

IDENTIFIKASI DAN EVALUASI SISTEM PENYIMPANAN
AMONIAK DALAM UPAYA PENCEGAHAN PENCEMARAN
LINGKUNGAN
(Studi Kasus di PT Pupuk Kaltim, Tbk.)



Tesis

Kusnul Nurmanto
L4K002026

PROGRAM MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2004

TESIS

IDENTIFIKASI DAN EVALUASI SISTEM PENYIMPANAN AMNIAK
DALAM UPAYA PENCEGAHAN PENCEMARAN LINGKUNGAN
(Studi Kasus di PT Pupuk Kaltim)


Disusun oleh

Kusnul Nurmanto
NIM: L4K002026

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada tanggal 11 Juni 2004
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

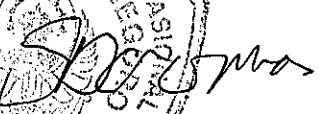
Menyetujui

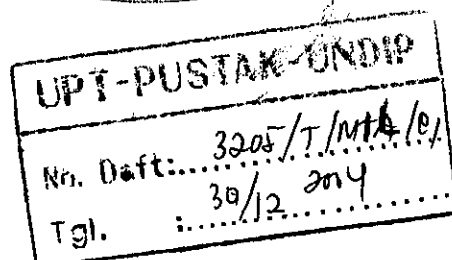
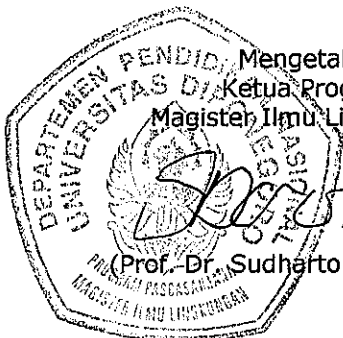
Pembimbing I


(Dr. Ir. Setia Budi Sasongko, DEA)

Pembimbing II


(Ir. Danny Sutrisnsnto, M.Eng)

Mengetahui,
Ketua Program
Magister Ilmu Lingkungan,

(Prof.-Dr. Sudharto P. Hadi, MES)



LEMBAR PENGESAHAN

IDENTIFIKASI DAN EVALUASI SISTEM PENYIMPANAN AMONIAK
DALAM UPAYA PENCEGAHAN PENCEMARAN LINGKUNGAN
(Studi Kasus di PT Pupuk Kaltim)

Disusun oleh:

Kusnui Nurmanto
NIM: L4K002026

Menyetujui dan mengesahkan

Penguji I

(Ir. Agus Hadiyanto, MT)

Penguji II

(Ir. Nasrullah, MS)

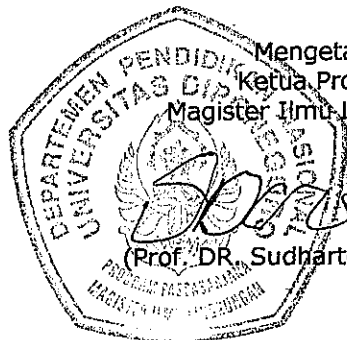
Mengetahui Komisi Pembimbing

Pembimbing I

(Dr. Ir. Setia Budi Sasongko, DEA)

Pembimbing II

(Ir. Danny Sutrisnanto, M. Eg)



Mengetahui,
Ketua Program
Magister Ilmu Lingkungan,

(Prof. DR. Sudharto P. Hadi, MES)

KATA PENGANTAR

Kami panjatkan puji syukur ke hadirat Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang atas karuniaNya sehingga penulisan tesis ini dapat terlaksana. Kami yakin apa yang kami upayakan ini belum sempurna, namun tulisan ini merupakan kesungguhan dari usaha kami untuk melaksanakan tugas perkuliahan di **Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang**.

Sekecil apapun melalui tesis ini penulis berharap dapat memberi sumbangan pemikiran bagi dunia industri, khususnya PT Pupuk Kaltim tempat kami bekerja, bahkan untuk skala yang lebih luas yaitu dunia ilmu pengetahuan.

Tentunya dalam penyusunan tesis ini penulis banyak menerima bantuan dari berbagai pihak, kami ucapkan terima kasih yang tiada terhingga kepada :

- Bapak Dr. Ir. Setia Budi Sasongko, DEA dan Bapak Ir. Danny Sutrisnanto, M.Eng, yang telah membimbing dan memberi pengarahan yang sangat berharga, sehingga penulisan tesis ini dapat terselesaikan.
- Bapak Prof. Dr. Shudarto P. Hadi, MES sebagai Ketua Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang, serta dosen-dosen lain yang telah mengajar dan membimbing kami selama kami kuliah.
- Prof. Ir. Eko Budihardjo, MSc selaku Rektor Universitas Diponegoro, yang telah menyemangati kami, agar bekerja sungguh-sungguh dan selalu menjaga kesehatan.
- Bapak Dr. Ir Purwanto, DEA, Bapak Ir. Agus Hardiarto, MT, dan Bapak Drs. Dwi P. Sasongko, Msi, yang telah memberikan kerangka berfikir analistis.
- Bapak Ir. Iman Santoso, MBA selaku Direktur Produksi PT Pupuk Kaltim, Bapak Ir. Yusri Minansyah selaku Kakom Operasi, Bapak Ir. Zani Nasution (Deputy Kakom Operasi I), Bapak Ir. Mulyono Prawiro (Deputy Kakom Operasi II), Bapak Ir. Bambang Budiono (Kadep Operasi K-I), Bapak Ir. Hanggara Patrianta (Koord. Operasi K-I), yang telah banyak memberi fasilitas selama kami kuliah.
- Bapak Ir. Sutarman Hd, Bapak Ir. Ezrinal Azis, MSc, Bapak Ir. Washington L, Bapak Ir. Mujab, Bapak Mujib Utomo dan Ibu Dra. Arni K dan seluruh keluarga besar Biro K3LH, terima kasih atas bantuannya.
- Adik Nashirotuzzubaidah binti Achmad Shiddieq istriku, teman diskusi dan motivator, engkau bagai magma yang tak pernah padam. Anakku Muhammad Dzifiq Putranto, senyummu menggairahkan, membuatku tak pernah lelah.

Semoga apa yang kami peroleh selama kuliah di Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang bermanfaat bagi masyarakat, perusahaan tempat kami bekerja yaitu PT Pupuk Kaltim dan kami pribadi.

Semarang, 11 Juni 2004

Kusnul Nurmanto

**IDENTIFIKASI DAN EVALUASI SISTEM PENYIMPANAN AMONIAK DALAM UPAYA
PENCEGAHAN PENCEMARAN LINGKUNGAN
(Studi Kasus di PT Pupuk Kaltim)**

Kusnul Nurmanto
Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro
Jl. Imam Bardjo, SH. 5, Semarang

ABSTRAK

Amoniak adalah bahan berbahaya dan beracun maka penyimpanannya memerlukan penanganan khusus agar tidak berdampak negatif ke lingkungan. Sering terjadi kasus kecelakaan pada tanki penyimpanan bahan-bahan petrokimia termasuk tanki penyimpanan amoniak. Kejadian tersebut disamping membahayakan bagi manusia juga menimbulkan dampak pencemaran ke lingkungan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan identifikasi masalah yang memungkinkan terjadi bahaya/dampak lingkungan pada sistem penyimpanan amoniak, serta mengevaluasi sistem penyimpanan amoniak di PT Pupuk Kaltim.

Metoda yang digunakan pada penelitian ini adalah melakukan observasi sistem penyimpanan amoniak melalui *Analisis Sistem* secara komprehensif terhadap sistem penyimpanan amoniak dengan menggunakan *Fault Tree Analysis*.

Hasil penelitian, menyimpulkan bahwa terjadinya bahaya dan dampak lingkungan dapat disebabkan oleh kegagalan major dan kegagalan minor. Probabilitas dari kegagalan sistem penyimpanan amoniak ini dapat diperkirakan dan dapat dianalisa menggunakan *Fault Tree Analysis*. Hasil evaluasi terhadap sistem penyimpanan di PT Pupuk Kaltim menyatakan bahwa probabilitas dari kegagalan major (peledakan) sistem penyimpan amoniak sangat rendah. Namun dari analisa resiko menunjukkan bila kegagalan tersebut terjadi akibatnya sangat besar dan fatal. Kegagalan minor yang berupa kebocoran kecil di sistem penyimpanan amoniak PT Pupuk Kaltim masih sering terjadi, terbukti dari masih adanya paparan amoniak di area compressor pada unit *ammonia storage*.

Berdasarkan hasil identifikasi dan evaluasi disarankan untuk Meyakinkan lagi apakah alat-alat pengaman tersebut masih dapat bekerja baik sesuai rancangan peralatan tersebut dibuat. *Preventive maintenance* yang *intensive* dan terprogram diperlukan untuk menghindari kegagalan minor (kebocoran kecil) maupun major (kebocoran besar/peledakan). Untuk memproteksi terjadinya kebocoran besar akibat *fugitive emission* (kebocoran kecil yang tidak kontinyu) disarankan memasang *ammonia detection system* pada lokasi berikut sekitar pompa, kompresor, tanki penyimpan amoniak dan loading arm.

Kata kunci: Sistem Penyimpanan Amoniak, Identifikasi, Evaluasi, Kegagalan Major, Kegagalan Minor

IDENTIFICATION AND EVALUATION FOR AMMONIA STORAGE IN CASE TO
PREVENT THE POLLUTION.
(Case Study at PT Pupuk Kaltim)

Kusnul Nurmanto
Diponegoro University
Master of Environmental Science

ABSTRACT

Ammonia is dangerous and toxic substance, it must be stored in special treatment to avoid negative impact to environment. Many accidents at Petrochemical storage also ammonia storage. That accidents is dangerous for human being also result the impact for environment.

This research was intended to identify and evaluate the problem that emerge from ammonia storage at PT Pupuk Kaltim.

The methods that used in this reseach was observation for ammonia storage by *Analysis System* that use "*Fault Tree Analysis*, and *Statistic Analysis*."

The result of this research were as follow: The accident and environment impact can be caused by the major or minor failure. The probability of major failure for ammonia storage PT Pupuk kaltim was very low because the safety protection facilities was the International standard. Eventhough the risk of operational of ammonia storage is high doe to the high concequencies. The minor failure often emerge from the ammonia compressor that seen by the fugitive emmision.

The recommendation of this research were as follow: Ensure the safety protection of it is running well. Perform the program of preventive maintenance intensively to avoid minor and major failure. For fugitive emission protection be suggested to install the ammmonia detector, especially for some equipment as follow: pumps, compressor and loading arm facilities.

Key word: Ammonia Storage, Identification, Evaluation, Major Failure and Minor Failure.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR		i
ABSTRAK		iii
DAFTAR ISI		v
DAFTAR GAMBAR		vi
DAFTAR TABEL		ix
DAFTAR LAMPIRAN		x
BAB I	PENDAHULUAN	1
I.1	Latar Belakang	1
I.2	Identifikasi dan Perumusan Masalah	3
I.3	Tujuan Penelitian	3
I.4	Kegunaan penelitian	4
BAB II	TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1	Identifikasi dan evaluasi	5
II.2	Konsep Dasar Penyimpanan Amoniak Cair	7
II.3	Sistem refrigerasi	7
II.4	Uraian Proses Ammonia Storage	8
II.5	Peralatan Pelengkap di Ammonia Storage	10
BAB III	METODE PENELITIAN	12
III.1	Rancangan Penelitian	12
III.2	Ruang Lingkup Penelitian	12
III.3	Lokasi Penelitian	13
III.4	Variabel Penelitian/Fenomena Yang Diamati	13
III.5	Teknik Pengumpulan Data	13
III.6	Teknik Analisis Data	14
BAB IV	HASIL PENELITIAN/IDENTIFIKASI	15
IV.1	RONA LINGKUNGAN	15
IV.1.1	Iklim	15
IV.1.2	Fisiografi	15
IV.1.3	Lingkungan industri	15
IV.1.4	Kualitas udara	16

IV.1.5	Kualitas Air Badan Penerima	17
IV.2	HASIL PENELITIAN / IDENTIFIKASI	17
IV.2.1	Batasan Konsentrasi Amoniak di Atmosfir	18
IV.2.2	Analisa Probabilitas Pada Sistem Penyimpanan Amonniak	19
IV.2.3	Analisa Terhadap Akibat Yang Timbul Bila Terjadi Kebocoran Amoniak	28
IV.3	ANALISA HASIL PENELITIAN / EVALUASI	30
IV.3.1	Aspek Teknis	38
IV.3.1.1	Technical Specification	38
IV.3.1.2	Piping and Instrumentation Diagram	40
IV.3.1.3	Operating Manual	41
IV.3.1.4	Material Safety Data Sheet	42
IV.3.1.5	Standard Operating Prosedure	42
IV.3.2	Aspek Administrasi	43
IV.3.2.1	ISO 9002 dan ISO 14001	43
IV.3.2.2	Sistem manajemen Keselamatan Kerja dan Kesehatan Kerja	44
IV.3.2.3	Penggiliran Kerja (Shift)	45
IV.3.2.4	Hazard and Operability Study (HAZOP)	45
IV.3.3	Aspek Perilaku	51
IV.3.3.1	Pemakaian Alat Keselamatan Kerja	52
IV.3.3.2	Sosialisasi	52
IV.3.3.3	Law Enforcement	58
IV.3.4	Aspek Regulasi	58
IV.3.4.1	Undang-Undang	58
IV.3.4.2	Peraturan Pemerintah	59
IV.3.4.3	Keputusan Menteri	60
IV.4	PEMBAHASAN	60
IV.4.1	Start Up	62
IV.4.2	Normal Operasi	66
IV.4.3	Shut Down	69
IV.4.4	Emergency	70
IV.4.5	Penanggulangan Kecelakaan Industri	73

BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	75
V.1	Kesimpulan	75
V.2	Saran :	75
DAFTAR PUSTAKA		78
LAMPIRAN		79

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Hal
Gbr.1	Sistem refrigerasi pada unit sistem penyimpanan amoniak	8
Gbr.2	Fault tree diagram kebocoran besar	21
Gbr.3	Ledakan tanki penyimpan amoniak dengan asumsi konsentrasi paparan bersifat homogen	23
Gbr.4	Ledakan tanki penyimpan amoniak dengan asumsi konsentrasi turun secara eksponensial	24
Gbr.5	Pengaman sistem penyimpanan amoniak	28
Gbr.6	Fault tree diagram kebocoran kecil	31
Gbr.7	Grafik paparan amoniak	35
Gbr.8	Identifikasi dan evaluasi masalah operasional sistem penyimpanan amoniak	37
Gbr.9	Teknik Hazop	50
Gbr.10	Kerangka analisis evaluasi dampak	61
Gbr.11	Interaksi masalah	62
Gbr.12	Analisis sistem penyimpanan amoniak	67
Gbr.13	Variabel operasional sistem penyimpanan amoniak	68

DAFTAR TABEL

- Tabel 1: Kasus Kecelakaan
- Tabel 2: Kualitas udara
- Tabel 3 : Kualitas air badan penerima
- Tabel 4 : Batasan konsentrasi amoniak
- Tabel 5 : Data paparan amoniak di area compressor Ammonia
- Tabel 6 : storage
Data hasil perhitungan paparan amoniak
- Tabel 7 : Data frekuensi paparan amoniak
- Tabel 8 : Out put T test paparan amoniak

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Lamp Nomor
• Gambar proses amoniak dan urea	1
• Gambar ammonia strpaga and interconnection Line	2
• Gambar distribusi amoniak	3
• Hazop ammonia storage	4
• Peenanggulangan kecelakaan industri	5

BAB I PENDAHULUAN

I.1. LATAR BELAKANG

Perkembangan industri pada beberapa dekade akhir ini telah membawa perubahan besar dalam skala nasional maupun global. Disamping ada perubahan positif yang berupa kemajuan, juga membawa akibat negatif yaitu terjadinya degradasi lingkungan, kecelakaan besar, dan korban meninggal dunia.

Masih segar dalam ingatan kita pada awal tahun 2004 ini terjadi kecelakaan besar dengan meledaknya tanki penyimpanan bahan kimia (bahan campuran pembuatan plastik) di PT Petrowidada Gresik Jawa Timur, yang menyebabkan beberapa orang meninggal dan luka parah. Kejadian tersebut merupakan pelajaran bagi kita untuk tidak mengulang dengan kasus yang serupa.

Karena amoniak adalah bahan berbahaya dan beracun, maka pengelolaannya harus ditangani secara khusus dan termonitor. Pengelolaan tersebut meliputi kegiatan produksi, pemanfaatan dan penyimpanan. Biasanya pengelola industri cenderung menaruh perhatian lebih pada proses produksi dan pemanfaatan produk, karena kegiatan tersebut terkait erat dengan laju produksi. Padahal penyimpanan produk juga penting untuk mendapat perhatian serius karena jika tidak dikelola dengan baik juga akan berbahaya bagi manusia dan berdampak negatif terhadap lingkungan hidup.

Ammonia Storage Tank (tangki penyimpanan amoniak) adalah alat yang berfungsi untuk menampung produk amoniak cair dari pabrik amoniak, dimana amoniak selain sebagai bahan baku pembuatan pupuk urea juga dipasarkan langsung melalui kapal tangki ke luar negeri dan dalam negeri.

Penyimpanan amoniak tersebut dipertahankan dalam bentuk cair, dengan menggunakan *sistem refrigerasi*, yaitu dengan menghisap uap amoniak yang terjadi, menekan dan mengkondensasikan kembali agar menjadi amoniak cair. Dari beberapa kejadian yang ada di industri petrokimia menunjukkan seringnya terjadi kasus kecelakaan yang ditimbulkan oleh operasional tanki penyimpanan bahan-bahan petrokimia termasuk tanki penyimpanan amoniak. Kejadian tersebut disamping membahayakan bagi manusia juga menimbulkan dampak pencemaran ke lingkungan. Kasus kecelakaan yang ditimbulkan oleh pengoperasian tangki dapat ditunjukkan oleh fakta berikut :

Tabel 1: : Kasus kecelakaan yang diakibatkan oleh pengoperasian tanki penyimpanan bahan kimia

Tanggal	Lokasi	Kerugian	Keterangan
21-9-91	Melborn Australia	USD 11.4 M	Explosion in a 72 gal acrylonitrile tank
25-11-90	Denver, USA	USD 31.5 M	Fuel Pump Leak escalating to tank fire
25-12-85	Napoli, Italy	USD 47.0 M	Fire start from tank overflow
30-08-83	Milford Haven, UK	USD 17.3 M	Carbon particles from flare landing on open top floating roof tank.
20-08-81	Shuaiba, Kuwait	USD 1124 M	Fire start from pump manifold, involving 160.000 bbls tank

Disamping kejadian-kejadian tersebut di atas juga terjadi beberapa kecelakaan di Indonesia, antara lain meledaknya tanki penyimpanan amoniak di PT Petro Kimia Gresik pada tahun 2001 yang menimbulkan pencemaran yang serius di lokasi sekitar pabrik, bahkan hingga ke lokasi pemukiman penduduk sekitar, sehingga sempat menghebohkan pemberitaan nasional kala itu.

Dan yang tak boleh kita lupakan juga pernah terjadi kecelakaan terjadinya paparan amoniak di PT KPI Bontang Kalimantan Timur pada tahun 2002 pada, saat ada pekerjaan di Loading Arm yang menuju kapal, sampai menimbulkan kecelakaan yang parah sehingga ada satu orang meninggal dan beberapa orang luka parah.

Dari-data tersebut mendorong perlunya untuk menganalisa lebih jauh pengoperasian sistem penyimpanan bahan-bahan petrokimia, khususnya amoniak, dimana tanki penyimpanan bahan petrokimia tersebut potensial menimbulkan dampak lingkungan.

Dari pengalaman operasional di lapangan, karena sistem penyimpanan produk kurang mendapat perhatian dari pengelola industri, yang biasanya cenderung memperhatikan *front end* dari proses operasi, karena terkait dengan laju produksi, sedangkan tanki penyimpanan produk (*back end*) tidak secara

langsung mempengaruhi laju produksi , kecuali pengiriman produk terganggu dan tanki penuh.

Apabila tanki penyimpanan (*ammonia storage*) sampai penuh, maka hal ini secara potensial dapat menyebabkan hambatan operasional sistem penyimpanan amoniak, sehingga dapat menimbulkan kebocoran amoniak (baik cairan maupun uap), bahkan lebih jauh lagi bisa menyebabkan peledakan.

Demikian juga bila terjadi gangguan-gangguan di pabrik amoniak, pabrik utilitas, dan pabrik urea maka akan secara signifikan mempengaruhi operasional sistem penyimpanan amoniak tersebut.

Kasus-kasus diatas diharapkan tidak terjadi didunia industri khususnya PT Pupuk Kaltim, untuk itu *diperlukan penelitian dari segi operasional yang terkait dengan tangki penyimpanan amoniak*. Berangkat dari pentingnya penelitian tersebut kami menyusun tesis yang kami beri judul **IDENTIFIKASI DAN EVALUASI SISTEM PENYIMPANAN AMONIAK DALAM UPAYA PENCECAHAN PENCEMARAN LINGKUNGAN (Studi Kasus di PT Pupuk Kaltim)**.

I.2. IDENTIFIKASI DAN PERUMUSAN MASALAH

Dalam kondisi normal pengoperasian sistem penyimpanan amoniak tidak akan mengeluarkan limbah atau dampak ke lingkungan. Namun apabila terjadi kesalahan / penyimpangan dalam pengoperasian atau kesalahan dalam pengelolaan, maka kemungkinan akan timbul limbah yang melebihi ambang batas. Bentuk cemaran ini bisa berupa paparan uap amoniak ke udara atau tumpahan amoniak cair ke lingkungan.

Berdasarkan pemikiran diatas timbul permasalahan yang harus ditangani dalam penelitian ini yaitu :

- Pengelolaan dan pemantauan atas pengoperasian sistem penyimpanan amoniak serta peralatan pendukungnya apakah sudah benar atau belum.
- Dampak yang mungkin timbul jika upaya minimasi dampak lingkungan tidak dilakukan secara benar

I.3. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian tesis ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi masalah yang memungkinkan terjadi bahaya / dampak lingkungan pada pengoperasian sistem penyimpanan amoniak
2. Mengevaluasi operasional sistem penyimpanan amoniak di PT. Pupuk Kaltim.

I.4. KEGUNAAN PENELITIAN

Manfaat dari penelitian tesis ini antara lain :

1. Dengan pengelolaan, pemantauan dan pengoperasian sistem penyimpanan amoniak secara benar, maka lingkungan di dalam pabrik maupun lingkungan sekitar akan terhindar dari pencemaran uap amoniak maupun cairan amoniak.
2. Memberi manfaat bagi pengembangan ilmu dan teknologi pengoperasian sistem penyimpanan amoniak serta pengelolaan dan pemantauannya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Sub pokok bahasan yang dibahas dalam bab tinjauan pustaka ini meliputi hal berikut :

1. Identifikasi dan Evaluasi
2. Konsep Dasar Penyimpanan Amoniak Cair
3. Sistem Refrgerasi
4. Uraian Proses *Ammonia Storage* (Sistem Penyimpanan Amoniak)
5. Peralatan Pelengkap di *Ammonia Storage* PT Pupuk Kaltim

II.1. IDENTIFIKASI DAN EVALUASI

Sumanto Imam Khazani dalam bukunya *Fundamental Chemical Safety and Major Hazard Control* (Dasar-dasar Keselamatan kerja bidang Kimia dan Pengendalian Bahaya Besar) menyatakan bahwa, klasifikasi atau penggolongan bahan-bahan berbahaya diperlukan untuk memudahkan pengenalan serta cara penanganan dan transportasi. Secara umum bahan-bahan kimia berbahaya dan beracun diklasifikasikan menjadi beberapa golongan diantaranya:

1. Bahan Kimia Beracun (*Toxic*)

Adalah bahan kimia yang dapat menyebabkan bahaya terhadap kesehatan manusia atau menyebabkan kematian apabila terserap kedalam tubuh karena tertelan, lewat pernafasan atau kontak lewat kulit.

2. Bahan Kimia Korosif (*Corrosive*)

Adalah bahan kimia yang karena reaksi kimia dapat mengakibatkan kerusakan apabila kontak dengan jaringan tubuh atau kontak dengan bahan lain.

3. Bahan Mudah Terbakar (*Flamable Substance*)

Yakni bahan kimia yang mudah bereaksi dengan oksigen dan menimbulkan kebakaran. Reaksi kebakaran amat cepat juga dapat menghasilkan ledakan.

4. Bahan Mudah Meledak (*Explosives*)

Yaitu suatu zat padat, cair atau campuran keduanya yang karena suatu reaksi kimia dapat menghasilkan gas dalam jumlah dan tekanan yang besar serta suhu yang tinggi, sehingga menimbulkan kerusakan di sekelilingnya.

Kita ketahui amoniak memenuhi empat kriteria bahan berbahaya dan beracun sebagaimana yang disebutkan diatas, untuk itu penyimpanannya harus ditangani secara hati-hati agar tidak menimbulkan masalah bagi lingkungan dan manusia.

Identifikasi masalah operasional sistem penyimpanan amoniak meliputi beberapa aspek berikut :

- Aspek Teknis
- Aspek Perilaku
- Aspek Administrasi
- Aspek Regulasi

Pendekatan terhadap berbagai aspek tersebut dilakukan penyimpanan karena didalam melakukan pengelolaan sistem penyimpanan amoniak selalu terjadi interaksi antara manusia (*man*) dan peralatan (*equipment*). Dimana manusia terkait erat dengan aspek perilaku, aspek administrasi, dan aspek regulasi. Sedangkan peralatan terkait erat dengan aspek teknis.

Selanjutnya dari identifikasi beberapa aspek tersebut dilakukan evaluasi apa yang sudah dilakukan dan apa yang seharusnya dilakukan yaitu dengan meninjau hal hal yang terkait dengan masalah tersebut yaitu :

- Aspek Teknis meliputi
 - Tehnical spesification
 - P & ID
 - Operating Manual
 - MSDS
 - SOP
- Aspek Perilaku meliputi
 - Pemakaian alat-alat keselamatan kerja
 - Law Enforcement
 - Sosialisasi
- Aspek Administrasi meliputi
 - ISO
 - SMK3
 - Penggiliran kerja (*shift*)
 - Hazop
- Aspek Regulasi meliputi
 - Undang undang
 - Peraturan Pemerintah
 - Keputusan Menteri

Bila beberapa aspek tersebut diatas bila ditangani dengan baik, maka pencegahan pencemaran terhadap lingkungan dapat dilakukan dengan hasil yang baik pula.

II.2. KONSEP DASAR PENYIMPANAN AMONIAK CAIR

Amoniak adalah bahan yang *sangat volatil* (mudah menguap) dengan titik didih normal $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$. Agar amoniak tetap dalam kondisi cair saat penyimpanan, dapat dilakukan *pada tekanan tinggi dengan temperatur ambien* atau *pada temperatur rendah dengan tekanan mendekati atmosferik*. Untuk efisiensi ketebalan dinding tangki penyimpanan amoniak, di PT Pupuk Kaltim menggunakan sistem yang kedua, yaitu disimpan pada tekanan mendekati atmosferik pada temperatur $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Selama amoniak cair disimpan dalam tangki diusahakan pada titik kesetimbangannya, panas yang masuk diatas kesetimbangannya, akan digunakan untuk penguapan sejumlah amoniak (*evaporasi*).

Uap yang terbentuk dalam tangki ditekan dan diembunkan secara kontinyu pada kecepatan tertentu, sehingga kenaikan tekanan dapat dicegah. Pencairan kembali uap amoniak yang terbentuk tersebut dilakukan dengan menggunakan *sistem refrigerasi*.

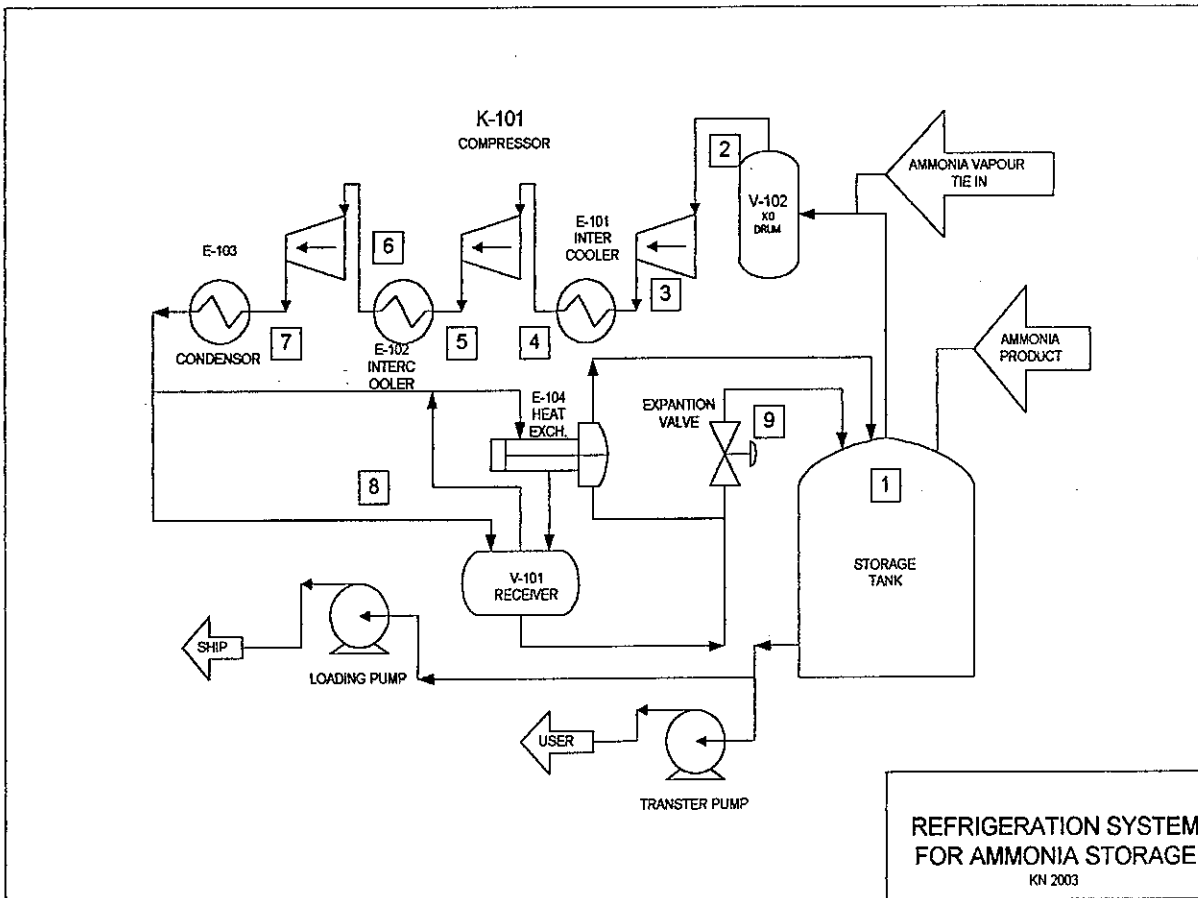
II.3. SISTIM REFRIGERASI

Tujuan dari suatu refrigerasi adalah mengambil sebanyak mungkin panas dari zat yang akan didinginkan dengan melakukan kerja sekecil mungkin. Fluida kerjanya disebut refrigerant, misalnya NH_3 , Freon, Etilen, Aseton, Udara, dan lain-lain

Dalam industri, refrigerasi dipakai untuk mendinginkan ruangan, pada proses pemisahan O_2 dan N_2 dari udara. Dan pada pemakaian sehari-hari digunakan untuk mendinginkan buah-buahan atau makanan didalam mesin pendingin (*refrigerator*).

Proses refrigerasi didasarkan pada dua prinsip pokok yang dikenal dengan hukum termodinamika I dan II. Hukum pertama menyatakan bahwa *energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan, tetapi hanya dapat berubah menjadi bentuk lain*. Energi tidak dapat muncul dalam suatu bentuk tanpa pengurangan energi bentuk lain. Hukum kedua menyatakan bahwa *tidak ada sistem yang mampu menerima panas pada temperatur tertentu dan melepaskannya pada temperatur yang lebih tinggi tanpa menerima kerja dari lingkungannya*. Panas akan selalu berpindah dari sistem yang lebih tinggi temperaturnya ke sistem yang lebih rendah temperaturnya.

II.4. URAIAN PROSES AMMONIA STORAGE (SISTEM PENYIMPAN AMONIAK)



Gambar 1: Sistem refrigerasi pada unit penyimpanan amoniak

Sistem refrigerasi di unit *ammonia storage* PT. Pupuk Kaltim memiliki empat buah kompresor, yang cara kerjanya dapat dijelaskan sbb :

Pada dasarnya siklus sistem refrigerasi ammonia storage adalah sama dengan siklus refrigerasi pada umumnya. Perbedaan yang utama adalah alat yang berfungsi sebagai *evaporator*, yaitu *tanki penyimpanan ammonia*.

Berikut adalah penyederhanaan proses yang dibuat untuk memudahkan proses analisa siklus refrigerasi ammonia storage T-101. Dalam gambar tersebut terlihat sebagai siklus refrigerasi tertutup dengan kompresor 3 (tiga) *stage*, *intercooler* diantara *stage* kompresor tersebut (E-101, E-102) serta *condensor* E-103.

Heat exchanger E-104 digunakan untuk membantu proses kondensasi dari kondensor E-103 jika tidak semua uap dapat terkondensasikan. Sedangkan V-101 (*Receiver*) berfungsi untuk menampung hasil kondensasi.

Sistem refriigerasi di ammonia storage dimaksudkan untuk menjaga tekanan dan temperatur di storage ammonia. Metode yang digunakan adalah *mechanical refrigeration*, yaitu refriigerasi dengan cara kombinasi kompresi dan penurunan temperatur.

Vapour (uap) dari *ammonia storage tank* yang terjadi karena adanya rambatan panas yang masuk ke dalam tangki dan cairan ammonia yang terlepas (*reflash*) menjadi uap ammonia di hisap masuk ke dalam suction kompresor 22-K-101 stage pertama dan dimampatkan, kemudian diturunkan temperaturnya pada intercooler pertama dan dikompresi lagi pada kompresor yang sama stage kedua, diturunkan lagi temperaturnya dan dikompresi lagi pada stage ke tiga hingga tekanannya mencapai $18.9 \text{ Kg/cm}^2 \text{ A}$ dengan temperatur 119°C

Vapor dengan tekanan tinggi dari discharge stage ketiga tersebut dikondensasi dengan melewati Ammonia Condenser 22-E-103 menjadi liquid bertekanan tinggi. Liquid tersebut kemudian ditampung dalam *Ammonia Receiver* 22-V-101 pada kondisi temperatur 45°C . Dari ammonia Receiver, liquid bertekanan tinggi tersebut diturunkan tekanannya secara tiba-tiba dengan *expantion valve* 22-LV-401, menjadi liquid bertekanan rendah yang selanjutnya dikembalikan ke ammonia storage.

No.1 $T = -33^\circ\text{C}$ dan $P = 1.09 \text{ Kg/cm}^2\text{A}$

Adalah kondisi saturated vapor (uap jenuh ammonia) dalam tangki penyimpan T-101

No.2 $T = 2^\circ\text{C}$ dan $P = 1.09 \text{ Kg/cm}^2\text{A}$

Adalah kondisi pada suction tingkat pertama kompresor K-101 dan temperatur uap ammonia naik menjadi 2°C yang disebabkan perambatan panas secara natural convection

No.3 $T = 81^\circ\text{C}$ dan $P = 3.15 \text{ Kg/cm}^2\text{A}$

Adalah kondisi discharge kompresor tingkat pertama yang mengalami kompresi sampai $3.15 \text{ kg/cm}^2\text{A}$

No.4 $T = 45^\circ\text{C}$ dan $P = 2.95 \text{ Kg/cm}^2\text{A}$

Kondisi dimana uap ammonia dari discharge kompresor tingkat pertama telah mengalami pendinginan dalam intercooler E-101 menjadi 45°C dan merupakan kondisi operasi suction kompresor tingkat kedua

No.5 $T = 134^\circ\text{C}$ dan $P = 8.81 \text{ Kg/cm}^2\text{A}$

Kondisi discharge kompresor tingkat kedua, dan uap telah dimampatkan sampai 8.81 Kg/cm²A

No.6 T = 45°C dan P = 8.41 Kg/cm²A

Kondisi suction suction kompresor tingkat ketiga , setelah uap didinginkan menjadi 45°C melalui intercooler E-102

No.7 T = 119°C dan P = 18.9 Kg/cm²A

Kondisi discharge tingkat ketiga setelah uap ammonia dimampatkan menjadi 18.9 K/A

No.8 T = 45°C dan P = 18.0 Kg/cm²A

Kondisi total uap ammonia yang menjadi liquid didalam ammonia receiver V-101 setelah mengalami mengembunan di ammonia condenser E-103 dan Heat Exchanger E-104

No.9 T = -33°C dan P = 1.09 Kg/cm²A

Liquid ammonia pada tekanan 18 K/A dan temperatur 45°C (kondisi no. 8) di ekspansikan melalui throttling valve sehingga tekanannya turun menjadi 1.09 K/A , yang juga menurunkan temperatur sampai -33 °C, untuk kemudian kembali kedalam tangki T-101

II.5. PERALATAN PELENGKAP DI AMMONIA STORAGE PKT

Peralatan pelengkap di Unit Ammonia Storage PT Pupuk Kaltim terdiri dari :

- a. Empat buah kompresor refrigerasi meliputi : G – 3001 ,G-3002,K-101 A dan K-101 B.
- b. Enam buah pompa untuk pengapalan amoniak yaitu : G-3201, G-3202, G-3203, P-101 A, P-101 B, dan P-101 C.
- c. Dua buah pompa transfer amoniak, yang berfungsi untuk mengirim amoniak cair dari tangki penyimpanan amoniak ke pabrik urea bila unit sintesa loop di bagian amoniak tidak memproduksi, sedangkan pabrik urea dikehendaki untuk tetap beroperasi. Pompa tersebut yaitu G-3204 dan G-3205.
- d. Dua buah Loading Arm yaitu suatu alat yang berfungsi untuk menghubungkan sistem perpipaan di darat dengan perpipaan di kapal agar amoniak cair dapat dialirkan ke kapal.

e. Satu buah Incinerator untuk membakar uap amoniak yang terbentuk bila terjadi kasus emergency misalnya power failure.

Salah satu tanki penyimpanan amoniak yang pertama kali dibangun adalah F-3001 (*Single wall*) dengan kapasitas terpasang 26.000 ton, dibangun pada tahun 1979 dan dioperasikan sejak tahun 1980. Kondisi operasinya pada tekanan 600-900 mmWG dan temperatur $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tanki kedua yaitu T-101 (*single wall*) ayang dibangun pada tahun 1986, dan dioperasikan sejak tahun 1988, juga beroperasi pada tekanan 600-800 mmWg dan temeperatur $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan kapasitas terpasang 26.000 ton.

Kedua tanki tersebut berdiameter ID 38,51 meter, berdiri diatas *slab concrete (pile cap)* dengan tebal 1,2 meter yang terletak pada ketinggian 1 meter dari muka tanah existing tanki. Beton *pile cap* tersebut didukung oleh tiang pancang pipa baja (*steel pipe pile*) berdiameter OD 762 mm sejumlah 301 buah. Kedalaman rata-rata tiang pancang 48 meter.

Di keliling masing-masing tanki dilengkapi dengan *concrete dyke yang* mampu menampung sekitar 30.000 ton amoniak cair untuk masing-masing dyke.

Kedua tanki tersebut dilengkapi dengan sistem refrigerasi, dimana dengan sistem tersebut penyimpanan amoniak dapat dijaga pada temperatur $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ untuk mempertahankan dalam kondisi cair. Masing-masing tanki dilengkapi dengan sejumlah peralatan pengaman (*safety device*) untuk menghindari terjadinya kebocoran dan peledakan kedua tanki tersebut

Perlengkapan pengiriman ke kapal dilengkapi dengan dua buah *loading arm* dengan kapasitas masing-masing 600 ton/jam dengan 6 buah pompa loading dengan kapasitas masing-masing 300 ton/jam. Loading Arm tersebut lokasinya terpisah dengan tanki penyimpan amoniak yaitu di *Jetty Terminal* dimana masing-masing *loading arm* berdiameter 10" (dapat disambung dengan *spool flange*). Juga dilengkapi dengan line uap amoniak (*vapour line*) untuk persiapan *cooling down loading arm*.

BAB III

METODA PENELITIAN

III.1. RANCANGAN PENELITIAN

Metoda yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- *Deskriptif*, dimana pemecahan masalah penelitian dengan melukiskan / menjelaskan keadaan subyek penelitian.
- *Analisis sistem*, dimana akan dianalisis secara komprehensif pengoperasian sistem penyimpanan amoniak untuk memperjelas keterkaitan antar unsur-unsur yang diteliti. Metode yang digunakan dalam analisis sistem ini adalah dengan menggunakan " *Fault Tree Analysis*", yaitu suatu teknik untuk menganalisa suatu kejadian atau sistem , dimana kegagalan dapat mendorong kearah kejadian yang tidak diinginkan. Kesimpulan dapat dianalisa dengan menggunakan diagram, dimana diagram tersebut mengungkapkan informasi mengenai kegagalan sistem dan peralatan serta akibatnya.
- *Analisis Statistik*, untuk menganalisa paparan amoniak yang terjadi.

III.2. RUANG LINGKUP PENELITIAN / FOKUS PENELITIAN

Batasan masalah penelitian ini adalah unit sistem penyimpanan amoniak meliputi hal berikut : penerimaan, pengiriman (*transfer*), pencairan dan loading ke kapal. Dimana untuk penelitian ini perlu diidentifikasi terhadap peralatan utama sistem penyimpanan amoniak yang meliputi :

- Tanki penyimpanan amonia cair (*ammonia storage*)
- Kompresor refrugerasi amoniak (*Refrigerant Compressor*)
- Pompa pengapalan amoniak
- Loading Arm
- Pompa transfer amoniak

Pada penelitian akan dilakukan analisa bahaya dan analisa resiko, merupakan identifikasi faktor-faktor yang dapat menimbulkan dampak terhadap lingkungan pada saat operasional pada Unit *Ammonia Storage*, baik pada saat *start up, shut down, normal operasi*, maupun dalam kondisi *emergency*.

Identifikasi ini dilakukan terhadap komponen komponen peralatan (*equipment*) maupun sistem penyimpanan secara keseluruhan (*system*)

III.3. LOKASI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di,

Perusahaan : PT. Pupuk Kaltim, Bontang Kalimantan Timur, TBK

Unit : Ammonia Storage Departemen Operasi Kaltim I

Lokasi : Bontang-Kaltim

Penelitian ini dilakukan di PT Pupuk Kaltim, karena alasan kedekatan lokasi penelitian kemudahan dalam memperoleh data sehingga diharapkan menunjang keberhasilan penelitian.

III.4. VARIABEL PENELITIAN / FENOMENA YANG DIAMATI

Dilakukan analisa resiko dan bahaya meliputi analisa terhadap hal-hal yang dapat menyebabkan bahaya dan berdampak ke lingkungan, meliputi parameter-parameter tekanan, temperatur dan flow amoniak terhadap bahaya-bahaya peledakan, kebakaran dan keracunan. Serta analisa terhadap aspek perilaku pekerja terhadap operasional storage yang dapat menimbulkan dampak terhadap lingkungan.

Dengan analisa risiko kita dapat mengetahui kejadian dan akibatnya bila amoniak (baik cair maupun uap) mencemari lingkungan. Dampak lingkungan mungkin saja terjadi pada saat proses produksi, penyimpanan, distribusi atau penggunaan amoniak.

Dalam hal ini penelitian ditekankan pada unit ammonia storage, proses ini terkait erat dengan proses penyimpanan, transfer amoniak cair dan penanganan uap yang terbentuk.

III.5. TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Teknik pengumpulan data meliputi :

- *Teknik observasi*, dimana pengamatan dan penelitian suatu gejala dilakukan terhadap suatu obyek secara langsung.
- *Data sekunder*: mencatat dan menganalisa data sekunder yang telah ada untuk mengetahui konsentrasi paparan amoniak dan pola paparan tersebut.
- *Studi pustaka*, disamping secara observasi dilakukan juga kaji pustaka untuk memperkuat argumen penelitian.

III.6. TEKNIK ANALISIS DATA

Dalam pembahasan masalah lingkungan sering digunakan pendekatan sistem. Pendekatan sistem merupakan pendekatan yang menggunakan berbagai model atau sistem yang memberikan hasil yang optimal dalam suatu proses.

Diawali dengan identifikasi masalah, lalu masalah tersebut dirinci untuk menentukan unsur-unsur yang berperan. Selanjutnya disusun konsep hubungan antar unsur yang digambarkan dalam diagram sistem, yaitu bentuk yang menyatakan dinamika dan keterkaitan antar unsur-unsur tersebut.

Setelah diagram sistem itu dibuat, lalu diuji dalam analisa untuk mengetahui kesesuaian diagram sistem dengan masalah yang akan dipecahkan. Analisis sistem ini dapat menyediakan informasi yang dapat dipakai sebagai alat untuk pengambilan keputusan.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

IV.1. RONA LINGKUNGAN

IV.1.1. Iklim

Iklim mikro di Bontang dinyatakan sebagai berikut: Suhu udara berkisar antara 29.5 °C sampai 31 °C dan kelembaban udara berkisar antara 64 % hingga 75 %. Angin bergerak dari arah barat daya sampai tenggara dengan kecepatan 4,8 km/jam sampai 12 km/jam.

IV.1.2. Fisiografi

Sebagian Besar daerah Bontang adalah daerah perbukitan yang tidak terlalu tinggi. Lokasi pabrik terletak di tepi pantai, lokasi ini merupakan daerah dataran. Daerah dataran terutama terletak di sepanjang pantai berjarak 1km hingga 5 km dari tepi laut.

Penutup lokasi pabrik pada mulanya (sebelum dibangun) berupa hutan, dan saat ini di sekitar pabrik ditanami rumput, perdu, dan pada beberapa lokasi ditanami pohon tinggi sebagai peneduh. Serta pada sebagian lokasi yang lain ada sisa-sisa pohon bakau.

IV.1.3. Lingkungan Industri

Komplek Industri PT Pupuk Kaltim terdiri dari empat pabrik amoniak dan lima pabrik urea. Kapasitas total pabrik amoniak adalah 1.850.000 ton/tahun, sedangkan pabrik urea kapasitas totalnya adalah 2.980.000 ton/tahun. Bahan baku pabrik urea adalah karbondioksida dan amoniak. Kelebihan produk amoniak yang tidak digunakan sebagai bahan baku urea umumnya diekspor melalui kapal tanker, sebelum dikirim ke kapal amoniak tersebut disimpan dalam tanki penyimpanan amoniak (*ammonia storage*)

Unit Ammonia Storage di PT Pupuk Kaltim memiliki empat buah kompresor refrigerasi dan dua buah tanki penyimpanan amoniak cair, enam buah pompa loading ke kapal dan dua buah pompa transfer antar tanki dan ke unit lain. Disamping itu memiliki satu buah incinerator dan dua buah loading arm.

Komplek Industri PT Pupuk Kaltim berlokasi di Bontang Kalimantan Timur, dimana di kompleks industri tersebut terdapat sejumlah industri yang lain yang terletak dalam satu kawasan, antara lain, Pabrik Melamin, Pabrik Methanol, Pabrik Amonium Bikarbonat, Pabrik Soda Ash, Pabrik Hexamin dan Pabrik Amoniak lainnya yaitu PT KPA dan PT KPI.

IV.1.4. Kualitas Udara di sekitar PT Pupuk Kaltim

Tabel 2: Kualitas Udara

Parameter	Satuan	Dalam Ruangan	Di luar (Up Wind)	Di luar (down wind)	Baku Mutu dlm ruangan #)	Baku mutu di luar *)
1. CO	ppm	Nil	Nil	1	-	20
1. SO ₂	ppm	5,0	4	4	5,2	0,1
2. NO _X	ppm	nil	nil	nil	5,6	0,005
3. NH ₃	ppm	nil	5	1	17	2
4. Debu	mg/m ³	njl	0,03	0,03	26	160
5. Kebisingan	dBA	80-85	87	87	85	60

Sumber: Hasil Analisa Laboratorium, Unit Usaha Laboratorium PT Pupuk Kaltim 2000

Keterangan: *) SK Gubernur Kalimantan Timur No.339 tahun 1988

#) SE MENEKER NO.91 th 1997 & Kep.Men. Naker No.51 th 1999

Dari tabel 2 diatas ternyata rona awal kualitas udara di luar ruangan (*up wind*) konsentrasi amoniaknya adalah 5 ppm sedangkan baku mutu menurut SK Gubernur Kalimantan Timur No.339 adalah sebesar 2 ppm, artinya sudah melampai baku mutunya.

IV.1.5. Kualitas Air Badan Penerima di sekitar Pupuk kaltim

Tabel 3: Kualitas air badan penerima

Parameter	Badan Air antara outfall dan Popka sampai rambu	Pasang Surut di Geen Belt	Peruntukan Badan Penerima	Baku Mutu Lingkungan
1. PH	8,09	7,36	Pertam	6-9
2. BOD	1,11 mg/l	0,3 mg/l	Indutri	=<20
3. COD	32,23 mg/l	11,38 mg/l	Indutri	=<40
4. Amoniak	0,83 mg/l	1,26 mg/l		-
5. Zat Padat Tersuspensi	1,83 mg/l	12,03 mg/l		=<2,00
6. Kromium (Cr ⁶⁺)	nil	nil		=<0,01
7. Tembaga (Cu)	nil	<2,00 mg/l		=<1
8. Minyak dan Lemak	<2,00 mg/l	nil		nil
9. Nikel (Ni)	nil	nil		=<0,1
10. Zinc (Zn)	nil	nil		=<15

Sumber : Hasil Analisa Laboratorium PT Pupuk Kaltim 2000

Keterangan : *)SK Gubernur Kalimantan Timur No339 tahun 1988

Dari tabel 3 kualitas air badan penerima antara outfall sampai rambu kadar amoniaknya mencapai 0,83 mg/l dan di daerah pasang surut green belt konsentrasi amoniaknya 1,26 mg/l.

IV.2. HASIL PENELITIAN / IDENTIFIKASI

Dari identifikasi yang dilakukan menunjukkan sistem penyimpanan amoniak (*ammonia storage unit*) sangat potensial menimbulkan dampak yang berbahaya baik bagi manusia maupun lingkungan sekitar. Penelitian / identifikasi

ini dimaksudkan untuk mengetahui sebab-sebab amoniak baik uap maupun cair sehingga dapat terpapar ke lingkungan. Salah satu penyebabnya adalah karena kegagalan peralatan pada sistem penyimpanan amoniak.

Oleh karena itu parameter-parameter berikut harus diperhatikan :

1. Batasan konsentrasi amoniak di atmosfer
2. Kemungkinan terjadinya kegagalan dalam sistem penyimpanan amoniak
3. Akibat dari paparan amoniak
4. Survai terhadap keselamatan kerja di unit sistem penyimpanan amoniak
5. Metode yang dipilih PT Pupuk Kaltim untuk memenuhi *Safety requirement*.

IV.2.1. Batasan konsentrasi amoniak di atmosfer

Penting sekali diketahui efek dari paparan amoniak terhadap manusia, yang meliputi konsentrasi dan periode paparan. Respon secara fisiologis atas konsentrasi amoniak di udara ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 4: Batasan konsentrasi amoniak di atmosfer

Konsentrasi Uap	Akibat yang ditimbulkan	Lamanya Paparan
20-25 ppm	Mulai menampakkan pengaruhnya pada udara terbuka	Terpapar secara periodik tanpa menimbulkan pengaruh yang serius
35 ppm	Iritasi ringan pada mata	Terpapar pada jangka waktu yang pendek, 15 menit atau kurang
100 ppm	Iritasi yang berarti pada mata dan rongga hidung	Tidak diijinkan terpapar
400-700 ppm	Iritasi pada hidung dan tenggorokan , iritasi pada mata yang dapat menimbulkan luka	Tidak diijinkan terpapar, terpapar dalam jangka waktu yang lama dapat mengakibatkan goresan pada jaringan mata dan kerusakan pada jaringan selaput lendir dari paru-paru
2000-3000 ppm (0.2-03.%)	Batuk yang serius, iritasi yang sangat serius pada mata, hidung dan tenggorokan, kulit terbakar dan melepuh	Tidak diijinkan terpapar , terpapar pada waktu yang pendekpun dapat berakibat fatal
5000-10.000 ppm (0.5-1.0 %)	Kekejangan pada peralatan pernafasan, sesak pada dada dengan cepat	Tidak diijinkan terpapar . Terpapar sekilas saja tidak diijinkan.

Konsentrasi maksimum untuk amoniak di udara dinyatakan dengan MAC (*Maximum Allowable Concentration*). Harga ini berkisar antara 25 ppm hingga 100 ppm, tiap negara menentukan nilai yang berbeda.

Beberapa ahli menghitung batasan konsentrasi amoniak ini, berbahaya atau tidaknya amoniak di udara dinyatakan oleh batasan berikut :

- Konsentrasi hingga 1500 ppm merupakan konsentrasi tertinggi yang dianggap tidak berakibat fatal, artinya dampaknya masih dapat ditanggulangi (*reversible side effect*)
- Konsentrasi amoniak 5000 ppm di lingkungan dianggap sangat fatal/berbahaya.

IV.2.2. Analisa Probabilitas pada Sistem Penyimpanan Amoniak

Fault Tree Analysis adalah suatu teknik yang dapat diandalkan, dimana kegagalan yang dapat mendorong kearah suatu kejadian yang tidak diinginkan, diatur dengan cara menarik kesimpulan dan disajikan dengan gambar. Gambar tersebut merupakan diagram satu arah yang menghubungkan informasi yang dikembangkan dalam analisa cara kegagalan dan akibatnya (*failure mode and effect analysis*).

Manfaat dari *Fault Tree Analysis* ini ialah :

1. Mengarahkan analisa guna menyelidiki dengan seksama kegagalan-kegagalan,
2. Mununjukkan aspek dari sistem yang penting bagi kegagalan yang diidentifikasi
3. Menyediakan bantuan grafis guna memberi gambaran pada mereka di dalam manajemen sistem yang bermanfaat bagi perubahan disain
4. Menyediakan pilihan yang terpercaya untuk analisa kualitatif maupun kuantitatif.
5. Menyediakan gambaran sifat sistem

Adapun simbol yang digunakan dalam *Fault Tree Analysis* adalah sebagai berikut:

- *Lingkaran*: Lingkaran mewakili suatu *kejadian kegagalan dasar* yang tidak memerlukan pemeriksaan lebih lanjut, karena kemungkinan kejadian semacam itu berasal dari data empiris atau analisa fisik satu kegagalan.
- *Belah Ketupat*: Belah ketupat mewakili *kejadian kesalahan* yang diduga mendasar dalam satu *fault tree*. Kejadian ini dapat dibagi lebih lanjut untuk menunjukkan bagaimana kejadian ini diakibatkan oleh kegagalan

dasar, tetapi tidak dikembangkan, baik karena kurangnya makna dalam kesalahan semacam itu atau karena kurangnya detail yang cukup untuk mengembangkannya.

- *Empat Persegi Panjang*: Empat persegi panjang mewakili *satu kejadian sebagai hasil kombinasi* dari berbagai macam kejadian.

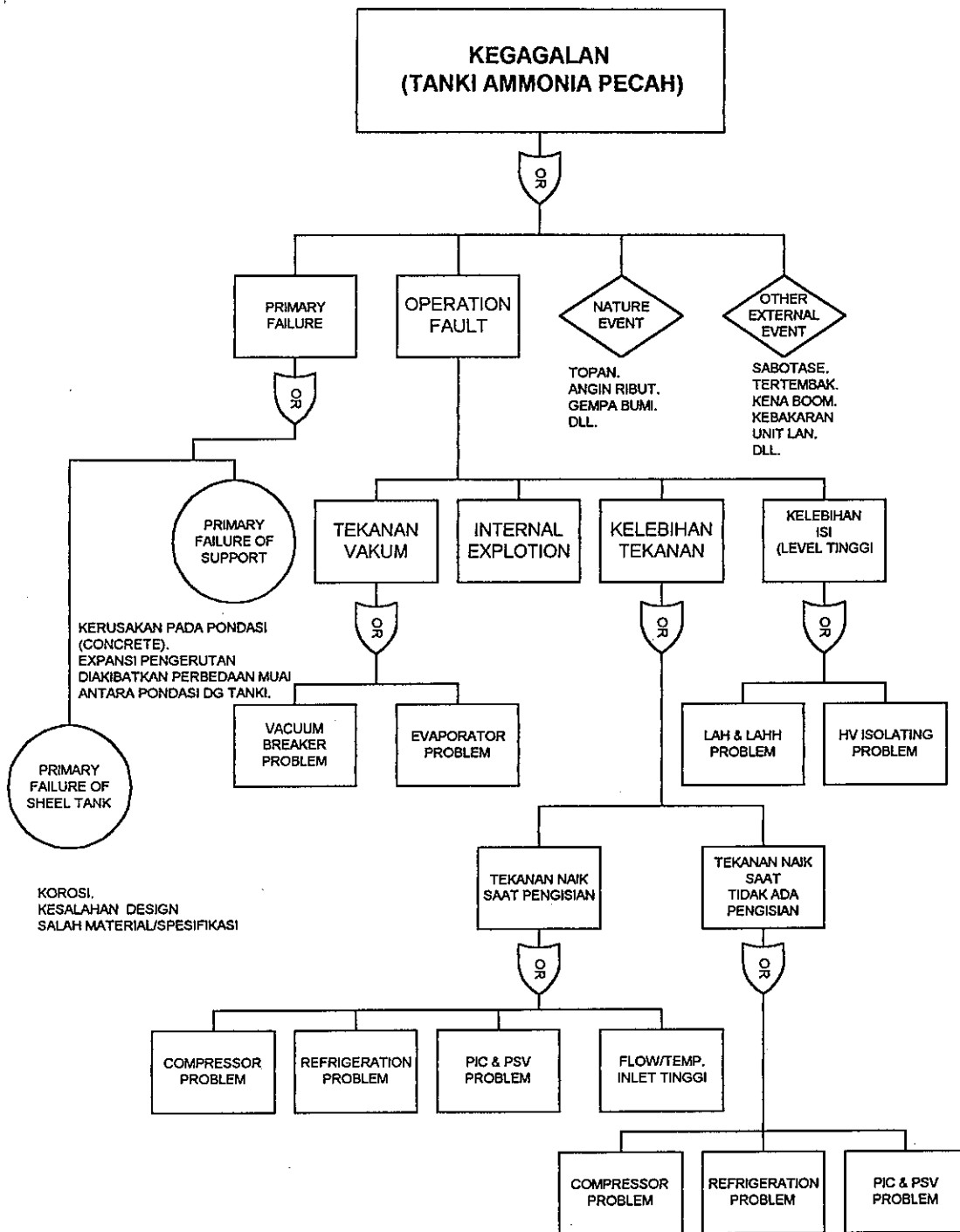
Berikut ini adalah analisa probabilitas kegagalan sistem penyimpanan amoniak. Kegagalan dari sistem penyimpanan amoniak secara besar/berarti (*major release*) dari tanki penyimpanan amoniak kemungkinan disebabkan oleh kegagalan dari empat kategori berikut :

1. Kegagalan utama (*primary failure*) dari system penyimpanan amoniak yang disebabkan oleh kerusakan material seperti kesalahan design, korosi dan sebagainya.
2. Kegagalan yang diakibatkan oleh factor-faktor yang terkait dengan *sistem operasional* tanki penyimpanan amoniak misalnya instrumentasi, sistem alarm, mode operasional dan sebagainya.
3. Kegagalan yang diakibatkan oleh bencana alam seperti topan/angin ribut dan gempa bumi (*natural events*).
4. Kegagalan yang diakibatkan oleh kejadian eksternal (*external events*) seperti terkena bom, tertabrak pesawat, kebakaran pada unit lain yang berdekatan dengan sistem penyimpanan amoniak.

Teknik *Fault Tree Analysis* digunakan untuk melakukan identifikasi, yang menggambarkan keterkaitan antara sebab dan akibat dari kejadian-kejadian yang menimbulkan kemungkinan kebocoran besar dari sistem penyimpanan amoniak (*major ammonia release*).

Fault Tree Analysis adalah merupakan salah satu metode yang baik jika digunakan untuk menganalisa kegagalan operasional suatu sistem.

Gambar berikut menunjukkan teknik identifikasi terjadinya kebocoran besar/peledakan tanki penyimpan amoniak tersebut :



Gambar 2: Fault tree diagram kebocoran besar (peledakan)

Data probabilitas yang terjadi pada kejadian-kejadian khusus pada unit sistem penyimpanan pabrik amoniak pada pabrik lain telah dikumpulkan oleh beberapa ahli, dan berdasarkan informasi data-data tersebut kemungkinan tiap-tiap kejadian dapat dihitung.

Probabilitas dari kejadian bahaya eksternal (*external hazard*) seperti sabotase dan kebakaran instalasi yang berdekatan dengan sistem penyimpanan

amoniak (unit lain) tidak dapat diperkirakan, oleh karena itu tidak dimasukkan dalam analisis probabilitas.

Probabilitas dari tiap kejadian kegagalan di *Ammonia Storage* dengan pengamanan standard menurut *Falah Al Abdulally, Saad Al Shuwaib dan B. L. Gupta* dari *Petrochemical Industries Co., Feltizer Division, Ahmadi - Kuwait* adalah sebagai berikut :

- Probabilitas dari *primary failure of tank* : 1.0×10^{-7} per tahun
- Probabilitas dari *nature events* : 1.0×10^{-8} per tahun
- Probabilitas dari *operation faults* : 5.0×10^{-10} per tahun
- *Overall Probability* dinyatakan : 1.1×10^{-7} per tahun

Probabilitas karena kesalahan operasional (*operational faults*) meliputi: Kelebihan tekanan tanki, kerusakan tanki karena tekanan *vacuum* (dibawah tekanan atmosfer yang menyebabkan tanki *kempot*), *internal explosion* dan kelebihan isi (level terlalu tinggi).

Probabilitas karena kesalahan operasional ini memang demikian rendah yaitu hanya sekitar 5.0×10^{-10} per tahun, namun karena akibat yang ditimbulkan begitu berbahaya bila hal yang tidak kita inginkan tersebut terjadi, maka kehati-hatian kita dalam menangani masalah ini *adalah suatu keharusan*. Probabilitas kejadian failure karena kesalahan operasional yang demikian rendah disebabkan oleh terpenuhinya sistem pengamanan, alarm sistem, instrumentasi yang memenuhi standar keselamatan yang dipasang sebagai pengamanan tanki.

Bagi pabrik yang sudah bertahun-tahun beroperasi seperti di PT Pupuk Kaltim, kehandalan pengamanan tersebut harus selalu dievaluasi dan dilakukan *preventive maintenace* secara berkala, mengingat semua peralatan ada batasan masa operasionalnya (*life time*).

Pengoperasian suatu sistem tentu ada risikonya. Besarnya suatu resiko merupakan fungsi dari probabilitas dan konsekuensi tertentu, yaitu yang ditunjukkan oleh rumus persamaan berikut :

$$R = f (p \cdot K)$$

Dimana R = risiko

P = probabilitas

K = konsekuensi

f = fungsi

Dalam pengoperasian sistem penyimpanan amoniak ini bila terjadi kegagalan dalam operasional menimbulkan faktor K (*konsekuensi*) yang sangat besar, yaitu berupa *ledakan* atau *kebocoran besar* yang berakibat terpaparnya uap amoniak dalam radius yang sangat luas, sehingga R (*risiko*) nya juga besar.

Berikut ini merupakan perkiraan paparan uap amoniak bila sewaktu waktu tanki penyimpanan amoniak meledak.

Perkiraan 1

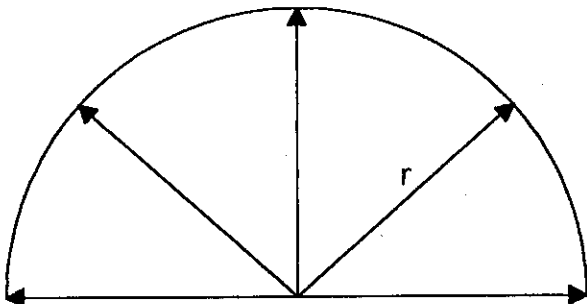
Perhitungan di bawah ini merupakan perkiraan radius sebaran amoniak bila salah satu tanki penyimpanan amoniak yang berisi 26.000 ton amoniak meledak. Dengan asumsi tidak ada angin, tidak ada halangan, serta sebaran bersifat homogen sehingga :

$$\begin{aligned} & \text{Jumlah amoniak dalam tanki} \\ &= (26.000.000 \text{ kg}) : (17 \text{ kg/kmol}) \\ &= 1.529.412 \text{ kmol} \\ &= (1.529.412 \text{ kmol}) \times (22.4 \text{ m}^3/\text{kmol}) \\ &= 3,4 \times 10^7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Bila konsentrasi paparan amoniak yang dianggap aman saat terjadi kondisi emergency adalah 25 ppm atau $(25 \times 10^{-6} \text{ m}^3/ \text{m}^3)$ dan dimisalkan volume campuran amoniak dan udara yang pada paparan akibat ledakan tanki tersebut adalah V maka :

$$\begin{aligned} (3,4 \times 10^7 \text{ m}^3) : (V \text{ m}^3) &= 25 \times 10^{-6} \text{ m}^3/ \text{m}^3 \\ \text{sehingga } V &= (3,4/25) \times (10^{13} \text{ m}^3) = 1,36 \times 10^{12} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jika paparan amoniak akibat ledakan tersebut dianggap berbentuk setengah bola sebagaimana gambar di bawah ini :



Gambar 3 : Ledakan tanki amoniak dengan asumsi paparan homogen.

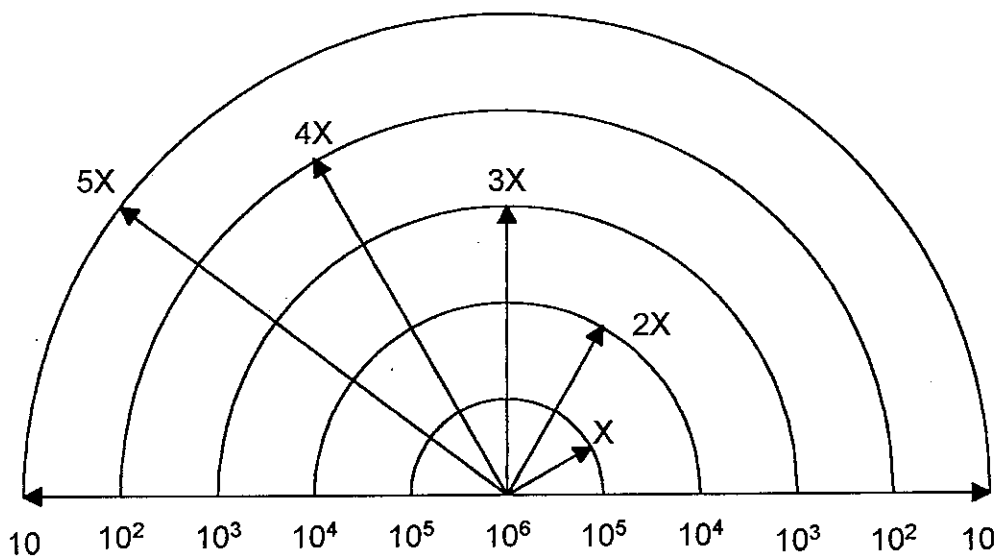
Maka berlaku persamaan ini :

$$\begin{aligned} 1/2 \times 4 / 3 \pi r^3 &= 1,36 \times 10^{12} \text{ m}^3 \\ r &= \sqrt[3]{(0,65 \times 10^{12} \text{ m}^3)} \\ r &= 8.662 \text{ m} \end{aligned}$$

sehingga jarak sebaran uap amoniak bila terjadi ledakan tanki penyimpanan amoniak adalah sejauh 8.662 m atau sekitar 8,7 km.

Perkiraan 2

Perhitungan di bawah ini merupakan perkiraan saat awal terjadinya ledakan salah satu tanki penyimpanan amoniak. Diasumsikan konsentrasi paparan amoniak turun secara eksponensial, dianggap tidak ada angin dan bebas dari halangan. Misalnya pada jarak sejauh X konsentrasi turun dari 100 % = 10^6 ppm menjadi 10^5 ppm, jarak 2X menjadi 10^4 ppm, jarak 3X menjadi 10^3 ppm, jarak 4X menjadi 10^2 ppm, jarak 5X menjadi 10 ppm. Ledakan diasumsikan berbentuk setengah bola sebagaimana gambar berikut :



Gambar 4 : Ledakan tanki penyimpanan amoniak disumsikan konsentrasi paparan turun secara eksponensial.

Dengan demikian konsentrasi antara titik pusat ledakan dengan titik pada radius sejauh X konsentrasi rata-ratanya adalah $(10^6 \text{ ppm} + 10^5 \text{ ppm}) : 2 = 5,5 \times 10^5 \text{ ppm}$, antara titik X dan 2X adalah $5,5 \times 10^4 \text{ ppm}$, antara titik 2X dan 3X adalah $5,5 \times 10^3 \text{ ppm}$, antara titik 3X dan 4X adalah $5,5 \times 10^2 \text{ ppm}$, antara titik 4X dan 5X adalah $5,5 \times 10 \text{ ppm}$.

Jumlah amoniak dalam tanki 26.000 ton adalah setara dengan $3,4 \times 10^7 \text{ m}^3$.

Jika volume paparan (campuran udara dan uap amoniak) adalah V , sedangkan diasumsikan konsentrasi pada radius terluar dari paparan tersebut adalah $10 \text{ ppm} = 10 \times 10^{-6} \text{ ppm}$, maka :

$$(3,4 \times 10^7 \text{ m}^3) : (V \text{ m}^3) = 10 \times 10^{-6} \text{ ppm}$$

$$V = 3,4 \times 10^{12} \text{ m}^3$$

Sehingga berlaku persamaan berikut :

$$4/6 \pi X^3 \times 5,5 \times 10^5 + 4/6 \pi \{(2X)^3 - X^3\} \times 5,5 \times 10^4 + 4/6 \pi \{(3X)^3 - (2X)^3\} \times 5,5 \times 10^3 + 4/6 \pi \{(4X)^3 - (3X)^3\} \times 5,5 \times 10^2 + 4/6 \pi \{(5X)^3 - (4X)^3\} \times 5,5 \times 10 = 3,4 \times 10^{12} \text{ m}^3$$

$$4/6 \pi X^3 (9,6 \times 10^5) = 3,4 \times 10^{12} \text{ m}^3$$

$$X^3 = 1,7 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$X = \sqrt[3]{(1,7 \times 10^6 \text{ m}^3)} = 119,3 \text{ m}$$

Jadi jarak (radius) paparan amoniak dari pusat ledakan sehingga konsentrasi amoniak menjadi 10 ppm adalah $5 \times 119,3 \text{ m} = 596,3 \text{ m}$ atau sekitar $0,6 \text{ km}$.

Dari perhitungan-perhitungan diatas dapat diperkirakan fenomena paparan amoniak dan radius sebarannya. Saat mula-mula terjadi ledakan sebaran paparan amoniak diasumsikan turun secara eksponensial sebagaimana dijelaskan pada *perkiraan 2*, yaitu dengan konsentrasi 10 ppm pada radius terluar yaitu $0,6 \text{ km}$. Sedangkan dengan asumsi tidak ada angin beberapa saat kemudian seperti *perkiraan 1* konsentrasi akan menjadi 25 ppm pada pusat ledakan hingga radius $8,7 \text{ km}$ dalam kondisi homogen.

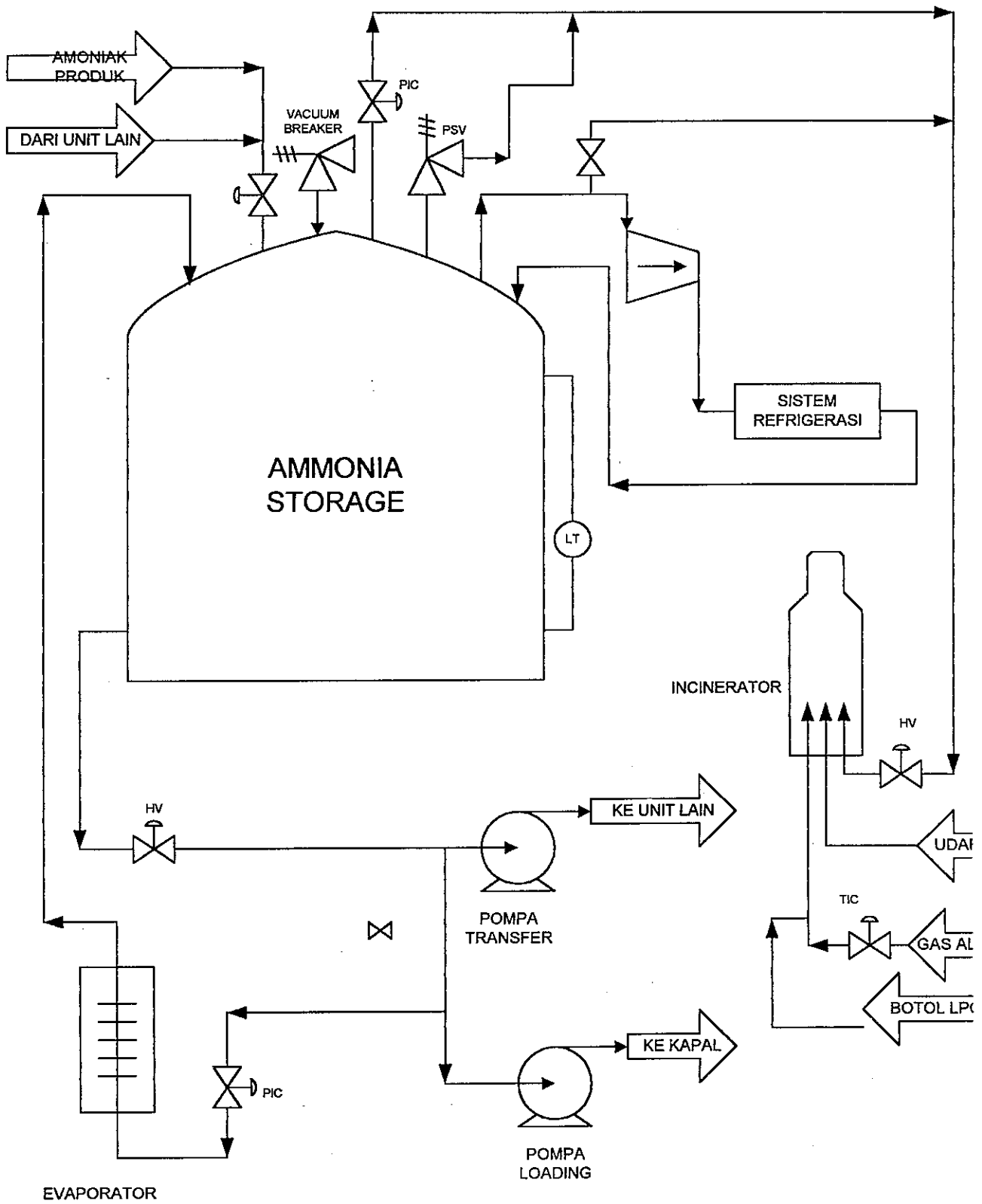
Sebagaimana perkiraan diatas risiko pengoperasian sistem penyimpanan adalah sangat besar oleh karena itu diperlukan sistem pengamanan khusus agar terhindar dari kegagalan operasional serta meminimasi risiko, bahkan menghilangkan risiko tersebut.

Perkiraan diatas tidaklah tepat benar, namun dapat digunakan sebagai *warning* bagi kita agar kita lebih waspada dan hati-hati dalam mengoperasikan unit penyimpanan amoniak ini.

Perlu dicatat bahwa perkiraan diatas didasarkan pada perhitungan peledakan satu tanki, bila dua tanki meledak tentu akibatnya lebih parah, apalagi bila diikuti oleh kegagalan operasional unit lainnya.

Oleh karena itu diperlukan sistem pengaman yang handal untuk mengoperasikan unit sistem penyimpanan amoniak ini.

Adapun Sistem pengaman pada unit *ammonia storage* di PT Pupuk Kaltim digambarkan sebagai berikut :



**PENGAMAN SISTEM PENYIMPAMAN AMONIAK
PT PUPUK KALTIM**

Gambar 5 : Pengaman Sistem Penyimpanan Ammoniak

Pengamanan terhadap tekanan berlebih diantisipasi oleh tiga buah PSV (*pressure safety valve*) untuk masing-masing tanki penyimpanan amoniak, peralatan ini dipasang untuk menyalurkan tekan lebih tersebut ke sistem lainnya (ke atmosfer), namun kini telah dipasang *incinerator* untuk menampung dan membakar uap yang keluar dari tanki penyimpanan untuk mencegah pencemaran uap amoniak ke udara atmosfer.

Tekanan masing-masing tanki dijaga pada 750 mmWg secara otomatis melalui PIC (*Pressure Indication Control*), di beberapa pabrik lain PIC ini dapat mengontrol secara *automatic remote* dihubungkan dengan beban kompresor refrigerasi.

Kompresor refrigerasi pada unit sistem penyimpanan amoniak tersebut diharapkan mampu meng *handle* uap yang terbentuk pada saat diperlukan, oleh karena itu kompresor yang *stand by* hendaknya dalam kondisi *ready for start*, sehingga dapat dioperasikan dengan baik bila sewaktu-waktu diperlukan.

Juga tersedia *vacuum relief valve* yang akan memproteksi tanki penyimpanan bila ada kegagalan operasional sistem penyimpanan amoniak yang menyebabkan turunnya tekanan secara berlebih (*vacuum*). Selanjutnya juga tersedia *evaporator* yang akan menyediakan *vapour* (uap amoniak) bila sewaktu-waktu tekanan tanki turun secara drastis

Proteksi terhadap *high level* (isi amoniak cair di tanki tinggi) ada dua buah yaitu LAH (*Level Alarm High*) dan LAHH (*Level Alarm Extra High*). Jika level naik hingga menyentuh LAH maka akan ada bunyi peringatan lewat *horn* di *control room ammonia storage*, hal tersebut memberi peringatan kepada operator untuk mengurangi input cairan amoniak ke tanki secara manual atau mentranfer cairan amoniak ke unit lain.

Bila kondisi LAH terlampaui maka cairan amoniak di dalam tanki akan menyentuh LAHH sehingga akan menutup semua input cairan amoniak ke tanki penyimpanan amoniak secara otomatis. Proteksi *high level* ini pada dasarnya memproteksi tanki penyimpan amoniak dari kenaikan *hydrostatic head* yang diakibatkan terlalu banyaknya cairan amoniak yang diisikan ke tanki tersebut.

IV.2.3. Analisa terhadap akibat yang timbul bila terjadi kebocoran amoniak.

Meskipun probabilitas kegagalan sistem penyimpanan amoniak rendah, analisa sistem secara mendetail perlu dibuat, mengingat skala kebocoran dari amoniak dan akibat yang ditimbulkannya bila terjadi kegagalan sangat besar.

Selanjutnya untuk mengurangi potensi bencana jika terjadi kegagalan/kebocoran tanki maka dibangun *dyke* di sekeliling tanki penyimpanan amoniak.

Untuk memperkirakan akibat yang ditimbulkan bila terjadi kebocoran amoniak, perlu diperhatikan dua metode kegagalan yang terkait dengan tingkat kebocoran amoniak pada tanki penyimpanan amoniak tersebut yaitu :

1. Tanki amoniak bila tiba-tiba meledak yang mengakibatkan tumpahnya seluruh isi dari tanki penyimpan amoniak tersebut.
2. Kebocoran melalui bagian tertentu dari tanki penyimpanan amoniak (*partial release*), misalnya pada *man hole* (lubang lalu orang) atau kebocoran pada *inlet / outlet nozzle*.

Jika terdapat kejadian yang menyebabkan tanki tiba-tiba pecah, maka sebagian cairan akan terpecah (*flash*) secara seketika tergantung tekanan tanki dan banyaknya cairan amoniak pada tanki penyimpan amoniak tersebut, selanjutnya akan tumpah ke *dyke*.

Diperkirakan sekitar 0,37 % x kapasitas tanki akan ter *flash* menjadi uap seketika. Selanjutnya juga terjadi penguapan pada cairan yang tertampung di *dyke*, dan tergantung factor-faktor berikut :

1. Penguapan yang ditimbulkan oleh panas pada tanah, yaitu perbedaan temperatur cairan yang tumpah dan temperatur tanah.
2. Evaporasi/penguapan yang disebabkan oleh angin
3. Penguapan yang diakibatkan oleh radiasi matahari.

Partial release dari cairan amoniak dapat terjadi akibat hal berikut, misalnya kebocoran pada bagian-bagian tertentu dari tanki penyimpan amoniak tersebut, misalnya pada *man hole, line inlet/outlet*, begitu juga pada dasar tanki tersebut.

Mekanisme dispersi dari uap amoniak yang berupa kabut sangat berbeda dengan gas-gas lainnya, dimana amoniak berupa kabut uap akan bereaksi dengan embun di atmosfer, selanjutnya akan menghasilkan panas dan *aqua ammonia aerosol*.

Besarnya laju evaporasi dari aerosol ini merupakan fungsi dari dilusi kabut uap oleh udara juga kelembaban relatif di atmosfer. Misanya kabut uap amoniak yang tebal dengan temperatur $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan density $1,4\text{ kg/m}^3$, dapat mengakibatkan terbentuknya amoniak cair dengan suhu $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kabut gas yang

pekat dekat permukaan tanah awalnya sebagian besar merupakan efek grafitasi, yang puncaknya terjadi proses dispersi secara pasif.

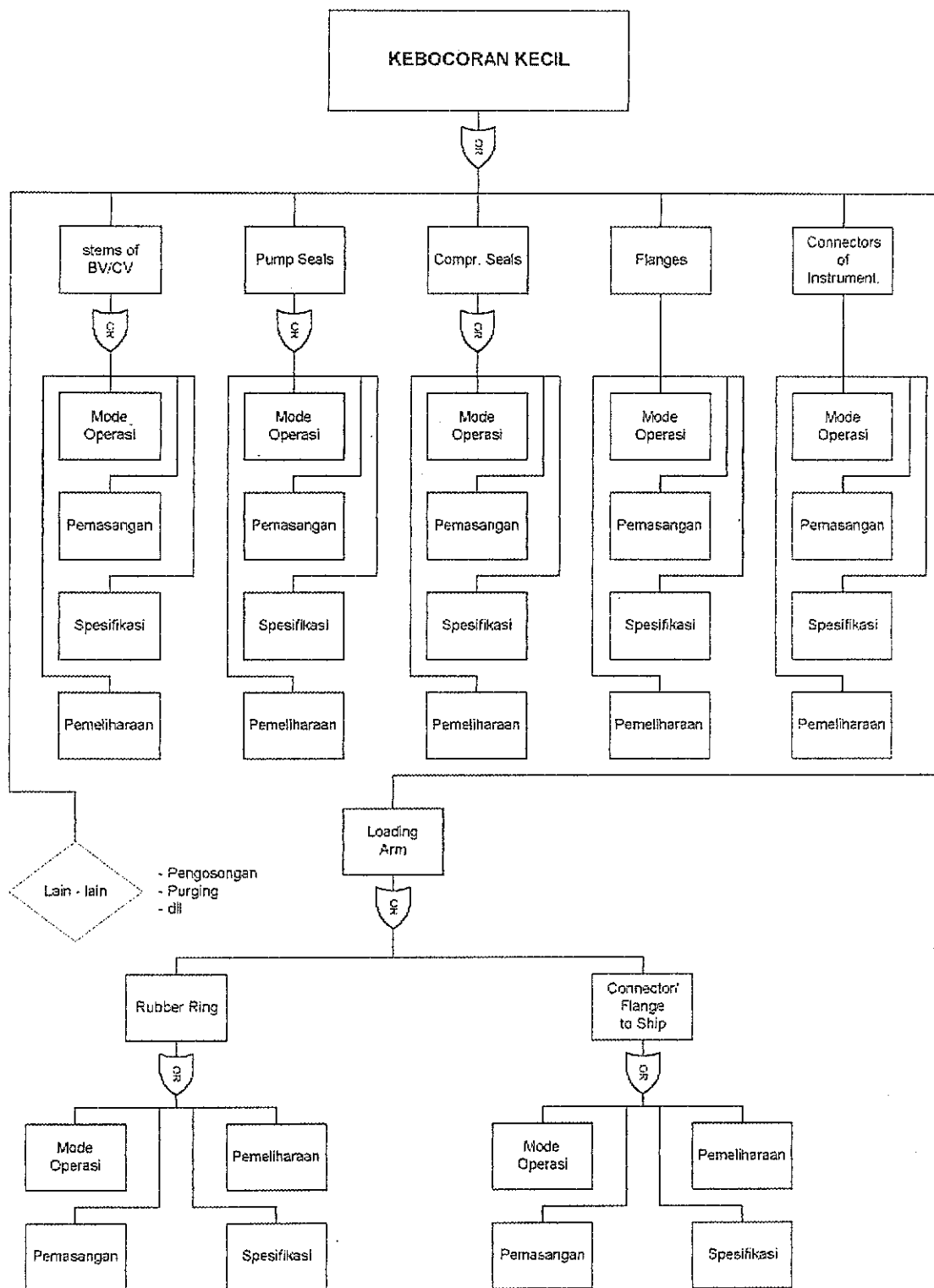
Jika terjadi kebocoran/pelepasan amoniak secara tiba-tiba, maka kabut akan menyebar secara *radial menuju suatu titik sentral*, bersamaan itu secara simultan terjadi kontak dengan angin.

Namun bila terjadi pelepasan yang kontinyu, maka kabut akan menyebar secara *lateral* karena pengaruh grafitasi. Pengaruh grafitasi pada pembentukan kabut akan terhenti jika *density* uap hampir sama dengan *density* udara (*density* kabut = 1,001 kali *density* udara) atau besarnya pancaran setengah kali kecepatan angin.

IV.3. ANALISIS HASIL PENELITIAN / EVALUASI

Karena probabilitas kegagalan major pada sistem penyimpanan amoniak kecil yaitu *overal probability* $1,1 \times 10^{-7}$ pertahun, artinya hanya ada 11 kejadian per sejuta tahun. Maka disamping kegagalan major tersebut perlu dibahas *kegagalan-kegagalan minor* pada, yaitu hal-hal yang dapat mengakibatkan terjadinya paparan amoniak ke lingkungan, dengan jalan mengevaluasi *fugitive emission*.

Hal tersebut merupakan paparan amoniak akibat kebocoran-kebocoran kecil yang terjadi secara tidak kontinyu. Adapun sebab-sebab terjadinya *fugitive emission* pada operasional sistem penyimpanan amoniak digambarkan oleh *fault tree diagram* berikut:



Gambar 6 : Fault tree Diagram Kebocoran Kecil

Dalam praktek kebocoran-kebocoran kecil selalu terjadi, kebocoran flange, seal dan Stem BV/CV tersebut sangat kecil dan tidak dapat dideteksi dengan menggunakan perhitungan *material balance* namun bila terakumulasi akan

sangat berdampak negatif ke lingkungan. Disamping itu dalam skala yang terbatas (dekat peralatan yang bocor) dapat menimbulkan konsentrasi yang tinggi. Kebocoran kecil dari seal pompa/compressor dapat menjadi besar jika terjadi kerusakan total dari seal tersebut. Oleh karena itu pemantauan dan pemeliharaan peralatan pada sistem penyimpanan amoniak perlu dilakukan secara sungguh-sungguh.

Salah satu jalan untuk memantau dan menganalisa terjadinya paparan amoniak akibat kebocoran kecil tersebut adalah dengan *metoda statistik*. Berikut ini adalah data-data sekunder pemantauan emisi amoniak secara berkala tiap bulan di area compressor Unit amoniak storage, periode Januari 2001 hingga Maret 2004.

Tabel 5: Data paparan amoniak di Area compr. Ammonia Storage

Tahun 2001	Paparan (ppm)	Tahun 2002	Paparan (ppm)	Tahun 2003	Paparan (ppm)	Tahun 2004	Paparan (ppm)
Jan	20	Jan	0,2	Jan	10	Jan	0
Feb	20	Feb	1	Feb	0	Feb	0,25
Maret	10	Maret	1	Maret	0	Maret	5
April	0	April	1	April	0		
Mei	40	Mei	0	Mei	0		
Juni	10	Juni	10	Juni	0		
Juli	15	Juli	0	Juli	30		
Agust	1,8	Agust	0,5	Agust	50		
Sept	0,25	Sept	1	Sept	0		
Okt	2	Okt	0,5	Okt	0		
Nop	0,5	Nop	1	Nop	200		
Des	0,25	Des	2	Des	100		

Dengan menggunakan Program SPSS Versi 11 data diatas diolah maka didapat ouput perhitungan sebagai berikut:

Tabel 6: data hasil perhitungan paparan amoniak

Statistics		N	Valid	Missing
PAPARAN (ppm)			39	0
	Mean		13.6731	
	Std. Error of Mean		5.76040	
	Median		1.0000	
	Std. Deviation		35.97369	
	Variance		1294.10656	
	Skewness		4.244	
	Std. Error of Skewness		.378	
	Kurtosis		20.009	
	Std. Error of Kurtosis		.741	
	Range		200.00	
	Minimum		.00	
	Maximum		200.00	
	Percentiles	10	.0000	
		25	.0000	
		50	1.0000	
		75	10.0000	
		90	40.0000	

Tabel 7: data frekuensi

		paparan amoniak PAPARAN (ppm)			
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	
Valid	.00	11	28.2	28.2	28.2
	.20	1	2.6	2.6	30.8
	.25	3	7.7	7.7	38.5
	.50	3	7.7	7.7	46.2
	1.00	5	12.8	12.8	59.0
	1.80	1	2.6	2.6	61.5
	2.00	2	5.1	5.1	66.7
	5.00	1	2.6	2.6	69.2
	10.00	4	10.3	10.3	79.5
	15.00	1	2.6	2.6	82.1
	20.00	2	5.1	5.1	87.2
	30.00	1	2.6	2.6	89.7
	40.00	1	2.6	2.6	92.3
	50.00	1	2.6	2.6	94.9
	100.00	1	2.6	2.6	97.4
	200.00	1	2.6	2.6	100.0
	Total	39	100.0	100.0	

Dari 39 data paparan amoniak (Januari 2001- Maret 2004) menunjukkan rata-rata paparan amoniak di Area Compressor *Ammonia Storage* adalah 13,6731 ppm dengan *standard error of mean* 5,76040 ppm pada tingkat kepercayaan 95% (standard dari perhitungan SPSS). Sehingga *rata-rata* ± 2 *Standard error of mean* adalah :

$$13,6731 \text{ ppm} \pm (2 \times 5,76040 \text{ ppm})$$

$$= 2,1523 \text{ ppm} \text{ sampai } 25,1939 \text{ ppm}$$

Median atau titik tengah data jika semua data diurutkan dan dibagi dua sama besar. Angka median 1 ppm menunjukkan bahwa 50% paparan berada 1 ppm keatas dan 50% paparan berada di bawah 1 ppm.

Standar deviasi 35,97369 ppm dan varians yang merupakan kelipatan standar deviasi adalah 1294,107 ppm. Penggunaan standar deviasi untuk menilai dispersi rata-rata dari sampel. Maka rata-rata ± 2 standar deviasi adalah :

$$13,6731 \text{ ppm} \pm (2 \times 35,97369)$$

$$= 0 \text{ ppm sampai } 85,6 \text{ ppm}$$

Kedua batas angka tersebut berbeda jauh antara maksimum dan minimum, hal ini membuktikan sebaran data yang tidak merata, karena kebocoran tersebut tidak kontinyu maka konsentrasi paparan amoniak dari waktu ke waktu bervariasi.

Ukuran skewness adalah 4,244. Untuk penilaian, nilai tersebut diubah ke angka rasio. Rasio skewness adalah:

$$\text{nilai skewness/standard error of skewness}$$

$$= 4,244/0,378 = 11,228$$

Sebagai pedoman, jika rasio skewness berada antara -2 sampai +2, maka distribusi datanya adalah normal. Oleh karena 11,228 berada jauh diatas +2 maka distribusi sampel paparan amoniak adalah tidak normal.

Ukuran Kurtosis adalah 20,009. Untuk penilaian, nilai tersebut diubah ke angka rasio. Rasio kurtosis adalah:

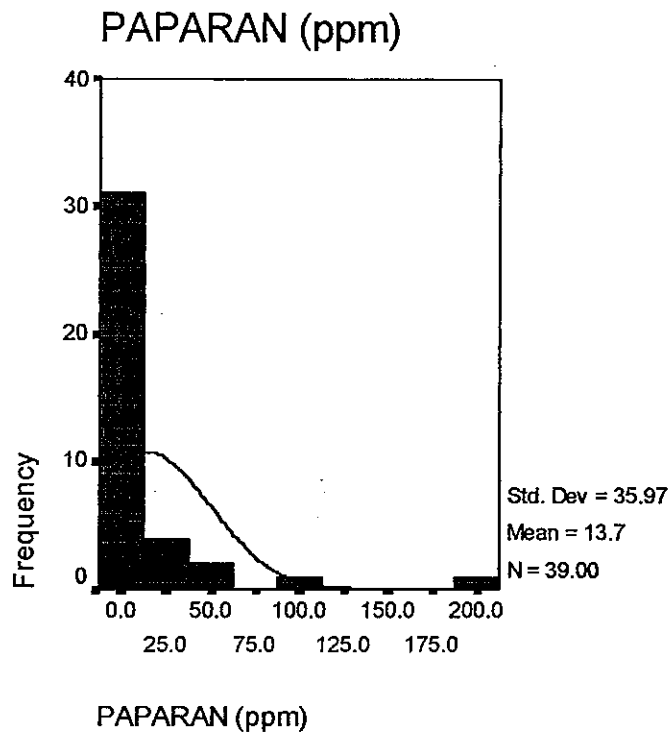
$$\text{Nilai kurtosis/standard error of kurtosis}$$

$$= 20,009/0,741 = 27,003$$

Jika rasio kurtosis berada antara -2 sampai +2 maka distribusi data adalah normal, karena 27,003 berada jauh diatas +2 maka distribusi paparan amoniak adalah tidak normal.

Konsentrasi paparan minimum adalah 0 ppm, sedangkan maksimum 200 ppm, sehingga range data maksimum – minimum 200 ppm (sangat jauh)

Dari data persentil rata-rata 75% konsentrasi paparan berada pada 10 ppm ke bawah artinya masih dalam kondisi aman bagi manusia.



Gbr 7: grafik paparan amoniak

Grafik pada histogram menggambarkan sebaran data yang tidak normal, batang histogram bila ditarik garis tidak berbentuk kurva normal (tidak seperti lonceng).

Uji T test dengan menggunakan angka *test value* 25, dengan pertimbangan batas aman (konsentrasi maksimum) seseorang dapat terpapar amoniak dalam waktu 8 jam tanpa menggunakan alat bantu pernafasan adalah 25 ppm. Sebagai pedoman

$$H_0 : \mu = 25$$

$$H_0 : \mu \neq 25$$

Hasil perhitungan T Test dengan SPSS ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 8: out put T test paparan amoniak

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
PAPARAN (ppm)	39	.00	200.00	13.6731	35.97369
Valid N (listwise)	39				

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
PAPARAN (ppm)	39	13.6731	35.97369	5.76040

One-Sample Test

Test Value = 25

	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
PAPARAN (ppm)	-1.966	38	.057	-11.3269	-22.9882	.3344

Dari out put SPSS diperoleh nilai t hitung atau t_o sebesar -1,966.

Dengan memperkirakan kriteria penolakan, sebagai berikut: TOLAK H_o , jika:

$$t_o > t_{\alpha/2, n-1}$$

atau

$$t_o < -t_{\alpha/2, n-1}$$

Dari tabel distribusi t didapat

$$t_{0,025, 38} = 2,0484$$

Maka $-1,996 < 2,0484$ atau dengan kata lain t hitung lebih kecil dari t tabel maka H_o diterima, artinya dugaan paparan rata-rata 25 ppm signifikan, dari data deskriptif diatas menunjukkan rata-rata paparan ± 2 standard error of mean adalah 2,1523 ppm sampai 25,1939 ppm. Sedangkan rata-rata paparan ± 2 standar deviasi adalah 0 ppm sampai 85,6 ppm.

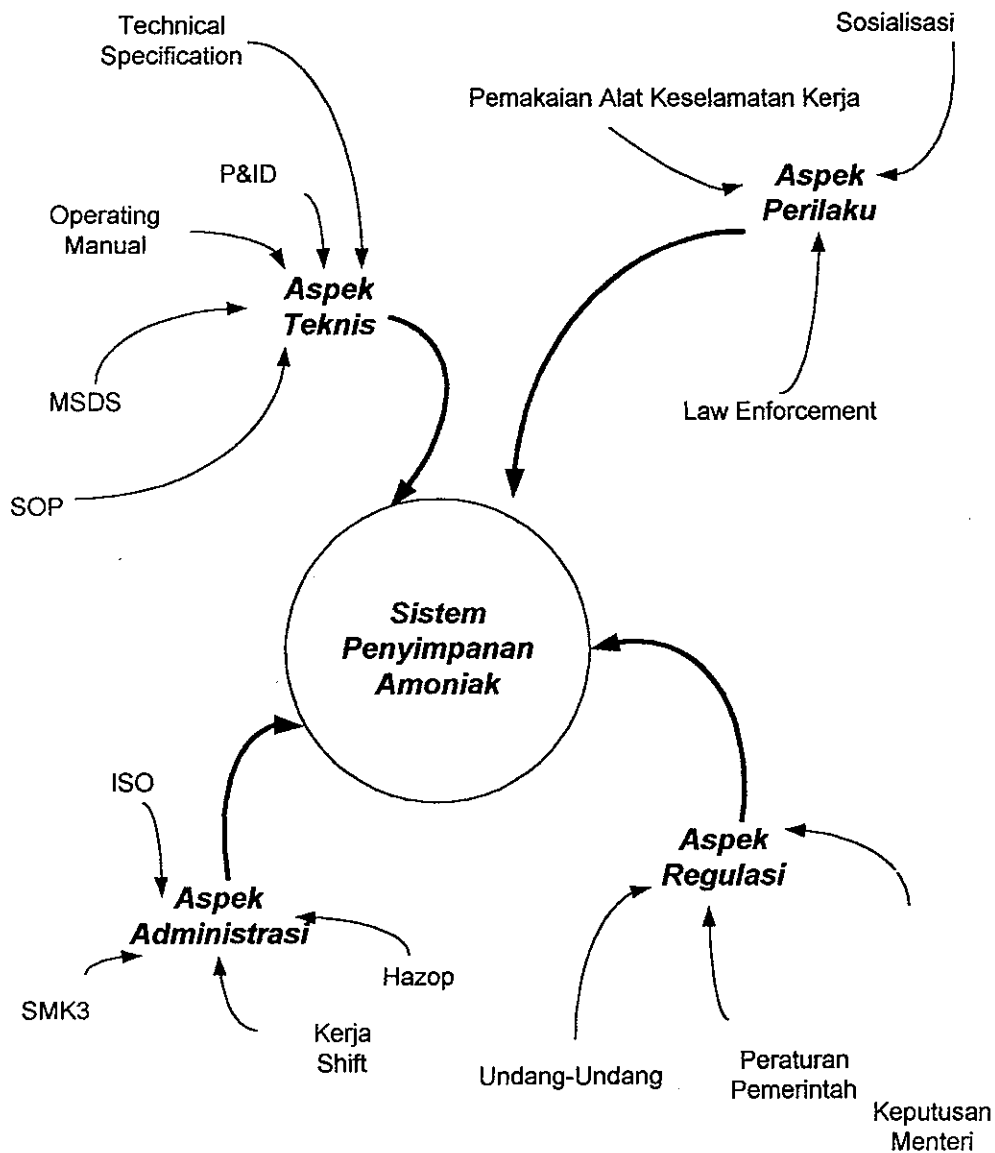
Artinya rata-rata paparan tersebut sudah sampai pada Maximum Allowable Concentration (25 ppm - 100 ppm), untuk itulah operasional sistem penyimpanan amoniak harus mendapat perhatian yang sungguh-sungguh.

Sebagai bahan pertimbangan menurut KEP-13/MENLH/1995 TENTANG BAKU MUTU EMISI SUMBER TIDAK BERGERAK batas maksimum konsentrasi paparan amoniak adalah $0,5 \text{ mg/m}^3$ sekitar 0,65 ppm. Sedangkan menurut SK. Gubernur Kaltim No.33 tahun 1988 batas maksimum paparan amoniak adalah 2 ppm.

Data paparan uap amoniak diatas adalah data yang diambil satu bulan sekali oleh Biro K3LH, sebaiknya diambil lebih sering misalnya seminggu sekali,

sehingga bila terjadi kegagalan minor dalam operasional sistem penyimpanan amoniak cepat terdeteksi, sehingga tidak sampai menimbulkan problem major.

Dari hasil penelitian terhadap paparan amoniak tersebut diatas maka perlu dilakukan evaluasi masalah operasional sistem penyimpanan amoniak di PT Pupuk Kaltim, melalui pendekatan terhadap aspek-aspek yang terkait dengan masalah ini yaitu *aspek teknis, aspek administrasi, aspek perilaku dan aspek regulasi*, sebagaimana digambarkan oleh diagram sistem berikut (gb.8).



**IDENTIFIKASI DAN EVALUASI
MASALAH OPERASIONAL
SISTEM PENYIMPANAN AMONIAK**

IV.3.1. ASPEK TEKNIS

Aspek yang kita tinjau dalam hal ini meliputi spesifikasi Teknis (*Technical Specification*), P&ID (*Piping and Instrumentation diagram*), *Operating Manual*, MSDS (*Material Safety Data Sheet*) dan SOP (*Standard Operating procedure*).

IV.3.1.1. Technical Specification

Adapun data-data dari kedua tangki adalah sebagai berikut , F-3001 yang dibangun tahun pada tahun 1979 dan dioperasikan sejak tahun 1980, sedangkan T-101 dibangun tahun 1986 dioperasikan pada tahun 1987. Sedangkan design kedua tangki tersebut adalah sama, yaitu :

- *Dimensi* : Diameter = 38.510 mm, Tinggi Sheel = 34.110 mm
- *Design* : Pressure = 0,15 kg/cm²g, Temperature = -33 °C s/d 35 °C, Vacuum = -0,005 kg/cm²g
- *Normal Operasi* : Pressure = 0,06 kg/cm²g s/d 0,08 kg/cm²g, Temperature = - 33 °C s/d - 32 °C

Untuk mendapatkan keandalan pengoperasian sistem penyimpanan amoniak maka perlu diperhatikan parameter-parameter yang terkait dengan pengamanan sistem penyimpanan amoniak yaitu :

Pressure dan Vacuum Control

Tekanan tangki dikendalikan oleh :

1. *Refrigeration System* menjaga tekanan tangki penyimpanan amoniak pada 600 mmwg sampai 800 mmwg (0,06 kg/cm²g sampai 0,08 kg/cm²g) dengan menghisap uap amoniak yang terbentuk, mengkondensasikannya dan mengembalikannya ke tangki dalam bentuk amoniak cair yang dingin.
2. *Pressure Control Valve* akan membuka secara otomatis dan mengirim amoniak ke *incinerator* jika tekanan tangki naik hingga 1250 mmwg (1,25 kg/cm²g)
3. *Pressure Safety Valve* akan membuka untuk menurunkan tekanan jika bila tekanan tangki masih naik mencapai 1500 mmwg (1,5 kg/cm²g), dan akan mengirim uap ke *incinerator*. Masing-masing tangki memiliki tiga buah PSV (*Pressure Safety Valve*).

Proteksi terhadap tekanan vakum tangki penyimpanan amoniak dilakukan dengan cara :

1. *Evaporator* , peralatan tersebut akan mengalirkan uap amoniak panas - 10 °C ke tangki penyimpanan amoniak jika tekanan tangki tersebut jatuh mendekati tekanan atmosfer.

2. *Vacuum breaker*, akan bekerja bila tekanan tanki turun terus hingga dibawah tekanan atmosfer. Alat ini akan membuka jika tekanan tanki tersebut mencapai vakum yaitu sekitar -50 mmwg untuk mencegah kerusakan tanki.

Level Control dan temperature Indicator

Kelebihan isi cairan amoniak pada tanki (*overflowing*) dapat dicegah dengan adanya indikasi level tanki (*level indicator*) dan *level alarm* yang memberitahu dengan bunyi alarm bila kondisi permukaan cairan (isi) tanki penyimpanan amoniak sudah tinggi, peralatan ini bekerja dengan *dp measurement*.

Jika tinggi permukaan cairan naik terus hingga menyentuh indikasi ekstra tinggi, maka *high-high level alarm* disamping membunyikan alarm juga akan bekerja sehingga mengaktifkan *interlock system*, sehingga suplai cairan ke tanki akan tertutup secara otomatis.

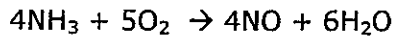
Disamping level control diatas pada tanki penyimpan amoniak juga dipasang *temperature indicator* (indikasi pengukur suhu). Beberapa *thermocouples* untuk mentransmisikan indikasi suhu tanki tersebut dipasang yaitu pada *top* dan *bottom* tanki.

Incinerator

Incinerator merupakan alat pengaman yang mendukung operasional sistem penyimpanan amoniak, peralatan ini dipasang untuk meningkatkan integritas dan keandalan fasilitas pengaman tersebut. Karena amoniak merupakan bahan berbahaya dan beracun (*highly toxic*), idealnya tersedia peralatan pengaman yang bekerja untuk mencegah terpaparnya uap amoniak ke atmosfer (untuk mengurangi kadar amoniak yang terbuang ke atmosfer). Bila terpaksa harus membuang uap amoniak ke atmosfer harus dibakar dulu di *incinerator* tersebut.

Sejarah dibangunnya incinerator di di PT Pupuk Kaltim sebagai berikut, sebelum dibangun *incinerator* semua peralatan pengaman yang menyalurkan uap amoniak melewati *header vent system* di unit sistem penyimpanan amoniak (*ammonia storage unit*) langsung dibuang ke *atmosfir*, maka sejak tahun 1996, walaupun dalam kondisi emergency sekalipun uap amoniak yang akan dibuang ke atmosfer harus dibakar di *incinerator* dulu.

Adapun reaksi pembakaran amoniak yang terjadi di Incinerator tersebut adalah:



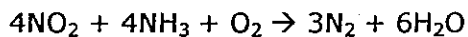
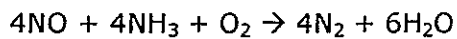
Hal ini menjadi dilematis, bila amoniak sangat berbahaya bagi tubuh manusia maupun lingkungan karena sangat reaktif. Namun NO_x (NO atau NO₂) juga berisiko terhadap manusia dan lingkungan.

NO mempunyai kemampuan membatasi kadar oksigen dalam darah seperti halnya CO. Bila NO bereaksi dengan oksigen akan membentuk NO₂.

Jika NO₂ bertemu dengan uap air di udara atau dalam tubuh manusia akan membentuk HNO₃ yang merusak tubuh. NO₂ akan merusak barang-barang logam, sebab oksidasi yang terjadi antara logam dan NO₂ tersebut dapat menimbulkan karat.

NO₂ juga mengabsorpsi sinar ultra violet dari matahari. Molekul NO₂ yang berenergi ini akan bereaksi secara beruntun dengan hidrokarbon yang ada di udara.

Untuk mencegah terbentuknya NO dan NO₂, idealnya hasil pembakaran amoniak dan udara tersebut diatas direaksikan kembali sehingga terjadi reaksi berikut:



Dalam hal ini pembakaran di Incinerator harus dibuat bertingkat dengan cara *menginjeksikan uap amoniak dan udara* pada outlet pembakaran, sehingga terbentuk *nitrogen* pada tahap pembakaran berikutnya. Sedangkan Incinerator di PT Pupuk Kaltim hanya menggunakan satu tahap pembakaran, sehingga hasil pembakarannya masih NO. Sehingga perlu pemikiran untuk memodifikasi sistem ini agar ditambah satu tahap pembakaran lagi, dengan demikian diharapkan lebih ramah lingkungan.

Emergency Shut Down System

Sejumlah kerangan pengaman (*automatic isolation valve*) merupakan fasilitas yang dipasang sebagai peralatan pengaman yang bekerja secara cepat untuk mencegah rusaknya peralatan bila terjadi keadaan darurat.

Peralatan tersebut bekerja mengikuti *interlock system* dan juga dapat diatur secara manual oleh operator jika diperlukan, naik dibuka atau ditutup.

IV.3.1.2 Piping and Instrumentation Diagram

P&ID (*Piping and Instrumentation Diagram*) adalah sebuah diagram yang dapat menggambarkan sistem operasional peralatan secara menyeluruh.

Demikian juga P&ID untuk sistem penyimpanan amoniak di PT Pupuk Kaltim juga digambarkan secara khusus.

Peralatan yang digambar meliputi sistem perpipaan, *Vessel*, pompa, *incinerator*, alat kontrol, indikasi tekanan, indikasi suhu, indikasi *flow*, bahkan hingga *manual block valve* juga digambarkan.

Diagram tersebut sangat diperlukan dalam rangka memahami sistem operasional peralatan secara komperhensif, karena dapat menjelaskan apa yang akan terjadi bila salah satu variable di suatu peralatan berubah, apa dampaknya terhadap peralatan tersebut dan peralatan seluruh sistem yang terkait. Dalam diagram tersebut juga tergambarkan urutan suatu proses berjalan.

P&ID sistem penyimpanan amoniak di PT Pupuk Kaltim antara lain megacu pada Drawing No. : KT 22-PD-EF-001, KT 22-PD-EF-002, KT 22-PD-EF-004, KT 22-PD-EF-005, KT 22-PD-EF-007, KT 22-HD-EF-001, KT 22-HD-EF-002, KT 22-PD-PF-001, E-8618-30026A-5, -8618-30026B-4.

IV.3.1.3. Operating Manual

Operating manual disamping berisi prosedur operasi masing-masing peralatan juga berisi data teknis masing-masing peralatan pendukung sistem penyimpanan amoniak. Prosedur dan kondisi operasi dalam operating manual harus dipertimbangkan sebagai petunjuk dan bukan merupakan standard operasional yang ketat, karena operating manual disusun sebelum pabrik beroperasi.

Namun buku operating manual harus memiliki dasar-dasar pengoperasian yang merupakan pedoman bagi penyusunan SOP (*Standard Operating Procedure*) nantinya.

Biasanya bila pengalaman operasional sudah diperoleh, kemungkinan terdapat perubahan dalam beberapa bagian cara kerja, maka memungkinkan terjadinya perubahan SOP sehingga diperoleh prosdur yang lebih baik.

Standard Operating Manual yang baik dapat menunjukkan secara langsung sistem dan dasar operasional secara komperhensif.

IV.3.1.4. Material Safety Data Sheet

MSDS (*Material Safety Data Sheet*) adalah lembaran data yang berisi informasi berikut :

1. Merek dagang dari bahan kimia
2. Rumus kimia B3
3. Jenis B3
4. Klasifikasi B3
5. Teknik Penyimpanan
6. Tata cara bila terjadi kecelakaan

Material Safety Data Sheet dimaksudkan untuk pemberian simbol dan label dari setiap penanganan bahan berbahaya dan beracun, sehingga setiap orang yang menangani B3 tersebut dapat mengetahui klasifikasi zat tersebut, sehingga pengelolaannya dapat dilakukan dengan baik, guna mengurangi/meminimalkan risiko yang ditimbulkan oleh bahan berbahaya dan beracun tersebut.

Karena amoniak adalah termasuk B3, maka dalam penanganan bahan tersebut perlu disertai MSDS, termasuk dalam penyimpanan dan pengiriman amoniak melalui kapal tanker.

IV.3.1.5. Standard Operating Procedure

Standard Operating Procedure (SOP) berisi bagaimana mengoperasikan sistem suatu proses secara menyeluruh dan mendetail. Prosedur ini disamping berisi penjelasan dasar-dasar operasional, juga berisi revisi prosedur operasional yang didasarkan pengalaman operasional sebelumnya. SOP tersebut memungkinkan untuk direvisi secara periodik bila terjadi perubahan prosedur kerja yang lebih baik, dan disesuaikan dengan pengalaman operasional.

Dalam SOP unit *Ammonia Storage* (sistem penyimpanan amoniak) di PT Pupuk Kaltim terdapat beberapa prosedur antara lain meliputi:

- Prosedur start dan stop kompresor refrigerasi, pompa loading, pompa transer, incinerator dan peralatan pendukungnya
- Pengisian dan pengosongan *ammonia storage*
- Prosedur purging sistem dengan *Nitrogen*
- Loading amoniak ke kapal
- Unload amoniak dari kapal
- Petunjuk *emergency shut down*

IV.3.2. ASPEK ADMINISTRASI

Untuk meminimasi risiko pengoperasian sistem penyimpanan amoniak, perusahaan melakukan usaha secara proaktif dengan mengeluarkan kebijakan-kebijakan yang berupaya mencegah terjadinya pencemaran lingkungan.

Diantara berbagai kebijakan perusahaan tersebut yang terkait dengan pembahasan tesis ini adalah kebijakan perusahaan yang terkait dengan *Aspek Administrasi*, yang meliputi *ISO, SMK3, Penggiliran Kerja (Shift)* dan *HAZOP*

IV.3.2.1. ISO 9002 dan ISO 14001

International Standardization Organization (ISO) mengeluarkan standard manajemen yang berlaku global, yaitu ISO 9000 untuk *standard mutu* dan ISO 14000 untuk *standard manajemen lingkungan*. Apabila perusahaan telah memenuhi standar tersebut secara baik berarti telah bisa memenuhi persyaratan global yang *concern* terhadap masalah lingkungan dan manajemen mutu yang terukur.

Salah satu bukti bahwa PT Pupuk Kaltim berupaya meningkatkan mutu dan pengelolaan lingkungan adalah keberhasilan perusahaan tersebut meraih sertifikasi ISO 9002 (pengakuan di bidang *sistem manajemen produksi dan instalasi*) pada tahun 1996 dan pada tahun 1997 meraih sertifikasi ISO 14001 (di bidang *manajemen lingkungan*). Serta pada tahun 2000 memperoleh ISO 17025 di bidang *laboratorium uji mutu*.

Manajemen PT Pupuk Kaltim telah mengadopsi suatu kebijakan pengoperasian pabrik di bawah kontrol suatu manajemen mutu yaitu berdasarkan ISO 9002. Dengan menerapkan dan mengembangkan manajemen mutu tersebut berarti berusaha meningkatkan proses yang berkesinambungan dan mencegah terjadinya masalah yang lebih lanjut. Dalam hal ini termasuk peningkatan operasional sistem penyimpanan amoniak, sehingga juga mencegah terjadinya masalah di unit tersebut.

Selanjutnya sistem manajemen ini membantu mengembangkan ide berdasarkan pendekatan tim di dalam organisasi, untuk meningkatkan daya saing perusahaan melalui peningkatan mutu dan produktifitas.

PT Pupuk Kaltim telah mengimplementasikan suatu sistem manajemen lingkungan melalui ISO 14001 yang memastikan bahwa dampak dari aktifitas usaha tersebut (termasuk pengelolaan sistem penyimpanan) telah diantisipasi.

Di dalam implementasi sistem manajemen lingkungan ini, telah dipertimbangkan beberapa pedoman praktik yang harus dipatuhi. Sasarannya adalah pemenuhan persyaratan-persyaratan kebijakan perusahaan pada lingkungan, kesehatan dan keselamatan, dan masalah keamanan masyarakat, dan semua peraturan yang terkait.

Dengan diimplementasikannya ISO 14001 dan ISO 9002 di PT Pupuk Kaltim, berarti perusahaan menjamin adanya operasi manajerial, pengawasan teknis dan administratif, dan dokumentasi yang berhubungan secara tepat, untuk memungkinkan kebijakan ini dipelihara di semua tingkatan. Serta memastikan semua karyawan yang terlibat dalam operasi perusahaan mendapatkan pelatihan yang tepat, sehingga setiap individu memahami aspek lingkungan dan memperhatikan pengawasan terhadap tanggungjawabnya.

IV.3.2.2. Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Sistem Manajemen K3 adalah bagian dari sistem manajemen yang meliputi organisasi, perencanaan, tanggungjawab pelaksanaan, prosedur proses dan sumberdaya yang dibutuhkan bagi pengembangan, penerapan, pencapaian, pengkajian, pemeliharaan, kebijakan K3 dalam rangka pengendalian risiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja agar tercipta tempat kerja yang aman dan produktif.

Untuk meningkatkan perlindungan terhadap tenaga kerja PT Pupuk Kaltim menerapkan SMK3. Implementasi audit SMK3 merupakan audit terhadap praktek dan keberadaan pelaksanaan K3 di perusahaan, dimana hal tersebut telah menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari fungsi manajemen sehingga pembiayaan terhadap aktifitas K3 merupakan investasi.

Tujuan dan sasaran SMK3 adalah menciptakan suatu sistem kesehatan dan keselamatan kerja di tempat kerja dengan melibatkan unsur manajemen, kondisi dan lingkungan kerja yang terintegrasi dalam rangka mencegah dan mengurangi kecelakaan dan penyakit akibat kerja, serta terciptanya tempat kerja yang nyaman dan aman.

Dengan demikian keberadaan SMK3 dapat mendorong terciptanya hubungan industrial yang harmonis, sehingga memberikan iklim yang baik bagi tumbuhnya peran serta semua *stake holder* di PT Pupuk Kaltim dalam melaksanakan program K3 dan lingkungan.

IV.3.2.3. Penggiliran Kerja (Kerja Shift)

Untuk menjaga agar tetap beroperasinya pabrik sehingga dapat berjalan kontinyu, demikian juga sistem penyimpanan amoniak, maka diperlukan pengaturan agar karyawan yang dapat bekerja dalam 24 jam tanpa berhenti, untuk itulah dilakukan penggiliran kerja (*shift*)

Di PT Pupuk Kaltim berlaku pembagian kerja *shift* sebagai berikut : *day shift* (jam 07.00 s/d jam 15.00), dan *swing shift* (jam 15.00 s/d jam 23.00) dan *night shift* (jam 23.00 s/d 07.00)

Menurut penelitian *reuters Health* di Belanda, menyatakan bahwa orang yang berja *shift* terlebih yang kerja malam hari, lebih memungkinkan terkena penyakit jantung yang ditandai dengan cepatnya debar jantung dan risiko meninggal akibat jantung. Untuk itu pekerja *shift* harus pandai menjaga diri dan melakukan olah raga dan istirahat yang cukup dan baik.

Demi kelancaran operasional pabrik, perusahaan PT Pupuk Kalimantan Timur memberi perhatian khusus pada pekerja *shift*, yaitu dengan jalan memberi tunjangan khusus bagi pekerja yang bekerja dengan sistem tersebut, serta memberi extra fooding untuk kerja *shift* malam. Disamping itu setiap karyawan diwajibkan untuk melakukan *general check up* untuk menjaga kesehatan, minimal setahun sekali dengan biaya dari perusahaan.

IV.3.2.4. HAZOP

Teknik HAZOP (*Hazard and Operability Study*) telah dikembangkan oleh ICI (*Imperial Chemical Industries*) pada tahun 1960 an.

Dengan semakin besar dan kompleksnya pabrik kimia, membuat masyarakat semakin sensitif terhadap terhadap potensi bahaya yang diakibatkan oleh proses industri tersebut.

Penerapan *Hazop* merupakan keharusan di berbagai perusahaan, dengan jalan melakukan identifikasi bahaya untuk seluruh proyek-proyek baru. Institusi seperti seperti *API*, *UK Health & safety Executive* dan *OSHA* menyarankan penggunaan *Hazop* untuk melakukan identifikasi potensi bahaya di unit proses.

Hazard adalah potensi dari suatu kejadian (*event*) yang akan menimbulkan kerusakan atau dampak yang merugikan. *Hazard* merupakan satu kesatuan kombinasi dari tiga variabel yang terdiri dari *frequensi* (kekerapan), *duration* (lama waktu) dan *severity* (keparahan dampak) yang ditimbulkan akibat paparan suatu zat atau energi. Misalnya *hazard* dapat berupa paparan cairan/uap amoniak di udara. Sedangkan *magnitude* suatu *hazard* sangat ditentukan dua faktor yaitu *karakter/sifat* dan *jumlah/banyaknya* *hazard* tersebut.

Risiko merupakan kecenderungan (*likelihood*) akan terjadinya suatu kejadian, yang berkaitan erat dengan suatu alternatif perspektif, yaitu menaruh perhatian pada apa yang akan terjadi ke depan dan kemungkinan apa penyebab kejadian tersebut. Risiko juga menekankan pada ketersediaan pilihan untuk meminimalkan dampak yang mungkin terjadi.

Suatu kejadian dapat mempunyai risiko, apabila suatu kejadian atau kegiatan tersebut akan mengakibatkan kerugian atau ketidakpastian, perubahan atau pilihan yang dapat merugikan. Karena itu suatu risiko yang tinggi mungkin tidak berdampak pada kerugian yang sangat besar dan luas, tetapi menimbulkan ketidakpastian. Risiko tidak hanya pada *human loss*, tetapi juga terkait dengan *economic loss*.

Kapan suatu risiko dapat dikatakan berbahaya atau aman? Terminologi berbahaya atau aman terkait erat dengan paparan *hazard* terhadap manusia. Dikatakan berbahaya bila level risiko sudah melewati ambang toleransi. Sedangkan ambang toleransi bersifat normatif dan dinamik tergantung persepsi yang berlaku. Untuk mengetahui level atau *magnitude* dari risiko perlu diadakan analisis risiko.

Analisis risiko didefinisikan sebagai suatu metode analisis yang meliputi faktor penilaian, karakterisasi, komunikasi, manajemen dan kebijakan yang berkaitan dengan risiko tersebut.

Dalam melakukan analisis risiko, tahapan kegiatannya antara lain meliputi, *identifikasi hazard*, *proyeksi risiko*, *penilaian risiko* dan *manajemen risiko*. Penilaian risiko dapat dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Dalam melakukan *identifikasi hazard*, maka akan didapat tipe hazard dan magnitude hazard.

Proyeksi atau *estimasi risiko* dilakukan untuk *me-rating* risiko berdasarkan kecenderungan bahwa risiko tersebut akan menjadi kenyataan dan segala konsekuensi dari masalah yang berhubungan tersebut. Proyeksi risiko merupakan komponen utama tahap penilaian risiko. Tahap ini meliputi: penetapan skala yang merefleksikan persepsi kecenderungan suatu risiko. Skala dapat bersifat kualitatif maupun kuantitatif, dalam menggambarkan konsekuensi dari risiko, menetapkan dampak dari risiko, dan ketetapan secara menyeluruh dari proyeksi risiko.

Sedangkan *penilaian risiko* adalah memberi bobot berdasarkan persepsi dampak dan prioritas. Dampak merupakan fungsi dari tiga faktor berikut :

- Kecenderungan akan terjadinya kejadian

- Lingkup risiko, merupakan kombinasi tingkat keparahan dan jangkauan distribusi risiko
- Waktu dan lamanya dampak dirasakan

Teknik penilaian risiko dapat dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Karakteristik dari penilaian kualitatif meliputi: tipe efek kesehatan, estimasi frekuensi paparan (harian, mingguan, bulanan), lokasi hazard dalam hubungannya dengan tempat kerja. Karakteristik penilaian kuantitatif meliputi: data pengukuran paparan, konsentrasi zat, angka kesakitan/kematian, *modeling analisis konsekuensi paparan hazard* dan *modeling frekuensi paparan*.

Tujuan dari Hazop adalah:

- untuk identifikasi bahaya pada sarana dan peralatan di suatu industri proses*
- untuk identifikasi masalah operasi yang dapat mengakibatkan kegagalan perencanaan produksi.*

Identifikasi bahaya dengan teknik Hazop dapat dilakukan untuk hal-hal berikut:

- untuk rancangan pabrik baru,*
- untuk modifikasi pabrik dan*
- untuk pabrik existing.*

Pada pabrik baru Hazop dilakukan pada saat P&ID telah tersedia. Untuk modifikasi pabrik Hazop dilakukan pada sekitar terjadinya modifikasi dan keterkaitan dengan sistem secara menyeluruh. Sedangkan untuk pabrik existing Hazop dipakai untuk mengidentifikasi bahaya yang tersembunyi, karena mungkin pada saat pabrik dibangun belum dilakukan study Hazop.

Dasar dan teknik Hazop adalah mengidentifiksasi bagaimana suatu proses dapat menyimpang atau mengalami deviasi dari tujuan *design* (rancangan). Logikanya, suatu bahaya diasumsikan akan terjadi hanya jika proses mengalami penyimpangan dari tujuan rancangannya. Jika tidak dikendalikan di dalam batasan rancangan (*design limit*), maka akan terjadi bahaya. Misalnya amoniak cair yang disimpan dalam tanki penyimpan amoniak (*ammonia storage*) mempunyai bahaya jika tidak dioperasikan sesuai rancangannya

Jika proses tersebut dirancang, dibangun, dioperasikan, dan dipelihara secara baik, maka tidak akan menimbulkan bahaya. Penekanan pada studi Hazop adalah mengidentifikasi potensi bahaya, tidak mencari jawaban (solusi) untuk mengurangi bahaya tersebut.

Teknik Hazop adalah *teknik kualitatif*, pada teknik ini tidak mutlak diperlukan untuk menetapkan besarnya angka probabilitas terjadinya bahaya yang diidentifikasi.

Pada teknik ini digunakan *guide word* (kata kunci) yang dikombinasikan terhadap parameter proses. Oleh karena itu, studi Hazop tidak sama dengan cara tradisional yang dilakukan untuk mereview P&ID. Review P&ID saat itu hanya dimaksudkan untuk menjamin bahwa *design* memiliki "*instrumentation, piping, material, etc, to operate as design*". Tim perancang (*team of designer*) mereview gambar-gambar dan memeriksa kelengkapan tanpa metodologi formal.

Sedangkan dengan metode Hazop, tim mereview sistem yang dirancang untuk dioperasikan secara normal dan mempertimbangkan seluruh jenis *deviations* (penyimpangan) dari kondisi normal yang dapat terjadi dengan menggunakan metode yang sangat *terstruktur*. Teknik Hazop membuka tabir permasalahan keselamatan dan operasi (*safety and operating problem*).

Teknik Hazop mudah dipelajari, dengan diberikan induksi selama 1 sampai 2 jam mengenai Hazop, biasanya suatu tim dapat diarahkan untuk memulai suatu studi Hazop.

Interaksi tim akan memacu kreatifitas dan membangkitkan ide-ide. Rapat Hazop dilaksanakan dengan prinsip urun rembuk yang terstruktur (*structured brainstorming*).

Proses pemeriksaan sangat sistematis karena setiap *line* dan *vesel* (atau peralatan lainnya) dalam lingkup studi diperiksa dengan berbagai variasi deviasi.

Beberapa kelemahan/keterbatasan dari studi Hazop antara lain :

- Keberhasilan studi Hazop sangat tergantung pada akurasi gambar P&ID dan data. *Up date* P&ID akan memberikan *road map* (peta jalan) untuk pelaksanaan Hazop. Jika gambar tidak akurat maka review tidak memadai.
- Review Hazop memerlukan Tim dengan komposisi anggota dari beberapa disiplin ilmu yang diperlukan seperti: *K3LH, Process Engineering, Instrument, Operasi, Mekanik dan inspeksi*.
- Review Hazop memerlukan waktu yang panjang sehingga perlu adanya komitmen dari Anggota Tim dan Manajemen. Untuk review proses yang sederhana perlu waktu sekitar 2 minggu dan untuk yang kompleks perlu waktu lebih lama lagi.

Anggota Tim sebaiknya tidak boleh berganti-ganti, terutama Tim Utama (*key team*). Jika ditemukan permasalahan yang tidak dapat dijawab oleh Tim, maka

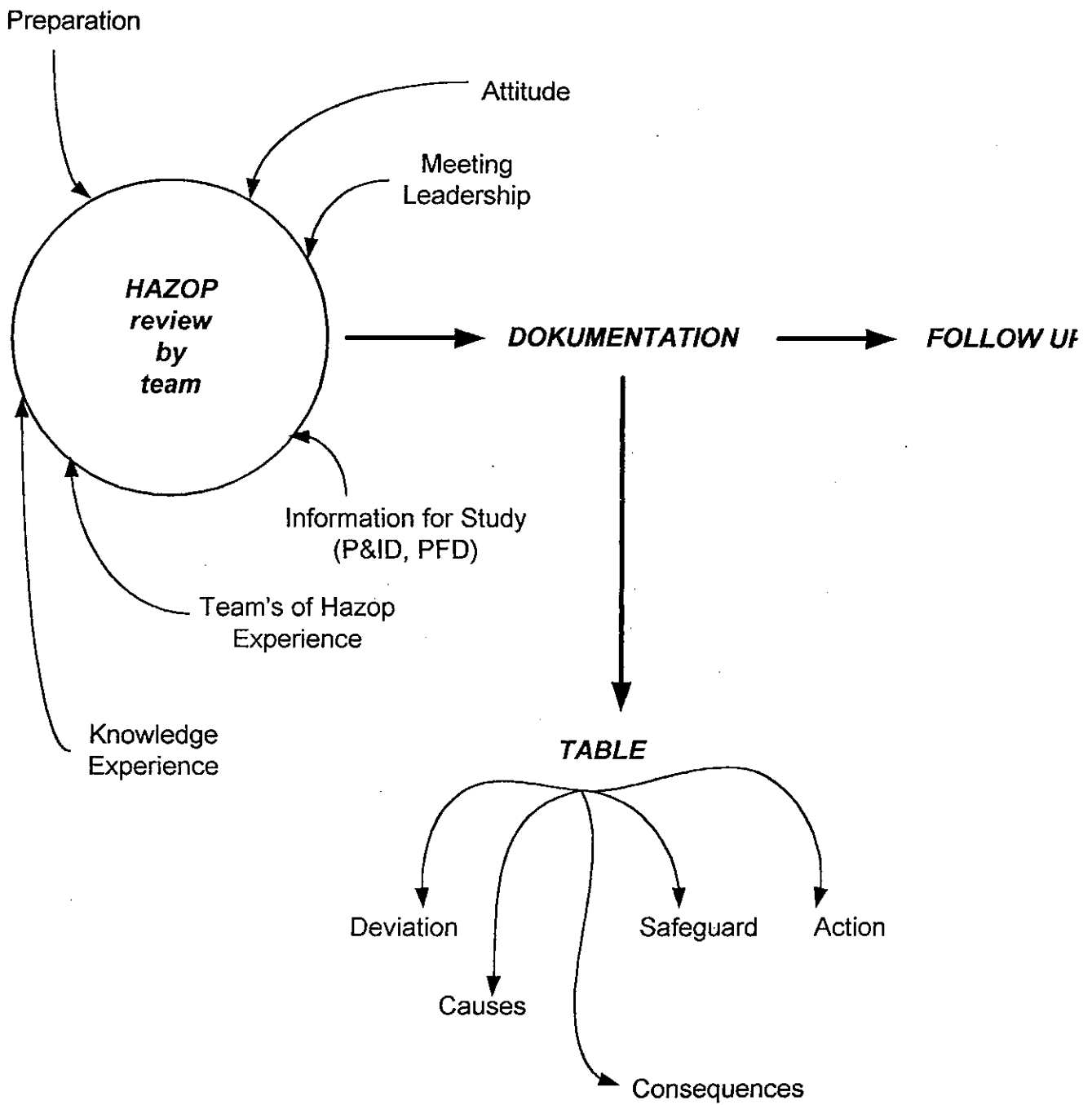
hal tersebut sebaiknya dicatat sebagai *outstanding items* yang perlu direview oleh tim diluar Hazop.

Untuk dapat melaksanakan studi Hazop perlu memahami benar hal-hal berikut: *Study nodes* (titik studi), *Parameters*, *Intentions* (tujuan), *Guide Word* (kata penuntun), *Deviations* (penyimpangan), *Causes* (penyebab), *Consequences* (akibat), *Hazard* (bahaya) dan *Safeguard* (pengaman).

Di dunia Internasional Teknik Hazop telah berkembang sejak tahun 1960 an, namun keberadaan Hazop di Indonesia baru populer sekitar tahun 1990 an. Oleh karena itu Tanki Penyimpanan Amoniak di PT Pupuk Kaltim baru di lakukan Studi Hazop pada tahun 2001, itupun baru satu Tanki yang baru yaitu T-101(lihat *Lampiran 4*), sedangkan untuk tanki lama F-3001 sampai penelitian ini dillakukan baru di mulai..

Namun yang mengembirakan pihak Manajemen Puncak kini mewajibkan untuk melakukan studi Hazop bila akan melakukan modifikasi peralatan. Untuk pabrik-pabrik baru misalnya K-4, KPA dan KPI, dokumen Hazop tersebut sudah lengkap (seluruh sistem)

Teknik Hazop digambarkan sebagai berikut:



TEKNIK HAZOP

Gambar 9:

IV.3.3. ASPEK PERILAKU

Dalam menghadapi situasi yang potensial menimbulkan bahaya maka perlu dipahami aspek perilaku karyawan yang terlibat dalam pekerjaan tersebut. Perlu diyakinkan bahwa pekerja yang menangani operasional sistem penyimpanan amoniak mengerti standar perilaku berikut :

- Persepsi tentang bahaya (tidak meremehkan terhadap bahaya sekecil apapun)
- Mengenal potensi-potensi bahaya yang ada
- Mempunyai dasar-dasar pengetahuan, dan kepedulian terhadap pencegahan bahaya.
- Mampu melakukan tindakan penyelamatan bila terjadi kecelakaan

Aspek perilaku yang kita tinjau dalam pembahasan ini meliputi: *pemakaian alat-alat keselamatan kerja, sosialisasi dan law enforcement.*

IV.3.3.1. Pemakaian Alat Keselamatan Kerja

Pemakaian alat keselamatan kerja (alat pelindung diri) sangat diperlukan, walaupun pencegahan kecelakaan yang terbaik adalah peniadaan bahaya. Alat-alat keselamatan kerja tersebut antara lain: *masker, google, sepatu safety, ear plug* dan sebagainya.

Google (kaca mata pengaman)

Jumlah kecelakaan kerja yang menimpa mata sangat besar, untuk itu diperlukan alat pelindung mata tersebut. PT Kaltim telah mewajibkan karyawan yang memasuki daerah pabrik harus memakai pelindung mata (*google*), terutama bila memasuki *Ammonia Storage Unit*.

Safety Soes (sepatu pengaman)

Sepatu pengaman harus dapat melindungi tenaga kerja terhadap kecelakaan yang disebabkan oleh beban berat yang menimpa kaki, paku, benda tajam lain, logam panas/dingin, basa, asam, sengatan listrik dan lain sebagainya. Untuk itu di PT Pupuk Kaltim diwajibkan memakai *safety soes* bila memasuki daerah pabrik.

Hand Glove (sarung tangan)

Sarung tangan bermacam-macam, tergantung kepada berbagai jenis kecelakaan yang akan dicegah yaitu: tusukan, sayatan, terkena panas, bahan kimia, aliran listrik, radiasi dan lain sebagainya.

Safety Helmet (topi pengaman)

Di PT Pupuk Kaltim setiap orang yang akan memasuki area pabrik harus memakai topi pengaman. Hal ini dimaksudkan untuk melindungi kepala bila ada benda jatuh atau terbentur benda keras. *Safety Helmet* harus cukup keras, kokoh, tetapi ringan.

Ear Plug dan Ear Muff

Perlindungan terhadap kebisingan dilakukan dengan mewajibkan setiap orang yang memasuki area pabrik memakai *EarPlug* atau *Ear Muff*, khusus untuk memasuki area kompresor disarankan menggunakan *Ear Muff*.

Masker dan Breathing Aparatus

Bila memasuki alat (*Vesef*) yang memungkinkan kekurangan oksigen harus menggunakan *breathing apparatus* yang dilengkapi dengan suplai oksigen. *Masker* dapat berfungsi melindungi paru-paru dari pencemar-pencemar yang mungkin berbentuk gas, kabut, debu dan lain sebagainya. Untuk bekerja di *Ammonia Storage Unit* harus digunakan masker yang khusus digunakan untuk gas amoniak.

Alat Pelindung Diri Lainnya

Alat pelindung diri yang tersedia bermacam-macam sesuai dengan keperluan jenis pekerjaan dan jenis pencegahan kecelakaan. Contohnya *sabuk pengaman* harus digunakan bila seseorang bekerja di tempat yang tinggi, hal ini dilakukan untuk mencegah bahaya terjatuh.

IV.3.3.2. Sosialisasi

Kecelakaan adalah kejadian yang tidak terduga yang tidak diharapkan. Tak terduga karena peristiwa tersebut terjadi pada kondisi yang tidak ada unsur kesengajaan, terlebih dalam bentuk perencanaan. Tidak diharapkan karena peristiwa itu disertai beberapa kerugian pada pekerja maupun lingkungan.

Secara umum dinyatakan bahwa kecelakaan itu disebabkan oleh dua hal: 1) *unsafe human act* (tindakan manusia yang tidak memenuhi standar keselamatan), dan 2) *unsafe conditions* (kondisi/keadaan lingkungan yang tidak aman).

Dari berbagai penelitian menyatakan bahwa faktor manusia merupakan penyebab kecelakaan yang paling utama yaitu 80% hingga 85%.

Untuk mencegah terjadinya kecelakaan di tempat kerja, khususnya bagi pihak yang terlibat di unit penyimpanan amoniak perlu langkah-langkah sosialisasi berikut:

1. Mensosialisasikan peraturan perundangan, yaitu ketentuan-ketentuan yang diwajibkan mengenai kondisi kerja pada umumnya.
2. Menetapkan standar-standar kerja, dimana standar tersebut dibuat harus memenuhi standar keselamatan kerja.
3. Melakukan pengawasan untuk meyakinkan. Apakah dipatuhinya ketentuan-ketentuan dan peraturan perundang-undangan yang diwajibkan.
4. Mensosialisasikan hasil penelitian yang bersifat teknis, yang meliputi sifat-sifat dan ciri amoniak serta bahan berbahaya lainnya, pengujian alat perlindungan diri, penelitian tentang pencegahan peledakan. Dan akibat paparan cairan/uap amoniak.
5. Mensosialisasikan tentang riset medis yaitu penelitian yang terkait dengan efek-efek fisiologis, patologis, faktor lingkungan, teknologis dan keadaan fisik yang menyebabkan terjadinya kecelakaan.
6. Mensosialisasikan hasil penelitian psikologis, yaitu penyelidikan tentang pola-pola kejiwaan yang menyebabkan terjadinya kecelakaan.
7. Memberikan pengertian dan pendidikan yang cukup kepada setiap pekerja yang menyangkut kesehatan dan keselamatan kerja.
8. Menyajikan data-data statistik tentang kecelakaan serta memberi penjelasan kepada semua pihak tentang keadaan tersebut, untuk memberi peringatan tentang bahaya yang dihadapi, agar semua pihak waspada.

Hal-hal yang harus disosialisasikan kepada setiap tenaga kerja pada prinsipnya ada empat hal:

- a. kondisi bahaya yang mungkin timbul akibat adanya sistem penyimpanan amoniak,
- b. pengamanan dan alat-alat perlindungan apa yang harus digunakan,
- c. alat pelindung diri tenaga kerja yang bersangkutan, dan
- d. cara dan sikap yang aman dalam melakukan pekerjaan.

Perlu diingat bahwa tidak ada satu peralatanpun di unit sistem penyimpanan amoniak yang dapat dioperasikan tersendiri tanpa mempengaruhi sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu setiap karyawan yang bekerja pada unit ini maupun yang terkait perlu mempelajari *Intruksi Manual* secara menyeluruh, dan berusaha memahaminya, agar terhindar dari kesalahan operasional dan kerusakan peralatan. Demikian juga agar *preventive*

maintenance selalu dilakukan sesuai yang direkomendasi oleh masing-masing fabrikasi peralatan.

Karena amoniak merupakan B3, maka dalam menanganinya perlu benar-benar memperhatikan indikator-indikator yang terkait dengan keselamatan kerja. Setiap pekerja yang terlibat dalam proses operasional atau *maintenance* harus *familiar* serta mengenal benar-benar sistem di unit *ammonia storage* ini, serta mengenal batasan-batasan operasional, sehingga dapat melakukan tindakan pengamanan bila terjadi kasus *emergency*.

Sosialisasi terhadap berbagai aspek yang menyangkut keselamatan ini harus terus menerus dilakukan. Terutama pada saat start up atau pengisian awal tanki, pekerja dan atasannya harus melakukan pertemuan khusus yang membahas dan mereview prosedur start up tersebut.

Karyawan di *unit ammonia storage* harus dilatih bagaimana mengoperasikan unit ini secara aman, menangani prosedur *emergency* dan melakukan P3K (Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan).

Ajuran-anjuran terhadap keselamatan dan kerja berikut harus benar-benar dipahami dan dipatuhi sebelum memasukkan amoniak ke *ammonia storage*, yaitu:

1. Tanda "No Smoking/Dilarang Merokok" harus ditempatkan pada lokasi yang strategis agar mudah dilihat.
2. Singkirkan kabel-kabel *temporay light* yang tak terpakai.
3. Singkirkan mesin las dan *portable generator* yang selesai digunakan.
4. Singkirkan tabung-tabung oksigen dan tabung gas bekas pengelasan yang tak terpakai.
5. Singkirkan *cleaning solvents*, cairan dan padatan yang mudah terbakar, terutama yang terletak diatas pipa-pipa proses di unit *ammonia storage*.
6. Peralatan safety berikut harus tersedia di lokasi: *hoses* untuk *hydrant water*, alat pemadam kebakaran beserta perlengkapannya, baju tahan api, pakaian/jas hujan dari plastik yang tahan terhadap cairan amoniak, *Safety gloves*, alat-alat bantu pernafasan, *explosive meter*, *oxigen analyzer*, dan berbagai peralatan lainnya.

Peralatan pelindung diri (alat-alat keselamatan kerja diatas) harus selalu dipelihara, diperiksa dan diuji kelayakannya secara berkala dan kontinyu. Begitu pula *respiratory protective equipment* harus selalu disterilkan secara rutin baik sebelum dan sesudah dipakai.

Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan (P3K)

P3K diberikan tergantung pada tipe dan lamanya paparan amoniak. Berikut adalah instruksi umum yang harus diberikan jika ada seseorang yang terpapar amoniak, segera bawa ke klinik / rumah sakit serta harus ditangani oleh tim medis yang profesional jika terjadi kecelakaan serius.

Bila terpapar amoniak pada konsentrasi yang tinggi, dapat diberikan oksigen dengan catatan diberikan oleh pihak yang berwenang (tim medis). Jika pasien tidak dapat bernafas sebaik segera diberikan pernafasan buatan. Pasien harus ditaruh diposisi yang nyaman dan diistirahatkan hingga tim medis datang.

Dalam kasus amoniak terkena mata atau kulit, segera siram dengan air yang mengalir dalam jumlah yang banyak. Jika amoniak terkena sekujur tubuh, bawa pekerja ke bawah *shower* (pancuran air) dengan segera. Pakaian dan sepatu yang terkena cairan amoniak harus dilepas dibawah *shower* sambil tetap disiram saat melepaskannya. Dalam hal ini harus diguyur air terus menerus sekitar 15 menit, untuk meyakinkan amoniak benar-benar larut semuanya dalam air yang mengalir tersebut.

Walaupun hanya sedikit amoniak yang terkena mata, harus diguyur air minimum 15 menit. Setelah itu bawa ke petugas medis untuk pemeriksaan lebih lanjut.

Aspek Keselamatan Kerja pada Pengoperasian Pabrik

Uap amoniak yang terdapat di dalam *line* tekanan tinggi , misalnya yang ada di *discharge* kompresor sekitar 10,5 Bar (150 PSI). Pada saat kompresor start atau setelah ada perbaikan kemungkinan saja ada kebocoran. Kebocoran tersebut bisa saja terdeteksi oleh pendengaran atau *feeling*. Jika seorang pekerja mendengar kebocoran maka secara alami dan reflek ia akan mencari sumber bocoran tersebut. Tetapi *feeling* tersebut sangat membahayakan bila tidak hati-hati.

Kebocoran dengan lubang kecil beberapa milimeter saja dengan tekanan tinggi malah membahayakan kalau disentuh dengan jari atau terkena tangan (bisa-bisa diamputasi). Untuk meyakinkan bocoran tersebut gunakan tongkat yang panjang dimana ujungnya diberi/ diikat kain perca, dimana untuk meyakinkan bocoran melalui lambaian kain perca tersebut. Ingat arah angin agar tak kena paparan uap amoniak. Disamping itu untuk meyakinkan bocoran tersebut bisa menggunakan *explosive meter*.

Untuk mengoperasikan manual drain untuk cairan amoniak atau vent untuk uap amoniak ke atmosfer, pekerja harus mengetahui sumber fluida yang di *vent* atau di *drain* tersebut, meyakinkan dapat diisolate atau tidak seandainya anda kerusakan vent atau drain. Karena sejumlah cairan dapat memancar dalam waktu yang singkat melalui drain valve pada tekanan tinggi (misalnya discharge pompa transfer tekanannya 27 kg/cm²)

Untuk hal-hal berikut harus diperhatikan saat mengoperasikan drain atau vent

:

1. Yakinkan drain atau vent tersebut untuk service tekanan tinggi atau rendah. Jangan pernah membuka valve vent atau drain terlalu cepat karena berbahaya.
2. Yakinkan drain atau vent mengarah ke daerah yang aman
3. Jangan melakukan vent gas dingin atau drain cairan amoniak pada temperatur rendah menggunakan material yang tidak cocok untuk temperatur rendah.
4. Jangan mencoba mengintip lubang drain atau vent sebelum yakin vesel (sumber) tidak ada tekanan dan kosong (*depressurized*).
5. Jangan mengarahkan drain cairan amoniak tekanan tinggi langsung ke tanah atau permukaan yang kasar lainnya, untuk menghindari semburatnya cairan.

Untuk meyakinkan operasional benar-benar aman hal-hal berikut harus diperhatikan:

Kebocoran pada flange temperatur rendah

Sistem perpipaan yang digunakan untuk mengalirkan cairan amoniak temperatur rendah, harus tahan terhadap perubahan temperatur (*thermal effect*) yaitu temperatur yang sangat dingin. Setiap material yang kontak dengan temperatur dingin akan kontraksi atau mengkerut. Di dalam sistem perpipaan yang digunakan untuk temperatur rendah seringkali terjadi kebocoran pada sambungan pipa (*flanges*) akibat kontraksi tersebut.

Idealnya suatu peralatan, baik flange maupun peralatan lainnya tidak terjadi kebocoran walaupun sangat kecil. Namun bila terjadi kebocoran hendaknya tidak melebihi batasan toleransinya, yaitu kebocoran tersebut tidak melebihi 100 ppm, karena konsentrasi 25 ppm hingga 100 ppm merupakan *Maximum Allowable Concentration* (MAC) yakni konsentarsi maksimum amoniak dalam udara terbuka.

Untuk meyakinkan apakah ada kebocoran kebocoran kecil atau tidak pada *flange* diperlukan beberapa waktu untuk melakukan *cooling down* pada line perpipaan, jika *cooling down* komplit tapi masih ada kebocoran pada flange biasanya diadakan pengikatan pada baut-baut flange atau penggantian gasket untuk flange tersebut. Hati-hati pekerja harus menggunakan alat pelindung diri yang diperlukan untuk pekerjaan tersebut.

Kebocoran packing pada valve

Seringkali terjadi kebocoran pada packing valve. Bila valve tersebut digunakan untuk cairan amoniak yang dingin kebocoran tersebut berbahaya. Valve tersebut secara visual harus diperiksa saat *cooling down*, demikian juga dilakukan patroli secara periodik untuk meyakinkan apakah ada kebocoran pada packing saat operasi normal.

Bahaya Kebakaran

Amoniak bisa terbakar di udara pada konsentrasi tertentu yaitu 16% sampai 26% volume. Konsentrasi pada kondisi tersebut jarang ditemui pada unit sistem penyimpanan amoniak, tetapi konsentrasi ini ada pada unit proses, karena konsentrasi pada unit *Ammonia Storage* sekitar 99,9%. Jika amoniak bercampur dengan bahan yang mudah terbakar misalnya oli maka akan meningkatkan bahaya kebakaran.

Bila amoniak kontak dengan bahan kimia tertentu, misalnya *mercury*, *chlorine*, *iodine*, *bromine*, *calcium*, *siver oxide*, dan *hypochlorite* dapat terbentuk zat yang *explosive* (dapat meledak). Untuk itu diperlukan ventilasi agar disirkulasi udara baik, sehingga konsentrasi amoniak di suatu tempat di bawah 25 ppm.

Isolation valve dan vent

Isolation valve terdapat pada sensor peralatan instrument untuk tekanan. Peralatan instrument tersebut dapat diisolate dari sistem yang bertekanan pada saat ada pekerjaan pemeliharaan alat dengan jalan menutup *isolation valve* tersebut. Namun harus hati-hati sebelum melepaskan peralatan instrument tersebut agar di vent dulu pelan-pelan, dan yakinkan tidak ada bocoran yang melalui *isolation valve* saat melepas.

Sistim perpipaan yang menuju tanki penyimpanan amoniak

Cairan amoniak yang terdapat pada sistem perpipaan tekanannya dapat naik melebihi tekanan tanki. Hal ini dapat terjadi misalnya cairan yang telah ter

block diperpipaan tersebut, yang sebelumnya sudah bertekanan, lalu tekanan tersebut naik bertambah tinggi akibat adanya pemanasan pada udara ambient, apalagi bila ada sinar matahari. Cairan yang terdapat pada perpipaan tersebut lebih panas daripada temperatur cairan amoniak di tanki penyimpanan, oleh karena itu harus hati-hati pada saat membuka valve di line yang menuju tanki tersebut, agar tidak terjadi kenaikan tekanan tanki yang mendadak.

IV.3.3.3. Law Enforcement

Law Enforcement (penegakan hukum) merupakan salah satu pendekatan aspek perilaku yang penting, sebab sebaik apapun suatu peraturan, tidak akan ada artinya bila tidak dipatuhi. Salah hal yang menyebabkan mengapa diindahkan peraturan adalah *law Enforcement*.

Dalam pengoperasian sistem penyimpanan amoniak, diperlukan aturan yang ketat bagi pekerja atau pihak-pihak yang memasuki area tersebut, karena amoniak adalah zat yang berbahaya. Penegakan hukum di sini meliputi *compliance* (penataan) dan *enforcement* (penindakan/penegakan).

Di PT pupuk Kaltim, penataan aturan mencakup peningkatan kesadaran karyawan yang meliputi kegiatan penyuluhan, penyebarluasan informasi mengenai bagaimana memasuki area sistem penyimpanan amoniak.

Aturan-aturan itu meliputi siapa saja yang boleh memasuki *ammonia storage unit*, peralatan keselamatan kerja apa saja yang harus digunakan bila memasuki unit tersebut, serta hal-hal apa saja yang tidak boleh dilakukan bila memasuki area tersebut. Serta sanksi apa saja yang diberikan bila tidak mematuhi aturan yang berlaku.

IV.3.4. ASPEK REGULASI

Aspek Regulasi meliputi pembahasan berikut: *Undang-Undang, Keputusan Pemerintah dan Keputusan Menteri*.

IV.3.4.1. Undang-Undang

Pengoperasian sistem penyimpanan amoniak harus memperhatikan Undang-Undang Lingkungan Hidup (UULH). Di mana undang-undang tersebut di Indonesia merupakan produk hukum yang baru yang telah berkembang berdasarkan pemikiran yang mengacu pada prinsip-prinsip ekologis.

Dengan adanya Undang-Undang Lingkungan Hidup terjadi perubahan prinsip hukum yang semula bersifat *homo centris* menjadi bersifat *eco centris*. Oleh karena itu setiap industri termasuk PT Pupuk Kaltim dalam melakukan

proses produksi dan penyimpanan produknya harus memperhatikan aspek-aspek ekologis sebagaimana tertuang dalam Undang-Undang tersebut.

Terbentuknya Undang-Undang No.4 Tahun 1982 tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup di Indonesia, yang diperbaharui dengan Undang-Undang No.23 Tahun 1997 atau UULH-97 (selanjutnya disebut UULH-1982/97) merupakan salah satu peristiwa penting, baik dilihat dari sudut pembangunan nasional maupun dari sudut hukum nasional.

Masuknya aspek lingkungan dalam konsep pembangunan nasional (pembangunan berwawasan lingkungan) terkait erat dengan perkembangan global yang isu sentralnya adalah masalah lingkungan. Sedangkan dari sudut hukum masuknya aspek lingkungan dalam proses pembentukan hukum baru di tingkat nasional dipengaruhi oleh *Deklarasi Stockholm 1972* (Konferensi PBB tentang Lingkungan Hidup) dan *Laporan Komisi Brundland, Our Common Future, 1987*, serta *Deklarasi Rio 1992*.

Konsepsi pembangunan berwawasan lingkungan dimulai sejak Repelita II (1974), namun dalam prakteknya hal tersebut implementasinya perlu penyempurnaan.

IV.3.4.2. Peraturan Pemerintah

Dengan meningkatnya kegiatan pembangunan industri, serta pemanfaatan alam dalam proses industri maka gangguan terhadap lingkungan tak dapat dielakkan. Oleh karena itu diperlukan aturan untuk meminimasi dampak negatif tersebut

Salah satu instrumen yang dapat digunakan untuk mengatur (regulasi) disamping Undang-Undang adalah Peraturan Pemerintah. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia yang menyangkut aspek-aspek lingkungan hidup dan kini masih berlaku adalah:

1. PP No.74 Th. 2001 tentang Pengelolaan Bahan Berbahaya dan beracun
2. PP No.82 Th. 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
3. PP No.19 Th.1999 tentang Pengendalian Pencemaran dan/atau Perusakan Laut
4. PP No.41 Th.1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.

Karena amoniak termasuk bahan yang berbahaya dan beracun , bila terpapar ke lingkungan tentu akan mencemari perairan dan merusak ekosistem laut, untuk itu pengendaliaannya harus memperhatikan keempat peraturan pemerintah diatas.

IV.3.4.3. Keputusan Menteri

Agar kegiatan industri dan kegiatan pembangunan lainnya tidak merusak (menurunkan baku mutu) lingkungan maka diperlukan suatu patokan atau baku mutu lingkungan sebagai bagian dari regulasi lingkungan hidup di Indonesia. Baku mutu tersebut tertuang dalam *Peraturan Menteri*. Adapun Keputusan menteri yang memuat baku mutu lingkungan tersebut antara lain:

1. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri
2. KEP-03/MENLH/1/1998 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kawasan Industri
3. KEP-13/MENLH/3/1995 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak
Sistem penyimpanan amoniak merupakan kegiatan industri yang harus berpedoman pada baku mutu yang tertuang dalam Keputusan Menteri diatas, hal ini dimaksudkan agar dampak negatif terhadap lingkungan dari kegiatan diatas dapat dicegah dan dieliminir.

IV.4. PEMBAHASAN

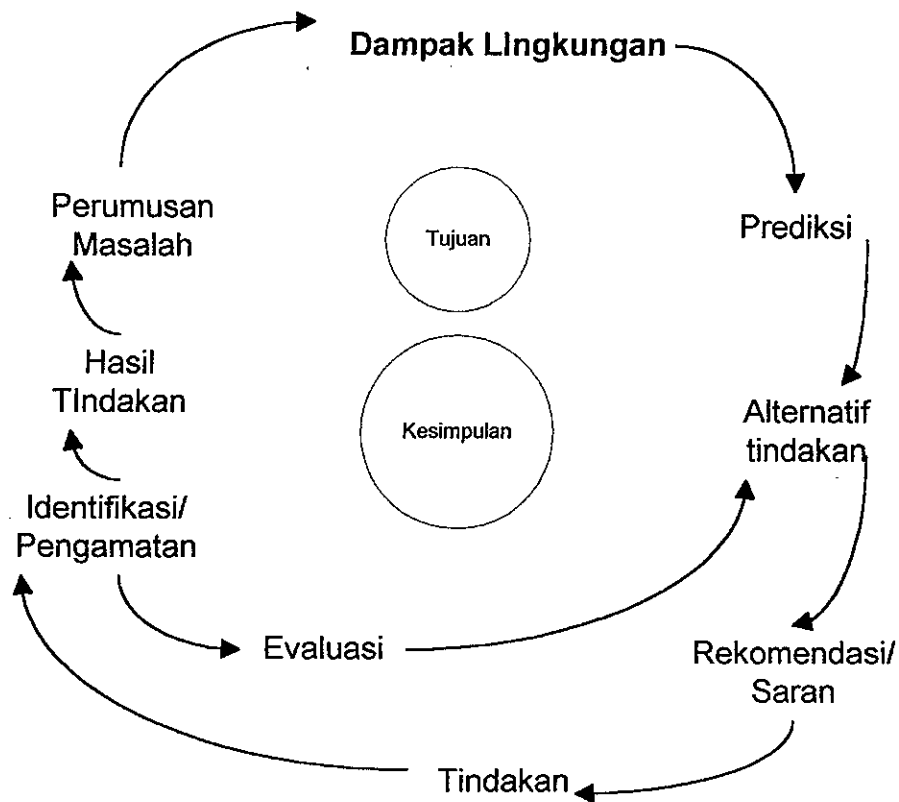
Sistem penyimpanan amoniak merupakan tahap akhir dari proses operasional yang ada di pabrik amoniak, sebelum dipasarkan melalui pengapalan. Tahap ini merupakan tahap yang penting disamping tahap produksi yaitu proses pembuatan amoniak dari bahan baku *steam* dan *gas alam*.

Evaluasi terhadap masalah operasional sistem penyimpanan amoniak kita lakukan melalui pendekatan terhadap aspek-aspek yang telah kita bahas, yaitu aspek teknis, aspek perilaku, aspek administrasi dan aspek regulasi.

Secara umum evaluasi diartikan sebagai *appraisal* (penaksiran), *rating* (pemberian angka) dan *assesmen* (penilaian) untuk menganalisa suatu kebijakan atau operasional suatu sistem.

Telah kami sebutkan di muka bahwa teknik pengumpulan data pada penyusunan tesis ini adalah *pertama* melalui *observasi* dimana pengamatan dan penelitian/identifikasi terhadap suatu gejala dilakukan secara langsung tanpa alat, dan *kedua* melalui analisis terhadap *data-data pustaka* yang tersedia.

Agar upaya minimasi dampak terhadap masalah operasional sistem penyimpanan ini berjalan sebagaimana yang kita harapkan, maka ilustrasi berikut dapat dijadikan acuan kerangka berfikir kita:



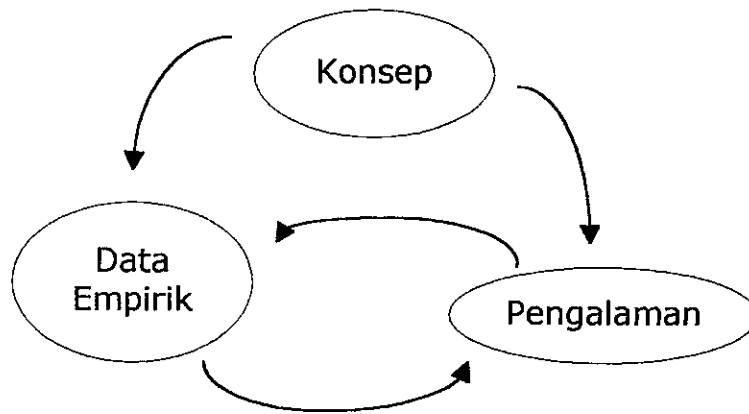
Gambar 10: Kerangka analisis evaluasi dampak

Menurut A. Chaidar Alwasilah dalam bukunya *Dasar-dasar Merancang dan Melakukan Penelitian Kualitatif* (2002), halaman 80 menyatakan:

Ada tiga masalah yang dihadapi pada penelitian atau evaluasi masalah, yaitu :

- Konsep
- Temuan empirik
- Pengalaman

Ketiga jenis masalah ini satu sama lain berinteraksi sehingga memunculkan pertanyaan-pertanyaan yang harus dijawab. Interaksi tersebut diperlihatkan oleh diadram berikut:



Gambar 11: Interaksi masalah

Seperti tampak dalam diagram diatas, problem muncul sebagai akibat interaksi antara tiga faktor atau lebih. Ketiga faktor itu memunculkan persoalan tertentu, yaitu :

- persoalan konsep muncul *conceptual problem*
- persoalan data empiris dilapangan timbul *action problem*
- dan dari pengalaman muncul *value problem*.

Melalui kerangka berfikir yang demikian ini, kita dapat melakukan identifikasi dan evaluasi masalah operasional sistem penyimpanan amoniak lebih terarah, dimana hal tersebut harus berujung pada sintesis pengetahuan yang membantu peneliti dan pihak-pihak yang terlibat pada operasional sistem penyimpanan amoniak untuk dapat menyelesaikan masalah, baik berupa pelurusan konsep, saran atau tindakan yang akan ditempuh (kebijakan) atau pelurusan nilai yang telah diyakini (revisi).

Evaluasi ini harus dilakukan pada berbagai kondisi operasional sistem penyimpanan amoniak yaitu pada saat *start up*, *normal operasi*, *shut down* dan *emergency*.

V.4.1. Start Up

Pada saat *start up* unit sistem penyimpanan amoniak tahap-tahap yang perlu kita perhatikan adalah:

- a. *purge* udara dengan nitrogen
- b. *purge* nitrogen dengan uap amoniak
- c. dan *cooling down* (pendinginan)

Sebelum operasi pendinginan, *purge* udara dengan nitrogen dan *purge* nitrogen dengan amoniak harus dilakukan, dengan maksud untuk mencegah agar tidak terjadi penurunan temperatur yang drastis yang akan mengakibatkan

thermal stress dan supaya tidak terjadi temperatur yang lebih rendah dari kondisi *design* tanki yaitu $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$, dengan masuknya amoniak cair ke tanki amoniak yang berisi nitrogen.

Purging Udara Dengan Nitrogen

Purge udara dengan gas nitrogen harus dilakukan pada semua peralatan yang ada di unit *ammonia storage* sebelum sistem ini dijalankan. Purge udara dengan gas nitrogen ini dikatakan selesai bila konsentrasi *oksigen* di sistem yang kita purge sudah lebih rendah dari 5% volume.

Tindakan berikut ini harus diperhatikan sebelum dan saat melakukan purging udara dengan nitrogen:

1. Pihak yang bertanggung jawab terhadap monitoring keselamatann kerja (*Bagian Safety*), harus berada di lokasi dan mengetahui pelaksanaan pekerjaan tersebut.
2. Semua jalan-jalan disekitar tanki harus dipasang tali/pagar dan gambar tanda keselamatan keselamatan kerja, untuk mencegah orang masuk area tersebut tanpa ijin.
3. Beberapa kabel yang masih beraliran listrik, peralatan pengelasan atau peralatan lainnya yang dapat menimbulkan kebakaran di atmosfer harus dijauhkan dari area tanki penyimpanan amoniak.
4. Semua *pressure safety valve* atau *vacuum breaker* harus sudah di check dan yakin bisa beroperasi dengan baik.
5. Manometer dengan skala yang lebih akurat harus sudah dipasang, agar tekanan tanki dapat dibaca dengan teliti.
6. *Temporary sampling point* harus sudah dipasang pada tempat-tempat dimana terjadi berlangsung proses *vent*.
7. Siapkan *log sheet* untuk mencatat data-data yang akurat setiap dua jam selama purge berlangsung. Pada *log sheet* tersebut minimal mencatat hal-hal berikut:
 - Tekanan tanki
 - Temperatur inlet nitrogen
 - Flow rate nitrogen
 - Tekanan inlet nitrogen
 - Kondisi ambient (temperatur dan tekanan)
 - Konsentrasi oksigen pada setiap *venting point* selama purge dengan nitrogen.

Operasi purging ini dilakukan dengan memasukkan nitrogen ke bagian bawah tanki dan di vent di bagian atas tanki. Temperatur nitrogen akan turun selama 2 jam dimulainya purge. Dimana sejak gas nitrogen dimasukkan akan terjadi pendinginan udara dalam tanki. Untuk itu temperatur nitrogen inlet tanki tidak boleh lebih rendah dari *design* tanki yaitu -33 °C.

Purging udara dengan nitrogen dilakukan sampai konsentrasi oksigen kurang dari 5% volume. Tutup valve venting bila purge telah selesai. Untuk mencegah *over pressure* (kelebihan tekanan) di dalam tanki pada waktu penutupan valve vent, maka rate gas nitrogen yang dimasukkan harus diturunkan.

Setelah purging selesai tekanan tanki harus dijaga pada positip 750 mmwg agar udara tidak masuk, hal ini terutama harus diperhatikan jika purging dengan uap amoniak nantinya.

Purge Nitrogen Dengan Uap Amoniak

Dengan selesainya purging dengan nitrogen berarti kandungan oksigen dalam tanki menurun di bawah ambang titik api dengan demikian diharapkan tidak akan terjadi api/kebakaran bila uap amoniak masuk ke tanki.

Adapun purging menggunakan uap amoniak dapat dilakukan persiapan sebagai berikut:

- Check *pressure gauge* dan *temperature indicator* tanki dapat bekerja dengan baik
- Yakinkan semua valve tanki tertutup, dan *PSV* dan *vacuum breaker* siap bekerja dengan baik.
- Yakinkan tanki penyimpanan amoniak sudah dipurging dengan nitrogen dan tekanan operasi dijaga 750 mmwg.
- *Rotating wind shock* (kantong petunjuk arah angin) harus dipasang di lokasi yang strategis, agar bila terjadi paparan amoniak pekerja bisa mengambil posisi yang aman.

Memasukkan cairan amoniak ke dalam tanki yang hanya berisi nitrogen atau amoniak dalam konsentrasi rendah, dapat mengakibatkan penurunan temperatur yang lebih rendah dari *design* metal tanki. Untuk itu harus dilakukan purging dengan uap amoniak agar tanki secara keseluruhan terisi uap amoniak sebelum memasukkan cairan amoniak.

Karena uap amoniak lebih ringan dari pada nitrogen maka bisa membentuk rongga diatas tanki bila purging dilakukan dari atas, untuk itu perging ini lebih baik dilakukan dari bawah.

Masukkan uap amoniak ke dalam tanki secara perlahan dan hati-hati, amati tekanan tanki, dan yakinkan kandungan gas yang di vent.

Purging dengan uap amoniak ini dilakukan hingga kandungan uap amoniak di dalam tanki tersebut sudah mencapai diatas 90% volume secara merata. Pertahankan tekanan tanki positif 750 mmwg untuk menghindari masuknya udara.

Pendinginan tanki penyimpanan amoniak (*cooling down*)

Untuk menghindarkan tekanan tanki yang berlebih, tekanan vacuum, serta penurunan temperatur tanki yang terlalu mendadak (*thermal stress*) maka hal-hal berikut harus mendapat perhatian:

- Selama pelaksanaan pendinginan tidak diijinkan tekanan tanki melebihi *design* tekanan atau vacuum tanki tersebut yaitu 1500 mmwg dan -50 mmwg.
- Waktu yang paling kritis selama pelaksanaan *cooling down* adalah beberapa saat pertama kali memasukkan amoniak cair ke tanki. Diharapkan tidak terjadi kenaikan tekanan atau penurunan tekanan yang terlalu drastis, untuk memasukan amoniak cair ke tanki harus perlahan-lahan, karena penambahan volume gas (penguapan amoniak cair) akan menaikkan tekanan kemudian terjadi penyusutan uap dalam tanki, seperti penurunan temperatur dari kondisi *ambient* ke temperatur rendah (dibawah 0 °C). Oleh karena itu, kemungkinan terjadinya penurunan tekanan yang tiba-tiba di dalam tanki dapat menyebabkan kondisi *vacuum*. Karena itu *flow* (aliran) amoniak cair yang pertama kali masuk ke tanki harus dibatasi, dengan mempertimbangkan ha-hal berikut:
- Tidak diijinkan nitrogen dan gas-gas lain berada di dalam tanki pada temperatur di bawah desigannya (-33 °C).
- Tidak diperkenankan menggunakan manometer atau barometer air raksa atau tipe alat ukur lain yang menggunakan air raksa disekitar tanki.

Persiapan sebelum *cooling down* tanki penyimpan amoniak adalah sebagai berikut:

- Yakinkan bahwa semua instrumentasi terpasang komplit, sudah dikalibrasi dan dapat beroperasi dengan baik.
- Semua pipa-pipa yang berhubungan dengan tanki sudah di purging.
- *Pressure Safety Valve* dan *Vacuum breaker* dan *Pressure Control* telah dites dan dapat bekerja dengan baik
- Yakinkan sistem refrigerasi dapat beroperasi.

Sebelum amoniak cair dimasukkan ke tanki, sistem refrigerasi harus sudah beroperasi. Tekanan tanki dipertahankan konstan dengan mengatur *Pressure Control valve* (PIC-102 atau PIC-3001). *Pengantian* uap amoniak diperoleh dengan memasukkan amoniak cair ke dalam tangki melalui pipa *cool down ring*.

Banyaknya amoniak cair yang masuk harus dikontrol dengan teliti, terutama saat pertama kali, untuk mencegah perubahan tekanan yang tidak normal.

Temperatur dinding tanki bagian dalam dan bawah harus selalu dimonitor setiap waktu. Selama pendinginan perbedaan temperatur maksimum diantara *thermocouple* terdekat dibatasi 30 °C. Rate temperatur pendinginan adalah 5 °C per jam.

Bila pendinginan diperkirakan sudah selesai (temperatur, kenaikan level dan tekanan stabil), memasukkan amoniak cair bisa dilakukan lewat line normal.

IV.4.2. Normal Operasi

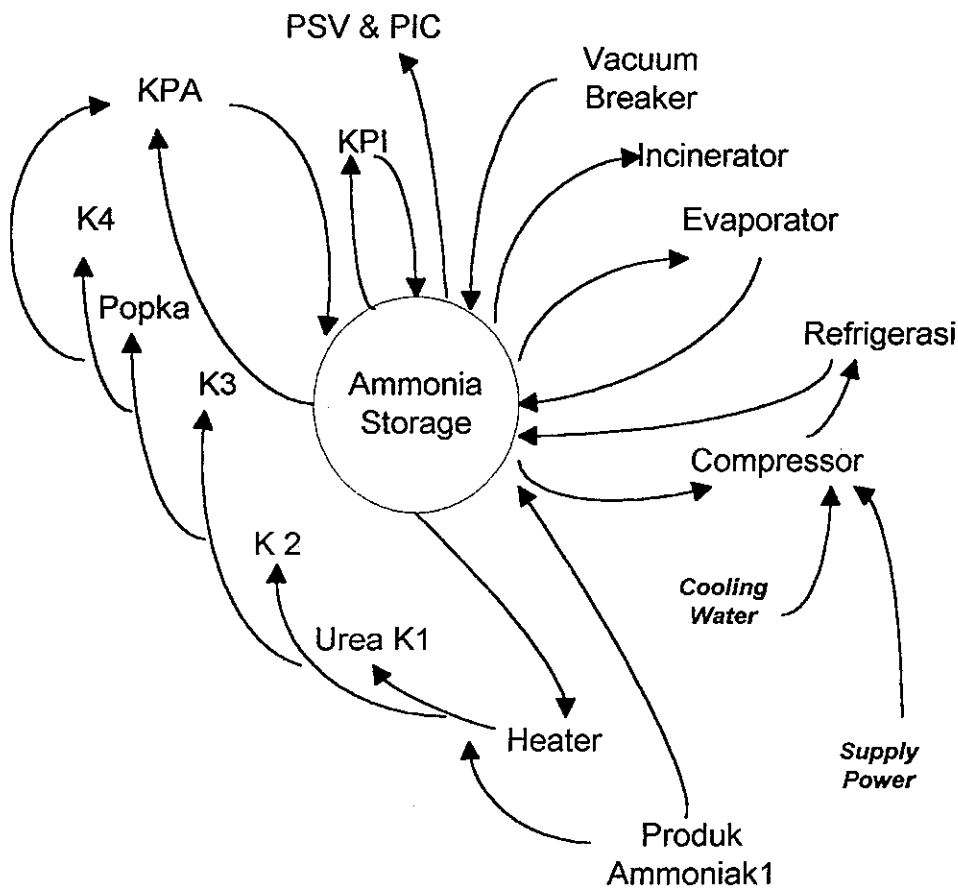
Pengertian normal operasi dari sistem penyimpanan amoniak, jika tanki penyimpan amoniak (*Storage tank*) terisi amoniak cair dari produk amoniak *synthesa loop* K-1, K-2, K-3 dan K-4 atau import dari *joint venture* (KPA dan KPI). Disamping itu dikatakan normal jika sistem refrigerasi sudah berjalan yang meliputi kompresor refrigerasi (*cooler, receiver* dan sebagainya).

Selama normal operasi tanki penyimpan amoniak T-101 dan tanki penyimpan amoniak F-3001 dapat dioperasikan paralel atau dioperasikan secara terpisah, dimana pengoperasian tersebut tergantung kebutuhan.

Kegiatan yang biasa dilakukan pada saat normal operasi antara lain:

- Loading amoniak ke kapal tanker.
- Transfer antar tanki penyimpanan.
- Penerimaan amoniak dari produk pabrik Amoniak K-1, K-2, K-3, K-4, serta joint venture KPI atau KPA.
- Transfer dari tanki F-3001 atau T-101 ke unit lain.

Kegiatan saat normal operasi dapat dijelaskan melalui gambar *analisis* dari *operasional sistem penyimpanan amoniak* berikut:



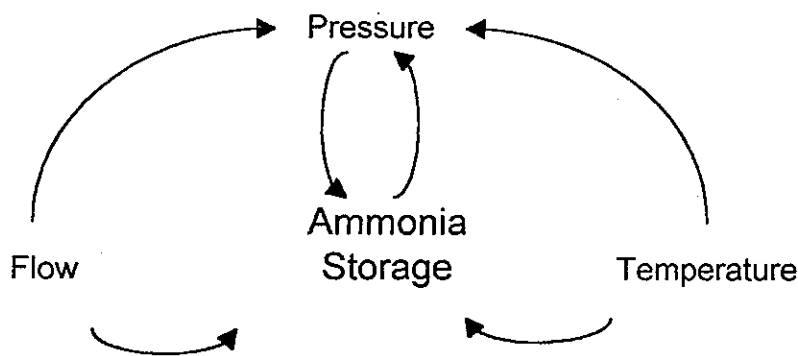
Gambar 12 : Analisis operasional sistem penyimpanan amoniak

Untuk lebih memahami kegiatan diatas lihat gambar pada lampiran 1: *Ammonia Storage & Interconnection Line* dan lampiran 2 *Distribusi Ammonia*.

Kegiatan-kegiatan tersebut harus dilakukan sesuai prosedur dan hati-hati agar dampak negatif dari operasional sistem penyimpanan amoniak tidak terjadi.

Pada saat normal operasi terdapat suatu sistem yang mengontrol operasional sistem penyimpanan amoniak melalui peralatan instrumentasi, peralatan mekanis, dan operator secara manual.

Variabel yang berpengaruh terhadap operasional tanki penyimpanan amoniak adalah *Flow* amoniak cair yang masuk maupun yang keluar tanki, *temperature* dan *pressure*. Namun variabel yang selalu dikontrol karena pengaruhnya yang paling signifikan, langsung dan cepat terhadap operasional sistem penyimpanan amoniak ini adalah *pressure* (tekanan)



Gambar 13: Variabel operasional sistem penyimpanan amoniak

Berikut ini adalah mekanisme pengontrolan tekanan pada sistem penyimpanan amoniak.

- Bila tekanan tanki naik, maka beban kompresor harus dinaikkan, untuk menambah jumlah *vapour* (uap) amoniak yang harus dikondensasikan dan dikembalikan lagi ke tanki penyimpanan amoniak tersebut dalam bentuk amoniak cair yang temperaturnya lebih dingin, sehingga diharapkan temperatur dan tekanan tanki akan turun lagi menuju kondisi normal.
- Bila beban kompresor sudah maksimum atau sistem refrigerasi mengalami problem maka tekanan akan naik terus, jika tekanan mencapai 1300 mmwg kondisi ini akan secara otomatis mengaktifkan PIC 102 untuk tanki T-101 dan PIC-3001 untuk tanki F-3001 sehingga valve tersebut akan membuka menyelamatkan kondisi tanki tersebut.
- Jika kondisi diatas tak terkendali dan tekanan naik terus hingga mencapai 1500 mmwg maka PSV 101 A/B/C untuk tanki T-101 serta PSV 3001A/B dan PSV 30015 akan membuka, untuk memproteksi tanki penyimpanan amoniak dari kerusakan akibat kelebihan tekanan.
- Bila tekanan jatuh hingga dibawah 250 mmwg maka *vapourizer* akan bekerja untuk menguapkan sebagian cairan amoniak agar tekanan naik menuju normal operasi, peralatan ini melindungi tanki agar tidak mencapai kondisi vakum.
- Bila tekanan tanki turun secara drastis hingga mencapai kondisi tekanan vakum yaitu -22 mmwg maka *vacuum breaker* akan bekerja untuk mencegah kerusakan tanki penyimpanan amoniak.

IV.4.3. Shut Down

Beberapa macam kejadian *shut down* di sistem penyimpanan amoniak dapat dijelaskan sebagai berikut:

Tanki penyimpanan amoniak

Bila level tanki penyimpan amoniak terlalu tinggi hingga menyentuh LSHH akan memberi signal untuk menutup HV (*isolating control valve*) yang akan menghentikan produk amoniak ke tanki penyimpanan.

Jika level terlalu rendah maka akan menyentuh *switch* LSSL sehingga akan menyentuh *isolating control valve* di *suction header* pompa loading dan pompa transfer, sehingga menghentikan kegiatan loading ke kapal atau transfer dari tanki. Peralatan tersebut disamping melindungi tanki juga melindungi pompa.

Kompresor refrigerasi

Bila terjadi kondisi emergency yang tak memungkinkan kita mendekati maka kompresor refrigerasi bisa di shut downkan melalui tombol shut down di control room. Sedangkan saat kondisi normal untuk mematikan kompresor bisa dilakukan lewat field atau via control room.

Ada beberapa *interlock* yang dipasang untuk melindungi kompresor dari kerusakan, sehingga bila menyentuh *switch* tersebut akan men *shut down* kan kompresor, yaitu:

- Tekanan *first stage* dari suction kompresor terlalu rendah hingga menyentuh switch PSSL
- Level *drum* pada suction kompresor terlalu tinggi (LSHH).
- Temperatur discharge kompresor tingkat ketiga terlalu tinggi (TSHH).
- Tekanan lube oil untuk kompresor terlalu rendah (PSSL).
- Tekanan tanki penyimpan amoniak terlalu rendah (PSSL)
- Kompresor jalan dengan beban 0% selama 15 menit.
- *Flow* (aliran) air pendingin untuk lube oil kompresor terlalu rendah.

Pompa Transfer dan Pompa Loading

Untuk memproteksi pompa transfer dan pompa loading agar tidak kavitasi (kekurangan suction) maka dipasang *switch interlock* yang akan mematikan pompa jika tekanan discharge pompa terlalu rendah. (PSSL).

Level cairan amoniak di ammonia receiver

Level cairan amoniak di *receiver* dikontrol oleh LV yang terletak di line out receiver yang menuju tanki *ammonia storage* secara otomatis, jika karena suatu hal level receiver terlalu rendah maka dideteksi oleh level switch LSSL sehingga akan menutup control valve yang mengatur level receiver tersebut melalui sistem interlock, peralatan ini dipasang untuk melindungi terjadinya semburan uap amoniak tekanan tinggi (discharge kompresor yaitu sekitar 15 kg/cm²) ke tanki penyimpanan amoniak (karena design tanki amoniak untuk tekanan rendah).

IV.4.4. Emergency

Yang dimaksud *emergency* disini adalah kondisi emergency secara operasional sedangkan bila terjadi kecelakaan industri yang menyebabkan kondisi gawat darurat yang besar telah ada juklak khusus yang dikeluarkan oleh perusahaan (lihat Lampiran 5: *Prosedur Penanggulangan Kecelakaan Industri*).

Secara operasional sistem penyimpanan amoniak dikatakan *emergency* jika kondisi tanki penyimpanan amoniak terjadi *kenaikan tekanan secara drastis*, dimana hal ini secara potensial dapat menyebabkan kejadian yang tak terduga dan tidak diharapkan yaitu *kecelakaan*.

Adapun faktor-faktor yang potensial menyebabkan keadaan emergency di unit sistem penyimpanan amoniak ini adalah sebagai berikut:

- Pabrik Urea Kaltim-1 shut down
- Power pabrik Kaltim-2 failure
- Power pabrik Kaltim-3 failure
- Kompresor refrigerasi G-3001, G-3002, K-101 A dan K-101 B shut down
- Seluruh pabrik mengalami failure.

Pabrik Urea K-1 shut down

Bila pabrik Urea K-1 shut down sedangkan pabrik Amoniak K-1 tetap beroperasi, maka produk pabrik Amoniak K-1 sebagian besar (seluruhnya) masuk ke unit *Ammonia Storage*. Hal ini menyebabkan kenaikan tekanan tanki penyimpan amoniak F-3001 maupun T-101 secara cepat (normalnya vapour amoniak dari F-3001 dan T-101 di *tie in*), sebab amoniak cair produk pabrik Amoniak K-1 yang masuk ke tanki temperaturnya jauh lebih tinggi bila dibanding temperatur amoniak produk dari pabrik Amoniak K-2, pabrik Amoniak K-3 maupun pabrik Amoniak K-4. Temperatur amoniak produk dari pabrik Amoniak K-

1 sekitar 3 °C sampai 10 °C, sedangkan temperatur produk pabrik amoniak K-2, pabrik Amoniak K-3 dan pabrik Amoniak K-4 sekitar -30 °C sampai -33 °C.

Jika pabrik Urea K-1 shut down, tindakan operasional yang harus dilakukan adalah :

- Start Kompresor yang stand by untuk menghindari tekanan tanki penyimpanan amoniak yang terlalu cepat.
- Kirim amoniak produk dari pabrik amoniak K-1 ke K2, K-3, K-4 dan pabrik Urea Popka semaksimal mungkin, agar amoniak dengan temperatur yang relatif panas (3 °C sampai 10 °C) tidak masuk ke tanki penyimpanan amoniak.
- Bila tekanan tanki penyimpanan amoniak masih mengarah naik, dan load kompresor refrigerasi yang running sudah maksimum, alirkan sebagian uap amoniak yang terbentuk ke *incinerator* untuk dibakar agar.
- Bila tindakan telah dilakukan sedangkan tekanan tank F-3001 dan tanki T-101 masih mengarah naik maka lakukan *cut rate* pabrik Amoniak Kaltim-1 agar aliran amoniak produk yang temperaturnya relatif tinggi berkurang sehingga diharapkan tekanan tanki akan turun.
- Apabila aktifitas diatas tidak dapat membantu tercapainya tekanan yang normal (tekanan masih mengarah naik) maka shut down kan unit *synloop* pabrik Amoniak Kaltim-1.

Power Dari Pabrik Kaltim-2 Failure

Kompresor refrigerasi G-3001 dan G-3002 dengan kapasitas masing-masing 4855 m³/jam uap amoniak, konsumsi power listrik untuk motor penggeraknya masing-masing 1 Mega Watt. Bila kompresor G-3001 dan G-3002 beroperasi normalnya *supply* power listriknya dari pabrik Kaltim-2.

Artinya bila power listrik dari pabrik Kaltim-2 *failure* (mengalami kegagalan) maka secara otomatis G-3001 dan G-3002 shut down.

Tindakan operasional yang harus dilakukan jika terjadi kegagalan supply power dari pabrik Kaltim-2 adalah:

- Start kompresor K-101 A dan K-101 B jika sebelumnya yang running adalah kompresor G-3001 dan G-3002.
- Jika tekanan tanki penyimpan amoniak masih mengarah naik, maksimalkan pengiriman amonia produk pabrik kaltim-1 ke Kaltim-3, Kaltim-4 dan Popka.

- Alirkan uap amoniak dari tanki penyimpan ke *incinerator* untuk dibakar jika tekanan *ammonia storage tank* masih mengarah naik.
- Bila tekanan kedua tanki penyimpan amoniak tersebut masih mengarah naik lakukan *cut rate* pabrik amoniak Kaltim-1.
- Apabila aktifitas diatas tidak dapat membantu menstabilkan tekanan tanki penyimpan amoniak dan tekanan masih mengarah naik maka shut down kan unit synloop di pabrik Amoniak Kaltim-1.

Power Dari Pabrik Kaltim-3 Failure.

Pada saat normal operasi supply power ke K-101 A dan K-101 B adalah dari pabrik Kaltim-3. Komsumsi power untuk menggerakkan motor driver kompresor tersebut masing adalah 600 Kilo Watt, sedangkan kapasitas masing-masing kompresor tersebut adalah 3 ton/jam uap amoniak. Oleh karena itu jika power dari pabrik Kaltim-3 *failure*, maka kompresor K-101 A dan K-101 B shut down.

Jika kompresor K-101 a dan K-101 B shut down yang disebabkan oleh power dari pabrik Kaltim-3 failure maka tindakan berikut harus segera dilakukan:

- Start kompresor G-3001 dan G-3002 bila sebelumnya yang beroperasi adalah kompresor K-101 A dan K-101 B.
- Bila tekanan tanki penyimpan amoniak masih mengarah naik, maksimumkan pengiriman amoniak produk K-1 ke pabrik Kaltim-2 , pabrik Urea Popka dan pabrik Kaltim-4.
- Alirkan uap amoniak dari tank penyimpan amoniak ke *incinerator* untuk dibakar jika tekanan tanki tidak mau turun.
- Apabila tekanan kedua tanki penyimpan amoniak F-3001 dan T-101 masih mengarah naik lakukan *cut rate amoniak* untuk mengurangi input amoniak dari pabrik Kaltim-1, agar mengurangi pembentukan uap amoniak di tanki penyimpan amoniak.
- Jika aktifitas diatas tidak dapat membantu menstabilkan tekanan pada tanki penyimpanan amoniak tersebut dan tekanan kedua tanki tersebut malah mengarah naik, shut dowkan unit Synloop pabrik amoniak Kaltim1.

Kompresor G-3001, G-3002, K-101 A dan K-101 B shut down serta tidak dapat di start.

Jika pada saat sitem penyimpanan amoniak beroperasi dan terjadi pada kompresor G-3001, G-3001, K-101 A dan K-101 B tidak dapat distart, maka tindakan yang harus segera dilakukan adalah:

- Usahakan tidak ada produk amoniak dari pabrik manapun yang masuk ke tanki penyimpanan amoniak F-3001 dan T-101, yakinkan semua *Block Valve* pada line inlet kedua tanki tersebut tertutup rapat.
- Alirkan uap yang terbentuk ke incinerator untuk dibakar.

Power Failure Seluruh Pabrik

Bila terjadi power failure seluruh pabrik di PT Pupuk Kaltim berarti, seluruh unit di pabrik ini juga shut down. Jika terjadi kondisi demikian, khusus untuk operasional tanki penyimpanan amoniak tindakan penyelamatan yang harus kita lakukan adalah:

- Yakinkan tidak ada produk amoniak yang masuk ke tanki penyimpanan amoniak T-101 dan F-3001, baik dari pabrik induk PT Pupuk Kaltim maupun KPA dan KPI.
- Start Emergency Generator serta masukkan power yang dihasilkan generator ke Travo Step Up 500 Volt / 6,6 KV, serta *syncrone* kan kedua generator listrik tersebut sesuai prosedur, dan *Supply out* put nya ke motor penggerak kompresor K-101 A dan K-101 B (*BOG Unit*) , hati-hati dan hubungi pihak listrik.
- Start kompresor K-101 A dan K-101 B atur load kompresor agar mampu meng *handle* uap amoniak yang dengan harapan tekanan tanki penyimpan amoniak tidak naik.
- Bila upaya diatas sudah dilakukan tetapi tekanan kedua tanki penyimpan amoniak tersebut masih mengarah naik maka alirkan uap amoniak yang terbentuk ke incinerator untuk dibakar

Bila upaya untuk menjalankan emergency generator tidak berhasil, maka dalam hal ini juga tidak ada supply power 24 Volt ke selenoid valve dengan kata lain tidak ada supply gas ke incinerator, sehingga untuk menyalakan incinerator tersebut perlu mem *by pass* TV-116 dan mengalirkan gas dari botol LPG yang tersedia untuk menyalakan incinerator tersebut, kapasitas botol LPG diharapkan minimal mampu mengalirkan gas hingga amoniak dapat terbakar dengan sendirinya (*tanpa ada gas alam*), artinya hingga temperatur pembakaran mencapai 650 °C

IV.4.5. Prosedur Penanggulangan Kecelakaan Industri

Upaya-upaya pencegahan kecelakaan yang telah kita bahas merupakan *preventive*, upaya pencegahan agar tidak terjadi kecelakaan. Namun bila terjadi kecelakaan diperlukan tindakan penanggulangannya, agar penanggulangannya

dapat berjalan baik dan sistematis diperlukan prosedur khusus untuk itu yaitu Prosedur Penanggulangan Industri (*lihat lampiran 5*). Prosedur pada lampiran 5 tersebut merupakan prosedur yang masih bersifat umum, untuk itu diperlukan prosedur khusus yang menjelaskan masalah masing-masing unit termasuk unit sistem penyimpanan amoniak.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. KESIMPULAN

Sesuai dengan tujuan penelitian maka disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil identifikasi dan evaluasi masalah pada sistem penyimpanan amoniak, terjadinya bahaya dan dampak lingkungan dapat disebabkan oleh kegagalan major dan kegagalan minor. Probabilitas dari kegagalan sistem penyimpanan amoniak ini dapat diperkirakan dan dapat dianalisa menggunakan *Fault Tree Analysis*.
2. Sedangkan hasil evaluasi terhadap sistem penyimpanan di PT Pupuk Kaltim dinyatakan sebagai berikut, karena tersedianya fasilitas pengaman yang sesuai standar pengamanan yang disyaratkan maka probabilitas dari kegagalan major (peledakan) sistem penyimpan amoniak sangat rendah. Namun dari analisa resiko menunjukkan bila kegagalan tersebut terjadi akibatnya sangat besar dan fatal. Kegagalan minor yang berupa kebocoran kecil di sistem penyimpanan amoniak PT Pupuk Kaltim masih sering terjadi, terbukti dari masih adanya paparan amoniak di area compressor pada unit *ammonia storage*, untuk itu pemeliharaan peratan secara periodik perlu dilakukan agar kegagalan minor tersebut tak terjadi, karena kegagalan minor dapat mengakibatkan kegagalan major

V.2. SARAN

Dengan memperhatikan kondisi sistem penyimpanan amoniak di PT Pupuk kaltim saat ini serta mempertimbangkan hasil identifikasi dan evaluasi yang telah kita lakukan maka kami memberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Walaupun pengaman sistem penyimpanan amoniak di PT Pupuk Kaltim sudah memenuhi standard bagi pabrik amoniak, namun karena kondisi pabrik yang sudah puluhan tahun beroperasi maka perlu diyakinkan lagi apakah alat-alat pengaman tersebut masih dapat bekerja baik sesuai rancangan peratan tersebut dibuat
2. Diperlukan preventive maintenance yang intensive dan terprogram, untuk menghindari kegagalan minor (kebocoran kecil) maupun major (kebocoran besar/peledakan).
3. Karena banyak peralatan yang korosif maka pengecatan kembali terhadap peralatan yang korosif perlu dilakukan. Proteksi terhadap korosi yaitu

yaitu melalui proteksi katodik dan anodik harus diyakinkan bekerja dengan baik.

4. Loading arm yang tersedia ada dua buah, namun ironis sekali hanya satu buah loading arm yang bisa digunakan yaitu yang lama, loading arm yang baru tidak digunakan karena tidak bisa digunakan untuk kapal ukuran kapasitas lebih rendah dari 20.000 ton karena terlalu tinggi dan manuver dari loading arm tersebut kurang bisa menyesuaikan untuk berbagai posisi kapal tanker. Kami menyarankan dilakukan modifikasi terhadap loading arm yang baru sehingga bisa digunakan untuk berbagai macam ukuran kapal tanker amoniak.
5. Ruber ring untuk loading arm lama sering bocor maka perlu selalu disiapkan spare rubber tersebut dan segera diganti bila bocor. Data operasional peralatan menunjukkan pada tahun 2004 ini saja sudah mengalami empat kali kebocoran
6. Dyke dikeliling tanki penyimpanan amoniak perlu diperbaiki agar mampu menampung tumpahan amoniak bila terjadi kegagalan (tanki pecah/bocor) dan dapat berfungsi dengan baik. Seal untuk pinti-pintu dyke juga perlu diyakinkan supaya tidak bocor, begitu valve drain dyke harus diyakinkan dapat dioperasikan dengan baik.
7. Perlu dipasang pompa transfer yang bisa mengalirkan cairan amoniak dari dyke ke tanki penyimpanan amoniak yang masih beroperasi bila salah satu tanki mengalami kebocoran besar.
8. Juga perlu dipasang peralatan *foam injection*, dimana foam akan berfungsi untuk melindungi/menutupi permukaan cairan amoniak yang tumpah di dyke.
9. Walaupun operator secara kontinyu melakukan patroli untuk memonitor semua peralatan di unit *Ammonia Storage*, namun selalu ada jeda waktu, sehingga ada saat-saat tertentu kondisi lapangan yang tak termonitor bila terjadi kebocoran amoniak walaupun hanya sebentar. Untuk memproteksi kejadian yang demikian perlu dipasang *ammonia detection system*. Detektor tersebut hendaknya dipasang pada lokasi yang strategis yaitu sekitar pompa, kompresor, tanki penyimpan amoniak dan loading arm. Detektor tersebut akan memberikan alarm di Control Room bila konsentrasi uap amoniak mencapai nilai ambang yang disetting pada detektor tersebut, sehingga meningkatkan kewaspadaan operator untuk melakukan antisipasi terhadap kondisi tersebut.

10. Hazop yang telah dibuat hanya tentang 22-T-101 (tanki baru) saja, sedangkan Hazop untuk F-3001 (tanki lama) belum ada, untuk itu disarankan dibuat Hazop tentang F-3001 dan mereview kembali Hazop yang ada.
11. Untuk meningkatkan kehandalan proteksi sistem penyimpanan amoniak di PT Pupuk Kaltim, perlu disediakan *Emergency Generator* yang khusus disediakan untuk unit penyimpanan amoniak (*Ammonia Storage Unit*) dan peralatan pendukungnya, yang diletakkan di lokasi tersebut, sehingga mudah dioperasikan oleh operator di unit tersebut tanpa terlalu melibatkan pihak maintenance (*operatable*) sehingga mempercepat penanganan bila terjadi keadaan darurat.
12. Untuk mencegah terbentuknya NO dan NO₂ yang merupakan hasil pembakaran di Incinerator, disarankan untuk melakukan modifikasi incinerator menjadi pembakaran bertingkat.
13. Emergency respon sebagaimana yang ada pada lampiran 5 (Prosedur Penanggulangan Kecelakaan Industri) belum memuat emergency respon yang khusus untuk sistem penyimpanan amoniak, oleh karena disarankan dibuat prosedur khusus tentang hal tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Fthenakis, Vasilis M. 1993 . *Prevention and Control of Accidental Releases of Hazardous Gases*. New York Van Nostrand Reinhold Company
- A. Conway, Richard. 1982. *Environmental Risk Analysis for Chemical*. New York : Van Nostrand Reinhold Company.
- Team Persiapan Produksi. 1981. *Petunjuk Operasi Ammonia Storage*. Bontang : PT Pupuk Kaltim.
- Team Penyusun. 1999. *Materi Training Proses Pembuatan Amoniak*. Bontang : PT Pupuk Kaltim.
- Hoover, Stephen R. 1991. *Fire Protection For Industry*. New York : Van Nostrand Reinhold Company.
- Cox, S J & Tait, N R S. 1991. *Reliability , Safety & Risk Management*. London : Butterworth – Heinemann.
- Muhammadi, Erman Aminullah, Budhi Soesilo. 2001. *Analisis Sistem Dinamis*. Jakarta : UMJ Press.
- Odum, Howard T. 1992. *Ekologi Sistem*. Terjemahan oleh Dr. Ir. Supriharyono, MS. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Nedved, Milos dan Imamkhasani, Sumanto 1991. *Dasar Dasar Keselamatan Kerja Bidang Kimia dan Pengendalian Bahaya Besar*. Jakarta : ILO
- Suma'mur. 1981. *Keselamatan Kerja dan Pencegahan Kecelakaan*. Jakarta : Gunung Agung
- Mukono, H.J. 2002. *Epideminologi Lingkungan (Environmental Epidemiology)*. Surabaya : Airlangga University Press.
- Sastrawijaya, A.Tresna. 2000. *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Alwasilah, A. Chaidar.2002. *Dasar-Dasar Merancang dan Melakukan Penelitian Kualitatif*. Jakarta: Pustaka Jaya.
- Sumanto.2000. *Dasar-dasar mesin Pendingan*. Yogyakarta: Andi.
- Lipton, Sydney & Jeremiah Lynch.1987.*Health Hazard Control in The Chemical Process Industry*.New York. John Wiley & Sons.