



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**PERHITUNGAN KUANTITATIF *RISK BASED INSPECTION*  
BERDASARKAN API 581 PADA *STORAGE TANK***

**TUGAS AKHIR**

**AFRIYAN RAMAYANTO**

**L2E 007 007**

**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG**

**2012**

## TUGAS AKHIR

Diberikan kepada:

Nama : Afriyan Ramayanto

NIM : L2E 007 007

Pembimbing : Ir. Sugiyanto, DEA

Jangka Waktu : 5 (Lima) bulan

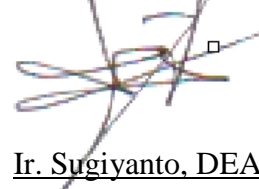
Judul : **Perhitungan Kuantitatif *Risk Based Inspection* berdasarkan API 581 pada *Storage Tank***

Isi Tugas :

1. Pembuatan program bantu/*template* perhitungan kuantitatif *Risk Based Inspection* (RBI) pada *storage tank* berdasarkan API 581 tahun 2008.
2. Menghitung resiko kegagalan secara kuantitatif dengan mendapatkan nilai *probability* dan *consequence* pada *storage tank Ammonia Storage Unit PT KPA*.
3. Menganalisis parameter-parameter yang berpengaruh dalam perhitungan RBI pada *storage tank Ammonia Storage Unit*.

Semarang, Maret 2012

Dosen Pembimbing,



Ir. Sugiyanto, DEA

NIP. 196001251987031001

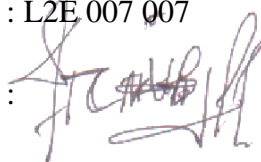
## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Afriyan Ramayanto

NIM : L2E 007 007

Tanda Tangan :



Tanggal : Maret 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Afriyan Ramayanto

NIM : L2E 007 007

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Perhitungan Kuantitatif *Risk Based Inspection* berdasarkan API 581 pada *Storage Tank*


**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.**

### TIM PENGUJI

Pembimbing : Ir. Sugiyanto, DEA (  )

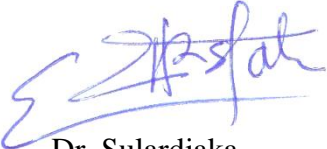
Penguji : Dr. Ir. Nazaruddin Sinaga, MS (  )

Penguji : Ir. Bambang Yuniyanto, MSc (  )

Penguji : Dr. Achmad Widodo, ST, MT (  )

Semarang, Maret 2012

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Sulardjaka

NIP. 197104201998021001

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Afriyan Ramayanto  
NIM : L2E 007 007  
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya dan dosen pembimbing saya yang berjudul :

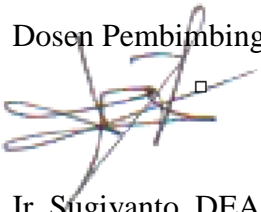
PERHITUNGAN KUANTITATIF *RISK BASED INSPECTION* BERDASARKAN API  
581 PADA *STORAGE TANK*

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya dan pembimbing saya selama tetap mencantumkan nama saya dan dosen pembimbing saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

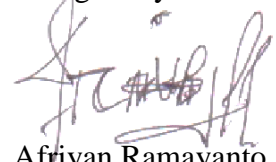
Dibuat di : Semarang  
Pada Tanggal : Maret 2012

Dosen Pembimbing



Ir. Sugiyanto, DEA  
NIP. 196001251987031001

Yang menyatakan



Afriyan Ramayanto  
L2E 007 007

## **HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

*“Hanya kepada Engkau-lah yang kami menyembah dan hanya kepada Engkaulah kami mohon pertolongan”(Q.S. Al Fatihah : 5)*

### ***MOTTO***

*”Senyumlah Dalam Suka Tenanglah Dalam Duka, Dewasa Adalah Bersaudara, Pramuka Indonesia Patriot Paripurna”*

*Ambalan Purbasari-Kiansantang  
Ranamanggala-Ayu Kirani  
Racana Diponegoro  
Solidarity Forever untuk Bersatu Bersaudara dan Bekerja  
Mechanical Engineering Mania  
Irfan Wijaya  
Dewadaru Diponegoro*

## PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

- ☆ Ibu dan Ayah saya tercinta Sukezi dan Baron Nayanto yang selalu memberikan do'a, nasehat, kasih sayang serta dukungan baik moral maupun material.
- ☆ Bunda Tien Supeno, terimakasih atas perhatian sebagai Pembina Kerhormatan Racana Diponegoro, terimakasih atas motivasi, teladan, dan nama Pandega yang Bunda berikan.
- ☆ Kak Imansyah Budiono, dan Kak Erie B.P.S. Andar sebagai Pembina Racana Diponegoro, terimakasih atas perhatian, motivasi, dan teladan Kakak pada kami.
- ☆ Bapak Janarius Sihombing, terimakasih atas motivasi dan perhatian dalam merubah pola pikir untuk semangat belajar.
- ☆ Teman-teman Teknik Mesin Angkatan 2007 dan Himpunan Mahasiswa Mesin, salam solidarity forever terimakasih atas nilai kekeluargaan dan tolong menolong moril dan materil yang telah kita tanamkan.
- ☆ Kakak-kakak, teman-teman, dan Adik-adik Racana Diponegoro, salam dewasa bersaudara dan Ambalan Purbasari-Kiansantang, Jaya-jaya Wijayanti, terimakasih atas perhatian, motivasi, dan kebersamaan teman-teman yang mengajarkan saya belajar menguatkan mental dalam kemudahan dan kesulitan.
- ☆ Beni, Debi, Agung, dan Aditya teman satu perantauan di Semarang, terima kasih atas bantuan, dan nilai-nilai kehidupan yang teman-teman berikan pada saya.
- ☆ Pak Agus, keluarga besar Ardityas Gema, keluarga besar Sanjaya Okky, keluarga besar Andi Rahmawan, keluarga beasar Miftahul Fauzi, Kak Munir.
- ☆ Teman-teman seperjuangan Lab. EDT (*Laboratory for Engineering Design and Tribology*).

## ABSTRAK

Proses produksi Amoniak merupakan proses pengolahan bahan kimia yang melibatkan *storage tank* sebagai tempat penyimpanan amoniak cair dari hasil produksi. Dengan demikian kehandalan dari *storage tank* sangat diperlukan untuk menjaga agar amoniak berada pada kondisi yang diinginkan dan mencegah terjadinya kegagalan pada *storage tank*. Salah satu kegiatan untuk mempertahankan kehandalan *storage tank* adalah kegiatan *Risk Based Inspection* (RBI). Kegiatan tersebut dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai aspek, diantaranya aspek operasi, material, lingkungan, *finance*, operator, dan sistem manajemen. Tujuan utama dari RBI adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan atau kerusakan yang dapat menimbulkan dampak yang serius seperti keluarnya fluida dalam *storage tank* yang mengancam keselamatan, kerusakan lingkungan, ancaman bahan kimia dan kerugian finansial.

Dalam penelitian ini, dilakukan analisis terhadap nilai dan kategori resiko secara kuantitatif dengan menggunakan *Code API 581 Risk Based Inspection Technology* tahun 2008 untuk *storage tank* pada industri produksi amoniak. Studi kasus dilakukan pada *Storage Tank Amonia Storage Unit* yang menyimpan Amoniak cair dari hasil produksi milik PT. Kaltim Pasifik Amoniak. Hasil penelitian yang dilakukan, *storage tank* AS Unit memiliki kategori risk area pada *tank shell course* "medium high" sedangkan pada *tank bottom* memiliki kategori risk area "medium". Dan kategori risk finansial pada *tank shell course* dan pada *tank bottom* "medium". Dari penelitian ini didapat juga parameter-parameter yang berpengaruh pada perhitungan resiko, yaitu corrosion rate, tebal dinding tank saat terakhir inspeksi, diameter tanki, level ketinggian fluida dalam tanki, dan biaya produksi.

Kata kunci: *Risk Based Inspection*(RBI), kuantitatif, *storage tank*, amoniak.



## **ABSTRACT**

*Ammonia manufacturing is chemical refinery process that involves storage tank for storing of liquid ammonia from manufacturing process. Thus the reliability of the storage tank is necessary for keeping ammonia at the desired conditions and prevent failure in storage tank. One of the activities for maintaining the reliability of the storage tank is Risk Based Inspection (RBI). These activities are carried out by considering various aspect, including operational aspects, material, environment, finance, service, and management systems. The main objection of RBI is preventing of failure or damage which can cause the serious impact such as Release fluid from storage tank which threatens safety, environmental, chemical threats and losses of financial.*

*In this study, quantitative analysis of risk value and categories is done using Code API 581 Risk Based Inspection Technology in 2008 for the storage tank of ammonia manufacturing. The chosen case study is Storage Tank at Ammonia Storage Unit that stores ammonia liquid from manufacturing of PT Kaltim Pacific Ammonia. Results of research shows that storage tank shell course of AS Unit has “medium high” category of risk area and while the tank bottom has “medium” category of risk area. And category of financial risk on tank shell course and the tank bottom are “medium”. From this study is also found affect parameters for calculating risk such as corrosion rate, the last tank wall thickness inspection, tank diameter, height of the fluid level in the tank, and the cost of production.*

*Key words : Risk Based Inspection (RBI), quantitative, storage tanks, ammonia.*

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadirat Allah SWT. Tuhan semesta alam. Berkat rahmat dan karunia-Nya, yang telah memberikan kekuatan dan kemampuan bagi Penulis untuk dapat menjalani proses studi dan mengerjakan tugas akhir berjudul “Perhitungan Kuantitatif *Risk Based Inspection* Berdasarkan API 581 pada *Storage Tank*” yang merupakan tahap akhir dari proses studi untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin di Universitas Diponegoro.

Di kesempatan ini, Penulis juga ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih terhadap orang-orang yang telah sangat berperan memberikan bantuan, bimbingan dan dukungan, baik moral maupun material dalam membantu penyelesaian tugas akhir ini, Untuk itu penulis bermaksud menghaturkan ungkapan terimakasih pada :

1. Bapak Ir. Sugiyanto, DEA selaku dosen pembimbing Tugas Sarjana yang telah begitu banyak memberikan pengarahan, masukan, nasihat, kesempatan dan berbagai nilai-nilai positif di dalam maupun luar akademis kepada Penulis.
2. Bapak Rifky, Bapak Tauviq, Bapak Jamari, dan terimakasih banyak atas bimbingan dan bantuannya.
3. Bapak Dyandra A. Pomala sebagai *Inspection Engineer* yang telah memberikan ilmu, pengetahuan mengenai *Risk Based Inspection* dan inspeksi di PT KPA.
4. Bapak Batara Siregar sebagai *Inspection & Engineering Manager* yang telah memberikan ilmu, pengetahuan mengenai *Risk Based Inspection*.
5. Bapak Hans Siddharta sebagai pembimbing lapangan yang telah banyak sekali memberikan saran, bantuan dan ilmunya kepada Penulis.
6. Bapak Maryoto, Bapak Amir, Ibu Adela Setyawati, Ibu Wahyu Putri, Ibu Irene Simanjuntak, Pak Dawud dan semuanya yang telah banyak membantu memberikan ilmu tentang proses pembuatan amoniak.
7. Heri Septia Nugraha sebagai rekan tugas akhir atas kerja sama dan bantuannya.

Penulis menyadari dalam tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Untuk itu berbagai masukan baik itu saran maupun kritik yang sifatnya membangun demi penyempurnaan penulisan laporan ini sangat penulis harapkan. Semoga hasil-hasil dalam penulisan laporan ini bermanfaat.

Semarang, Maret 2012

Penulis

## DAFTAR ISI

JUDUL .....	i
TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK .....	vii
<i>ABSTRACT</i> .....	viii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xix
NOMENKLATUR.....	xxii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar belakang .....	1
1.2. Tujuan penulisan .....	2
1.3. Pembatasan masalah .....	3

1.4. Metode penelitian .....	3
1.5. Sistematika penulisan .....	4
BAB II DASAR TEORI.....	6
2.1. <i>Storage Tank</i> .....	6
2.2. Korosi .....	8
2.3. Inspeksi.....	9
2.4. <i>Amoniak</i> .....	11
2.5. <i>Risk Based Inspection</i>	
2.5.1. Definisi dan Konsep <i>Risk Based Inspection</i> API (RBI) .....	13
2.5.2. Jenis-jenis <i>Risk Based Inspection</i> pada API 580 .....	15
2.5.3. <i>Probability of Failure</i> .....	17
2.5.3.1 <i>Generic Failure Frequency</i> .....	18
2.5.3.2 Faktor Sistem Manajemen.....	20
2.5.3.3 Faktor Kerusakan ( <i>Damage Factor</i> ) .....	21
2.5.4. <i>Consequence of Failure</i> .....	28
2.3.5 Analisis Nilai <i>Risk</i> .....	47
2.3.5.1 Penentuan Nilai <i>Risk</i> .....	47
2.3.5.2 Matriks <i>Risk</i> .....	49
2.6. <i>Definisi dan Hubungan antara Risk dan Inspection</i> .....	50
2.7. <i>Risk-Based Inspection for Large-Scale Crude Oil Tanks</i> .....	51
BAB III METODE PENELITIAN.....	57
3.1. Pendahuluan .....	57
3.2. Diagram Alir Program Bantu Perhitungan .....	57
3.2.1. Diagram Alir Menentukan <i>Generic Failure Frequency</i> .....	59
3.2.2. Diagram Alir Menentukan <i>Damage Factor</i> .....	60
3.2.3. Diagram Alir Menentukan Faktor Sistem Manajemen.....	73

3.2.4.	Diagram Alir Menentukan <i>Consequence</i> .....	74
3.2.5.	Diagram Alir Analisis Kategori dan Nilai <i>Risk</i> .....	98
3.3.	Program Bantu Perhitungan Resiko .....	99
3.3.1.	Langkah-langkah Program Bantu Perhitungan Nilai <i>Probability</i> ...	100
3.3.2.	Langkah-langkah Program Bantu Perhitungan <i>Consequence</i> .....	105
3.3.3.	Langkah-langkah Program Bantu Analisis <i>Risk</i> .....	112
3.4.	Studi Kasus.....	113
3.4.1.	<i>Storage Tank AS Unit</i> .....	113
3.4.2.	Data Studi Kasus.....	121
BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN .....		125
4.1	Hasil Perhitungan Nilai <i>Probability Storage Tank Ammonia Storage Tank</i> (AS Unit) .....	125
4.1.1	Hasil Perhitungan Nilai <i>Probability AS Unit</i> .....	125
4.1.2	Parameter-Parameter yang Berpengaruh Dalam Perhitungan Nilai <i>Probability</i> .....	128
4.2	Hasil Perhitungan Nilai <i>Consequence Ammonia Storage Tank AS Unit</i> ...	134
4.2.1	Hasil Perhitungan Nilai <i>Consequence</i> .....	134
4.2.2	Parameter-Parameter yang Berpengaruh dalam Perhitungan Nilai <i>Consequence</i> .....	138
4.3	Hasil Perhitungan Nilai <i>Risk Ammonia Storage Tank AS unit</i> .....	143
4.3.1	Hasil Perhitungan <i>Risk Area Storage Tank AS Unit</i> .....	144
4.3.2	Hasil Perhitungan <i>Risk Financial Storage Tank AS Unit</i> .....	146
4.4	Analisis Perhitungan <i>Next Inspection Date</i> .....	148
4.5	Verifikasi Perhitungan.....	149
BAB V PENUTUP.....		152

5.1 Kesimpulan.....	152
5.2 Saran.....	153
DAFTAR PUSTAKA .....	154
LAMPIRAN.....	156

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	<i>Storage tank</i> pada sebuah <i>plant</i> .....	6
Gambar 2.2.	<i>Fixed cone roof with internal floating roff</i> .....	7
Gambar 2.3.	<i>Fixed dome roof tank</i> .....	7
Gambar 2.4.	NPFA 704 amoniak..	12
Gambar 2.5.	Manajemen menggunakan RBI..	14
Gambar 2.6.	Proses <i>Risk Based Inspection</i> secara umum..	15
Gambar 2.7.	Rangkaian kesatuan proses RBI..	17
Gambar 2.8.	<i>Thinning damage factor</i> .....	25
Gambar 2.9.	<i>Sulfida stress cracking</i> .....	26
Gambar 2.10.	HIC/SOHIC-H <sub>2</sub> S .....	27
Gambar 2.11.	<i>External corrosion damage factor-ferritic component</i> .....	28
Gambar 2.12.	Prosedur analisis nilai <i>consequence</i> .....	29
Gambar 2.13.	Jenis pelepasan (a) <i>instantaneous</i> dan(b) <i>continuous</i> .....	36
Gambar 2.14.	<i>Toxic</i> amoniak .....	41
Gambar 2.15.	Prinsip dari superposisi dalam perhitungan dari nilai resiko API 581 RBI	48
Gambar 2.16.	Matriks <i>risk</i> .....	49
Gambar 2.17.	Penentuan <i>next inspection date</i> .....	50
Gambar 2.18.	Posedur perhitungan nilai <i>probability</i> .....	52
Gambar 2.19.	Matriks <i>risk</i> .....	53
Gambar 2.20.	Hasil matriks <i>risk</i> untuk <i>storage tank</i> minyak mentah.....	55
Gambar 3.1.	Diagram alir proses perhitungan nilai <i>risk storage tank</i> dalam program bantu. ....	58
Gambar 3.2.	Diagram alir menentukan <i>generic failure frequency</i> .....	59
Gambar 3.3.	Diagram alir menentukan <i>thinning damage factor</i> .....	61
Gambar 3.4.	Diagram alir menentukan SCC <i>damage factor-sulfida stress cracking</i> (SSC) .....	66



Gambar 3.5.	Diagram alir menentukan HIC/SOHIC-H <sub>2</sub> S .....	68
Gambar 3.6.	Diagram alir menentukan <i>external corrosion damage factor</i> . .....	69
Gambar 3.7.	Diagram alir menentukan <i>brittle fracture damage factor</i> .....	71
Gambar 3.8.	Diagram alir menentukan faktor sistem manajemen .....	73
Gambar 3.9.	Diagram alir <i>representative fluid</i> dan sifat-sifatnya.....	74
Gambar 3.10.	Diagram alir menentukan ukuran lubang .....	76
Gambar 3.11.	Diagram alir menentukan <i>release rate</i> untuk <i>tank shell course</i> .....	77
Gambar 3.12.	Diagram alir menentukan <i>release rate</i> untuk <i>tank bottom</i> .....	78
Gambar 3.13.	Diagram alir estimasi <i>inventory volume available for release</i> untuk <i>tank shell course</i> .....	79
Gambar 3.14.	Diagram alir estimasi <i>inventory volume available for release</i> untuk <i>tank bottom</i> .....	80
Gambar 3.15.	Diagram alir menentukan dampak dari sistem deteksi dan isolasi.....	81
Gambar 3.16.	Diagram alir menentukan <i>release rate</i> dan volume untuk <i>tank shell course</i> .....	83
Gambar 3.17.	Diagram alir menentukan <i>release rate</i> dan volume untuk <i>tank bottom</i> .....	84
Gambar 3.18.	Diagram alir menentukan <i>consequence toxic</i> .....	86
Gambar 3.19.	Diagram alir menentukan <i>component damage</i> dan <i>personnel injury consequence area</i> .....	88
Gambar 3.20.	Diagram alir menentukan <i>consequences financial</i> untuk <i>tank shell course</i> . .....	89
Gambar 3.21.	Daerah yang berpengaruh terhadap kebocoran fluida .....	90
Gambar 3.22.	Diagram alir menentukan <i>consequences financial</i> untuk <i>tank bottom</i> .....	94
Gambar 3.23.	Diagram alir menentukan analisis nilai <i>risk</i> .....	99
Gambar 3.24.	Tampilan program bantu penentuan nilai <i>generic failure frequency (gff)</i> . .	100
Gambar 3.25.	Tampilan program bantu penentuan nilai <i>thinning damage factor</i> ... ..	101
Gambar 3.26.	Tampilan program bantu perhitungan nilai <i>sulfide stress cracking</i> .....	102
Gambar 3.27.	Tampilan program bantu HIC/SOHIC-H <sub>2</sub> S.....	103

Gambar 3.28. Tampilan program bantu <i>external corrosion damage factor</i> .....	104
Gambar 3.29. Tampilan program bantu faktor sistem manajemen dan nilai <i>probability</i> ..	105
Gambar 3.30. Tampilan program bantu menentukan jenis fluida yang dianalisis .....	106
Gambar 3.31. Tampilan program bantu menentukan ukuran lubang <i>release</i> .. .....	106
Gambar 3.32. Tampilan program bantu menentukan <i>release rate</i> .....	107
Gambar 3.33. Tampilan program bantu menentukan estimasi jumlah fluida yang <i>release</i> .....	108
Gambar 3.34. Tampilan program bantu menentukan sistem deteksi dan isolasi. ....	108
Gambar 3.35. Tampilan program bantu menentukan <i>release rate</i> dan volume untuk analisis <i>consequence</i> .....	109
Gambar 3.36. Tampilan program bantu menentukan <i>consequence toxic</i> .....	110
Gambar 3.37. Tampilan program bantu menentukan parameter fluida yang <i>release</i> /keluar tanki meninggalkan <i>dike</i> .....	111
Gambar 3.38. Tampilan program bantu menentukan <i>environmental cost</i> yang diakibatkan kebocoran tanki.....	111
Gambar 3.39. Tampilan program bantu menentukan <i>consequence financial</i> kerugian produksi .....	111
Gambar 3.40. Tampilan program bantu menentukan total <i>consequence financial</i> .....	112
Gambar 3.41. Tampilan hasil analisis <i>risk</i> .....	113
Gambar 3.42. Peta lokasi PT. Kaltim Pasifik Amoniak.....	114
Gambar 3.43. Denah tata letak pabrik PT. Kaltim Pasifik Amoniak.....	114
Gambar 3.44. Denah tata letak peralatan PT. Kaltim Pasifik Amoniak.....	115
Gambar 3.45. Diagram proses pembuatan amoniak.....	116
Gambar 3.46. Diagram alir proses penyediaan gas sintesis .....	117
Gambar 3.47. Diagram alir sistem penyimpanan dan <i>loading amoniak</i> .....	120
Gambar 3.48. <i>Storage tank</i> AS Unit PT KPA.....	121

Gambar 4.1.	Grafik nilai <i>probability storage tank</i> AS Unit dari <i>tank shell course</i> 1 ke <i>tank shell course</i> 7 .....	127
Gambar 4.2.	Grafik nilai <i>probability storage tank</i> AS Unit dari <i>tank shell course</i> 8 ke <i>tank shell course</i> 13 dan <i>tank bottom</i> .....	127
Gambar 4.3.	Grafik hubungan <i>corrosion rate</i> dengan <i>damage factor thinning</i> .....	128
Gambar 4.4.	Grafik hubungan <i>corrosion rate</i> dengan <i>total damage factor</i> .....	129
Gambar 4.5.	Grafik hubungan <i>corrosion rate</i> dengan nilai <i>probability</i> kegagalan .....	129
Gambar 4.6.	Grafik hubungan <i>thickness reading</i> dengan <i>thinning damage factor</i> .....	130
Gambar 4.7.	Grafik hubungan <i>thickness reading</i> dengan <i>total damage factor</i> .....	131
Gambar 4.8.	Grafik hubungan <i>thickness reading</i> dengan nilai <i>probability</i> kegagalan .....	131
Gambar 4.9.	Grafik hubungan <i>inspection level</i> dengan <i>thinning damage factor</i> .....	132
Gambar 4.10.	Grafik hubungan <i>inspection level</i> dengan <i>total damage factor</i> .....	133
Gambar 4.11.	Grafik hubungan <i>inspection level</i> dengan nilai <i>probability</i> kegagalan .....	133
Gambar 4.12.	Nilai <i>consequence area storage tank</i> AS Unit dari Tank Shell Course 1 ke Tank Shell Course 7 .....	135
Gambar 4.13.	Nilai <i>consequence area storage tank</i> AS Unit dari <i>tank shell course</i> 8 ke <i>tank shell course</i> 13 dan <i>tank bottom</i> .....	135
Gambar 4.14.	Nilai <i>consequence financial storage tank</i> AS Unit dari <i>tank shell course</i> 1 ke <i>tank shell course</i> 7 .....	136
Gambar 4.15.	Nilai <i>consequence financial storage tank</i> AS Unit dari <i>tank shell course</i> 8 ke Tank Shell Course 13 dan <i>tank bottom</i> .....	137
Gambar 4.16.	Grafik hubungan diameter <i>storage tank</i> dengan total Nilai <i>Consequence financial</i> .....	139
Gambar 4.17.	Grafik hubungan <i>liquid height storage tank</i> dengan nilai <i>consequence area</i> .....	140
Gambar 4.18.	Grafik hubungan <i>liquid height storage tank</i> dengan nilai <i>consequence financial</i> .....	140

Gambar 4.19. Grafik hubungan Inventory fluida dalam <i>storage tank</i> dengan <i>consequence financial</i> .....	141
Gambar 4.20. Grafik hubungan kategori sistem deteksi dan sistem isolasi dengan nilai <i>consequence area</i> .....	142
Gambar 4.21. Grafik hubungan biaya produksi dengan <i>consequence financial</i> .....	143
Gambar 4.22. Matriks <i>risk</i> berdasarkan nilai <i>consequence area</i> .....	145
Gambar 4.23. Matriks <i>risk</i> berdasarkan nilai <i>consequence financial</i> .....	147
Gambar 4.24. Grafik nilai <i>risk storage tank</i> pada tahun 2014 .....	148
Gambar 4.25. Grafik nilai <i>risk storage tank</i> pada tahun 2015 .....	149
Gambar 4.26. Grafik hubungan <i>release rate</i> Amoniak dengan <i>consequence area</i> ,API 581 .....	150
Gambar 4.27. Grafik hubungan <i>release rate</i> amoniak dengan <i>consequence area</i> , hasil simulasi perhitungan.....	150
Gambar 4.28. Perbandingan grafik hubungan <i>release rate</i> amoniak dengan <i>consequence area</i> API 581 dengan grafik hubungan <i>release rate</i> amoniak dengan <i>consequence area</i> hasil simulasi perhitungan .....	151

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat amoniak.....	12
Tabel 2.2. Daftar frekuensi kegagalan komponen.....	19
Tabel 2.3. Ukuran lubang dalam API 581 .....	20
Tabel 2.4. Evaluasi sistem manajemen .....	21
Tabel 2.5. Kategori efektifitas inspeksi [2].....	24
Tabel 2.6. <i>Representative fluid</i> dan sifat-sifatnya .....	30
Tabel 2.7. Jenis tanah dan sifatnya untuk <i>atmospheric storage tank consequence analysis</i> .....	31
Tabel 2.8. <i>Release hole sizes and areas- tank shell courses</i> .....	32
Tabel 2.9. <i>Release hole sizes and areas-tank bottom</i> .....	33
Tabel 2.10. <i>Number of release holes</i> .....	34
Tabel 2.11. Pemberian peringkat untuk jenis-jenis sistem deteksi.....	37
Tabel 2.12. Pemberian peringkat untuk jenis-jenis sistem isolasi.....	37
Tabel 2.13. <i>Release reduction factor</i> berdasarkan sistem deteksi dan isolasi.....	38
Tabel 2.14. Durasi kebocoran berdasarkan sistem deteksi dan isolasi.....	38
Tabel 2.15. Konstanta untuk <i>toxic consequence</i> HF dan H <sub>2</sub> S.....	42
Tabel 2.16. Konstanta untuk <i>toxic consequence ammonia</i> dan <i>chlorine</i> .....	43
Tabel 2.17. <i>Component damage cost</i> (biaya kerusakan komponen).....	45
Tabel 2.18. <i>Material cost factor</i> .....	46
Tabel 2.19. Nilai numerik yang berhubungan dengan kategori <i>probability</i> dan <i>consequence area</i> .....	49
Tabel 2.20. Nilai numerik yang berhubungan dengan kategori <i>probability</i> dan <i>consequence financial</i> .....	49
Tabel 2.21. Kategori nilai <i>probability</i> dan <i>consequence</i> dalam API RBI.....	53
Tabel 2.22. Data informasi <i>storage tank</i> minyak mentah .....	54
Tabel 2.23. Hasil Perhitungan nilai <i>risk storage tank</i> minyak mentah .....	55

Tabel 2.24. Perbandingan penelitian yang dilakukan Jian Shuai dengan penulis .....	56
Tabel 3.1. Keefektifan inspeksi untuk tipe <i>general thinning</i> .....	62
Tabel 3.2. Keefektifan inspeksi untuk tipe <i>local thinning</i> . ....	62
Tabel 3.3. <i>Thinning damage factor</i> .....	63
Tabel 3.4. <i>Thinning damage factor for tank bottoms</i> .....	65
Tabel 3.5. <i>Enviromental severity</i> .....	67
Tabel 3.6. Kerentanan terhadap SSC ( <i>Sulfide Stress Cracking</i> ) .....	67
Tabel 3.7. Penentuan <i>severity index</i> .....	67
Tabel 3.8. Kerentanan terhadap SSC-HIC/SOHIC-H <sub>2</sub> S <i>cracking</i> . ....	69
Tabel 3.9. <i>Corrosion rates</i> untuk perhitungan faktor kerusakan <i>external corrosion</i> .....	70
Tabel 3.10 <i>Damage factor</i> untuk <i>equipment</i> yang dikenai PWHT- <i>Brittle Fracture</i> .....	72
Tabel 3.11. <i>Damage factor</i> untuk <i>equipment</i> yang tidak dikenai PWHT- <i>Brittle Fracture</i> . .	72
Tabel 3.12. <i>Representative fluid</i> dan sifat-sifatnya .....	75
Tabel 3.13. Jenis tanah dan sifatnya untuk <i>atmospheric storage tank consequence analysis</i> .....	76
Tabel 3.14. <i>Release hole sizes and areas – tank shell courses</i> .....	77
Tabel 3.15. <i>Release hole sizes and areas – tank bottom</i> .....	77
Tabel 3.16. <i>Number of release holes</i> .....	78
Tabel 3.17. Pemberian peringkat untuk jenis-jenis sistem deteksi.....	81
Tabel 3.18. Pemberian peringkat untuk jenis-jenis sistem isolasi.....	81
Tabel 3.19. <i>Release reduction factor</i> berdasarkan sistem deteksi dan isolasi.....	82
Tabel 3.20. Durasi kebocoran berdasarkan sistem deteksi dan isolasi.....	82
Tabel 3.21. Konstanta untuk <i>consequence toxic ammonia</i> . ....	87
Tabel 3.22. <i>Cost parameters</i> berdasarkan <i>environmental sensitivity</i> .....	90
Tabel 3.23. Tabel estimasi waktu yang diperlukan untuk memperbaiki <i>equipment</i> .....	93
Tabel 3.24. <i>Component damage cost</i> (biaya kerusakan komponen).....	95
Tabel 3.25. <i>Material cost factor</i> .....	97
Tabel 3.26. Faktor konversi satuan .....	98

Tabel 3.27. Properties/sifat fluida dalam <i>storage tank</i> .....	121
Tabel 3.28. Data proses dan jenis material dan perlindungan korosi <i>storage tank</i> AS Unit .....	122
Tabel 3.29. Data dimensi <i>storage tank</i> AS Unit .....	122
Tabel 3.30. Data desain dan material <i>storage tank</i> AS Unit PT KPA .....	123
Tabel 3.31. Data historis inspeksi <i>storage tank</i> AS Unit PT KPA .....	124
Tabel 4.1 Hasil perhitungan nilai <i>probability storage tank</i> AS Unit. ....	125
Tabel 4.2 Hubungan data inspeksi dengan nilai <i>probability storage tank</i> AS Unit.....	126
Tabel 4.3 Hasil perhitungan nilai <i>consequence area storage tank</i> AS Unit .....	134
Tabel 4.4 Hasil perhitungan nilai <i>consequence financial storage tank</i> AS Unit .....	136
Tabel 4.5 Hubungan data input dengan nilai <i>consequence financial</i> AS Unit.....	138
Tabel 4.6 Kategori <i>risk area storage tank</i> AS Unit .....	144
Tabel 4.7 Kategori <i>risk financial storage tank</i> AS Unit.....	146
Tabel 4.8. <i>Next inspection date storage tank</i> AS Unit.....	148

## NOMENKLATUR

<b>Simbol</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Satuan</b>
$A_n$	luas lubang keluaran/ <i>release</i>	[in <sup>2</sup> ]
$Bbl_{total}$	volume produk di dalam <i>storage tank</i>	[barrels]
$Bbl_{avail,n}$	volume produk yang tersedia yang bisa keluar untuk tiap ukuran lubang akibat kebocoran	[barrels]
$Bbl_{groundwater,n}^{leak}$	volume produk yang keluar yang mengenai air tanah untuk tiap ukuran lubang akibat kebocoran	[barrels]
$Bbl_{subsoil,n}^{leak}$	volume produk yang keluar yang mengenai tanah untuk tiap ukuran lubang kebocoran	[barrels]
$Bbl_{subsoil,n}^{leak}$	volume produk yang keluar yang mengenai tanah untuk tiap ukuran lubang akibat kebocoran	[barrels]
$Bbl_n^{leak}$	volume produk yang keluar untuk tiap ukuran lubang akibat kebocoran	[barrels]
$Bbl_{groundwater}^{leak}$	total volume produk yang keluar yang mengenai air tanah akibat kebocoran	[barrels]
$Bbl_{indike}^{leak}$	total volume produk yang keluar akibat kebocoran yang berada dalam <i>dike</i>	[barrels]
$Bbl_{release}^{leak}$	total volume produk yang keluar akibat kebocoran	[barrels]
$Bbl_{ssoffsite}^{leak}$	total volume produk yang keluar akibat kebocoran yang berada di bagian luar unit <i>storage tank</i>	[barrels]
$Bbl_{ssonsite}^{leak}$	total volume produk yang keluar akibat kebocoran yang berada di bagian dalam unit <i>storage tank</i> tetapi di luar <i>dike</i>	[barrels]
$Bbl_{subsoil}^{leak}$	total volume produk yang keluar akibat kebocoran yang mengenai tanah	[barrels]



$Bbl_{water}^{leak}$	total volume produk yang keluar akibat kebocoran yang mengenai air permukaan	[barrels]
$Bbl_n^{rupture}$	volume produk yang keluar untuk tiap ukuran lubang akibat sobekan/ <i>rupture</i> komponen	[barrels]
$Bbl_{indike}^{rupture}$	total volume produk yang keluar akibat sobekan/ <i>rupture</i> komponen yang berada dalam <i>dike</i>	[barrels]
$Bbl_{release}^{rupture}$	total volume produk yang keluar akibat sobekan/ <i>rupture</i> komponen	[barrels]
$Bbl_{ssoffsite}^{rupture}$	total volume produk yang keluar akibat sobekan/ <i>rupture</i> komponen yang berada di bagian luar unit <i>storage tank</i>	[barrels]
$Bbl_{ssonsite}^{rupture}$	total volume produk yang keluar akibat sobekan/ <i>rupture</i> komponen yang berada di bagian dalam unit <i>storage tank</i> tetapi di luar <i>dike</i>	[barrels]
$Bbl_{water}^{rupture}$	total volume produk yang keluar akibat sobekan/ <i>rupture</i> komponen yang mengenai air permukaan	[barrels]
$CA_{cmd}^{flam}$	<i>consequence area flammable</i> final untuk kerusakan komponen	[ft <sup>2</sup> ]
$CA_{cmd}^{nflnt}$	<i>consequence area non-flammable</i> dan <i>non-toxic</i> final untuk kerusakan komponen	[ft <sup>2</sup> ]
$CA_{cmd}^{tox}$	<i>consequence area toxic</i> final untuk kerusakan komponen	[ft <sup>2</sup> ]
$CA_{cmd}$	<i>consequence area</i> final kerusakan komponen	[ft <sup>2</sup> ]
$CA_{inj}^{flam}$	<i>consequence area flammable</i> final untuk cedera personel	[ft <sup>2</sup> ]
$CA_{inj}^{nflnt}$	<i>consequence area non-flammable</i> dan <i>non-toxic</i> final untuk cedera personel	[ft <sup>2</sup> ]
$CA_{inj}^{tox}$	<i>consequence area toxic</i> final untuk cedera personel	[ft <sup>2</sup> ]
$CA_{inj}$	<i>consequence area</i> final untuk cedera personel	[ft <sup>2</sup> ]
CHT	ketinggian dinding <i>storage tank</i>	[ft]

$C_d$	koefisien <i>discharge</i>	[-]
$C_{indike}$	biaya kerugian lingkungan akibat produk yang mengenai area <i>dike</i>	[\$/Bbl]
$C_{ss-offsite}$	biaya kerugian lingkungan akibat produk yang mengenai area bagian luar unit <i>storage tank</i>	[\$/Bbl]
$C_{ss-onsite}$	biaya kerugian lingkungan akibat produk yang mengenai area bagian dalam unit <i>storage tank</i> tetapi di luar <i>dike</i>	[\$/Bbl]
$C_{water}$	biaya kerugian lingkungan akibat produk yang mengenai air permukaan	[\$/Bbl]
$C_{subsoil}$	biaya kerugian lingkungan akibat produk yang mengenai tanah	[\$/Bbl]
$C_{groundwater}$	biaya kerugian lingkungan akibat produk yang mengenai air tanah	[\$/Bbl]
$C_{qo}$	faktor derajat kontak dengan tanah	[-]
$D_f(t)$	faktor kerusakan/ <i>damage factor</i>	[-]
$D_f^{amine}$	faktor kerusakan untuk <i>amine cracking</i>	[-]
$D_f^{brit-gov}$	faktor kerusakan untuk keseluruhan <i>brittle fracture</i>	[-]
$D_f^{britfract}$	faktor kerusakan untuk <i>brittle fracture</i>	[-]
$D_f^{carbonate}$	faktor kerusakan untuk <i>carbonate cracking</i>	[-]
$D_f^{caustic}$	faktor kerusakan untuk <i>caustic cracking</i>	[-]
$D_f^{CUIF}$	faktor kerusakan untuk <i>corrosion under insulation for ferritic components</i>	[-]
$D_f^{CUI-CLSCC}$	faktor kerusakan terhadap korosi komponen <i>austenitic stainless steel</i> yang terinsulasi yang terkena <i>external chloride stress corrosion</i>	[-]

$D_f^{extd}$	faktor kerusakan untuk keseluruhan kerusakan eksternal	[-]
$D_f^{extcor}$	faktor kerusakan untuk korosi eksternal	[-]
$D_f^{ext-CLSCC}$	faktor kerusakan terhadap korosi eksternal komponen <i>austenitic stainless steel</i> yang tidak terinsulasi yang terkena <i>external chloride stress corrosion</i> .	[-]
$D_f^{elin}$	faktor kerusakan untuk pelapisan bagian dalam komponen	[-]
$D_f^{htha}$	faktor kerusakan untuk <i>high temperature hydrogen attack</i>	[-]
$D_f^{HIC/SOHC-HF}$	faktor kerusakan untuk <i>hydrogen-induced cracking</i> dan <i>stress-oriented hydrogen induced cracking</i> dalam <i>hydrofluoric acid services</i>	[-]
$D_f^{HIC/SOHC-H_2S}$	faktor kerusakan untuk <i>hydrogen-induced cracking</i> dan <i>stress-oriented hydrogen induced cracking</i> dalam <i>hydrogen sulfide services</i>	[-]
$D_f^{HSC-HF}$	faktor kerusakan untuk <i>hydrogen stress cracking</i>	[-]
$D_f^{mfat}$	faktor kerusakan untuk <i>mechanical fatigue</i>	[-]
$D_f^{PTA}$	faktor kerusakan untuk <i>polythionic acid cracking</i>	[-]
$D_f^{\sigma}$	faktor kerusakan untuk <i>sigma phase embrittlement</i>	[-]
$D_f^{SCC}$	faktor kerusakan untuk keseluruhan <i>stress corrosion cracking</i>	[-]
$D_f^{SCC}$	faktor kerusakan untuk <i>stress corrosion cracking</i>	[-]
$D_f^{tempe}$	faktor kerusakan untuk <i>Cr-Mo components</i> yang dikenai <i>temper embrittlement</i>	[-]
$D_f^{thin}$	faktor kerusakan untuk penipisan komponen	[-]

$D_{f-gov}^{thin}$	faktor kerusakan untuk keseluruhan penipisan komponen	[-]
$D_{f-total}$	faktor kerusakan total	[-]
$D_f^{885}$	faktor kerusakan untuk 885 <i>embrittlement</i>	[-]
$d_n$	ukuran diameter lubang kebocoran	[in]
$D_{tank}$	diameter <i>storage tank</i>	[ft]
$FC_{environ}$	<i>consequence financial</i> untuk kerugian lingkungan	[\$]
$FC_{cmd}$	<i>consequence financial</i> untuk kerusakan komponen	[\$]
$FC_{prod}$	<i>consequence financial</i> untuk kehilangan biaya produksi	[\$]
$FC_{total}$	total <i>consequence financial</i>	[\$]
$FC_{environ}^{leak}$	<i>consequence financial</i> untuk kerugian lingkungan akibat kebocoran	[\$]
$FC_{environ}^{rupture}$	<i>consequence financial</i> untuk kerugian lingkungan akibat sobekan/ <i>rupture</i> komponen	[\$]
$F_{ms}$	faktor sistem manajemen/ <i>management systems factor</i>	[-]
g	percepatan gravitasi (32,2 ft <sup>2</sup> /s)	
gff	frekuensi kegagalan suatu komponen/ <i>generic failure frequency</i>	[failure/year]
gff <sub>n</sub>	frekuensi kegagalan suatu komponen/ <i>generic failure frequency</i> untuk tiap ukuran lubang	[failure/year]
gff <sub>total</sub>	total frekuensi kegagalan suatu komponen/ <i>generic failure frequency</i>	[failure/year]
$h_{liq}$	ketinggian maksimum <i>storage tank</i>	[ft/day]
$holecost_n$	biaya perbaikan <i>equipment</i> berdasarkan ukuran lubang	[\$]
$k_h$	konduktivitas hidrolik tanah	[ft/day]
$k_{h,prod}$	konduktivitas hidrolik berdasarkan produk dalam <i>storage tank</i>	[ft/day]

$k_{h,water}$	konduktivitas hidrolik berdasarkan air	[ft/day]
$k_{h,water-lb}$	konduktivitas hidrolik batas bawah berdasarkan air	[in/s]
$k_{h,water-ub}$	konduktivitas hidrolik batas atas berdasarkan air	[in/s]
$ld_n$	durasi kebocoran aktual berdasarkan massa yang tersedia dan perhitungan laju aliran yang dihubungkan dengan tiap ukuran lubang kebocoran	[day]
$Lvol_{above,n}$	total volume fluida untuk tiap ukuran lubang kebocoran	[ft <sup>3</sup> ]
$Lvol_{avail,n}$	volume fluida yang tersedia untuk tiap ukuran lubang kebocoran	[ft <sup>3</sup> ]
$Lvol_{above,i}$	total volume fluida di atas <i>tank shell course ke-I</i>	[ft <sup>3</sup> ]
$mass_n$	massa keluaran produk yang digunakan untuk perhitungan <i>consequence</i> berdasarkan ukuran lubang	[lb]
$mass_n^{tox}$	massa keluaran <i>toxic</i> yang digunakan untuk perhitungan <i>consequence</i> berdasarkan ukuran lubang	[lb]
matcost	faktor biaya material	[-]
$mfrac^{tox}$	fraksi massa <i>toxic</i> dalam campuran fluida yang keluar	[-]
$N_c$	total jumlah <i>tank shell course</i>	[-]
$\mu_l$	viskositas fluida	[lbf-s/ft <sup>2</sup> ]
$\mu_w$	viskositas air	[lbf-s/ft <sup>2</sup> ]
$Outage_{affa}$	waktu yang diperlukan untuk memperbaiki <i>equipment</i> yang rusak di sekitar <i>equipment</i> yang sedang dievaluasi	[day]
$Outage_{cmd}$	waktu yang diperlukan untuk memperbaiki <i>equipment</i> yang sedang dievaluasi	[day]
$Outage_n$	waktu yang diperlukan untuk memperbaiki tiap ukuran lubang	[day]

$P_f(t)$	<i>probability</i> kegagalan	[failure/year]
$p_{lvdike}$	persentase fluida yang meninggalkan <i>dike</i>	[%]
Prodcost	biaya produksi yang hilang selama proses perbaikan <i>equipment</i>	[\$]
$p_s$	porositas tanah	[-]
$P_{score}$	nilai evaluasi sistem manajemen dalam bentuk persen	[%]
$p_{offsite}$	persentase fluida yang meninggalkan <i>dike</i> tetapi berada di bagian luar unit <i>storage tank</i>	[%]
$p_{onsite}$	persentase fluida yang meninggalkan <i>dike</i> tetapi berada di bagian dalam unit <i>storage tank</i>	[%]
$\rho_l$	densitas fluida pada kondisi operasi normal <i>storage tank</i>	[lb/ft <sup>3</sup> ]
$\rho_w$	densitas air	[lb/ft <sup>3</sup> ]
$rate_n$	laju keluaran produk yang digunakan untuk perhitungan <i>consequence</i> untuk tiap ukuran lubang kebocoran	[Bbl/day]
$rate_n^{tox}$	laju aliran massa keluaran <i>toxic</i> yang digunakan untuk perhitungan <i>consequence</i> berdasarkan ukuran lubang	[lb/s]
Score	nilai yang ditentukan dari evaluasi sistem manajemen	[-]
$S_{gw}$	jarak air tanah di bawah <i>storage tank</i>	[ft]
$t_{gl}$	waktu yang diperlukan produk untuk mencapai air tanah akibat kebocoran <i>tank bottom</i>	[day]
$t_{ld}$	waktu pendeteksian kebocoran	[day]
$vel_{s,prod}$	kecepatan resapan produk ke dalam tanah	[ft/day]
$W_n$	laju keluaran produk melalui lubang di <i>tank shell course</i>	[Bbl/day]