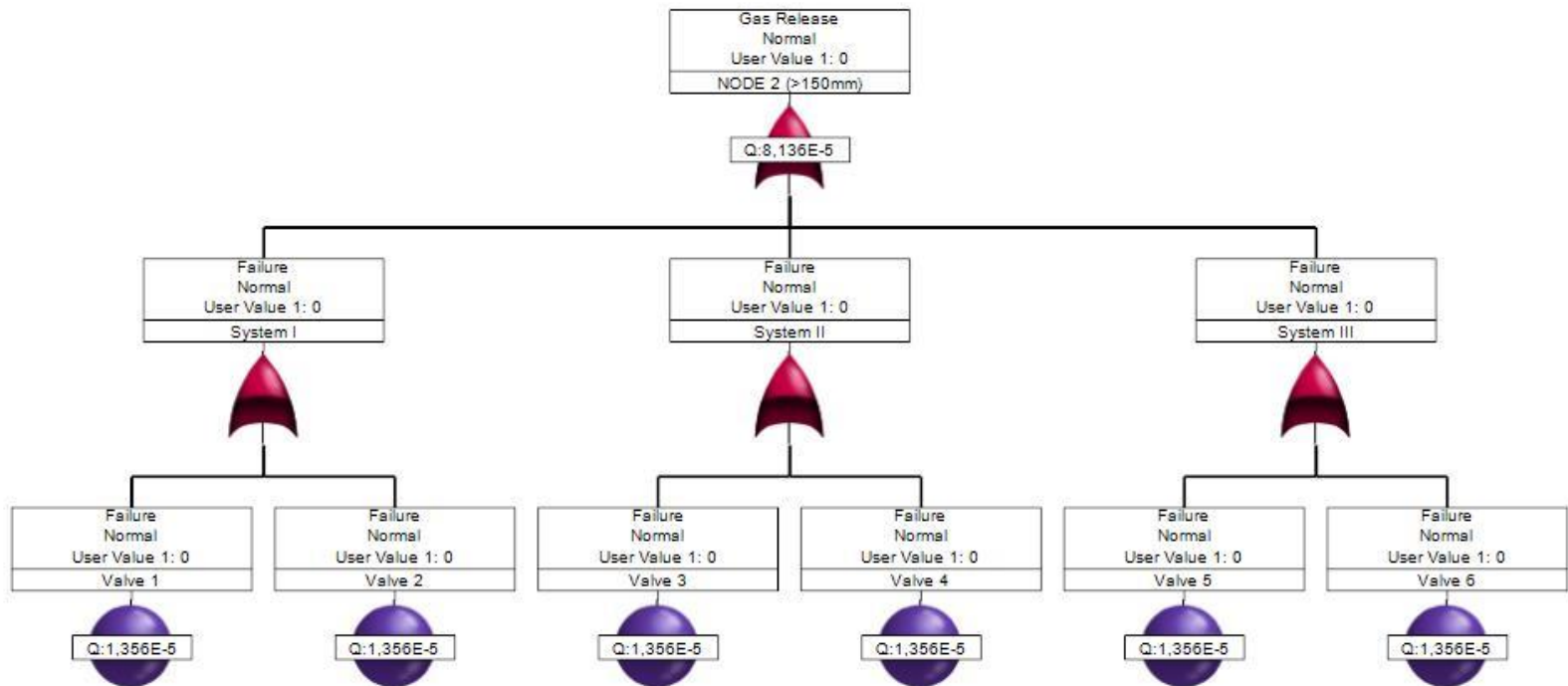
Gambar 6 FTA pada node 2 dengan skenario lubang kebocoran 3-10mm



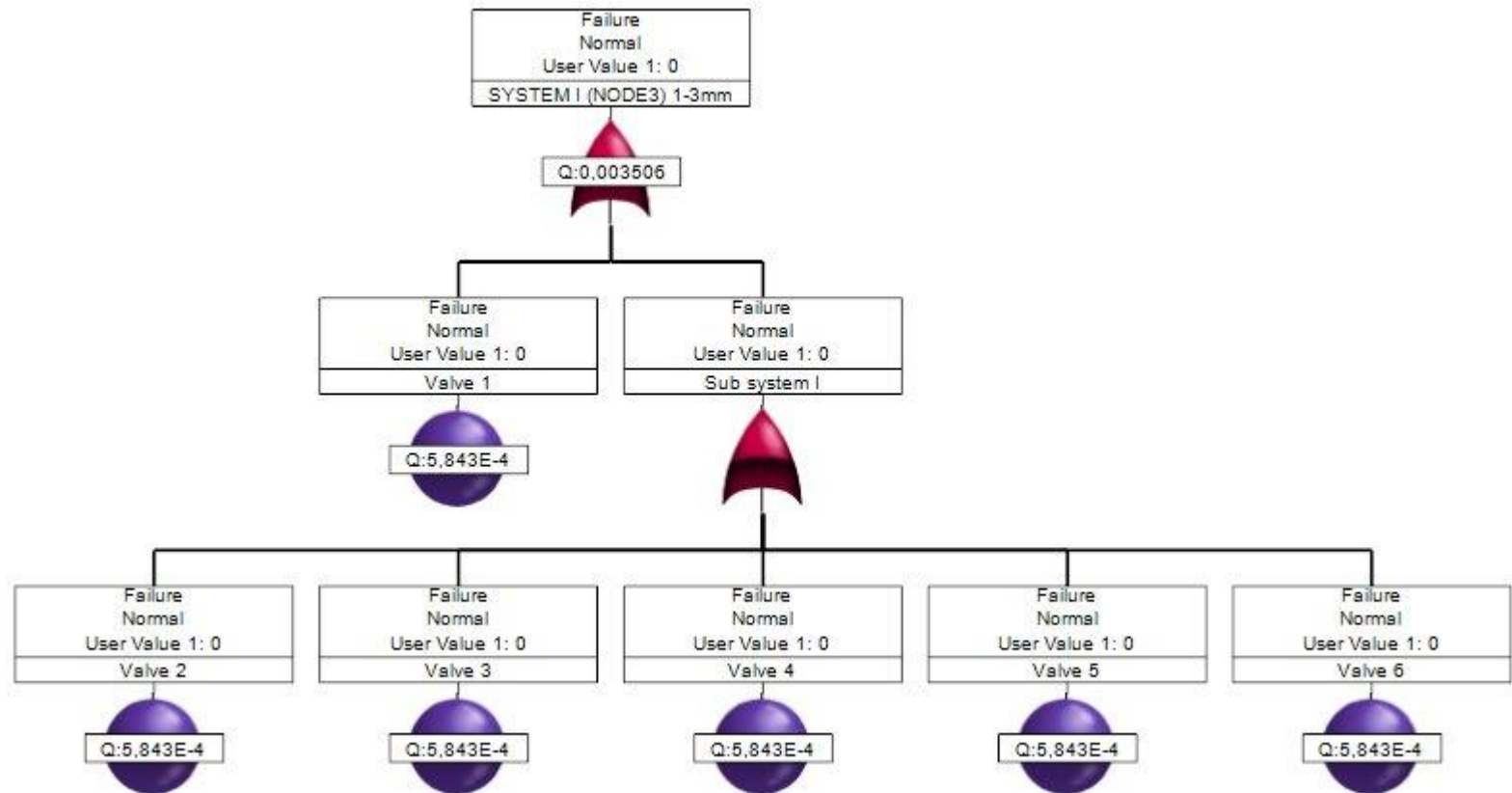
Gambar 7 FTA pada node 2 dengan skenario lubang kebocoran 10-50mm



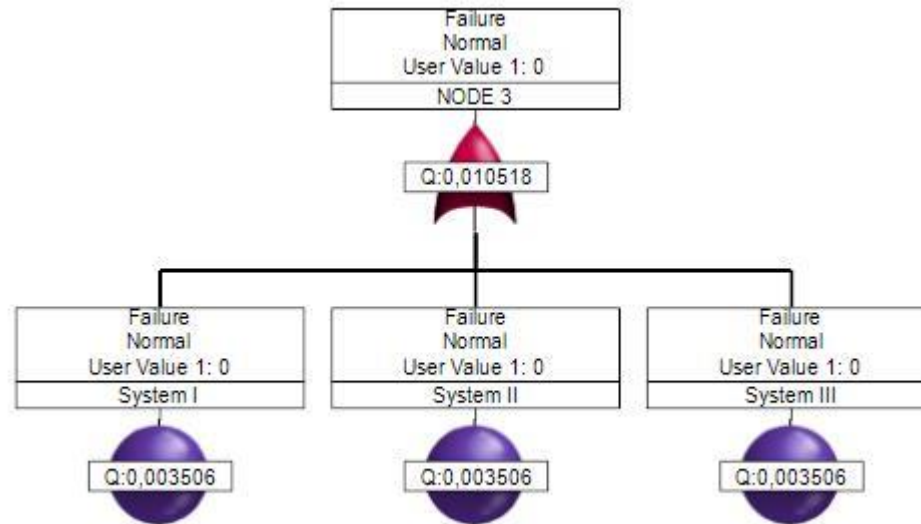
Gambar 8 FTA pada node 2 dengan skenario lubang kebocoran 50-150mm



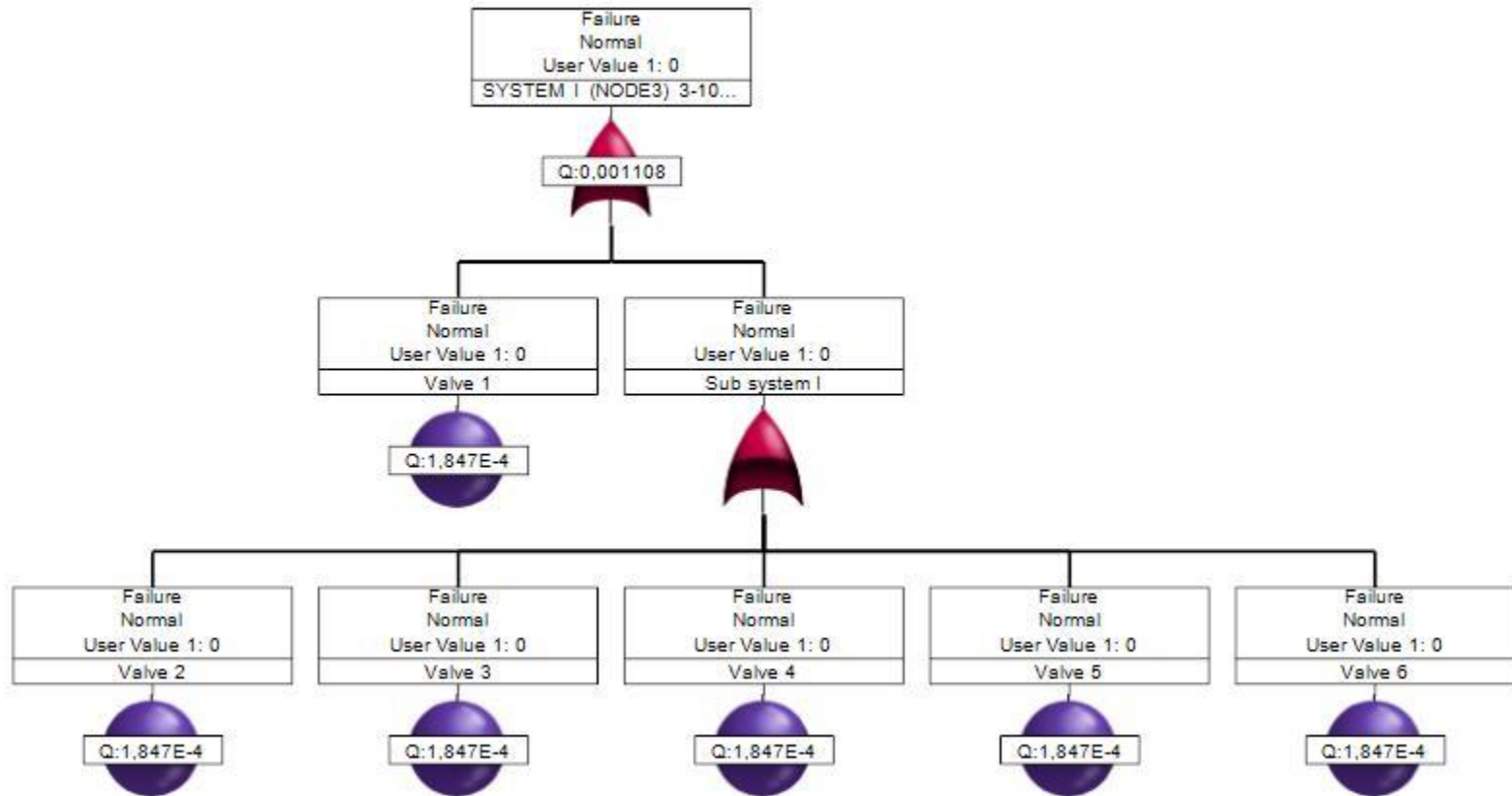
Gambar 9 FTA pada node 1 dengan skenario lubang kebocoran >150mm



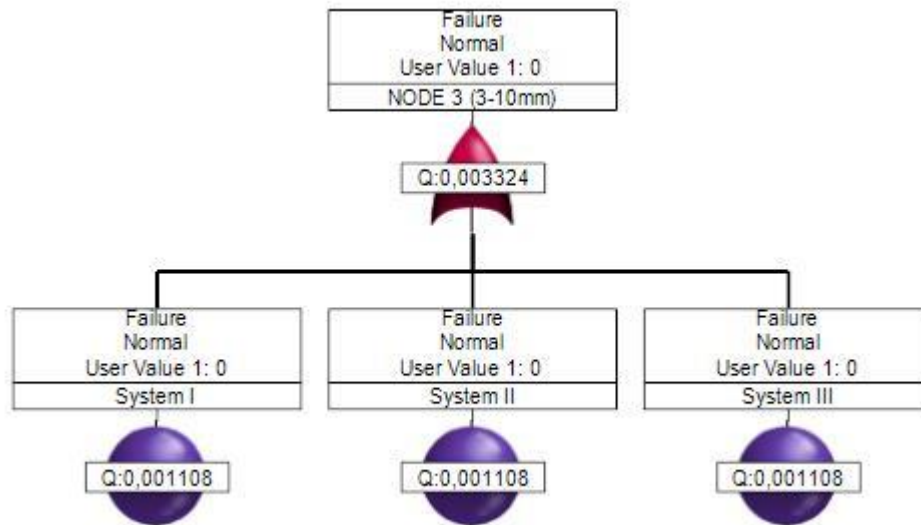
Gambar 10 FTA pada node 3 dengan skenario lubang kebocoran 1-3mm (sub system)



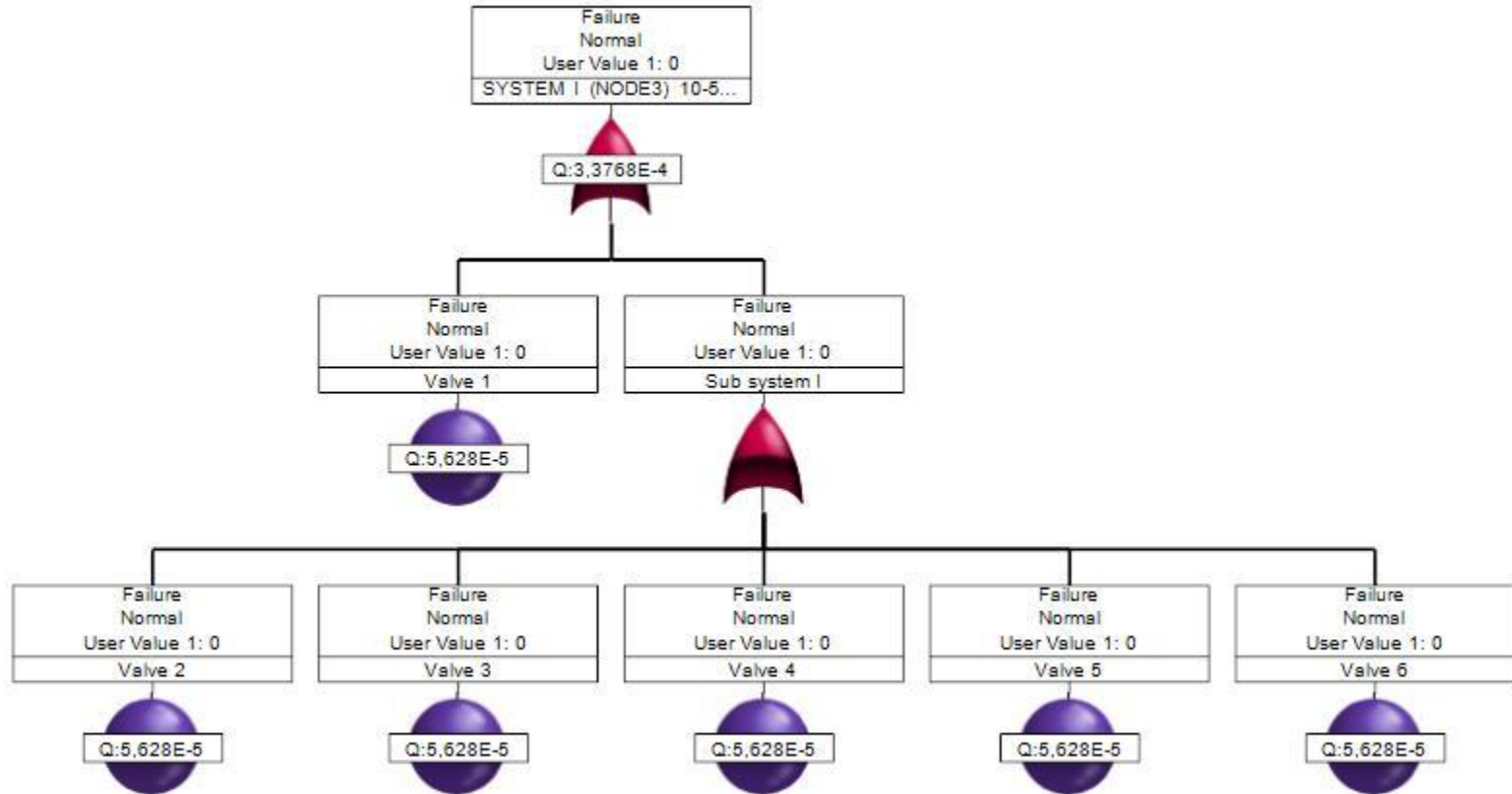
Gambar 11 FTA pada node 3 dengan skenario lubang kebocoran 1-3mm



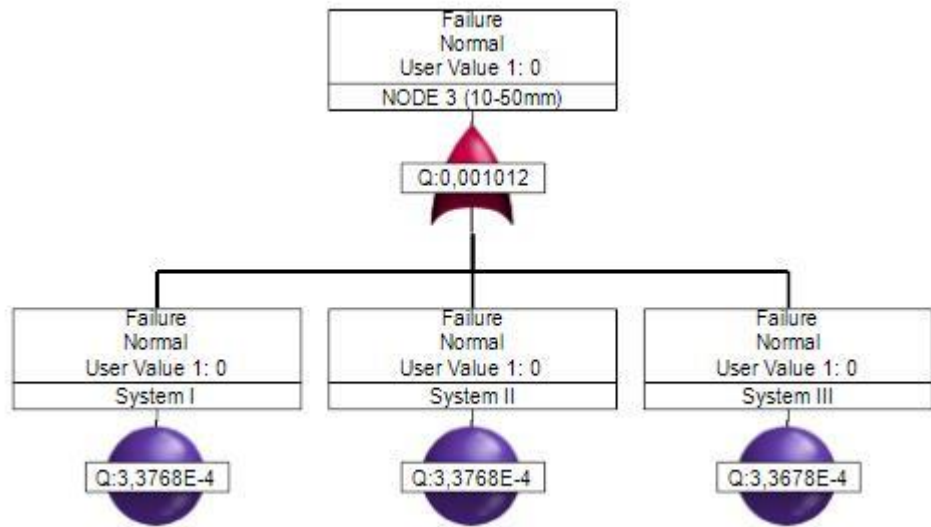
Gambar 12 FTA pada node 3 dengan skenario lubang kebocoran 3-10mm (sub system)



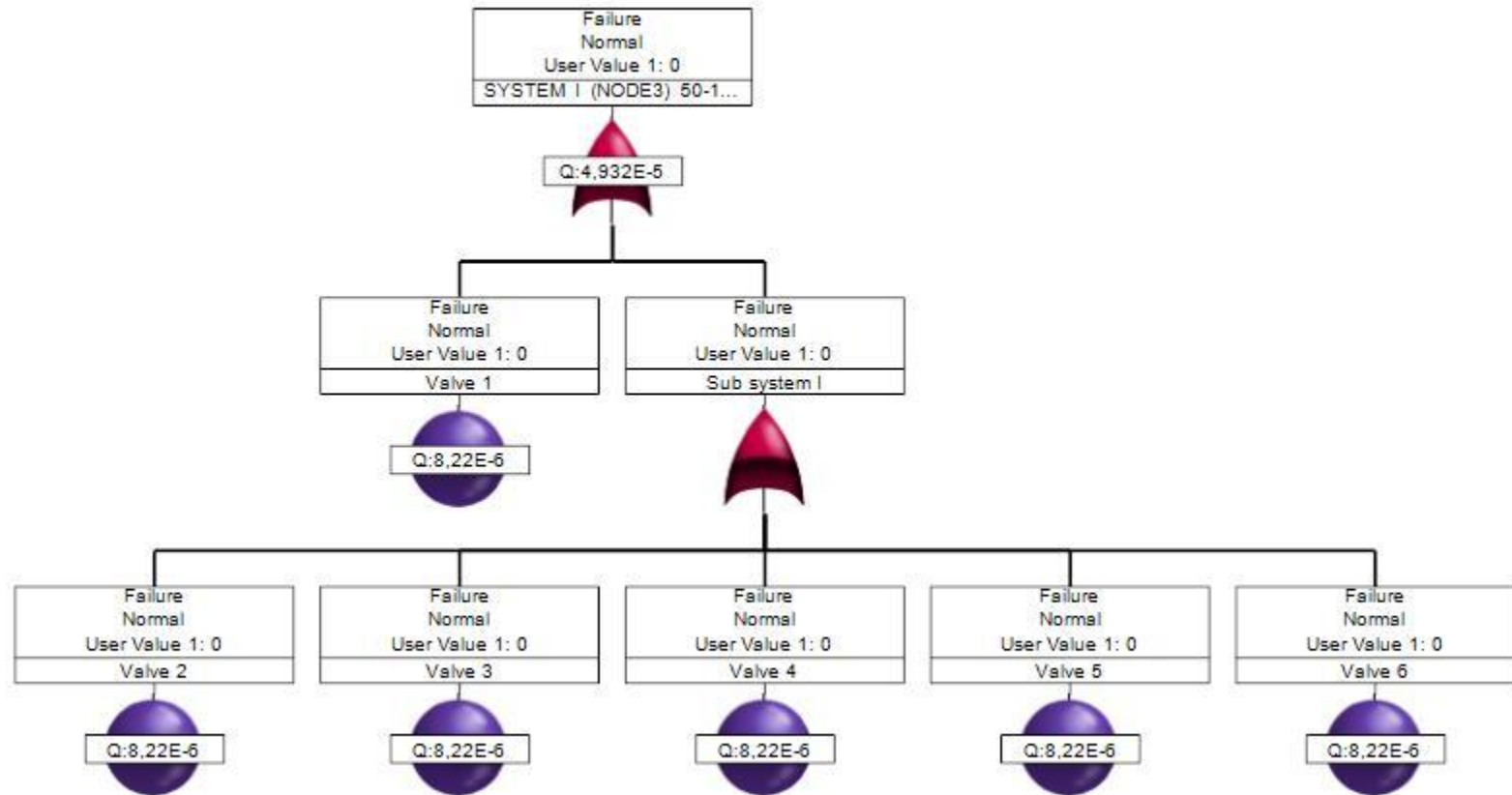
Gambar 13 FTA pada node 3 dengan skenario lubang kebocoran 3-10mm



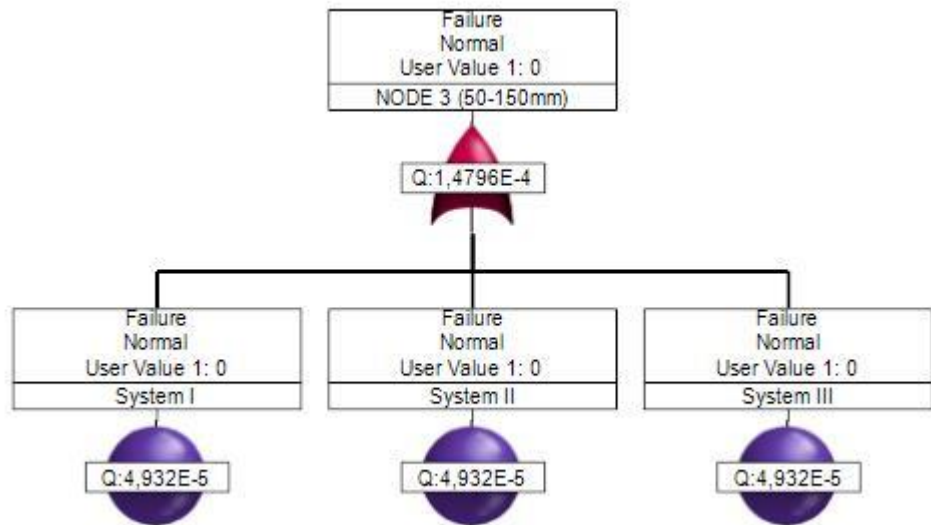
Gambar 14 FTA pada node 3 dengan skenario lubang kebocoran 10-50mm (sub system)



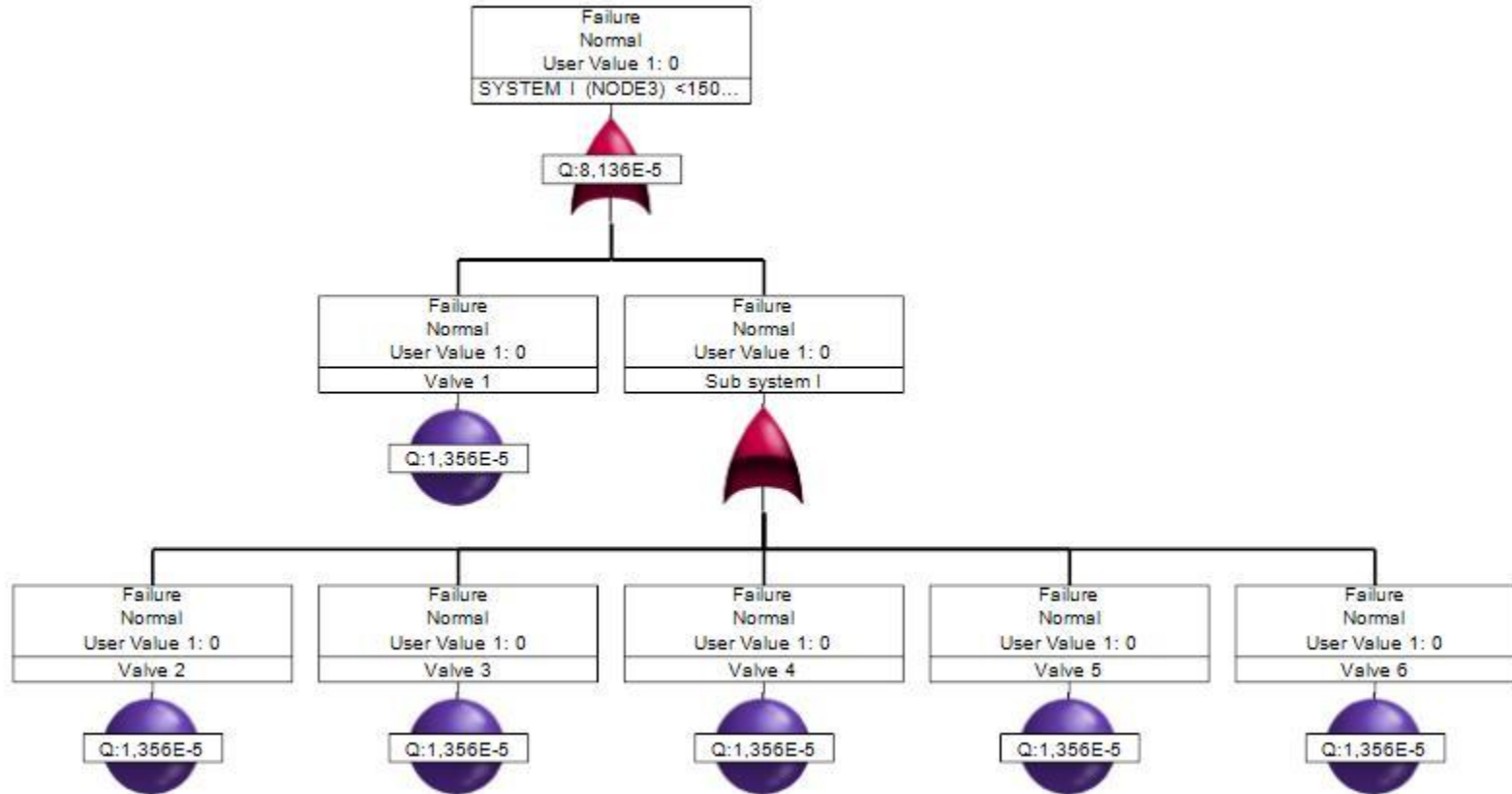
Gambar 15 FTA pada node 3 dengan skenario lubang kebocoran 10-50mm



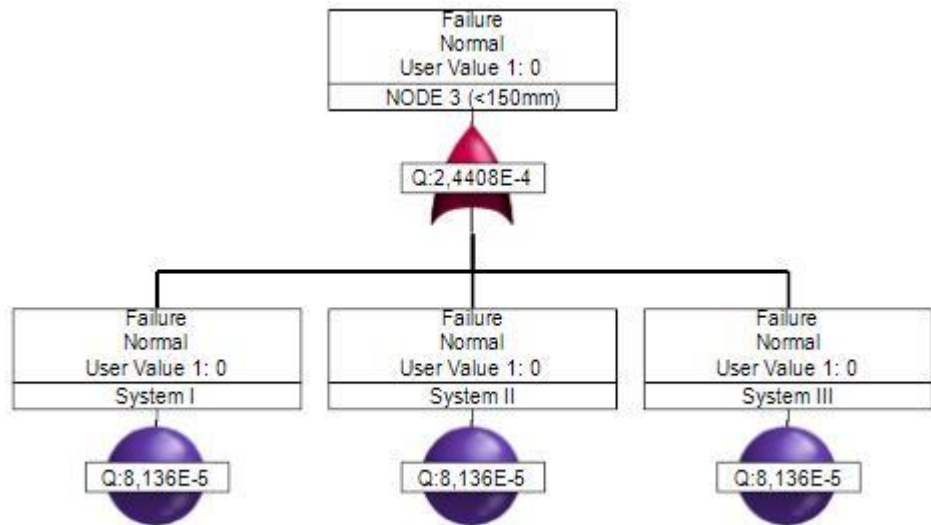
Gambar 16 FTA pada node 3 dengan skenario lubang kebocoran 50-150mm (sub system)



Gambar 17 FTA pada node 3 dengan skenario lubang kebocoran 50-150mm



Gambar 18 FTA pada node 3 dengan skenario lubang kebocoran >150mm (sub system)



Gambar 19 FTA pada node 3 dengan skenario lubang kebocoran >150mm (sub system)

(1-3mm)

	Ignition	VCE
Gas release 4,11E-04	0,1	4,11E-05
	No ignition	Gas dispersion/toxic
	0,9	3,70E-04

(3-10mm)

	Ignition	VCE
Gas release 1,90E-04	0,1	1,90E-05
	No ignition	Gas dispersion/toxic
	0,9	1,71E-04

Gambar 20 ETA pada node 1 dengan skenario lubang kebocoran 1-3mm dan 3-10mm berturut-turut

(10-50mm)

Gas release 9,06E-05	Ignition	VCE
	0,1	9,06E-06
	No ignition	Gas dispersion/toxic
	0,9	8,15E-05

(50-150mm)

Gas release 5,27E-05	Ignition	VCE
	0,1	5,27E-06
	No ignition	Gas dispersion/toxic
	0,9	4,74E-05

Gambar 21 ETA pada node 1 dengan skenario lubang kebocoran 10-50mm dan 50-150mm berturut-turut

(1-3mm)

	Ignition	VCE
Gas release 3,51E-03	0,1	3,51E-04
	No ignition	Gas dispersion/toxic
	0,9	3,16E-03

(3-10mm)

	Ignition	VCE
Gas release 1,11E-03	0,1	1,11E-04
	No ignition	Gas dispersion/toxic
	0,9	9,97E-04

Gambar 22 ETA pada node 2 dengan skenario lubang kebocoran 1-3mm dan 3-10mm berturut-turut

(10-50mm)

	Ignition	VCE
Gas release 3,38E-04	0,1	3,38E-05
	No ignition	Gas dispersion/toxic
	0,9	3,04E-04

(50-150mm)

	Ignition	VCE
Gas release 4,93E-05	0,1	4,93E-06
	No ignition	Gas dispersion/toxic
	0,9	4,44E-05

Gambar 23 ETA pada node 2 dengan skenario lubang kebocoran 10-50mm dan 50-150mm berturut-turut

(>150mm)

Gas release 8,14E-05	Ignition	VCE
	0,1	8,14E-06
	No ignition	Gas dispersion/toxic
	0,9	7,32E-05

(1-3mm)

Gas release 1,05E-03	Ignition	VCE
	0,1	1,05E-04
	No ignition	Gas dispersion/toxic
	0,9	9,47E-04

Gambar 24 ETA pada node 2 dengan skenario lubang kebocoran >150mm dan node 3 1-3mm berturut-turut

(3-10mm)

	Ignition	VCE
Gas release 3,32E-03	0,1	3,32E-04
	No ignition	Gas dispersion/toxic
	0,9	2,99E-03

(10-50mm)

	Ignition	VCE
Gas release 1,01E-03	0,1	1,01E-04
	No ignition	Gas dispersion/toxic
	0,9	9,11E-04

Gambar 25 ETA pada node 3 dengan skenario lubang kebocoran 3-10mm dan 10-50mm berturut-turut

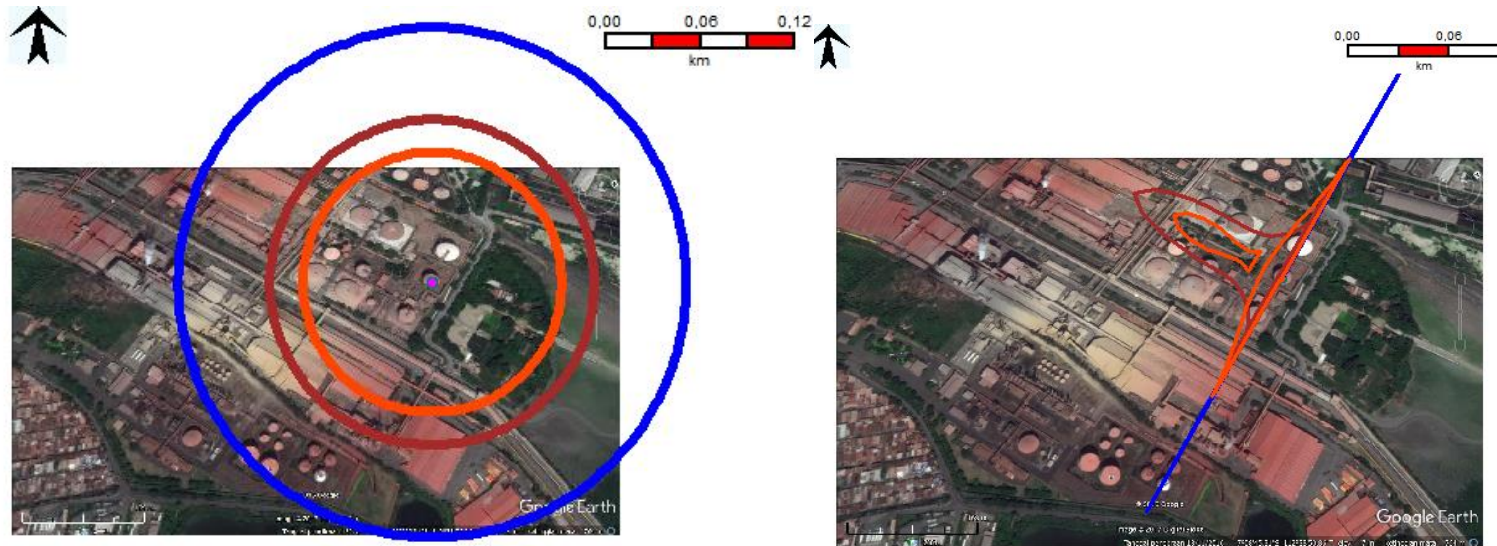
(50-150mm)

	Ignition	VCE
Gas release 1,48E-04	0,1	1,48E-05
	No ignition	Gas dispersion/toxic
	0,9	1,33E-04

(>150mm)

	Ignition	VCE
Gas release 2,40E-04	0,1	2,40E-05
	No ignition	Gas dispersion/toxic
	0,9	2,16E-04

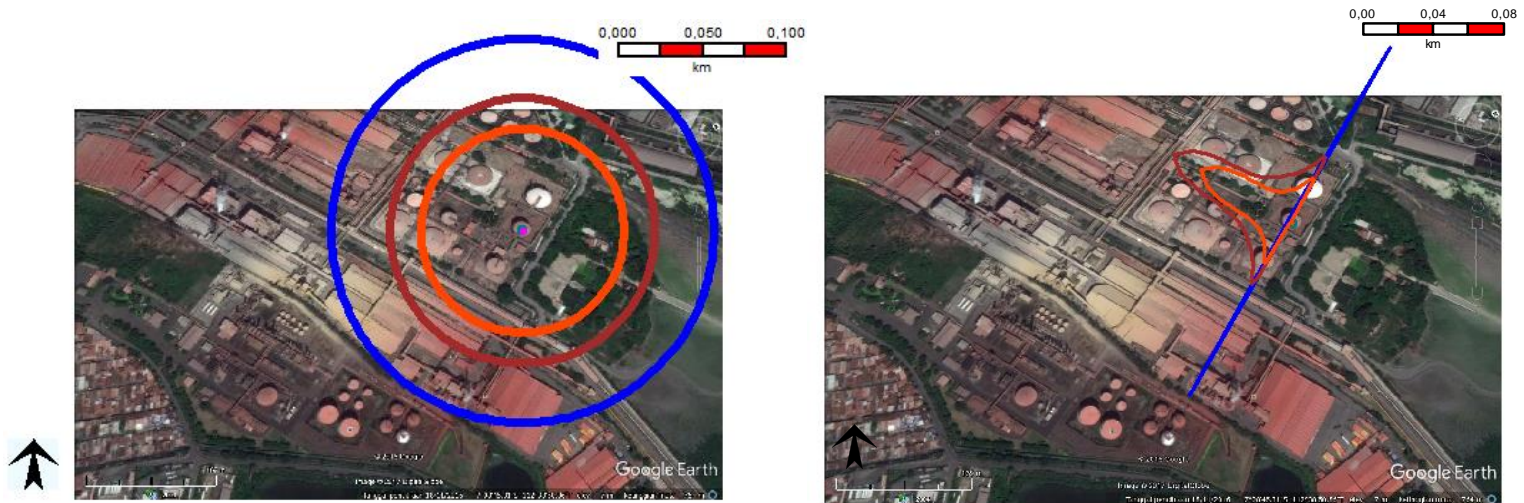
Gambar 26 ETA pada node 3 dengan skenario lubang kebocoran 50-150mm dan >150mm berturut-turut



Gambar 27 *Gas dispersion* pada skenario kebocoran 200mm dengan kadar 5000ppm)



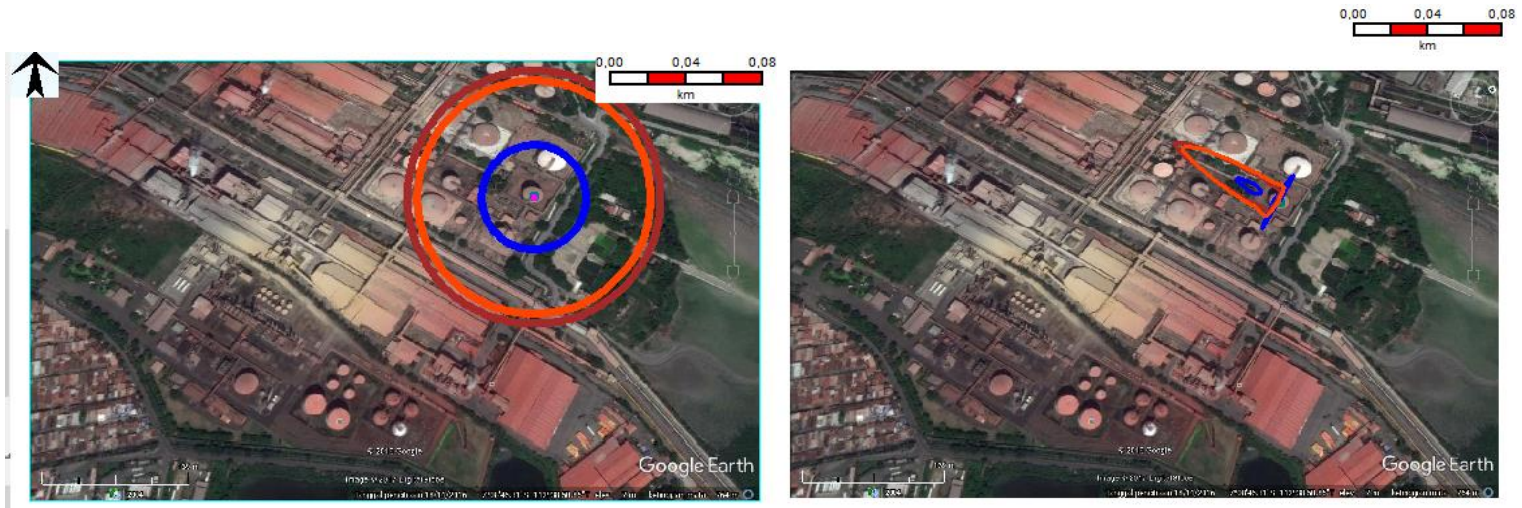
Gambar 28 Explosion pada skenario kebocoran 200mm dengan kadar 5000ppm)



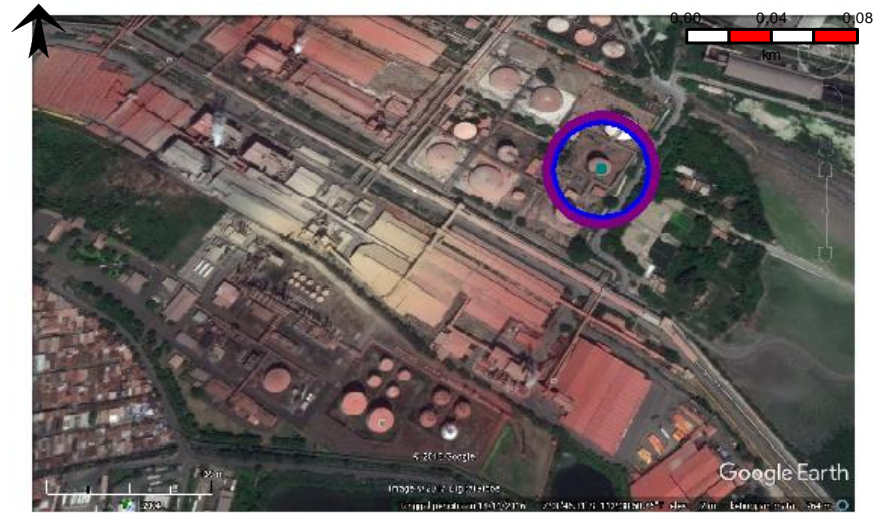
Gambar 29 Gas dispersion pada skenario kebocoran 150mm dengan kadar 5000ppm)



Gambar 30 Explosion pada skenario kebocoran 150mm dengan kadar 5000ppm)



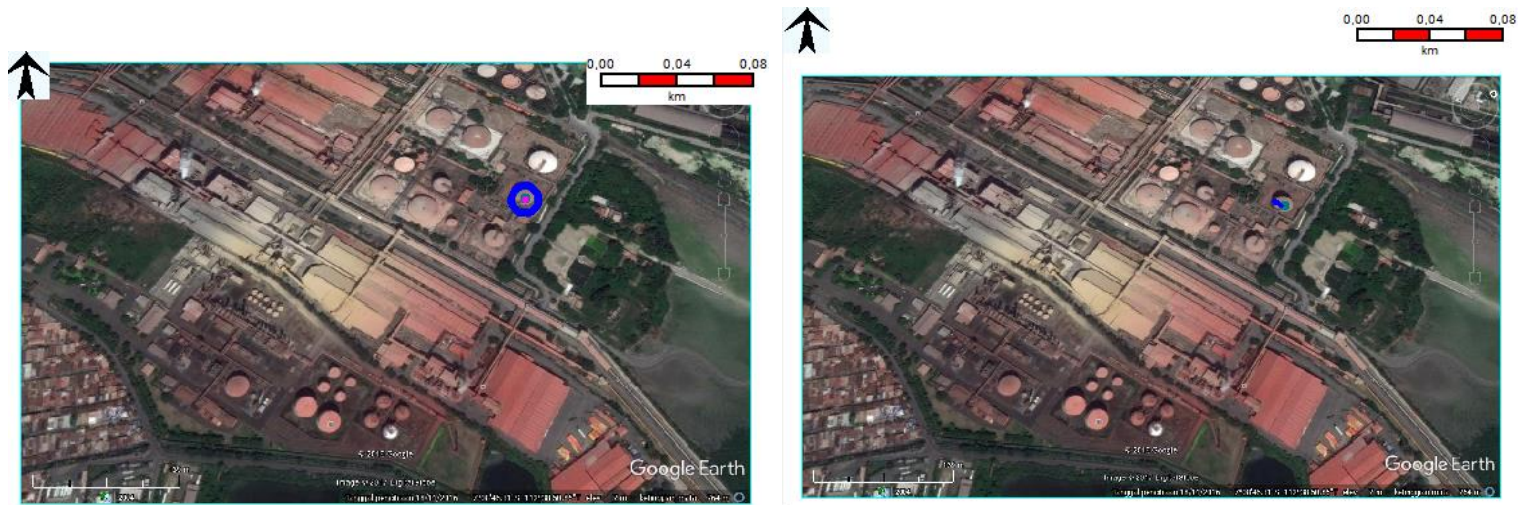
Gambar 31 Gas dispersion pada skenario kebocoran 50mm dengan kadar 5000ppm)



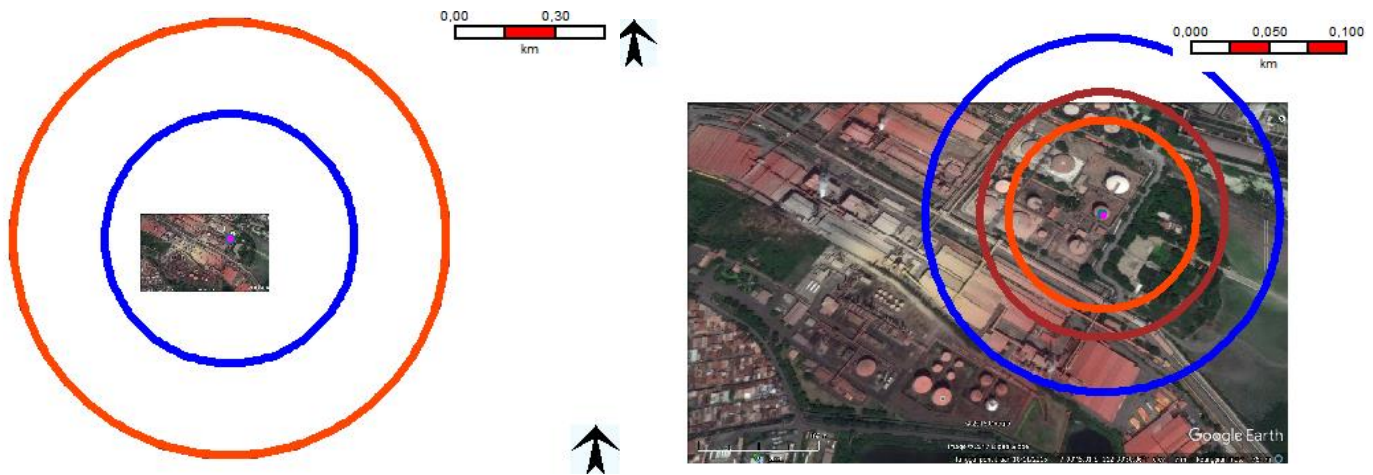
Gambar 32 Explosion pada skenario kebocoran 10mm dengan kadar 5000ppm)



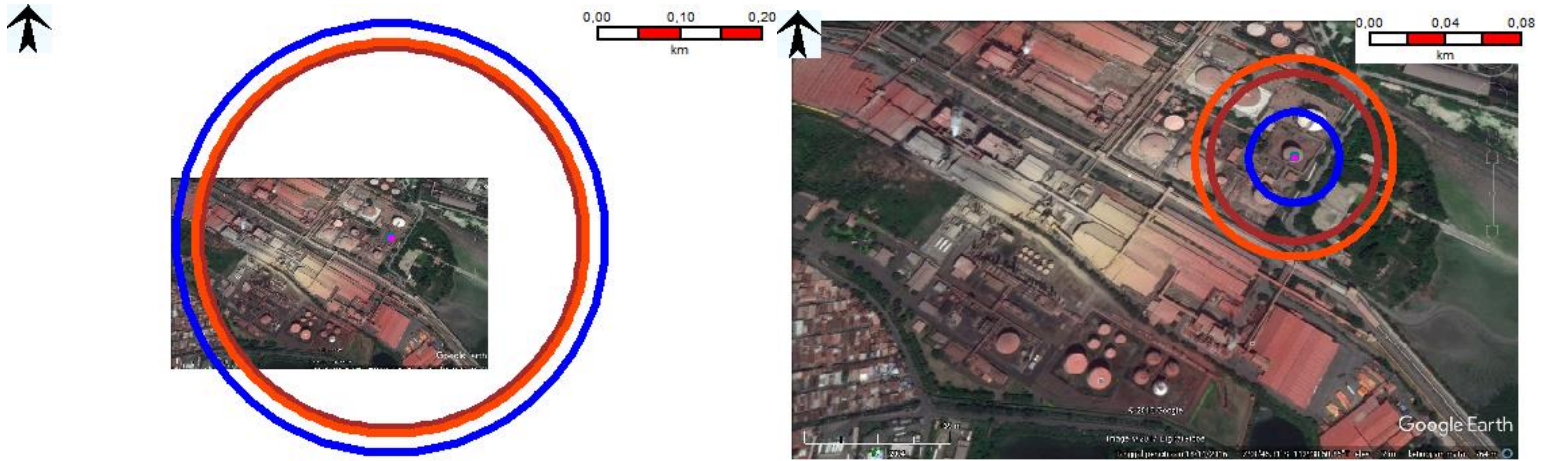
Gambar 33 *Gas dispersion* pada skenario kebocoran 10mm dengan kadar 5000ppm)



Gambar 34 *Gas dispersion* pada skenario kebocoran 3mm dengan kadar 5000ppm)



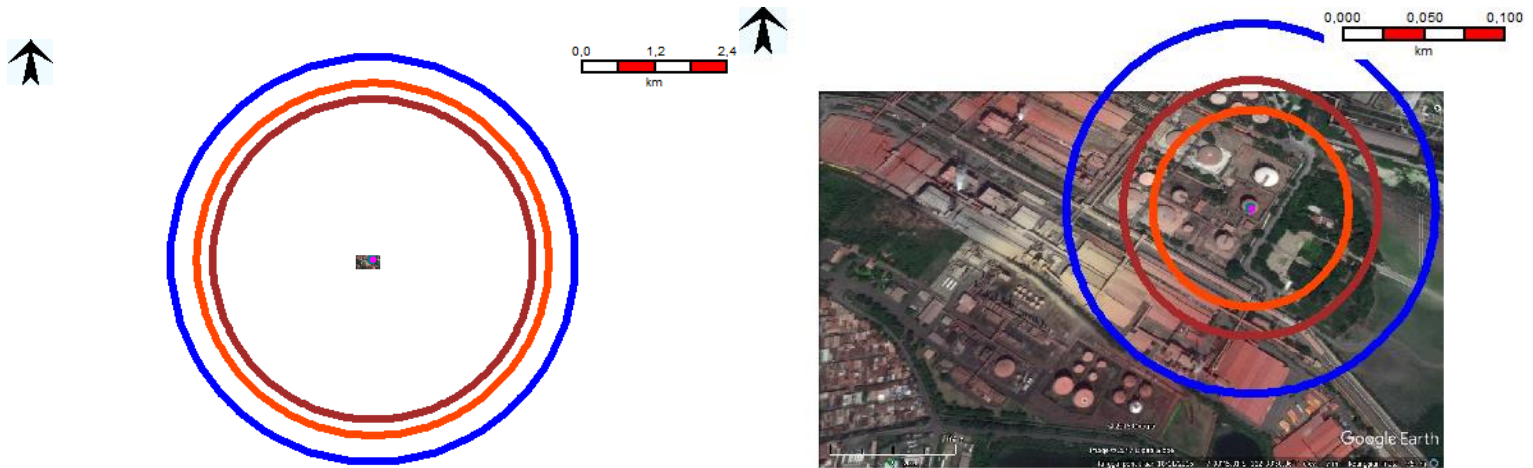
Gambar 35 Gas dispersion dengan skenario kebocoran 200mm dan 150mm pada kadar 700ppm



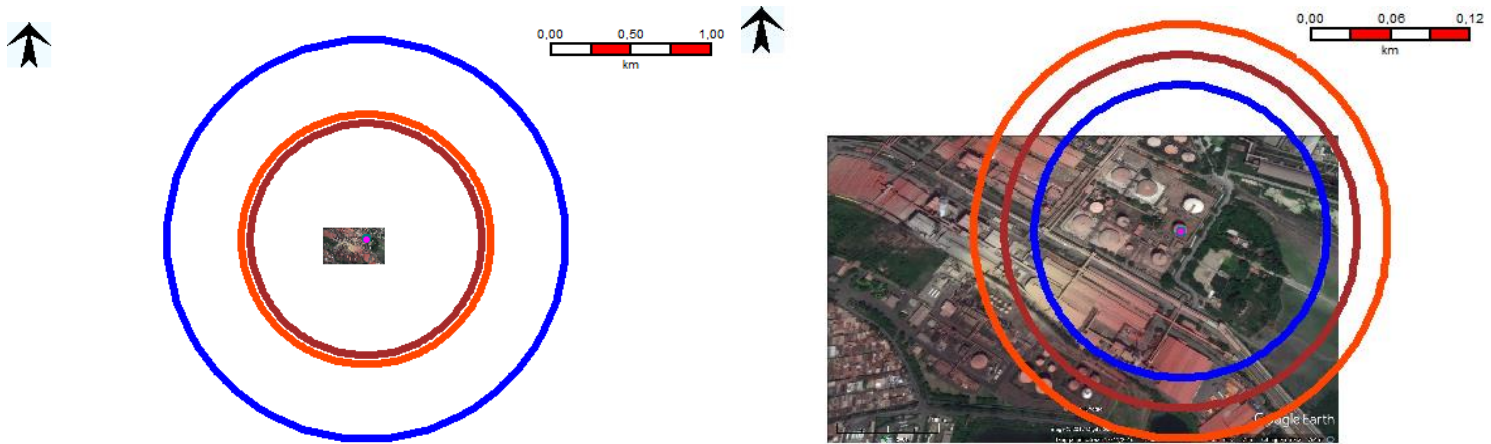
Gambar 36 *Gas dispersion* dengan skenario kebocoran 50mm dan 10mm pada kadar 700ppm



Gambar 37 *Gas dispersion* dengan skenario kebocoran 3mmpada kadar 700ppm



Gambar 38 *Gas dispersion* dengan skenario kebocoran 200mm dan 150mm pada kadar 100ppm



Gambar 39 *Gas dispersion* dengan skenario kebocoran 50mm dan 10mm pada kadar 100ppm



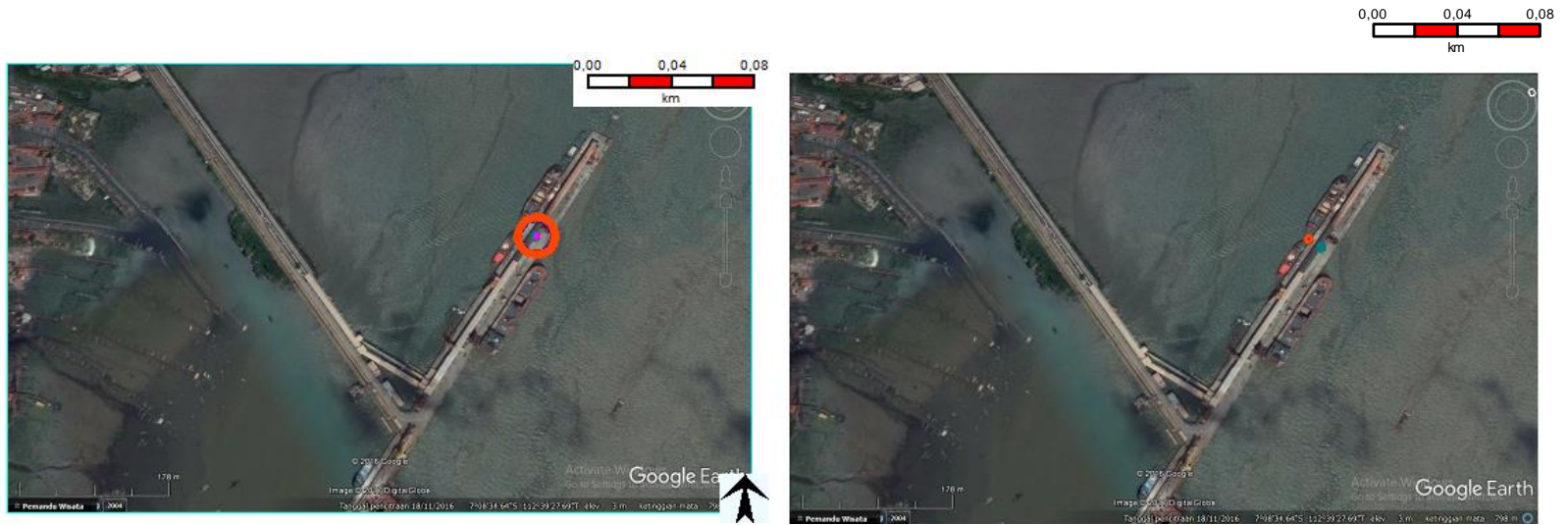
Gambar 40 *Gas dispersion* dengan skenario kebocoran 3mm pada kadar 100ppm



Gambar 41 *Gas dispersion* pada node 2 dengan skenario kebocoran 200mm dengan kadar 5000ppm



Gambar 42 Explosion pada skenario kebocoran 200mm dengan kadar 5000ppm



Gambar 43 *Gas dispersion* pada node 2 dengan skenario kebocoran 150mm dengan kadar 5000ppm



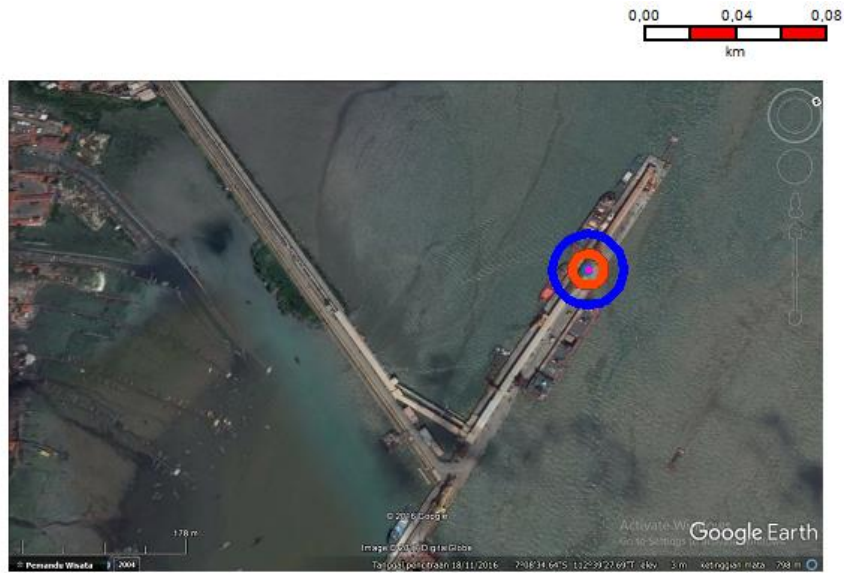
Gambar 44 *Gas dispersion* pada node 2 dengan kebocoran 150mm dengan kadar 5000ppm



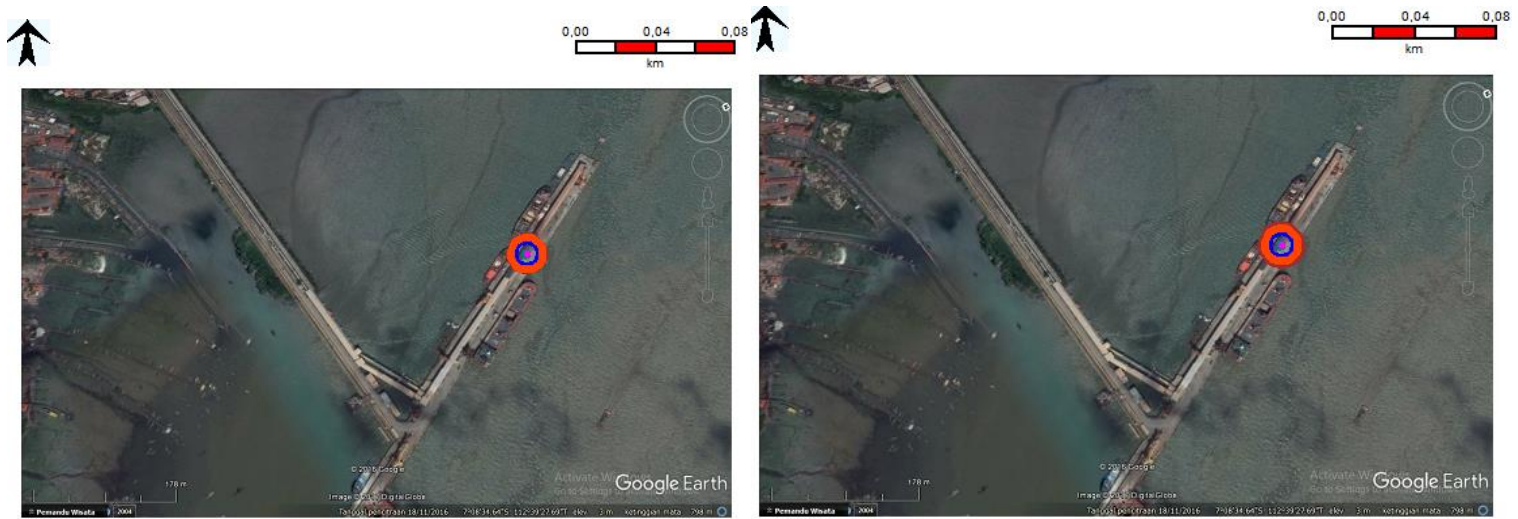
Gambar 45 *Gas dispersion* pada node 2 dengan skenario kebocoran 50mm dengan kadar 5000ppm



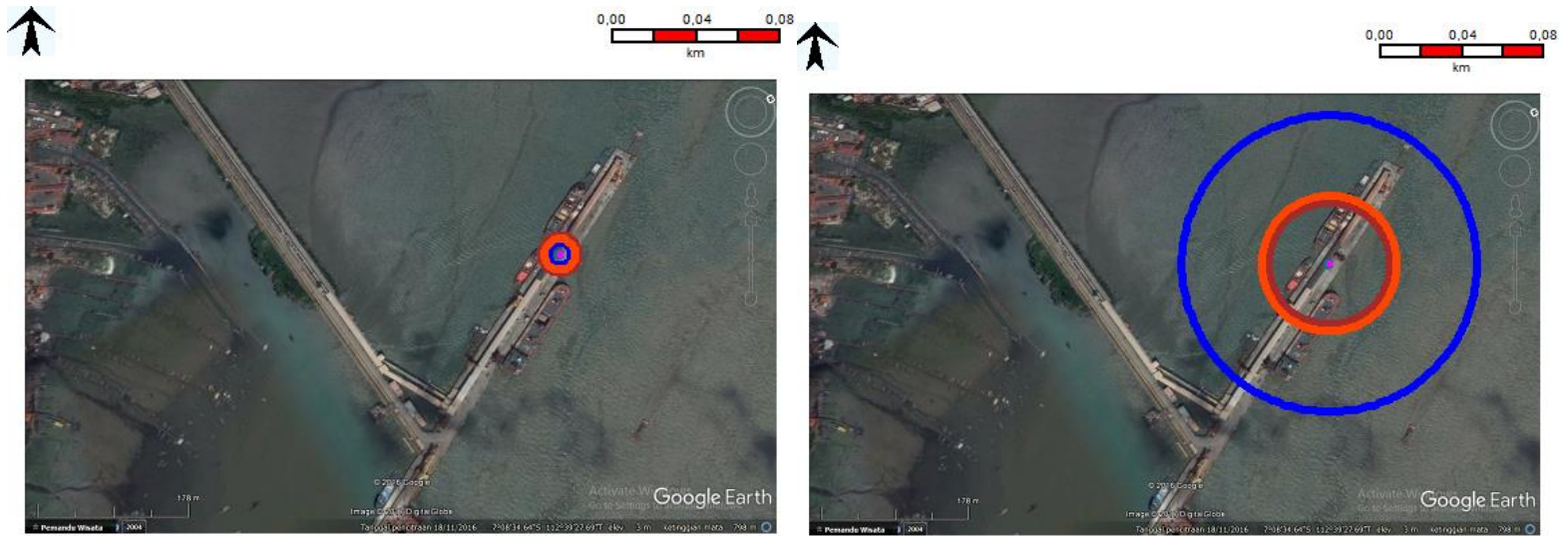
Gambar 46 *Gas dispersion* pada node 2 dengan skenario kebocoran 50mm dengan kadar 5000ppm



Gambar 47 *Gas dispersion* pada node 2 dengan kebocoran 10mm dengan kadar 5000ppm



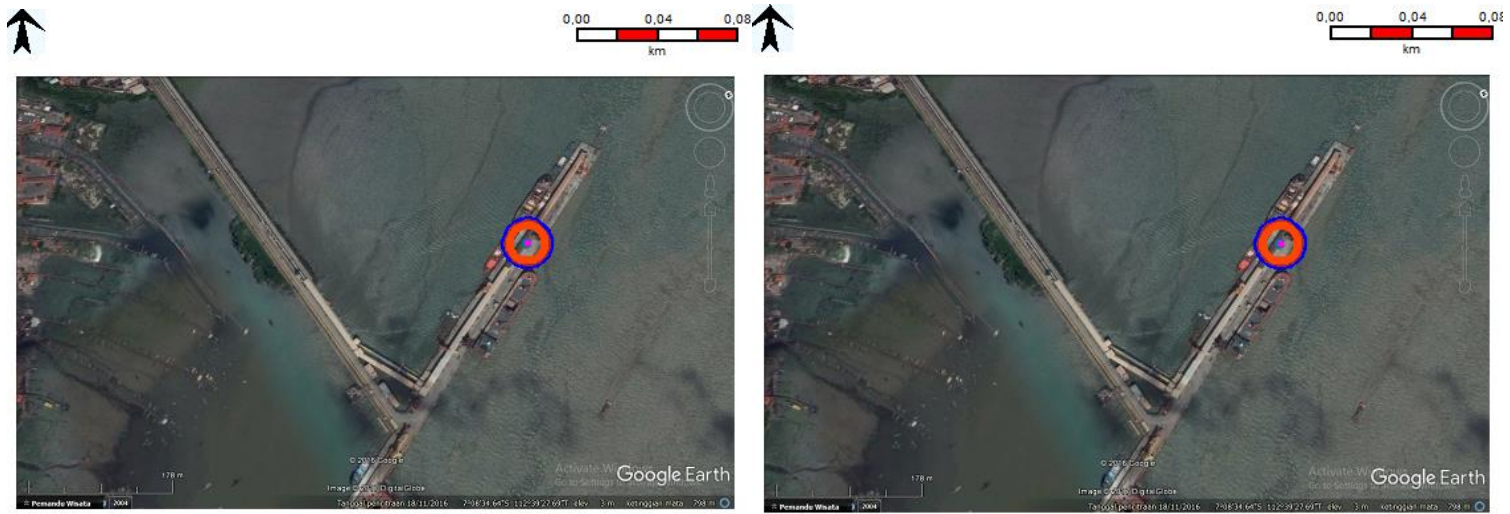
Gambar 48 *Gas dispersion* pada node 2 dengan kebocoran 200mm dan 150mm dengan kadar 700ppm



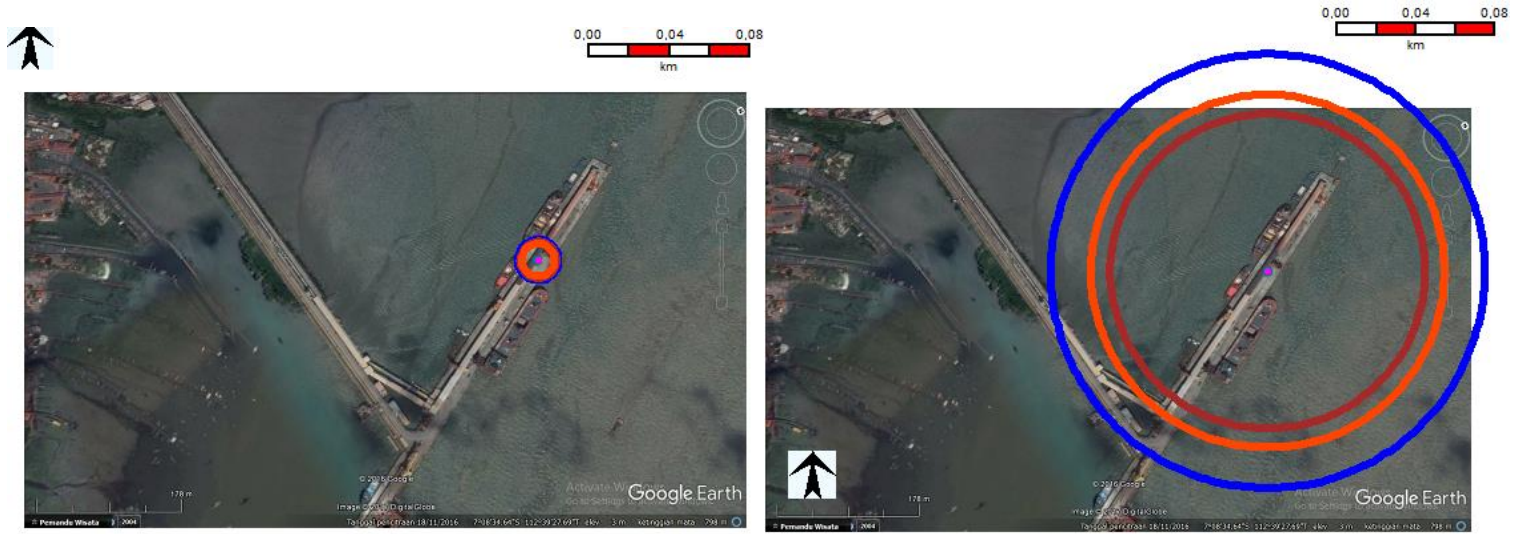
Gambar 49 *Gas dispersion* pada node 2 dengan kebocoran 50mm dan 10mm dengan kadar 700ppm



Gambar 50 *Gas dispersion* pada node 2 dengan kebocoran 3mm dengan kadar 700ppm



Gambar 51 *Gas dispersion* pada node 2 dengan kebocoran 200mm dan 150mm dengan kadar 100ppm



Gambar 52 Gas dispersion pada node 2 dengan kebocoran 50mm dan 10mm dengan kadar 100ppm



Gambar 53 *Gas dispersion* pada node 2 dengan kebocoran 3mm dengan kadar 100ppm



Gambar 54 *Gas dispersion* pada node 3 dengan kebocoran 200mm dengan kadar 5000ppm



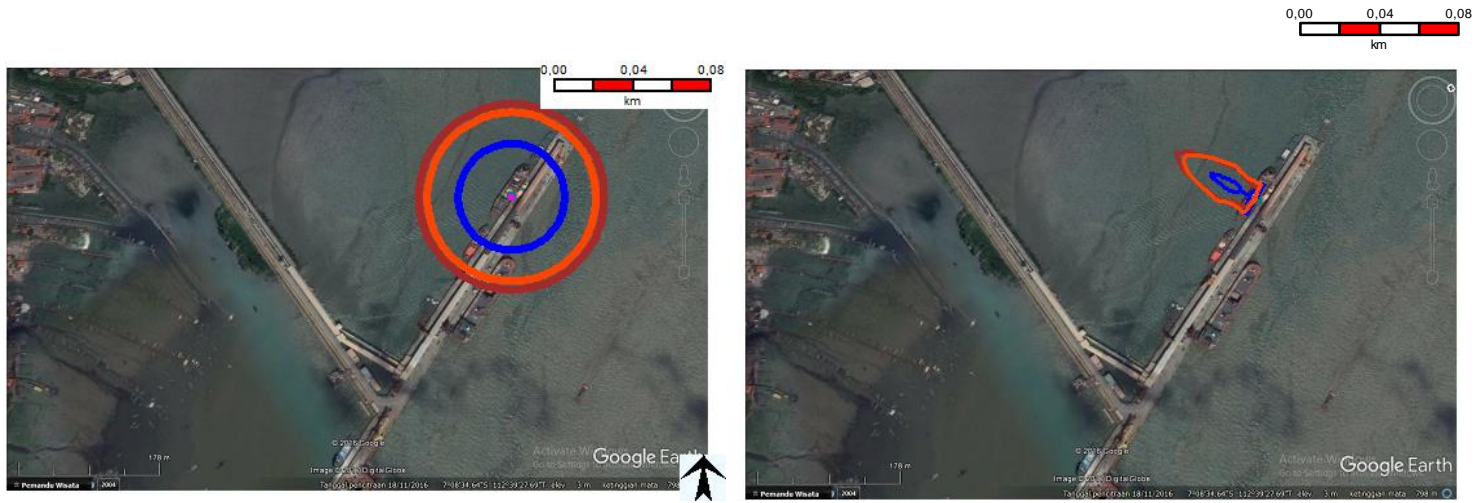
Gambar 55 Explosion pada node 3 dengan kebocoran 200mm dengan kadar 5000ppm



Gambar 56 Gas dispersion pada node 3 dengan kebocoran 150mm dengan kadar 5000ppm



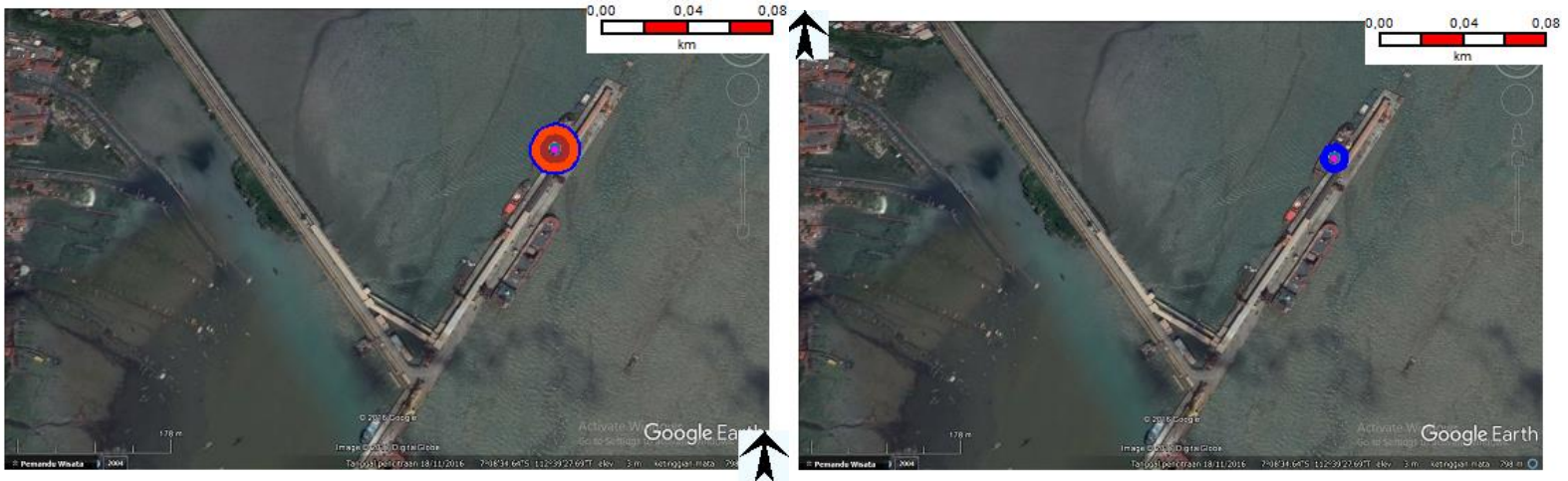
Gambar 57 Explosion pada node 3 dengan kebocoran 150mm dengan kadar 5000ppm



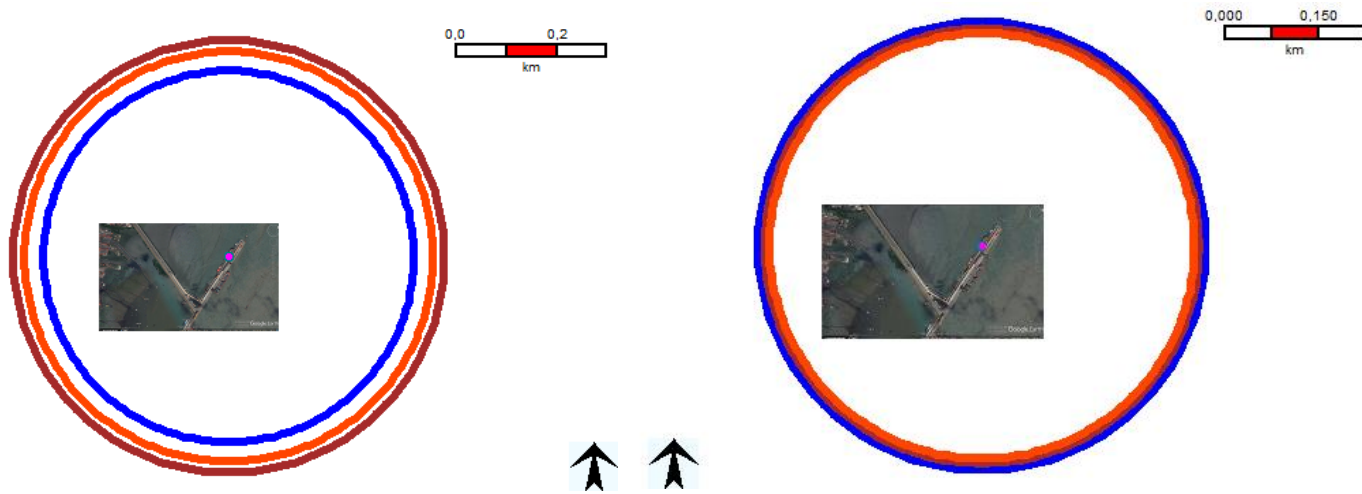
Gambar 58 *Gas dispersion* pada node 3 dengan kebocoran 50mm dengan kadar 5000ppm



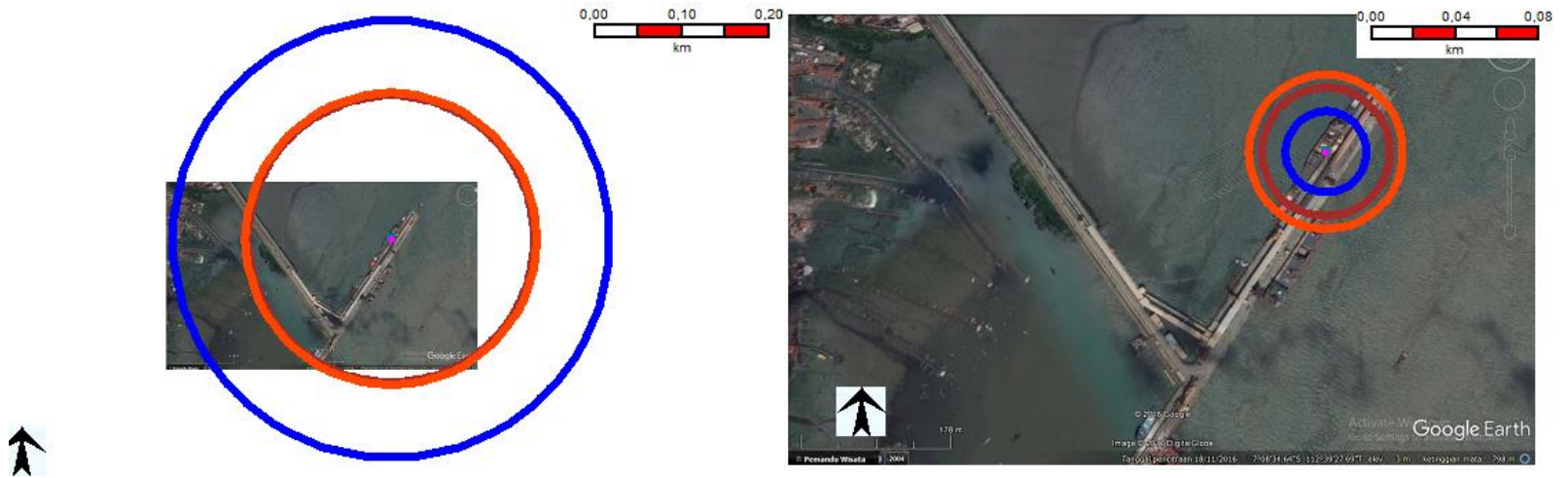
Gambar 59 Explosion pada node 3 dengan kebocoran 50mm dengan kadar 5000ppm



Gambar 60 *Gas dispersion* pada node 3 dengan kebocoran 10mm dan 3mm dengan kadar 700ppm



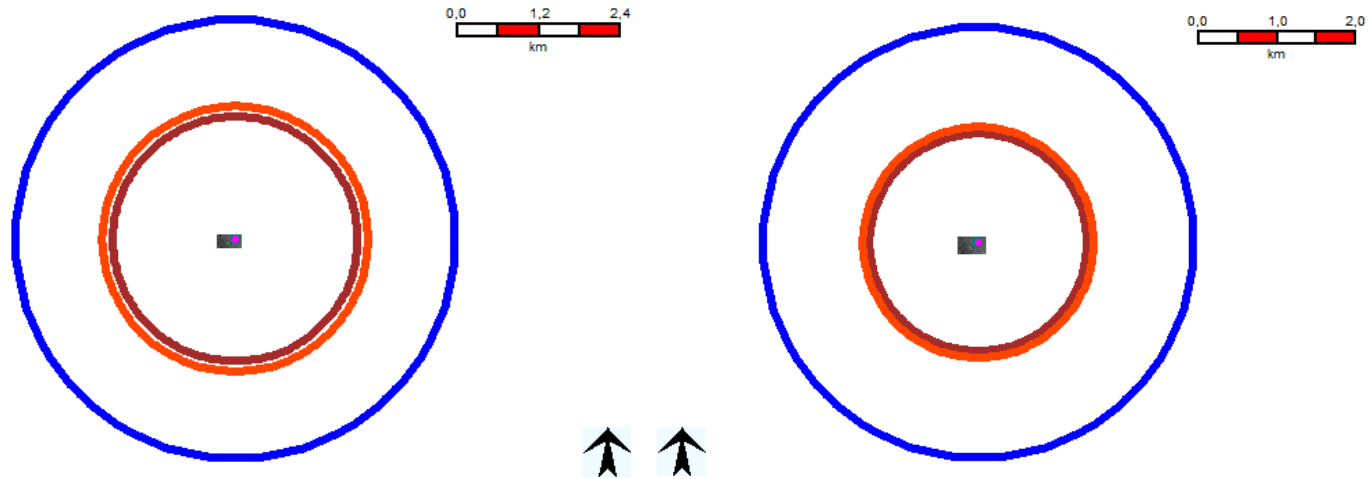
Gambar 61 *Gas dispersion* pada node 3 dengan kebocoran 200mm dan 150mm dengan kadar 700ppm



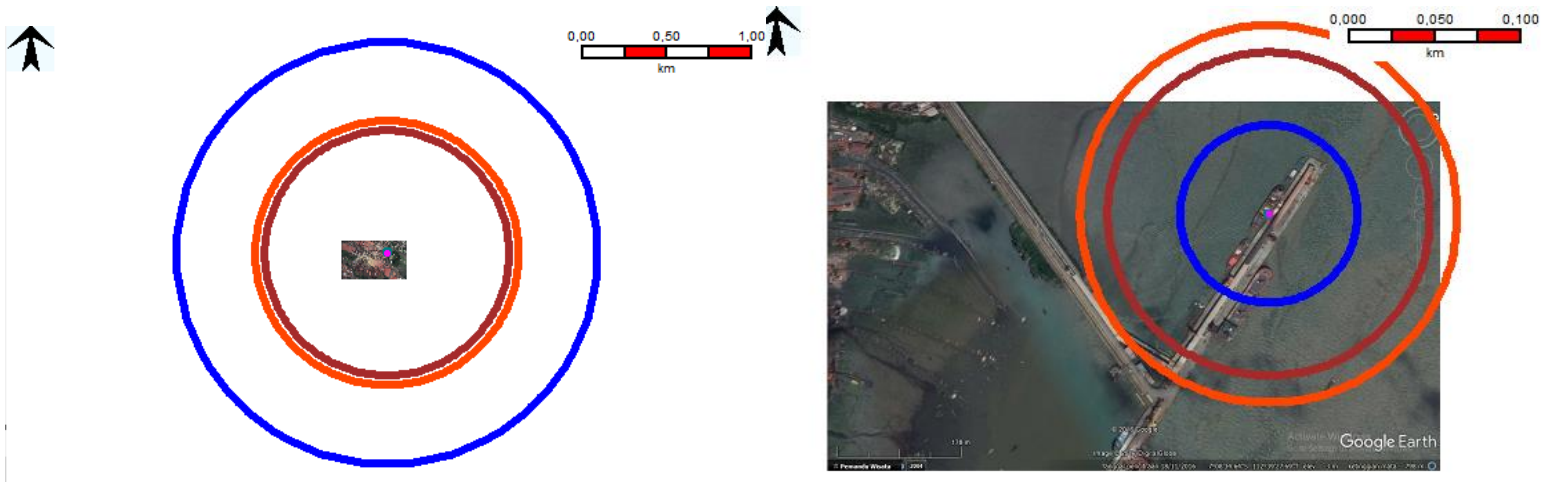
Gambar 62 *Gas dispersion* pada node 3 dengan kebocoran 50mm dan 10mm dengan kadar 700ppm



Gambar 63 *Gas dispersion* pada node 3 dengan kebocoran 3mm dengan kadar 700ppm



Gambar 64 *Gas dispersion* pada node 3 dengan kebocoran 200mm dan 150mm dengan kadar 100ppm



Gambar 65 *Gas dispersion* pada node 3 dengan kebocoran 50mm dan 10mm dengan kadar 100ppm



Gambar 66 *Gas dispersion* pada node 3 dengan kebocoran 53mm dengan kadar 100ppm

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 3mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	3
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		5000	0
	Gudang NPK	5	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska I	15					5000	
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	3	-	-	3/7,16m/429,3s		5000	3
	Gudang Urea/ZA	2	-	-			5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
							Total	3
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	5/15,4m/24,1s		5000	5
						Total	5	
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		-	5/8,13m/421,26s		5000	5
						Total	0	5

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 10mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2		-	-		5000	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		5000	0
	Gudang NPK	5	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	3	-	-	3/11,98m/484,9s		5000	3
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
							Total	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15		-	5/35,54m/21,2s		5000	5
						Total		5
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		-	5/11,3m/609,8s		5000	5
						Total	0	5

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 50mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		5000	0
	Gudang NPK	5	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	3	-	-	3/26,2m/665s		5000	3
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
							Total	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15		-	5/7,41m/0,496s		5000	5
						Total		5
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		-	5/26,94m/336s		5000	5
						Total	0	5

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 150mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	10/113,8m/2137s		5000	10
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	2/113,8m/2137s		5000	2
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		5000	0
	Gudang NPK	5	-	-	5/113,8m/2137s		5000	5
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	3	-	-	3/113,8m/2137s		5000	3
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
							Total	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15		-	10/8,48m/0,495s		5000	10
						Total		10
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		-	10/108,2m/2121s		5000	10
						Total	0	10

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 200mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	15/157m/2139s		5000	15
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	15/157m/2139s		5000	15
	Gudang NPK	5	-	-	5/157m/2139s		5000	5
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	3	-	-	3/157m/2139s		5000	3
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
							Total	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	15/8,46m/0,496s		5000	15
						Total		15
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	15/152m/2134s		5000	15
						Total	0	15

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 3mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC-2	PAC- 3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-	700	0	
	Gudang Phonska	2	-	-	-	700	0	
	Pabrik NPK I	15	-	-	-	700	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-	700	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-	700	0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-	700	0	
	Gudang NPK	5	-	-	-	700	0	
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-	700	0	
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-	700	0	
	Tangki ammonia	3	-	3/18m/428s	-	700	0	
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-	700	0	
	Kantor Produksi III	5	-	-	-	700	0	
						Total	0	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/32,5m/30s	-	700	0	
					Total	0		
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/12,6m/421s	-	700	0	
					Total	0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 10mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC-2	PAC- 3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		700	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		700	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		700	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		700	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		700	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		700	0
	Gudang NPK	5	-	-	-		700	0
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		700	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		700	0
	Tangki ammonia	3	-	3/26,23m/494s	-		700	0
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		700	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		700	0
							Total	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/72m/59s	-		700	0
						Total		0
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/32,5m/30,7s	-		700	0
						Total	0	0

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 50mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC-2	PAC- 3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	15/260,9m/1235s	-	700	0	
	Gudang Phonska	2	-	2/260,9m/1235s	-	700	0	
	Pabrik NPK I	15	-	15/260,9m/1235s	-	700	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	2/260,9m/1235s	-	700	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	2/260,9m/1235s	-	700	0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	15/260,9m/1235s	-	700	0	
	Gudang NPK	5	-	5/260,9m/1235s	-	700	0	
	Pabrik Phonska I	15	-	15/260,9m/1235s	-	700	0	
	Gudang KCL	4	-	4/260,9m/1235s	-	700	0	
	Pabrik Phonska II	15	-	15/260,9m/1235s	-	700	0	
	Tangki ammonia	3	-	3/260,9m/1235s	-	700	0	
	Gudang Urea/ZA	2	-	2/260,9m/1235s	-	700	0	
	Kantor Produksi III	5	-	5/260,9m/1235s	-	700	0	
						Total	0	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/5,45m/0,348s	-	700	0	
					Total	0		
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/251,9m/3456s	-	700	0	
					Total	0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 150mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC-2	PAC- 3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	15/112,6m/2137s	-	700	0	
	Gudang Phonska	2	-	2/112,6m/2137s	-	700	0	
	Pabrik NPK I	15	-	15/112,6m/2137s	-	700	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	2/112,6m/2137s	-	700	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	2/112,6m/2137s	-	700	0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	15/113,8m/2137s	-	700	0	
	Gudang NPK	5	-	5/113,8m/2137s	-	700	0	
	Pabrik Phonska I	15	-	15/113,8m/2137s	-	700	0	
	Gudang KCL	4	-	4/113,8m/2137s	-	700	0	
	Pabrik Phonska II	15	-	15/113,8m/2137s	-	700	0	
	Tangki ammonia	3	-	3/113,8m/2137s	-	700	0	
	Gudang Urea/ZA	2	-	2/113,8m/2137s	-	700	0	
	Kantor Produksi III	5	-	5/113,8m/2137s	-	700	0	
						Total	0	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/6,26m/0,35s	-	700	0	
					Total	0		
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/372,7m/687,6s	-	700	0	
					Total	0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 200mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC-2	PAC- 3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	15/389,7m/200,9s	-	700	0	
	Gudang Phonska	2	-	2/389,7m/200,9s	-	700	0	
	Pabrik NPK I	15	-	15/389,7m/200,9s	-	700	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	2/389,7m/200,9s	-	700	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	2/389,7m/200,9s	-	700	0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	15/389,7m/200,9s	-	700	0	
	Gudang NPK	5	-	5/389,7m/200,9s	-	700	0	
	Pabrik Phonska I	15	-	15/389,7m/200,9s	-	700	0	
	Gudang KCL	4	-	4/389,7m/200,9s	-	700	0	
	Pabrik Phonska II	15	-	15/389,7m/200,9s	-	700	0	
	Tangki ammonia	3	-	3/389,7m/200,9s	-	700	0	
	Gudang Urea/ZA	2	-	2/389,7m/200,9s	-	700	0	
	Kantor Produksi III	5	-	5/389,7m/200,9s	-	700	0	
						Total	0	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/6,14m/0,35s	-	700	0	
					Total	0		
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/380m/199s	-	700	0	
					Total	0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 3mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC- 2	PAC- 3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-	100	0	
	Gudang Phonska	2	-	-	-	100	0	
	Pabrik NPK I	15	-	-	-	100	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-	100	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-	100	0	
	Gudang NPK	5	-	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska I	15	-	-	-	100	0	
	Gudang KCL	4	-	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-	100	0	
	Tangki ammonia	3	3/71,77m/490s	-	-	100	0	
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-	100	0	
	Kantor Produksi III	5	-	-	-	100	0	
						Total	0	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	15/71m/70,8s	-	-	100	0	
					Total	0		
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	15/47,4m/425s	-	-	100	0	
					Total	0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 10mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC- 2	PAC- 3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-	100	0	
	Gudang Phonska	2	-	-	-	100	0	
	Pabrik NPK I	15	15/109m/507s	-	-	100	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-	100	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska IV	15	15/109m/507s	-	-	100	0	
	Gudang NPK	5	5/109m/507s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-	100	0	
	Tangki ammonia	3	3/109m/507s	-	-	100	0	
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-	100	0	
	Kantor Produksi III	5	-	-	-	100	0	
						Total	0	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	15/109m/91s	-	-	100	0	
					Total	0		
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	15/53m/622s	-	-	100	0	
					Total	0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 50mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC- 2	PAC- 3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	15/1260m/1628s	-	-	100	0	
	Gudang Phonska	2	2/1260m/1628s	-	-	100	0	
	Pabrik NPK I	15	15/1260m/1628s	-	-	100	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	2/1260m/1628s	-	-	100	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	2/1260m/1628s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska IV	15	15/1260m/1628s	-	-	100	0	
	Gudang NPK	5	5/1260m/1628s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska I	15	15/1260m/1628s	-	-			
	Gudang KCL	4	4/1260m/1628s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska II	15	15/1260m/1628s	-	-	100	0	
	Tangki ammonia	3	3/1260m/1628s	-	-	100	0	
	Gudang Urea/ZA	2	2/1260m/1628s	-	-	100	0	
	Kantor Produksi III	5	5/1260m/1628s	-	-	100	0	
						Total	0	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	15/10,5m/6252s	-	-	100	0	
					Total	0		
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	15/12,1m/3605s	-	-	100	0	
					Total	0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 150mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC- 2	PAC- 3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	15/117m/2137s	-	-	100	0	
	Gudang Phonska	2	2/117m/2137s	-	-	100	0	
	Pabrik NPK I	15	15/117m/2137s	-	-	100	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	2/117m/2137s	-	-	100	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	2/117m/2137s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska IV	15	15/117m/2137s	-	-	100	0	
	Gudang NPK	5	5/117m/2137s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska I	15	15/117m/2137s					
	Gudang KCL	4	4/117m/2137s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska II	15	15/117m/2137s	-	-	100	0	
	Tangki ammonia	3	3/117m/2137s	-	-	100	0	
	Gudang Urea/ZA	2	2/117m/2137s	-	-	100	0	
	Kantor Produksi III	5	5/117m/2137s	-	-	100	0	
						Total	0	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	15/11,1m/0,622s	-	-	100	0	
					Total	0		
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	15/26,8m/3380s	-	-	100	0	
					Total	0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 200mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC- 2	PAC- 3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	15/3112m/3614s	-	-	100	0	
	Gudang Phonska	2	2/3112m/3614s	-	-	100	0	
	Pabrik NPK I	15	15/3112m/3614s	-	-	100	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	2/3112m/3614s	-	-	100	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	2/3112m/3614s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska IV	15	15/3112m/3614s	-	-	100	0	
	Gudang NPK	5	5/3112m/3614s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska I	15	15/3112m/3614s					
	Gudang KCL	4	4/3112m/3614s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska II	15	15/3112m/3614s	-	-	100	0	
	Tangki ammonia	3	3/3112m/3614s	-	-	100	0	
	Gudang Urea/ZA	2	2/3112m/3614s	-	-	100	0	
	Kantor Produksi III	5	5/3112m/3614s	-	-	100	0	
						Total	0	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	15/11,3m/0,622	-	-	100	0	
					Total	0		
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	15/3249m/3576s	-	-	100	0	
					Total	0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 3mm (Arah angin WNW)

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	3
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		5000	0
	Gudang NPK	5	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	3	-	-	3/7,16m/429,3s		5000	0
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
						Total		3
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	5/15,4m/24,1s		5000	5
						Total		5
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		-	5/8,13m/421,26s		5000	5
						Total	0	5

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 10mm (Arah angin WNW)

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	3
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		5000	0
	Gudang NPK	17	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	2	3	-	3/11,98m/484,9s		5000	0
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
						Total		3
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	5/35,54m/21,2s		5000	5
						Total		5
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		-	5/11,3m/609,8s		5000	5
						Total	0	5

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 50mm (Arah angin WNW)

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	3
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		5000	0
	Gudang NPK	5	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	3	-	-	3/26,2m/665s		5000	3
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
						Total		3
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	10/7,41m/0,496s		5000	10
						Total		10
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		-	10/26,94m/336s		5000	10
						Total	0	10

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 150mm (Arah angin WNW)

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	3
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		5000	0
	Gudang NPK	5	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	3	-	-	3/113,8m/2137s		5000	3
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
						Total		5
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	10/8,48m/0,495s		5000	10
						Total		10
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		-	10/108,2m/2121s		5000	10
						Total	0	10

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 200mm (Arah angin WNW)

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	3
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	15/157m/2139s		5000	15
	Gudang NPK	5	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	2	-	-	3/157m/2139s		5000	3
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
							Total	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	10/8,46m/0,496s		5000	10
						Total		10
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		-	10/152m/2134s		5000	10
						Total	0	10

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 3mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC-2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		5000	0
	Gudang NPK	17	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	2	-	-	3/6,98m/364,8s		5000	3
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
						Total		3
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	5/6,56m/24,1s		5000	5
						Total		5
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		-	5/8,35m/439,7s		5000	5
						Total	0	5

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 10mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		5000	0
	Gudang NPK	5	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	3	-	-	3/15,67m/549,9s		5000	3
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
						Total	3	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	15/11,19m/2,52s		5000	15
						Total	15	
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	15/9,34m/423,7s		5000	15
						Total	15	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 50mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	15/62,1m/1079s		5000	15
	Gudang NPK	5	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	2	-	-	3/62,1m/1079s		5000	3
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
						Total		18
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	15/8,34m/0,534s		5000	15
						Total		0
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		-	15/42,8m/1050s		5000	15
						Total	0	0

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 150mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	15/58,8m/2179s		5000	15
	Gudang NPK	5	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	3	-	-	3/58,8m/2179s		5000	3
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
						Total	0	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	15/9,07m/0,533s		5000	15
						Total	15	
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		-	15/48,8m/10,86s		5000	15
						Total	15	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 200mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	15/77,8m/661s		5000	15
	Gudang NPK	5	-	-	5/77,8m/661s		5000	5
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	3	-	-	3/77,8m/661s		5000	3
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
						Total		18
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	15/9,16m/0,534s		5000	15
						Total		15
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		-	15/77,92m/660s		5000	15
						Total	0	15

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 3mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC-2	PAC- 3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		700	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		700	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		700	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		700	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		700	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		700	0
	Gudang NPK	17	-	-	-		700	0
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		700	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		700	0
	Tangki ammonia	3	-	3/10,8m/367s	-		700	0
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		700	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		700	0
						Total		0
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/11,06m/25s	-		700	0
						Total		0
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		15/12,9m/441s	-		700	0
						Total	0	0

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 10mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC-2	PAC- 3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-	700	0	
	Gudang Phonska	2	-	-	-	700	0	
	Pabrik NPK I	15	-	-	-	700	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-	700	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-	700	0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-	700	0	
	Gudang NPK	5	-	-	-	700	0	
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-	700	0	
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-	700	0	
	Tangki ammonia	3	-	3/53,6m/557s	-	700	0	
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-	700	0	
	Kantor Produksi III	5	-	-	-	700	0	
					Total	0		
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/33,5m/6,26s	-	700	0	
					Total	0		
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		15/37m/429s	-	700	0	
					Total	0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 50mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC-2	PAC- 3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	15/238m/1105s	-	700	0	
	Gudang Phonska	2	-	2/238m/1105s	-	700	0	
	Pabrik NPK I	15	-	15/238m/1105s	-	700	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	2/238m/1105s	-	700	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	2/238m/1105s	-	700	0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	15/238m/1105s	-	700	0	
	Gudang NPK	5	-	5/238m/1105s	-	700	0	
	Pabrik Phonska I	15	-	15/238m/1105s	-			
	Gudang KCL	4	-	4/238m/1105s	-	700	0	
	Pabrik Phonska II	15	-	15/238m/1105s	-	700	0	
	Tangki ammonia	3	-	3/238m/1105s	-	700	0	
	Gudang Urea/ZA	2	-	2/238m/1105s	-	700	0	
	Kantor Produksi III	5	-	5/238m/1105s	-	700	0	
					Total		0	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/7,34m/0,463s	-	700	0	
					Total		0	
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		15/165m/1069s	-	700	0	
					Total	0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 150mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC-2	PAC- 3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	15/60,6m/21,8s	-	700	0	
	Gudang Phonska	2	-	2/60,6m/21,8s	-	700	0	
	Pabrik NPK I	15	-	15/60,6m/21,8s	-	700	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	2/60,6m/21,8s	-	700	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	2/60,6m/21,8s	-	700	0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	15/60,6m/21,8s	-	700	0	
	Gudang NPK	5	-	5/60,6m/21,8s	-	700	0	
	Pabrik Phonska I	15	-	15/60,6m/21,8s	-			
	Gudang KCL	4	-	4/60,6m/21,8s	-	700	0	
	Pabrik Phonska II	15	-	15/60,6m/21,8s	-	700	0	
	Tangki ammonia	3	-	3/60,6m/21,8s	-	700	0	
	Gudang Urea/ZA	2	-	2/60,6m/21,8s	-	700	0	
	Kantor Produksi III	5	-	5/60,6m/21,8s	-	700	0	
					Total		0	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/8,2m/0,46s	-	700	0	
					Total		0	
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		15/330m/1123s	-	700	0	
					Total	0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 200mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC-2	PAC- 3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	15/655m/2864s	-	700	0	
	Gudang Phonska	2	-	2/655m/2864s	-	700	0	
	Pabrik NPK I	15	-	15/655m/2864s	-	700	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	2/655m/2864s	-	700	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	2/655m/2864s	-	700	0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	15/655m/2864s	-	700	0	
	Gudang NPK	5	-	5/655m/2864s	-	700	0	
	Pabrik Phonska I	15	-	15/655m/2864s	-			
	Gudang KCL	4	-	4/655m/2864s	-	700	0	
	Pabrik Phonska II	15	-	15/655m/2864s	-	700	0	
	Tangki ammonia	3	-	3/655m/2864s	-	700	0	
	Gudang Urea/ZA	2	-	2/655m/2864s	-	700	0	
	Kantor Produksi III	5	-	5/655m/2864s	-	700	0	
					Total		0	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/8,1m/46,3s	-	700	0	
					Total		0	
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		15/400,7m/2794s	-	700	0	
					Total	0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 3mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC- 2	PAC- 3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-	100	0	
	Gudang Phonska	2	-	-	-	100	0	
	Pabrik NPK I	15	-	-	-	100	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-	100	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-	100	0	
	Gudang NPK	5	-	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska I	15	-	-	-	100	0	
	Gudang KCL	4	-	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-	100	0	
	Tangki ammonia	3	3/41,8m/372s	-	-	100	0	
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-	100	0	
	Kantor Produksi III	5	-	-	-	100	0	
					Total	0		
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	15/38m/7,6s	-	-	100	0	
					Total	0		
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	15/27m/445s	-	-	100	0	
					Total	0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 10mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC- 2	PAC- 3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-	100	0	
	Gudang Phonska	2	-	-	-	100	0	
	Pabrik NPK I	15	15/160m/573s	-	-	100	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-	100	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska IV	15	15/160m/573s	-	-	100	0	
	Gudang NPK	5	5/160m/573s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	4/160m/573s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-	100	0	
	Tangki ammonia	3	3/160m/573s	-	-	100	0	
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-	100	0	
	Kantor Produksi III	5	-	-	-	100	0	
						Total	0	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	15/90m/16s	-	-	100	0	
					Total	0		
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	15/110m/440s	-	-	100	0	
					Total	0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 50mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC- 2	PAC- 3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	15/813m/1172s	-	-	100	0	
	Gudang Phonska	2	2/813m/1172s	-	-	100	0	
	Pabrik NPK I	15	15/813m/1172s	-	-	100	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	2/813m/1172s	-	-	100	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	2/813m/1172s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska IV	15	3/813m/1172s	-	-	100	0	
	Gudang NPK	5	5/813m/1172s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska I	15	15/813m/1172s					
	Gudang KCL	4	4/813m/1172s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska II	15	15/813m/1172s	-	-	100	0	
	Tangki ammonia	3	3/813m/1172s	-	-	100	0	
	Gudang Urea/ZA	2	2/813m/1172s	-	-	100	0	
	Kantor Produksi III	5	5/813m/1172s	-	-	100	0	
						Total	0	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	15/7,6m/0,5s	-	-	100	0	
					Total	0		
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	15/553m/1120s	-	-	100	0	
					Total	0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 150mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC- 2	PAC- 3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	15/62,5m/21,8s	-	-	100	0	
	Gudang Phonska	2	2/62,5m/21,8s	-	-	100	0	
	Pabrik NPK I	15	15/62,5m/21,8s	-	-	100	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	2/62,5m/21,8s	-	-	100	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	2/62,5m/21,8s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska IV	15	15/62,5m/21,8s	-	-	100	0	
	Gudang NPK	5	5/62,5m/21,8s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska I	15	15/62,5m/21,8s					
	Gudang KCL	4	4/62,5m/21,8s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska II	15	15/62,5m/21,8s	-	-	100	0	
	Tangki ammonia	3	3/62,5m/21,8s	-	-	100	0	
	Gudang Urea/ZA	2	2/62,5m/21,8s	-	-	100	0	
	Kantor Produksi III	5	5/62,5m/21,8s	-	-	100	0	
						Total	0	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	15/8,5m/0,5s	-	-	100	0	
					Total	0		
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	15/1956m/2959s	-	-	100	0	
					Total	0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 200mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC- 2	PAC- 3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	15/2897m/3053s	-	-		100	0
	Gudang Phonska	2	2/2897m/3053s	-	-		100	0
	Pabrik NPK I	15	15/2897m/3053s	-	-		100	0
	Gudang BB Phonska IV	2	2/2897m/3053s	-	-		100	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	15/2897m/3053s	-	-		100	0
	Pabrik Phonska IV	15	15/2897m/3053s	-	-		100	0
	Gudang NPK	5	5/2897m/3053s	-	-		100	0
	Pabrik Phonska I	15	15/2897m/3053s					
	Gudang KCL	4	4/2897m/3053s	-	-		100	0
	Pabrik Phonska II	15	15/2897m/3053s	-	-		100	0
	Tangki ammonia	3	3/2897m/3053s	-	-		100	0
	Gudang Urea/ZA	2	2/2897m/3053s	-	-		100	0
	Kantor Produksi III	5	5/2897m/3053s	-	-		100	0
						Total	0	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	15/8,6m/0,5s	-	-		100	0
						Total	0	
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	15/1956m/2595s	-	-		100	0
						Total	0	0

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 3mm (Arah angin WNW) dengan kecepatan angin 7,1knot

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	3
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		5000	0
	Gudang NPK	5	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	3	-	-	3/6,98m/364,8s		5000	3
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
						Total	3	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	10/6,56m/24,1s		5000	10
						Total	10	
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		-	10/8,35m/439,7s		5000	10
						Total	0	10

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 10mm (Arah angin WNW)

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		5000	0
	Gudang NPK	5	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	3	-	-	3/15,67m/549,9s		5000	3
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
						Total		3
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	10/11,19m/2,52s		5000	10
						Total		10
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		-	10/9,34m/423,7s		5000	10
						Total	0	10

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 50mm (Arah angin WNW)

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		5000	0
	Gudang NPK	5	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	3	-	-	3/62,1m/1079s		5000	3
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
						Total		3
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	10/8,34m/0,534s		5000	10
						Total		10
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		-	10/42,8m/1050s		5000	10
						Total	0	10

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 150mm (Arah angin WNW)

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	5/58,8m/2179s		5000	5
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		5000	0
	Gudang NPK	5	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	3	-	-	3/58,8m/2179s		5000	3
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
						Total		8
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	10/9,07m/0,533s		5000	10
						Total		10
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		-	10/48,8m/10,86s		5000	10
						Total	0	10

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 200mm (Arah angin WNW)

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		5000	0
	Gudang NPK	17	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	3	-	-	3/77,8m/661s		5000	3
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
						Total		5
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	10/9,16m/0,534s		5000	10
						Total		10
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	10/77,92m/660s		5000	10
						Total	0	10

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 3mm dengan kecepatan angin 9,3knot

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		5000	0
	Gudang NPK	17	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska I	15					5000	0
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	3	-	-	3/35m/324s		5000	0
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
						Total		0
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	15/34,8m/5s		5000	0
						Total		0
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		-	15/22,9m/411s		5000	0
						Total	0	0

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 10mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		5000	0
	Gudang NPK	5	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	3	-	-	3/10,6m/542,8s		5000	0
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
						Total		0
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	15/9,86m/1,53s		5000	0
						Total		0
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		-	15/5,29m/535s		5000	0
						Total	0	0

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 50mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		5000	0
	Gudang NPK	5	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	3	-	-	3/67m/1004s		5000	3
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
						Total	0	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	15/7,98m/0,507s		5000	15
						Total	15	
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		-	15/47,8m/1042s		5000	15
						Total	15	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 150mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-	5000	0	
	Gudang Phonska	2	-	-	-	5000	0	
	Pabrik NPK I	15	-	-	-	5000	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-	5000	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-	5000	0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	15/8,81m/509s	5000	15	
	Gudang NPK	5	-	-	-	5000	0	
	Pabrik Phonska I	15	-	-	-			
	Gudang KCL	4	-	-	-	5000	0	
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-	5000	0	
	Tangki ammonia	3	-	-	3/8,81m/509s	5000	3	
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-	5000	0	
	Kantor Produksi III	5	-	-	-	5000	0	
					Total	18		
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	15/8,81m/0,509s	5000	15	
					Total	15		
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	15/73,9m/1075	5000	15	
					Total	0	15	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 200mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC- 1	PAC- 2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	15/101,4m/665s		5000	15
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	2/101,4m/665s		5000	2
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		5000	0
	Gudang NPK	5	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	3	-	-	3/101,4m/665s		5000	3
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
						Total		18
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	15/8,87m/0,509s		5000	15
						Total		15
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	15/66,8m/10,86s		5000	15
						Total	0	15

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 3mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC-2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-	700	0	
	Gudang Phonska	2	-	-	-	700	0	
	Pabrik NPK I	15	-	-	-	700	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-	700	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-	700	0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-	700	0	
	Gudang NPK	5	-	-	-	700	0	
	Pabrik Phonska I	15	-	-	-	700	0	
	Gudang KCL	4	-	-	-	700	0	
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-	700	0	
	Tangki ammonia	3	-	3/10m/320s	-	700	0	
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-	700	0	
Kantor Produksi III	5	-	-	-	700	0		
					Total	0		
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/11m/24s	-	700	0	
					Total	0		
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/11m/408s	-	700	0	
					Total	0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 10mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC-2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		700	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		700	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		700	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		700	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		700	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		700	0
	Gudang NPK	5	-	-	-		700	0
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-		700	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		700	0
	Tangki ammonia	3	-	3/43m/547s	-		700	0
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		700	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		700	0
						Total		0
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/28m/4s	-		700	0
						Total		0
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		15/26,9m/538s	-		700	0
						Total	0	0

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 50mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC-2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	15/227m/1023s	-		700	0
	Gudang Phonska	2	-	2/227m/1023s	-		700	0
	Pabrik NPK I	15	-	15/227m/1023s	-		700	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	2/227m/1023s	-		700	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	2/227m/1023s	-		700	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	15/227m/1023s	-		700	0
	Gudang NPK	5	-	5/227m/1023s	-		700	0
	Pabrik Phonska I	15	-	15/227m/1023s	-		700	0
	Gudang KCL	4	-	4/227m/1023s	-		700	0
	Pabrik Phonska II	15	-	15/227m/1023s	-		700	0
	Tangki ammonia	3	-	3/227m/1023s	-		700	0
	Gudang Urea/ZA	2	-	2/227m/1023s	-		700	0
	Kantor Produksi III	5	-	5/227m/1023s	-		700	0
							Total	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/8,8m/0,54s	-		700	0
						Total		0
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		15/15,6m/1055s	-		700	0
						Total	0	0

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 150mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC-2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	15/78m/669s	-	700	0	
	Gudang Phonska	2	-	2/78m/669s	-	700	0	
	Pabrik NPK I	15	-	15/78m/669s	-	700	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	2/78m/669s	-	700	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	2/78m/669s	-	700	0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	15/78m/669s	-	700	0	
	Gudang NPK	5	-	5/78m/669s	-	700	0	
	Pabrik Phonska I	15	-	15/78m/669s	-	700	0	
	Gudang KCL	4	-	4/78m/669s	-	700	0	
	Pabrik Phonska II	15	-	15/78m/669s	-	700	0	
	Tangki ammonia	3	-	3/78m/669s	-	700	0	
	Gudang Urea/ZA	2	-	2/78m/669s	-	700	0	
	Kantor Produksi III	5	-	5/78m/669s	-	700	0	
					Total	0		
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/9,8m/0,55s	-	700	0	
					Total	0		
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		15/349m/1104s	-	700	0	
					Total	0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 200mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC-2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	15/660m/1140s	-	700	0	
	Gudang Phonska	2	-	2/660m/1140s	-	700	0	
	Pabrik NPK I	15	-	15/660m/1140s	-	700	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	2/660m/1140s	-	700	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	2/660m/1140s	-	700	0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	15/660m/1140s	-	700	0	
	Gudang NPK	5	-	5/660m/1140s	-	700	0	
	Pabrik Phonska I	15	-	15/660m/1140s	-	700	0	
	Gudang KCL	4	-	4/660m/1140s	-	700	0	
	Pabrik Phonska II	15	-	15/660m/1140s	-	700	0	
	Tangki ammonia	2	-	3/660m/1140s	-	700	0	
	Gudang Urea/ZA	3	-	2/660m/1140s	-	700	0	
	Kantor Produksi III	5	-	5/660m/1140s	-	700	0	
					Total	0		
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/8,8m/0,47s	-	700	0	
					Total	0		
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	-	15/428m/1118s	-	700	0	
					Total	0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 3mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC-2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-	100	0	
	Gudang Phonska	2	-	-	-	100	0	
	Pabrik NPK I	15	-	-	-	100	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-	100	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-	100	0	
	Gudang NPK	5	-	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska I	15	-	-	-	100	0	
	Gudang KCL	4	-	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-	100	0	
	Tangki ammonia	3	3/35m/324s	-	-	100	0	
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-	100	0	
	Kantor Produksi III	5	-	-	-	100	0	
						Total	0	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	15/34,8m/5s	-	-	100	0	
						Total	0	
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	15/22,9m/411s	-	-	100	0	
						Total	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 10mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC-2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-	100	0	
	Gudang Phonska	2	-	-	-	100	0	
	Pabrik NPK I	15	15/133m/558s	-	-	100	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	2/133m/558s	-	-	100	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-	100	0	
	Gudang NPK	5	5/133m/558s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	4/133m/558s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-	100	0	
	Tangki ammonia	3	3/133m/558s	-	-	100	0	
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-	100	0	
	Kantor Produksi III	5	-	-	-	100	0	
					Total	0		
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	15/80m/11s	-		100	0	
					Total	0		
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	15/93m/546s	-		100	0	
					Total	0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 50mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC-2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	15/711m/1070s	-	-	100	0	
	Gudang Phonska	2	2/711m/1070s	-	-	100	0	
	Pabrik NPK I	15	15/711m/1070s	-	-	100	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	2/711m/1070s	-	-	100	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	2/711m/1070s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska IV	15	15/711m/1070s	-	-	100	0	
	Gudang NPK	5	5/711m/1070s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska I	15	15/711m/1070s	-	-	100	0	
	Gudang KCL	4	4/711m/1070s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska II	15	15/711m/1070s	-	-	100	0	
	Tangki ammonia	3	3/711m/1070s	-	-	100	0	
	Gudang Urea/ZA	2	2/711m/1070s	-	-	100	0	
Kantor Produksi III	5	5/711m/1070s	-	-	100	0		
						Total	0	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	15/9m/0,54s	-	-	100	0	
						Total	0	
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	15/505m/1092s	-	-	100	0	
						Total	0	
						0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 150mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC-2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	15/79m/669s	-	-	100	0	
	Gudang Phonska	2	2/79m/669s	-	-	100	0	
	Pabrik NPK I	15	15/79m/669s	-	-	100	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	2/79m/669s	-	-	100	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	2/79m/669s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska IV	15	15/79m/669s	-	-	100	0	
	Gudang NPK	5	5/79m/669s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska I	15	15/79m/669s	-	-	100	0	
	Gudang KCL	4	4/79m/669s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska II	15	15/79m/669s	-	-	100	0	
	Tangki ammonia	3	3/79m/669s	-	-	100	0	
	Gudang Urea/ZA	2	2/79m/669s	-	-	100	0	
	Kantor Produksi III	5	5/79m/669s	-	-	100	0	
					Total	0	0	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	15/9,8m/0,54s	-	-	100	0	
					Total	0	0	
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	15/1345m/1194s	-	-	100	0	
					Total	0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 200mm

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC-2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	15/2547m/1299s	-	-	100	0	
	Gudang Phonska	2	2/2547m/1299s	-	-	100	0	
	Pabrik NPK I	15	15/2547m/1299s	-	-	100	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	2/2547m/1299s	-	-	100	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	2/2547m/1299s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska IV	15	15/2547m/1299s	-	-	100	0	
	Gudang NPK	5	5/2547m/1299s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska I	15	15/2547m/1299s	-	-	100	0	
	Gudang KCL	4	4/2547m/1299s	-	-	100	0	
	Pabrik Phonska II	15	15/2547m/1299s	-	-	100	0	
	Tangki ammonia	3	3/2547m/1299s	-	-	100	0	
	Gudang Urea/ZA	2	2/2547m/1299s	-	-	100	0	
Kantor Produksi III	5	5/2547m/1299s	-	-	100	0		
					Total		0	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	15/10m/0,54s	-	-	100	0	
					Total		0	
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	15/1799m/1233s	-	-	100	0	
					Total	0	0	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 3mm (Arah angin WNW) dengan kecepatan angin 9.3knot

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC-2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-	5000	0	
	Gudang Phonska	2	-	-	-	5000	0	
	Pabrik NPK I	15	-	-	-	5000	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-	5000	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-	5000	0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-	5000	0	
	Gudang NPK	5	-	-	-	5000	0	
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-	5000	0	
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-	5000	0	
	Tangki ammonia	3	3/6,76m/319s	-	-	5000	3	
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-	5000	0	
	Kantor Produksi III	5	-	-	-	5000	0	
					Total	3		
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	10/7,84m/23,9s	-	-	5000	10	
					Total	10		
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	10/7,96m/407,6s	-	-	5000	10	
					Total	0	10	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 10mm (Arah angin WNW) dengan kecepatan angin 9.3knot

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC-2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-	5000	0	
	Gudang Phonska	2	-	-	-	5000	3	
	Pabrik NPK I	15	-	-	-	5000	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-	5000	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-	5000	0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-	5000	0	
	Gudang NPK	5	-	-	-	5000	0	
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-	-	5000	0	
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-	5000	0	
	Tangki ammonia	3	3/10,6m/542,8s	-	-	5000	3	
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-	5000	0	
	Kantor Produksi III	5	-	-	-	5000	0	
					Total	3		
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	10/9,86m/1,53s	-	-	5000	10	
					Total	10		
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	10/5,29m/535s	-	-	5000	10	
					Total	0	10	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 50mm (Arah angin WNW) dengan kecepatan angin 9.3knot

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC-2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-	5000	0	
	Gudang Phonska	2	-	-	-	5000	0	
	Pabrik NPK I	15	-	-	-	5000	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-	5000	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-	5000	0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-	5000	0	
	Gudang NPK	5	-	-	-	5000	0	
	Pabrik Phonska I	15	-	-	-	5000	0	
	Gudang KCL	4	-	-	-	5000	0	
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-	5000	0	
	Tangki ammonia	3	3/67m/1004s	-	-	5000	3	
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-	5000	0	
Kantor Produksi III	5	-	-	-	5000	0		
					Total	3		
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	5/7,98m/0,507s	-	-	5000	5	
					Total	5		
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	5/47,8m/1042s	-	-	5000	5	
					Total	0	5	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 150mm (Arah angin WNW) dengan kecepatan angin 9.3knot

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC-2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-	5000	0	
	Gudang Phonska	2	-	-	-	5000	0	
	Pabrik NPK I	15	-	-	-	5000	0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-	5000	0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-	5000	0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-	5000	0	
	Gudang NPK	5	5/8,81m/509s	-	-	5000	5	
	Pabrik Phonska I	15	-	-	-			
	Gudang KCL	4	-	-	-	5000	0	
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-	5000	0	
	Tangki ammonia	3	3/8,81m/509s	-	-	5000	3	
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-	5000	0	
	Kantor Produksi III	5	-	-	-	5000	0	
						Total	8	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	5/8,81m/0,509s	-	-	5000	5	
					Total	5		
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	5/73,9m/1075	-	-	5000	5	
					Total	0	5	

Sebaran gas berdasarkan skenario lubang kebocoran 200mm (Arah angin WNW) dengan kecepatan angin 9.3knot

Node/ Segmen	Receiver	Jumlah orang	Burn degree (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				PPM	Fatality (N)
			PAC-1	PAC-2	PAC-3	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		5000	0
	Gudang Phonska	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		5000	0
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		5000	0
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		5000	0
	Gudang NPK	5	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska I	15					5000	0
	Gudang KCL	4	-	-	-		5000	0
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		5000	0
	Tangki ammonia	3	3/101,4m/665s	-	-		5000	3
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		5000	0
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		5000	0
							Total	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	5/8,87m/0,509s	-	-		5000	5
						Total		5
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	5/66,8m/10,86s	-	-		5000	5
						Total	0	5

Vapour Cloud Explosion berdasarkan lubang kebocoran 3mm

Node/ Segmen	Receiver	orang	Effect (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				Press (psi)	Fatality (N)
			Serious injuries	Most killed	Fatalities 100%	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		0	
	Gudang Phonska	2	-	-	-		0	
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		0	
	Gudang NPK	5	-	-	-		0	
	Pabrik Phonska I	15						
	Gudang KCL	4	-	-			0	
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		0	
	Tangki ammonia	3	-	-	-		0	
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		0	
	Kantor Produksi III	5	-	-	-		0	
							Total	0
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	-		0	
						Total	0	
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		-	-		0	
						Total	0	

Vapour Cloud Explosion berdasarkan lubang kebocoran 10mm

Node/ Segmen	Receiver	orang	Effect (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				Press (psi)	Fatality (N)
			Serious injuries	Most killed	Fatalities 100%	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		0	
	Gudang Phonska	2	-	-	-		3	
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		0	
	Gudang NPK	5	-	-	-		0	
	Pabrik Phonska I	15	-	-	-		0	
	Gudang KCL	4	-	-	-		0	
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		0	
	Tangki ammonia	3	-	-	-		0	
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		0	
	Kantor Produksi III	5						
							Total	0
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	-		0	
						Total	0	
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	-		0	
						Total	0	

Vapour Cloud Explosion berdasarkan lubang kebocoran 50mm

Node/ Segmen	Receiver	orang	Effect (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				Press (psi)	Fatality (N)
			Serious injuries	Most killed	Fatalities 100%	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		0	
	Gudang Phonska	2	-	-	-		3	
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		0	
	Gudang NPK	5	-	-	-		0	
	Pabrik Phonska I	15	-	-	-		0	
	Gudang KCL	4	-	-	-		0	
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		0	
	Tangki ammonia	3	3/26,02m/60s	-	-		3	0
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		0	
	Kantor Produksi III	5						
							Total	0
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	-		0	
						Total	0	
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	-		0	
						Total	0	

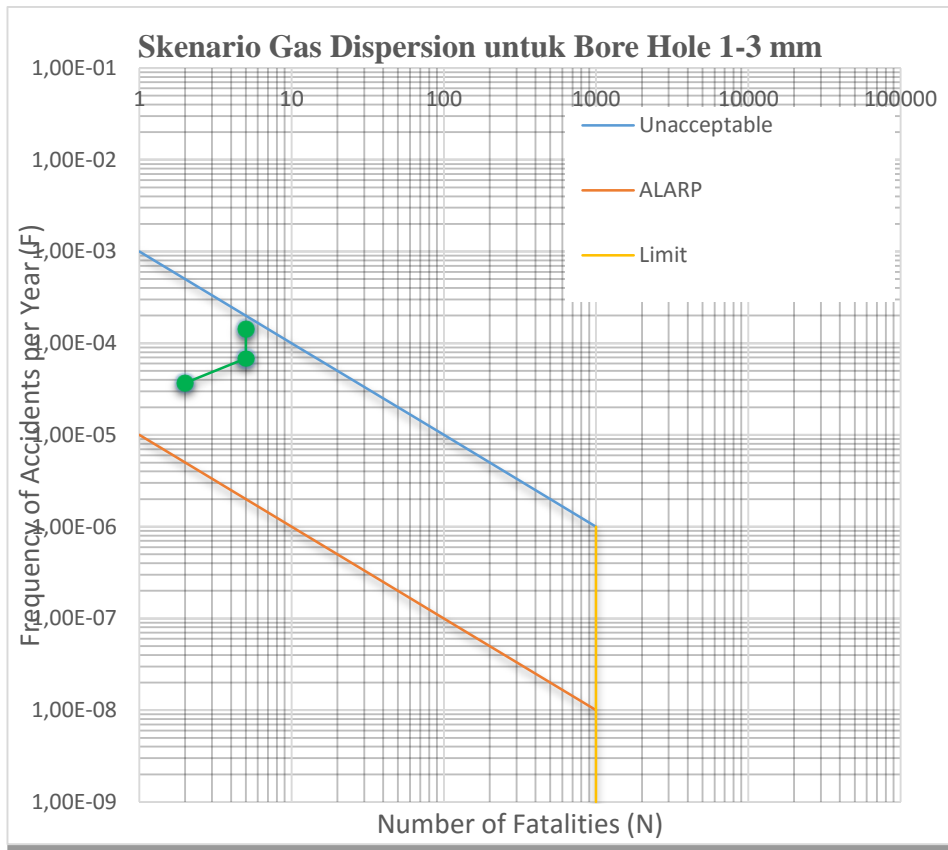
Vapour Cloud Explosion berdasarkan lubang kebocoran 150mm

Node/ Segmen	Receiver	orang	Effect (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				Press (psi)	Fatality (N)
			Serious injuries	Most killed	Fatalities 100%	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		0	
	Gudang Phonska	2	-	-	-		3	
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		0	
	Gudang NPK	5	-	-	-		0	
	Pabrik Phonska I	15	-	-	-		0	
	Gudang KCL	4	-	-	-		0	
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		0	
	Tangki ammonia	3	3/49,08m/60s	-	-		3	0
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		0	
	Kantor Produksi III	5						
						Total	0	
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15		-	-		0	
						Total	0	
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15		-	-		0	
						Total	0	

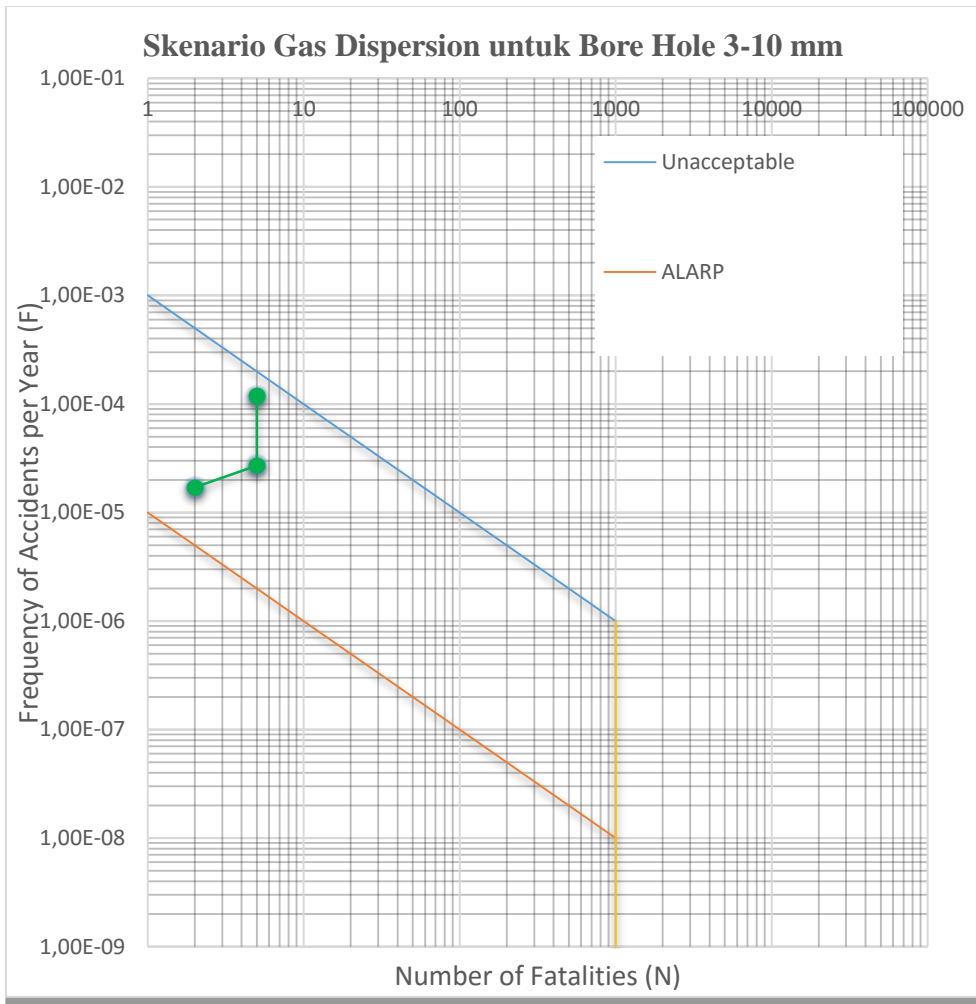
Vapour Cloud Explosion berdasarkan lubang kebocoran 200mm

Node/ Segmen	Receiver	orang	Effect (jumlah orang terdampak/radius/waktu)				Press (psi)	Fatality (N)
			Serious injuries	Most killed	Fatalities 100%	Tolerable		
Node 1	Pabrik K25O4	15	-	-	-		0	
	Gudang Phonska	2	-	-	-		0	
	Pabrik NPK I	15	-	-	-		0	
	Gudang BB Phonska IV	2	-	-	-		0	
	Gudang BB NPK II,III,IV	2	-	-	-		0	
	Pabrik Phonska IV	15	-	-	-		0	
	Gudang NPK	5	-	-	-		0	
	Pabrik Phonska I	15	-	-	-		0	
	Gudang KCL	4	-	-	-		0	
	Pabrik Phonska II	15	-	-	-		0	
	Tangki ammonia	3	3/77,8m/60s	-	-		3	0
	Gudang Urea/ZA	2	-	-	-		0	
	Kantor Produksi III	5						
							Total	0
Node 2	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	-		0	
						Total	0	
Node 3	Lokasi Bongkar Muat	15	-	-	-		0	
						Total	0	

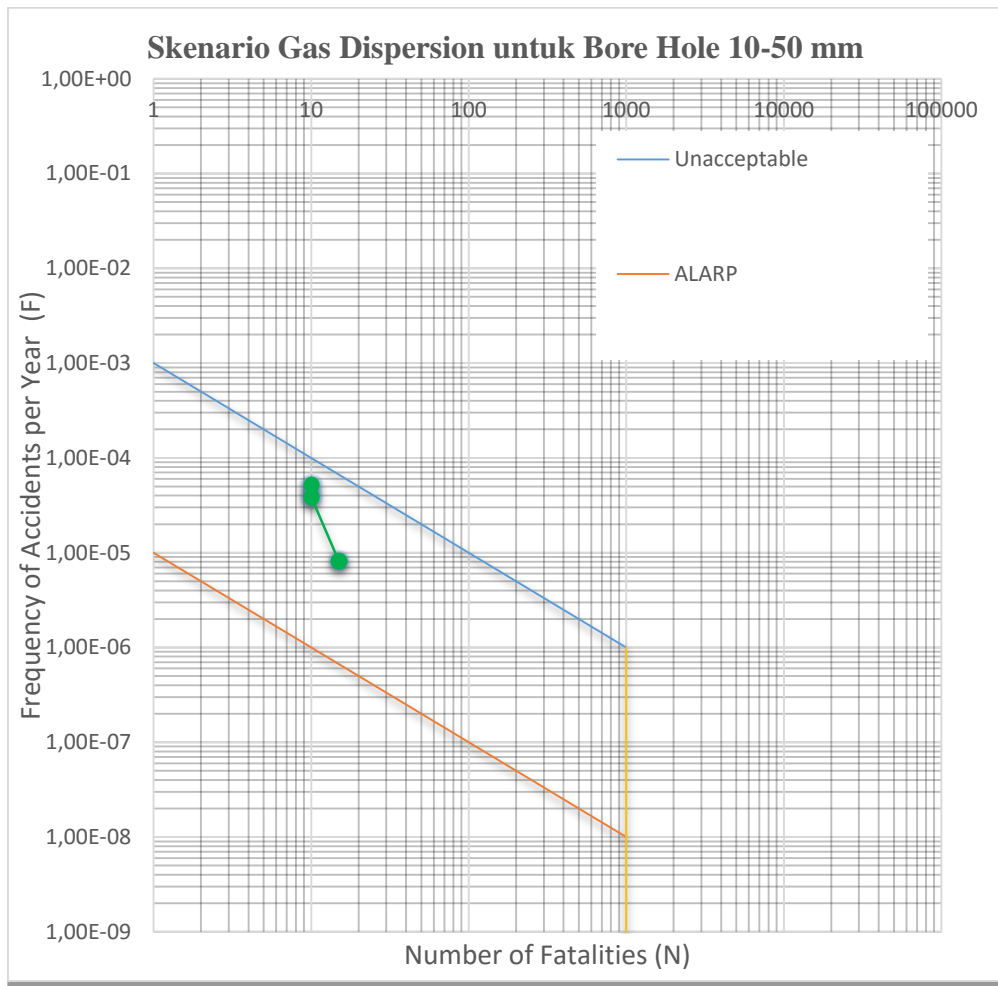
Halaman ini sengaja dikosongkan



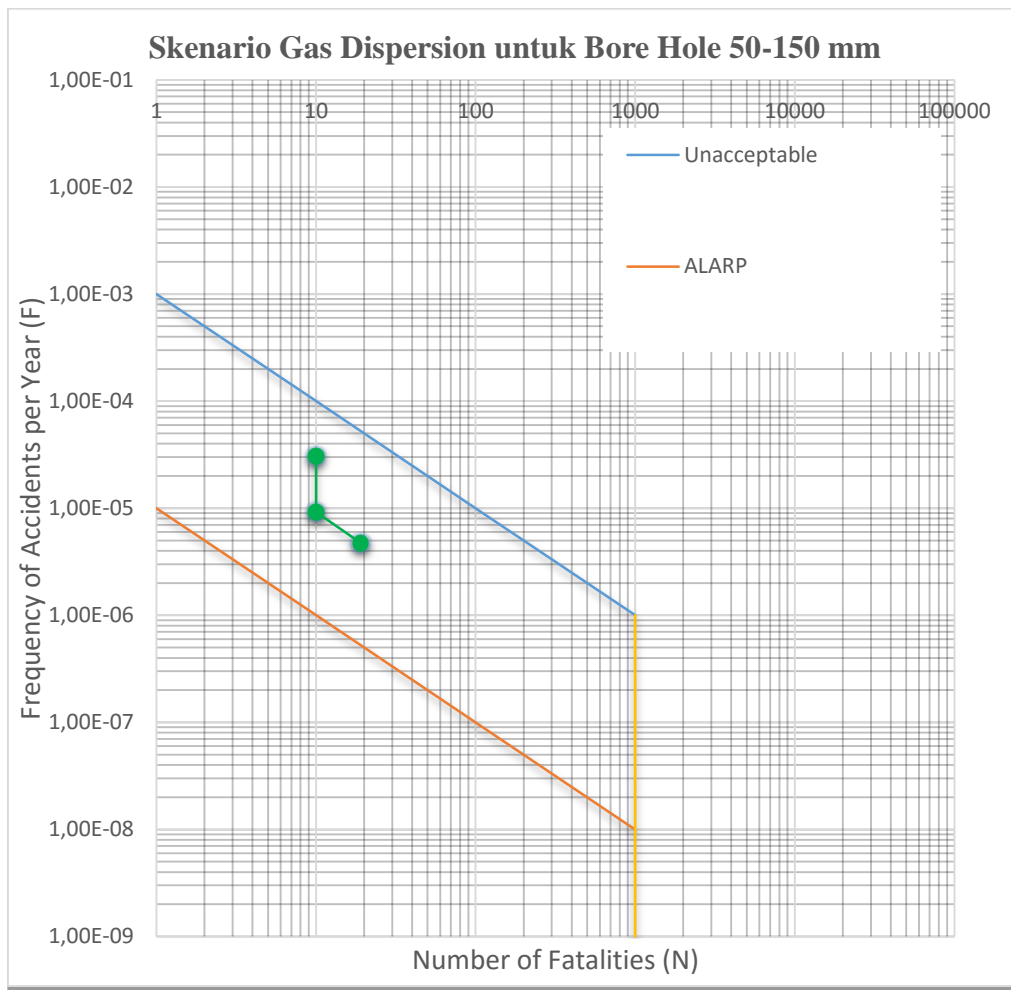
Gambar 67 F-N Curve *Gas dispersion* dengan kebocoran 1- 3mm dengan kadar 5000ppm



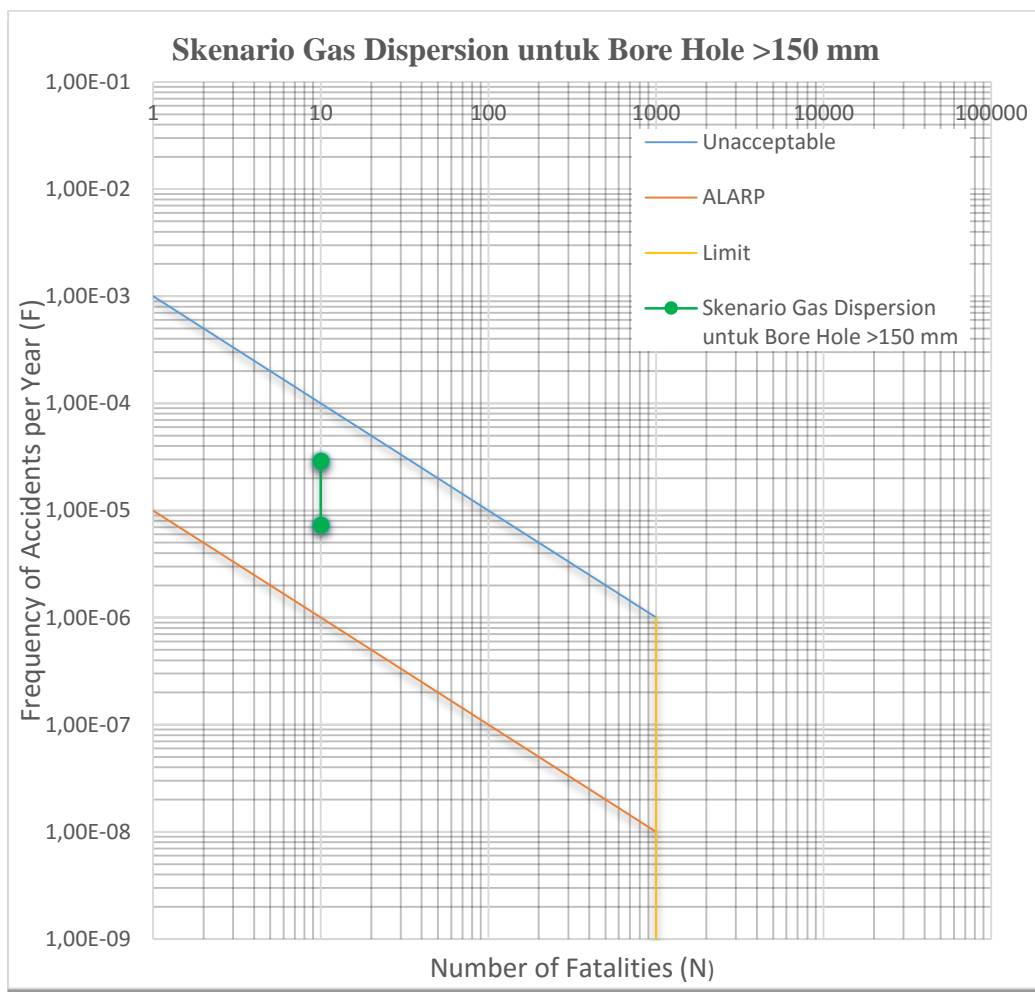
Gambar 68 F-N Curve Gas dispersion dengan kebocoran 3-10mm dengan kadar 5000ppm



Gambar 69 F-N Curve Gas dispersion dengan kebocoran 10-50mm dengan kadar 5000ppm



Gambar 70 F-N Curve Gas dispersion dengan kebocoran 50-150mm dengan kadar 5000ppm



Gambar 71 F-N Curve *Gas dispersion* dengan kebocoran >150mm dengan kadar 5000ppm

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Batu pada tanggal 20 Desember 1994, dengan nama Hilda Gloria Natalia Tanggu Hunga, merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Paulus Pulu Tanggu Hunga dan Sri Pangestuti. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Immanuel Batu, SD Immanuel Batu, SMP Immanuel Batu, dan SMAN 02 Batu. Pada tahun 2013 penulis diterima sebagai mahasiswi Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur SNMPTN dengan NRP 4213100047. Selama menjadi mahasiswi, penulis berkesempatan untuk melakukan kerja praktik pertama di PT Dumas Tanjung Perak *Shipyards* Surabaya dan kerja praktik kedua di PT Pertamina (Persero) Perkapalan Jakarta. Penulis juga aktif dalam organisasi Himpunan Teknik Sistem Perkapalan (HIMASISKAL) di Departemen Media dan Informasi (MEDFO) selama dua periode yakni mulai tahun 2014-2016. Penulis mengikuti Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa (LKMM) diantaranya LKMM Pra Tingkat Dasar dan LKMM Tingkat Dasar. Di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, penulis mengambil konsentrasi di bidang *Reliability, Availability and Management* (RAMS). Penulis menyelesaikan masa studi dalam waktu tempuh 8 semester.