



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS KONSEKUENSI PENYEBARAN KLORIN
MENGUNAKAN PIRANTI LUNAK ALOHA PADA
KEBOCORAN *CHLORINE TON CONTAINER* DI PT PUPUK
KUJANG CIKAMPEK**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Kesehatan Masyarakat**

**GARNA ABDIMA
0706273096**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
DEPARTEMEN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
KAMPUS UI DEPOK, JUNI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Garna Abdima

NPM : 0706273096

Tanda Tangan :



Tanggal : 23 Juni 2011

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : Garna Abdima

NPM : 0706273096

Mahasiswa Program: S1 Reguler Kesehatan Masyarakat

Tahun Akademik : 2010/2011

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul :

Analisis Konsekuensi Penyebaran Klorin Menggunakan Piranti Lunak ALOHA Pada Kebocoran *Chlorine Ton Container* Di PT Pupuk Kujang Cikampek.

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 23 Juni 2011



3F85EAAF45395491

6000 DJP

(Garna Abdima)

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Garna Abdima
NPM : 0706273096
Program Studi : Kesehatan Masyarakat
Judul Skripsi : Analisis Konsekuensi Penyebaran Klorin
Menggunakan Piranti Lunak ALOHA Pada
Kebocoran *Chlorine Ton Container* Di PT Pupuk
Kujang Cikampek

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat pada Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dadan Erwandi, S.Psi, M.Si (.....)
Penguji I : Dra. Fatma Lestari, M.Si, Ph.D (.....)
Penguji II : Dr. Alfajri Ismail, M.Si (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 23 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji serta syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala kemudahan, kelancaran dan dengan izin-Nya lah sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Analisis Konsekuensi Penyebaran Klorin Menggunakan Piranti Lunak ALOHA Pada Kebocoran *Chlorine Ton Container* di PT Pupuk Kujang Cikampek” Salawat serta salam semoga selalu tercurah kepada nabi akhir zaman Nabi Muhammad SAW, kepada para keluarga, sahabat dan umatnya hingga akhir zaman.

Penulisan Skripsi ini merupakan hasil penelitian yang telah dilakukan penulis di PT Pupuk Kujang Cikampek Tahun 2011. Selama menjalankan proses penelitian ini, penulis telah banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, baik bantuan moril maupun materil. Oleh karena itu penulis ingin berterima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Pembimbing Akademik, Bapak Dadan Erwandi, S.Psi, M.Si yang telah memberikan bimbingan dan masukan serta restunya dalam proses penelitian ini.
2. Dra. Fatma Lestari, M.Si, Ph.D dan Bapak DR. Alfajri Ismail, M.Si yang telah bersedia menjadi penguji. Terima kasih atas saran dan masukan yang diberikan.
3. Keluarga tercinta, Ibu Aliyani dan Bapak Uche. Terima kasih atas segala nasehat, dukungan, dan doa restunya.
4. Kakak kandung tercinta, Irrash Indrian, S.Sos, yang telah mendampingi penulis sampai akhir sidang. Terima kasih atas segala bantuan, saran, dan nasehat yang telah diberikan.
5. Keluarga Beji, Rizky Maulidy, S.Si, Intan Nugraha, ST, dr. Dhini Lidinillah, terima kasih atas saran dan masukan yang diberikan.
6. Seluruh Jajaran dan Karyawan PT Pupuk Kujang Cikampek, Bapak Sumarna (Kepala bagian KPK), Bapak Muji, Bapak Rahmat, Bapak Asep Ridwan.
7. Seluruh jajaran dan staff karyawan OJT PT Pupuk Kujang Cikampek. Terima kasih atas segala saran dan masukan yang diberikan.

8. Zulfadhli Nasution, SKM dan Bayu Adhi Nugroho, SKM, terima kasih atas bantuan desain yang diberikan.
9. Untuk Sahabat-sahabatku di perkumpulan Al-barkah Community, terima kasih atas dukungan yang diberikan.
10. Teman-teman Angkatan 2007 Reguler FKM UI, Khususnya anak-anak K3, mudah-mudahan kebersamaan kita bisa memberikan kerinduan ketika lulus kelak.
11. Pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan magang ini.

Akhir kata, Semoga Allah SWT menghimpun hati-hati kita kepada cinta kepada-Nya dan menguatkan tali persaudaraan serta mempertemukan kita semua di surga-Nya kelak, karena tanpa kalian laporan ini tidak mungkin dapat terselsaikan. Dan semoga penelitian ini menjadi tulisan yang bermanfaat bagi siapapun yang membacanya.

Depok, Juni 2011

Garna Abdima

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Garna Abdima
NPM : 0706273096
Program Studi: S1 Reguler Kesehatan Masyarakat
Departemen : Keselamatan Dan Kesehatan Kerja
Fakultas : Kesehatan Masyarakat
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Analisis Konsekuensi Penyebaran Klorin Menggunakan Piranti Lunak ALOHA Pada Kebocoran *Chlorine Ton Container* Di PT Pupuk Kujang Cikampek.

beserta perangkat yang ada. Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Fakultas Kesehatan Masyarakat

Pada Tanggal : 23 Juni 2011

Yang menyatakan



(Garna Abdima)

ABSTRAK

Nama : Garna Abdima
Program Studi : S1 Reguler Ilmu Kesehatan Masyarakat
Judul : Analisis Konsekuensi Penyebaran Klorin Menggunakan Piranti Lunak ALOHA Pada Kebocoran *Chlorine Ton Container* Di PT Pupuk Kujang Cikampek

Skripsi ini membahas proyeksi penyebaran klorin sebagai *Extremely Hazardous Substance* (EHS) pada *chlorine ton container* PT Pupuk Kujang Cikampek yang diskenariokan terjadi kebocoran menggunakan piranti lunak ALOHA (*Areal Location of Hazardous Atmosphere*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui variabel-variabel penyebab kebocoran *chlorine ton container* dan proyeksi penyebaran klorin apabila terjadi kebocoran. Penelitian ini adalah penelitian dengan desain deskriptif. Sebelum memasukkan data ke piranti lunak ALOHA, analisa bahaya menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA) dilakukan untuk mencari variabel-variabel penyebab kebocoran. Pada skenario kebocoran *valve*, jangkauan penyebaran gas klorin di area merah dengan konsentrasi ≥ 20 ppm (AEGL-3) adalah 93 meter, pada area oranye (AEGL-2) dengan konsentrasi ≥ 2 ppm adalah 314 meter. Sedangkan area kuning (AEGL-1), jangkauan penyebaran gas klorin dengan konsentrasi $\geq 0,5$ ppm mencapai 653 meter. Pada skenario kebocoran pipa fleksibel dan *fusible plug*, jangkauan penyebaran gas klorin secara berturut-turut pada AEGL-3 adalah 196 meter dan 1,3 kilometer. Pada area oranye (AEGL-2) jangkauannya adalah 662 meter dan 3,5 kilometer. Sedangkan untuk area kuning (AEGL-1) jangkauan penyebaran klorin secara berturut-turut adalah 1,4 kilometer dan 5,9 kilometer. Lokasi atau area berbahaya di PT Pupuk Kujang akibat penyebaran klorin berdasarkan perhitungan ALOHA antara lain Pabrik Urea Kujang IB, Gedung Pusat Kendali Kujang IB (*Control Room*), area *Package Boiler*, Pabrik Urea Kujang IA, sebagian kawasan Pabrik NPK Kujang, Dusun PoPONCOL, Dusun Pajaten, dan Cikampek Kota.

Kata Kunci : Klorin, ALOHA, *Chlorine Ton container*

ABSTRACT

Name : Garna Abdima
Study Program : Regular Degree of Public Health
Title : Consequences Analysis of Chlorine Dispersion Using ALOHA Software In Chlorine Ton Container Leakage At PT Pupuk Kujang Cikampek

The focus of this study is the projection of chlorine dispersion as Extremely Hazardous Substance (EHS) in chlorine ton container leakage at PT Pupuk Kujang Cikampek which in this scenario occur the leakage using ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmosphere) software. The purpose of this study are to understand the variables causing of chlorine ton container leakage and projection of chlorine dispersion. This research is descriptive. Before input data to ALOHA, Fault Tree Analysis (FTA) is used to search variables of leakage. In scenario of valve leakage, reach of chlorine gas dispersion in red zone with ≥ 20 ppm (AEGL-3) is 93 meter, in orange zone (AEGL-2) with ≥ 2 ppm is 314 meter, and yellow zone (AEGL-1) with $\geq 0,5$ ppm is 653 meter. In scenario of flexible connection failure and fusible plug blowout, the reach of chlorine gas dispersion in a series are 196 meter and 1,3 kilometer for AEGL-3, 662 meter and 3,5 kilometer for AEGL-2, 1,4 and 5,9 kilometer for AEGL-1. The toxic threat zone at PT Pupuk Kujang Cikampek resulting chlorine dispersion based on ALOHA include Urea Plant Kujang IB, Center Control Building Kujang IB, Package Boiler Area, Urea Plant Kujang IA, part of NPK Plant, Poponcol Orchard, Pajaten Orchard, and Cikampek City

Key words : Chlorine, ALOHA, Chlorine Ton container

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Garna Abdima
Alamat : Komplek Dasana Indah Blok UE 2 No. 30 RT 02/27
Kel. Bojong Nangka, Kab. Tangerang 15821
Nomor Telepon : 085780916030
Tempat Tanggal Lahir : Jakarta, 25 Oktober 1989
Agama : Islam
e-mail : garnaabdima_07@yahoo.co.id

Riwayat Pendidikan :

1. TK Al-Hikmah (1994 – 1995)
2. SDN Palmeriam Jakarta (1995 – 2001)
3. SMP Negeri 7 Jakarta (2001 – 2004)
4. SMA Negeri 31 Jakarta (2004 – 2007)
5. Program Sarjana Kesehatan Masyarakat, FKM UI (2007 – 2014)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.4.1 Tujuan Umum	5
1.4.2 Tujuan Khusus.....	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.5.1 Bagi Peneliti.....	6
1.5.2 Bagi PT Pupuk Kujang Cikampek.....	6
1.6 Ruang Lingkup.....	6
BAB 2 TINJAUAN TEORI	
2.1 Instalasi Berisiko Tinggi.....	8
2.2 Klasifikasi Kontaminan Kimia di Udara	9
2.2.1 Klasifikasi Umum.....	9
2.2.2 Klasifikasi Berdasarkan Pembentukan	10
2.2.3 Definisi Gas & Uap.....	10
2.2.4 Partikulat di Udara atau Aerosol.....	11
2.2.5 Toksikologi dan Efek Kesehatan Kontaminan Kimia di Udara.....	11
2.3 Klorin	12
2.3.1 Karakteristik Klorin	13
2.3.2 Kegunaan Klorin.....	16
2.3.3 Toksisitas Klorin.....	17
2.3.4 Dampak Klorin Terhadap Lingkungan	19
2.4 <i>Chlorine Feed System</i> (Sistem Pemberian Klorin)	19
2.4.1 <i>Chlorine Cylinder</i>	22
2.4.2 <i>Chlorine Ton Container</i>	24
2.4.3 <i>Chlorine Tank Cars</i>	26

2.4.4	<i>Storage Tanks</i>	27
2.5	Khlorinator	27
2.5.1	Khlorinator Sistem Hampa	28
2.5.2	Khlorinator Sistem Konvensional.....	28
2.5.3	Khlorinator Sistem Langsung	29
2.5.4	Bagian-Bagian Utama Khlorinator	29
2.6	<i>Fault Tree Analysis</i>	32
2.7	<i>Areal Location of Hazardous Atmosphere (ALOHA)</i>	33
2.7.1	Sejarah ALOHA.....	33
2.7.2	Cara Penggunaan ALOHA	33
2.7.3	Parameter yang Digunakan.....	35
2.7.4	Model Dispersi yang Digunakan ALOHA	39
2.7.5	Keterbatasan ALOHA.....	41
2.8	<i>Acute Exposure Guideline Levels (AEGLs)</i>	42
2.9	Pabrik <i>Utility</i>	43
2.9.1	Unit <i>Water Intake</i>	44
2.9.2	Pengolahan Air (<i>Water Treatment</i>).....	44
2.9.3	Pembangkit Uap.....	46
2.9.4	Pembangkit Listrik.....	46
2.9.5	Air Pendingin (<i>Cooling Water/Tower</i>)	46
2.9.6	Pengolahan Limbah Cair.....	47
 BAB 3 KERANGKA TEORI, KONSEP, DAN DEFINISI OPERASIONAL		
3.1	Kerangka Teori	48
3.2	Kerangka Konsep	49
3.3	Definisi Operasional	51
 BAB 4 METODOLOGI PENELITIAN		
4.1	Desain Penelitian	53
4.2	Lokasi dan Waktu Penelitian	53
4.3	Unit Analisis Data.....	54
4.4	Pengumpulan dan Manajemen Data	54
4.5	Asumsi-Asumsi yang Digunakan	55
4.6	Perhitungan dan Pemodelan.....	55
4.7	Keterbatasan Penelitian.....	55
4.7.1	Lokasi Penelitian.....	55
4.7.2	Keterbatasan Piranti Lunak ALOHA.....	55
4.7.3	Faktor Risiko.....	56
4.8	Hasil dan Pembahasan	56
 BAB 5 GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN		
5.1	Sejarah Singkat PT Pupuk Kujang Cikampek	57
5.2	Visi dan Misi Perusahaan.....	58
5.3	Profil PT Pupuk Kujang Cikampek	59
5.3.1	Profil Pabrik Kujang IA	59

5.3.2 Profil Pabrik Kujang IB	60
5.4 Struktur Organisasi PT Pupuk Kujang Cikampek	60
5.5 Komposisi dan Jumlah Karyawan	67
5.5.1 Ketenagakerjaan.....	67
5.5.2 Sistem Kerja.....	69

BAB 6 HASIL

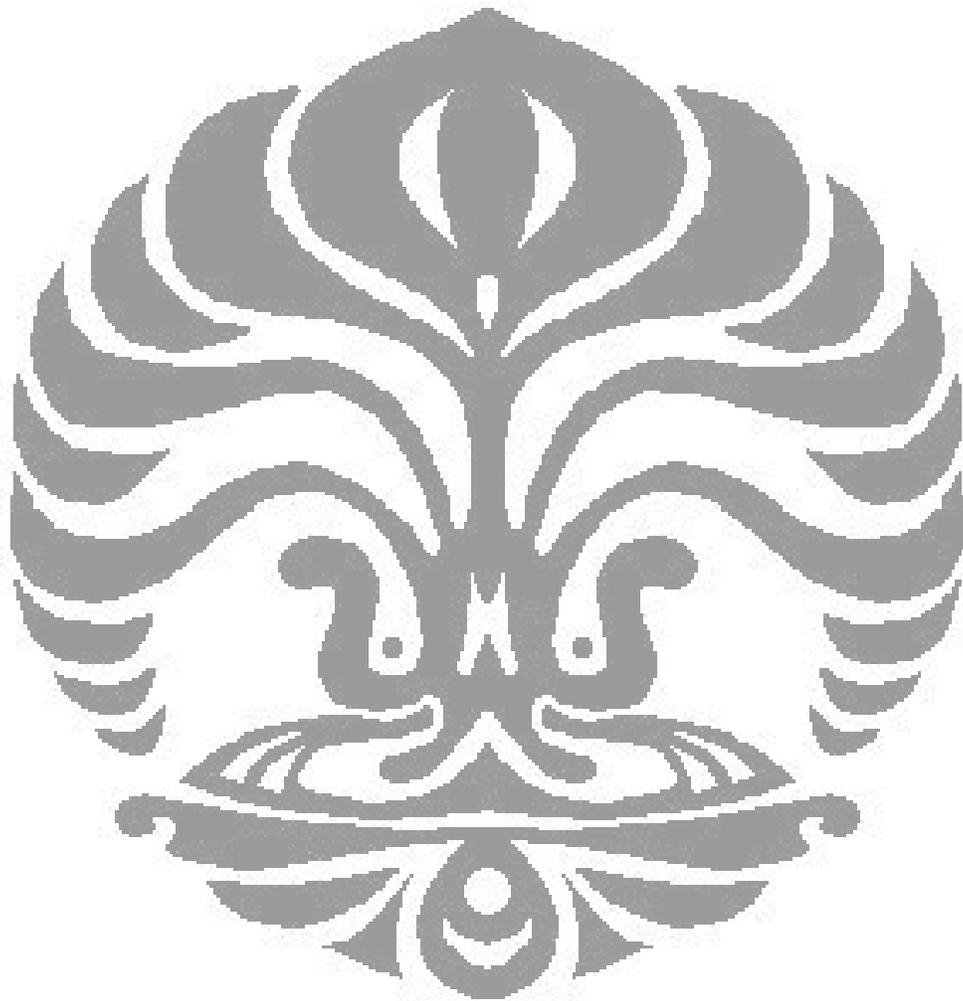
6.1 Gambaran <i>Chlorine Ton Container</i> yang Digunakan PT Pupuk Kujang	71
6.2 Pemilihan <i>Chlorine Ton Container</i>	73
6.3 Skenario-Skenario Kebocoran <i>Ton Container</i>	77
6.3.1 Skenario Kebocoran Minor.....	77
6.3.2 Skenario Kebocoran Major	80
6.3.3 Skenario kebocoran <i>Catastrophic</i>	83
6.4 Hasil Pemodelan Penyebaran Gas Beracun dengan ALOHA.....	85
6.4.1 <i>Text Summary</i> ALOHA (Kebocoran pada <i>Valve</i>).....	85
6.4.2 <i>Text Summary</i> ALOHA (Kebocoran pada Pipa Fleksibel)	95
6.4.3 <i>Text Summary</i> ALOHA (<i>Blow Out</i> pada <i>Fusible Plug</i>).....	98

BAB 7 PEMBAHASAN

7.1 Variabel-Variabel Penyebab Kebocoran <i>Chlorine Ton Container</i>	103
7.1.1 Variabel-Variabel Penyebab Kebocoran <i>Valve</i>	103
7.1.2 Variabel-Variabel Penyebab Kebocoran Pada <i>Flexible Connection</i>	104
7.1.3 Variabel-Variabel Penyebab <i>Fusible Plug Blowout</i>	105
7.2 <i>Toxic Threat Zone</i> (Kebocoran pada <i>Valve</i>)	106
7.2.1 Populasi Berisiko (Kebocoran pada <i>Valve</i>)	108
7.2.2 <i>Threat at Point</i> (Kebocoran pada <i>Valve</i>)	108
7.2.3 Dampak Kesehatan (Kebocoran pada <i>Valve</i>)	111
7.3 <i>Toxic Threat Zone</i> (Kebocoran pada Pipa Fleksibel).....	111
7.3.1 Populasi Berisiko (Kebocoran pada Pipa Fleksibel).....	113
7.3.2 <i>Threat at Point</i> (Kebocoran pada Pipa Fleksibel).....	113
7.3.3 Dampak Kesehatan (Kebocoran pada Pipa Fleksibel).....	114
7.4 <i>Toxic Threat Zone</i> (<i>Blowout</i> pada <i>Fusible Plug</i>).....	115
7.4.1 Populasi Berisiko (<i>Blowout</i> pada <i>Fusible Plug</i>)	117
7.4.2 <i>Threat at Point</i> (<i>Blowout</i> pada <i>Fusible Plug</i>)	117
7.4.3 Dampak Kesehatan (<i>Blowout</i> pada <i>Fusible Plug</i>)	119
7.5 <i>Risk Cost Analysis</i>	119
7.6 Gambaran Prosedur Penanggulangan Keadaan Darurat	121
7.6.1 Tanda Keadaan Darurat	122
7.6.2 Tanggung Jawab dan Prosedur Penanggulangan Keadaan Darurat.....	123
7.6.3 Gambaran Sarana Keadaan Darurat di PT Pupuk Kujang Cikampek.....	127

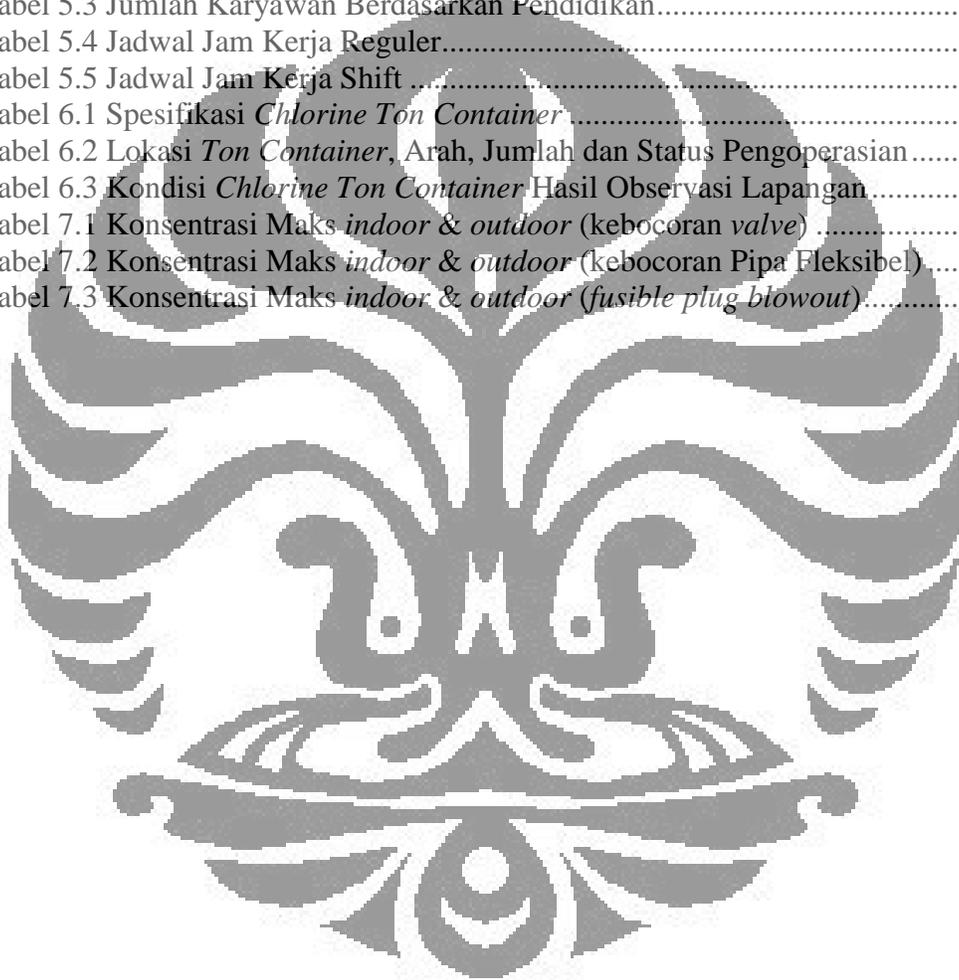
BAB 8 SIMPULAN DAN SARAN

8.1 Simpulan	132
8.2 Saran.....	133



DAFTAR TABEL

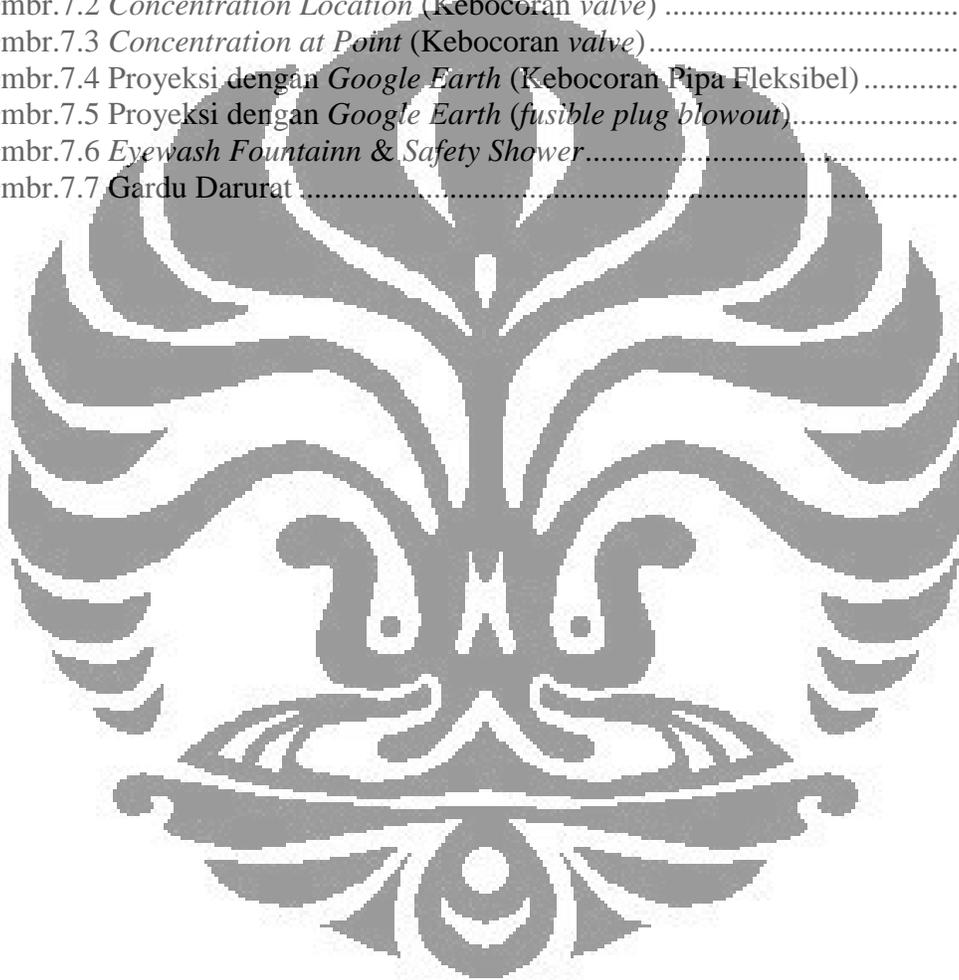
Tabel 2.1 Properti Gas Klorin	13
Tabel 2.2 Properti Klorin Cair	14
Tabel 2.3 Petunjuk Lingkungan Untuk Mengestimasi Kecepatan Angin.....	37
Tabel 2.4 Penentuan <i>Stability Class</i> pada Admosfer	38
Tabel 5.1 Jumlah Karyawan Berdasarkan Lokasi Kerja	67
Tabel 5.2 Jumlah Karyawan Berdasarkan Jenis Kelamin.....	68
Tabel 5.3 Jumlah Karyawan Berdasarkan Pendidikan.....	68
Tabel 5.4 Jadwal Jam Kerja Reguler.....	69
Tabel 5.5 Jadwal Jam Kerja Shift	69
Tabel 6.1 Spesifikasi <i>Chlorine Ton Container</i>	73
Tabel 6.2 Lokasi <i>Ton Container</i> , Arah, Jumlah dan Status Pengoperasian.....	74
Tabel 6.3 Kondisi <i>Chlorine Ton Container</i> Hasil Observasi Lapangan.....	76
Tabel 7.1 Konsentrasi Maks <i>indoor & outdoor</i> (kebocoran <i>valve</i>)	110
Tabel 7.2 Konsentrasi Maks <i>indoor & outdoor</i> (kebocoran Pipa Fleksibel).....	114
Tabel 7.3 Konsentrasi Maks <i>indoor & outdoor</i> (<i>fusible plug blowout</i>).....	118



DAFTAR GAMBAR

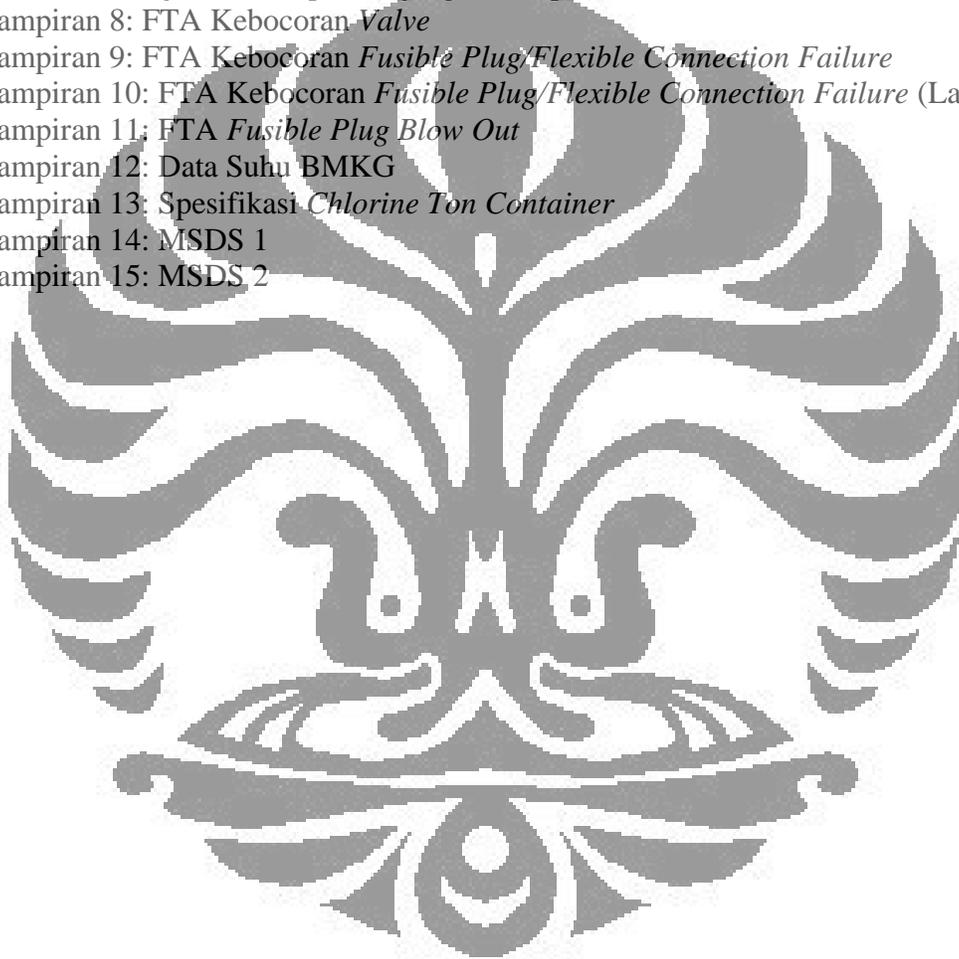
Gmbr.2.1 Kode NFPA Untuk Gas Klorin.....	17
Gmbr.2.2 <i>Chlorine Cylinder</i>	23
Gmbr.2.3 <i>Chlorine Ton Container</i>	26
Gmbr.2.4 Injektor.....	30
Gmbr.2.5 Katup Pengatur	30
Gmbr.2.6 Rotameter & V-Notch.....	31
Gmbr.2.7 Katup Pengatur (Peringatan tekanan).....	32
Gmbr.2.8 Model Penyebaran Gaussian.....	40
Gmbr.2.9 Model Penyebaran <i>Heavy Gas</i>	41
Gmbr.3.1 Penyebab Kebocoran pada <i>Chlorine Ton Container</i>	48
Gmbr.3.2 Penyebab Penyebaran Klorin ke Atmosfer.....	49
Gmbr.3.3 Kerangka Konsep.....	50
Gmbr.5.1 Pabrik PT Pupuk Kujang Cikampek.....	58
Gmbr.5.2 Struktur Organisasi Dewan Direksi	63
Gmbr.5.3 Struktur Organisasi SPI & Sekretaris Perusahaan	64
Gmbr.5.4 Struktur Organisasi Direktorat Produksi, Teknik, dan Pengembangan	65
Gmbr.5.5 Struktur Organisasi Direktorat Sumber Daya Manusia & Umum.....	66
Gmbr.5.6 Struktur Organisasi Direktorat Komersil.....	67
Gmbr.6.1 <i>Chlorine Ton Container</i> pada Unit <i>Water Treatment</i>	72
Gmbr.6.4 Lokasi <i>Ton-Container</i> (diolah kembali).....	75
Gmbr.6.5 Lokasi & Bentuk Kebocoran Pada Ulir <i>Valve</i>	78
Gmbr.6.6 FTA Kebocoran <i>valve</i>	79
Gmbr.6.7 Letak Kebocoran Pada Pipa Fleksibel	80
Gmbr.6.8 FTA pada Kebocoran Pipa Fleksibel.....	81
Gmbr.6.9 FTA pada Kebocoran Pipa Fleksibel (lanjutan)	82
Gmbr.6.10 Kebocoran pada <i>Fusible Plug</i>	83
Gmbr.6.11 FTA pada Kebocoran <i>Fusible Plug</i>	84
Gmbr.6.12 Informasi Lokasi	86
Gmbr.6.13 Informasi Tipe Bangunan	86
Gmbr.6.14 Informasi Letak Koordinat.....	87
Gmbr.6.15 Informasi tanggal dan waktu.....	87
Gmbr.6.16 Informasi Bahan Kimia.....	88
Gmbr.6.17 <i>Atmospheric Option</i>	89
Gmbr.6.18 <i>Atmospheric Option 2</i>	90
Gmbr.6.19 <i>Tank Size & Orientation</i>	91
Gmbr.6.20 <i>Chemical State & Temperatur</i>	91
Gmbr.6.21 <i>Liquid Mass or Volume</i>	92
Gmbr.6.22 <i>Area & Type of Leak</i>	92
Gmbr.6.23 <i>Height of The Tank Opening</i>	93
Gmbr.6.24 <i>Release Rate</i>	93
Gmbr.6.25 <i>Toxic Threat Zone</i>	94
Gmbr.6.26 <i>Text Summary ALOHA</i> (Kebocoran <i>valve</i>).....	95
Gmbr.6.27 <i>Area & Type of Leak</i> (Kebocoran pipa fleksibel).....	96

Gmbr.6.28 <i>Release Rate</i> (Kebocoran Pipa Fleksibel).....	96
Gmbr.6.29 <i>Toxic Threat Zone</i> (Kebocoran Pipa Fleksibel).....	97
Gmbr.6.30 <i>Text Summary ALOHA</i> (Kebocoran Pipa Fleksibel)	98
Gmbr.6.31 <i>Area & Type of Leak (fusible plug Blowout)</i>	99
Gmbr.6.32 <i>Height of The Tank Opening (fusible plug Blowout)</i>	99
Gmbr.6.33 <i>Release Rate (fusible plug Blowout)</i>	100
Gmbr.6.34 <i>Toxic Threat Zone (fusible plug Blowout)</i>	101
Gmbr.6.35 <i>Text Summary ALOHA (fusible plug Blowout)</i>	102
Gmbr.7.1 Proyeksi dengan <i>Google Earth</i> (Kebocoran valve)	108
Gmbr.7.2 <i>Concentration Location</i> (Kebocoran valve)	109
Gmbr.7.3 <i>Concentration at Point</i> (Kebocoran valve).....	109
Gmbr.7.4 Proyeksi dengan <i>Google Earth</i> (Kebocoran Pipa Fleksibel)	113
Gmbr.7.5 Proyeksi dengan <i>Google Earth (fusible plug blowout)</i>	117
Gmbr.7.6 <i>Eyewash Fountainn & Safety Shower</i>	129
Gmbr.7.7 Gardu Darurat	130



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1: Form Penerimaan Riset Data di PT Pupuk Kujang
- Lampiran 2: Struktur Organisasi PT Pupuk Kujang
- Lampiran 3: Rekapitulasi Kekuatan Karyawan
- Lampiran 4: Data Perkembangan Penduduk Desa Dawuan Tengah
- Lampiran 5: Data Pemantau Arah Angin
- Lampiran 6: Informed Consent
- Lampiran 7: Lembar Hasil Diskusi Bersama Supervisor Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja di PT Pupuk Kujang Cikampek
- Lampiran 8: FTA Kebocoran *Valve*
- Lampiran 9: FTA Kebocoran *Fusible Plug/Flexible Connection Failure*
- Lampiran 10: FTA Kebocoran *Fusible Plug/Flexible Connection Failure* (Lanjutan)
- Lampiran 11: FTA *Fusible Plug Blow Out*
- Lampiran 12: Data Suhu BMKG
- Lampiran 13: Spesifikasi *Chlorine Ton Container*
- Lampiran 14: MSDS 1
- Lampiran 15: MSDS 2



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Dampak kebocoran bahan kimia pada sebuah industri dapat menimbulkan berbagai macam kerugian seperti rusaknya peralatan perusahaan, timbulnya korban jiwa, dan kerusakan lingkungan. Kebocoran tersebut biasanya mengeluarkan bahan kimia yang bersifat mudah terbakar (*flammable material*) atau beracun (*toxic material*). Bahan kimia mudah terbakar yang terlepas ke udara akan membentuk *flammable cloud* dan dapat menimbulkan kebakaran atau ledakan yang dapat merusak area dan mengancam pekerja yang berada di area tersebut apabila terignisi oleh sumber panas. Sedangkan bahan kimia beracun yang terlepas (*release*) ke atmosfer akan membentuk awan gas beracun (*toxic gas cloud*) dan menyebar mengikuti arah angin. Penyebaran bahan kimia beracun ini dapat merusak lingkungan dan membahayakan pekerja yang berada di sekitar area penyebaran (Lees, 1996).

Beberapa contoh dari dampak kebocoran bahan kimia beracun adalah kebocoran yang menimpa Union Carbide di Bhopal India tanggal 3 Desember 1984 yang mengakibatkan korban jiwa lebih dari 2500 orang. Bencana ini terjadi akibat kebocoran gas methyl isocyanat yang sangat beracun dan menyebar ke area pemukiman di sekitar perusahaan. Akibat kejadian ini, Union Carbide diwajibkan membayar kompensasi yang sangat besar sehingga perusahaan mengalami kebangkrutan. Contoh yang lain adalah kebocoran bahan beracun dioxin yang terjadi di Seveso Italia pada tahun 1976, mengakibatkan kontaminasi radius 4 km² dan kerugian sebesar US \$ 1 juta (CCPS, 1989).

Berdasarkan ILO *Code of Practise*, instalasi berisiko tinggi berdasarkan jenis dan kuantitasnya antara lain: industri kimia dan petrokimia, industri penyulingan minyak, instalasi penyimpanan gas alam cair (LNG), instalasi penyimpanan gas dan cairan yang mudah terbakar, gudang bahan-bahan kimia, instalasi penyulingan air bersih dengan menggunakan klorin, industri pupuk dan pestisida. Penerapan panduan praktis ini dilakukan pada instalasi berisiko tinggi

yang diidentifikasi dengan keberadaan zat-zat berbahaya yang membutuhkan perhatian tinggi.

Di Indonesia, terdapat berbagai macam industri yang memiliki risiko tinggi dan termasuk kedalam kategori instalasi berisiko. Salah satu industri di Indonesia yang termasuk dalam kategori ini adalah industri pupuk. Industri Pupuk di Indonesia merupakan industri yang mengalami perkembangan pesat berhubung semakin meningkatnya kebutuhan pangan di Indonesia. Perkembangan yang pesat dari industri ini menuntut pengkajian yang lebih mendalam terhadap bahaya dan risiko dari setiap proses produksinya berhubung banyak berbagai macam bahan kimia berbahaya yang digunakan pada industri ini.

Enam perusahaan di Indonesia yang memproduksi pupuk, lima diantaranya adalah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yaitu PT Pupuk Sriwijaya (PUSRI), PT Pupuk Kalimantan Timur, PT Pupuk Kujang, PT Pupuk Petrokimia Gresik dan PT Pupuk Iskandar Muda. Kelima perusahaan ini membentuk sebuah *holding company*, dimana PT PUSRI merupakan *leading company*-nya. Selain lima perusahaan tersebut, di Indonesia juga berdiri satu perusahaan pupuk patungan dari sebagian negara ASEAN, yaitu PT Asean Aceh Fertilizer (AAF) di Lhokseumawe (Aceh) yang khusus memproduksi urea. Sayangnya, PT Asean Aceh Fertilizer di likuidasi pada tahun 2006, karena rusaknya sebagian besar peralatan di pabrik tersebut dan tidak dapat meneruskan kegiatan produksinya sejak tahun 2003 (www.datacon.co.id)

Berdasarkan aktivitas produksi yang dilakukan, industri pupuk termasuk kedalam kategori instalasi berisiko karena dapat menimbulkan kebocoran bahan kimia berbahaya. Pada industri tersebut, terdapat instalasi *water treatment* yang menggunakan bahan kimia klorin dalam kapasitas Ton.

Gas klorin merupakan bahan kimia yang berbahaya karena sifatnya yang beracun dan korosif. Menurut U.S. *Environmental Protection Agency* (U.S. EPA), gas klorin termasuk kedalam kelompok bahan kimia yang memiliki potensi untuk mengakibatkan kematian pada penduduk terpajan yang tidak memiliki alat perlindungan (*unprotected populations*) sesudah terjadi kebocoran dalam waktu relatif singkat. Klorin juga termasuk ke dalam *Extremely Hazardous Substances* (EHS) atau bahan yang berbahaya sekali karena gas dari klorin dapat

menimbulkan luka (*injury*) dan kematian. Klorin yang digunakan pada industri pupuk, khususnya di instalasi *water treatment* dapat menimbulkan dampak yang sangat buruk apabila terjadi kebocoran (EPA, 1990).

Pada tanggal 17 April 2004 di Chongqing, sekitar 150 ribu orang diungsikan dari rumah mereka. Ledakan yang membocorkan tujuh tanki berisi gas beracun klorin di Pabrik Industri kimia Tianyuan sudah membunuh sedikitnya sembilan orang dan melukai ratusan lainnya. Penduduk yang dievakuasi adalah mereka yang tinggal dalam radius tiga kilometer dari pabrik. Gas klorin yang bocor telah mencemari udara sampai radius 300 meter (www.liputan6.com).

Pada bulan Juli 2006, sedikitnya 164 orang dibawa ke rumah sakit karena menghisap gas beracun yang bocor dari pipa di sebuah pabrik kimia di China baratlaut. Kantor berita *Xinhua* melaporkan kebocoran gas klorin itu terjadi pada waktu Minggu malam di sebuah pabrik kimia Xin'erte. Pejabat setempat menyatakan bahwa penyebab kebocoran pipa gas itu adalah rusaknya katup tanki klorin akibat tekanan yang berlebihan. 123 orang yang dibawa ke rumah sakit mengeluhkan gejala-gejala seperti batuk-batuk, pusing, dan pembengkakan di beberapa bagian tubuh. Dokter mendiagnosis mereka keracunan gas klorin (www.suamerdeka.com).

Kejadian lain terjadi pada bulan Juli 2010, sebuah tanki *container* klorin dengan kapasitas 1 ton bocor dan menyebabkan lebih dari seratus orang merasa kesakitan karena menghirup gas ini. Delapan dari seratus orang yang dibawa ke rumah sakit berada dalam keadaan kritis. Kebocoran *container* klorin yang terjadi di Pelabuhan Mumbai India ini disebabkan oleh kegagalan dari fungsi *valve container*. Petugas pemadam kebakaran membutuhkan waktu sekitar enam jam untuk menetralsir area kebocoran dari gas beracun klorin (www.ndtv.com).

PT Pupuk Kujang Cikampek, sebagai salah satu dari 5 BUMN produsen pupuk di Indonesia, menggunakan bahan kimia klorin pada unit instalasi *water treatment* di *utility plant*. Klorin tersebut digunakan sebagai bahan *disinfectant* untuk membunuh mikrobiologi seperti bakteri dan jamur. Klorin yang digunakan PT Pupuk Kujang Cikampek disimpan dalam bentuk *liquefied gases* pada *container* silinder horizontal dengan kapasitas 2000 lbs (907 kg) dan terdapat pada beberapa area yaitu di *utility plant* Kujang IA dan IB. Klorin yang disimpan

dalam *container* tersebut sangat berpotensi untuk terjadinya kebocoran sehingga PT Pupuk Kujang Cikampek harus selalu waspada dan sigap atas segala kemungkinan yang akan terjadi.

Sampai saat ini, PT Pupuk Kujang Cikampek yang termasuk dalam instalasi berisiko berdasarkan ILO *Code of Practise* belum melakukan analisis potensi penyebaran bahan kimia beracun secara mendetail khususnya pada klorin, baik secara manual maupun dengan menggunakan pemodelan piranti lunak seperti ALOHA (*Areal Locations Of Hazardous Atmosphere*). Dengan adanya analisis terhadap kebocoran bahan kimia menggunakan piranti lunak ALOHA, PT Pupuk Kujang Cikampek dapat mengetahui dampak penyebaran klorin apabila terjadi kebocoran dan dapat melakukan tindakan keadaan darurat yang tepat. Walaupun demikian, piranti lunak ALOHA (*Areal Locations Of Hazardous Atmosphere*) ini memiliki beberapa keterbatasan, diantaranya adalah tidak dapat memodelkan dampak penyebaran (dispersi) dari campuran bahan kimia.

Berdasarkan penilaian risiko yang dilakukan oleh Biro Manajemen Risiko dan Review Prosedur PT Pupuk Kujang Cikampek, peringkat risiko dari klorin adalah 10 yang diartikan sebagai *significant risk* (pengaruh risiko yang signifikan, diperlukan perhatian pada level manajemen dan Prosedur perlu dibuat dibawah supervisi Superintendent). Nilai 10 berasal dari perkalian skala kemungkinan yang bernilai 2 (kadang-kadang) dengan skala dampak yang bernilai 5 (bencana/*catastrophic*). Kebocoran klorin pada *container* dapat terjadi suatu waktu (skala kemungkinan 2) dan memiliki dampak yang besar (skala dampak 5) yaitu menimbulkan kematian dan penyebaran gasnya sampai keluar pabrik sehingga masyarakat harus dievakuasi.

Dampak dari kebocoran *container* klorin bermacam-macam, tergantung dari jenis kebocorannya. Menurut White (2010), Kebocoran pada tangki *container* klorin terdiri dari kebocoran minor, major, dan *catastrophic*. Kebocoran minor disebabkan oleh kegagalan *gasket* dan kegagalan pada *valve container*. Kebocoran major pada *container* klorin disebabkan oleh kegagalan *flexible connection (pig tail)*, kegagalan *fusible plug*, dan rusaknya pipa dibawah tekanan. Sedangkan kebocoran *catastrophic* disebabkan oleh *blow out* pada *fusible plug container* klorin.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam proses industri pupuk, kebocoran bahan kimia beracun dapat menimbulkan dampak yang buruk terhadap populasi dan lingkungan sekitar. Gas klorin yang terdapat dalam *container*, merupakan bahan kimia yang termasuk kedalam kategori *Extremely Hazardous Substance (EHS)* sehingga *container* yang menjadi sarana penyimpanan sekaligus penyalur klorin ini berisiko dan akan menimbulkan dampak yang buruk apabila terjadi kebocoran. Dampak yang dapat ditimbulkan yaitu kematian dan penyebaran gas sampai keluar pabrik sehingga masyarakat harus dievakuasi.

Adanya risiko kebocoran ini mengharuskan PT Pupuk Kujang Cikampek melakukan sebuah upaya pencegahan dan pengendalian risiko tersebut. Salah satu diantaranya adalah dengan melakukan analisis potensi penyebaran bahan kimia beracun pada *container* yang mengandung klorin. Hal inilah yang mendasari peneliti melakukan penelitian berupa Analisis konsekuensi penyebaran klorin pada kebocoran *chlorine ton container* dengan menggunakan piranti lunak ALOHA (*Areal Locations Of Hazardous Atmosphere*) tahun 2011.

1.3. Pertanyaan Penelitian

1. Apa saja variabel-variabel yang dapat menyebabkan kebocoran *chlorine ton container* di PT Pupuk Kujang Cikampek tahun 2011?
2. Bagaimana proyeksi penyebaran bahan kimia beracun (*toxic release dispersion*) berdasarkan variasi konsentrasi gas klorin (*level of concern*) pada piranti lunak ALOHA jika terjadi kebocoran pada *chlorine ton container* di PT Pupuk Kujang Cikampek tahun 2011?

1.4. Tujuan Penelitian

1.4.1. Tujuan Umum

Mengetahui potensi kebocoran dan proyeksi (*threat zone*) penyebaran gas klorin pada *chlorine ton container* di PT Pupuk Kujang Cikampek tahun 2011.

1.4.2. Tujuan Khusus

1. Mengetahui variabel-variabel yang dapat menyebabkan kebocoran *chlorine ton container* di PT Pupuk Kujang Cikampek tahun 2011.

2. Mengetahui proyeksi penyebaran bahan kimia beracun (*toxic release dispersion*) berdasarkan variasi konsentrasi gas klorin (*level of concern*) pada piranti lunak ALOHA jika terjadi kebocoran pada *chlorine ton container* di PT Pupuk Kujang Cikampek tahun 2011.

1.5. Manfaat Penelitian

1.5.1. Bagi Peneliti

1. Dapat menganalisis proyeksi penyebaran bahan kimia berbahaya di PT Pupuk Kujang apabila terjadi kebocoran, khususnya kebocoran pada *container* yang mengandung 900 kilogram atau 0,9 ton klorin.
2. Dapat menggunakan piranti lunak ALOHA (*Areal Location of Hazardous Atmosphere*) untuk mengetahui konsekuensi penyebaran bahan kimia pada sumber kebocoran tanki yang dalam penelitian ini adalah *container* klorin.
3. Dapat mengamalkan keilmuan yang telah dipelajari selama menuntut ilmu di FKM UI.

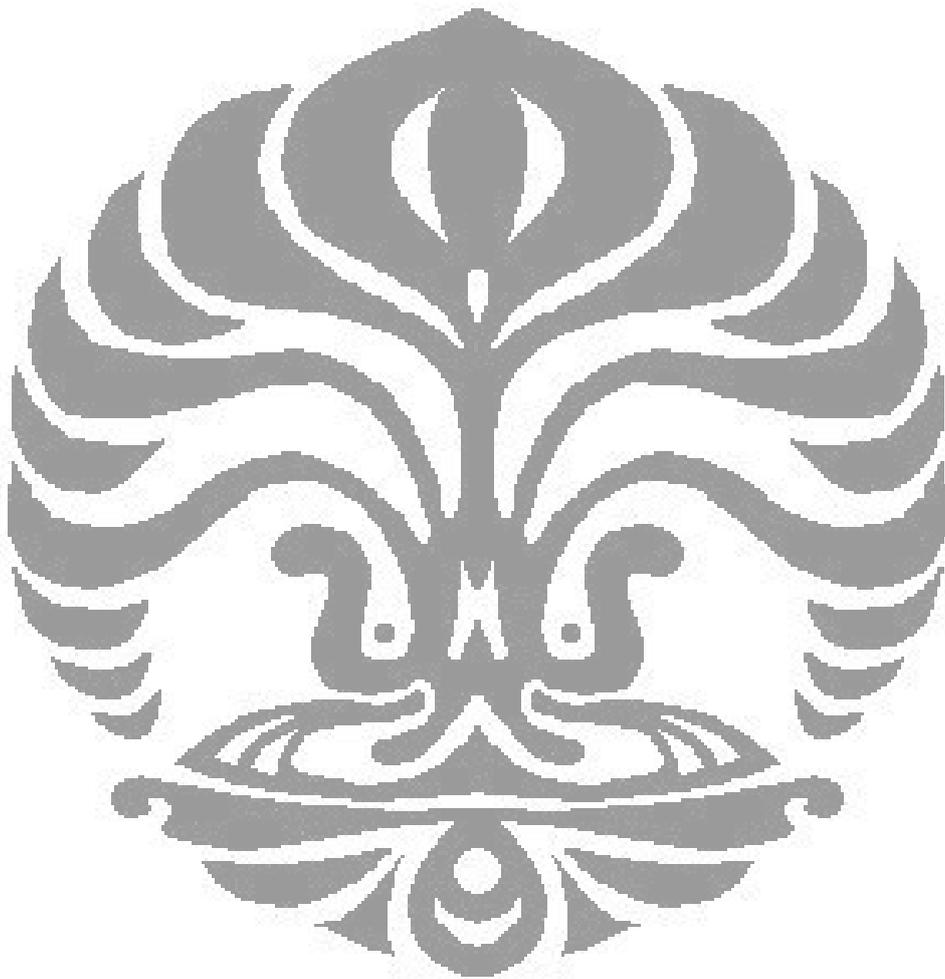
1.5.2. Bagi PT Pupuk Kujang

1. Dapat mengetahui proyeksi dari kebocoran minor, major, dan katastrofik sehingga upaya pencegahan dan penanggulangan dapat dilakukan dengan optimal.
2. Dapat memperkirakan kerugian yang di tanggung perusahaan jika sampai terjadi kebocoran pada *chlorine ton container* di PT Pupuk Kujang Cikampek.

1.6. Ruang Lingkup

Penelitian ini merupakan analisis dan proyeksi *threat zone* kebocoran gas beracun (*toxic release*) pada *chlorine ton container* di PT Pupuk Kujang Cikampek tahun 2011. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan menggambarkan proyeksi penyebaran gas klorin yang memiliki sifat sangat beracun (*Extremely Hazardous Substance*). Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April 2011 di PT Pupuk Kujang Cikampek, Jawa Barat dengan

menggunakan piranti lunak ALOHA (*Areal Locations Of Hazardous Atmosphere*).



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Instalasi Berisiko Tinggi

Menurut ILO *Code of Practise* (1991), Instalasi berisiko tinggi adalah instalasi industri permanen atau sementara, yang menyimpan, memproses atau memproduksi zat-zat berbahaya dalam bentuk dan jumlah tertentu menurut peraturan yang berlaku yang berpotensi menjadi penyebab terjadinya kecelakaan besar. Kategori kecelakaan besar yang dapat ditimbulkan oleh instalasi berisiko tinggi antara lain :

- Pelepasan bahan kimia beracun seperti *acrylonitrile, ammonia, chlorine, sulphur dioxide, hydrogen sulphide, hydrogen cyanide, carbon disulphide, hydrogen fluoride, hydrogen chloride, sulphur trioxide*, dalam jumlah besar (ton) yang berakibat membahayakan jiwa atau kesehatan walaupun jarak antara sumber dan daerah terpengaruh sangat jauh.
- Pelepasan bahan kimia mematikan (*extremely toxic*) seperti *methyl isocyanate* atau *phosgene* dalam jumlah kilogram yang dapat membahayakan jiwa atau kesehatan walaupun jarak antara sumber dengan daerah terpengaruh sangat jauh.
- Pelepasan cairan atau gas mudah terbakar dalam jumlah besar (ton) yang dapat menghasilkan radiasi panas yang tinggi atau membentuk awan uap yang dapat meledak (*explosive vapour cloud*).
- Ledakan yang diakibatkan material aktif yang tidak stabil seperti *ammonium nitrate, nitroglycerine, trinitrotoluene*.

Instalasi berisiko tinggi tersebut berdasarkan jenis dan kuantitasnya menurut ILO *Code of Practise* antara lain:

- Industri kimia dan petrokimia
- Industri penyulingan minyak
- Instalasi penyimpanan gas alam cair (LNG)
- Instalasi penyimpanan gas dan cairan yang mudah terbakar
- Gudang bahan-bahan kimia

- Instalasi penyulingan air bersih dengan menggunakan klorin
- Industri Pupuk dan pestisida

Instalasi berisiko tinggi berdasarkan jenis dan kuantitasnya diluar cakupan panduan praktis antara lain:

- Instalasi nuklir
- Pangkalan Militer (instalasi biologi, nuklir dan kimia serta pusat persenjataan)

Peraturan /standar ILO berupa panduan yang ditetapkan di industri dalam upaya mencegah terjadinya kecelakaan-kecelakaan besar siring dengan kenaikan produksi, penyimpanan, dan penggunaan bahan berbahaya. Tujuan dari standar ini adalah untuk memberikan arahan tentang pengaturan administrasi, hukum, dan sistem teknis untuk pengendalian instalasi berisiko tinggi yang dilakukan dengan memberikan perlindungan kepada pekerja, masyarakat dan lingkungan dengan mencegah terjadinya kecelakaan besar yang mungkin terjadi dan meminimalisasikan dampak dari kecelakaan tersebut. Oleh karena itu, analisa bahaya dan risiko seperti analisa konsekuensi dari kecelakaan yang terjadi terhadap pekerja dan masyarakat sekitar harus dilakukan dalam rangka manajemen pengendalian risiko kecelakaan dan pengamanan pada instalasi berisiko tinggi (ILO, 1991).

2.2 Klasifikasi Kontaminan Kimia di Udara

Terdapat berbagai jenis-jenis kontaminan udara di tempat kerja dimana jenis bahan kimia yang terlepas ke udara sangat tergantung pada material yang digunakan di tempat kerja tersebut dan proses operasi yang berjalan. Klasifikasi kontaminan kimia di udara dapat dilakukan berdasarkan klasifikasi secara umum dan klasifikasi berdasarkan proses pembentukannya (Lestari, 2007)

2.2.1 Klasifikasi Umum

Secara umum, klasifikasi kontaminan kimia di udara pada dasarnya dapat dibagi menjadi dua kelas besar, yaitu : 1. gas dan uap, 2. partikulat

di udara atau aerosol. Kelompok gas dan uap dapat disubklasifikasikan lagi menjadi masing-masing gas dan uap. Partikulat atau seringkali disebut aerosol, pada dasarnya dapat disubklasifikasikan lagi menjadi aerosol padat dan aerosol cair. Aerosol padat dapat berupa debu, fiber, asap, dan *fume*. Aerosol cair dapat berupa *mist* dan *fog* (Lestari, 2007).

2.2.2 Klasifikasi Berdasarkan Pembentukan

Selain klasifikasi secara umum sebagaimana dijelaskan pada bagian terdahulu, kontaminan kimia di udara juga dapat diklasifikasikan berdasarkan proses pembentukannya, yang dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok berikut (Lestari, 2007):

- Terbentuk secara alami (*natural airborne contaminant*). Contohnya adalah ozon yang terbentuk melalui reaksi fotokimia di udara saat terjadinya petir; aktivitas gunung berapi yang melepaskan HF, H₂S; partikel garam di udara pantai yang terbentuk dari percikan air laut yang airnya menguap dan yang tersisa adalah partikel garamnya di udara; debu yang tertiuap angin. Kontaminan udara yang terbentuk secara alami biasanya konsentrasinya rendah sehingga mudah dinetralkan oleh alam.
- Terbentuk karena aktivitas manusia. beberapa kontaminan udara yang dihasilkan akibat aktivitas manusia. Contohnya adalah kontaminan kimia yang dihasilkan oleh industri.

2.2.3 Definisi Gas dan Uap

Menurut Leidel, et al (1977) dalam Lestari (2007), gas dan uap merupakan kontaminan yang berbeda. Gas adalah fluida tak berbentuk yang dapat menyebar dan memenuhi ruang yang ditempatinya. Gas merupakan wujud materi yang molekul-molekulnya tidak terikat oleh gaya kohesif. Gas dapat dicairkan dengan cara mengombinasikan antara menurunkan temperatur dan menaikkan tekanan. Contohnya adalah Oksigen (O₂), Karbon dioksida (CO₂), Sulfur dioksida (SO₂), klorin (Cl₂).

Uap dihasilkan bila cairan atau padatan dikonversikan dengan pemanasan menjadi wujud gas melalui proses penguapan (dari cairan) atau sublimasi (dari padatan). Contoh cairan yang dapat melepaskan uap adalah pelarut-pelarut yang memiliki titik didih rendah seperti benzen, toluene, formaldehida. Padatan dengan tekanan uap yang tinggi akan mudah mengalami proses sublimasi dan melepaskan uap seperti kamfer. selain berbeda menurut proses pembentukannya, gas dan uap juga dapat dibedakan sebagai berikut. Pada kondisi ruang ($T=25^{\circ}\text{C}$ dan $P= 1 \text{ atm}$) gas berwujud gas, tetapi uap berwujud cairan atau padatan. Sifat lain dari gas dan uap adalah mengikuti hukum difusi normal dan bercampur sempurna dengan atmosfer disekitarnya.

2.2.4 Partikulat di Udara atau Aerosol

Partikulat di udara (aerosol) dapat diklasifikasikan menjadi aerosol padat atau aerosol cair yang terdispersi di udara. Aerosol padat terdiri atas debu, fiber, *fume*, dan asap *smoke*. Sedangkan aerosol cair terdiri dari *fog* dan *mist*. Ukuran partikulat bervariasi, dari yang submikroskopis sampai yang dapat terlihat oleh mata. Berdasarkan ukurannya, partikulat terbagi dua yaitu *respirable particulate* dan *inspirable particulate*. *Respirable particulate* adalah partikulat yang berukuran < 10 mikrometer dan *inspirable particulate* adalah partikulat yang berukuran > 10 mikrometer (Lestari, 2007).

2.2.5 Toksikologi dan Efek Kesehatan Kontaminan Kimia di Udara

Efek toksik dari kontaminan kimia sangat beragam, dan dipengaruhi oleh berbagai faktor. Rute masuknya kontaminan kimia di udara merupakan faktor yang sangat penting karena dengan mengetahui melalui rute mana kontaminan tersebut dapat masuk ke tubuh pekerja, maka tindakan pencegahan dapat dilakukan (Lestari, 2007).

Route of entry (rute masuknya kontaminan) kimia, baik yang berupa kontaminan kimia di udara maupun kontaminan kimia yang berada dalam bentuk asalnya cairan ataupun padatan. Secara umum rute

masuknya ke dalam tubuh manusia pada dasarnya dapat dibagi menjadi empat jalur yaitu inhalasi (jalur pernafasan), oral (tertelan), absorpsi melalui kulit, absorpsi melalui membran mukosa, dan injeksi. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi tingkat keparahan kontaminan kimia di udara jika terhirup oleh manusia antara lain adalah ukuran partikel (untuk partikulat), kelarutan (kemampuan untuk terlarut dalam cairan pada jaringan), reaktivitas (kemampuan untuk bereaksi dengan komponen jaringan), kondisi pajanan, *lung defences*, status imunologis, dan kandungan air dari jaringan (Lestari, 2007).

2.3 Klorin

Klorin dalam bentuk gas pertama kali ditemukan pada tahun 1774 oleh seorang ahli kimia berkebangsaan Swedia bernama Karl W. Scheele, pada saat dia memanasi campuran bijih hitam mangan dioksida (MnO_2) dengan asam klorida.

reaksi:



Selama pemanasan tersebut, terlepas gas berwarna kuning kehijauan berbau menyengat dan menimbulkan iritasi pada jaringan lunak (White, 2010).

Sebelumnya telah pernah dilaporkan bahwa Geber, seorang ahli kima berkebangsaan Arab penemu *aqua regia* (campuran 3 bagian HCL dngan 1 bagian HNO_3), juga mendapatkan gas yang sama pada saat ia memanasi campuran tersebut timbul asap yang warnanya serupa dengan gas hasil penemuan Scheele. Kemudian Humphry Davy yang hidup pada tahun 1778-1829, setelah membuktikan bahwa gas temuan Scheele tidak dapat diuraikan. Pada tanggal 12 Juli 1810 dinyatakan bahwa gas tersebut adalah suatu unsur kimia dan diberi nama "*chlorine*" yang berasal dari bahasa Yunani "*chloros*" dan dapat diterjemahkan sebagai "hijau", "kuning kehijauan", atau "hijau kekuningan", sesuai dengan warna gasnya (White, 2010).

Pada tahun 1805, Thomas Northmore telah berhasil mengadakan percobaan mencairkan gas temuan Scheele diatas dengan memberi tekanan. Berkat jasa Kneitsch pada tahun 1888, dibuktikan bahwa klor kering tidak merusak besi dan baja, maka hasil temuannya itu telah memungkinkan untuk

Universitas Indonesia

memproduksi gas klorin secara komersial dan kemudian dikemas dalam bentuk cair dengan cara diberi tekanan dan pendinginan dalam peralatan yang sesuai (White, 2010).

2.3.1 Karakteristik Klorin

Klorin memiliki nomor atom 17 dan berat atomnya adalah 35,457. Sedangkan berat molekul klorin (Cl_2) adalah 70,914. Dua isotop dari klorin yaitu Cl^{35} dan Cl^{37} terjadi secara alami dan paling sedikitnya lima isotop lain telah diproduksi.

Tabel 2.1 Properti Gas Klorin

Symbol: Cl_2
Atomic weight: 35.457
Atomic number: 17
Isotopes: 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39
Density (see Appendix) at 34°F (1.1°C) and 1 atm: 0.2006 lb/ft ³
Specific gravity at 32°F (0°C) and 1 atm: 2.482 (air = 1)
Liquefying point at 1 atm: -30.1°F (-34.5°C)
Viscosity (see Appendix) at 68°F (20°C): 0.01325 cP (approximately the same as saturated steam between 1 and 10 atm)
Specific heat at constant pressure of 1 atm and 59°F (15°C): 0.115 Btu/lb/°F
Specific heat at constant volume at 1 atm pressure and 59°F (15°C): 0.085 Btu/lb/°F
Thermal conductivity at 32°F (0°C): 0.0042 Btu/h/ft ² /ft
Heat of reaction with NaOH: 626 Btu/lb Cl_2 gas
Solubility in water at 68°F (20°C) and 1 atm: 7.29 g/l.

Sumber: White (2010)

Tabel 2.2 Properti dari Klorin Cair

Critical temperature	144 °C; 291.2 °F
Critical pressure	1118.36 psia
Critical density	573 g/l; 35.77 lb/ft ³
Compressibility	0.0118% per unit vol per atm increase at 68 °F (20 °C)
Density (see Appendix) at 32 °F	91.67 lb/ft ³
Specific gravity at 68 °F	1.41 (water = 1)
Boiling point (liquefaction point) at 1 atm	-34.5 °C; -30.1 °F
Freezing point	-100.98 °C; -149.76 °F
Viscosity (see Appendix) at 68 °F	0.345 cP [approximately 0.35 times water at 68 °F (20 °C)]
1-vol liquid at 32 °F and 1 atm	457.6-vol gas
1-lb liquid at 32 °F and 1 atm	4.98-ft ³ gas
Specific heat	0.226 Btu/lb/°F
Latent heat of vaporization	123.8 Btu/lb at -29.3 °F
Heat of fusion	41.2 Btu/lb at -150.7 °F

a. Sifat Umum Klorin

Sifat-sifat umum dari klorin antara lain (Gatot, 1992):

- Bisa membentuk klor hidrat $\text{Cl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ bila bereaksi dengan udara lembab pada suhu 10°C dan 1 atm.
- Gas klorin mempunyai berat jenis 2,5 kali lebih berat dari udara dan berwarna kuning kehijauan.
- Klorin cair mendidih pada tekanan 1 atm dan temperatur -34°C . berwarna coklat kekuningan dengan berat jenis 1,5 lebih berat daripada air.
- Klorin berbau merangsang dan spesifik. Seseorang dapat mengetahui adanya klorin di udara pada konsentrasi rendah dari baunya yang khas, sebelum mencapai konsentrasi yang membahayakan.
- Kelarutan klorin dalam air sangat kecil (7,30 gr /ltr air pada suhu 20°C). Oleh karena itu, *container* yang bocor tidak boleh disiram dengan air karena akhirnya hanya akan memperbesar kebocoran tersebut.

- Satu bagian volume klorin cair akan melepaskan 460 bagian gas klorin karena penguapan. Oleh karena itu, klorin cair jauh lebih membahayakan daripada gasnya.
- Klorin kering tidak bersifat korosif terhadap bahan besi dan baja, tetapi klorin yang basah sangat korosif terhadap bahan-bahan tersebut. Laju korosi gas klorin naik dengan makin meningkatnya kadar uap air (*moisture*) yang dikandungnya. Oleh karena itu, penting sekali untuk memberi perlindungan terhadap *container*, bejana, pipa-pipa dan *valve* dari pengaruh kelembaban.

b. Sifat Reaktif Klorin

Klorin bersifat reaktif dengan beberapa unsur dan senyawa yaitu, logam, hidrogen, amonia, dan senyawa organik (Gatot, 1992).

- Reaksi dengan Logam

Klorin bereaksi dengan hampir semua jenis logam dan membentuk senyawa klorida. Reaksi akan makin dipercepat dengan makin meningkatnya temperatur. Gas klorin yang kering bereaksi sedikit sekali dengan besi pada temperatur kamar.

- Reaksi dengan Hidrogen

Campuran gas klorin dengan hidrogen bersifat eksplosif. Reaksi eksplosif akan bertambah hebat dengan bantuan sinar matahari langsung atau panas, dengan menghasilkan senyawa hidrogen klorida.

- Reaksi dengan Amonia

Gas klorin bereaksi dengan amonia. Bila klorin bereaksi dengan amonia sebagai *excess* maka hasil reaksi berupa amonium klorida dan gas N_2 . Akan tetapi, bila klorin sebagai *excess*, maka akan terbentuk nitrogen triklorida (NCI_3) yang bersifat eksplosif. Deteksi kebocoran klorin dapat dengan

mudah dilakukan dengan memakai amonia yang menghasilkan asap putih dari senyawa amonium klorida yang terbentuk.

- Reaksi dengan Senyawa Organik

Klorin sangat reaktif terhadap semua senyawa organik seperti benzen, phenol, dll. Dengan melepaskan panas yang tinggi selama reaksi dan menghasilkan senyawa *chlorinated* organik dan asam klorida.

2.3.2 Kegunaan klorin

Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi telah mendorong pengembangan penggunaan klorin. Dewasa ini sudah sedemikian luasnya kegunaan klorin sehingga dapat dijadikan indikator untuk mengukur tingkat kemajuan industri suatu negara hanya dengan mengetahui tingkat konsumsinya. Secara garis besar, kegunaan klorin adalah sebagai berikut (White, 1972):

- Pemakaian Secara langsung
Pemakaian secara langsung meliputi *bleaching pulp*, kertas, serat-serat (rayon), untuk disinfeksi air minum, *chlorinasi* air pendingin dan air buangan, untuk keperluan sanitasi, dan lain-lain.
- Pemakaian Secara Tak Langsung
Digunakan untuk bahan pembantu dalam pembuatan *vinyl chloride* (VCM), *vinylidene chloride*, *chlorinated solvent*, pembuatan zat warna, pembuatan insektisida, pembuatan bahan kimia organik dan anorganik.
- Pembuatan Logam
Untuk ekstraksi logam titanium.

Di Indonesia, pemakaian klorin sampai saat ini masih terbatas pada pemakaian untuk *bleaching pulp*, kertas, tekstil, pembuatan bahan kimia (*zinc chloride*, *monosodium glutamate*), *pickling liquor* pada industri

galvanizing, klorinasi air minum dan air pendingin, sanitasi pada industri *cold storage* dan industri makanan.

2.3.3 Toksisitas Klorin

Menurut EPA *Chemical emergency preparedness & prevention advisory* (1990), Klorin termasuk kedalam *extremely hazardous substance* (EHS) karena dampaknya yang dapat mengakibatkan luka atau kematian pada seseorang apabila terpajan dalam jumlah yang cukup. *Lethal Concentration* (LC 50) pada tikus adalah 293 ppm/1 jam secara inhalasi. NFPA memberikan *hazard symbol* untuk gas klorin yaitu merah (0) *non flammable*, biru (4) sangat berbahaya bagi kesehatan jika memajan dalam bentuk cair atau gas, kuning (0) stabil, putih (OX) *oxidizer*.



Gambar 2.1 Kode NFPA untuk Gas Klorin

Sumber : CAMEO Chemical

Dampak pajanan klorin terhadap organ tubuh manusia adalah sebagai berikut (Japan Soda Industri Association, 1977) :

- Organ Mata terkena Klorin (*eye contact*)

Pada pemaparan dengan konsentrasi 2-5 ppm, bahkan pada 1 ppm, klorin sudah dapat memberikan gejala sedang pada mata seperti air mata mengalir keluar dengan deras. Bila meningkat pada konsentrasi 5-30 ppm, klorin dapat menimbulkan gejala berat, pandangan mata dapat terganggu. Mata sakit kena sinar (*photobia*), pedih, *conjunctiva* merah dan bengkak, kelopak mata membengkak sehingga mata dapat tertutup. Kornea dapat terluka dan terkelupas, jaringan lebih dalam dapat rusak,

Universitas Indonesia

terjadi *necrose* dan *ulcerasi* yang hampir selalu berakhir dengan kebutaan.

- Organ Kulit terkena Klorin (*skin contact*)

Kulit biasanya tidak mudah terangsang oleh klorin, tetapi Flury dan Zernih (1931) membuktikan bahwa kontak dengan klorin dalam kadar tinggi dapat menimbulkan perasaan panas seperti tersengat, tertusuk, atau seperti terbakar terkena api. Kulit akan bergelembung berisi air, mengelupas, bahkan mengalami peradangan. Bila kulit terkena klorin dalam jumlah yang cukup banyak, dapat menimbulkan *frost-bite*, yaitu perasaan sakit karena terkena dingin yang ekstrim.

- Organ Pernafasan terkena klorin (inhalasi)

Indera penciuman sudah dapat mendeteksi bau klorin pada konsentrasi 0,1-0,4 ppm, bahkan bagi mereka yang baru pertama kali mencium klorin sudah dapat merasakan hanya pada konsentrasi 0,06 ppm. Klorin merupakan zat iritan yang kuat dengan bau yang khas. Seseorang sudah dapat mengetahui keberadaan klorin di udara pada konsentrasi jauh dibawah konsentrasi yang membahayakan.

perasaan tidak enak yang mula-mula terasa adalah rangsangan gatal pada hidung yang sudah terjadi pada konsentrasi 0,2 ppm dalam pajanan selama 2-20 menit. Bila konsentrasi meningkat 1ppm, gejala yang timbul bertambah dengan rasa gatal dan kekeringan pada kerongkongan, batuk-batuk, dan sulit mnghirup udara. Pada konsentrasi 1,3-3,5 ppm, klorin menimbulkan gejala sedang seperti batuk-batuk, kesukaran bernafas, bersin-bersin, dan *snivelling*. Pada konsentrasi yang lebih tinggi, yaitu 5-30 ppm, klorin dapat menimbulkan gangguan pada pernafasan seperti batuk-batuk, tercekik (*choking*), kesukaran bernafas, sakit di dada disertai rasa sakit dan berat dikepala dan kelemahan badan. Hal ini dapat terjadi karena adanya *mocous secretion oedem* dan peradangan ringan

paru-paru yang dapat menimbulkan penyempitan pada saluran udara.

Pada pemajanan 30-60 ppm, klorin memberikan *critical symptoms*. Orang tak mungkin dapat bernafas dan bila pemajanan berlanjut sampai ½-1 jam akan menimbulkan kematian. Jika pemajanan mencapai di atas 1000 ppm, dapat mengakibatkan kematian seketika.

2.3.4 Dampak Klorin Terhadap Lingkungan

Klorin yang bersifat mengiritasi sistem pernafasan pada konsentrasi yang tinggi dapat menimbulkan efek kesehatan terhadap binatang. Gejala yang ditimbulkan sama dengan gejala pada manusia jika terpajan klorin. Sistem *aquatic* juga akan mengalami gangguan jika klorin mencemari air. Akan tetapi, gangguan yang dialami pada hewan dan tumbuhan air tidak bersifat permanen.

Apabila gas klorin mengenai tumbuhan atau pepohonan maka daun-daun pada pohon tersebut akan menjadi putih dan segera rusak. Gas klorin akan menghambat menghentikan tanaman untuk memproduksi klorofil sehingga memperlambat pertumbuhan dari tanaman tersebut. Ketika molekul klorin menjadi gas *hydrogen chloride* dan jatuh ke bumi terbawa oleh air hujan, akan berkontribusi menimbulkan hujan asam (The Chlorine Institute, 1999).

2.4 Chlorine Feed System (Sistem Pemberian Klorin)

Klorin didistribusikan ke *water treatment plant* dan *wastewater treatment plants* sebagai campuran dari cairan dan gas. Meskipun *fire codes* mendefinisikan klorin sebagai gas karena sifatnya pada kondisi atmosfer standar berbentuk gas, klorin disimpan sebagai cairan. Cairan klorin lebih padat daripada gas klorin. Kondisi ini yang membuat klorin lebih efektif disimpan dalam bentuk cair. Walaupun volume *storage* kecil, jumlah klorin yang disimpan besar. Bentuk cair dan gas dari klorin harus ditindak dengan cara yang berbeda termasuk dalam tata cara penanganan atau pemeliharannya. Klorin merupakan bahan kimia yang sangat berbahaya (*extremely dangerous*). Sebuah pemahaman menyeluruh atas

sifat fisik dan kimia klorin, serta metode yang digunakan dalam penyimpanan dan pemberian klorin sangat penting untuk mendesain atau mengoperasikan sebuah sistem klorin dengan cara yang aman (White, 2010).

Gas klorin yang ada pada sistem klorin memiliki dua perbedaan, yaitu gas klorin yang berada pada tekanan tertentu (memiliki tekanan) dan gas klorin yang tidak memiliki tekanan (*vacuum*). Perbedaan ini mempengaruhi beberapa aspek dari desain dan operasi dari sistem klorin itu sendiri yang meliputi material dari peralatan, pipa, *valve* yang digunakan pada sistem, dan pertimbangan dari layout sistem (White, 2010).

Klorin dapat disimpan di area pabrik dengan beberapa cara. Metode penyimpanan yang dipilih biasanya berdasarkan dari jumlah kebutuhan klorin untuk disimpan dan jumlah maksimum yang dibutuhkan pada sebuah unit instalasi. Beberapa metode digunakan untuk menetapkan jumlah yang dibutuhkan dalam penyimpanan, tetapi pada umumnya sebuah *storage* dapat mensuplai selama 30 hari dengan dosis rata-rata (pada konteks ini, dosis adalah jumlah klorin yang diberikan dalam miligram per liter atau *parts per million*) dan rata-rata aliran pabrik (*plant flows*). Persyaratan yang kedua adalah tujuh hari mensuplai dengan dosis dan aliran pabrik maksimum. Beberapa fasilitas tidak menggunakan kedua kriteria di atas tetapi menggunakan 14 hari dengan dosis maksimum dan aliran pabrik rata-rata atau mensuplai dengan dosis rata-rata dan aliran pabrik maksimum. Perbedaan situasi mempengaruhi keperluan ini, termasuk jarak jauh atau dekatnya sumber dari suplai, kemungkinan adanya gangguan, atau gangguan karena bencana alam. Terdapat lima perbedaan dari metode penyimpanan klorin di *site*. Dari yang terkecil sampai yang terbesar klorin disimpan dalam 150-lb / 68 kg *cylinders* (*cylinders*), 2000-lb/907 kg *containers* (*ton containers*), 17-ton *tank trucks*, 90-ton *tank cars* (*railcars*), dan *on-site storage tanks* (White, 2010).

Ketika memilih *storage* dan sistem pemberian klorin, laju alir maksimum seketika harus dipertimbangkan karena jumlah dari klorin yang dapat diberikan berhubungan dengan jumlah panas yang dapat disalurkan ke klorin di dalam *container*. Jika panas yang disalurkan ke klorin tidak cukup, maka aliran klorin akan berkurang dan akan secepatnya berhenti. Pada kondisi normal, laju

pemberian klorin maksimum tidak akan dilewati. Jumlah panas yang dapat di salurkan ke *container* secara langsung berhubungan dengan temperatur ambien, area permukaan *container*, dan kondisi aliran konveksi disekitar *container*. Hubungan ini dapat ditunjukkan dengan persamaan di bawah ini (White, 2010):

$$Q = hA\Delta T,$$

Dimana

Q = Jumlah panas yang ditransfer ke *container*

h = rate / kecepatan dari panas yang di transfer ke *container*

A = Permukaan area *container*

ΔT = Perbedaan temperatur diantara *container* dengan sekitar

Dapat kita lihat, perbedaan temperatur yang lebih besar (ΔT) diantara klorin dengan sekitarnya, area permukaan *container* yang lebih besar (A), dan transfer panas ke *container* yang lebih cepat (h), jumlah panas yang ditransfer ke *container* yang lebih besar, akan memberikan jumlah klorin yang lebih besar dari sebuah *container*. Berdasarkan hal demikian, dapat ditemukan berbagai cara untuk meningkatkan kecepatan aliran maksimum dari *container* klorin. Menempatkan *container* di dalam ruangan pada temperatur yang lebih tinggi dari temperatur ambien merupakan sebuah pilihan. Kecepatan dari transfer panas (h) ke *container* sangat dipengaruhi oleh cepatnya udara yang jatuh di sekitar *ton container*. Udara yang jatuh di sekeliling *container* merupakan udara sekitar *container* yang dingin dan menjadi lebih padat daripada udara sekitar, membuat arus konveksi udara yang alami. Segala sesuatu yang dapat meningkatkan kecepatan pergerakan udara di atas *container* akan meningkatkan kecepatan aliran maksimum dari *container*. Sebuah kipas akan menjadi efektif dalam situasi seperti ini. Kedua cara diatas bukan merupakan sebuah strategi yang seharusnya dilakukan ketika mendesain sebuah sistem klorin, cara-cara tersebut lebih baik digunakan untuk waktu yang sementara atau dalam keadaan darurat (*emergency*). Mempertimbangkan semua ini, jelas bahwa kondisi ambien memiliki peran yang penting dalam mendesain sistem klorin. Untuk desain ekonomis, sebaiknya tidak hanya jumlah bahan kimia minimum, rata-rata, dan maksimum yang ditentukan,

tetapi juga permintaan kebutuhan yang secara tiba-tiba yang akan terjadi. Sebagai contoh, jika keperluan maksimum terjadi di musim panas ketika temperatur udara mencapai lebih dari 100⁰F, temperatur ambien yang lebih tinggi dapat dimasukkan ke dalam perhitungan. Bagaimanapun juga, sangat penting untuk menentukan jumlah kebutuhan klorin maksimum di berbagai macam kondisi (White, 2010).

2.4.1 Chlorine Cylinder

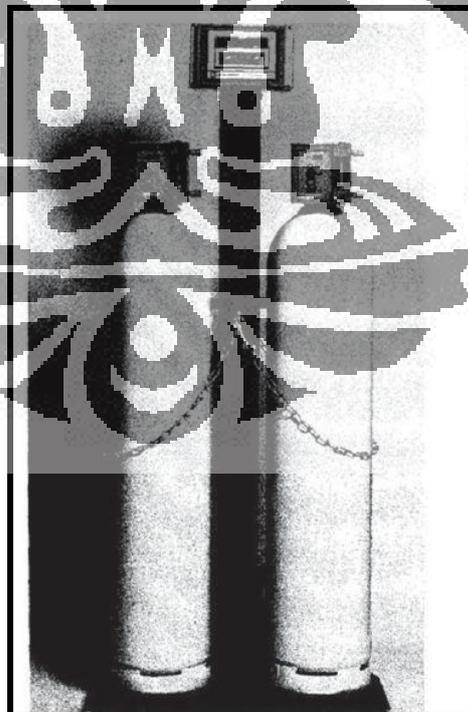
Chlorine cylinder terdiri dari berbagai ukuran, tetapi yang paling besar dalam tipenya adalah yang berukuran 150 lb. Semua *chlorine cylinder* harus di konfirmasi oleh spesifikasi *Department of Transportation* (DOT) yaitu 3A480 atau 3AA480. Sebuah *chlorine cylinder* memiliki satu pembuka dilengkapi dengan *slow opening valve*. *Cylinder* memiliki diameter luar maksimum sebesar 10,75 in (273 mm) dan tingginya 59 in. (1499 mm) (White, 2010).

Sebuah 150-lb *cylinder* dapat mengandung lebih dari 150 lb dari klorin. Bagaimanapun juga, hal ini tidak pernah diikuti karena cairan klorin tidak dapat dikempa yang akan mengembang apabila dipanaskan. Jika tidak memiliki volume yang cukup untuk mengembang, tekanan di dalam akan meningkat dan dapat dengan mudah melewati kapasitas kemampuan menahan tekanan *cylinder*. Hal ini akan mengakibatkan kegagalan katastrofik. *Chlorine cylinder* harus dipindahkan secara hati-hati dengan *crane / sling* yang kuat dan sesuai pemindahan dapat dilakukan.

Menghubungkan *cylinder* ke sistem dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu *vacuum regulator* secara langsung disambungkan ke *cylinder valve* atau dengan menggunakan pemasangan *yoke* untuk penarikan bertekanan. Pemasangan *yoke* terdiri dari sebuah *yoke*, *flexible connection*, dan *valve*. Sebuah *yoke* membungkus /menyegel *cylinder valve* secara menyeluruh dan mengeratkan *valve* dengan putarannya. Sebuah *flexible connection* tersambung dengan *yoke* yang terhubung ke *isolation valve* pada sistem klorin. *valve* dari *chlorine cylinder* adalah

valve bertipe *slow-opening* yang terintegrasi dengan *fusible link*. *Valve body* dibuat dar logam campuran *silicon-lead-bronze* yang cocok digunakan untuk klorin. *Fusible link* pada *valve* sangat penting untuk sebuah *chlorine cylinder*, tanpa *fusible link*, ledakan pada *cylinder* dapat terjadi yang merupakan hasil tidak terkontrolnya gas klorin yang keluar. Sangat penting ketika membuka *valve cylinder* dengan perlahan. Ketika *cylinder* yang baru akan dihubungkan ke sistem klorin, tekanan pada *cylinder* akan tinggi (85 psig), ketika tekanan pada sistem adalah rendah (*vacuum*). Dengan menggunakan *valve* bertipe *slow-opening*, sistem akan menerima tekanan yang rendah dari *cylinder* (White, 2010).

Klorin dapat dikeluarkan dari *cylinder* dalam bentuk cair dan gas. Untuk mengeluarkan gas klorin, *cylinder* harus dihubungkan ke *valve* dengan posisi tegak lurus. Untuk mengeluarkan cairan klorin, *cylinder* harus dibalikkan. Hal ini membuat isu keselamatan tambahan dan sebaiknya dihindari. Gas klorin maksimum diberikan dari *cylinder* sebanyak 1-1,5 lb/hari/⁰F, ini cocok untuk kebutuhan 60-90 lb/hari (White, 2010).



Gambar 2.2 *Chlorine Cylinder*

Sumber: White (2010)

2.4.2 Chlorine Ton Container

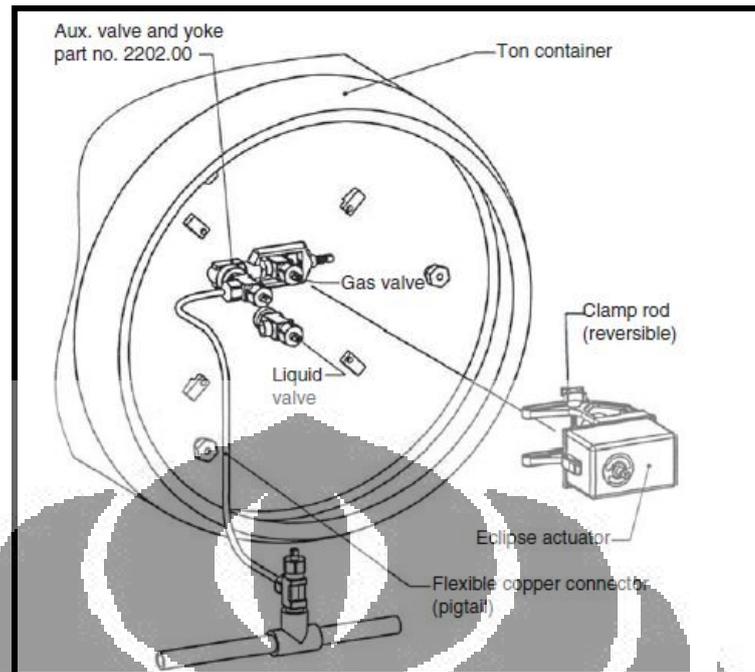
Ton container dapat memuat 2000 lb / 907 kg klorin dan harus memenuhi spesifikasi dari DOT 106A500X. *Ton Container* memiliki beberapa pembuka pada salah satu ujung dari *container* dan memiliki empat penghubung di kepala untuk *valve* dan berbagai penghubung untuk *fusible link*. Di dalam *container*, setiap *valve* terhubung dengan *tube* yang diperluas ke tepi lapisan luar dari bagian dalam *container*. *Ton Container* memiliki diameter luar maksimum 30 in. (762 mm) dan panjang 82,5 in. (2096 mm). *Ton container* memiliki satu kelengkapan keselamatan yang tidak dimiliki *chlorine cylinder*. Kelengkapan itu adalah *concave head* yang didesain untuk membalikkan tekanan ketika *ton container* berada dalam kondisi *overpressure*. Bentuk *concave* memberikan ruang atau volume tambahan dan membuat tekanan dalam *container* lebih rendah (White, 2010).

Klorin dapat diberikan dari *container* dalam bentuk gas dan cairan. Setiap *ton container* memiliki empat *valve* yang hampir mirip dengan *valve* yang dimiliki *chlorine cylinder*. Perbedaannya adalah pada *valve container* tidak terdapat *fusible plug*. *Ton container* diletakkan dalam posisi *horizontal* dengan dua *valve* arah *vertical* (satu diatas yang lain) dan dua *valve* arah *horizontal (side by side)*. Jika *ton container* hanya memiliki dua *valve*, maka *valve* tersebut sebaiknya pada posisi *vertical*. Cairan klorin akan terdapat pada dasar / bagian bawah *container* dan gas klorin akan mengumpul di bagian atas. Untuk mengeluarkan gas klorin dari *container*, *valve* yang berada di atas harus digunakan. *Tube* yang berada di dalam *vessel* akan membawa gas yang berada di bagian atas *container* menuju *valve*. Untuk mengeluarkan cairan klorin, *valve* yang berada di bawah harus digunakan, *tube* yang berada dalam *vessel* akan membawa cairan yang terletak di bagian bawah *container* menuju *valve* bersangkutan (White, 2010).

Sama seperti dengan *chlorine cylinder*, terdapat batas jumlah klorin yang dapat diberikan oleh *ton container*. Jumlah maksimum gas klorin yang dapat diberikan adalah sebanyak 6-8 lb/hari/⁰F. Pada

temperatur 60⁰F, ini cocok untuk kebutuhan 360-480 lb/hari. Sedangkan untuk klorin cair, jumlah maksimum yang dapat dibrikan adalah sebanyak 400 lb/jam (9600 lb/hari) (White, 2010).

Pada ton container, terdapat beberapa bagian yang berperan penting dalam proses pengeluaran gas klorin dari container. Bagian-bagian tersebut antara lain *valve*, *flexible copper connector*, dan *fusible plug*. *Valve* pada ton container terdiri dari *gas valve* dan *liquid valve*. *Valve* tersebut digunakan untuk mengatur tekanan klorin yang keluar dari ton container. *Flexible copper connector* atau biasa disebut dengan pipa fleksibel digunakan untuk menghubungkan *valve* dengan pipa koneksi yang terhubung dengan sistem. Apabila yang diinginkan adalah gas klorin, maka *flexible copper connector* dihubungkan dengan *valve* yang berada di atas. Akan tetapi, jika klorin dibutuhkan dalam jumlah yang besar, maka *flexible copper connector* dihubungkan dengan *valve* yang berada di bagian bawah untuk mengeluarkan dan menyalurkan klorin cair yang selanjutnya menuju *evaporator* untuk menghasilkan gas klorin dalam jumlah yang lebih besar. Sedangkan *fusible plug* (sumbat pengaman) berfungsi sebagai pengaman untuk tekanan berlebih dan tempat dimana dilakukannya pemeriksaan bagian dalam *container* ketika proses pemeliharaan (*maintenance*). Terdapat tiga *fusible plug* (sumbat pengaman) pada ton container yang terletak di setiap sudut kepala container. Bagian-bagian dari *head container* tersebut ditampilkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.3 *Chlorine Ton Container*

Sumber: White (2010)

Pada bagian tersebut, terdapat sebuah bagian yang merupakan kelemahan dari jenis *ton container*. Bagian itu adalah *flexible connection/flexible copper connector/pipa fleksibel*. Bagian ini merupakan bagian yang rawan dan harus diinspeksi secara rutin dan diganti apabila kondisinya sudah tidak baik. Merujuk pada *Chlorine Institute, Copper tubing* dengan diameter $\frac{1}{4}$ in. atau $\frac{3}{8}$ in. sangat direkomendasikan. Selang karet fleksibel atau *fluoroplastic hose* sebagaimana yang dijelaskan pada *Institute Pamphlet 6* merupakan bahan yang cocok. Akan tetapi, klorin akan menembus dan memasuki lapisan bahan tersebut pada suatu saat sehingga dapat merusak *flexible connection* (White, 2010).

2.4.3 *Chlorine Tank Cars*

Tank truck digunakan untuk pelayanan klorin yang memiliki kapasitas 15-22 ton, pada umumnya 17 ton. Terdapat dua bagian dari *tank truck* yaitu *vessel* dan perlengkapan tambahan dari *trailer* (roda, as roda, *chock*, dll.). *Vessel* tersebut harus memenuhi spesifikasi dari DOT yaitu

MC331. Untuk jenis *vessel* yang lebih tua, maka harus disesuaikan dengan MC330 (White, 2010).

Tank truck dapat digunakan untuk mentransfer klorin ke tangki penyimpanan atau diberikan secara langsung layaknya *ton container* yang dapat memberikan klorin dalam bentuk cair atau gas. Pada Bagian atas *tank truck* terdapat pelindung berlapis baja yang didalamnya terdapat empat *slow-opening angle valve* dan sebuah *valve* pengatur tekanan. Dua sudut *valve* untuk memberikan klorin cair, dan dua *valve* lainnya untuk memberikan klorin dalam bentuk gas. *valve* untuk mengeluarkan klorin cair dihubungkan ke pipayang diperpanjang ke bagian bawah *vessel* sehingga klorin cair dapat disalurkan. Panjang dan lebar 17-ton *tank truck* pada umumnya tidak melebihi standar *truck trailer* (White, 2010).

2.4.4 Storage Tanks

Cylinder, ton container, tank truck atau *rail car* merupakan tipe penyimpanan klorin yang dapat dipindah tempatkan. Berbeda dngan *storage tank* atau tangki penyimpanan klorin. Fasilitas ini merupakan fasilitas yang tidak bergerak dan didesain untuk berada di satu tempat yang telah ditentukan. Ukuran fisik dari fasilitas ini tidak dibatasi oleh peraturan-peraturan. *storage tank* dapat dibuat dari *carbon steel* dan memiliki persyaratan yang sama dengan *tank truck* (DOT specification MC331). Semua penghubung terletak di bagian atas tangki, dan *platform* beserta tangganya harus cukup untuk mengakses *shutoff valve*. ketika mensuplai klorin dari tangki tersebut, sebaiknya ditangani langsung oleh operator dengan tim yang lengkap dan diawasi isinya atau muatan yang berada di dalam tangki dengan menggunakan indikator skala (*Chlorine Institute Pamphlet #5*).

2.5 Khlorinator

Khlorinator adalah alat pembubuh dan pengukur laju alir gas klorin pada suatu proses atau bagian dari suatu proses. Jenis-jenis khlorinator terbagi menjadi

tiga, yaitu khlorinator sistem hampa, khlorinator sistem konvensional, dan khlorinator sistem langsung (Isnadi, 1992).

2.5.1 Khlorinator sistem hampa

Dasar kerja dari sistem khlorinator ini adalah kondisi hampa yang ditimbulkan injector digunakan untuk mengalirkan klorin dari tabung ke dalam air injeksi. Gas khlorine masuk melewati katup pengatur (peringan tekanan), sebuah pegas dalam katup akan mempertahankan kestabilan kondisi hampa pada rangkaian sebelum rotameter. Pada kondisi dibawah hampa normal (tekanan absolut besar), ujung katup pada aliran gas khlorine yang masuk akan menutup, sedangkan ujung katup pada pangkal sekat akan membuka, Ventilasi akan membuka ke udara jika tekanan gas berlebih. Setelah gas khlor melewati rotameter dan takik 'V', gas khlorine akan masuk ke dalam katup pengatur (katup ringan tekanan). Dalam katup ini terdapat pegas yang akan mempertahankan kondisi hampa (*vacuum*) yang stabil. Bila kondisi hampa berlebih, katup ini akan dimasuki udara dan udara tersebut bersama gas khlorine menuju injector. Takik 'V' akan mengatur besar kecilnya laju alir gas yang melalui rotameter, injector dilengkapi dengan katup pengendali yang akan menghindari tekanan balik air ke dalam khlorinator. Dalam setiap katup terdapat sekat (diafragma) yang pada bagian tepinya merupakan lembaran tipis sehingga sekat bisa bergerak secara dinamis menjalankan fungsi dari masing-masing katup. Berdasarkan observasi dan data yang didapatkan penulis dari Kepala Bagian Unit *Utility* Kujang IA dan IB, sistem khlorinator yang diterapkan pada ton container adalah khlorinator sistem hampa.

2.5.2 khlorinator sistem konvensional

Dasar kerja dari sistem khlorinator ini hampir sama dengan sistem khlorinator hampa yaitu kondisi hampa yang ditimbulkan injektor digunakan untuk mengalirkan gas klorin dari tabung kedalam air injeksi. Gas klorin masuk melalui tabung cerat. Tabung ini sebagai pencerat

kotoran (cairan) yang terbawa gas klorin. Pada tabung cerat dilengkapi dengan katup cerat. Katup ini membuka pada periode tertentu sewaktu diperlukan pembuangan kotoran. Penunjuk laju alir digunakan rotameter yang dikedua ujungnya dilengkapi dengan “*glove valve*”. Pipa pintas digunakan bila rotameter mengalami kerusakan. Injektor tanpa dilengkapi pengendali aliran balik air kedalam khlorinator maupun tabung klorin cair. Pengaturan laju alir dengan katup tabung tabung klorin cair.

2.5.3 Khlorinator sistem langsung

Dasar kerja dari sistem ini yaitu tekanan klorin dalam tabung digunakan untuk mengalirkan gas dari tabung ke dalam air. Gas klorin masuk ke dalam khlorinator yang dihubungkan langsung dengan tabung klorin cair. Pertama kali gas klorin dikurangi tekanannya dengan katup pengurang tekanan (*pressure reducing valve*) menjadi 20 psi. Gas klorin menuju rotameter dan pengatur “Dasering” setelah gas klorin melewati pengatur akan melalui katup pengeluaran. Katup ini akan bekerja bila diperlukan untuk mengeluarkan gas dari sistem khlorinasi. Sebelum gas klorin sampai ke alat penyebar gas melewati katup pencegah aliran balik. Katup ini akan terbuka bila tekanan pada gas yang masuk ke katup lebih besar 2 psi dari tekanan titik penyebaran gas.

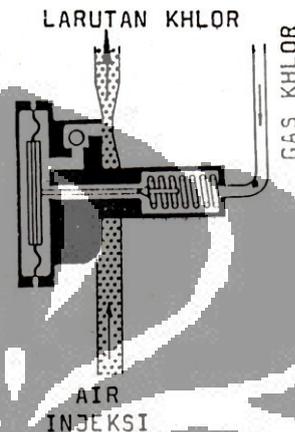
2.5.4. Bagian-Bagian Utama Khlorinator

Sistem khlorinator tersebut memiliki bagian-bagian utama yang terdiri dari injektor, katup pengatur peringan hampa (*Vacuum Regulating/Relief valve*), rotameter dan takik ‘V’, katup pengatur peringan tekanan (*Pressure Regulating/Pressure Relief valve*), dan heater (Isnadi, 1992).

a. Injektor

Injektor merupakan bagian utama dari khlorinator. Alat ini berfungsi untuk menghampakan sistem khlorinator sehingga gas khlorine terhisap ke dalam air injektor menjadi larutan khlorine. Injektor

dilengkapi dengan katup pengendali yang akan mencegah terjadinya aliran balik dari pada air yang akan masuk ke sistem khlorinator. Alat ini juga dilengkapi dengan katup pengatur yang tergerakkan oleh sekat (diafragma) yang dapat bergerak secara otomatis. Bila kondisi hampa, katup akan membuka, sebaliknya bila ada tekanan dari injektor katup akan menutup.



Gambar 2.4 Injektor
Sumber: Isnadi (1992)

b. Katup Pengatur Peringan Hampa (*Vacuum Regulating/Relief Valve*)

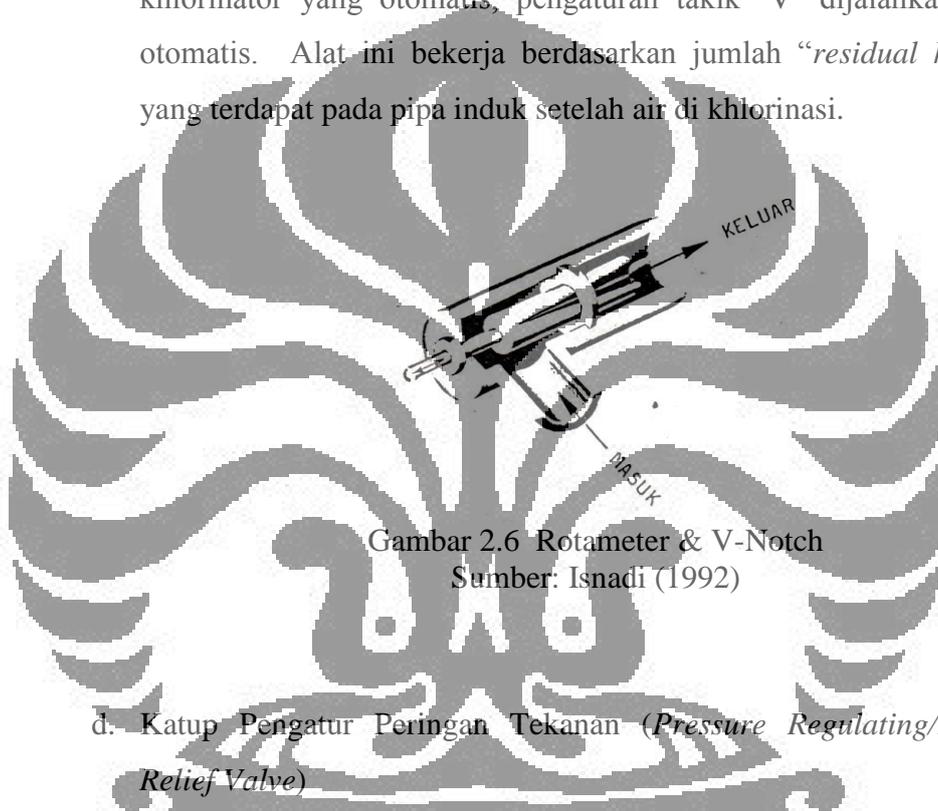
Fungsi dari katup ini adalah untuk mengatur hisapan dari injektor. Katup ini bekerja secara otomatis. Bila hisapan dari injektor besar, maka katup aliran khlorine menuju injektor akan menutup, sebaliknya bila hisapan kecil, maka katup akan membuka. Bila kondisi hampa berlebihan, katup yang berada pada sekat (diafragma) akan membuka dan udara akan masuk bersama gas khlorine menuju injektor.



Gambar 2.5 Katup Pengatur
Sumber : Isnadi (1992)

c. Rotameter & Takik 'V' (*V-Notch*)

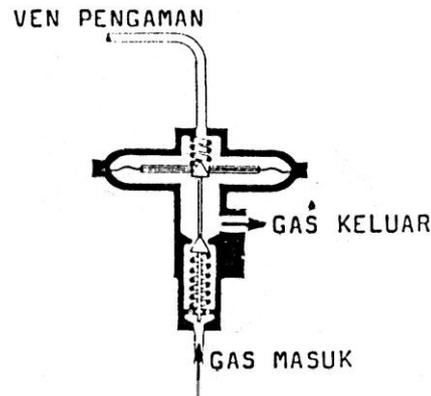
Fungsi dari rotameter adalah untuk mengukur/menunjukkan laju alir gas khlorin yang dikeluarkan oleh khlorinator. Fungsi takik 'V' adalah untuk mengatur besar-kecilnya laju alir gas khlorine yang melewati rotameter. Pangkal takik 'V' dihubungkan dengan ulir dimana ulir ini dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Pada khlorinator yang otomatis, pengaturan takik 'V' dijalankan secara otomatis. Alat ini bekerja berdasarkan jumlah "*residual khlorine*" yang terdapat pada pipa induk setelah air di khlorinasi.



Gambar 2.6 Rotameter & V-Notch
Sumber: Isnadi (1992)

d. Katup Pengatur Peringan Tekanan (*Pressure Regulating/Pressure Relief Valve*)

Katup ini berfungsi untuk mengatur kondisi hampa yang berada sebelum rotameter dalam sistem khlorinator. Pada bagian ini terdapat dua buah ujung katup yang dapat bergerak secara otomatis. Bila kondisi operasi dibawah hampa normal, ujung katup yang satu menutup aliran gas khlor dari container, sedangkan ujung katup yang berada di pangkal sekat akan membuka dan khlorine akan terbuang ke sistem ventilasi. Pada kondisi hampa yang normal, ujung katup dari arah masuknya gas terbuka sedangkan yang lain berada dalam kondisi tertutup oleh sekat.



Gambar 2.7 Katup Pengatur (Peringan Tekanan)

Sumber: Isnadi (1992)

e. Alat Pemanas (*Heater*)

Alat pemanas (*heater*) berfungsi untuk mencegah pengendapan yang terjadi akibat gas klorine mencair kembali pada sistem klorinator. Apabila klorine yang dibutuhkan dalam bentuk gas dan jumlah yang diinginkan tidak begitu besar, maka alat ini dipasang sebelum katup pengatur/peringan tekanan.

2.6 Fault Tree Analysis

Fault tree analysis (FTA) merupakan teknik deduktif yang fokus pada satu kecelakaan utama atau kegagalan sistem dan mengembangkan metode untuk menentukan penyebab dari setiap kejadian. FTA dikatakan teknik deduktif (umum-khusus) karena dapat menjelaskan atau menggambarkan secara rinci penyebab-penyebab dari sebuah kejadian yang umum sehingga dapat diketahui penyebab dasarnya. Teknik ini merupakan model grafik yang menampilkan beberapa kombinasi antara kegagalan peralatan dengan *human error* yang mengakibatkan kegagalan sebuah sistem atau kecelakaan. Dengan kata lain, tujuan dari teknik ini adalah untuk mengidentifikasi kombinasi dari kegagalan peralatan dan kesalahan manusia yang dapat menghasilkan sebuah kecelakaan (*Center for chemical process safety, 1992*).

2.7 Areal Location of Hazardous Atmosphere (ALOHA)

2.7.1 Sejarah ALOHA

ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmosphere) merupakan sebuah program komputer yang dibuat untuk *emergency response* dan *emergency preparedness/planning*. Versi awal ALOHA adalah versi 5.2.3 yang dirilis tahun 1999. ALOHA merupakan *public domain code* yang merupakan bagian dari sistem *software* yang dikenal sebagai *Computer Aided Management of Emergency Operations* (CAMEO) yang dibuat untuk merencanakan dan merespon keadaan darurat yang berhubungan dengan kebocoran bahan kimia. ALOHA versi 5.4.1.2 adalah versi terbaru yang dapat memodelkan dispersi atau penyebaran gas beracun, ledakan, dan radiasi pajanan panas. Berbeda dengan versi sebelumnya yang hanya memodelkan penyebaran gas beracun (ALOHA Manual, 2007).

Software ini secara luas digunakan bersama DOE (*Department of Energy*) complex untuk aplikasi analisis *safety*. *United States Environmental Protection Agency* (EPA), melalui *Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office* (CEPPO), dan kantor *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), bergabung mensponsori ALOHA. ALOHA dapat didownload secara gratis dari website EPA (<http://www.epa.gov/ceppo/comeo/aloha.htm>) (Khotimah, 2008).

2.7.2 Cara Penggunaan ALOHA

ALOHA dapat memodelkan tiga jenis bahaya, yaitu penyebaran gas beracun (*toxic gas dispersion*), kebakaran, dan ledakan. ALOHA menggunakan beberapa model penyebaran yang berbeda meliputi model dispersi udara yang digunakan untuk memperkirakan pergerakan dan penyebaran gas-gas kimia. Model dispersi udara yang digunakan adalah *Gaussian* dan *heavy gas* (gas berat). ALOHA juga dapat memperkirakan penyebaran gas beracun, *overpressure* dari *vapour cloud explosion*, atau suatu area yang mudah terbakar akibat *vapour cloud* (ALOHA Manual, 2007).

Secara umum, cara menggunakan ALOHA adalah sebagai berikut:

1. Tentukan lokasi terjadinya kebocoran bahan kimia, termasuk tempat dan waktu kejadian.
2. Pilih bahan kimia yang menjadi fokus penelitian dari dokumen informasi kimia (*chemical library*) ALOHA.
3. Masukkan informasi mengenai kondisi cuaca terkini.
4. Gambarkan bagaimana bahan kimia tersebut terlepas dari tempat penyimpanannya.
5. Tampilkan *threat zone*-nya untuk menampilkan area berbahaya.

Tampilan dasar operasi ALOHA terdiri dari tujuh menu utama, dari kiri ke kanan, yaitu (ALOHA Manual, 2007) :

1. **File and Edit:** Pilihlah items dari 2 menu ini untuk menampilkan operasi dasar, seperti membuka, menutup dan menyimpan file, mengeprint konten dari jendela ALOHA, dan mengcopy teks dan grafik yang terdapat dalam ALOHA.
2. **SiteData :** Pilihlah items dari menu SiteData untuk masuk ke dalam informasi mengenai kebocoran dari :
 - a. berdasarkan tanggal dan waktu.
 - b. Lokasi
 - c. Tipe bangunan dari keluaran gas beracun
3. **SetUp:** Pilihlah items dari menu SetUp untuk :
 - a. memilih suatu zat kimia dari dari dokumen ALOHA
 - b. indikasi kondisi cuaca (baik secara manual maupun melalui koneksi komputer kepada stasiun meteriologi-SAM).
 - c. "*set the source*" (menggambarkan bagaimana bahan kimia itu bocor). Pilihlah tipe dari kalkulasi dispersi dalam ALOHA (ALOHA dapat memprediksikan pergerakan dari asap *neutrally*

buoyant yang menggambarkan kerapatan udara dan asap gas berat (*heavy gas*) yang lebih rapat daripada udara)

4. Display

Pilihlah items dari menu Display untuk menunjukkan hasil ALOHA yang ingin dilihat.

5. Sharing: Pilihlah items dari menu Sharing, untuk:

- a. Menampilkan suatu “zona berisiko” dari ALOHA diatas suatu peta kawasan tertentu dengan menggunakan MARPLOT, modul pemetaan the CAMEO®, atau
- b. Melihat detail informasi mengenai paparan kimia tertentu yang telah Anda pilih, tampilkan dalam CAMEO's Response Information Data Sheets (RIDS) module.

6. Help: Pilihlah items dari menu *sharing*, untuk melihat daftar topik bantuan dan untuk mendapatkan informasi mengenai ALOHA

2.7.3 Parameter yang Digunakan (ALOHA Manual, 2007)

a. *Site Data*

1. Lokasi

Keadaan geografis tempat terjadinya kebocoran bahan kimia harus diidentifikasi. Parameter yang mempengaruhi variabel lokasi adalah elevasi, posisi lintang dan bujur. Posisi lintang dan bujur beserta data waktu dan tanggal dimasukkan untuk memperkirakan radiasi matahari yang datang. ALOHA menggunakan data elevasi untuk menggambarkan tekanan udara ambient.

2. Tipe Bangunan

Parameter bangunan berhubungan dengan hambatan/tahanan yang akan mempengaruhi besarnya udara yang masuk. Pilihan dari tipe bangunan tersebut meliputi : *Enclosed office building*, *single storied building*, dan *double storied building*. Lingkungan di sekitar bangunan dimana

Universitas Indonesia

terjadinya kebocoran bahan kimia juga harus diidentifikasi, apakah terlindung (disekitarnya terdapat pepohonan/semak-semak, bangunan lain) atau tidak terlindung.

3. Tanggal & Waktu

ALOHA memadukan data tanggal dan waktu bersamaan dengan data lokasi untuk menentukan besarnya radiasi matahari yang datang berdasarkan posisi dari matahari.

b. *SetUP*

1. *Chemical Information*

Informasi mengenai bahan kimia yang diberikan ALOHA tergantung dari bahan kimia yang akan kita teliti. Untuk klorin, informasi yang akan ditampilkan antara lain:

- Nama bahan kimia
- Berat Molekul Berat Molekul : 70,91 g/mol
- AEGL-3: 20 ppm
- AEGL-2: 2 ppm
- AEGL-1: 0,5 ppm
- IDLH : 10 ppm
- Titik didih lingkungan: $-34,2^{\circ}\text{C}$
- Tekanan uap pada suhu lingkungan: $> 1 \text{ atm}$
- *Ambient Saturation Concentration* : 1.000.000 ppm atau 100%

2. *Atmospheric Option*

Variabel-variabel *atmospheric* terdiri dari :

- Kecepatan Angin

Nilai kecepatan angin yang dapat dimasukkan ke ALOHA adalah 1 m/s – 60 m/s. Kecepatan angin dapat ditentukan dengan memberikan estimasi berdasarkan tabel dibawah ini.

Tabel 2.3 Petunjuk Lingkungan untuk Mengestimasi Kecepatan Angin

Meters per Second	Knots	International Description	Specifications
<1	<1	Calm	Calm; smoke rises vertically
<1-2	1-3	Light air	Direction of wind shown by smoke drift, but not by wind vanes
2-3	4-6	Light breeze	Wind felt on face; leaves rustle; ordinary vane moved by wind
4-5	7-10	Gentle breeze	Leaves and small twigs in constant motion; wind extends light flag
5-8	11-16	Moderate	Raises dust, loose paper; small branches are moved
8-11	17-21	Fresh	Small trees in leaf begin to sway; crested wavelets form on inland water
11-14	22-27	Strong	Large branches in motion; whistling heard in telegraph wires; umbrellas used with difficulty
14-17	28-33	Near gale	Whole trees in motion; inconvenience felt walking against wind
17-21	34-40	Gale	Breaks twigs off trees; generally impedes progress

- Arah angin

Arah angin menunjukkan darimana asal angin bertiup. Informasi ini dapat berupa nilai derajat atau huruf yang mengartikan derajat atau arah angin.

- Ketinggian pengukuran kecepatan angin

ALOHA memperhitungkan variasi dari kecepatan angin dengan jarak dari permukaan tanah.

- Kerapatan permukaan daratan (*Ground Roughness*)

Kerapatan permukaan daratan ini berpengaruh dalam pergerakan gas bahan kimia yang menyebar ke udara. Untuk menentukan kerapatan permukaan daratan, kita dapat memilih *open country*, *urban* atau *forrest*, *open water*, atau memasukkan nilai *roughness* (*Zo*) dengan menggunakan bantuan tabel.

- *Cloud cover*

Data ini menggambarkan proporsi langit yang tertutup oleh awan. Kesepuluh tingkatan ini dibuat berdasarkan kesepakatan meteorologis Amerika Serikat. Sebagai contoh, nilai 5 (dari 10) memberikan arti langit separuhnya tertutup oleh awan. *input* yang

Universitas Indonesia

dapat dimasukkan berkisar antara 0 (langit cerah) sampai 10 (langit sangat berawan).

- **Temperatur Udara**

Nilai temperatur udara yang dapat dimasukkan berkisar -73°C hingga 65°C . Nilai temperatur udara merupakan data untuk alogaritma *heat transfer* yang terjadi pada genangan bocoran bahan kimia yang digunakan untuk menentukan temperatur genangan, dengan *vapour pressure* untuk *liquid chemical* dan *evaporation rate* untuk *non-boiling liquid*.

- **Stability Class**

ALOHA menggunakan data tanggal dan waktu, kecepatan angin, dan *cloud cover* untuk mengidentifikasi *stability class* yang sesuai dengan data yang dimasukkan. Jika data-data tersebut telah dimasukkan, maka *Stability class* akan memberikan pilihan alternatif secara otomatis. Untuk menentukan *stability class*, kita dapat menggunakan tabel dibawah ini.

Tabel 2.4 Penentuan *stability class* pada atmosfer berdasarkan Kecepatan Angin dan Radiasi Matahari
Sumber : Casal (2008)

Surface wind velocity, m/s	Daytime insolation			Nighttime ¹ overcast	
	Strong	Moderate	Slight	More than 50%	Less than 50%
< 2	A	A-B	B	E	F
2 - 3	A-B	B	C	E	F
3 - 5	E	B-C	C	D ²	E
5 - 6		C-D	D ²	D ²	D ²
> 6		C	D ²	D ²	D ²

¹ Night refers to the period ranging between 1 h before sunset and 1 h after sunrise.

² The stability class D (neutral) must be used, regardless of wind speed, for overcast conditions during the day and at night.

- **Kelembaban udara**

Kelembaban udara merupakan perbandingan dari jumlah uap air yang ada di udara. Kelembaban relatif ditampilkan dalam bentuk persentase. ALOHA menggunakan kelembaban relatif untuk

memberikan estimasi nilai *transmissivity* atmosfer, memberikan estimasi laju evaporasi dari genangan bahan kimia *puddle*, dan menghitung dispersi atau penyebaran dari *heavy gas*.

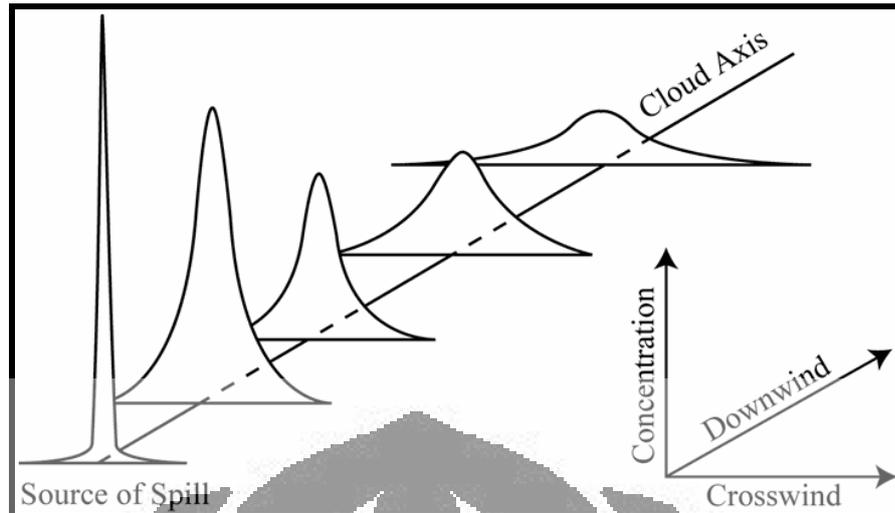
3. Source

ALOHA memberikan beberapa pilihan *source* yang terdiri dari *direct source*, *puddle source*, *tank source*, dan *pipe source*. Masing-masing *source* tersebut memiliki karakteristik yang berbeda-beda.

2.7.4 Model Dispersi yang Digunakan ALOHA

Dispersi adalah istilah yang digunakan oleh pembuat model untuk menggambarkan pergerakan dan penyebaran. Sebuah penyebaran dari *vapor cloud* akan bergerak secara umum mengikuti arah angin (*downwind*) dan menyebar secara tegak lurus dengan arah angin (*crosswind*). Sebuah awan dari gas yang lebih padat atau lebih berat dari udara (biasa disebut *heavy gas*) dapat juga menyebar melawan arah angin menuju dataran yang lebih kecil. Menurut Casal (2008), dispersi digunakan dalam memodelkan kecelakaan untuk mendeskripsikan perkembangan dari awan beracun atau gas yang mudah terbakar atau uap di atmosfer. Dispersi dari awan disebabkan oleh difusi dan digerakkan oleh angin. Perbedaan variabel meteorologi akan mempengaruhi penyebaran polutan di atmosfer.

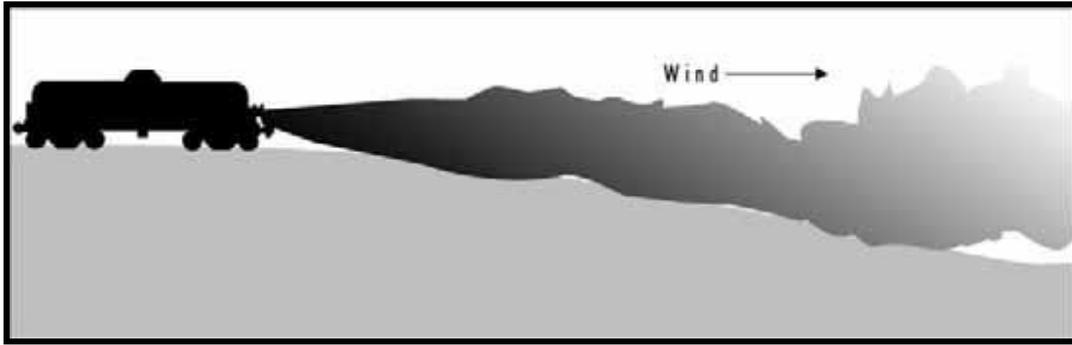
ALOHA dapat memodelkan dua jenis dispersi atau pola penyebaran yaitu, model *gaussian* dan model *heavy gas*. ALOHA menggunakan *gaussian* model untuk memperkirakan bagaimana gas yang ringannya seperti udara akan menyebar di atmosfer. Seperti gas ringan netral yang memiliki berat jenis /kepadatan yang sama dengan udara. Merujuk pada model *gaussian*, grafik dari konsentrasi gas dalam beberapa bagian arah angin dari pergerakan polutan dapat terlihat seperti *bell-shaped curve*, konsentrasi gas tinggi di bagian tengah dan menjadi lebih rendah di bagian tepi. Dengan kata lain, saat terjadi kebocoran bahan kimia, konsentrasinya akan sangat tinggi di awal dan gas tidak menyebar terlalu jauh.



Gambar 2.8 Model Penyebaran *Gaussian*

Sumber: Aloha Manual (2007)

Ketika sebuah gas yang terlepas ke udara lebih berat dari udara, maka perilaku penyebarannya akan berbeda dengan gas ringan netral. Gas berat pertama-tama akan bergerak menurun karena gas tersebut lebih berat daripada udara sekitar. Seperti awan gas yang bergerak mengikuti arah angin, gaya berat akan membuat gas menyebar. Selanjutnya awan gas akan menipis dan kepadatan dari gas tersebut akan hampir sama dengan udara seperti sifat penyebaran dari gas ringan netral. Sebuah gas yang memiliki berat molekul lebih besar dari udara (rata-rata berat molekul udara adalah 29 kilogram/kilomol) akan membentuk sebuah awan gas berat jika gas yang keluar (*release*) mencukupi. Gas yang lebih ringan dari udara pada suhu ruangan, tetapi disimpan dalam *cryogenic* (suhu rendah) juga dapat membentuk awan gas berat. Jika berat jenis dari gas lebih besar dari berat jenis udara, ALOHA akan menganggap gas tersebut sebagai gas berat. Perhitungan penyebaran gas berat yang digunakan ALOHA berdasarkan DEGADIS model (Spicer dan Haven, 1989), satu dari beberapa yang sangat mengetahui model dari gas berat.



Gambar 2.9 Model Penyebaran *Heavy gas*

Sumber: Aloha Manual (2007)

2.7.5 Keterbatasan ALOHA

Seperti beberapa model lainnya, ALOHA tidak dapat memberikan informasi yang lebih akurat apabila data yang dimasukkan tidak akurat. Oleh karena itu, sangat penting untuk memasukkan data yang akurat. Apabila ada keraguan dalam memasukkan data, sebaiknya dipilih nilai yang dapat memberikan skenario terburuk atau melakukan beberapa skenario dan dibandingkan hasilnya untuk hasil yang lebih akurat. ALOHA membutuhkan informasi atmosfer untuk memberikan estimasi disipasi atau penyebaran bahan kimia berbahaya ke udara. Jika terjadi perubahan pada salah satu parameter atmosfer (misalnya kecepatan angin), maka agar zona berisiko (*threat zone*) yang dihasilkan lebih akurat, data yang dimasukkan pada ALOHA sebaiknya dirubah.

Hasil ALOHA tidak akan reliabel jika berada dalam kondisi sebagai berikut :

- a. Kecepatan angin yang sangat rendah. Zona berisiko hasil pemodelan ALOHA akan akurat jika arah angin tidak berubah dari nilai yang telah dimasukkan. Pada umumnya, arah angin sulit diprediksi jika kecepatan angin rendah. Kecepatan angin minimum yang dapat digunakan untuk menampilkan pemodelan zona berisiko ALOHA adalah 1 m/s.
- b. Kondisi atmosferik yang stabil. Dibawah kondisi atmosfer yang sangat stabil (yang biasa terjadi pada malam atau dini hari), kecepatan angin pada waktu tersebut sangat rendah dan kecilnya campuran antara bahan kimia yang menyebar (bocor) dengan udara sekitarnya. Konsentrasi gas bahan kimia tetap tinggi walaupun jauh dari sumber kebocoran. Bahan kimia akan menyebar seperti krim yang dituangkan ke dalam secangkir kopi.

Universitas Indonesia

Krim tersebut akan bercampur dan menyebar secara lambat pada kopi. Membutuhkan waktu yang sangat lama untuk mencampur kedua bahan tersebut tanpa diaduk. Sama halnya dengan bahan kimia yang bocor pada malam atau dini hari, awan gas kimia tersebut akan menyebar secara lambat dengan konsentrasi yang tinggi.

- c. Perubahan kecepatan angin dan efek *terrain steering*. ALOHA memungkinkan penggunaannya memasukkan data masing-masing satu nilai untuk kecepatan angin beserta arahnya. Hal ini membuat ALOHA memberikan asumsi bahwa kecepatan angin dan arahnya dalam keadaan konstan di seluruh area penyebaran. ALOHA juga mengasumsikan permukaan tanah tempat terjadinya penyebaran bahan kimia rata dan bebas hambatan. Pada kondisi yang sebenarnya, arah dan kecepatan angin akan berubah, naik dan turun mengikuti struktur geografis permukaan tanahnya.
- d. Kepekatan konsentrasi. Tidak ada yang dapat memprediksi dengan tepat konsentrasi gas yang bocor secara singkat karena hal tersebut kemungkinannya acak. ALOHA menunjukkan nilai konsentrasi berupa nilai rata-rata dari beberapa menit pada periode waktu tertentu (ini menggunakan hukum probabilitas sebagaimana yang digunakan oleh meteorologis). ALOHA memprediksi konsentrasi tertinggi berada dekat dengan sumber kebocoran dan sepanjang garis awan gas polutan, dan akan menurun sesuai dengan arah angin (Khotimah, 2008).

2.8 Acute Exposure Guideline Levels (AEGLs)

AEGLs memperkirakan konsentrasi pada populasi umum termasuk individu yang sensitif (orang sakit, orang tua, anak-anak) akan mengalami efek kesehatan jika mereka terpajan bahan kimia beracun selama periode tertentu. Sebuah bahan kimia memiliki tiga nilai AEGL untuk memberikan gambaran sesuai dengan efek kesehatan yang lebih spesifik (EPA, 2007). Definisi dari ketiga nilai AEGL tersebut antara lain:

- AEGL-3
Memberikan arti bahwa konsentrasi substansi berbahaya di udara yang diperkirakan memajan populasi umum dapat menimbulkan efek kesehatan buruk yang dapat mengancam jiwa atau kematian
- AEGL-2
Konsentrasi substansi berbahaya di udara yang diperkirakan memajan populasi umum termasuk individu rentan dapat menimbulkan gejala-gejala serius dan bersifat ireversibel, efek kesehatan yang merugikan dalam jangka waktu yang lama atau lemahnya kemampuan untuk melarikan diri
- AEGL-1
Konsentrasi substansi berbahaya di udara yang diperkirakan memajan populasi umum meliputi individu rentan dapat menimbulkan ketidaknyamanan, iritasi, atau efek *asymptomatic nonsensory*, efek-efek tersebut tidak akan melumpuhkan dan akan hilang apabila pajanan telah berhenti.

2.9 Pabrik *Utility*

Pabrik *Utility* adalah pabrik yang menyediakan bahan baku dan penunjang untuk kebutuhan operasi seluruh Pabrik Pupuk Kujang I-A. Bahan baku yang dibutuhkan meliputi air minum, air bersih, air pendingin, air proses, steam, tenaga listrik, IA/PA (Udara Instrumen & Pabrik), gas nitrogen, dan pengolahan limbah cair. Kebutuhan akan bahan baku ini dihasilkan oleh unit-unit :

1. *Water Intake*
2. Pengolahan air
3. Pembangkit Uap
4. Pembangkit listrik
5. Air Pendingin
6. *Instrumen Air/Plant air (IA/PA)*
7. Pengolahan air limbah

2.9.1 Unit *Water Intake*

Sumber air baku (*Raw water*) pabrik terletak pada tiga lokasi yaitu: *Water intake* Cikao (jati luhur), *water intake* parung kadali (curug), dan kolam *emergency* (8 kolam). Khusus untuk kolam *emergency*, kolam ini terletak di dalam pabrik sebagai sumber air cadangan jika keadaan darurat atau dua sumber air baku (Cikao & Parung kadali) tidak bisa mensuplai air. *Water Intake* Cikao beroperasi apabila kondisi air baku di *water intake* Parung kadali *turbidity*-nya mengalami kenaikan > 200 ntu, dan disediakan 2 buah pompa (MP A&B) dengan kapasitas masing-masing $1250 \text{ m}^3/\text{jam}$ dengan *Power* PLN. *Water intake* parung kadali mempunyai 4 buah pompa: MP I, MP II, MP III, dan MP IV. Kolam *emergency* adalah kolam cadangan yang sumbernya berasal dari air hujan yang ditampung di kolam. Ada 8 kolam dan *make up* dari air baku Parung Kadali. Air ini digunakan untuk keadaan darurat, misalnya air baku dari Parung Kadali tidak dapat mensuplai. Kolam *emergency* ini dilengkapi dengan 2 buah pompa dengan kapasitas pompa $450 \text{ m}^3/\text{jam}$.

2.9.2 Pengolahan air (*Water Treatment*)

Unit ini mengolah air baku menjadi air bersih dengan proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi sehingga menghasilkan air bersih yang mempunyai PH 7.0-7.5 dan kekeruhan maksimal 2.0 ppm. Setelah air bersih dihasilkan, air ini akan digunakan untuk berbagai keperluan seperti air proses, air pendingin, air umpan ketel, air pemadam kebakaran (*hydrant*), air minum untuk pabrik dan perumahan. Proses pengolahan air ini juga terdiri dari dua proses yaitu *pretreatmen* dan *demineralizer*.

Unit *pretreatmen* mengolah air baku (*Raw Water*) menjadi air bersih yang siap digunakan untuk proses selanjutnya dan kebutuhan air minum. Air baku pertama diumpankan ke *premix tank* dengan laju alir antara 750 s/d 800 m^3 , aliran air diatur melalui LCV-2100 dan diinjeksikan bahan kimia yaitu:

- Alum sulfat ($Al_2SO_4)_3 + 6H_2O$ sebagai Koagulan, mengikat kotoran menjadi *flok-flok* kecil.
- *Chlorine* (Cl_2) sebagai bahan disinfektan pembunuh bakteri dan memecahkan zat-zat organik yang berbentuk koloid yang susah diikat oleh alum sulfat.

Premix tank ini dilengkapi dengan *agiator* (pengaduk) yang berfungsi sebagai pengaduk air baku dengan bahan kimia agar larutan dapat merata / homogen. *Coagulan aid* diinjeksikan pada aliran *outlet premix tank*. *Coagulant aid* berfungsi untuk mengikat *flok-flok* kecil yang tidak terendapkan menjadi *flok* besar sehingga mudah mengendap. Proses lebih lengkapnya adalah air masuk ke *clarifier*, kemudian didistribusikan dibawah *cone* secara merata diaduk dengan *agitator* supaya terjadi koagulasi untuk menghilangkan kestabilan partikel koloid dengan cara menetralkan muatan listriknya dengan putaran kurang lebih 6 mpr (menit per rotasi) agar *flok-flok* halus tidak mengendap didasar *cone* tetapi terangkat keluar *cone*. Di atas *cone* terjadi proses flokulasi yaitu penyatuan kembali partikel-partikel yang sudah di de-stabilisasi menjadi suatu *flok* yang teraglomerasi dan menyebar keluar diatas *cone*. Kemudian terjadi proses sedimentasi dimana partikel-partikel yang telah teraglomerasi menjadi *flok* yang lebih besar dan semakin berat maka akan mengendap di luar *cone*, yang nantinya secara periodik dibuang/di *blow down* setiap 100.000 liter air yang masuk. Air yang bersih akan mengalir melalui lubang-lubang *over flow* dan masuk ke penampungan kemudian mengalir ke *clear well*. Air yang dihasilkan memiliki pH 6,4-6,6 dan *turbidity* < 1,0 ppm dan Cl_2 antara 0,5-1,0 ppm.

Unit demineralisasi memproses air dari *FWS* (*Filter Water Storage*) menjadi air bebas mineral (*Demineralized Water*) untuk proses *water*. Desain *FWS* untuk di proses Demin antara lain : Total Anion 51 ppm, Total Iron (Fe^{+++}) < 0,2 ppm, karbon dioksida 3 ppm, silika 22 ppm, *turbidity* < 3ppm. Di *Cation Exchanger* ion-ion positif dari air seperti Ca^{++} , Na^+ , K^+ , Mg^{++} diikat, sedangkan ion hidrogen (H^+) dilepas. *Anion exchanger*, resin mengikat ion-ion negatif dan menggantikan dengan ion

hidroksil. Ketika di *Mix bed Polisher* untuk mengikat ion-ion positif & negatif yang masih lolos dari *cation* dan *anion exchanger* dan juga berfungsi sebagai pengaman bila terjadi keracunan dari kation dan anion.

2.9.3 Pembangkit Uap

Pembangkit Uap terdiri dari 3 *Boiler*, yaitu : *Package Boiler 2007U*, *Package Boiler 2007UA*, dan *Waste Heat Boiler 2003U*.

2.9.4 Pembangkit Listrik

Unit pembangkit listrik ini berfungsi menghasilkan tenaga listrik. Unit ini merupakan salah satu penunjang yang sangat penting untuk proses pembuatan pupuk di Pupuk Kujang. Sumber tenaga listrik yang tersedia adalah dari:

- a. *Gas Turbin Generator Hitachi (2006 J)* Kapasitas *Power* 18,350 MW Tegangan 13,6-13,8 KV/50 Hz.
- b. Dan sebagai tenaga listrik cadangan dari PLN (Perusahaan Listrik Negara) dengan kapasitas 50 MW.
- c. *Standby Generator* dua buah yang terdiri dari generator diesel dengan masing-masing kapasitas 750 KW.
- d. *Emergency Generator* dengan kapasitas 375 KW, 440 V, 50 Hz. Operasi *standby auto*.
- e. *UPS (Uninterrupted Power Supply)*

2.9.5 Air Pendingin (Cooling Tower)

Unit air pendingin ini mengolah air dari proses pendinginan yang suhunya 46⁰ C menjadi 32⁰ C, untuk dapat digunakan lagi sebagai air proses pendinginan pada *cooler-cooler* (pertukaran panas) pada peralatan yang membutuhkan pendinginan. Menara pendingin ini terbuat dari *Red Wood* yang telah di proses agar tahan air asam dan basa. Bahan Kimia yang diinjeksikan terdiri dari:

- a. Senyawa Fosfat, untuk mencegah timbulnya kerak pada pipa *exchanger*.

- b. Senyawa *Chlor* untuk membunuh bakteri dan mencegah timbulnya lumut pada menara pendingin.
- c. Asam Sulfae dan *Caustic* untuk mengatur pH air pendingin.
- d. *Dispersant*, untuk mencegah penggumpalan dan pengendapan kotoran-kotoran yang terdapat pada air pendingin dan mencegah terjadi *fouling* pada pipa *exchanger*.

2.9.6 Pengolahan Limbah Cair

Di pabrik Pupuk Kujang, limbah dapat dikelompokkan sebagai limbah beracun, berbau, berdebu, dan berminyak. Sedangkan menurut jenisnya limbah dapat dikelompokkan menjadi limbah padat, cair, dan gas. Di Pabrik Pupuk Kujang, limbah yang memerlukan penanganan serius adalah limbah cair yang diakibatkan beberapa kondisi yaitu: bocoran dari suatu peralatan, bocoran dari tumpahan saat pengisian, pencucian atau perbaikan suatu peralatan.

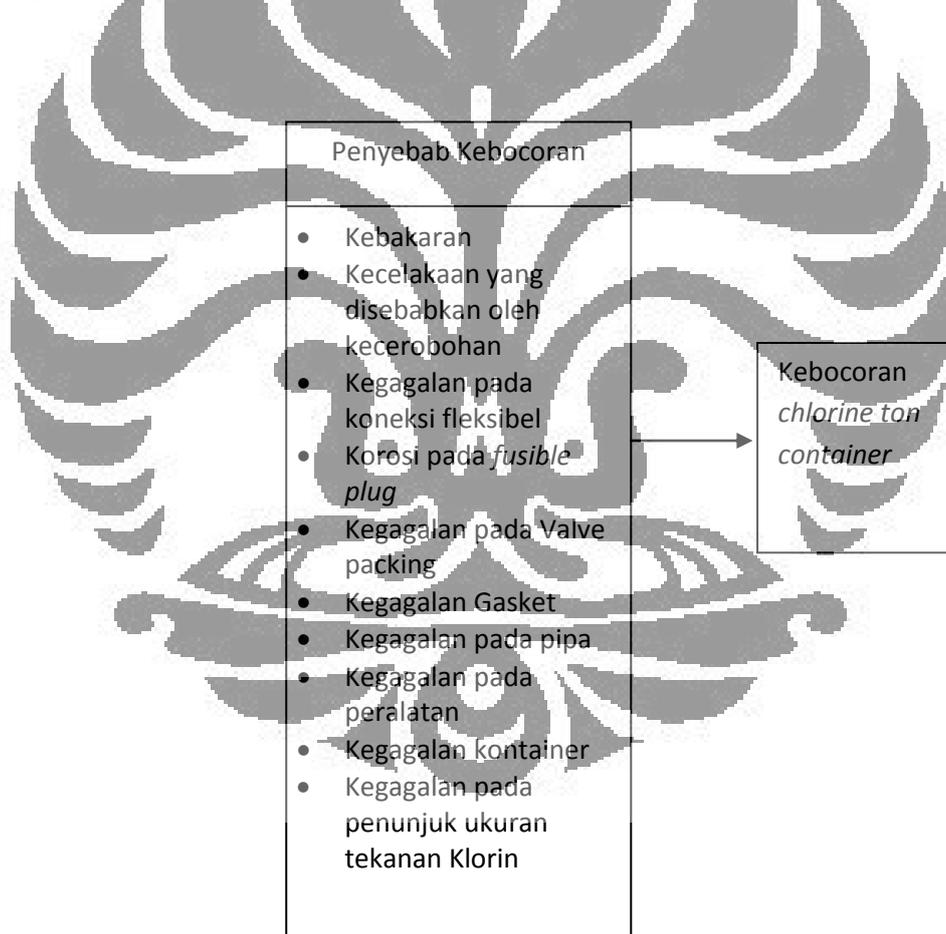


BAB 3

KERANGKA TEORI, KONSEP, DAN DEFINISI OPERASIONAL

3.1. Kerangka Teori

Menurut White (2010), penyebab kebocoran pada *chlorine ton container* antara lain: api (kebakaran), kecelakaan yang disebabkan oleh kecerobohan, kegagalan pada koneksi fleksibel (*pig tail*), korosi pada *fusible plug*, kegagalan pada *valve packing*, kegagalan pada *gasket*, kegagalan pada pipa, kegagalan pada peralatan, kegagalan kontainer, dan kegagalan pada *pressure gauge*. Faktor-faktor penyebab kebocoran pada tangki kontainer klorin dapat dilihat pada diagram dibawah ini.



Gambar 3.1 Penyebab Kebocoran Pada *Chlorine Ton Container*

Sumber : White (2010)

Selain itu, menurut *U.S. Environmental Protection Agency* (U.S. EPA) dan *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), kasus penyebaran zat kimia klorin ke atmosfer yang terjadi pada tangki kontainer disebabkan oleh kebocoran pada dinding kontainer dan kebocoran pada *valve/short pipe*.



Gambar 3.2 Penyebab Penyebaran Klorin Ke Atmosfer

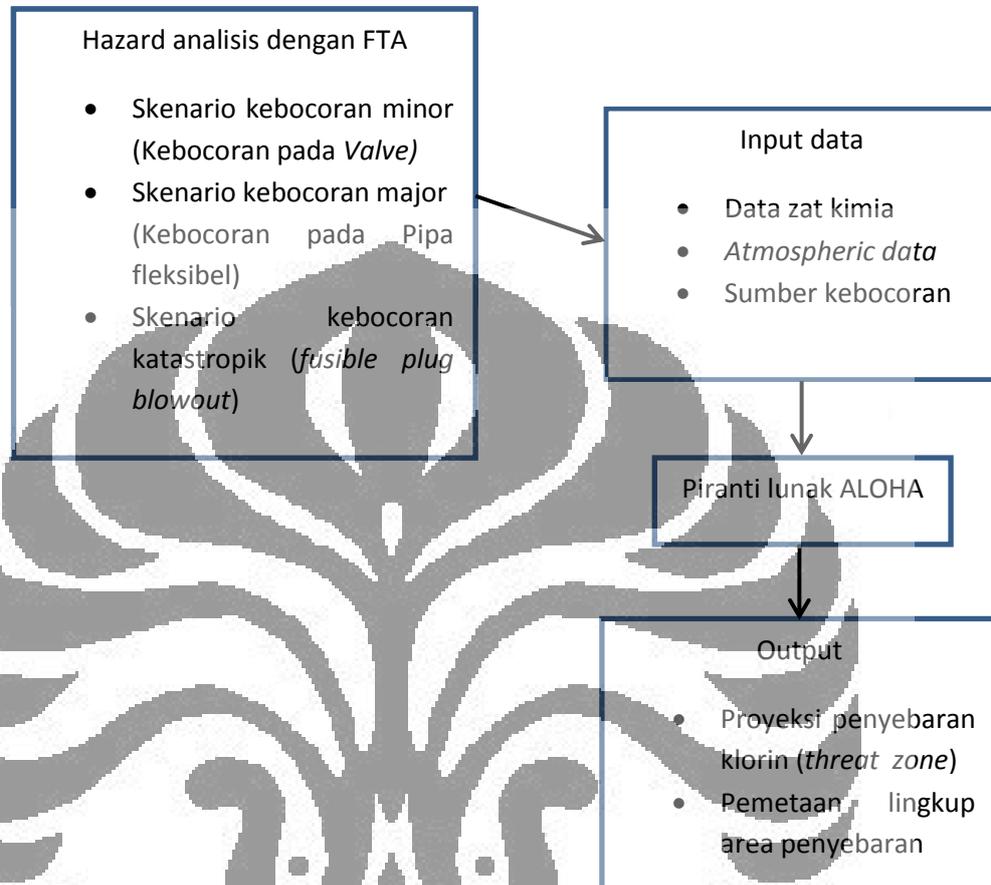
Sumber : U.S.EPA & NOAA (2007)

3.2. Kerangka Konsep

Klorin yang terdapat pada tangki kontainer di PT Pupuk Kujang Cikampek dapat menimbulkan dampak yang sangat buruk bagi kesehatan dan lingkungan apabila terjadi kebocoran. Hal ini dikarenakan sifat atau karakteristik dari klorin itu sendiri yang sangat berbahaya terhadap kesehatan, jumlah klorin yang disimpan mencapai 900 kg, dan karakteristik tangki kontainer yang memiliki potensi untuk bocor. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisa konsekuensi dengan menampilkan proyeksi penyebaran zat klorin jika terjadi kebocoran pada kontainer klorin yang digunakan PT Pupuk Kujang Cikampek menggunakan piranti lunak *ALOHA* (*Areal Location of Hazardous Atmosphere*).

Proyeksi menggunakan *ALOHA* merupakan pemodelan untuk memperkirakan pola penyebaran zat kimia berbahaya yang terlepas ke udara jika terjadi kebocoran pada tangki klorin. Pola penyebaran zat kimia dapat menampilkan zona-zona yang berisiko (*Threat zone*). *Hazard analysis* yang digunakan untuk menjelaskan skenario kebocoran adalah *fault tree analysis*. Setelah skenario-skenario kebocoran ditentukan, data-data yang meliputi data zat kimia, atmosphere, sumber kebocoran beserta skenarionya dimasukkan ke dalam piranti lunak *ALOHA* untuk menampilkan output berupa proyeksi penyebaran zat

kimia klorin. Berdasarkan hal tersebut, maka kerangka konsep penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.3 Kerangka Konsep

3.3. Definisi Operasional

Variabel	Definisi	Cara Pengukuran	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
Data Bahan Kimia (<i>Chemical Data</i>)	Informasi tentang bahan kimia pada tangki kontainer yang menjadi objek penelitian	Data Sekunder yang tersedia dalam piranti lunak ALOHA	<i>Checklist</i>	<ul style="list-style-type: none"> Berat Molekul dalam satuan g/mol Titik didih dalam satuan derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$) Temperatur kritis dalam satuan derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$) Tekanan kritis dalam satuan atmosferik (atm) Titik Beku dalam satuan derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$) AEGL - dalam satuan <i>parts per million</i> (ppm) 	Rasio
Data Atmosfer (<i>Atmospheric Data</i>)	Data tentang kondisi atmosfer pada area proyeksi penyebaran dari tangki kontainer yang menjadi objek penelitian	Data Sekunder yang tersedia dalam piranti lunak ALOHA	<i>Checklist</i>	<ul style="list-style-type: none"> Kecepatan angin dalam satuan meter per second (m/s) Arah angin berdasarkan petunjuk mata angin Ketinggian pengukuran kecepatan angin dalam satuan meter (m) Kerapatan permukaan daratan Kondisi awan Kelembaban udara dalam presentase (%) Temperatur udara dalam satuan derajat celcius (C°) 	Rasio
Data Sumber Kebocoran (<i>Source Data</i>)	Sumber kebocoran bahan kimia dari objek yang akan	Data Sekunder dari PT Pupuk Kujang	<i>Checklist</i>	<ul style="list-style-type: none"> Diameter tangki dalam satuan meter (m) Panjang tangki dalam satuan meter (m) Volume tangki dalam satuan cu meter Temperatur dalam satuan derajat celcius $^{\circ}\text{C}$ Tinggi cairan yang diisi pada tangki dalam satuan 	Rasio

	diteliti. Penelitian ini mengambil tangki sebagai sumber kebocoran (<i>Tank Source</i>)	Cikampek		galon <ul style="list-style-type: none"> • Diameter pembukaan kebocoran dalam satuan inchi (in.) • Letak tinggi kebocoran dari permukaan tangki dalam satuan meter (m) 	
Pemodelan <i>Threat Zone</i> penyebaran klorin menggunakan piranti lunak ALOHA	Pemodelan penyebaran klorin yang mungkin terjadi	Sesuai pedoman piranti lunak ALOHA	Piranti Lunak ALOHA	<ul style="list-style-type: none"> • Red Zone dengan radius dalam satuan meter • Orange zone dengan radius dalam satuan meter • Yellow zone dengan radius dalam satuan meter 	Rasio

BAB 4

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data sekunder yang didapatkan peneliti melalui studi literatur dan observasi lapangan. Data sekunder yang didapatkan antara lain data bahan kimia, data atmosfer, dan data sumber kebocoran. Peneliti melakukan *hazard analysis* menggunakan FTA yang dibuat berdasarkan studi literatur dan diskusi dengan Petugas yang memiliki kompetensi dalam penanganan kebocoran *chlorine ton container* yang dalam hal ini adalah Supervisor Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja PT Pupuk Kujang Cikampek untuk mendapatkan skenario dari kebocoran.

Peneliti membuat tiga skenario kebocoran, yaitu skenario kebocoran minor yang disebabkan oleh kebocoran *valve*, skenario kebocoran major yang disebabkan oleh rusaknya *flexible connection* (Pipa Fleksibel), dan skenario kebocoran *catastrophic* akibat *fusible plug blowout*. Skenario ini akan berpengaruh terhadap karakter penyebaran dari bahan kimia. Setelah skenario didapatkan, data akan dimasukkan dan diolah dengan piranti lunak ALOHA (*Area Location of Hazardous Atmosphere*) untuk mendapatkan hasil berupa proyeksi penyebaran zat kimia jika terjadi kebocoran pada tangki kontainer klorin. Proyeksi penyebaran akan memperlihatkan pola penyebaran dan zona terancam (*threat zone*) dengan besaran kadar zat kimia yang dilepaskan pada area yang diproyeksikan.

4.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT Pupuk Kujang Cikampek, Jawa barat pada bulan April tahun 2011.

4.3. Unit Analisis Data

Unit analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah tangki kontainer klorin (*chlorine ton container*) yang terletak di Lokasi B (Sebelah timur *Cooling Tower Urea IB*).

Beberapa hal yang mendasari dipilihnya *ton container* pada lokasi ini adalah sebagai berikut: *pertama*, *ton container* di lokasi ini menghadap ke utara, searah dengan arah angin yang datang dari selatan menuju arah utara sehingga pekerja yang ada di *control room* maupun penduduk yang ada di area pemukiman terdekat sekitar area Pabrik berisiko bila terjadi kebocora. *Kedua*, udara di sekitar lokasi B lembab karena dekat dengan unit *cooling tower* sehingga menambah risiko terjadinya korosi pada *container*. *Ketiga*, unit *cooling tower* berisiko untuk terjadinya kebakaran dan ledakan sehingga dapat memberikan dampak langsung terhadap *ton container* yaitu kebocoran akibat panas berlebih. *keempat*, *flow* pada *ton container* di unit ini lebih besar sehingga frekuensi pergantian *ton container* lebih sering. Proses pergantian yang lebih sering dapat menambah risiko terjadinya kebocoran karena keterbatasan daya tahan dari bagian-bagian *container* itu sendiri misalnya, *valve* dan *flexible copper connector* (pipa fleksibel).

4.4 Pengumpulan dan Manajemen data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini merupakan data sekunder. Data-data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini disesuaikan dengan kebutuhan dari piranti lunak ALOHA. Data-data tersebut adalah:

1. Informasi mengenai zat kimia yang diproyeksikan
2. Informasi mengenai kondisi atmosfer lingkungan kejadian
3. Informasi mengenai sumber dan jenis kebocoran

Informasi mengenai zat kimia yang diproyeksikan berasal dari CAMEO , literatur toksikologi, dan MSDS PT Pupuk Kujang Cikampek. Informasi mengenai kondisi atmosfer di area kontainer didapatkan dengan melakukan pengamatan di lapangan dan disesuaikan dengan referensi dari ALOHA. Sedangkan informasi mengenai sumber dan jenis kebocoran berasal dari data sekunder PT Pupuk Kujang Cikampek. Seluruh data tersebut dimasukkan ke

dalam piranti lunak ALOHA untuk diproses dan menampilkan proyeksi penyebaran bahan kimia.

4.5. Asumsi-asumsi yang digunakan

Asumsi asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kondisi atmosfer pada saat terjadinya kebocoran diasumsikan tetap.
2. Tidak ada penghalang di sekitar area kebocoran tangki kontainer klorin.
3. Jumlah pekerja di lapangan (*outdoor*) diasumsikan sebanyak sepuluh orang.
4. Semua orang yang berada di Dusun Poponcol dan Pajaten diasumsikan terpajan.

4.6. Perhitungan dan Pemodelan

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

4.7. Keterbatasan Penelitian

4.7.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang cukup jauh, menyebabkan terbatasnya kunjungan peneliti sehingga penulsuran data menjadi kurang *massif*.

4.7.2. Keterbatasan Piranti Lunak ALOHA

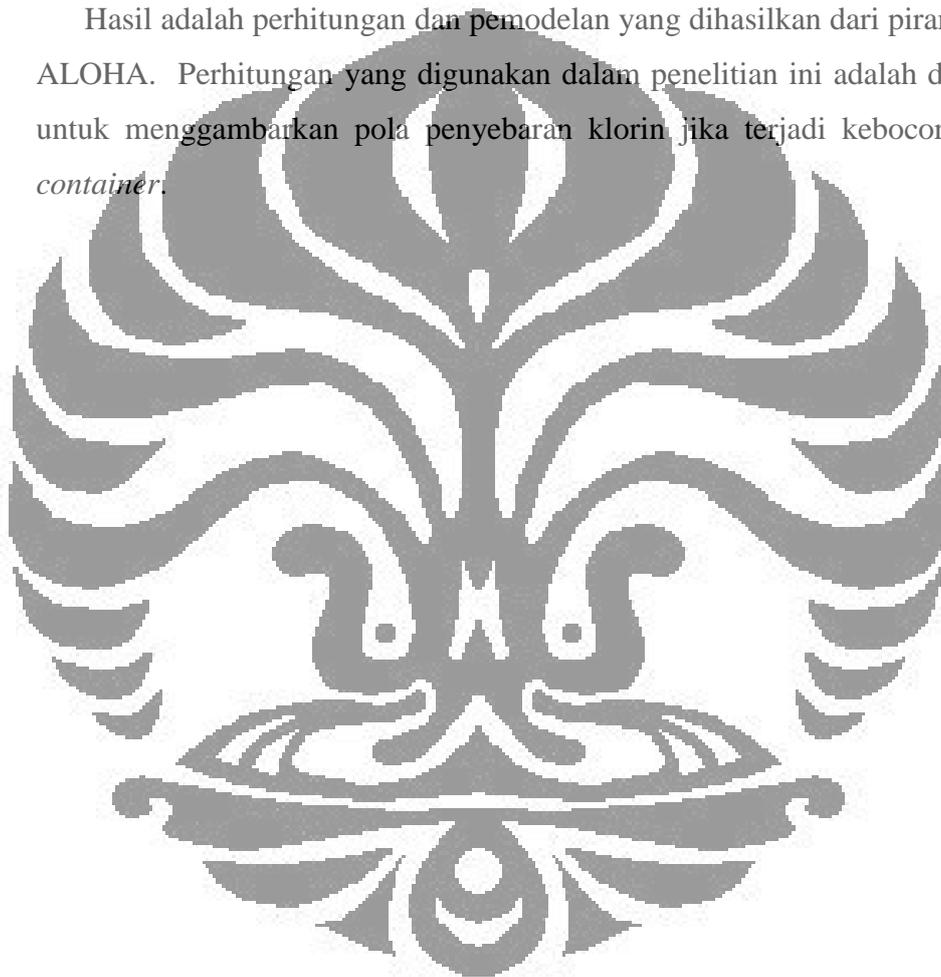
Piranti Lunak ALOHA yang digunakan dalam penelitian ini juga memiliki keterbatasan, piranti lunak ini hanya dapat digunakan untuk bahan kimia murni atau larutan. ALOHA tidak dapat digunakan untuk campuran bahan kimia. Selain itu, ALOHA merupakan piranti lunak yang digunakan untuk menganalisis konsekuensi tanpa memperhitungkan probabilitas sehingga bahaya dan risiko suatu event tidak dapat diperkirakan.

4.7.3. Faktor risiko

Peneliti juga tidak menghitung faktor risiko kebocoran klorin pada tangki kontainer karena terbatasnya data yang diperoleh, seperti minimnya data tentang spesifikasi tangki kontainer, data proses tangki kontainer, dan tidak mendapatkan data *maintenance* tangki kontainer klorin.

4.8. Hasil dan Pembahasan

Hasil adalah perhitungan dan pemodelan yang dihasilkan dari piranti lunak ALOHA. Perhitungan yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif untuk menggambarkan pola penyebaran klorin jika terjadi kebocoran pada *container*.



BAB 5

GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN

5.1 Sejarah Singkat PT Pupuk Kujang Cikampek

Di tahun enam puluhan, Pemerintah mencanangkan pelaksanaan Program Peningkatan Produksi Pertanian di dalam usaha swasembada pangan. Demi suksesnya program Pemerintah ini, maka kebutuhan akan pupuk mutlak harus dipenuhi mengingat produksi PUSRI waktu itu diperkirakan tidak akan mencukupi. Menyusul ditemukannya beberapa sumber gas alam di bagian Utara Jawa Barat, muncullah gagasan untuk membangun pabrik urea di Jawa barat.

Tanggal 9 Juni 1975 lahirlah PT PUPUK KUJANG, sebuah BUMN di lingkungan Departemen Perindustrian yang memiliki tugas untuk membangun pabrik pupuk urea di desa Dawuan Cikampek, Jawa Barat.

Bulan Juli 1976, pembangunan pabrik mulai dilakukan dengan kontraktor utama *Kellogg Overseas Corporation (USA)* dan *Toyo Engineering Corp (Japan)* sebagai kontraktor pabrik urea. Pembangunan berjalan lancar sehingga pada tanggal 7 November 1978 pabrik sudah mulai berproduksi dengan kapasitas 570.000 ton/tahun dan 330.000 ton/tahun amonia, pembangunan pabrik dapat diselesaikan tiga bulan lebih awal dari jadwal yang telah ditentukan. Pada tanggal 12 Desember 1978, Presiden RI, Soeharto meresmikan pembukaan pabrik dan 1 April 1979, PT Pupuk kujang mulai dengan operasi komersial.

Sejalan dengan perkembangannya, PT Pupuk Kujang Cikampek berupaya meningkatkan kemampuan dalam memasok kebutuhan pupuk di jawa barat maka pada tahun 2002 dibangunlah pabrik kujang 1 B yang merupakan kelanjutan program Pemerintah dalam pemulihan ekonomi jangka panjang, pelaksanaan peresmian tiang pancang pertama oleh Presiden RI Megawati Soekarno Putri pada tanggal 3 Juli 2002.

Kontraktor utama pembangunan pabrik Kujang 1 B oleh *Toyo Engineering Corporation (TEC)* Jepang dan Sub Kontraktor dalam negeri Joint Operation antara PT ReKayasa Industri dengan PT IKPT. Pada tanggal 3 April 2006, Presiden RI Susilo Bambang Yudhoyono meresmikan pembukaan pabrik. Dengan mulai beroperasinya pabrik kujang 1 B maka kapasitas pabrik PT Pupuk

Kujang menjadi 1.140.000 ton/tahun untuk Urea dan 660.000 ton/tahun untuk Amonia.



Gambar 5.1 Pabrik PT Pupuk Kujang
Sumber: PT Pupuk Kujang Cikampek

5.2. Visi dan Misi Perusahaan

Visi: Menjadi Industri Pendukung pertanian dan petrokimia yang efisien dan kompetitif di pasar global

Misi:

1. Mendukung Program Ketahanan Pangan Nasional.
2. Mengembangkan Industri Agrokimia dan Petrokimia skala global yang berbasis Sumber Daya Alam yang ramah lingkungan.
3. Memanfaatkan Sumber Daya tersedia untuk menghasilkan produk yang bermutu tinggi dan berdaya saing kuat.
4. Mendukung Pengembangan Perekonomian Nasional Dan Perekonomian daerah melalui pemberdayaan masyarakat sekitar perusahaan.

Etos Kerja:

1. Mendayagunakan inovasi dan kreatifitas karyawan.
2. Secara terus menerus memperbaiki cara kerja.

3. Menggunakan sumber daya perusahaan yang terbatas dengan efektif dan efisien.
4. Menggunakan sumber daya dari luar untuk mencapai tujuan.
5. Menghargai orang yang berprestasi.
6. Melakukan pekerjaan dengan benar dan tepat.
7. Memperoleh kepercayaan pelanggan.
8. Mengantisipasi perubahan dalam lingkungan usaha.
9. Memenuhi komitmen atau perjanjian kepada pelanggan.
10. Mengutamakan Keselamatan dan Kesehatan kerja serta memperdulikan lingkungan.
11. Membangun aliansi strategis dengan organisasi lain.

5.3 Profil Pabrik PT Pupuk Kujang Cikampek

5.3.1 Profil Pabrik Kujang 1A

- Kapasitas Produksi : Urea 570.000 ton/tahun
Amonia 330.000 ton/tahun
- Bahan Baku : Gas alam, air, dan udara
- Konstruksi : Tahun 1976-1978
- Konfraktor utama : *Kellogg Overseas Corporation* sebagai lisensor proses amonia.
- Sub Kontraktor : *Toyo Engineering Corporation* sebaga lisensor
- Produksi Perdana : 7 November 1978
- Peresmian Pabrik : 12 Desember 1978
- Produksi Komersil : 1 April 1979
- Sumber Dana : Pinjaman sebesar US\$ 200 juta dari Pemerintah Iran, yang telah dilunasi pada tahun 1989. Penyertaan sebesar US\$ 60 juta berupa Penyertaan Modal Pemerintah (PMP)

5.3.2 Profil Pabrik Kujang 1B

Kapasitas Produksi	: Urea 570.000 ton/tahun Amonia 330.000 ton/tahun
Bahan Baku	: Gas alam, air, dan udara
Konstruksi	: Tahun 2002-2005
Kontraktor Utama	: <i>Toyo Engineering Corporation</i> (TEC) Japan
Sub Kontraktor	: PT Rekayasa Industri dan PT Inti Karya Persada
Produksi Perdana	: 24 Oktober 2005
Peresmian Pabrik	: 3 April 2006
Sumber Dana	: Pinjaman sebesar 36.168.230.256 atau sekitar Rp 2,8 Triliyun dari Pemerintah Jepang melalui JBIC

5.4. Struktur Organisasi PT Pupuk Kujang Cikampek

PT Pupuk Kujang merupakan perusahaan yang didirikan berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 19 tahun 1975 ; Lembaran Negara Nomor 23 tahun 1975, tentang Penyertaan Modal Negara Republik Indonesia, untuk Pendirian Perusahaan Perseroan di bidang Industri Pupuk. Struktur organisasi PT Pupuk Kujang secara garis besar berdasarkan Surat Keputusan Direksi Nomor: 001/SK/DU/1/2011 tanggal 31 Januari 2011 terdiri atas:

1. Unsur pimpinan.
2. Unsur pembantu pimpinan.
3. Unsur pengawas.
4. Unsur penunjang.
5. Unsur operasional.

Semua unsur dari organisasi dalam melaksanakan tugas dan tanggung jawabnya harus menerapkan prinsip koordinasi, integrasi, dan sinkronisasi, baik secara internal maupun eksternal untuk mencapai tujuan dalam satu kesatuan gerak sesuai dengan tugas pokok masing-masing. Untuk pembagian setiap unsur tersebut adalah sebagai berikut:

1. Unsur pimpinan, adalah dewan direksi terdiri dari:
 - a. Direktur Utama.

- b. Direktur Produksi, Teknik dan Pengembangan.
 - c. Direktur Sumber Daya Manusia dan Umum.
 - d. Direktur Komersil.
2. Unsur pembantu pimpinan, adalah terdiri dari:
- a. Sekretariat Perusahaan.
 - b. Kompartemen Produksi.
 - c. Kompartemen Teknik dan Pemeliharaan.
 - d. Kompartemen Sumber Daya Manusia.
 - e. Kompartemen Umum.
 - f. Kompartemen Pemasaran.
 - g. Kompartemen Administrasi Keuangan.
3. Unsur pengawas, adalah satuan pengawasan intern terdiri dari:
- a. Biro Pengawasan Operasional.
 - b. Biro Pengawasan Keuangan.
 - c. Biro Manajemen Resiko dan Review Prosedur.
4. Unsur penunjang, adalah terdiri dari:
- a. Biro Komunikasi.
 - b. Biro Hukum dan Administrasi Perusahaan.
 - c. Biro Kantor Pupuk Kujang Jakarta.
 - d. Biro Kemitraan dan Bina Lingkungan.
 - e. Biro Pengamanan.
 - f. Biro Perencanaan dan Pengendalian Proses
 - g. Biro Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan Hidup.
 - h. Biro Material.
 - i. Biro Inspeksi.
 - j. Biro Rancang Bangun.
 - k. Biro Rancang Pengembangan.
 - l. Biro Perencanaan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia.
 - m. Biro Sumber Daya Manusia.

- n. Biro Kesehatan.
- o. Biro Manajemen.
- p. Biro Pelayanan Industri
- q. Biro Pengadaan.
- r. Biro Pelayanan Jasa.
- s. Biro Umum.
- t. Biro Anggaran.
- u. Biro Keuangan.
- v. Biro Akuntansi.
- w. Biro Teknologi Informasi.

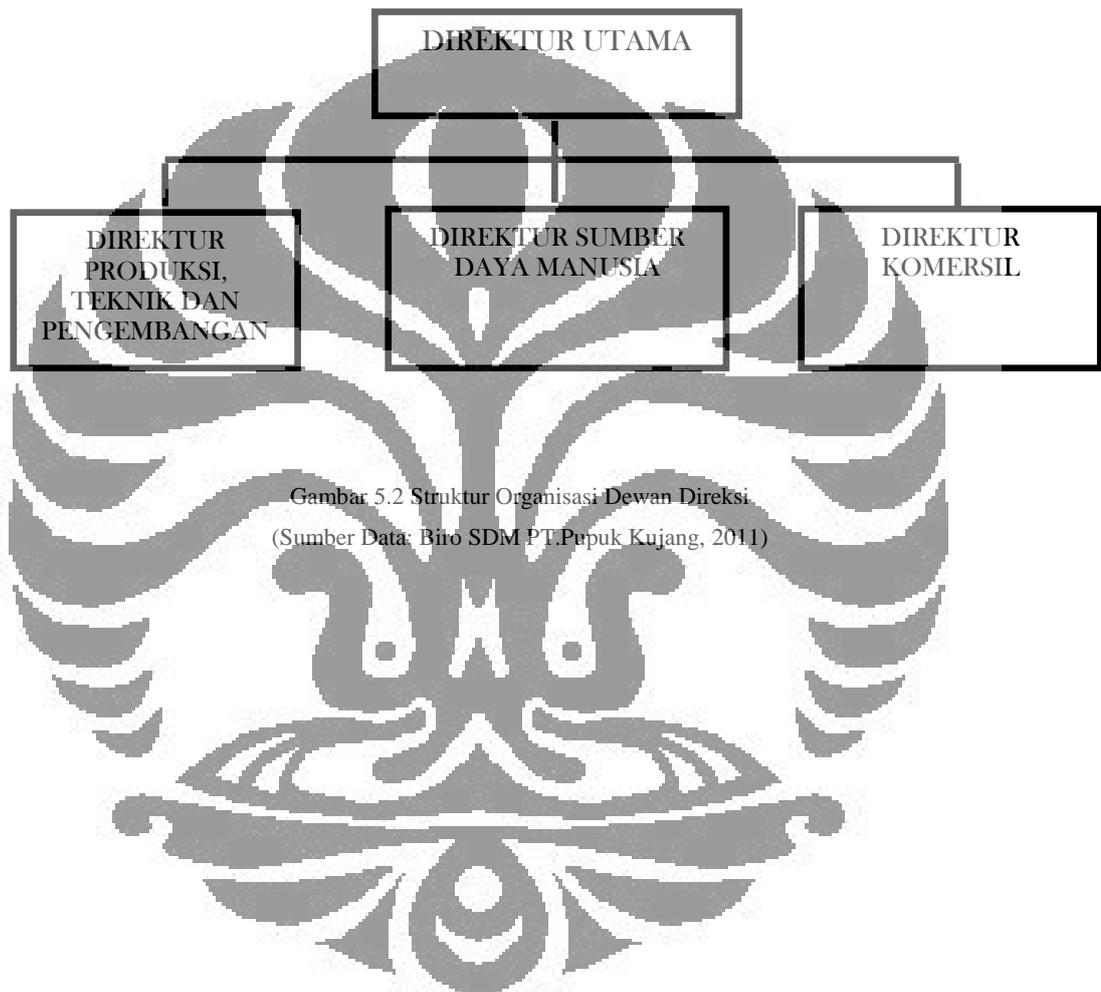
5. Unsur operasional, adalah terdiri dari:

- a. Divisi Produksi 1-A.
- b. Divisi Produksi 1-B.
- c. Divisi Pemeliharaan Mekanik.
- d. Divisi Pemeliharaan Listrik dan Instrumen.
- e. Divisi Pemasaran.
- f. Divisi Penjualan.
- g. Divisi Sarana Penjualan.

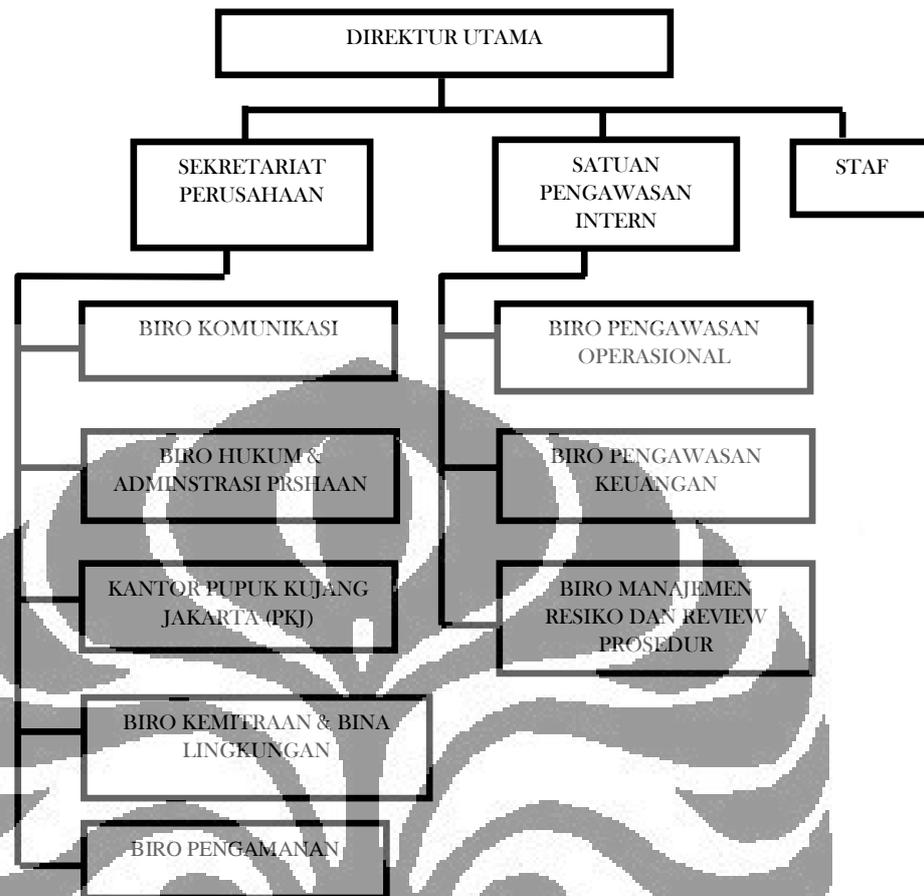
Struktur Organisasi perusahaan ini terdiri dari empat direktorat yang dipimpin oleh seorang Direktur Utama. Direktur utama ini mengkoordinasikan / membawahi ketiga direktorat lainnya yaitu Direktur Produksi, Teknik & Pengembangan, Direktur Sumber Daya Manusia & Umum, dan Direktur Komersil. Masing-masing direktur tersebut membawahi Unit Kerja-Unit Kerja lain. Direktur Utama membawahi Sekretariat Perusahaan & Satuan Pengawas Intern beserta Unit Kerja dibawahnya. Sekretariat Perusahaan dipimpin oleh seorang *Corporate Secretary*, sedangkan satuan Pengawas Intern dipimpin oleh Kepala Satuan Pengawas Intern. Kedua pemimpin dari masing-masing Unit Kerja tersebut setara dengan *General Manager*. Sekretariat Perusahaan membawahi lima Unit Kerja yaitu Biro Komunikasi, Biro Hukum & Administrasi Perusahaan, Kantor Pupuk Kujang Jakarta, Biro Kemitraan & Bina Lingkungan, dan Biro

Universitas Indonesia

Pengamanan. Untuk Satuan Pengawas Intern, Unit Kerja ini hanya dibantu oleh tiga Unit Kerja yang terdiri dari Biro Pengawasan Operasional, Biro Pengawasan Keuangan, dan Biro Manajemen Risiko & Review Prosedur.



Gambar 5.2 Struktur Organisasi Dewan Direksi.
(Sumber Data: Biro SDM PT.Pupuk Kujang, 2011)



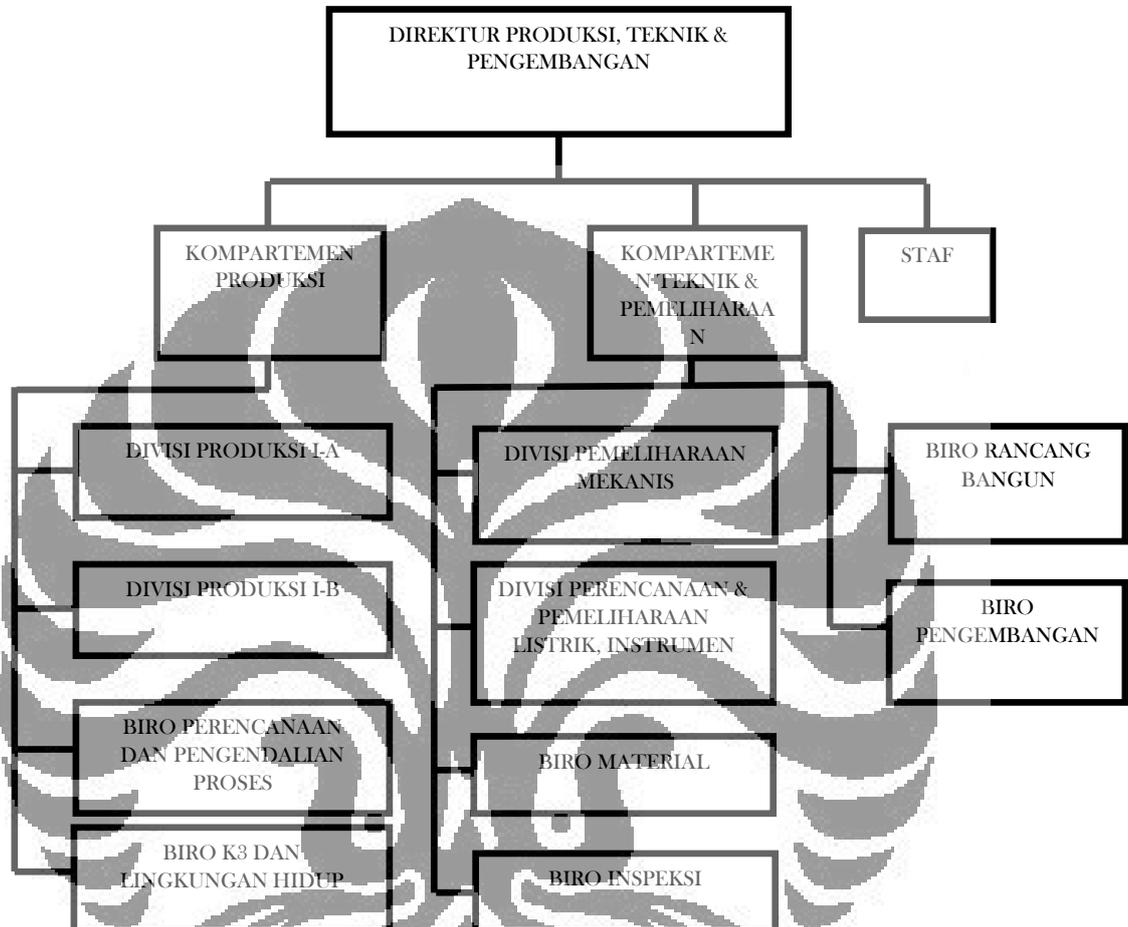
Gambar 5.3 Struktur Organisasi Satuan Pengawasan Internal dan Sekretaris Perusahaan

(Sumber Data: Biro SDM PT.Pupuk Kujang, 2011)

Direktur Produksi, Teknik dan Pengembangan membawahi Kompartemen Produksi dan Kompartemen Teknik & Pemeliharaan. Masing-masing Kompartemen tersebut dipimpin oleh seorang *General Manager* yang juga membawahi Unit Kerja-Unit Kerja lain dibawahnya. Kompartemen Produksi berfungsi untuk mengkoordinasikan empat Unit Kerja yang terdiri dari Divisi Produksi-IA, Divisi Produksi-IB, Biro Perencanaan & Pengendalian Proses, dan Biro Keselamatan, Kesehatan Kerja & Lingkungan Hidup. Kompartemen Teknik dan Pemeliharaan juga membawahi empat Unit Kerja yaitu Divisi Pemeliharaan Mekanik, Divisi Perencanaan Pemeliharaan Listrik-Instrumen, Biro Material, dan Biro Inspeksi. Khusus untuk Biro Rancang Bangun & Biro Pengembangan, Unit Kerja ini langsung berkoordinasi dengan Direktur Produksi, Teknik &

Universitas Indonesia

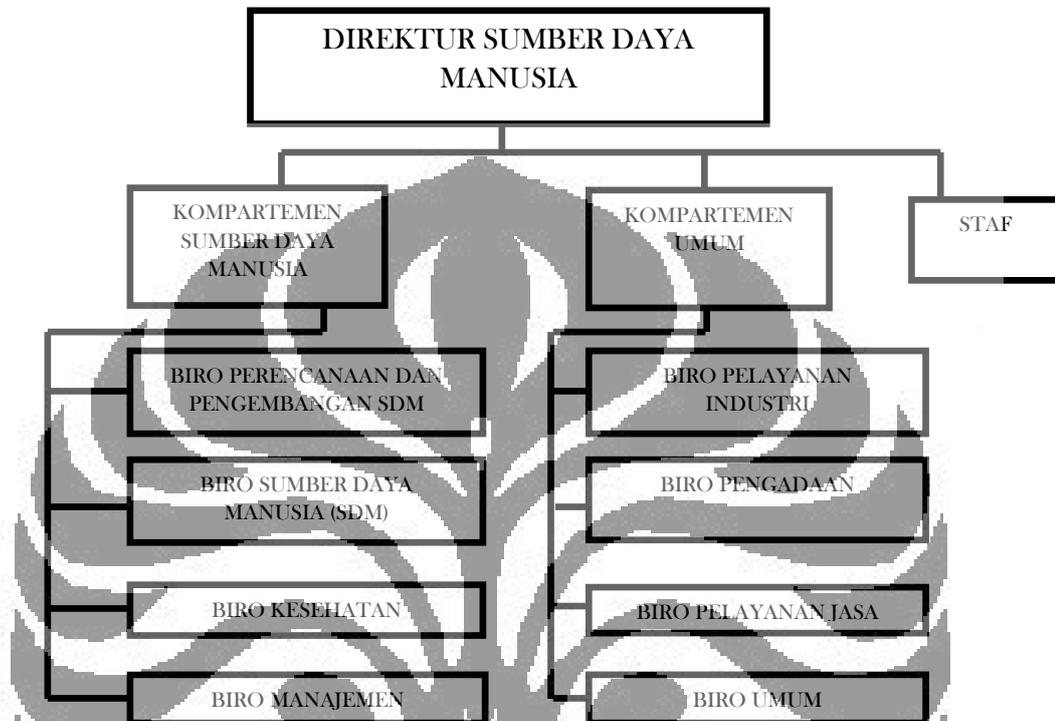
Pengembangan. Masing-masing Unit Kerja Divisi atau Biro dipimpin oleh seorang Manager.



Gambar 5.4 Struktur Organisasi Direktorat Produksi, Teknik & Pengembangan
(Sumber Data: Biro SDM PT.Pupuk Kujang)

Direktur Sumber Daya Manusia & Umum membawahi /mengkoordinasikan Kompartemen Sumber Daya Manusia dan Kompartemen Umum yang masing-masing dipimpin oleh seorang *General Manager*. Kompartemen Sumber Daya Manusia bertugas untuk mengkoordinasikan empat Unit Kerja dibawahnya yaitu Biro Perencanaan & Pengembangan SDM, Biro SDM, Biro Kesehatan, dan Biro Manajemen. Sedangkan Kompartemen Umum bertugas mengkoordinasikan empat Unit Kerja dibawahnya yang terdiri dari Biro

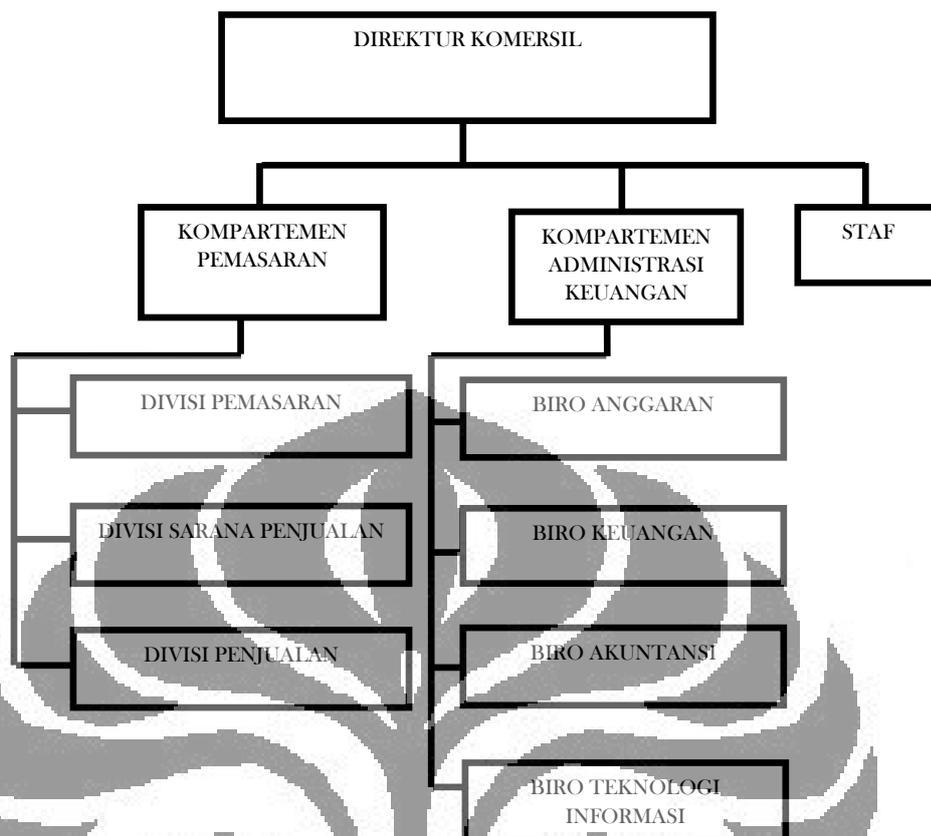
Pelayanan Industri, Biro Pengadaan, Biro Pelayanan Jasa, dan Biro Umum. Unit Kerja dari masing-masing Biro tersebut dipimpin oleh seorang Manager.



Gambar 5.5. Struktur Organisasi Direktorat Sumber Daya Manusia.

(Sumber Data: Biro SDM PT.Pupuk Kujang, 2011)

Direktur Komersil membawahi/mengkoordinasikan dua Kompartemen, yaitu Kompartemen Pemasaran dan Kompartemen Administrasi Keuangan. Kompartemen Pemasaran membawahi tiga Unit Kerja yaitu Unit Kerja Divisi Pemasaran, Divisi Sarana Penjualan, dan Divisi Penjualan. Untuk Kompartemen Administrasi Keuangan, membawahi empat Unit Kerja yang terdiri dari Biro Anggaran, Biro Keuangan, Biro Akuntansi, dan Biro Teknologi Informasi. Masing-masing Unit Kerja Divisi dan Biro dipimpin oleh seorang Manager.



Gambar 5.6 Struktur Organisasi Direktorat Komersil
(Sumber Data: Biro SDM PT.Pupuk Kujang, 2011)

5.5 Komposisi dan Jumlah Karyawan

5.5.1. Ketenagakerjaan

Jumlah pekerja berdasarkan data dari Biro SDM PT Pupuk Kujang per bulan Desember 2010 adalah sebanyak 1274 orang pekerja. Pekerja di PT Pupuk Kujang dibedakan menjadi tiga jenis yaitu pekerja tetap, *training*, dan honorer. Komposisi dan jumlah karyawan dapat dilihat lebih jelas dalam tabel dibawah ini:

a. Berdasarkan Lokasi Kerja Karyawan

Tabel 5.1 Jumlah karyawan berdasarkan Lokasi kerja Karyawan

Lokasi	Tetap	<i>Training</i>	Honorer	Jumlah
Pupuk Kujang Cikampek	1049	154	34	1237

Lokasi	Tetap	<i>Training</i>	Honoror	Jumlah
Karyawan Alih Tugas	16	0	5	21
Pupuk Kujang Jakarta	15	1	0	16
Jumlah	1080	155	39	1274

b. Berdasarkan Jenis Kelamin

Tabel 5.2 Jumlah karyawan Berdasarkan Jenis kelamin

Jenis Kelamin	Jumlah
Tenaga Kerja karyawan	1198
Tenaga kerja Karyawati	76
Jumlah	1274

c. Berdasarkan Tingkat Pendidikan

Tabel 5.3 Jumlah Karyawan Berdasarkan Pendidikan

No.	Pendidikan	Jumlah
1.	Pasca Sarjana	39
2.	Sarjana	215
3.	Sarjana Muda	145
4.	SLTA (DI&DI)	848
5.	SLTP	16
6.	SD	11
	Jumlah	1274

Dalam pelaksanaan pekerjaannya PT Pupuk Kujang juga mempekerjakan pekerja dari berbagai perusahaan jasa yang terdiri dari perusahaan jasa rutin dan perusahaan jasa non rutin/borongan. Untuk perusahaan jasa rutin, jumlah tenaga kerja yang digunakan adalah sebesar 824 orang, sedangkan yang non rutin/borongan sebanyak 107 orang.

5.5.2. Sistem Kerja

Untuk sistem kerja karyawan PT Pupuk Kujang berdasarkan waktu kerjanya dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu reguler dan *shift*.

1. Jam Kerja Reguler

Karyawan yang termasuk karyawan reguler adalah mereka yang bekerja secara rutin dari hari Senin sampai dengan Jumat. Hari Sabtu, Minggu, dan hari besar libur. Jam Kerja reguler dapat diatur seperti berikut:

Tabel 5.4 Jadwal Jam Kerja Karyawan Reguler

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin-Kamis	07.00-16.00	11.30-12.30
Jum'at	07.00-16.30	11.30-13.00

2. Jam Kerja *Shift*

Jam kerja *shift* ditujukan bagi karyawan yang terlibat langsung dalam kegiatan produksi dan pengamanan pabrik. Terdapat empat *group shift* pada Perusahaan ini, yaitu *group A, B, C, D*. Dalam satu hari kerja, *group* yang bekerja adalah tiga *group shift*, sedangkan satu *group shift* yang lain libur. Jam kerja *shift* dapat dilihat seperti berikut:

Tabel 5.5 Jadwal Jam Kerja Karyawan *Shift*

Bagian <i>Shift</i>	Jam Kerja
Pagi	07.00-15.00
Siang	15.00-23.00
Malam	23.00-07.00

Untuk menjaga kualitas dari proses produksinya, PT Pupuk Kujang melakukan *Turn Arround*. *Turn Arround* (TA) adalah penghentian produksi untuk perbaikan alat dan pemeriksaan seluruh alat yang dilakukan dengan periode 1,5 tahun sekali. Jika Pabrik Kujang IA *shutdown* maka Pabrik Kujang IB tetap beroperasi untuk menjalankan aktivitas produksi. Akan tetapi, jika ada masalah dan kerusakan maka TA juga bisa dilakukan dalam waktu kurang dari satu tahun. Satu kali *Turn Arround* diperlukan waktu kurang lebih tiga minggu, dengan pekerjaan yang dilakukan setiap hari sehingga pada prakteknya pabrik bekerja dalam setahun selama kurang lebih 340 hari kerja



BAB 6

HASIL

6.1. Gambaran *Chlorine Ton Container* yang digunakan PT Pupuk Kujang

Di PT Pupuk Kujang Cikampek, terdapat pabrik *Utility* yang berfungsi untuk menyediakan bahan baku dan penunjang untuk kebutuhan operasi seluruh pabrik Pupuk Kujang. Bahan baku yang dihasilkan pabrik ini antara lain: air minum, air bersih, air pendingin, air proses, *steam*, tenaga listrik, nitrogen gas, dan pengolahan limbah cair. Semua kebutuhan ini dihasilkan oleh unit *water intake*, pengolahan air, pembangkit uap, pembangkit listrik, air pendingin, *instrument air/plant air*, dan unit pengolahan air limbah.

Pada proses pengolahan air (*water treatment*) dan air pendingin (*cooling water*) digunakan bahan kimia klorin (Cl_2) yang berfungsi sebagai *disinfectant*. Klorin yang digunakan di unit pengolahan air akan membunuh bakteri dan memecahkan zat-zat organik yang berbentuk koloid yang susah diikat oleh alum sulfat. Air yang bebas dari jamur dan bakteri akan digunakan pada proses selanjutnya dan kebutuhan air minum. Begitu juga pada unit air pendingin (*cooling water*), unit ini mengolah air dari proses pendinginan yang suhunya 46°C menjadi 32°C untuk dapat digunakan lagi sebagai air proses pendinginan pada *cooler-cooler* (pertukaran panas) pada peralatan yang membutuhkan pendinginan. Klorin diinjeksikan untuk membunuh bakteri dan mencegah timbulnya lumut pada menara pendingin (*cooling tower*).

Klorin yang digunakan pada unit-unit tersebut disimpan dalam ton container horizontal berwarna kuning dengan kapasitas standar ukuran ton container yang berada di pasaran, yaitu 2000 lb atau 907 kg. Container tersebut merupakan *storage* bertekanan yang didalamnya terdapat dua fase, yaitu klorin cair dan gas. Klorin cair berada di bawah bagian dalam container, sedangkan gas klorin terdapat di bagian atasnya. Berdasarkan observasi yang dilakukan oleh penulis, klorin yang digunakan pada unit *water treatment* dan *cooling water* di PT Pupuk Kujang Cikampek adalah klorin yang berbentuk gas.

Ton Container yang digunakan oleh PT Pupuk Kujang Cikampek pada unit *water treatment* dan *cooling water* Kujang IA dan IB didapatkan dari kerja

sama dengan PT Gunung Agung yang berada di Surabaya. Container tersebut disuplai sesuai dengan kebutuhan operasi. Dalam waktu satu minggu, sekitar sepuluh container disuplai untuk menunjang proses pabrik *Utility* Kujang IA dan IB. Sekitar 8-10 container disimpan terlebih dahulu di gudang penyimpanan (Gudang 08) sebelum digunakan pada unit *water treatment* dan *cooling water*. Apabila akan digunakan, container akan diangkat ke unit bersangkutan menggunakan *Forklift*.



Gambar 6.1. Chlorine Ton Container pada *Unit Water Treatment*

Sumber: PT Pupuk Kujang Cikampek

Spesifikasi container yang digunakan PT Pupuk Kujang Cikampek merupakan spesifikasi standar *Chlorine Ton Container* yang dijual di pasaran. *Ton container* yang digunakan di seluruh unit *water treatment* dan *cooling water* Kujang IA dan IB memiliki spesifikasi yang sama. Berdasarkan data yang didapatkan dari PT Industri Soda Indonesia sebagai pemasok pertama *ton container*, spesifikasi dari *ton container* adalah sebagai berikut.

Tabel 6.1. Spesifikasi Chlorine Ton Container

Nama	<i>Chlorine Ton Container</i>	
Jenis	<i>Vessel</i>	
Posisi	Horizontal	
Ukuran	- Diameter luar	790-800 mm
	- Panjang (<i>Lenght</i>)	2100 mm
	- Tebal	9-12 mm
	- Berat	400-710 kg
	- Volum (bag.dalam liter)	800-820 liter
Fungsi	Befungsi sebagai <i>disinfectant</i> , membunuh bakteri dan memecahkan zat-zat organik yang berbentuk koloid yang susah diikat oleh alum sulfat, mencegah tumbuhnya lumut pada menara pendingin (<i>cooling tower</i>).	

6.2. Pemilihan *Chlorine Ton Container*

Ton Container yang terdapat di Pabrik *Utility* PT Pupuk Kujang Cikampek terletak di berbagai lokasi. Masing-masing lokasi *container* pada Pabrik *Utility* Kujang IB dan Pabrik *Utility* Kujang IA terdapat pada tabel di bawah ini.

Tabel 6.2 Lokasi *Ton Container*, Arah, Jumlah dan Status Pengoperasian

Lokasi Chlorine Ton Container	Jumlah dan Status Pengoperasian	Arah
A (sebelah timur <i>cooling tower</i> Amonia IB)	Dua <i>container</i> (satu <i>standby</i>)	Menghadap Utara
B (sebelah timur <i>cooling tower</i> Urea IB)	Dua <i>container</i> (satu <i>standby</i>)	Menghadap Utara
C (sebelah selatan <i>clarifier</i> Demin IB)	Dua <i>container</i> (satu <i>standby</i>)	Menghadap Timur
D (sebelah selatan unit <i>Water Treatment</i> IA)	Dua <i>container</i> (satu <i>standby</i>)	Menghadap Barat
E (sebelah utara <i>Water Treatment</i> IA)	Satu <i>container</i>	Menghadap Utara
F (<i>Cooling Tower</i> Urea IA sebelah timur)	Dua <i>container</i> (satu <i>standby</i>)	Menghadap Utara
G (sebelah barat <i>Cooling Tower</i> Amonia IA)	Dua <i>container</i> (satu <i>standby</i>)	Menghadap Selatan

Sumber : PT Pupuk Kujang Cikampek

Semua *ton container* memiliki kapasitas yang sama, yaitu mengandung 900 kg klorin cair. Akan tetapi, laju alir (*flow*) *container* pada unit *water treatment* dan *cooling water* tidaklah sama. *flow* yang digunakan pada unit *cooling water* lebih besar yaitu 2-5 kg/jam atau 20 kg /jam, sedangkan pada unit *water treatment* *flow* nya adalah 1-2 kg/jam atau 5-10 kg/jam tergantung dari kebutuhan operasi atau proses.

Universitas Indonesia

Pada penelitian ini, *ton container* yang dijadikan unit analisis adalah *ton container* yang berada di lokasi B yaitu di sebelah timur *Cooling Tower Urea IB*. Hal ini didasari oleh pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut *pertama*, *ton container* di lokasi ini menghadap ke utara, searah dengan arah angin yang datang dari selatan menuju arah utara sehingga pekerja yang ada di *control room* maupun penduduk yang ada di area pemukiman terdekat sekitar area Pabrik berisiko bila terjadi kebocoran pada *container*. *kedua*, udara di sekitar lokasi B lembab karena dekat dengan unit *cooling tower* sehingga menambah risiko terjadinya korosi pada *container*. *ketiga*, unit *cooling tower* berisiko untuk terjadinya kebakaran dan ledakan sehingga dapat memberikan dampak langsung terhadap *ton container* yaitu kebocoran akibat panas berlebih. *keempat*, *flow* pada *ton container* di unit ini lebih besar sehingga frekuensi pergantian *ton container* lebih sering. Proses pergantian yang lebih sering dapat menambah risiko terjadinya kebocoran karena keterbatasan daya tahan dari bagian-bagian *container* itu sendiri misalnya, *valve* dan *flexible copper connector* (pipa fleksibel).



Gambar 6.4 Lokasi *Ton Container* (diolah kembali)

Sumber : www.googleearth.com

Tabel 6.3 Kondisi *Chlorine Ton Container* Hasil Observasi Lapangan

Lokasi <i>Chlorine Ton Container</i>	Kondisi	Ada/Tidaknya Pengaman
A	Telah dilakukan pengecatan ulang pada bagian dinding dan <i>head container</i>	Telah dilengkapi <i>safety cap</i> pada <i>valve</i> dan <i>fusible plug</i> , memiliki atap peneduh
B	Terdapat Karat di sekitar dinding dan <i>head container</i>	Telah dilengkapi <i>safety cap</i> pada <i>valve</i> dan <i>fusible plug</i> , memiliki atap peneduh
C	Telah dilakukan pengecatan ulang pada bagian dinding dan <i>head container</i>	Telah dilengkapi <i>safety cap</i> pada <i>valve</i> dan <i>fusible plug</i> , memiliki atap peneduh
D	Terdapat Karat di sekitar dinding dan <i>head container</i>	Telah dilengkapi <i>safety cap</i> pada <i>valve</i> dan <i>fusible plug</i> , memiliki atap peneduh
E	Terdapat Karat di sekitar dinding dan <i>head container</i>	Telah dilengkapi <i>safety cap</i> pada <i>valve</i> dan <i>fusible plug</i> , memiliki atap peneduh
F	Terdapat Karat di sekitar dinding dan <i>head container</i>	Telah dilengkapi <i>safety cap</i> pada <i>valve</i> dan <i>fusible plug</i> , memiliki atap peneduh
G	Terdapat Karat di sekitar dinding dan <i>head container</i>	Telah dilengkapi <i>safety cap</i> pada <i>valve</i> dan <i>fusible plug</i> , memiliki atap peneduh

Sumber : PT Pupuk Kujang Cikampek

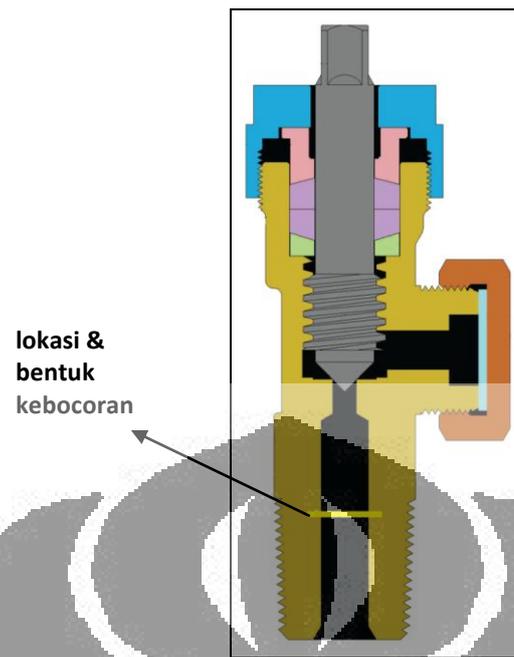
Universitas Indonesia

6.3. Skenario-Skenario Kebocoran *Container*

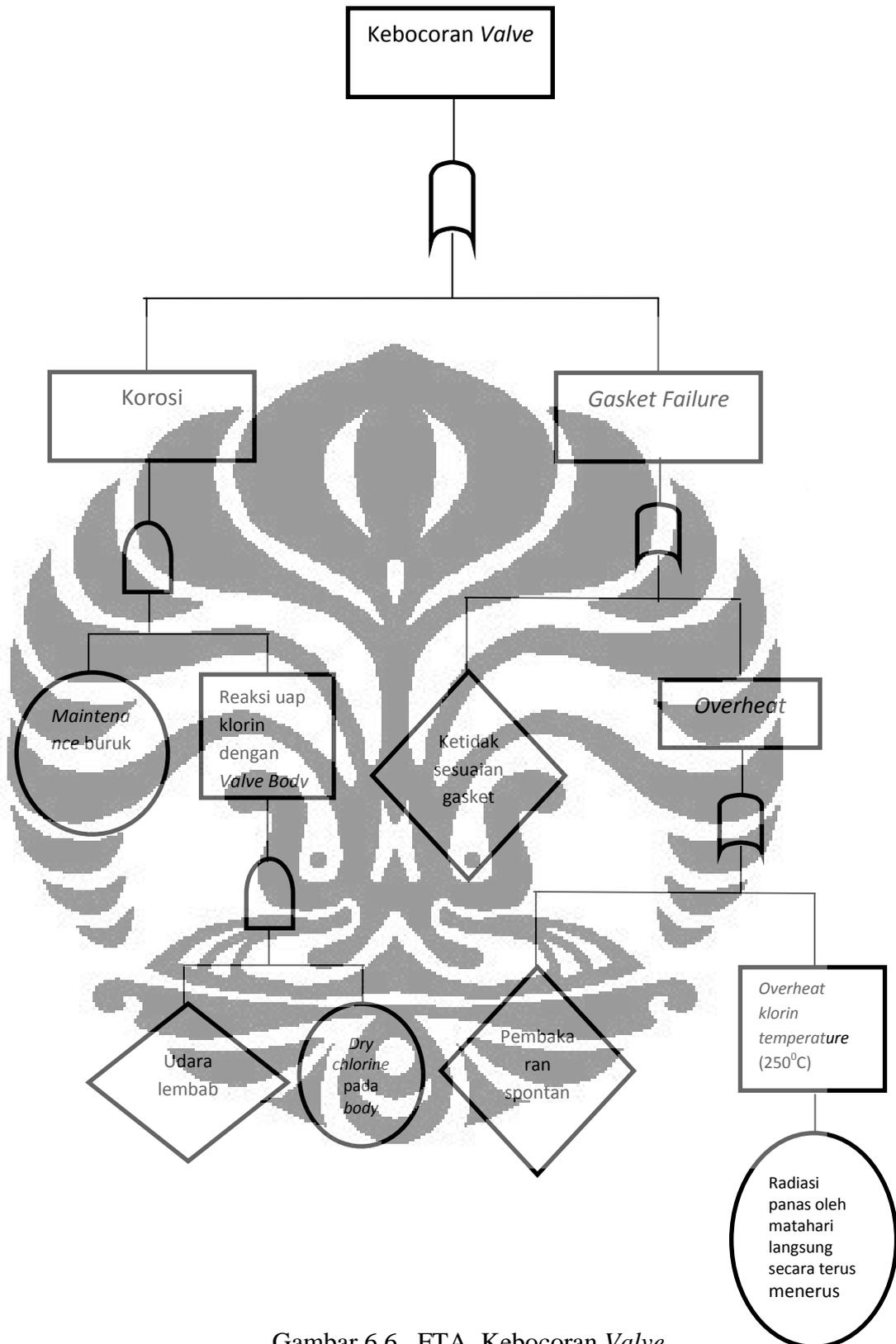
Skenario kebocoran *ton container* pada penelitian ini dibagi kedalam tiga skenario, yaitu skenario kebocoran minor, major, dan katastrofik (bencana). Menurut White (2010), kebocoran minor dapat disebabkan oleh kerusakan pada *valve*, dan kebocoran major dapat disebabkan oleh kerusakan *flexible connection* yang terpasang di bagian kepala *ton container*. Sedangkan kebocoran kategori katastrofik, dapat terjadi karena adanya *blow out* dari *fusible plug*. Masing-masing skenario kebocoran menggunakan *hazard analysis* yaitu *fault tree analysis* (FTA) untuk menggambarkan dan menjelaskan secara deduktif (umum-khusus) penyebab dari kebocoran atau kegagalan dari bagian-bagian tersebut.

6.3.1. Skenario kebocoran minor

Skenario kebocoran minor pada *ton container* dalam penelitian ini adalah kebocoran yang berasal dari *valve*. Kebocoran tersebut dapat disebabkan oleh korosi dan kegagalan *gasket*. Korosi terjadi karena bereaksinya uap klorin dengan *body valve* yang terbuat dari kuningan (*brass body*). Bagian yang biasanya mengalami korosi adalah ulir pada badan *valve*. Korosi dan aus pada ulir *valve* dapat membuat sebuah celah kecil berbentuk *rectangular*. Penyebab yang lain adalah kegagalan *gasket* yang dikarenakan ketidaksesuaian *gasket* penghubung *valve*. Ketidaksesuaian ukuran dapat mengakibatkan *valve* yang terhubung pada *ton container* tidak rapat dan menimbulkan celah kecil sehingga gas klorin dapat terlepas ke udara. Panas berlebih yang disebabkan radiasi oleh matahari secara langsung dan terus menerus juga dapat mengakibatkan *gasket* meleleh berhubung bahan *gasket* dapat terbuat dari timah atau asbes. Pada penelitian ini, skenario yang digunakan untuk diproyeksikan ke dalam piranti lunak ALOHA adalah skenario timbulnya celah *rectangular* pada badan *valve* yang disebabkan oleh korosi.



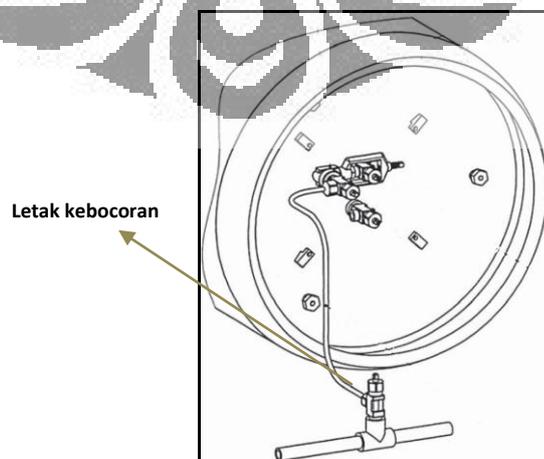
Gambar 6.5 Lokasi dan bentuk kebocoran pada ulir *valve* (diolah kembali)
Sumber : www.chemtech-usa.com



Gambar 6.6. FTA Kebocoran Valve

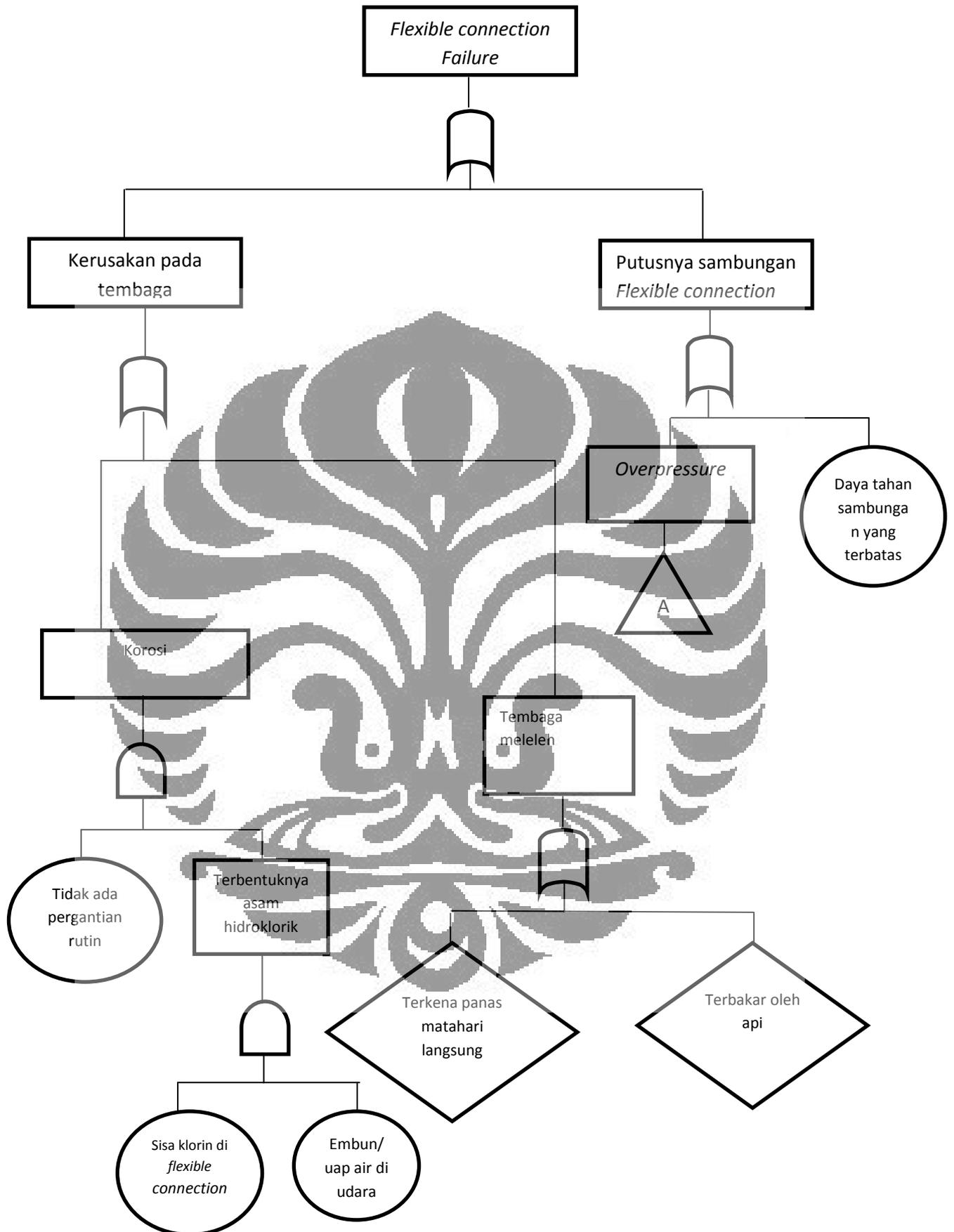
6.3.2. Skenario kebocoran major

Pipa fleksibel (*flexible copper connector*) merupakan kelemahan utama dari *ton container*. Tembaga yang dipilih sebagai bahan pipa karena sifatnya yang fleksibel dan cukup kuat untuk menahan tekanan dari *ton container* memiliki daya tahan yang terbatas. Kebocoran pada bagian ini dapat terjadi karena korosi, kebakaran, dan kelebihan tekanan yang berasal dari sistem khlorinator. Korosi pada pipa fleksibel dapat terjadi karena adanya reaksi antara sisa-sisa klorin yang ada pada pipa dengan embun di udara sekitar menghasilkan asam hidroklorik (*hydrochloric acid*) yang bersifat korosif terhadap tembaga (White, 2010). Kondisi ini akan semakin parah jika udara disekitar lembab. Korosi yang tidak segera ditangani dapat mengakibatkan pipa fleksibel berlubang. Panas yang berlebih juga turut berkontribusi pada rusaknya pipa fleksibel. Panas yang diterima pipa bisa berasal dari radiasi matahari, sumber panas lain seperti instalasi-instalasi di sekitar *ton container*, atau pada saat kondisi ekstrim seperti kebakaran. Sifat tembaga yang mudah terbakar juga dapat membuat lubang pada pipa yang mengakibatkan gas klorin terlepas ke udara. Penyebab kebocoran selanjutnya adalah kelebihan tekanan (*overpressure*) yang terjadi karena adanya tekanan balik dari sistem khlorinator. Hal ini bisa terjadi karena adanya kerusakan pada katup pengendali tekanan pada injektor. Kerusakan pada rotameter dan *pressure gauge* mendukung terjadinya kejadian ini.

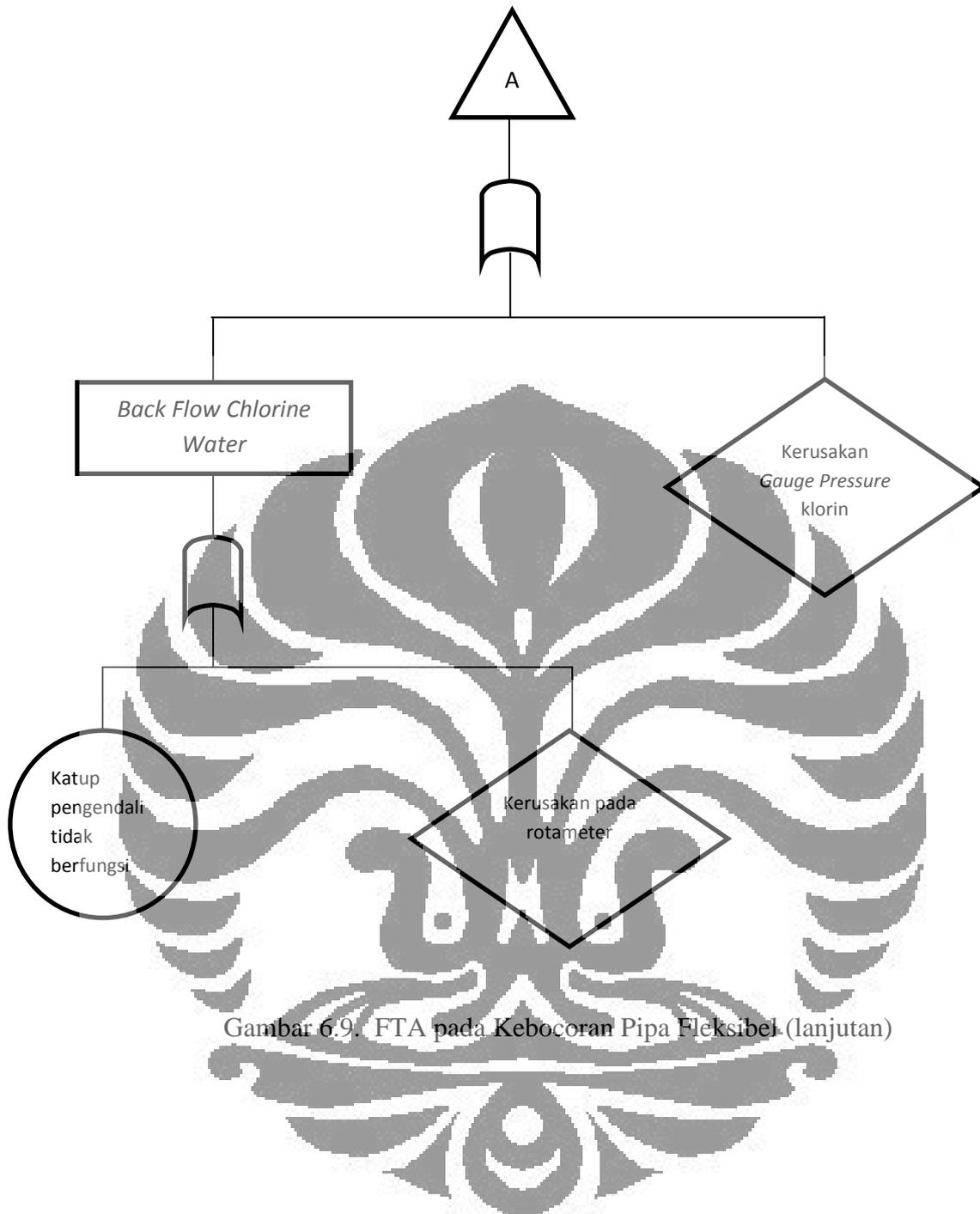


Gambar 6.7. Letak Kebocoran pada Pipa Fleksibe

Universitas Indonesia



Gambar 6.8 FTA pada Kebocoran Pipa Fleksibel

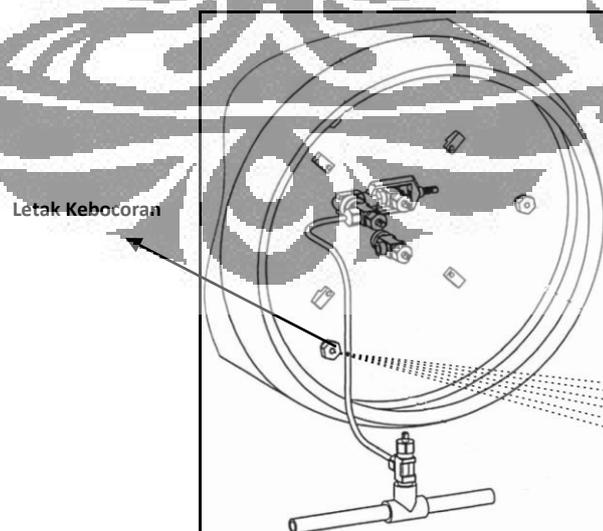


Gambar 6.9. FTA pada Kebocoran Pipa Fleksibel (lanjutan)

6.3.3. Skenario kebocoran catastrophic

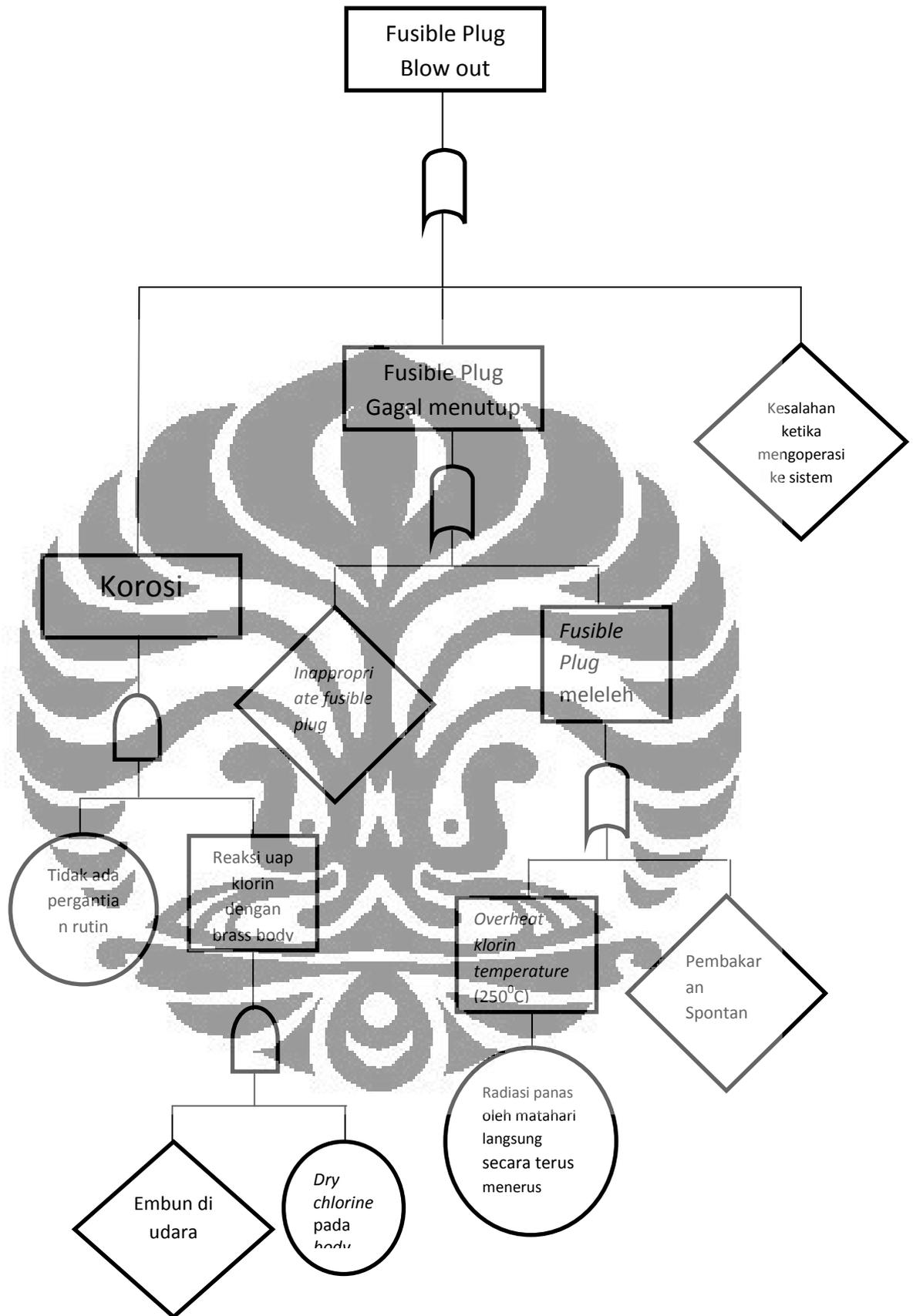
Menurut Razak (1992), *valve blow out* dapat terjadi pada bagian *fusible plug*, *ulir fusible plug*, dan bahan logam dari *fusible plug* itu sendiri. Hal ini yang membuat bagian-bagian diatas harus selalu dicek setiap hari.

Korosi merupakan hal yang paling sering menyebabkan kegagalan pada *fusible plug*. $\frac{3}{4}$ in. *plug* yang memiliki timah inti di dalam bodi kuningan (*brass body*) menjadi sasaran dari korosi yang berasal dari reaksi antara chlorine kering dengan embun. Sedikit uap dan klorin kering di *brass body* akan membentuk lubang berbentuk kerucut. Apabila tidak segera ditangani, korosi akan bertambah luas dan membentuk sebuah lubang yang semakin besar (White, 2010). Pada kasus *blow out*, panas berlebih pada klorin dalam *container* dan pembakaran spontan dapat mendukung terjadinya kejadian ini. Panas berlebih bisa berasal dari radiasi matahari secara langsung atau pada saat kondisi ekstrim seperti kebakaran. Perlindungan *container* terhadap panas merupakan hal yang sangat penting untuk mengurangi risiko terjadinya peningkatan temperatur pada *ton container*. Sebuah atap peneduh bisa menjadi alternatif untuk mengurangi risiko tersebut.



Gambar 6.10 Kebocoran pada *Fusible Plug* (diolah kembali)

Sumber : White (2010)



Gambar 6.11 FTA Pada Kebocoran *Fusible Plug*

6.4. Hasil Pemodelan Penyebaran Gas Beracun dengan ALOHA

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

Setelah semua data yang diperlukan dimasukkan, hasil pemodelan penyebaran gas beracun dari klorin dapat dilihat pada *display* yang menggambarkan *toxic threat zone*. Setelah semua data dimasukkan, rincian data secara lengkap akan ditampilkan dalam *text summary*.

Pada penelitian ini, hasil pemodelan penyebaran klorin menggunakan ALOHA dibuat berdasarkan skenario-skenario kebocoran yang telah dijelaskan sebelumnya. Skenario-skenario tersebut terdiri dari skenario kebocoran minor yang disebabkan oleh korosi pada badan *valve*, kebocoran major yang disebabkan oleh rusaknya pipa fleksibel, dan kebocoran katastrofik akibat *blowout* pada *fusible plug* yang terletak di bawah *head* dari *ton container*. Masing-masing skenario akan menampilkan pemodelan penyebaran yang berbeda-beda. Dibawah ini akan dijelaskan pemodelan penyebaran klorin menggunakan ALOHA yang meliputi kebocoran minor, major, dan katastrofik.

6.4.1 Text Summary ALOHA (Kebocoran pada Valve)

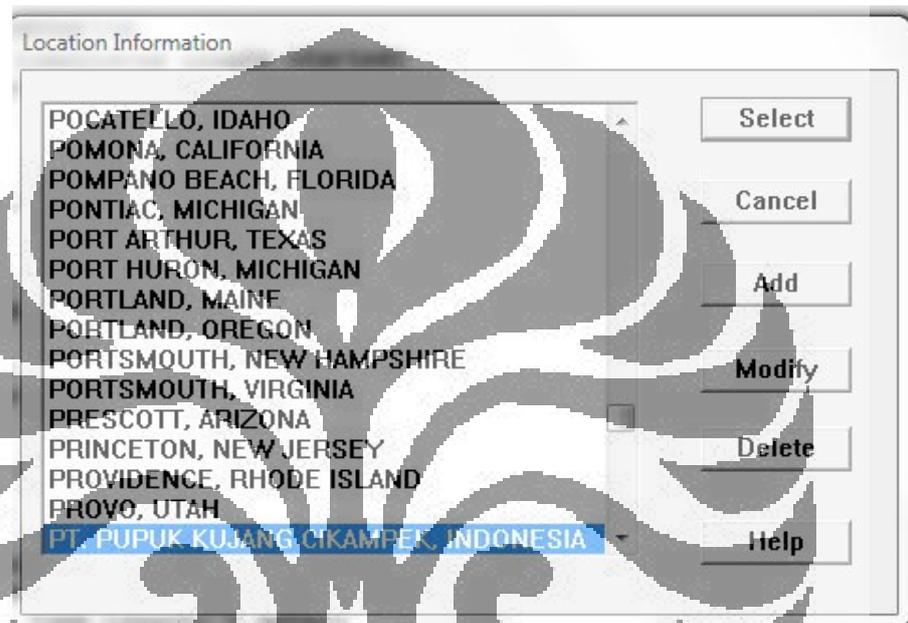
Text Summary ALOHA dari data yang dimasukkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- *Site Data*

Site Data merupakan lokasi atau tempat yang dijadikan objek penelitian, yaitu PT Pupuk Kujang Cikampek. Data yang dimasukkan dalam parameter ini adalah data lokasi, tipe bangunan, tanggal & waktu. Untuk data lokasi, dibutuhkan informasi mengenai letak dari PT Pupuk Kujang Cikampek itu sendiri. Dengan menggunakan piranti lunak *Google Earth*, koordinat yang diperoleh adalah 6.24.26 S dan 107.25.40 T dengan elevasi setinggi 54 meter diatas permukaan tanah. Data tipe bangunan yang dimasukkan disesuaikan dengan tipe bangunan *chlorine ton container* berada. Berdasarkan observasi yang

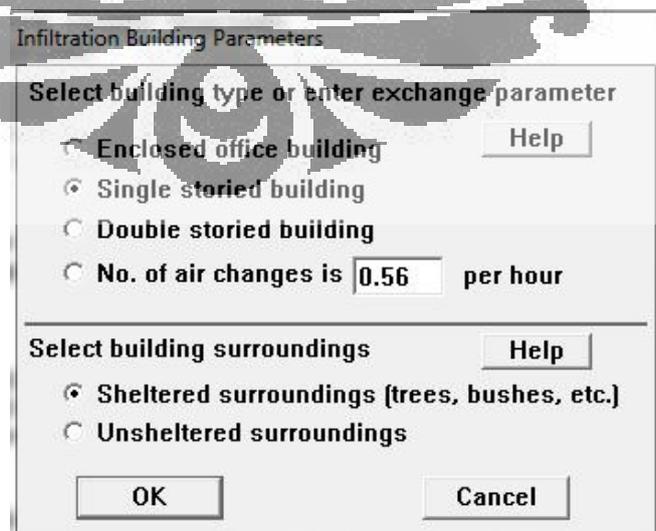
dilakukan, ton container yang menjadi unit analisis berada di sebelah timur unit *cooling tower* Urea IB merupakan bangunan bertipe satu lantai (*single storied*) yang disekitarnya terdapat bangunan lain dan pepohonan. Sedangkan parameter tanggal dan waktu diisi berdasarkan tanggal dan waktu pengoperasian ALOHA.

Lokasi : PT Pupuk Kujang Cikampek, Indonesia



Gambar 6.12 Informasi Lokasi

Tipe Bangunan : *Single storied building*



Gambar 6.13 Informasi Tipe Bangunan

Universitas Indonesia

Koordinat : 6.24.26 S dan 107.25.40 T, elevasi 54 meter

Gambar 6.14 Informasi letak koordinat

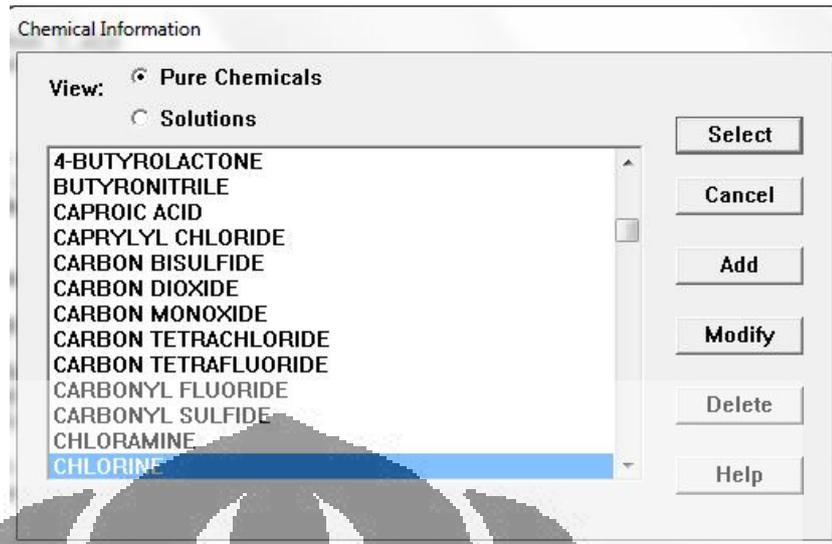
Tanggal dan Waktu: 22 Mei 2011, Pukul 13.00 (siang)

Month	Day	Year	Hour	Minute
5	22	2011	13	00
(1 - 12)	(1 - 31)	(1900 ...)	(0 - 23)	(0 - 59)

Gambar 6.15 Informasi Tanggal dan Waktu

- *Set Up*
 - *Chemical Data*

Untuk mengetahui pemodelan penyebaran gas klorin, maka peneliti memilih klorin dari *chemical library* ALOHA.



Gambar 6.16 *Chemical Information*

Dengan demikian, informasi mengenai properti dari klorin dapat ditampilkan. Informasi yang diberikan adalah sebagai berikut:

Berat Molekul : 70,91 g/mol AEGL-3: 20 ppm
 AEGL-1: 0,5 ppm IDLH : 10 ppm
 AEGL-2: 2 ppm
 Titik didih lingkungan: $-34,2^{\circ}\text{C}$
 Tekanan uap pada suhu lingkungan: > 1 atm
Ambient Saturation Concentration : 1.000.000 ppm atau 100%

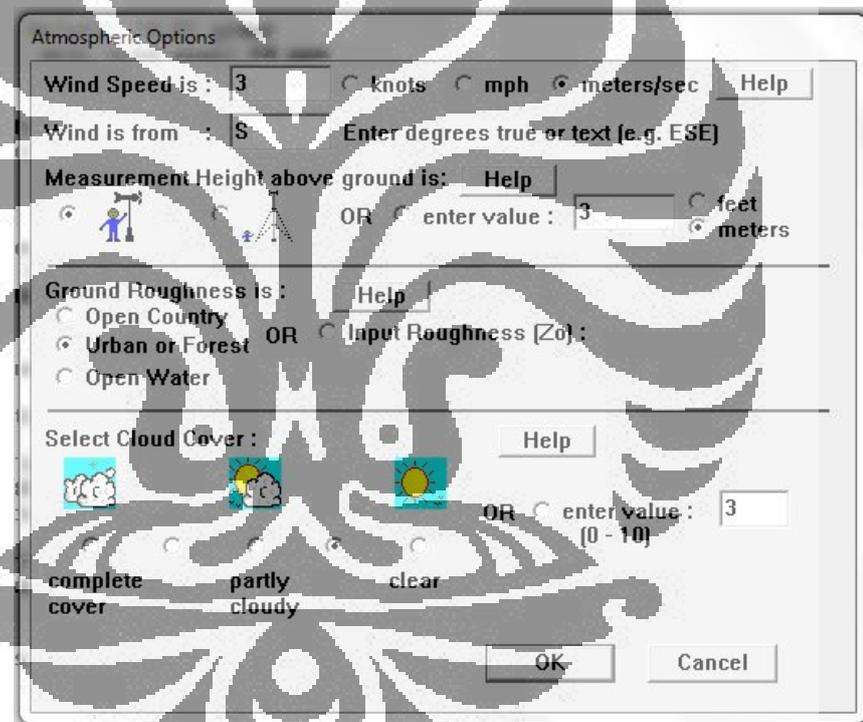
- *Atmospheric Data*

Data atmosfer yang diinput berdasarkan pengamatan di lokasi penelitian, data dari BMKG Kabupaten Karawang, dan data yang berasal dari laporan hasil pengujian kualitas udara Nomor: 3017/LHP/V/2011 yang memiliki data hasil temperatur udara di sekitar Pabrik Kujang IA maupun IB. Berdasarkan data yang diakses dari BMKG, suhu/temperatur udara pada Kabupaten Karawang bekisar antara $21-33^{\circ}\text{C}$ dengan kelembaban relatif antara 45-90%. Sedangkan data temperatur udara yang berasal dari hasil pengujian kualitas udara bekisar antara $29-31^{\circ}\text{C}$.

Universitas Indonesia

Dengan demikian, peneliti mengambil nilai tengah yaitu 31°C untuk menggambarkan kondisi temperatur yang sebenarnya. Untuk nilai kecepatan angin, ditentukan dengan menggunakan petunjuk lingkungan berdasarkan Tabel 2.3 tentang petunjuk lingkungan untuk mengestimasi kecepatan angin. Data-data yang diinput antara lain:

Kecepatan angin : 3 m/s
 Arah angin : Ke utara (dari S)
 Ketinggian pengukuran kec. angin : 3 meter
 Kepadatan permukaan tanah : *Urban or Forest*
 Kondisi awan : 3 (sedikit berawan)



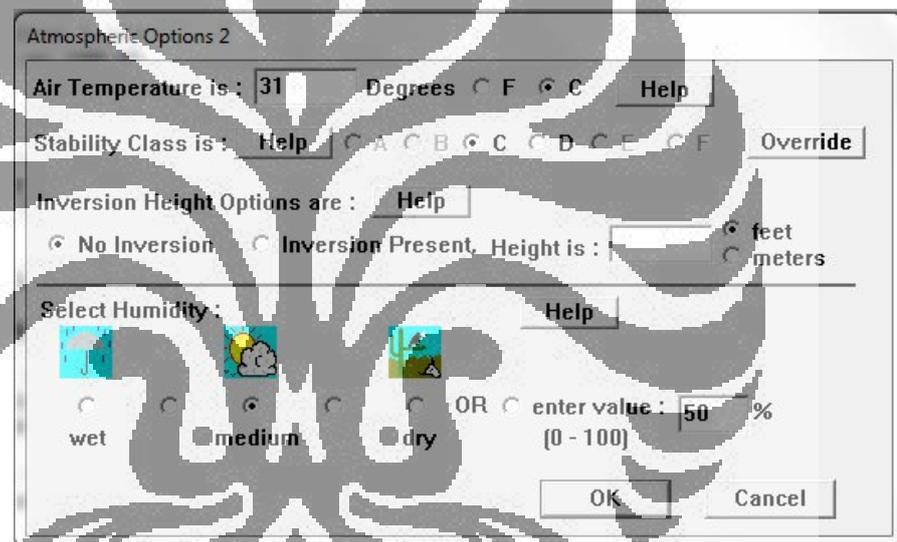
Gambar 6.17 Atmospheric Option

Setelah memasukkan data kecepatan angin, nilai *cloud cover*, dan temperatur udara maka ALOHA secara otomatis memberikan alternatif untuk memilih *stability class*. *Stability Class C* dipilih karena pengukuran dilaksanakan pada siang hari. Tipe dari *stability class* dapat kita tentukan dengan menggunakan tabel 2.4 tentang penentuan *stability class* pada atmosfer berdasarkan

Universitas Indonesia

Kecepatan Angin dan Radiasi Matahari. Karena gas klorin termasuk kedalam kategori gas berat, maka *no inversion* dipilih. *inversion* dipilih apabila kita memasukkan data bahan kimia yang tergolong ke dalam gas ringan dengan model penyebaran *gaussian*. Dengan demikian, data-data yang dimasukkan antara lain:

Temperatur udara : 31⁰C
Stability class : C
Inversion height : *No inversion*
 Kelembaban udara : 50 %



Gambar 6.18 *Atmospheric Option 2*

- *Source*

Source yang dapat dipilih pada piranti lunak ALOHA adalah *direct*, *puddle* (genangan), *tank*, dan *gas pipeline*. Berdasarkan unit analisis pada penelitian ini yang merupakan *chlorine ton container*, maka *source* yang dipilih adalah *tank* dengan tipe *horizontal cylinder*. Data-data yang diinput merupakan hasil observasi penulis di lokasi penelitian yang meliputi:

Diameter : 0.8 m
 Panjang tanki : 2 m
 Volume (terinput secara otomatis) : 1,01 cu m

Tank Size and Orientation

Select tank type and orientation:

Horizontal cylinder Vertical cylinder Spheres

Enter two of three values:

diameter feet meters
 length liters cu meters
 volume

OK Cancel Help

Gambar 6.19 *Tank Size & Orientation*

Kandungan dalam tanki : Mengandung cairan
 Temperatur di sekitar tanki : 31^oC

Chemical State and Temperature

Enter state of the chemical: Tank contains liquid Tank contains gas only Unknown

Enter the temperature within the tank: degrees F C

OK Cancel Help

Gambar 6.20 *Chemical State & Temperature*

Massa dalam tangki : 0,9 ton (900 kg)
 Volume cairan (*liquid*) dalam tangki : 155 gallons (terinput otomatis)

Gambar 6.21 *Liquid Mass or Volume*

Opening Length : 0,4 in

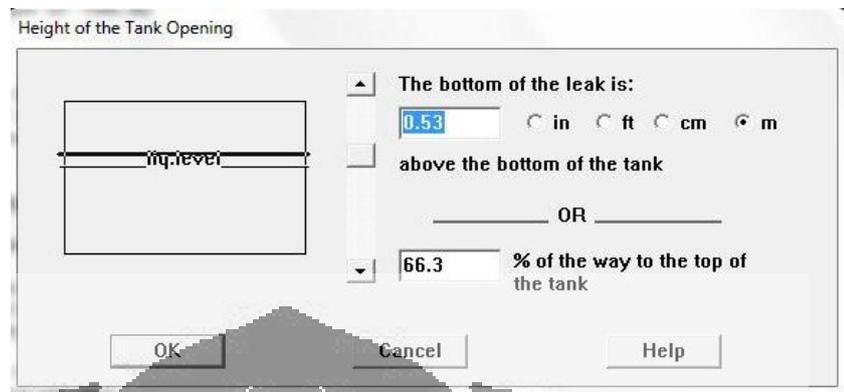
Opening Width : 0,04 in

Kebocoran berasal dari pipa pendek atau *valve*

Gambar 6.22 *Area and Type of Leak*

Universitas Indonesia

Letak Kebocoran dari permukaan dasar tangki : 0,53 meter



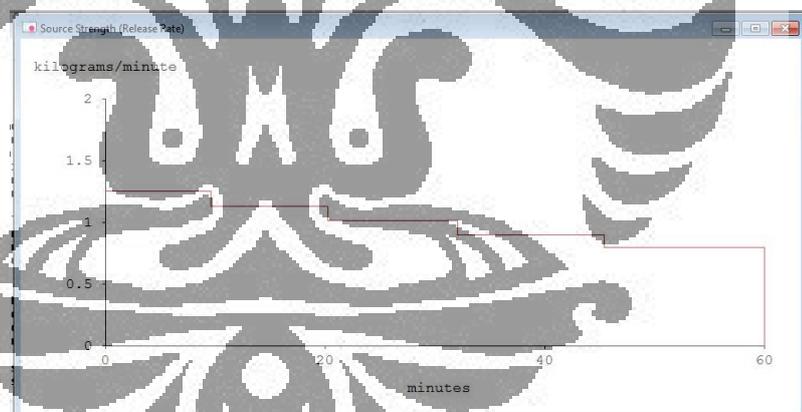
Gambar 6.23 *Height of the Tank Opening*

Informasi baru yang didapat setelah data tersebut diinput adalah sebagai berikut:

Release Rate : 1,25 kg/menit

Jumlah total yang dilepaskan : 59,5 kg

Note : *The chemical escaped from the tank as a gas.*



Gambar 6.24 *Release Rate*

- *Display (Threat zone)*

Setelah memasukkan data ke dalam *source*, pemodelan dapat ditampilkan dengan memilih parameter *display, threat zone*. Hasilnya adalah sebagai berikut:

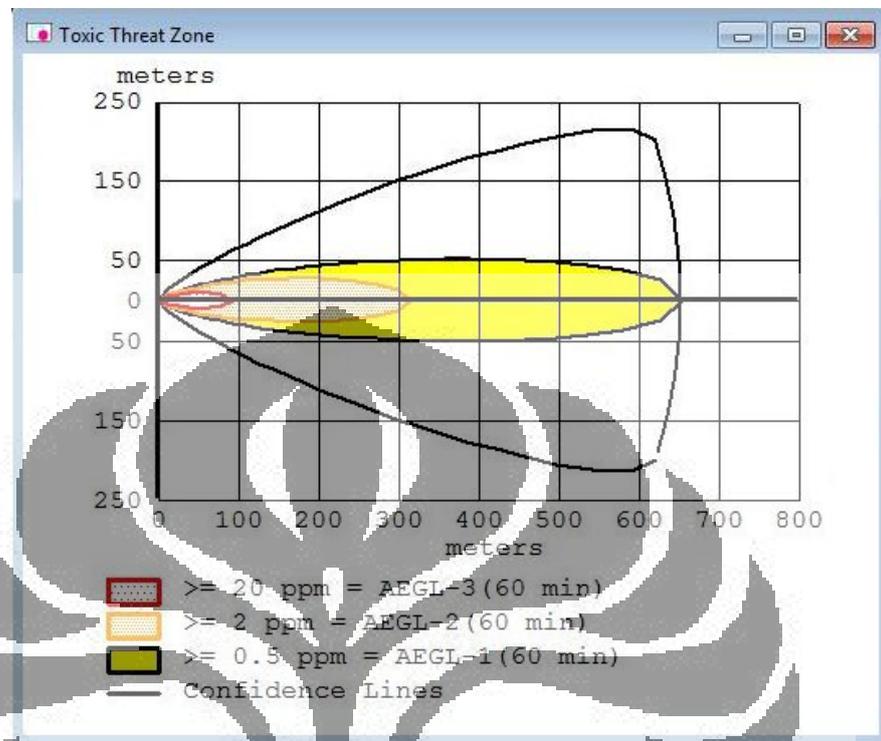
Model run : *Heavy gas*

Red : 93 meter-----(>=20 ppm = AEGL-3 (60 menit))

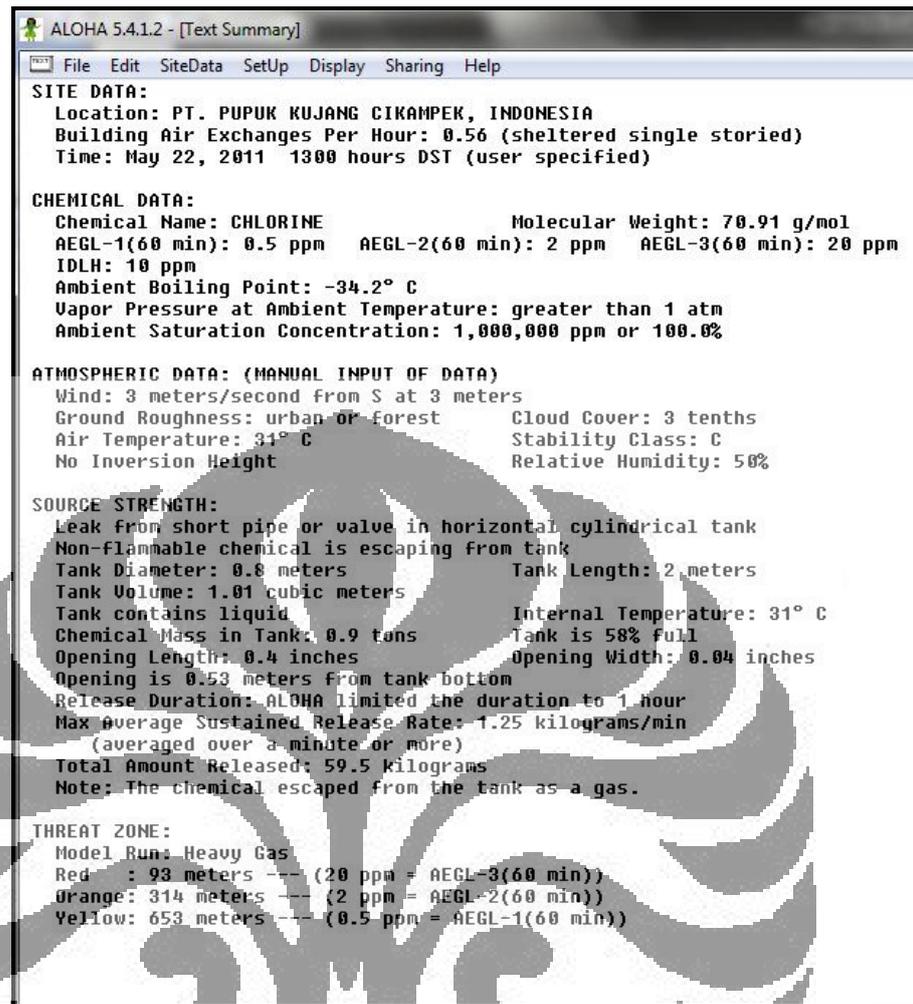
Orange : 314 meter-----(>=2 ppm = AEGL-2 (60 menit))

Universitas Indonesia

Yellow : 653 meter-----(>=0,5 ppm = AEGL-1 (60 menit))



Gambar 6.25 Toxic Threat Zone



```

ALOHA 5.4.1.2 - [Text Summary]
File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help

SITE DATA:
Location: PT. PUPUK KUJANG CIKAMPEK, INDONESIA
Building Air Exchanges Per Hour: 0.56 (sheltered single storied)
Time: May 22, 2011 1300 hours DST (user specified)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: CHLORINE Molecular Weight: 70.91 g/mol
AEGL-1(60 min): 0.5 ppm AEGL-2(60 min): 2 ppm AEGL-3(60 min): 20 ppm
IDLH: 10 ppm
Ambient Boiling Point: -34.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 3 meters/second from S at 3 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 3 tenths
Air Temperature: 31° C Stability Class: C
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:
Leak from short pipe or valve in horizontal cylindrical tank
Non-flammable chemical is escaping from tank
Tank Diameter: 0.8 meters Tank Length: 2 meters
Tank Volume: 1.01 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 31° C
Chemical Mass in Tank: 0.9 tons Tank is 50% full
Opening Length: 0.4 inches Opening Width: 0.04 inches
Opening is 0.53 meters from tank bottom
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max average Sustained Release Rate: 1.25 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 59.5 kilograms
Note: The chemical escaped from the tank as a gas.

THREAT ZONE:
Model Run: Heavy Gas
Red : 93 meters --- (20 ppm = AEGL-3(60 min))
Orange: 314 meters --- (2 ppm = AEGL-2(60 min))
Yellow: 653 meters --- (0.5 ppm = AEGL-1(60 min))

```

Gambar 6.26 *Text Summary ALOHA* (Skenario Kebocoran pada Valve)

6.4.2 *Text Summary ALOHA* (Kebocoran pada Pipa Fleksibel)

Pada pemodelan yang berasal dari kebocoran pipa fleksibel, parameter *site data* dan parameter *set up* yang terdiri dari data bahan kimia (*chemical data*) dan data atmosferik (*atmospheric data*) disamakan dengan data sebelumnya. Perbedaannya terletak pada data *source* yang dimasukkan, khususnya pada bagian area dan tipe kebocoran. Hasil *release rate* dan *toxic threat zone* yang ditampilkan juga akan berbeda. Berikut adalah rincian dari data yang dimasukkan.

- *Source*

Bentuk : *Circular opening*

Opening Diameter : 0,3 in.

Asal Kebocoran : *Short pipe/valve*

Area and Type of Leak

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

Circular opening Rectangular opening

Opening diameter: inches feet centimeters meters

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

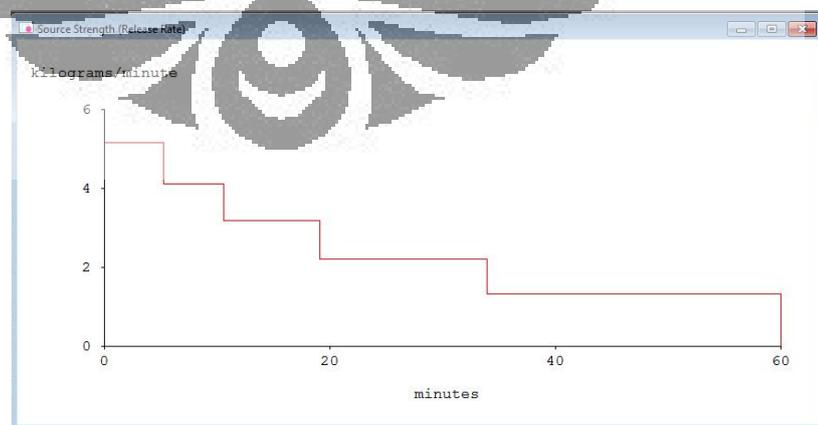
Gambar 6.27 Area & Type of Leak

Informasi baru yang didapat setelah data tersebut diinput adalah sebagai berikut:

Release Rate : 5,16 kg/menit

Jumlah total yang dilepaskan : 143 kg

Note : *The chemical escaped from the tank as a gas.*



Gambar 6.28 Release Rate

- *Display*

Setelah memasukkan data ke dalam *source*, pemodelan dapat ditampilkan dengan memilih parameter *display*, *threat zone*. Hasilnya adalah sebagai berikut:

Model run : *Heavy gas*

Red : 196 meter-----(>=20 ppm = AEGL-3 (60 menit))

Orange : 662 meter-----(>=2 ppm = AEGL-2 (60 menit))

Yellow : 1,4 kilometer-----(>=0,5 ppm = AEGL-1 (60 menit))



Gambar 6.29 *Toxic Threat Zone*

```

ALOHA 5.4.1.2 - [Text Summary]
File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help

SITE DATA:
Location: PT. PUPUK KUJANG CIKAMPEK, INDONESIA
Building Air Exchanges Per Hour: 0.56 (sheltered single storied)
Time: May 22, 2011 1300 hours DST (user specified)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: CHLORINE Molecular Weight: 70.91 g/mol
AEGL-1(60 min): 0.5 ppm AEGL-2(60 min): 2 ppm AEGL-3(60 min): 20 ppm
IDLH: 10 ppm
Ambient Boiling Point: -34.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 3 meters/second from S at 3 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 3 tenths
Air Temperature: 31° C Stability Class: C
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:
Leak from short pipe or valve in horizontal cylindrical tank
Non-flammable chemical is escaping from tank
Tank Diameter: 0.8 meters Tank Length: 2 meters
Tank Volume: 1.01 cubic meters
Tank contains liquid Internal Temperature: 31° C
Chemical Mass in Tank: 0.9 tons Tank is 58% full
Circular Opening Diameter: 0.3 inches
Opening is 0.53 meters from tank bottom
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 5.16 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 149 kilograms
Note: The chemical escaped from the tank as a gas.

THREAT ZONE:
Model Run: Heavy Gas
Red : 196 meters --- (20 ppm = AEGL-3(60 min))
Orange: 662 meters --- (2 ppm = AEGL-2(60 min))
Yellow: 1.4 kilometers --- (0.5 ppm = AEGL-1(60 min))

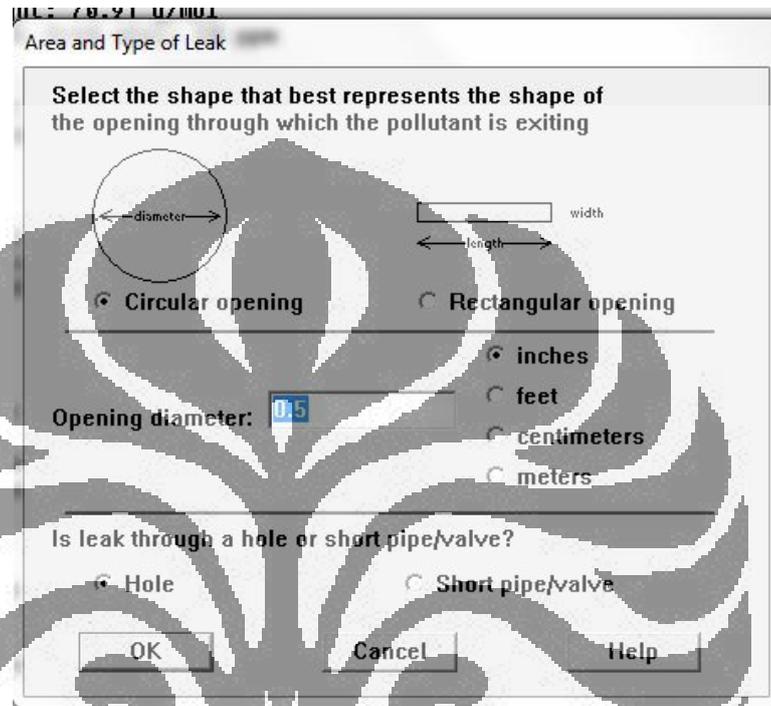
```

Gambar 6.30 *Text Summary ALOHA* (Kebocoran pada Pipa Fleksibel)

6.4.3 *Text Summary ALOHA* (*Blow out* pada *Fusible Plug*)

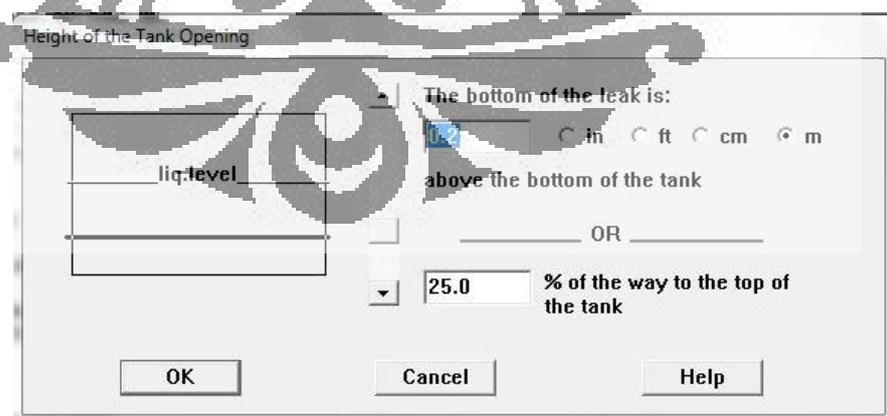
Pada pemodelan yang berasal dari kebocoran *fusible plug*, parameter *site data* dan parameter *set up* yang terdiri dari data bahan kimia (*chemical data*) dan data atmosferik (*atmospheric data*) juga disamakan dengan data sebelumnya. Perbedaannya terletak pada data *source* yang dimasukkan, khususnya pada bagian area dan tipe kebocoran, serta letak kebocoran dari permukaan dasar *container*. Hasil *release rate* dan *toxic threat zone* yang ditampilkan juga akan berbeda. Berikut adalah rincian dari data yang dimasukkan.

- *Source*
 Bentuk : *Circular opening*
 Opening Diameter : 0,5 in.
 Asal Kebocoran : *Hole*



Gambar 6.31 Area & Type of Leak

Letak kebocoran dari dasar permukaan tangki : 0,2 meter



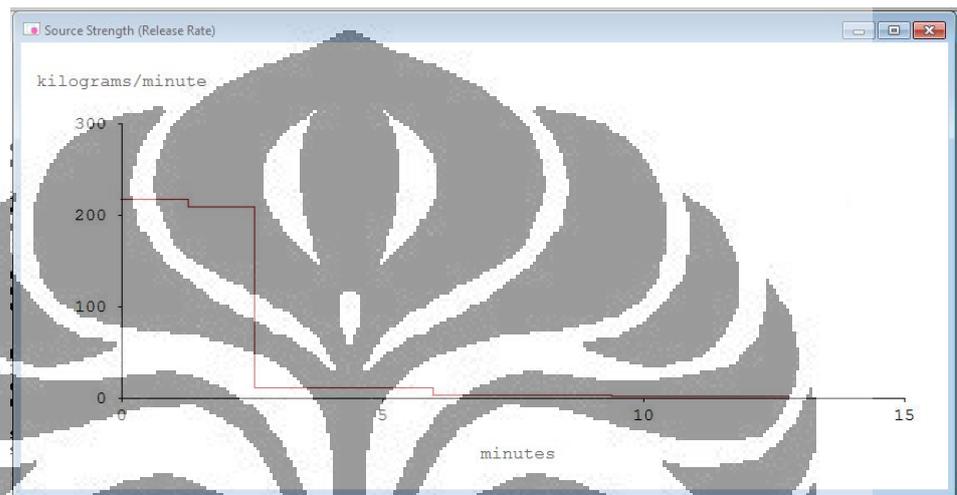
Gambar 6.32 Height of The Tank Opening

Informasi baru yang didapat setelah data tersebut diinput adalah sebagai berikut:

Release Rate : 217 kg/menit

Jumlah total yang dilepaskan : 604 kg

Note : *The chemical escaped from the tank as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).*



Gambar 6.33 *Release Rate*

- *Display*

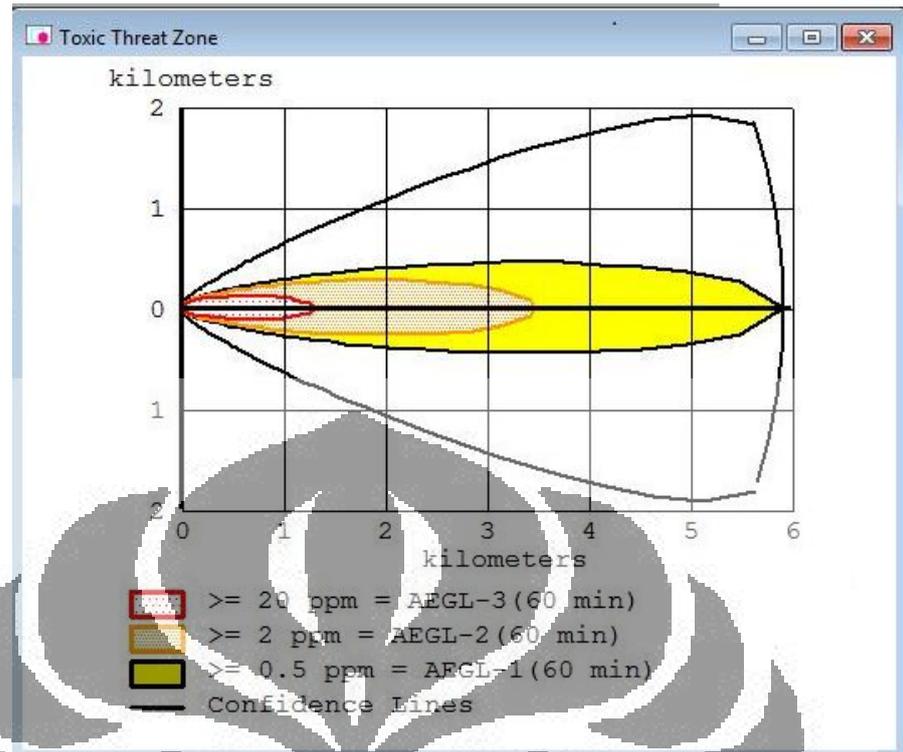
Setelah memasukkan data ke dalam *source*, pemodelan dapat ditampilkan dengan memilih parameter *display, threat zone*. Hasilnya adalah sebagai berikut:

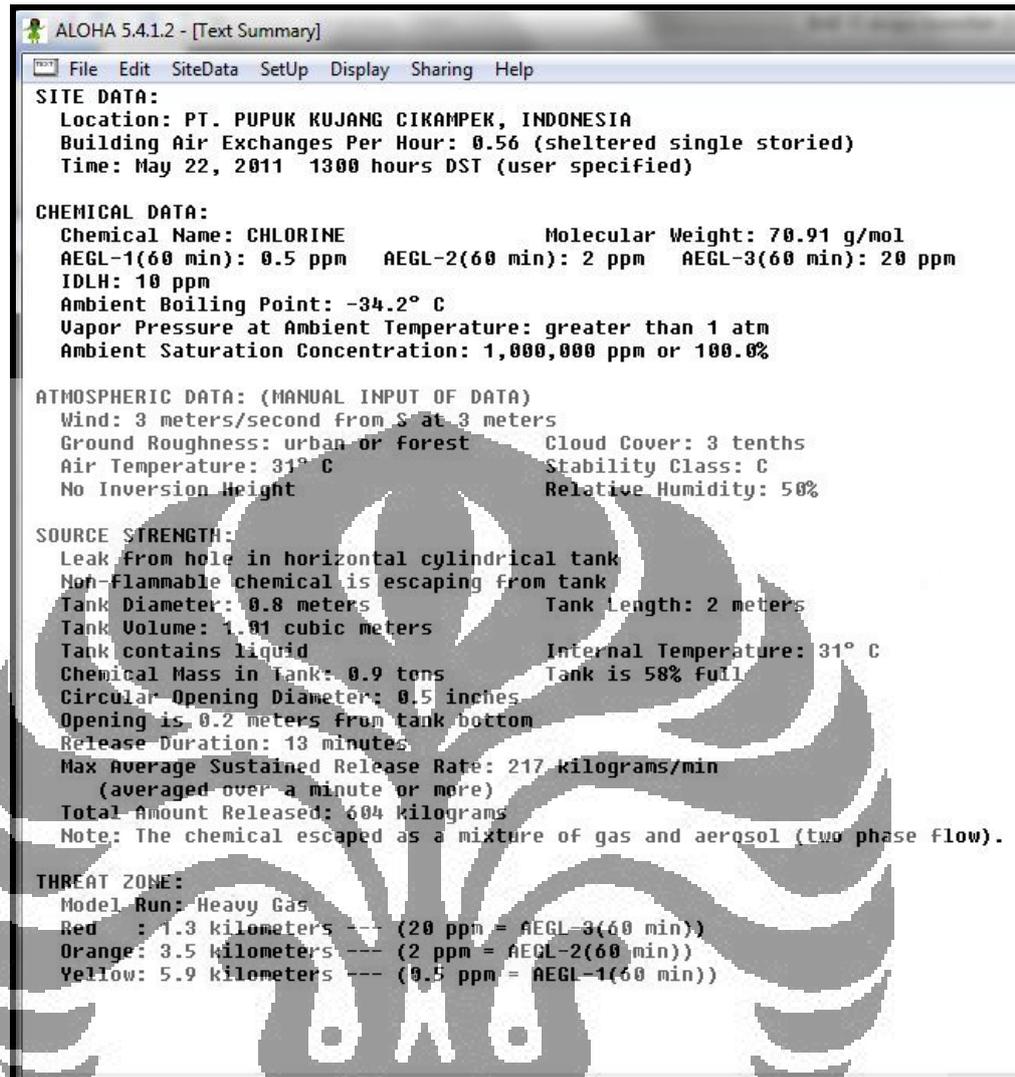
Model run : *Heavy gas*

Red : 1,3 Kilometer-----(>=20 ppm = AEGL-3 (60 menit))

Orange : 3,5 Kilometer-----(>=2 ppm = AEGL-2 (60 menit))

Yellow : 5,9 Kilometer-----(>=0,5 ppm = AEGL-1 (60 menit))

Gambar 6.34 *Toxic Threat Zone*



Gambar 6.35 Text Summary ALOHA (Kebocoran pada Fusible Plug)

BAB 7 PEMBAHASAN

7.1 Variabel-Variabel Penyebab Kebocoran *Chlorine Ton Container*

7.1.1 Variabel-Variabel Penyebab Kebocoran *Valve*

Berdasarkan hasil analisa bahaya menggunakan *fault tree analysis*, kebocoran *valve* disebabkan oleh korosi atau *gasket failure*. Korosi yang timbul disebabkan oleh reaksi uap klorin dengan *valve body* yang berasal dari udara lembab (*embun*) dan *dry chlorine* yang menempel pada *valve*. Jika *valve* tidak dirawat atau diganti secara rutin, maka kemungkinan terjadinya kebocoran akibat korosi akan bertambah besar. Korosi pada *valve* dapat dicegah dengan selalu membersihkan *valve* dari sisa-sisa klorin setelah mengoperasikan *ton container* ke sistem. Pemasangan *safety cap* pada *valve* yang tidak terpakai juga penting untuk melindungi *valve* dari radiasi panas secara langsung dan *embun* di udara.

Gasket failure dapat disebabkan oleh pemasangan tipe *gasket* yang tidak sesuai atau panas berlebih. Ukuran dan bahan *gasket* berpengaruh terhadap kegagalan *gasket*. Ukuran yang tidak sesuai dapat menimbulkan celah pada *valve* sehingga gas klorin dapat keluar. Agar *gasket* memiliki daya tahan yang lama dan tahan terhadap panas, maka material *gasket* yang dipilih adalah Gore-Tex TriGuard (*Chlorine Institute Evaluation Procedure*). *Gasket* yang terbuat dari material teflon atau asbes memiliki daya tahan yang lebih lemah.

Panas berlebih dapat disebabkan oleh radiasi panas matahari secara terus menerus atau pada kondisi ekstrim seperti kebakaran. Oleh karena itu atap peneduh yang ditempatkan di lokasi *ton container* harus disediakan untuk mengurangi radiasi panas. *Ton container* juga sebaiknya terlindung dari instalasi-instalasi yang berpotensi untuk terjadinya kebakaran atau ledakan.

Dengan demikian, penyebab dasar atau variabel-variabel penyebab kebocoran *valve* antara lain: udara lembab/*embun* (*moisture*), *dry chlorine* pada *body valve*, tidak ada pergantian rutin pada *valve*, pembakaran

spontan (kebakaran), dan radiasi panas matahari secara langsung dengan terus-menerus.

7.1.2 Variabel-Variabel Penyebab Kebocoran Pada *Flexible Connection*

Kerusakan pada *flexible connection* (Pipa fleksibel) berdasarkan hasil *fault tree analysis* adalah kerusakan pada material yang terbuat dari tembaga atau putusnya sambungan pipa fleksibel. Kerusakan pada tembaga disebabkan oleh korosi atau melelehnya pipa akibat panas berlebih. Korosi terjadi akibat terbentuknya asam hidroklorik yang berasal dari reaksi antara sisa klorin di pipa fleksibel dengan embun. Sama halnya dengan *valve*, apabila tidak ada pergantian rutin pada pipa fleksibel, kemungkinan terjadinya kebocoran akan semakin besar. Oleh karena itu, penting untuk melakukan perawatan pada pipa fleksibel seperti membersihkan sisa-sisa klorin yang menempel dan menghindarkannya dari basah atau uap air.

Melelehnya pipa fleksibel dapat terjadi berhubung material yang digunakan terbuat dari *copper* (tembaga) sangat rentan apabila terpapar panas secara langsung dan terus menerus. Sangat penting untuk menyediakan atap peneduh untuk mengurangi radiasi panas matahari pada pipa fleksibel.

Putusnya sambungan pipa fleksibel disebabkan oleh *overpressure* disertai daya tahan sambungan yang terbatas. *overpressure* dapat terjadi karena katup pengendali atau rotameter yang tidak berfungsi sehingga dapat mengakibatkan tekanan balik (*back flow chlorine water*). Apabila tekanan balik ini tidak diantisipasi oleh operator, maka pipa akan terlepas dari sistem dan mengeluarkan gas klorin ke udara. Kerusakan *gauge pressure* juga menambah risiko *overpressure* karena dapat membuat operator salah memahami tekanan yang keluar dari *ton container*. Kesalahan dalam memahami tekanan dapat mengakibatkan konsentrasi gas klorin yang keluar melewati batas operasi. Apabila konsentrasi gas klorin yang dikeluarkan melebihi 1,5 ppm, maka pipa-pipa pada sistem akan mengalami kerusakan akibat korosi.

Dengan demikian, penyebab dasar atau variabel-variabel penyebab kebocoran pada pipa fleksibel antara lain: tidak ada pergantian rutin, sisa klorin pada pipa fleksibel, embun, panas berlebih, daya tahan sambungan yang terbatas, dan rusaknya peralatan sistem khlorinator (katup pengendali, rotameter, dan *gauge pressure*).

7.1.3 Variabel-Variabel Penyebab *Fusible Plug Blowout*

Berdasarkan hasil analisa bahaya menggunakan *fault tree analysis*, *blowout* pada *fusible plug* disebabkan oleh korosi atau kegagalan *fusible plug*. Korosi yang timbul disebabkan oleh reaksi uap klorin dengan *brass body* yang berasal dari udara lembab (embun) dan *dry chlorine* yang menempel pada *fusible plug*. Sama halnya dengan *valve* dan *flexible connection*, jika *fusible plug* tidak dirawat, maka kemungkinan terjadinya kebocoran akibat korosi akan bertambah besar. Korosi dapat dicegah dengan membersihkan *head fusible plug* dari sisa-sisa klorin dan melindungi *fusible plug* menggunakan *safety cap*.

Fusible plug gagal menutup akan terjadi apabila dalam kondisi yang ekstrim seperti kebakaran. Radiasi panas matahari secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama juga berisiko menimbulkan kebocoran berhubung sifat klorin yang akan meningkat volume dan tekanannya apabila panas yang diterima *ton container* meningkat (Gatot, 1992). Oleh karena itu, sebuah atap peneduh yang ditempatkan di lokasi *ton container* harus disediakan untuk mengurangi radiasi panas berhubung *ton container* tidak boleh disimpan pada temperatur lebih dari 40°C. *Ton container* juga sebaiknya terlindung dari instalasi-instalasi yang berpotensi untuk terjadinya kebakaran atau ledakan.

Dengan demikian, penyebab dasar atau variabel-variabel penyebab *fusible plug blowout* antara lain: udara lembab/embun (*moisture*), *dry chlorine* pada *fusible plug*, tidak ada pergantian rutin terhadap *fusible plug*, pembakaran spontan (kebakaran), dan radiasi panas matahari secara langsung dengan terus-menerus.

7.2 Toxic Threat Zone (Kebocoran pada Valve)

Berdasarkan hasil pemodelan dengan menggunakan piranti lunak ALOHA, zona atau area terancam (*Toxic Threat Zone*) karena terdapat substansi berbahaya berupa gas klorin terbagi ke dalam tiga area, yaitu area merah (*red zone*), area oranye (*orange zone*), dan area kuning (*yellow zone*). Konsentrasi gas klorin di area tersebut berbeda-beda dalam waktu satu jam (durasi maksimum ALOHA). Menurut *Level of Concern* (LOC) ALOHA yang dalam hal ini adalah *Acute Exposure Guideline Levels* (AEGs), konsentrasi gas klorin pada area merah (AEG-3) adalah ≥ 20 ppm. Untuk area oranye (AEG-2), konsentrasinya adalah ≥ 2 ppm. Sedangkan area kuning (AEG-1), konsentrasinya adalah $\geq 0,5$ ppm.

Menurut EPA (2007), AEGs memperkirakan konsentrasi pada populasi umum termasuk individu yang sensitif (orang sakit, orang tua, anak-anak) akan menimbulkan efek kesehatan jika memajan selama periode tertentu. Sebuah bahan kimia memiliki tiga nilai AEG untuk memberikan gambaran sesuai dengan efek kesehatan yang lebih spesifik, AEG-1 mengartikan bahwa konsentrasi substansi berbahaya di udara yang diperkirakan memajan populasi umum meliputi individu rentan dapat menimbulkan ketidaknyamanan, iritasi, atau efek *asymptomatic nonsensory*, efek-efek tersebut tidak akan melumpuhkan dan akan hilang apabila pajanan telah berhenti.

Pada AEG-2, konsentrasi substansi berbahaya di udara yang diperkirakan memajan populasi umum termasuk individu rentan dapat menimbulkan gejala-gejala serius dan bersifat ireversibel, efek kesehatan yang merugikan dalam jangka waktu yang lama atau lemahnya kemampuan untuk melarikan diri. Sedangkan AEG-3, memberikan arti bahwa konsentrasi substansi berbahaya di udara yang diperkirakan memajan populasi umum dapat menimbulkan efek kesehatan buruk yang dapat mengancam jiwa atau kematian. Ketiga AEGs tersebut dikembangkan untuk lima periode pajanan yaitu 10 menit, 30 menit, 60 menit, 4 jam, dan 8 jam. Akan tetapi, periode pajanan yang digunakan pada pemodelan menggunakan ALOHA adalah periode pajanan *default toxic LOC* yang sudah tersedia yaitu selama 60 menit.

Berdasarkan hasil perhitungan ALOHA, jangkauan penyebaran gas klorin di area merah (AEGL-3) adalah 93 meter dari pusat kebocoran. Pada jarak ini, konsentrasi gas klorin paling pekat dibandingkan area yang lain. Area oranye (AEGL-2) merupakan area yang mengandung konsentrasi lebih rendah dibandingkan area merah. Jangkauan penyebaran gas klorin pada area ini mencapai 314 meter dari pusat kebocoran. Sedangkan area kuning (AEGL-1), merupakan area yang memiliki konsentrasi gas klorin paling rendah. Jangkauan penyebaran gas klorin pada area ini mencapai 653 meter dari pusat kebocoran.

Penyebaran gas klorin yang disebabkan oleh kebocoran pada *valve ton container* yang terletak di sebelah timur *cooling water/cooling tower* Urea Kujang IB mengakibatkan beberapa area menjadi berbahaya. Area di PT Pupuk Kujang yang termasuk ke dalam area merah (AEGL-3) adalah daerah yang paling dekat dengan pusat kebocoran, yaitu di sekitar *cooling tower* Urea Kujang IB. Area yang termasuk ke dalam area oranye (AEGL-2) adalah Gedung Pusat Kendali Kujang IB dan area *package boiler*. Sedangkan yang termasuk ke dalam area kuning (AEGL-1) adalah Pabrik Urea Kujang IA dan sebagian kawasan Pabrik NPK. Akan tetapi, pada setiap area tidak seluruhnya dipenuhi oleh gas klorin. Pada area-area tersebut juga terdapat area yang aman dari gas klorin. Hal ini dikarenakan sedikitnya gas klorin yang terdispersi ke udara dan pengaruh dari variabel-variabel atmosfer seperti kecepatan angin dan *stability class* (EPA & NOAA, 2007). Berikut adalah proyeksi dispersi gas klorin menggunakan *software Google Earth* dari ketinggian 1,24 kilometer.



Gambar 7.1 Proyeksi dengan *Google Earth* (diolah kembali)

Sumber: www.googleearth.com

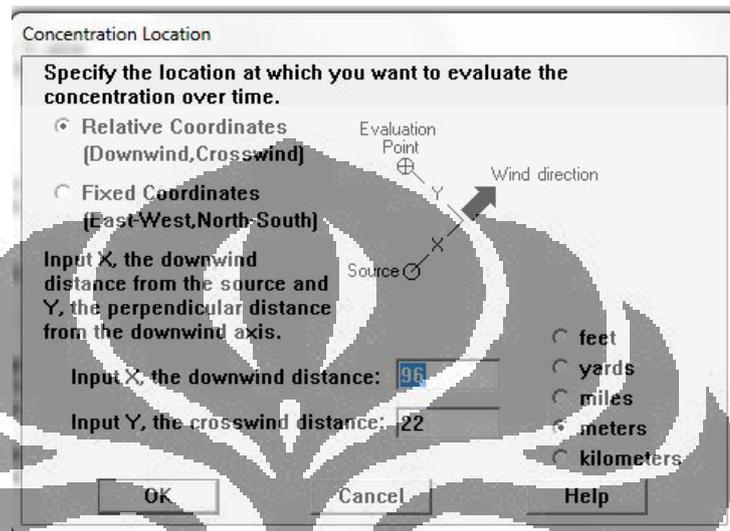
7.2.1 Populasi Berisiko

Populasi yang berisiko terpajan gas klorin pada skenario kebocoran ini adalah operator yang sedang bekerja di lapangan/*outdoor* maupun yang berada di dalam ruangan Gedung Pusat Kendali Kujang IB. Operator lapangan yang berisiko adalah operator yang berada di area Pabrik Urea Kujang IB, *packaged boiler*, dan Pabrik Urea Kujang IA. Jumlah operator yang bekerja di tempat tersebut tidak dapat ditentukan secara pasti karena banyak pekerja yang keluar masuk area. Berdasarkan observasi penulis, di setiap area terdapat 5-10 operator yang berada di area tersebut. Untuk pekerja yang berada dalam gedung, jumlah pekerja reguler sebanyak 40-50 orang dan ketika *shift* mencapai 30-35 orang. Untuk skenario terburuk, maka jumlah pekerja yang diambil adalah jumlah yang terbanyak. Dengan demikian, jumlah pekerja yang berisiko akibat kebocoran pada *valve* adalah 80 orang.

7.2.2 *Threat At Point* (kebocoran *valve*)

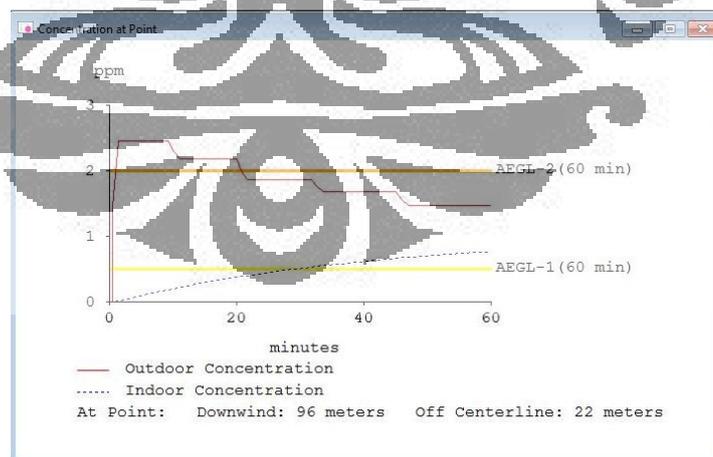
Setelah *toxic threat zone* ditampilkan, konsentrasi gas klorin pada area tertentu dapat diketahui dengan memilih *Display, Threat at Point*. Pada skenario kebocoran *valve*, area yang di evaluasi adalah Gedung Pusat kendali Kujang IB, area *package boiler*, dan Pabrik Kujang IA. Berikut

adalah tampilan dalam menampilkan *Threat at Point* pada Gedung Pusat Kendali Kujang IB. Berdasarkan pengukuran menggunakan piranti lunak *Google Earth*, jarak X (*downwind*) dan jarak Y (*crosswind*) Gedung Pusat kendali Kujang IB dari pusat kebocoran adalah 96 dan 22 meter.



Gambar 7.2 *Concentration Location*

Setelah data jarak *downwind* dan *crosswind* dimasukkan, maka akan muncul sebuah tampilan seperti di bawah ini.



Gambar 7.3 *Concentration at Point*

Grafik diatas menunjukkan jumlah dan laju konsentrasi gas klorin pada lokasi yang dievaluasi. Garis merah menunjukkan konsentrasi *outdoor*

yang dalam hal ini adalah konsentrasi di luar gedung Pusat Kendali Kujang IB, sedangkan garis putus-putus biru menunjukkan konsentrasi *indoor* yang dalam hal ini adalah konsentrasi di dalam gedung. Konsentrasi *outdoor* dan *indoor* maksimum dari gas klorin adalah 2,44 dan 0,767 ppm. Konsentrasi *outdoor* akan selalu lebih besar daripada konsentrasi *indoor* karena ALOHA memberikan asumsi bahwa pintu dan jendela pada gedung tertutup. Konsentrasi *outdoor* yang melewati AEGL-2 akan segera mengalami penurunan, sedangkan konsentrasi dalam ruangan mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan konsentrasi di luar ruangan dipengaruhi oleh kecepatan dan arah angin (*wind direction*). Berikut adalah tabel yang menunjukkan perbandingan konsentrasi maksimum *outdoor* dan *indoor* pada area-area yang termasuk area terancam.

Tabel 7.1 Konsentrasi maksimum dalam dan luar ruangan pada area yang di evaluasi

Lokasi	Konsentrasi <i>outdoor</i> (ppm)	Konsentrasi <i>indoor</i> (ppm)
Gedung Pusat Kendali Kujang IB (X: 96 m, Y: 22m)	2,44 (10 menit)	0-0,767 (60 menit)
<i>Package boiler</i> (X: 198 m, Y: 0 m)	4,82 (10 menit)	0-1,58 (60 menit)
Pabrik Urea Kujang IA (X: 304 m, Y: 0 m)	2,13 (10 menit)	0-0,695 (60 menit)

Berdasarkan tabel diatas, konsentrasi *outdoor* dan *indoor* tertinggi berada di area *package boiler* yaitu 4,82 dan 1,58 ppm. Berbeda dengan area Gedung Pusat Kendali Kujang IB dan Pabrik Urea Kujang IA, konsentrasinya lebih kecil karena berada di tepi area oranye (AEGL-2) yang sedikit lagi akan memasuki area kuning (AEGL-1). Meskipun

demikian, kedua area tersebut tetap berisiko karena konsentrasinya melewati AEGL-1 yaitu diatas 0,5 ppm (NAB klorin =1 ppm).

7.2.3 Dampak Kesehatan

Menurut *Chlorine Institute's Pamphlet 90* (1999), pemajanan gas klorin secara inhalasi pada konsentrasi 1-3 ppm dapat menimbulkan iritasi pada *mucous membrane* dan pada konsentrasi 5-15 ppm dapat mengalami iritasi sedang pada sistem pernafasan. Operator atau pekerja lapangan yang berada di luar Gedung Pusat Kendali Kujang IB dan area Pabrik Urea Kujang IA dapat mengalami iritasi pada *mucous membrane*. Pekerja lapangan yang berada di area *package boiler* akan mengalami iritasi sedang pada sistem pernafasan. Sedangkan operator atau pekerja yang berada di dalam ruangan Gedung Pusat Kendali IB dan Pabrik Urea Kujang IA dapat mengalami gejala ringan yang dapat hilang apabila pemajanan berhenti.

7.3 Toxic Threat Zone (Kebocoran Pada Pipa Fleksibel)

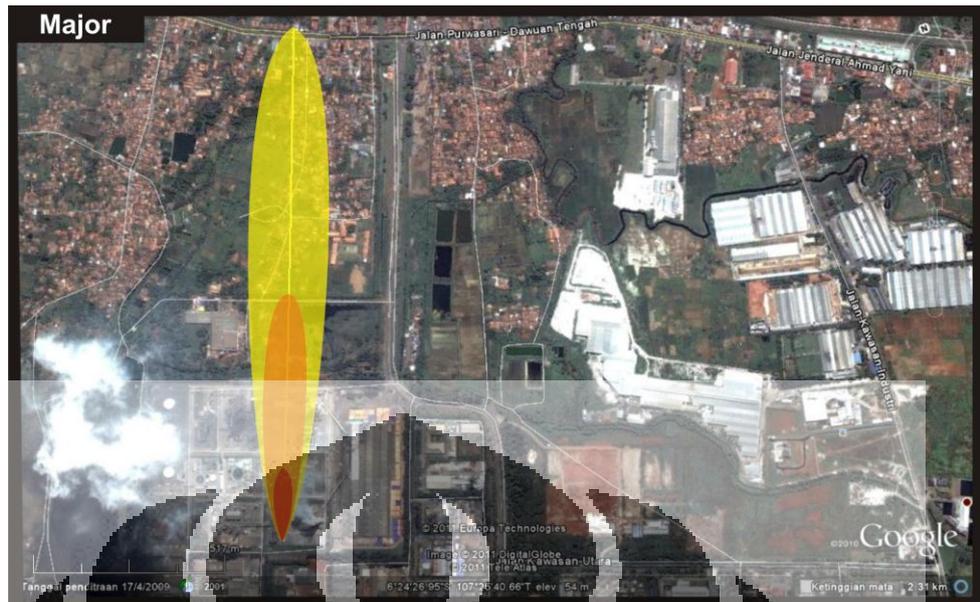
Zona atau area terancam (*Toxic Threat Zone*) pada skenario kebocoran pipa fleksibel lebih besar dibandingkan kebocoran pada *valve*. Hal ini dikarenakan area kebocoran pipa fleksibel lebih besar dibandingkan area kebocoran pada *valve*. Bentuk pembukaan kebocoran juga berpengaruh terhadap pemodelan ini. Pada kebocoran *valve*, keluarnya gas klorin di udara berasal dari *rectangular opening* dengan panjang 0,4 m dan lebar 0,04 m. Sedangkan pada kebocoran pipa fleksibel, gas klorin yang terlepas ke udara berasal dari *circular opening* dengan diameter 0,3 m. Oleh karena itu, pada kondisi atmosfer yang sama dengan skenario kebocoran sebelumnya, *toxic threat zone* yang dihasilkan akibat kebocoran ini lebih besar.

Sama dengan skenario kebocoran sebelumnya, konsentrasi gas klorin di masing-masing area berbeda dalam waktu satu jam (durasi maksimum ALOHA). Menurut *Level of Concern* (LOC) ALOHA, konsentrasi gas klorin pada area merah (AEGL-3) adalah ≥ 20 ppm. Untuk area oranye (AEGL-2), konsentrasinya

adalah ≥ 2 ppm. Sedangkan area kuning (AEGL-1), konsentrasinya adalah $\geq 0,5$ ppm.

Berdasarkan hasil pemodelan dengan menggunakan piranti lunak ALOHA, untuk area merah (AEGL-3), jangkauan penyebaran gas klorin adalah 196 meter dari pusat kebocoran. Pada jarak ini, konsentrasi gas klorin paling pekat dibandingkan area yang lain. Area oranye (AEGL-2), merupakan area yang mengandung konsentrasi lebih rendah dibandingkan area merah. Jangkauan penyebaran gas klorin pada area ini mencapai 662 meter dari pusat kebocoran. Sedangkan area kuning (AEGL-1), merupakan area yang memiliki konsentrasi gas klorin paling rendah dibandingkan area yang lain. Jangkauan penyebaran gas klorin pada area ini mencapai 1,4 kilometer dari pusat kebocoran.

Penyebaran gas klorin yang disebabkan oleh kebocoran pada pipa fleksibel mengakibatkan beberapa area menjadi lebih berbahaya. Area yang termasuk ke dalam area merah (AEGL-3) adalah sebagian kawasan Pabrik Urea Kujang IB dan sebagian area *package boiler* yang paling dekat dengan sumber kebocoran. Area yang termasuk ke dalam area oranye (AEGL-2) adalah Gedung Pusat Kendali Kujang IB, area *package boiler*, Pabrik Urea Kujang IA, dan sebagian kawasan Pabrik NPK. Sedangkan untuk area kuning (AEGL-1), area yang termasuk ke dalam area tersebut adalah sebagian kawasan Pabrik NPK dan sebagian pemukiman penduduk yang berada di kawasan Desa Dawuan Tengah, yaitu Dusun Poponcol. Jangkauan penyebaran gas klorin pada masing-masing area menjadi lebih jauh dan lebih besar dibandingkan skenario kebocoran sebelumnya. Berikut adalah proyeksi dispersi gas klorin menggunakan *software Google Earth* dari ketinggian 2,31 kilometer.



Gambar 7.4 Proyeksi dengan *Google Earth* (diolah kembali)

Sumber: www.googleearth.com

7.3.1 Populasi Berisiko

Populasi yang berisiko terpajan gas klorin pada skenario kebocoran pipa fleksibel adalah operator yang sedang bekerja di lapangan/*outdoor* (di area Pabrik Urea Kujang IB, *packaged boiler*, Pabrik Urea Kujang IA, dan sebagian area Pabrik NPK), pekerja yang berada di dalam ruangan Gedung Pusat Kendali Kujang IB, dan Penduduk sekitar yang tinggal di Dusun Poponcol. Jumlah pekerja yang berada di dalam gedung dan di lapangan adalah sekitar 90 orang, sedangkan jumlah penduduk yang berada di Dusun Poponcol menurut data penduduk Desa Dawuan Tengah tahun 2011 adalah 2563 orang. Dengan ini, jumlah populasi berisiko adalah 2653 orang. Pekerja yang berada di area pabrik lebih berisiko dibandingkan penduduk yang tinggal di Dusun Poponcol karena konsentrasi gas klorin yang ada di sekitar area pabrik lebih pekat dari konsentrasi yang ada di area pemukiman.

7.3.2 *Threat At Point* (Kebocoran pada Pipa Fleksibel)

Pada skenario kebocoran pada pipa fleksibel, lokasi-lokasi yang dievaluasi adalah lokasi-lokasi yang termasuk ke dalam area terancam

(*toxic threat zone*). Untuk area merah (AEGL-3), lokasi yang dievaluasi adalah Pabrik Urea Kujang IB yang dekat dengan sumber kebocoran. Untuk area oranye (AEGL-2), lokasi yang dievaluasi adalah Gedung Pusat Kendali Kujang IB, *package boiler*, dan Pabrik Urea Kujang IA. Sedangkan area kuning (AEGL-1), lokasi yang dievaluasi adalah pemukiman yang berada di dusun poponcol.

Berdasarkan hasil perhitungan *threat at point* dengan ALOHA, Pabrik urea Kujang IB menjadi lokasi yang memiliki konsentrasi *outdoor* gas klorin paling tinggi, yaitu 107 ppm. Sedangkan lokasi yang memiliki konsentrasi *outdoor* paling rendah adalah sebuah pemukiman di Dusun Poponcol yaitu 0,585 ppm. Berikut adalah perbandingan konsentrasi *outdoor* dan *indoor* dari masing-masing lokasi.

Tabel 7.2 Konsentrasi maksimum dalam dan luar ruangan pada area yang di evaluasi

Lokasi	Konsentrasi <i>outdoor</i> (ppm)	Konsentrasi <i>indoor</i> (ppm)
Pabrik Urea Kujang IB (X: 80 m, Y: 0 m)	107 (5 menit)	0-19,9 (60 menit)
Gedung Pusat Kendali Kujang IB (X: 96 m, Y: 22m)	11,5 (5 menit)	0-1,92 (60 menit)
<i>Package boiler</i> (X: 198 m, Y: 0 m)	19,7 (5 menit)	0-3,6 (60 menit)
Pabrik Urea Kujang IA (X: 304 m, Y: 0 m)	8,74 (5 menit)	0-1,59 (60 menit)
Dusun Poponcol (X:936 m, Y: -86 m)	0,585 (5 menit)	0-0,105 (60 menit)

7.3.3 Dampak Kesehatan

Pada konsentrasi 5-30 ppm, klorin dapat menimbulkan gejala berat pada mata (*Japan Soda Industry Association*, 1977). Gejala-gejala

tersebut meliputi terganggunya pandangan mata, sakit terkena sinar (*photophobia*), pedih, *conjunctiva* menjadi merah dan bengkak, kornea dapat terluka dan terkelupas, jaringan lebih dalam dapat rusak. Apabila kulit terpajan klorin dengan konsentrasi yang tinggi, kulit akan terasa panas seperti tersengat, tertusuk atau seperti terbakar oleh api, kulit bergelembung berisi air, mengelupas bahkan dapat mengalami peradangan.

Menurut *Chlorin Institute's Pamphlet 90* (1999), pajanan gas klorin secara inhalasi pada konsentrasi 5-15 ppm dapat mengakibatkan iritasi sedang pada sistem pernafasan. Pada konsentrasi 30 ppm dapat mengakibatkan rasa sakit di dada dengan segera, muntah-muntah, *dyspnea*, dan batuk-batuk. Apabila pajanan secara inhalasi konsentrasinya mencapai 40-60 ppm, maka akan mengakibatkan *toxic pneumonitis* dan *pulmonary edema*.

Pekerja lapangan yang berada di area Gedung Pusat Kendali Kujang IB, *package boiler*, dan Pabrik Urea Kujang IA akan mengalami iritasi sedang pada sistem pernafasan. Sedangkan pada pekerja lapangan yang berada di area Pabrik Urea Kujang IB akan mengalami *toxic pneumonitis* dan *pulmonary edema* yang lebih parah karena konsentrasi gas klorin pada area tersebut mencapai 107 ppm. Pekerja yang berada dalam Gedung Pusat Kendali Kujang IB akan mengalami iritasi pada *mucous membrane*. Untuk orang-orang yang berada di Dusun Poponcol, apabila mereka berada di luar maupun di dalam rumah, maka mereka akan mengalami gejala ringan seperti perasaan tidak enak dan rangsangan gatal pada hidung karena konsentrasi klorin di luar dan di dalam ruangan pada area tersebut adalah 0,585 dan 0,105.

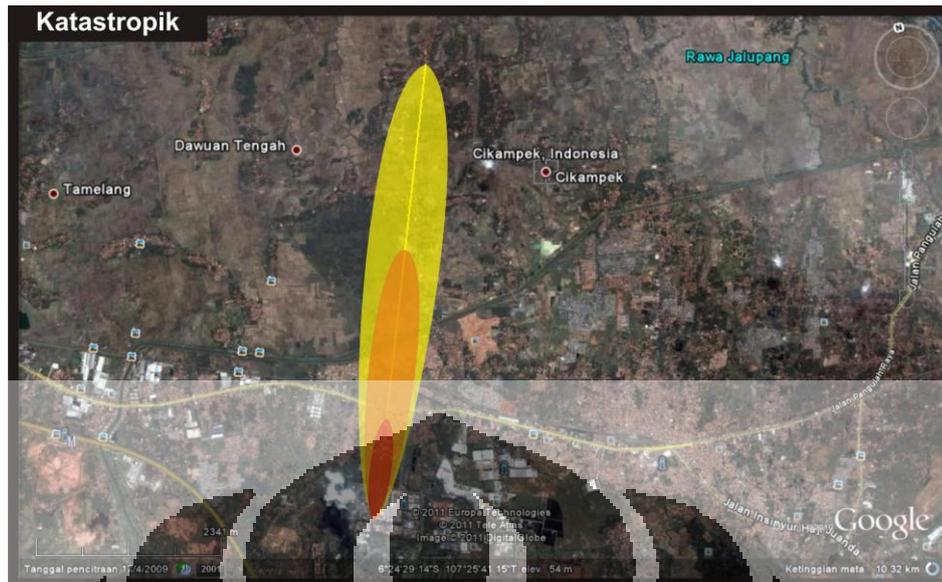
7.4 Toxic Threat Zone (Blow Out pada Fusible Plug)

Zona atau area terancam (*Toxic Threat Zone*) pada skenario *fusible plug blow out* paling besar jika dibandingkan skenario-skenario kebocoran sebelumnya. Hal ini dikarenakan bentuk pembukaan dan letak kebocoran dari permukaan dasar *ton container*. Bentuk pembukaan pada skenario ini adalah

circular opening dengan diameter sebesar 0,5 in dan terletak pada 0,2 meter dari dasar permukaan *ton container*. Letak kebocoran yang berada di bawah *liquid level* ini mengakibatkan klorin yang terlepas ke atmosfer terdiri dari dua fase, yaitu berbentuk aerosol dan gas. Pada kondisi atmosfer yang sama, konsentrasi klorin di atmosfer menjadi sangat pekat dan jangkauannya menjadi lebih jauh.

Berdasarkan hasil pemodelan dengan menggunakan piranti lunak ALOHA, untuk area merah (AEGL-3), jangkauan penyebaran gas klorin dengan konsentrasi ≥ 20 ppm adalah 1,3 kilometer dari pusat kebocoran. Pada jarak ini, konsentrasi gas klorin paling pekat dibandingkan area yang lain. Untuk area oranye (AEGL-2), jangkauan penyebaran gas klorin dengan konsentrasi ≥ 2 ppm adalah 3,5 kilometer dari pusat kebocoran. Sedangkan area kuning (AEGL-1), jangkauan penyebaran gas klorin mencapai 5,9 kilometer dari pusat kebocoran dengan konsentrasi $\geq 0,5$ ppm. Area ini merupakan jangkauan penyebaran terjauh.

Penyebaran gas klorin akibat *fusible plug blowout* mengakibatkan bertambahnya jangkauan area-area yang berbahaya. Area di PT Pupuk Kujang Cikampek yang termasuk ke dalam area merah (AEGL-3) adalah Pabrik Urea Kujang IB, area *package boiler*, Pabrik Urea Kujang IA, dan Dusun Poponcol. Area yang termasuk ke dalam area oranye (AEGL-2) adalah kawasan Pabrik NPK dan Dusun Pajaten, Dawuan Tengah. Sedangkan untuk area kuning (AEGL-1), area yang berisiko adalah pemukiman penduduk yang berada di kawasan Cikampek Kota. Jangkauan penyebaran gas klorin pada masing-masing area menjadi lebih jauh dan lebih besar dibandingkan skenario kebocoran sebelumnya. Berikut adalah proyeksi dispersi gas klorin menggunakan *software Google Earth* dari ketinggian 10,32 kilometer.



Gambar 7.5 Proyeksi dengan Google Earth (diolah kembali)

Sumber : www.googleearth.com

7.4.1 Populasi Berisiko

Populasi yang berisiko terkena paparan gas klorin akibat *blowout* pada *fusible plug* antara lain pekerja dan operator yang berada di Gedung Pusat Kendali Kujang IB maupun yang berada di lapangan (area Pabrik Urea Kujang IB, *Package Boiler*, area Pabrik Kujang IA, dan Pabrik NPK), penduduk yang tinggal di Dusun Poponcol, Dusun Pajaten, dan Cikampek Kota. Total populasi berisiko akibat kejadian ini adalah 5585 orang.

7.4.2 Threat At Point

Pada skenario *fusible plug blowout*, lokasi-lokasi yang dievaluasi adalah lokasi yang termasuk ke dalam area *threat zone*. Untuk area merah (AEGL-3) lokasi yang dievaluasi antara lain Gedung Pusat Kendali Kujang IB, *package boiler*, Pabrik Urea Kujang IA, dan pemukiman penduduk di Dusun Poponcol. Untuk area oranye (AEGL-2), lokasi yang dievaluasi adalah Dusun Pajaten. Sedangkan untuk area kuning (AEGL-1), area yang dievaluasi adalah daerah di sekitar Cikampek Kota.

Berdasarkan hasil perhitungan *threat at point* dengan ALOHA, Gedung Pusat Kendali Kujang IB menjadi lokasi yang memiliki konsentrasi gas klorin paling tinggi. Konsentrasi *outdoor* dan *indoor* nya secara berturut-turut adalah 1500 dan 34,5 ppm. Konsentrasi di beberapa lokasi lain yang termasuk ke dalam area merah (AEGL-3) juga menunjukkan konsentrasi yang sangat tinggi. Tingginya konsentrasi gas klorin di beberapa lokasi tersebut dikarenakan klorin keluar dari *ton container* berwujud aerosol dan gas akibat letak kebocoran di bawah *liquid level*. Selain konsentrasi yang tinggi, jangkauan gas klorin juga bertambah. Dengan demikian, kebocoran gas klorin karena *fusible plug blowout* mengakibatkan lokasi-lokasi menjadi sangat berbahaya. Berikut adalah perbandingan konsentrasi *outdoor* dan *indoor* dari masing-masing lokasi.

Tabel 7.3 Konsentrasi maksimum dalam dan luar ruangan pada area yang di evaluasi

Lokasi	Konsentrasi <i>outdoor</i> (ppm)	Konsentrasi <i>indoor</i> (ppm)
Gedung Pusat Kendali Kujang IB (X: 96 m, Y: 22m)	1500 (2 menit), > 1000 selama 4 menit	0-34,5 (60 menit)
<i>Package boiler</i> (X: 198 m, Y: 0 m)	544 (2 menit), >400 selama 4 menit	0-13,8 (60 menit)
Pabrik Urea Kujang IA (X: 304 m, Y: 0 m)	286 (2 menit), >200 selama 4 menit	0-7,1 (60 menit)
Dusun Poponcol (X:936 m, Y: -86 m)	25,7 (2 menit), >10 selama 4 menit	0-0,63 (60 menit)
Dusun Pajaten (X: 1,4 km, Y: 0 m)	18,4 (1 menit)	0-0,474 (60 menit)
Cikampek Kota (X: 4 km, Y: 0 m)	1,45 (1menit)	0-0,0639 (60 menit)

7.4.3 Dampak Kesehatan

Pada pemajanan 30-60 ppm secara inhalasi, klorin dapat memberikan *critical symptoms*, orang tak mungkin dapat bernafas. Bila pemajanan berlanjut sampai ½-1 jam, seseorang dapat pingsan dan meninggal. Apabila pajanan mencapai konsentrasi 544 ppm dan 286 ppm seperti yang terjadi di area *package boiler* dan Pabrik Urea Kujang IA, pekerja lapangan yang berada di area tersebut berisiko terkena gejala yang lebih parah walaupun pajanan tidak sampai setengah jam. Pada skenario *fusible plug blowout*, konsentrasi *outdoor* dari klorin pada beberapa lokasi di area merah (AEGL-3) di atas 60 ppm, bahkan mencapai 1500 ppm. Tingginya konsentrasi klorin dengan kadar 1500 ppm dapat menimbulkan kematian seketika kepada orang-orang yang berada di sekitar lokasi tersebut (Harms & O'Brien, 2010). Untuk pekerja yang berada di dalam ruangan Gedung Pusat Kendali Kujang IB, mereka akan mengalami sakit di dada dengan segera, muntah-muntah, *dyspnea*, dan batuk-batuk.

Untuk orang-orang yang berada di kawasan Dusun Poponcol dan Pajaten, Mereka akan mengalami iritasi sedang pada sistem pernafasan. Gejala tersebut akan semakin parah apabila di pemukiman tersebut terdapat kelompok orang yang sensitif seperti orang tua, orang yang sedang sakit, dan anak kecil. Untuk orang-orang yang berada di sekitar Cikampek Kota, mereka akan mengalami gejala ringan yang akan hilang apabila pemajanan berhenti.

7.5 Risk Cost Analysis

Berdasarkan dampak yang disebabkan oleh penyebaran gas klorin di berbagai area. Jumlah kerugian secara finansial pun berbeda-beda. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 64 tahun 2005 tentang perubahan keempat atas Peraturan Pemerintah nomor 14 tahun 1993 tentang penyelenggaraan program jaminan sosial tenaga kerja, jaminan kematian dibayar sekaligus kepada janda atau duda atau anak yang meliputi :

- a. santunan kematian diberikan sebesar Rp 6.000.000, 00
- b. Santunan berkala sebesar Rp 200.000 diberikan selama 24 bulan
- c. Biaya pemakaman sebesar Rp 1.500.000

Sedangkan untuk besarnya jaminan kecelakaan kerja untuk pengobatan dan perawatan sesuai dengan biaya yang dikeluarkan untuk dokter, obat, operasi, rontgen/laboratorium, perawatan Puskesmas, Rumah Sakit Umum Kelas I, gigi, mata, dan jasa tabib/sinshe/tradisional yang telah mendapatkan ijin resmi dari instansi yang berwenang, seluruh biaya maksimum yang dikeluarkan untuk satu peristiwa kecelakaan tersebut adalah Rp 8.000.000.

Untuk kejadian penyebaran gas klorin karena keboboran pada *valve*, total biaya yang harus dikeluarkan untuk mengobati pekerja adalah Rp 80.000.000 dengan asumsi pekerja lapangan di setiap area adalah 10 orang (3 area =30 orang) dan pekerja yang terdapat di dalam gedung adalah 50 orang. Setiap pekerja mendapatkan biaya pengobatan sebesar Rp 1.000.000, 00 berhubung akibat yang ditimbulkan tidak terlalu parah.

Untuk kejadian penyebaran gas klorin pada kebocoran pipa fleksibel, biaya yang harus dikeluarkan adalah Rp 2.563.160.000,00 dengan asumsi 10 pekerja di area Pabrik Urea Kujang IB terkena gejala berat (@ Rp 8.000.000), 10 pekerja di area gedung Pusat Kendali Kujang IB terkena iritasi sedang pada sistem pernafasan (@Rp 1.000.000), 10 pekerja di area *package boiler* terkena iritasi sedang pada sistem pernafasan (@Rp 1.000.000), 10 pekerja lapangan di area pabrik Kujang IA terkena iritasi sedang pada sistem pernafasan (@Rp 1.000.000), dan 2563 orang yang berada di Dusun poponcol yang terdiri dari individu sensitiv terkena iritasi pada sistem pernafasan (@Rp 1.000.000).

biaya yang harus dikeluarkan karena penyebaran klorin akibat *fusible plug blowout* adalah Rp 16.918.000.000 dengan asumsi 10 pekerja lapangan di area Gedung pusat kendali Kujang IB meninggal dunia (@ Rp 12.300.000), 50 pekerja di dalam gedung pusat kendali kujang IB mengalami sakit dada & *dyspnea* (@Rp 3.000.000), 10 pekerja di area *package boiler* mengalami *critical symptoms* (@Rp 8.000.000), 10 pekerja di area Pabrik Urea Kujang IA mengalami *critical symptoms* (@Rp 8.000.000), 2563 orang di Dusun Poponcol meliputi individu sensitiv terkena iritasi sistem pernafasan yang lebih parah (@Rp 3.000.000), dan

2932 orang yang berada di Dusun pajaten meliputi individu sensitiv mengalami iritasi pada sistem pernafasan yang lebih parah (@Rp 3.000.000).

7.6 Gambaran Prosedur Penanggulangan Keadaan Darurat

Menurut ILO (International Labour Organization) dalam Madoeretno & Samiranto (2009), *emergency planning* adalah suatu rencana formal tertulis yang berdasarkan pada potensi kecelakaan-kecelakaan yang dapat terjadi di instalasi dan konsekuensi-konsekuensinya yang akan dirasakan di dalam dan di luar tempat kerja serta menguraikan tentang bagaimana kecelakaan-kecelakaan tersebut dan konsekuensi atau dampaknya di dalam dan diluar lokasi industri harus ditangani. PT Pupuk Kujang Cikampek sebagai Perusahaan yang termasuk kedalam kategori *major hazard installation* telah memiliki suatu rencana formal tertulis berupa prosedur untuk menghadapi keadaan darurat. Yang dimaksud dengan keadaan darurat pada prosedur ini adalah suatu keadaan tidak normal/tidak diinginkan yang terjadi di area pabrik yang cenderung membahayakan bagi manusia, merusak peralatan/harta benda/ dan atau lingkungan di sekitarnya.

Prosedur penanggulangan keadaan darurat itu sendiri membagi definisi keadaan darurat menjadi tiga, yaitu keadaan darurat tingkat I, keadaan darurat tingkat II, dan keadaan darurat tingkat III. Keadaan Darurat tingkat I adalah keadaan darurat yang berpotensi mengancam nyawa pekerja dan peralatan/harta benda (aset) yang secara normal dapat diatasi oleh karyawan yang ada di suatu unit pabrik dengan menggunakan prosedur yang telah dipersiapkan tanpa adanya regu bantuan yang dikonsinyir. Keadaan Darurat tingkat II adalah suatu kecelakaan besar di mana semua karyawan yang bertugas dibantu peralatan dan material yang tersedia di instalasi/ pabrik tersebut, tidak lagi mampu mengendalikan keadaan darurat tersebut, seperti kebakaran besar, ledakan dahsyat, bocoran B3 yang kuat, semburan liar minyak/gas, dll, yang mengancam jiwa manusia/lingkungannya dan/atau aset instalasi/pabrik tersebut dengan dampak bahaya pada karyawan/daerah/masyarakat sekitarnya. Bantuan tambahan yang diperlukan masih berasal dari industri sekitar, pemerintah setempat, dan masyarakat sekitarnya. Sedangkan keadaan darurat tingkat III adalah keadaan darurat berupa malapetaka/bencana dahsyat dengan akibat lebih besar

dibandingkan dengan Keadaan Darurat Tingkat II serta memerlukan bantuan dan koordinasi tingkat Nasional.

Prosedur penanggulangan keadaan darurat yang diterapkan PT Pupuk Kujang Cikampek ditujukan untuk meminimalkan akibat yang timbul dari kejadian darurat dengan sasaran sebagai berikut:

- a. Mencegah timbulnya korban jiwa manusia,
- b. Meminimalkan kerusakan pada aset Perusahaan,
- c. Memungkinkan agar Pabrik dapat beroperasi kembali dalam waktu yang sesegera mungkin,
- d. Meminimalkan dampak yang lebih luas terhadap lingkungan,
- e. Menghindari kesimpang siuran yang tidak perlu sehingga proses penanggulangan dapat dilaksanakan dengan cepat dan efektif.

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan piranti lunak ALOHA, hasil *toxic threat zone* dari gas khlorin yang keluar dari *ton container* di PT Pupuk Kujang dapat mengakibatkan keadaan darurat tingkat I dan II. Penyebaran gas khlorin akibat kebocoran pada *valve* termasuk kedalam keadaan darurat tingkat I karena kejadian tersebut dapat ditangani oleh karyawan yang ada di suatu unit pabrik dengan menggunakan prosedur yang telah dipersiapkan tanpa adanya regu bantuan yang dikonsinyir. Sedangkan penyebaran gas khlorin akibat kebocoran pada pipa fleksibel dan *fusible plug blowout* termasuk kedalam keadaan darurat tingkat II karena dampak yang ditimbulkan tidak hanya mengancam jiwa pekerja, tetapi juga masyarakat yang ada di sekitar Pabrik PT Pupuk Kujang Cikampek. Selain itu, untuk mengatasi dampak kebocoran tersebut diperlukan bantuan atau koordinasi dari luar yang masih berasal dari industri sekitar, pemerintah setempat, dan masyarakat sekitarnya.

7.6.1 Tanda Keadaan Darurat

Apabila terjadi keadaan darurat, maka sirine dibunyikan sesuai dengan tingkat keadaan darurat. Tanda keadaan darurat tersebut antara lain:

- a. Keadaan Darurat Tingkat I : Bunyi sirine naik turun dengan periode 2x15 detik, selang waktu satu menit sebanyak tiga kali.

- b. Keadaan Darurat Tingkat II: Bunyi sirine naik turun dengan periode 6x15 detik, selang waktu satu menit sebanyak tiga kali.
- c. Keadaan Darurat Tingkat III: Bunyi sirine naik turun dengan periode tiap 15 detik selama 15 menit.
- d. Evakuasi : Bunyi sirine dengan nada monoton selama lima menit.
- e. Keadaan Aman : Bunyi sirine dengan nada monoton selama satu menit.

7.6.2 Tanggung Jawab dan Prosedur Penanggulangan Keadaan Darurat

Berikut ini merupakan tanggung jawab dan prosedur dalam penanggulangan keadaan darurat yang terdapat di dalam Prosedur Integrasi PT Pupuk Kujang Cikampek.

a. Pimpinan Keadaan Darurat (PKD)

Tanggung jawab Pimpinan Keadaan Darurat (PKD) dalam penanggulangan bencana adalah:

- Segera menuju ke Pos Komando
- Memimpin seluruh kegiatan, memberi keputusan dan kebijaksanaan
- Mengawasi pemberian bantuan/keamanan yang ditugaskan kepada Staf Teknis Penanggulangan
- Mempertanggungjawabkan operasi penanggulangan kepada Direksi
- Meminta bantuan ke luar bila diperlukan, melalui Regu Komunikasi

b. Staf Teknis Penanggulangan

Membantu PKD dan Bidang Operasional dalam melakukan pengendalian dan pengamanan operasional

c. Bidang Operasional

1. Regu Pengendalian Operasional (Bagian-bagian di lingkungan Divisi Produksi)
 - Komandan segera menuju ke Pos Komando

- Mengambil langkah-langkah untuk pengendalian operasi pabrik yang tidak terkena musibah dan menempatkan ke suatu keadaan yang aman
- Menginstruksikan operator untuk melakukan penyelamatan manusia maupun dokumen-dokumen
- Memberikan tenaga bantuan penanggulangan bila diminta/diperlukan menurut permintaan PKD

2. Regu Penanggulangan dan *Rescue*

a) Komandan Regu Penanggulangan dan *Rescue*

- Menerima laporan adanya suatu kejadian/peristiwa yang menimbulkan keadaan darurat
- Memimpin operasi penanggulangan bencana penyelamatan dan penyingkiran lokal (dalam pabrik) karyawan dari daerah bahaya ke Daerah Transisi
- Menentukan Pos Komando penanggulangan keadaan darurat dan Pos *Emergency*
- Memberikan laporan kondisi lapangan ke PKD

b) Regu Inti

Melakukan penanggulangan bencana dan penyelamatan, seperti:

- Penanggulangan kebakaran, kebocoran, dan tumpahan
- Pertolongan korban (P3K)
- Mengevakuasi korban

c) Regu Bantuan (personil Divisi Pemeliharaan Mekanis, Pemeliharaan Listrik dan *Instrument*, Laboratorium dan *Bagging* yang ada di lapangan).

Bersama-sama *Group* Inti melakukan penanggulangan bencana:

- Melakukan penanggulangan bahaya
- Melakukan penyelamatan/*rescue*

- Membantu Biro Kesehatan melakukan P3K di Daerah Transisi

3. Regu Pemantau Lingkungan

- Melakukan pemeriksaan terhadap kemungkinan terjadinya/ menyebarluasnya pencemaran
- Melakukan upaya untuk mencegah meluasnya pencemaran
- Mengkoordinir sumber daya dan fasilitas yang ada untuk menghadapi terjadinya/menyebarkan pencemaran
- Mempersiapkan laporan ke Kemenaker (bila diperlukan)

4. Regu Pemeliharaan

- Menjaga agar sarana komunikasi untuk keperluan hubungan *intern* dan *extern* tetap berfungsi dengan baik
- Menyiapkan atau merencanakan sistem komunikasi lain bila yang ada tidak berfungsi
- Mengamankan jaringan-jaringan yang dianggap dapat memperluas sumber bahaya
- Menyiapkan sumber-sumber tenaga listrik bila diperlukan dalam rangka penanggulangan bahaya
- Menyiapkan personil Perbengkelan terutama yang berhubungan dengan pengelasan, melakukan perbaikan-perbaikan instalasi maupun mesin-mesin yang rusak

d. Pendukung Operasional

1. Regu Evakuasi

- Pengurusan masalah ketenagakerjaan
- Dengan dibantu Biro Pengamanan dan anggota K-3 Representatif melakukan penyelamatan dan evakuasi personil.

2. Regu Pengamanan Lalu-lintas dan Operasional

- Memimpin pengamanan di lingkungan Perusahaan

- Membantu kepada pejabat-pejabat dan masyarakat sekitarnya yang mungkin akan terkena bencana dan diperlukan tindakan evakuasi
- Mengendalikan Personil untuk penyelamatan dan penyingkiran/evakuasi
- Mengendalikan situasi bila terjadi peristiwa unjuk rasa huru-hara atau kerusuhan
- Koordinasi dengan pihak berwajib untuk pengamanan selanjutnya.
- Mengawasi dan membatasi kendaraan yang keluar masuk daerah berbahaya
- Mengendalikan dan membatasi massa yang melakukan unjuk rasa atau huru-hara bila terjadi kerusuhan
- Melaksanakan instruksi-instruksi atasan
- Mengawasi lingkungan terhadap orang-orang yang tidak berkepentingan
- Mengawasi dan mengendalikan massa yang berunjuk rasa atau, melakukan huru-hara/kerusuhan
- Berhubungan dengan pihak luar/Kepolisian sesuai dengan instruksi pihak Komandan Pengamanan Lalu-lintas dan Operasional.

3. Regu medis dan P3K

- Menyediakan *ambulance*, peralatan medis, obat-obatan dan tenaga medis untuk merawat korban-korban yang terjadi baik di area bahaya maupun di daerah transisi.
- Menghubungi Rumah Sakit bila diperlukan fasilitas bantuan.

4. Regu Komunikasi

- Melayani pihak luar atau instansi lain dalam hal pemberian informasi.

- Membantu pelaksanaan evakuasi warga perumahan, karyawan dan masyarakat sekitarnya.
- Memberikan penjelasan dan negosiasi kepada perwakilan pengunjung rasa, bila terjadi unjuk rasa.
- Membuat catatan kronologis terjadinya peristiwa unjuk rasa, huru-hara atau kerusuhan.

5. Regu Keuangan

Menyiapkan dana dan pengadaan sarana yang diperlukan.

6. Regu sarana dan logistik

Menyediakan perbekalan, transportasi dan sarana evakuasi lainnya yang diperlukan.

7.6.3 Gambaran Sarana Keadaan Darurat di PT Pupuk Kujang Cikampek

PT Pupuk Kujang Cikampek memiliki berbagai sarana untuk menghadapi keadaan darurat khususnya kebocoran gas berbahaya. Sarana-sarana tersebut antara lain (Andhika, 2011) :

a. Sarana Komunikasi Keadaan Darurat

• Telepon

Telepon yang digunakan di PT Pupuk Kujang Cikampek berfungsi untuk memudahkan panggilan apabila terjadi keadaan darurat. Nomor telepon khusus *emergency* telah ditempel/dipasang pada telepon di seluruh unit kerja sehingga setiap pekerja yang berasal dari unit kerja lain dapat dengan mudah menghubungi Petugas terkait apabila terjadi keadaan darurat. Nomor-nomor telepon tersebut antara lain:

Kebakaran: 3000
 Poliklinik: 2222
 Keamanan: 2121
 Shift sup: 2333

- ***Paging system***

Paging system merupakan sebuah alat berupa *speaker* yang dipasang di setiap unit kerja di PT Pupuk Kujang Cikampek untuk memberikan pengumuman berupa informasi secara audio. Informasi dari suatu unit kerja akan tersebar ke seluruh unit kerja secara cepat. Hal ini sangat bermanfaat untuk pemberitahuan ke seluruh pekerja apabila terjadi keadaan darurat.

- ***Handy talky***

Handy talky digunakan untuk melakukan komunikasi antara pekerja yang satu dengan pekerja yang lain. Pertukaran informasi diantara pekerja dapat dilakukan dengan menggunakan alat tersebut.

b. *Eyewash Fountain dan Safety Shower*

Eyewash Fountain dan *Safety Shower* digunakan untuk membersihkan bagian tubuh pekerja seperti badan atau mata menggunakan air ketika terjadi kecelakaan berupa terkena bahan kimia berbahaya di area pabrik. Alat ini terdapat di seluruh area pabrik dan ditempatkan secara terjangkau untuk memudahkan pekerja melakukan tindakan cepat apabila anggota tubuhnya terkena bahan kimia berbahaya.



Gambar 7.6 *Eyewash Fountain* dan *Safety Shower*

Sumber: PT Pupuk Kujang Cikampek

c. **Gardu Darurat**

PT Pupuk Kujang memiliki empat gardu darurat yaitu di urea, boiler, ammonia heater 1A, dan cooling tower 1A. Gardu darurat dengan kapasitas maksimum 12 orang ini berfungsi sebagai tempat perlindungan sementara untuk pekerja lapangan apabila terdapat kebocoran bahan kimia berbahaya di area pabrik. Di dalam Gardu tersebut terdapat poster petunjuk cara keluar dari keadaan darurat, botol udara pernafasan, valve tabung dan petunjuk cara pengoperasian gardu darurat. Dengan berada di Gardu darurat,

pekerja dapat terlindung dari udara sekitar yang mengandung substansi kimia berbahaya.



Gambar 7.7 Gardu Darurat

Sumber : PT Pupuk Kujang Cikampek

d. Alarm dan Tanda Keadaan Darurat

Setiap bangunan di PT Pupuk Kujang telah terpasang sistem alarm kebakaran/tanda keadaan darurat berupa *alarm/sirine* yang dapat dibunyikan sesuai tingkat keadaan darurat (Keadaan darurat tingkat I/II/III) dan dioperasikan oleh bagian KPK.

e. Kendaraan Pemadam Kebakaran dan Evakuasi

Bagian Keselamatan & Pemadam Kebakaran (KPK) PT Pupuk Kujang Cikampek memiliki empat unit mobil pemadam kebakaran yang terdiri dari satu unit *fire jeep/fire rescue* dan tiga unit *fire truck*, serta satu unit *ambulance*.

f. Kotak Obat (Kit) P3K

Kotak obat P3K yang terdapat di seluruh unit kerja dapat dipergunakan pekerja untuk mengambil berbagai obat-obatan ketika terluka atau dalam keadaan darurat. Isi yang terdapat dalam

kotak obat P3K meliputi: betadine, salep luka bakar, perban gulung, *boor water*, o *glass*, kapas, tensoplas, plester, kasa steril, form bukti pemakaian, dan form permintaan pengisian.

g. *Wind Direction*

Wind direction atau penunjuk arah angin terletak di tempat-tempat yang strategis untuk memudahkan penglihatan. Alat ini merupakan sarana yang digunakan pekerja di area pabrik untuk mengetahui arah angin jika terjadi keadaan darurat berupa kebocoran gas berbahaya. Dengan mengetahui arah angin, pekerja dapat terhindar dari gas berbahaya dengan bergerak berlawanan arah angin.

h. *Assembly Point*

Assembly point adalah tempat berkumpul sementara apabila terjadi keadaan darurat. *Assembly point* terletak di lima titik yaitu : di dekat Pos Satpam Pabrik NPK Kujang, Pos selatan, di depan Gedung CO baru, Pos utara, dan di sebelah timur Gedung Pusat Administrasi PT Pupuk Kujang Cikampek. Dengan adanya *assembly point*, karyawan atau pekerja yang tidak terlibat dalam penanggulangan keadaan darurat dapat berada di lokasi yang aman.

i. *Peta Evakuasi dan Tangga Darurat*

Peta evakuasi yang menampilkan jalur-jalur evakuasi di area pabrik ditempatkan di setiap unit kerja untuk mengarahkan karyawan bila terjadi keadaan darurat. Sedangkan tangga darurat, dibuat di dalam gedung bertingkat untuk karyawan yang berada di lantai atas untuk mengevakuasikan diri ketika terjadi keadaan darurat.

BAB 8

SIMPULAN DAN SARAN

8.1 Simpulan

- Variabel-variabel penyebab kebocoran *valve* antara lain: udara lembab/embun (*moisture*), *dry chlorine* pada *body valve*, tidak ada pergantian rutin pada *valve*, pembakaran spontan (kebakaran), dan radiasi panas matahari secara langsung dengan terus-menerus.
- Variabel-variabel penyebab kebocoran pada pipa fleksibel antara lain: tidak ada pergantian rutin, sisa klorin pada pipa fleksibel, embun, panas berlebih, daya tahan sambungan yang terbatas, dan rusaknya peralatan sistem khlorinator (katup pengendali, rotameter, dan *gauge pressure*).
- Variabel-variabel penyebab *fusible plug blowout* antara lain: udara lembab/embun (*moisture*), *dry chlorine* pada *fusible plug*, tidak ada pergantian rutin terhadap *fusible plug*, pembakaran spontan (kebakaran), dan radiasi panas matahari secara langsung dengan terus-menerus.
- Pada skenario kebocoran *valve*, jangkauan penyebaran gas klorin di area merah dengan konsentrasi ≥ 20 ppm (AEGL-3) adalah 93 meter dari pusat kebocoran. Area yang termasuk ke dalam AEGL-3 adalah daerah di sekitar *cooling water* Urea IB. Jangkauan penyebaran gas klorin pada area oranye (AEGL-2) dengan konsentrasi ≥ 2 ppm adalah 314 meter dari pusat kebocoran. Area berisiko yang termasuk ke dalam area oranye (AEGL-2) adalah Gedung Pusat Kendali Kujang IB dan area *package boiler*. Sedangkan area kuning (AEGL-1), jangkauan penyebaran gas klorin dengan konsentrasi $\geq 0,5$ ppm mencapai 653 meter dari pusat kebocoran. Area yang termasuk ke dalam AEGL-1 adalah Pabrik Urea Kujang IA dan sebagian kawasan pabrik NPK
- Pada skenario kebocoran pipa fleksibel, jangkauan penyebaran gas klorin di area merah dengan konsentrasi ≥ 20 ppm (AEGL-3) adalah 196 meter dari pusat kebocoran. Area yang termasuk ke dalam AEGL-3 adalah sebagian kawasan Pabrik Urea Kujang IB dan sebagian area *package boiler* yang paling dekat dengan sumber kebocoran. Jangkauan

penyebaran gas klorin pada area oranye (AEGL-2) dengan konsentrasi ≥ 2 ppm adalah 662 meter dari pusat kebocoran. Area berisiko yang termasuk ke dalam area oranye (AEGL-2) adalah Gedung Pusat Kendali Kujang IB, area *package boiler*, Pabrik Urea Kujang IA, dan sebagian kawasan Pabrik NPK. Sedangkan area kuning (AEGL-1), jangkauan penyebaran gas klorin dengan konsentrasi $\geq 0,5$ ppm mencapai 1,4 kilometer dari pusat kebocoran. Area yang termasuk ke dalam AEGL-1 adalah Dusun Poponcol.

- Pada skenario kebocoran *fusible plug*, jangkauan penyebaran gas klorin di area merah dengan konsentrasi ≥ 20 ppm (AEGL-3) adalah 1,3 kilometer dari pusat kebocoran. Area yang termasuk ke dalam AEGL-3 adalah Pabrik Urea Kujang IB, area *package boiler*, Pabrik Urea Kujang IA, dan Dusun Poponcol. Untuk area oranye (AEGL-2) penyebaran gas klorin dengan konsentrasi ≥ 2 ppm adalah 3,5 kilometer dari pusat kebocoran. Area berisiko yang termasuk ke dalam area oranye (AEGL-2) adalah kawasan Pabrik NPK dan Dusun Pajaten. Sedangkan area kuning (AEGL-1), jangkauan penyebaran gas klorin dengan konsentrasi $\geq 0,5$ ppm mencapai 5,9 kilometer dari pusat kebocoran. Area yang termasuk ke dalam AEGL-1 adalah Cikampek Kota.
- Variabel-variabel yang mempengaruhi besarnya proyeksi penyebaran antara lain: bentuk dan besarnya kebocoran, letak atau tinggi kebocoran dari permukaan dasar tangki, dan kondisi atmosfer (kecepatan angin, kelembaban relatif, temperatur udara, dan *stability class*).
- Konsentrasi *outdoor* akan selalu lebih besar daripada konsentrasi *indoor* karena ALOHA memberikan asumsi bahwa pintu dan jendela pada gedung tertutup

8.2 Saran

- Melakukan perawatan /*maintenance* rutin pada bagian *ton container* yang berisiko mengalami korosi setiap satu minggu sekali. Bagian-bagian *ton container* yang harus di cek adalah *valve*, *flexible connection* (pipa fleksibel), *fusible plug*, serta kondisi dinding *container*.

- PT Pupuk Kujang Cikampek bersama pemerintah setempat sebaiknya merencanakan persiapan keadaan darurat hingga mencapai jarak 5,9 kilometer dari pusat kebocoran. Dalam hal ini PT Pupuk Kujang Cikampek harus berkoordinasi secara efektif dengan penduduk sekitar dan pemerintah setempat dalam mempersiapkan keadaan darurat tersebut. Pengoptimalan Badan Persatuan yang menangani bahaya.
- PT Pupuk Kujang terletak pada kawasan yang sebelumnya telah dihuni oleh Penduduk. Oleh karena itu, langkah-langkah yang tepat ketika terjadi kebocoran harus dibuat agar masyarakat yang terkena dampak tidak marah.
- Memberikan sosialisasi kepada warga sekitar, khususnya yang berada di Dusun Poponcol dan Dusun Pajaten tentang bahaya klorin (meliputi pengenalan bentuk fisik), efek kesehatan yang dapat ditimbulkan, cara penyelamatan diri atau cara mengatasi keracunan klorin, dan tanda/bunyi keadaan darurat yang berasal dari sirine PT Pupuk Kujang Cikampek. Sosialisasi kepada masyarakat sekitar bisa dilakukan dengan penyuluhan.
- PT Pupuk Kujang Cikampek sebaiknya menyiapkan *gas detector* klorin untuk mengantisipasi kebocoran yang terjadi pada malam hari.

Lampiran





PT PUPUK KUJANG

Kantor Pusat :
 Jl. Jend. A. Yani No. 39 Cikampek 41373
 Jawa Barat - Indonesia PO Box 4 Ckp.
 ☎ : (0264) 316141 Hunting System
 317007 Hunting System
 📠 : (0264) 314235, 314335

Kantor Jakarta :
 Gedung BPH Migas Lt. 2 & 3
 Jl. Kapten P. Tendean Kav. 28
 Jakarta 12710
 ☎ : (021) 5204225, 5204227
 5204229
 📠 : (021) 5204233, 5210225



Certificate No. : QSC 00050



Certificate No. : EMS 000

Kepada Yth : Bpk. Sumarna
 Unit Kerja : Bagian KPK
 Perihal : Konfirmasi Kesiediaan Menjadi Pembimbing

Dengan Hormat,

Bersama ini Kami hadapkan Mahasiswa /Mahasiswi, atas nama : 1. Garna Abdima

Lembaga Pendidikan : Universitas Indonesia

Jurusan : K3

Mengajukan permohonan Riset Data dengan judul :

Terhitung mulai tanggal : 16 Mei s/d 30 Juni 2011

Sehubungan hal tersebut diatas, mohon Konfirmasi kesiediaan, bisa atau tidaknya untuk menjadi pembimbing Mahasiswa /Mahasiswi tersebut.

Demikian disampaikan, atas perhatian dan kerjasama yang baik kami ucapkan terima kasih.

Cikampek, 10 Mei 2011

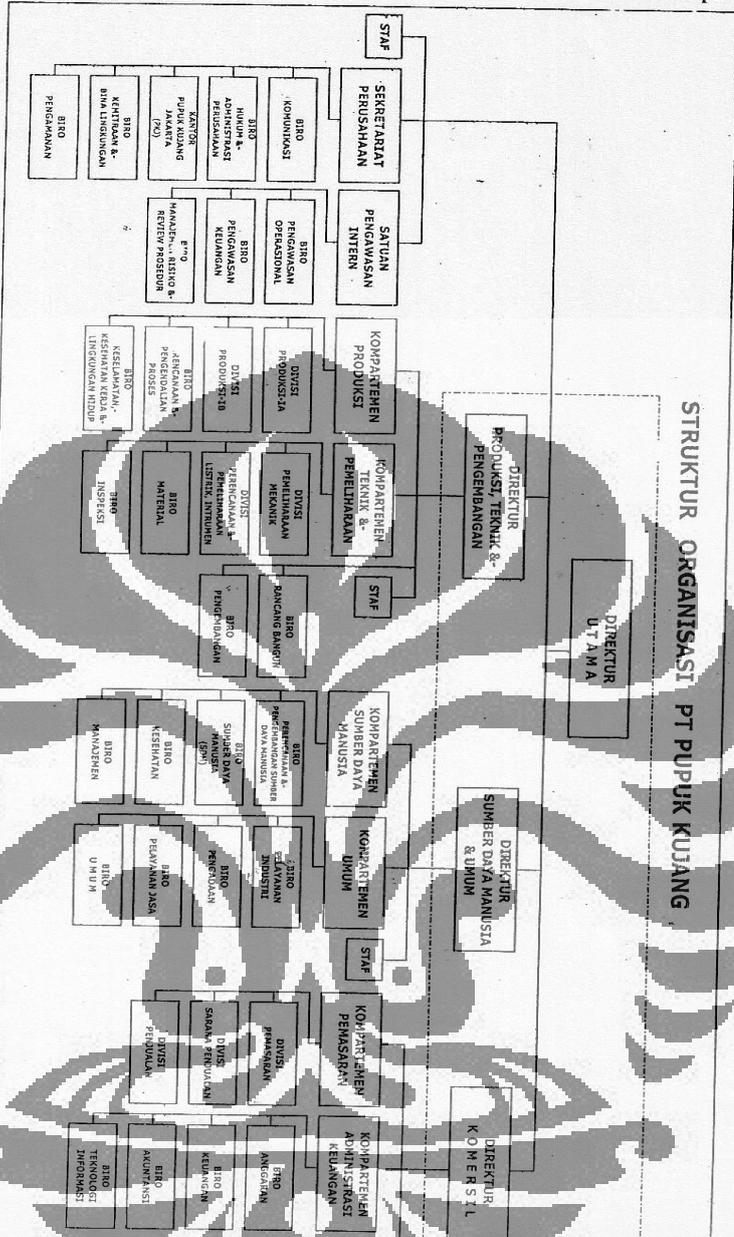
Budiningsih
 Dra. Budiningsih, MMSI
 Superintendent Perencanaan SDM

Harap form yang telah diisi dengan jawaban konfirmasi dibawah ini dikembalikan ke Biro PPSDM

*Ybs. Bpk. Sumarna terima yg melakukan riset data -
 18 bagian /unit kerja kami terima tol. yg di berikan.
 Cikampek. 12 Mei 2011.*

Sumarna

STRUKTUR ORGANISASI PT PUPUK KUJANG



DISALIN SESUAI SERTA OLEH:
 MRS. RUSLITANA, SE
 MANAGER SUMBER DAYA MANUSIA



SALINAN
 LAMPIRAN - I : SURAT KEPUTUSAN DIR
 Nomor : 001/SW/DU/11
 Tanggal : 31 JANUARI

KATA PERKEMBANGAN PENDUDUK
 DESA DAWUN TENGAH
 KEKAYATAN CILAMPUR, KABUPATEN KARAWANG
 Periode : FEBRUARI 2011

No	Dusun	Penduduk Bulan Lalu		Lahir		Mati		Pindah		Denda		Penduduk Bulan Ini		Jumlah KK	
		L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P
1	Pepencol	1.313	1.248	2.561	2	2	1	1	1	1	1	1	1.313	1.248	2.561
2	Patubur	1.480	1.448	2.928	3	6	1	1	2	2	1	1	1.480	1.448	2.928
3	Karajan	1.443	1.351	2.794	1	1	1	1	1	2	2	1	1.443	1.351	2.794
4	Karang Gelam	1.717	1.646	3.363	1	1	1	2	3	3	3	1	1.717	1.646	3.363
5	Puteusari	1.154	1.120	2.274	1	1	1	1	1	1	1	1	1.154	1.120	2.274
6	Cipange	2.078	1.933	4.011	1	4	3	1	1	1	4	3	2.078	1.933	4.011
JUMLAH :		9.185	8.746	17.931	4	15	3	3	6	5	3	7	9.185	8.746	17.931

Menggetahui,
 Kepala Desa Dawun Tengah
 D E S A
 DAWUN TENGAH
 Drs. Agus Suwanda
 NIP. 19631205 200701 1 016

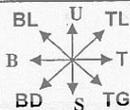
Dawun Tengah, 28 Februari 2011
 Kepala Pemerintah Desa Dawun Tengah
 Andi Nov Chairil



DATA PEMANTAU
ARAH ANGIN

TANGGAL	GROUP	WAKTU	ARAH ANGIN	PRTUGAS:		PARAF KABID	KETERANGAN	
				NAMA	PARAF			
15 05/11	D	23.00-01.00	UTARA	ATO.H	[Signature]	[Signature]		
		01.00-03.00	Utara	H. MAMAH	[Signature]			
		03.00-05.00	Utara	JAMAL . AH	[Signature]			
		05.00-07.00	Utara	MINDHOT.L	[Signature]			
	B	07.00-09.00	UTARA	Cahya Nugraha	[Signature]		[Signature]	A
		09.00-11.00	SELATAN	Dary A.	[Signature]			
		11.00-13.00	SELATAN	Ridwan Darmawan	[Signature]			
	C	13.00-15.00	SELATAN	M. Redo Nugraha	[Signature]		[Signature]	
		15.00-17.00	SELATAN	M. Dedek	[Signature]			
		17.00-19.00	Tenggara	Handri M.	[Signature]			
		19.00-21.00	Utara	Ropiana	[Signature]			
		21.00-23.00	TIMUR	Suparito	[Signature]			
16 05/11	D	23.00-01.00	B. Laut	ATO.H	[Signature]	[Signature]		
		01.00-03.00	B. Laut	H. MAMAH	[Signature]			
		03.00-05.00	Utara	MINDHOT.L	[Signature]			
	B	05.00-07.00	Utara	Jamal M.	[Signature]		[Signature]	
		07.00-09.00		Suparito	[Signature]			
		09.00-11.00		Handri Maulana	[Signature]			
		11.00-13.00	SELATAN	Ridwan Darmawan	[Signature]			
	C	13.00-15.00		Endang Soelikin	[Signature]		[Signature]	
		15.00-17.00	SELATAN	Ridwan D.	[Signature]			
		17.00-19.00		Handri	[Signature]			
		19.00-21.00	Barat	Ropiana	[Signature]			
		21.00-23.00	TIMUR	Suparito	[Signature]			
17 05/11	A	23.00-01.00	Utara	[Signature]	[Signature]			
		01.00-03.00	Utara	[Signature]				
		03.00-05.00		[Signature]				
	D	05.00-07.00		[Signature]			[Signature]	
		07.00-09.00	Timur	ATO.H				
		09.00-11.00	Utara	H. MAMAH				
		11.00-13.00	Utara	Jamal M.				
		13.00-15.00	Utara	MINDHOT.L				
		15.00-17.00	Selatan	Cahya				
		17.00-19.00	Selatan	Ridwan				
		19.00-21.00	Selatan	Ridwan S.				
		21.00-23.00	Selatan	M. Dedek				

Petaksanaan pendataan dilakukan setiap 2 jam sekali tiap hari



U - Utara
S - Selatan
B - Barat
T - Timur

BL - Barat Laut
BD - Barat Daya
TL - Timur Laut
TG - Tenggara

INFORMED CONSENT

Nama Informan : Ralsma Rusyani
Jabatan : Supervisor Teknik Konstruksi & Kesehatan Kerja
Tanggal Wawancara : 27 Juni 2011

Selamat Pagi/Siang/Sore

Perkenalkan, nama saya Garna Abdima, saya adalah mahasiswa Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia Jurusan Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Saat ini saya sedang melakukan penelitian terkait dengan skripsi saya yang berjudul "Analisis Konsekuensi Penyebaran Klorin Menggunakan Piranti Lunak ALOHA Pada Kebocoran Chlorine Ton Container Di PT Pupuk Kujang Cikampek Tahun 2011". oleh karena itu, saya minta kesediaannya kepada bapak/ibu disini untuk dimintakan informasinya melalui wawancara mengenai topik diatas.

Wawancara akan berlangsung selama kurang lebih 20 menit, disini jawaban dari bapak/ibu tidak ada yang benar/salah, melainkan menjawab sesuai dengan kenyataan yang ada di lapangan. Informasi yang bapak/ibu berikan akan kami jamin kerahasiannya. Untuk itu saya mohon kesediaannya kepada bapak/ibu agar dapat memberikan informasinya kepada saya. Dengan ditandatanganinya surat ini, menandakan bahwa bapak/ibu bersedia untuk dimintakan informasinya. Atas perhatiannya saya haturkan terima kasih.

Depok, April 2011

Mengetahui,

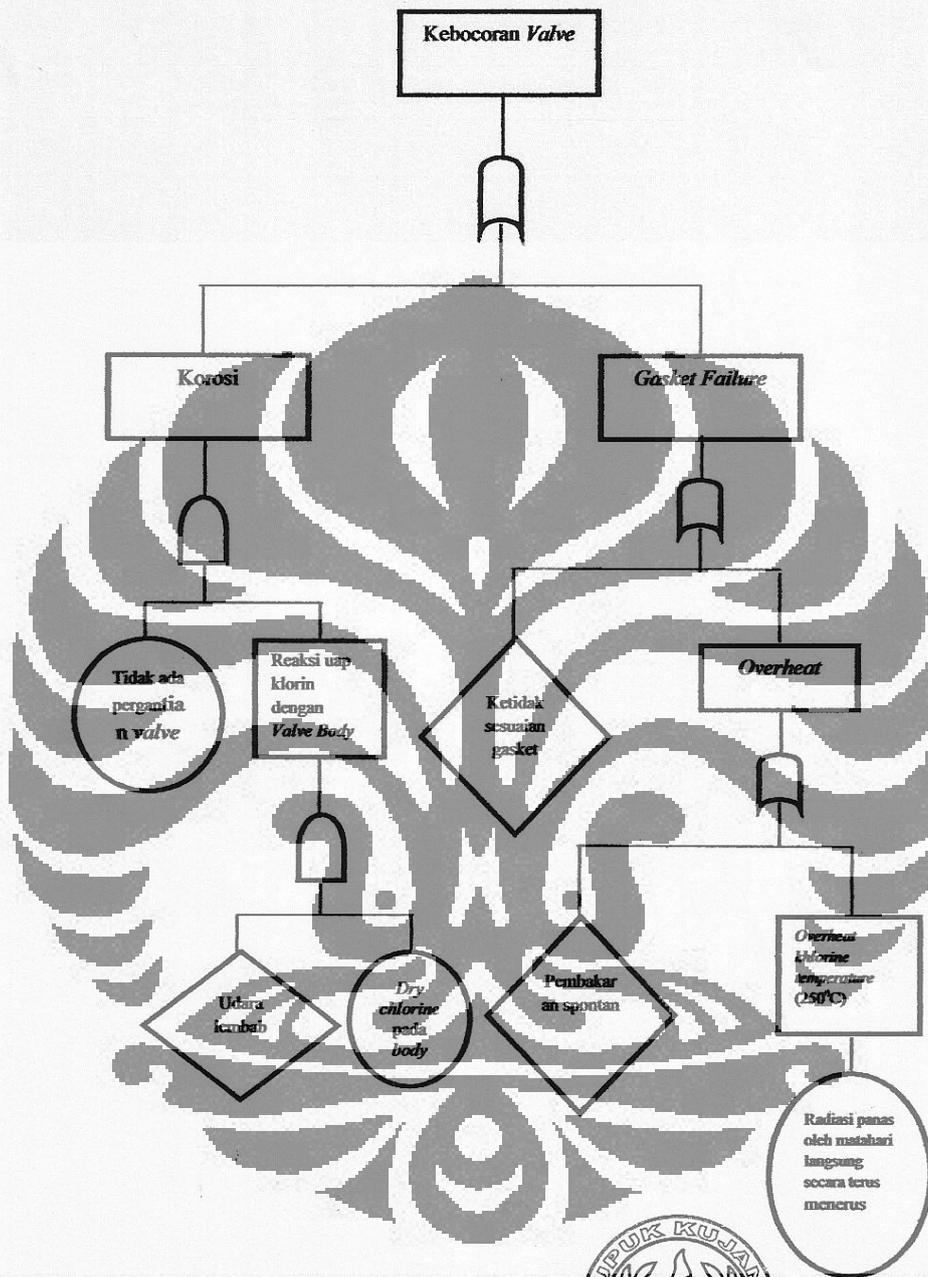


Ralsma Rusyani

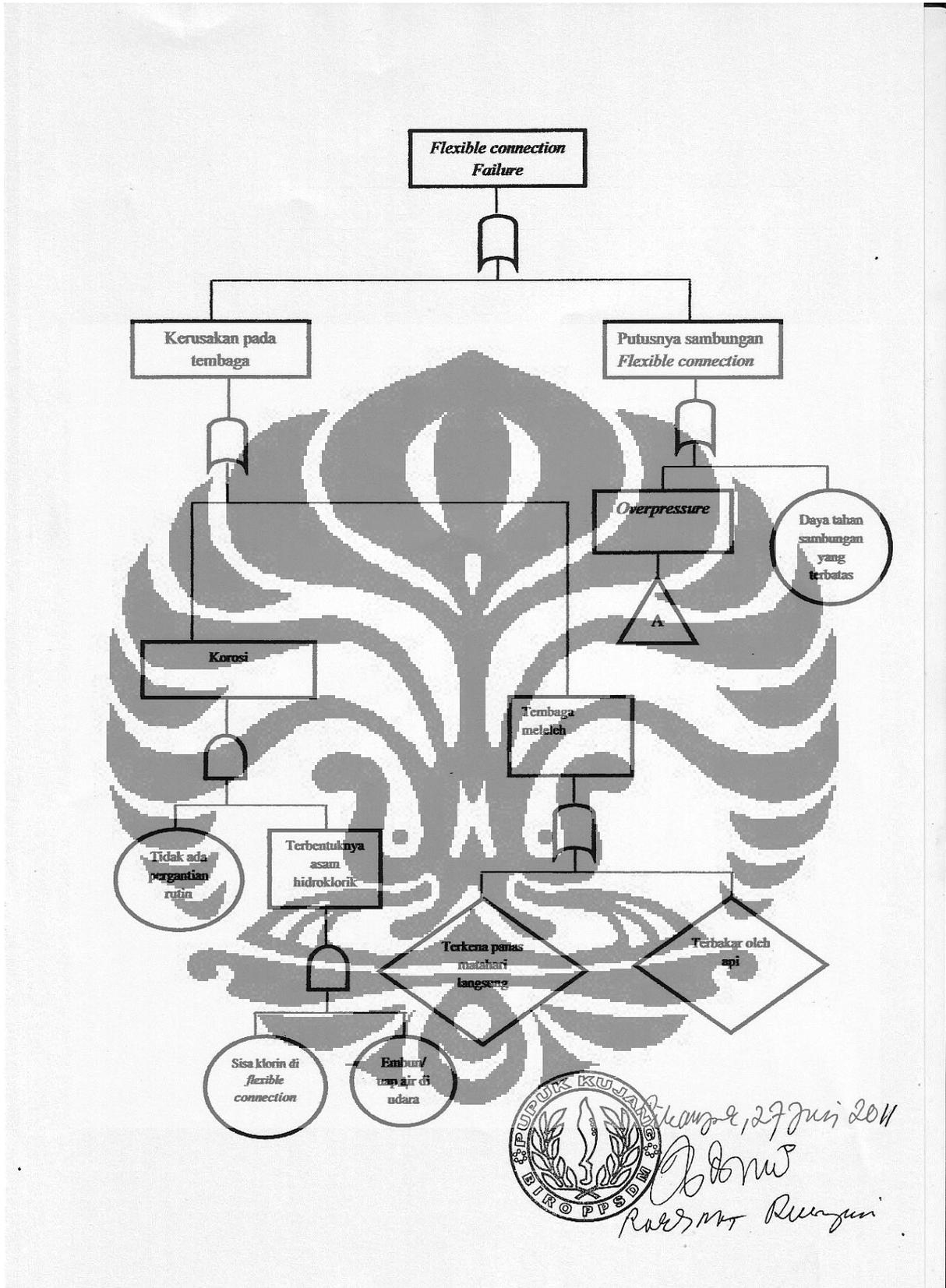
(Informan)

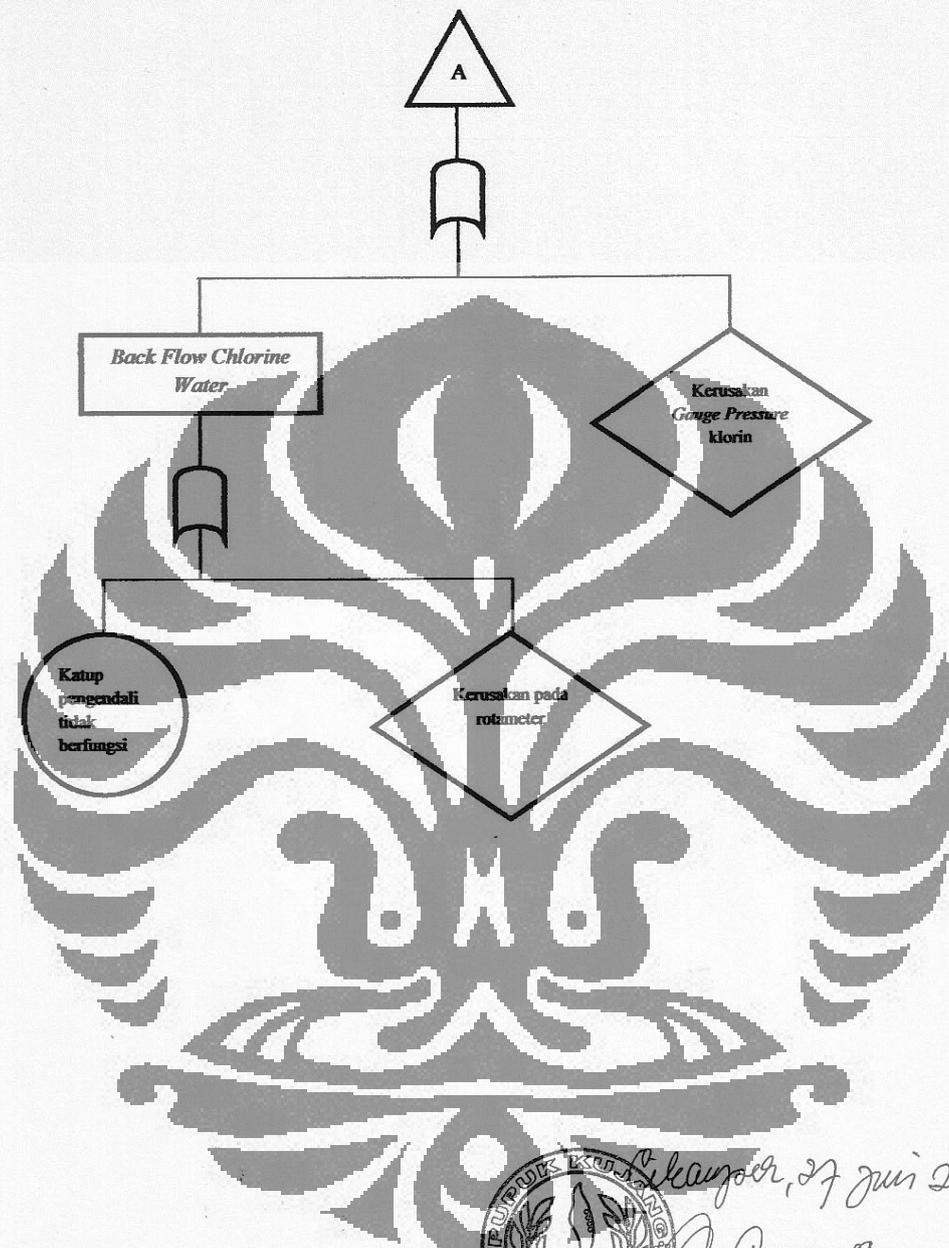
LEMBAR HASIL DISKUSI BERSAMA SUPERVISOR TEKNIK
KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA PT PUPUK KUJANG
CIKAMPEK

1. Berapa spesifikasi *ton container* yang digunakan PT Pupuk Kujang Cikampek? eee..untuk spesifikasi itu standar.karena *ton container* di jual di pasaran. Untuk panjangny sekitar 2 meter dan diameter *head* cuma 80 cm. spesifikasi bisa dilihat lebih detail di PT Industri Soda Indonesia
2. Berapa kapasitasnya? jadi, di dalam *Container* itu ada gas dan cairan klorin. klorin cair ada dibagian bawah,trus diatasnya baru gas klorin. Klorin cair kapasitasnya 900 kg
3. Apa kegunaan dari *chlorine ton container* yang digunakan?? Di Kujang, klorin digunakan sebagai *disinfectant*, pembunuh bakteri, jamur. jadi sebelum *raw water* di proses jadi bahan baku berupa air proses dan air minum, itu dikasih klorin dulu untuk membunuh bakteri. sama juga di unit *cooling tower/water* untuk menghilangkan jamur atau bakteri
4. Menurut Bapak, Apakah *Chlorine Ton Container* sangat berpotensi untuk terjadinya kebocoran? Bukan sangat berpotensi, menurut saya lebih tepat dikatakan berpotensi. memang di kujang pernah *ton container* mengalami kebocoran. Cukup Ribet ngurusnya.
5. Bagian-bagian mana saja yang dapat menimbulkan kebocoran, apa penyebabnya? Berdasarkan pengalaman yang ada, kebocoran terjadi di *valve* dan *flexible connection (pigtail)*. *Valve* Bocor karena aus dan korosi, samajuga dengan *pig tail*. bocor akibat korosi.
6. Apakah *fusible plug* berpotensi untuk Bocor?
Bisa saja, tetapi dalam kondisi yang sangat ekstrem seperti kebakaran. korosi juga bisa, seandainya korosi dibiarkan dalam jangka waktu yang lama. Di Kujang belum pernah bocor dari *fusible plug*.
7. Apakah kerusakan pada *gauge pressure* dapat mengakibatkan *overpressure* ? bisa saja, kalo *gauge pressure* rusak, operator bisa salah ngeliat tekanan. jadi nggak sadar kalo tekanan melebihi batas operasi.

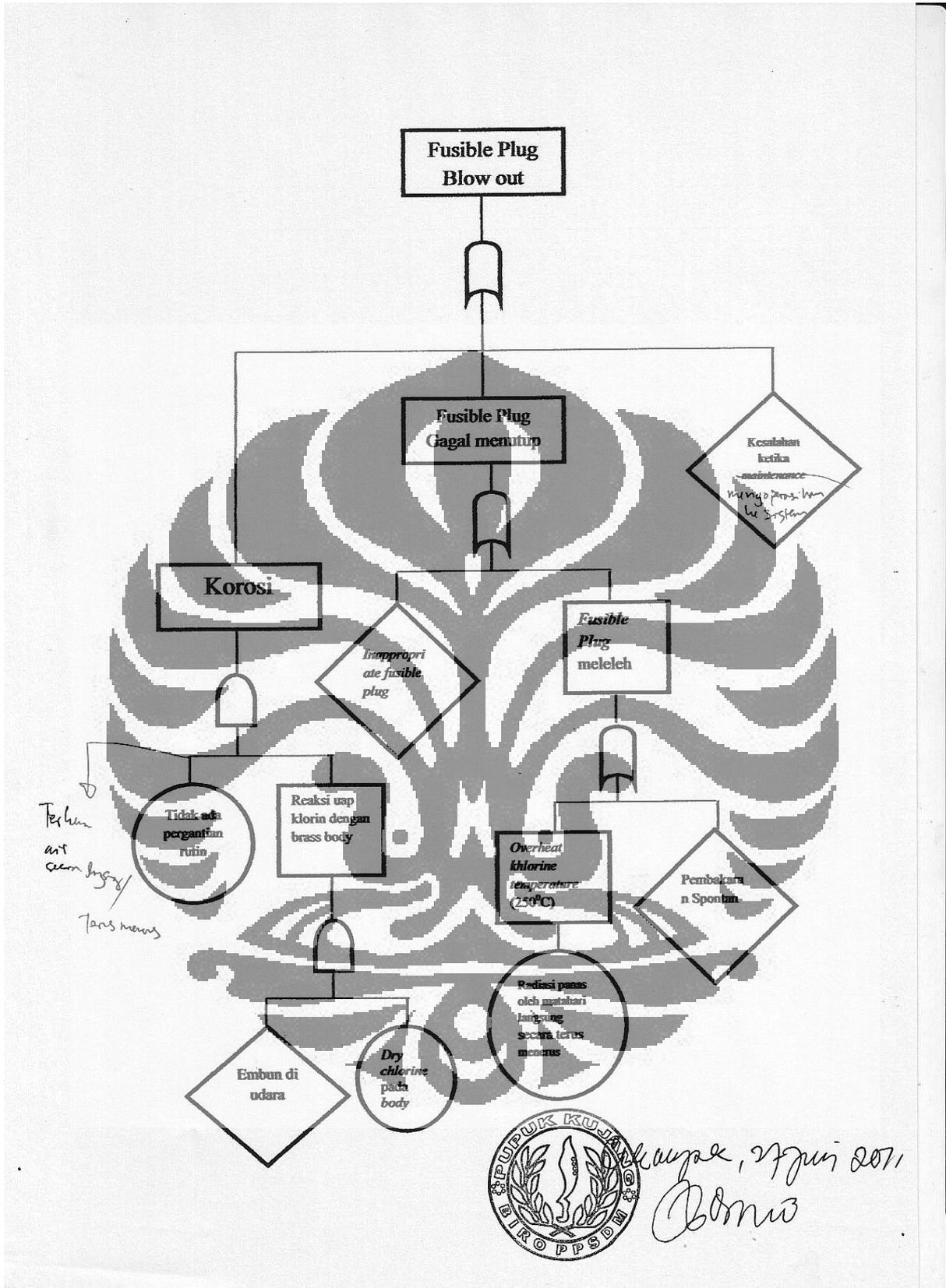


Super, 27 Juni 2011
 Abma






 Karyono, 27 Juni 2011
 Rukman Ruslan



↳ Meteorologi

Prakiraan Cuaca Propinsi Jawa Barat

Berlaku mulai tanggal 29 Juni 2011 Pukul 07.00 WIB
Sampai dengan tanggal 30 Juni 2011 Pukul 07.00 WIB

Kota	Cuaca Hari Ini	Cuaca Esok Hari
Cibinong	Hujan Ringan Suhu : 23 - 32 Kelembaban : 60 - 95 % Kec. Angin : 10 Arah Angin : Tenggara	Suhu : --- Kelembaban : --- % Kec. Angin : --- Arah Angin : ---
Pelabuhan Ratu	Hujan Sedang Suhu: 23 - 32 Kelembaban : 60 - 97 % Kec. Angin : 15 Arah Angin : Timur	Suhu : --- Kelembaban : --- % Kec. Angin : --- Arah Angin : ---
Cianjur	Hujan Ringan Suhu : 22 - 31 Kelembaban : 65 - 95 % Kec. Angin : 10 Arah Angin : Selatan	Suhu : --- Kelembaban : --- % Kec. Angin : --- Arah Angin : ---
Soreang	Hujan Ringan Suhu: 21 - 30 Kelembaban : 65 - 97 % Kec. Angin : 10 Arah Angin : Tenggara	Suhu : --- Kelembaban : --- % Kec. Angin : --- Arah Angin : ---
Garut	Hujan Ringan Suhu : 21 - 30 Kelembaban : 65 - 97 % Kec. Angin : 10 Arah Angin : Tenggara	Suhu : --- Kelembaban : --- % Kec. Angin : --- Arah Angin : ---
	Hujan Ringan	

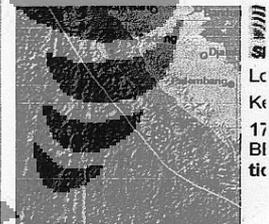
Cuaca Indonesia

29 Juni 2011

Padang	F
Hujan Ringan 22 - 32 °C	H
Ambon	Y
Hujan Ringan 24 - 28 °C	Z

Gempa Terkini

29-Jun-11 11:19:40 WIB



Gempa Dirasakan

Tanggal 28/06/2011
 Kekuatan 4.6 SR
 Kedalaman 10 Km
 Lokasi 0.68 LS 101
 Keterangan:
 Pusat gempa berada di darat 1:
 Dirasakan (MMI):
 II - III Labuha,

Purwakarta	 Hujan Ringan Suhu: 23 - 32 Kelembaban: 60 - 95 % Kec. Angin: 10 Arah Angin: Selatan	 Suhu: --- Kelembaban: --- % Kec. Angin: -- Arah Angin: --
Karawang	 Berawan Suhu: 23 - 33 Kelembaban: 55 - 97 % Kec. Angin: 10 Arah Angin: Tenggara	 Suhu: --- Kelembaban: --- % Kec. Angin: -- Arah Angin: --
Cikarang	 Berawan Suhu: 23 - 33 Kelembaban: 55 - 95 % Kec. Angin: 10 Arah Angin: Selatan	 Suhu: --- Kelembaban: --- % Kec. Angin: -- Arah Angin: --
Ngamprah	 Hujan Ringan Suhu: 23 - 31 Kelembaban: 60 - 95 % Kec. Angin: 10 Arah Angin: Tenggara	 Suhu: --- Kelembaban: --- % Kec. Angin: -- Arah Angin: --
Bogor	 Hujan Sedang Suhu: 23 - 31 Kelembaban: 65 - 97 % Kec. Angin: 5 Arah Angin: Timtur	 Suhu: --- Kelembaban: --- % Kec. Angin: -- Arah Angin: --
Cisaat	 Hujan Sedang Suhu: 22 - 32 Kelembaban: 60 - 97 % Kec. Angin: 5 Arah Angin: Tenggara	 Suhu: --- Kelembaban: --- % Kec. Angin: -- Arah Angin: --
Bandung	 Hujan Sedang Suhu: 21 - 32 Kelembaban: 65 - 97 % Kec. Angin: 5 Arah Angin: Tenggara	 Suhu: --- Kelembaban: --- % Kec. Angin: -- Arah Angin: --
Cirebon	 Hujan Ringan Suhu: 25 - 30 Kelembaban: 80 - 90 % Kec. Angin: 10	 Suhu: --- Kelembaban: --- % Kec. Angin: --

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
BMKG

KeSEMaT Buat yang tar @KeSEMaT dari Kementan dan BMKG, lho!... <http://> about 1 hour ago · reply · retweet

TweetNewsss Smoke fr neighboring countries: I about 1 hour ago · reply · retweet

wahyupristiawan Smoke neighboring countries: I about 1 hour ago · reply · retweet

fgnbolung 1 hari lagi ter Kayuwatu... Otw home : 52 minutes ago · reply · retweet

antara aceh BMKG: Wa Aceh <http://fb.me/wNec> 50 minutes ago · reply · retweet

IndonesiakuKini RT @in Sumatra may reach neig <http://bit.ly/IKAea2> 46 minutes ago · reply · retweet

Info BMKG
infoBMKG

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

ISSUED: 10/23/97

CHLORINE

REVISED: 11/01/99

SECTION I - PRODUCT IDENTIFICATION

Westlake CA&O
2468 Industrial Parkway
P O Box 527
Calvert City, KY 42029

Telephone No.: (270) 395-4151
Transportation Emergency No.:
CHEMTREC: (800) 424-9300
Medical Emergency No.:
POISON CENTER: (216) 379-8562

Chemical Family: Halogen

Chemical Name/Synonyms: Chlorine

Trade Mark: None

Formula: Cl₂; (Cl-Cl)

C.A.S. Registry No.: 7782-50-5

TSCA Inventory Status: All ingredients are listed on the USEPA's TSCA inventory

Canadian Domestic Substances List Status: All ingredients have been nominated or are eligible for inclusion.

Workplace Hazardous Materials Information System (WHMIS) Classification: C,E

Product Use: Various Applications

SARA 313 Information: This product contains a toxic chemical or chemicals subject to the reporting requirements of section 313 of Title III of the Superfund Amendments and Reauthorization Act of 1986 and 40 CFR part 372.

SECTION II - HAZARDOUS INGREDIENTS

Hazard Summary Statement: WARNING! HIGHLY TOXIC. CORROSIVE. May be fatal if inhaled. Strong oxidizer. Most combustibles will burn in chlorine as they do in oxygen. Read entire Material Safety Data Sheet (MSDS).

<u>Material</u>	<u>C.A.S. Number</u>	<u>Amount in Product</u>	<u>ACGIH TLV-TWA</u>	<u>OSHA PEL-TWA</u>
Chlorine ^{1,2,4,5,6}	7782-50-5	> 99.5%	0.5 ppm 1 ppm short term exposure limit (STEL)	1 ppm - ceiling

N.A. - Not Applicable

N.E. - Not Established

Legislative Footnotes

¹Ingredient listed on SARA Section 313 List of Toxic Chemicals.

²Ingredient listed on the *Pennsylvania Hazardous Substances List*.

³Ingredient listed on the California listing of *Chemicals Known to the State to Cause Cancer or Reproductive Toxicity*.

⁴Ingredient listed on the *Massachusetts Substance List*.

⁵*Workplace Hazardous Materials Information System* ingredient found on the Ingredient Disclosure List - Canada.

⁶Ingredient listed on the *New Jersey Right to Know Hazardous Substance List*.

Notes:

TLV-TWA - Threshold Limit Value - Time Weighted Average guideline for concentration of the chemical substance in the ambient workplace air. (The skin notation calls attention to the skin as an additional significant route of absorption of the listed chemical.) American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

OSHA PEL - OSHA Permissible Exposure Limit, 8-hour TWA. 29 CFR 1910.1000, Transitional Limits column, Table Z-1-A, Table Z-2, and Table Z-3.

SECTION III - PHYSICAL DATA

Appearance: Greenish-yellow gas or amber liquid	Specific Gravity: Dry Gas (2.48 @ 0°C) Liquid (1.47 @ 0/4°C)
Odor: Pungent, suffocating bleach like odor	Melting Point: -101°C (-150°F)
Percent Volatiles: >99.5	Molecular Weight: 70.9
Solubility in Water: Slight	Vapor Pressure: 73 psia @ 50°F
Physical State: Gas (liquid under pressure)	Vapor Density: 2.5 (Air=1)

SECTION IV - FIRE & EXPLOSION HAZARD DATA

Flash Point: Test is not applicable to gases. Not combustible. Chlorine can support combustion and is a serious fire risk.

Flammable Limits in Air: Not Applicable

Note:

Flash Point: The lowest initial temperature of air passing around the specimen at which sufficient combustible gas is evolved to be ignited by a small external pilot flame.

Extinguishing Media: For small fires use dry chemical or carbon dioxide. For large fires use water spray, fog or foam.

Special Firefighting Procedures: Wear full face positive pressure self-contained breathing apparatus (SCBA). Wear full protective gear to prevent all body contact (moisture or water and chlorine can form hydrochloric and hypochlorous acids which are corrosive). Personnel not having suitable protection must leave the area to prevent exposure to toxic gases from the fire. Use water to keep fire-exposed containers cool (if containers are not leaking). Use water spray to direct escaping gas away from workers if it is necessary to stop the flow of gas. In enclosed or poorly ventilated areas, wear SCBA during cleanup immediately after a fire as well as during the attack phase of firefighting operations.

Unusual Fire and Explosion Hazards: Chlorine and water can be very corrosive. Corrosion of metal containers can make leaks worse. Although non-flammable, chlorine is a strong oxidizer and will support the burning of most combustible materials. Flammable gases and vapors can form explosive mixtures with chlorine. Chlorine can react violently when in contact with many materials and generate heat with possible flammable or explosive vapors. Chlorine gas is heavier than air and will collect in low-lying areas.

Explosive Characteristics: Containers heated by fire can explode.

SECTION V - Reactivity

Stability: Stable

Hazardous Polymerization: Will not occur.

Hazardous Decomposition Products: Hydrogen chloride may form from chlorine in the presence of water vapor.

CAUTION! Oxidizer. Extremely reactive.

Incompatibility (Materials to Avoid): Chlorine is extremely reactive. Liquid or gaseous chlorine can react violently with many combustible materials and other chemicals, including water. Metal halides, carbon, finely divided metals and sulfides can accelerate the rate of chlorine reactions. Hydrocarbon gases, e.g., methane, acetylene, ethylene or ethane, can react explosively if initiated by sunlight or a catalyst. Liquid or solid hydrocarbons, e.g., natural or synthetic rubbers, naphtha, turpentine, gasoline, fuel gas, lubricating oils, greases or waxes, can react violently. Metals, e.g., finely powdered aluminum, brass, copper, manganese, tin, steel and iron, can react vigorously or explosively with chlorine. Nitrogen compounds, e.g., ammonia and other nitrogen compounds, can react with chlorine to form highly explosive nitrogen trichloride.

(MSDS - Chlorine)

Non-metals,

Page 3 of 8

e.g., phosphorous, boron, activated carbon and silicon can ignite on contact with gaseous chlorine at room temperature. Certain concentrations of chlorine-hydrogen can explode by spark ignition. Chlorine is strongly corrosive to most metals in the presence of moisture. Copper may burn spontaneously. Chlorine reacts with most metals at high temperatures. Titanium will burn at ambient temperature in the presence of dry chlorine.

SECTION VI - HEALTH HAZARD DATA

Threshold Limit Value: See Section II.

Primary Routes of Exposure: Inhalation, skin and eye contact.

Effects of Overexposure:

Acute: Low concentrations of chlorine can cause itching and burning of the eyes, nose, throat and respiratory tract. At high concentrations chlorine is a respiratory poison. Irritant effects become severe and may be accompanied by tearing of the eyes, headache, coughing, choking, chest pain, shortness of breath, dizziness, nausea, vomiting, unconsciousness and death. Bronchitis and accumulation of fluid in the lungs (chemical pneumonia) may occur hours after exposure to high levels. Liquid as well as vapor contact can cause irritation, burns and blisters. Ingestion can cause nausea and severe burns of the mouth, esophagus and stomach.

Chronic: Prolonged or repeated overexposure may result in many or all of the effects reported for acute exposure (including pulmonary function effects).

Emergency and First Aid Procedures:

Inhalation (of process emissions): Take proper precautions to ensure rescuer safety before attempting rescue (wear appropriate protective equipment and utilize the "buddy system"). Remove source of chlorine or move victim to fresh air. If breathing has stopped, trained personnel should immediately begin artificial respiration or, if the heart has stopped, cardiopulmonary resuscitation (CPR). Avoid mouth-to-mouth contact. Oxygen may be beneficial if administered by a person trained in its use, preferably on a physician's advise. Obtain medical attention immediately.

Eye Contact: Immediately flush the contaminated eye(s) with lukewarm, gently flowing water for at least 20 minutes while the eyelid(s) are open. Take care not to rinse contaminated water into the non-affected eye. If irritation persists, obtain medical attention immediately.

Skin Contact: As quickly as possible, flush contaminated area with lukewarm, gently running water for at least 20 minutes. Under running water, remove contaminated clothing, shoes, and leather watchbands and belts. If irritation persists, obtain medical attention immediately. Completely decontaminate clothing, shoes and leather goods before re-use, or, discard.

Ingestion: Not an anticipated hazard.

SECTION VII - SPILL & LEAK PROCEDURE

Steps to be taken in case material is released or spilled: Restrict access to the area until completion of the cleanup. Issue a warning: POISON GAS. DO NOT TOUCH SPILLED LIQUID. Do not use water on a chlorine leak (corrosion of the container can occur, increasing the leak). Shut off leak if safe to do so. Wear NIOSH/MSHA-approved, self-contained, full-face, positive pressure respirator and full protective clothing capable of protection from both liquid and gas phases. Persons without suitable respiratory and body protection must leave the area.

The following evacuation guide was developed by the U.S. Department of Transportation (DOT): Spill or leak from a smaller container or small leak from a tank - isolate in all directions 250 feet. Large spill from a tank or from a number of containers - first, isolate 520 feet in all directions; secondly, evacuate in a downwind direction 1.3 miles wide and 2.0 miles long. Keep upwind from leak. Vapors are heavier than air and pockets of chlorine are likely to be trapped in low-lying areas. Use water spray on the chlorine vapor cloud to reduce vapors. Do not flush into public sewer or water systems. Chlorine can be neutralized with caustic soda or soda ash. Alkaline solutions for absorbing chlorine can be prepared as follows:

For 100 pound containers: 125 lbs. of caustic soda and 40 gallons of water
For 2,000 pound containers: 2,500 lbs. of caustic soda and 800 gallons of water
For 100 pound containers: 300 lbs. of soda ash and 100 gallons of water
For 2,000 pound containers: 6,000 lbs. of soda ash and 2,000 gallons of water

CAUTION: Observe appropriate safety precautions for handling alkaline chemicals. Heat will be generated during the neutralization process.

Waste Disposal Method: Due to its inherent properties, hazardous conditions may result if the material is managed improperly. It is recommended that any containerized waste chlorine be managed as hazardous waste in accordance with all applicable federal, state, and local health and environmental laws and regulations.

SECTION VIII - SPECIAL PROTECTION INFORMATION

Ventilation: Effective exhaust ventilation should always be provided to draw fumes or vapors away from workers to prevent routine inhalation. Ventilation should be adequate to maintain the ambient workplace atmosphere below the legislated levels listed in Section II.

Respiratory Protection: Use NIOSH approved acid gas cartridge or canister respirator for routine work purposes when concentrations are above the permissible exposure limits. Use full facepiece respirators when concentrations are irritating to the eyes. A cartridge-type escape respirator should be carried at all times when handling chlorine for escape only in case of a spill or leak. Re-enter area only with NIOSH approved, self-contained breathing apparatus with full facepiece. The respiratory use limitations made by NIOSH or the manufacturer must be observed. Respiratory protection programs must be in accordance with 29 CFR 1910.134.

Eye/Face Protection: Non-ventilated chemical safety goggles or a full face shield.

Skin Protection: Wear impervious gloves, coveralls, boots and/or other resistance protective clothing. Safety shower/eyewash fountain should be readily available in the work area. Some operations may require the use of an impervious full-body encapsulating suit and respiratory protection.

Note: Neoprene, polyvinyl chloride (PVC), Viton, and chlorinated polyethylene show good resistance to chlorine.

Additional: Do not eat, drink or smoke in work areas. Maintain good housekeeping.

SECTION IX - SPECIAL PRECAUTIONS

Material Handling: Do not use near welding operations, flames or hot surfaces. Move cylinders by hand truck or cart designed for that purpose. Do not lift cylinders by their caps. Do not handle cylinders with oily hands. Secure cylinders in place in an upright position at all times. Do not drop cylinders or permit them to strike each other. Leave valve cap on cylinder until cylinder is secured and ready for use. Close all valves when not in actual use. Insure valves on gas cylinders are fully opened when gas is used. Open and shut valves at least once a day while cylinder is in use to avoid valve "freezing". Use smallest possible amounts in designated areas with adequate ventilation. Have emergency equipment for fires, spills and leaks readily available. Wash thoroughly after handling product. Provide a safety shower/eyewash station in handling area. An emergency contingency program should be developed for facilities handling chlorine.

Storage: Store in steel pressure cylinders in a cool, dry area outdoors or in well-ventilated, detached or segregated areas of noncombustible construction. Keep out of direct sunlight and away from heat and ignition sources. Cylinder temperatures should never exceed 51°C (125°F). Isolate from incompatible materials. Store cylinders upright on a level floor secured in position and protected from physical damage. Use corrosion resistant lighting and ventilation systems in the storage area. Keep cylinder valve cover on. Label empty cylinders. Store full cylinders separately from empty cylinders. Avoid storing cylinders for more than six months. Comply with applicable regulations for the storage and handling of compressed gases.

SECTION X - HAZARD CODES

NFPA

(National Fire Protection Association)

HMIS

(Hazardous Materials Identification System)

Health: 4
Flammability: 0
Reactivity: 0
Special: OXY

Health: 3
Flammability: 0
Reactivity: 0
Personal Protection: X*

Key:

0 = Insignificant
1 = Slight
2 = Moderate
3 = High
4 = Extreme

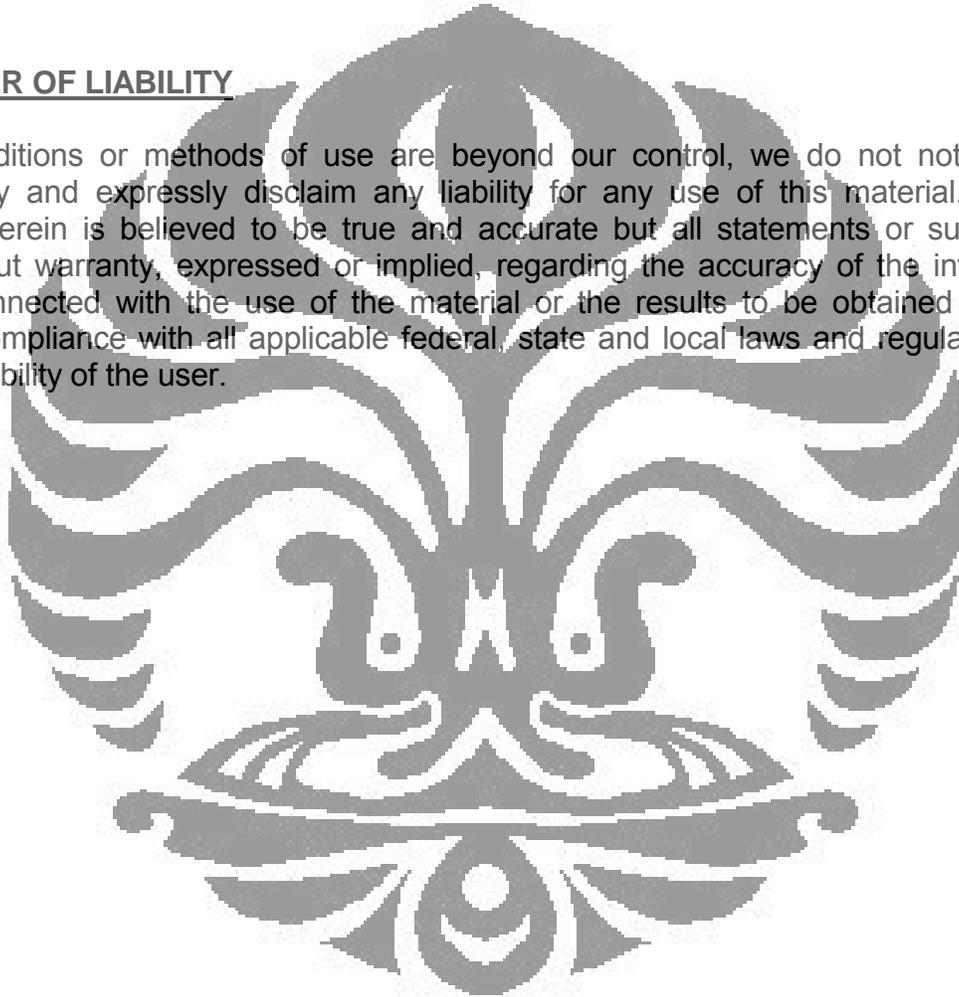
* See MSDS for specified protection

USER'S RESPONSIBILITY

This bulletin cannot cover all possible situations which the user may experience during processing. Each aspect of the user's operation should be examined to determine if, or where, additional precautions may be necessary. All health and safety information contained within this bulletin should be provided to the user's employees or customers. Westlake CA&O Corporation must rely upon the user to utilize this information to develop appropriate work practice guidelines and employee instructional programs for his or her operation.

DISCLAIMER OF LIABILITY

As the conditions or methods of use are beyond our control, we do not not assume any responsibility and expressly disclaim any liability for any use of this material. Information contained herein is believed to be true and accurate but all statements or suggestions are made without warranty, expressed or implied, regarding the accuracy of the information, the hazards connected with the use of the material or the results to be obtained from the use thereof. Compliance with all applicable federal, state and local laws and regulations remains the responsibility of the user.



SHIPPING INFORMATION

IDENTIFICATION - DOMESTIC TRANSPORTATION

Proper Shipping Name (172.101(c)): **Chlorine**
(Technical Name(s)) 172.203(k): **N/A**
Hazard Class 172.101(d): **2.3**
UN/NA# 172.101(e): **UN 1017**
Haz. Substance 171.8: **RQ (Chlorine)**
Reportable Quantity (Appendix A to 172.101): **10 LB**
Inhalation Hazard 172.2a(b): **Zone B, Poison-Inhalation Hazard, Marine Pollutant**
Package Code 172.101(f): **N/A**
Placarded: **Poison Gas**

PACKAGING (Part 173)

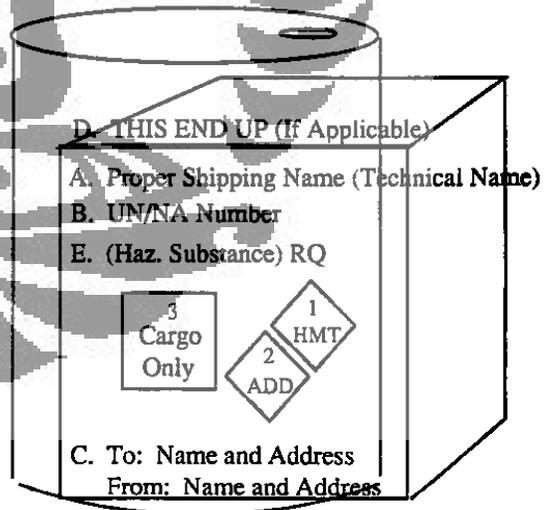
- ◆ Packaging Section (172.101(i)) - Col. 8(a): None
Col. 8(b): 173.304
Col. 8(c): 173.314, 173.315
- ◆ General Packaging Section - General 173.24 Hazard Class: **POISON GAS**

MARKING

- A. Proper Shipping Name (172.301(a)) (Technical Name) (172.301(b))
- B. UN/NA Number (172.301(a))
- C. Name & Address (172.301(d))
- D. THIS END UP (172.312(a))
- E. Hazardous Substance RQ (Name) (172.324)
ORM Designation (172.316(a))
Inhalation Hazard (172.313(a))

DOMESTIC LABELING

- HMT LABELS (172.400)
- Additional Subsidiary Hazard (172.402(a)):
8 (Corrosive)



DANGEROUS GOODS DETERMINATION (38th Edition) IATA

- ◆ Air Transport of This Material if Forbidden (Passenger and Cargo)

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

SECTION 1 CHEMICAL PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

MATHESON TRI-GAS, INC.
959 ROUTE 46 EAST
PARSIPPANY, NEW JERSEY 07054-0624

EMERGENCY CONTACT:
CHEMTREC 1-800-424-9300
INFORMATION CONTACT:
973-257-1100

SUBSTANCE: CHLORINE

TRADE NAMES/SYNONYMS:

MTG MSDS 22; CHLORINE MOLECULAR; DIATOMIC CHLORINE; DICHLORINE; MOLECULAR CHLORINE; UN 1017; Cl₂; MAT04600; RTECS FO2100000

CHEMICAL FAMILY: halogens, gas

CREATION DATE: Jan 24 1989

REVISION DATE: Dec 16 2002

SECTION 2 COMPOSITION, INFORMATION ON INGREDIENTS

COMPONENT: CHLORINE

CAS NUMBER: 7782-50-5

PERCENTAGE: 100.0

SECTION 3 HAZARDS IDENTIFICATION

NFPA RATINGS (SCALE 0-4): HEALTH=4 FIRE=0 REACTIVITY=0

EMERGENCY OVERVIEW:

COLOR: yellow or green

PHYSICAL FORM: gas

ODOR: distinct odor, irritating odor

MAJOR HEALTH HAZARDS: harmful if inhaled, respiratory tract burns, skin burns, eye burns

PHYSICAL HAZARDS: Containers may rupture or explode if exposed to heat. May ignite combustibles.

POTENTIAL HEALTH EFFECTS:

INHALATION:

SHORT TERM EXPOSURE: burns, chest pain, difficulty breathing, headache, dizziness, hyperactivity, emotional disturbances, bluish skin color, lung damage, death

LONG TERM EXPOSURE: burns, skin disorders, lack of sense of smell, lung damage

SKIN CONTACT:

SHORT TERM EXPOSURE: burns

LONG TERM EXPOSURE: burns

EYE CONTACT:



SHORT TERM EXPOSURE: burns

LONG TERM EXPOSURE: burns

INGESTION:

SHORT TERM EXPOSURE: ingestion of harmful amounts is unlikely

LONG TERM EXPOSURE: ingestion of harmful amounts is unlikely

SECTION 4 FIRST AID MEASURES

INHALATION: If adverse effects occur, remove to uncontaminated area. Give artificial respiration if not breathing. If breathing is difficult, oxygen should be administered by qualified personnel. Get immediate medical attention.

SKIN CONTACT: Wash skin with soap and water for at least 15 minutes while removing contaminated clothing and shoes. Get immediate medical attention. Thoroughly clean and dry contaminated clothing and shoes before reuse. Destroy contaminated shoes.

EYE CONTACT: Immediately flush eyes with plenty of water for at least 15 minutes. Then get immediate medical attention.

INGESTION: Contact local poison control center or physician immediately. Never make an unconscious person vomit or drink fluids. Give large amounts of water or milk. Allow vomiting to occur. When vomiting occurs, keep head lower than hips to help prevent aspiration. If person is unconscious, turn head to side. Get medical attention immediately.

NOTE TO PHYSICIAN: For inhalation, consider oxygen. Avoid gastric lavage or emesis.

SECTION 5 FIRE FIGHTING MEASURES

FIRE AND EXPLOSION HAZARDS: Negligible fire hazard. Oxidizer. May ignite or explode on contact with combustible materials.

EXTINGUISHING MEDIA: water

Do not use dry chemicals, carbon dioxide or halogenated extinguishing agents. Large fires: Flood with fine water spray.

FIRE FIGHTING: Move container from fire area if it can be done without risk. Cool containers with water spray until well after the fire is out. Stay away from the ends of tanks. For fires in cargo or storage area: If this is impossible then take the following precautions: Keep unnecessary people away, isolate hazard area and deny entry. Let the fire burn. For small fires, contain and let burn. Use extinguishing agents appropriate for surrounding fire. Cool containers with water spray until well after the fire is out. Apply water from a protected location or from a safe distance. Avoid inhalation of material or combustion by-products. Stay upwind and keep out of low areas. Evacuation radius: 800 meters (1/2 mile).

SECTION 6 ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

AIR RELEASE:

Reduce vapors with water spray. Collect runoff for disposal as potential hazardous waste.

SOIL RELEASE:

Dig holding area such as lagoon, pond or pit for containment. Dike for later disposal. Trap spilled material at bottom in deep water pockets, excavated holding areas or within sand bag barriers. Absorb with sand or other non-combustible material. Add an alkaline material (lime, crushed limestone, sodium bicarbonate, or soda ash).

WATER RELEASE:

Add an alkaline material (lime, crushed limestone, sodium bicarbonate, or soda ash). Absorb with activated carbon. Collect spilled material using mechanical equipment.

OCCUPATIONAL RELEASE:

Stop leak if possible without personal risk. Avoid contact with combustible materials. Keep unnecessary people away, isolate hazard area and deny entry. Ventilate closed spaces before entering. Notify Local Emergency Planning Committee and State Emergency Response Commission for release greater than or equal to RQ (U.S. SARA Section 304). If release occurs in the U.S. and is reportable under CERCLA Section 103, notify the National Response Center at (800)424-8802 (USA) or (202)426-2675 (USA).

SECTION 7 HANDLING AND STORAGE

STORAGE: Store and handle in accordance with all current regulations and standards. Protect from physical damage. Keep separated from incompatible substances. Store outside or in a detached building. Notify State Emergency Response Commission for storage or use at amounts greater than or equal to the TPQ (U.S. EPA SARA Section 302). SARA Section 303 requires facilities storing a material with a TPQ to participate in local emergency response planning (U.S. EPA 40 CFR 355.30).

SECTION 8 EXPOSURE CONTROLS, PERSONAL PROTECTION

EXPOSURE LIMITS:

CHLORINE:

- 1 ppm (3 mg/m³) OSHA ceiling
- 0.5 ppm (1.5 mg/m³) OSHA TWA (vacated by 58 FR 35338, June 30, 1993)
- 1 ppm (3 mg/m³) OSHA STEL (vacated by 58 FR 35338, June 30, 1993)
- 0.5 ppm ACGIH TWA
- 1 ppm ACGIH STEL
- 0.5 ppm (1.45 mg/m³) NIOSH recommended ceiling 15 minute(s)

VENTILATION: Provide local exhaust or process enclosure ventilation system. Ensure compliance with applicable exposure limits.

EYE PROTECTION: Wear splash resistant safety goggles with a faceshield. Provide an emergency eye wash fountain and quick drench shower in the immediate work area.

CLOTHING: Wear appropriate chemical resistant clothing.

GLOVES: Wear appropriate chemical resistant gloves.

RESPIRATOR: The following respirators and maximum use concentrations are drawn from NIOSH and/or OSHA.

5 ppm

Any chemical cartridge respirator with cartridge(s) providing protection against this substance.

Any supplied-air respirator.

10 ppm

Any supplied-air respirator operated in a continuous-flow mode.

Any powered, air-purifying respirator with cartridge(s) providing protection against this substance.

Any chemical cartridge respirator with a full facepiece and cartridge(s) providing protection against this substance.

Any air-purifying respirator with a full facepiece and a canister providing protection against this substance.

Any self-contained breathing apparatus with a full facepiece.

Any supplied-air respirator with a full facepiece.

Escape -

Any air-purifying respirator with a full facepiece and a canister providing protection against this substance.

Any appropriate escape-type, self-contained breathing apparatus.

For Unknown Concentrations or Immediately Dangerous to Life or Health -

Any supplied-air respirator with full facepiece and operated in a pressure-demand or other positive-pressure mode in combination with a separate escape supply.

Any self-contained breathing apparatus with a full facepiece.

SECTION 9 PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

PHYSICAL STATE: gas

COLOR: yellow or green

ODOR: distinct odor, irritating odor

MOLECULAR WEIGHT: 70.906

MOLECULAR FORMULA: Cl₂

BOILING POINT: -31 F (-35 C)

FREEZING POINT: -150 F (-101 C)

VAPOR PRESSURE: 5168 mmHg @ 21 C

VAPOR DENSITY (air=1): 2.49

SPECIFIC GRAVITY: Not applicable

DENSITY: 3.214 g/L @ 0 C

WATER SOLUBILITY: 1.46% @ 0 C

PH: Not applicable

VOLATILITY: Not applicable

ODOR THRESHOLD: 0.01 ppm

EVAPORATION RATE: Not applicable

VISCOSITY: 0.01327 cP @ 20 C

COEFFICIENT OF WATER/OIL DISTRIBUTION: Not applicable

SOLVENT SOLUBILITY:

Soluble: alkali

SECTION 10 STABILITY AND REACTIVITY

REACTIVITY: Stable at normal temperatures and pressure.

CONDITIONS TO AVOID: Avoid contact with combustible materials. Minimize contact with material. Avoid inhalation of material or combustion by-products. Keep out of water supplies and sewers.

INCOMPATIBILITIES: combustible materials, bases, metals, halogens, metal salts, reducing agents, amines, metal carbide, metal oxides, oxidizing materials, halo carbons, acids

HAZARDOUS DECOMPOSITION:

Thermal decomposition products: chlorine

POLYMERIZATION: Will not polymerize.

SECTION 11 TOXICOLOGICAL INFORMATION

CHLORINE:

TOXICITY DATA:

293 ppm/1 hour(s) inhalation-rat LC50

CARCINOGEN STATUS: ACGIH: A4 -Not Classifiable as a Human Carcinogen

LOCAL EFFECTS:

Corrosive: inhalation, skin, eye

ACUTE TOXICITY LEVEL:

Toxic: inhalation

MEDICAL CONDITIONS AGGRAVATED BY EXPOSURE: heart problems

TUMORIGENIC DATA: Available.

MUTAGENIC DATA: Available.

REPRODUCTIVE EFFECTS DATA: Available.

SECTION 12 ECOLOGICAL INFORMATION

ECOTOXICITY DATA:

FISH TOXICITY: 390 ug/L 96 hour(s) LC50 (Mortality) Orangethroat darter (*Etheostoma spectabile*)

INVERTEBRATE TOXICITY: 637.5 ug/L 1 hour(s) LC50 (Mortality) Pacific oyster (*Crassostrea gigas*)

ALGAL TOXICITY: 50-1000 ug/L 23 hour(s) (Population) Algae, phytoplankton, algal mat (Algae)

PHYTOTOXICITY: 20 ug/L 96 day(s) (Growth) Water-milfoil (*Myriophyllum spicatum*)

SECTION 13 DISPOSAL CONSIDERATIONS

Subject to disposal regulations: U.S. EPA 40 CFR 262. Hazardous Waste Number(s): D001. Dispose in accordance with all applicable regulations.

SECTION 14 TRANSPORT INFORMATION

U.S. DOT 49 CFR 172.101:

PROPER SHIPPING NAME: Chlorine

ID NUMBER: UN1017

HAZARD CLASS OR DIVISION: 2.3

LABELING REQUIREMENTS: 2.3; 8

ADDITIONAL SHIPPING DESCRIPTION: Toxic-Inhalation Hazard Zone B



CANADIAN TRANSPORTATION OF DANGEROUS GOODS:

SHIPPING NAME: Chlorine

ID NUMBER: UN1017

CLASSIFICATION: 2.3, 8

SECTION 15 REGULATORY INFORMATION

U.S. REGULATIONS:

CERCLA SECTIONS 102a/103 HAZARDOUS SUBSTANCES (40 CFR 302.4):

CHLORINE: 10 LBS RQ

SARA TITLE III SECTION 302 EXTREMELY HAZARDOUS SUBSTANCES (40 CFR 355.30):

CHLORINE: 100 LBS TPQ

SARA TITLE III SECTION 304 EXTREMELY HAZARDOUS SUBSTANCES (40 CFR 355.40):

CHLORINE: 10 LBS RQ

SARA TITLE III SARA SECTIONS 311/312 HAZARDOUS CATEGORIES (40 CFR 370.21):

ACUTE: Yes

CHRONIC: No

FIRE: No

REACTIVE: No

SUDDEN RELEASE: Yes

SARA TITLE III SECTION 313 (40 CFR 372.65):

CHLORINE

OSHA PROCESS SAFETY (29CFR1910.119):

CHLORINE: 1500 LBS TQ

STATE REGULATIONS:

California Proposition 65: Not regulated.

CANADIAN REGULATIONS:

WHMIS CLASSIFICATION: ACD1E

NATIONAL INVENTORY STATUS:

U.S. INVENTORY (TSCA): Listed on inventory.

TSCA 12(b) EXPORT NOTIFICATION: Not listed.

CANADA INVENTORY (DSL/NDSL): Not determined.

SECTION 16 OTHER INFORMATION

MSDS SUMMARY OF CHANGES

SECTION 15 REGULATORY INFORMATION

©Copyright 1984-2002 MDL Information Systems, Inc. All rights reserved.

MATHESON TRI-GAS, INC. MAKES NO EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, GUARANTEES OR REPRESENTATIONS REGARDING THE PRODUCT OR THE INFORMATION HEREIN, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ANY IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR USE. MATHESON TRI-GAS, INC. SHALL NOT BE LIABLE FOR ANY PERSONAL INJURY, PROPERTY OR OTHER DAMAGES OF ANY NATURE, WHETHER COMPENSATORY, CONSEQUENTIAL, EXEMPLARY, OR OTHERWISE, RESULTING FROM ANY PUBLICATION, USE OR RELIANCE UPON THE INFORMATION HEREIN.

