



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**PERHITUNGAN KUANTITATIF  
*RISK BASED INSPECTION* BERDASARKAN API 581 PADA  
PIPA AMMONIA DI PT. KALTIM PASIFIK AMONIAK**

**TUGAS AKHIR**

**HERI SEPTIA NUGRAHA  
L2E 007 043**

**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG  
MARET 2012**

## TUGAS AKHIR

Diberikan kepada:

Nama : Heri Septia Nugraha

NIM : L2E 007 043

Pembimbing : Ir. Sugiyanto, DEA

Jangka Waktu : 6 (Enam) bulan

Judul : **Perhitungan Kuantitatif *Risk Based Inspection* Berdasarkan API 581 Pada Pipa Ammonia Di PT Kaltim Pasifik Amoniak**

Isi Tugas :

1. Melakukan perhitungan nilai resiko secara kuantitatif pada sistem perpipaan berdasarkan *code API Recommended Practice 581*.
2. Menentukan *Next Inspection Date* berdasarkan hasil perhitungan nilai resiko pada sistem perpipaan.
3. Menganalisa perbandingan hasil perhitungan yang dilakukan penulis dengan hasil perhitungan pada API 581.

Semarang, Maret 2012

Dosen Pembimbing,



Ir. Sugiyanto, DEA

NIP. 196001251987031001

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

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

Nama : Heri Septia Nugraha

NIM : L2E 007 043

Tanda Tangan :

Tanggal : Maret 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Heri Septia Nugraha

NIM : L2E 007 043

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Perhitungan Kuantitatif *Risk Based Inspection* Berdasarkan API 581 Pada Pipa *Ammonia* Di PT Kaltim Pasifik Amoniak

**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 : Ir. Sudargana, MT

(  )

Penguji : Yusuf Umardhani, ST, MT

(  )

Penguji : Dr. Rusnaldy, ST, MT

(  )

Semarang, Maret 2012

Ketua Jurusan Teknik Mesin

(  )

Dr. Sulardjaka, ST, MT

NIP. 197104201998021001

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

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

Nama : HERI SEPTIA NUGRAHA  
NIM : L2E 007 043  
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 pembimbing saya yang berjudul :

PERHITUNGAN Kuantitatif *RISK BASED INSPECTION*  
BERDASARKAN API 581 PADA PIPA *AMMONIA* DI PT. KALTIM  
PASIFIK AMONIAK.

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

Heri Septia Nugraha  
L2E007043

## **HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

*"Mimpimu hari ini adalah kenyataanmu esok hari"*

### **PERSEMBAHAN**

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

- ☆ Orang tua saya tercinta yang selalu memberikan do'a, nasehat, kasih sayang serta dukungan baik moral maupun material.
- ☆ Kakak saya tersayang yang selalu mendukung dan memberikan motivasi.

## ABSTRAK

Sistem perpipaan di PT Kaltim Pasifik Amoniak merupakan salah satu sistem yang menjadi prioritas dalam proses perawatan, ini dikarenakan jika terjadi kebocoran gas amoniak akan mengakibatkan kerugian yang sangat besar. Untuk menjaga kondisi operasional komponen beroperasi dengan optimal dan aman, diperlukan manajemen perawatan dan inspeksi yang tepat. Inspeksi atau pemeriksaan sendiri merupakan sebuah aktivitas yang dilakukan untuk mendeteksi dan mengevaluasi kemungkinan adanya kerusakan atau penurunan kualitas akibat beroperasinya suatu peralatan

Salah satu metode yang di gunakan untuk pengelolaan inspeksi yaitu metode *Risk Based Inspection* berdasarkan API 581, tujuannya adalah untuk membuat *inspection program* berdasarkan nilai resiko. Dengan kata lain *Risk Based Inspection* adalah metode untuk menentukan rencana inspeksi (*equipment* mana saja yang perlu diinspeksi, kapan diinspeksi) berdasarkan resiko kegagalan suatu peralatan. Metode *Risk Based Inspection* memakai pendekatan kombinasi dua parameter, yaitu: kategori kemungkinan kegagalan dan kategori konsekuensi kegagalan.

Berdasarkan perhitungan nilai resiko untuk studi kasus sistem perpipaan di PT Kaltim Pasifik Amoniak didapatkan nilai resiko untuk pipa 4 in, 6 in dan 8 in rata-rata berada pada kategori *Medium High Risk* dan *Medium Risk* dalam hal ini nilai resiko masih dalam kategori aman. Program inspeksi yang akan datang atau *next inspection date* untuk pipa *ammonia* 4 in paling lambat dilaksanakan pada 1 Nopember 2016, pipa 6 in paling lambat dilaksanakan pada 1 Nopember 2017 dan untuk pipa 8 in paling lambat dilaksanakan pada 1 Nopember 2025.

Kata kunci: *Risk Based Inspection* (RBI), sistem perpipaan, *ammonia*.

## **ABSTRACT**

*Piping system in PT Kaltim Pasifik Amoniak is one of the priority in the maintenance process, this is because in case of leakage of ammonia gas will make huge losses. To maintain the operational condition of the component stay optimal and safe, its need good maintenance and inspection management. Inspection or investigation itself is an activity which taken to detect and evaluate the possibility of damage or loss of quality caused by operational condition an equipment.*

*One of the methods used for the management of Inspection is risk based inspection method is based on API 581, the goal is to make the inspection program based on the risk value. In other words, Risk Based Inspection is a method for determining the inspection plan (which equipment that needs to be inspected, whenit must be inspected) based on the risk failure of an equipment. Risk Based Inspection method approach using a combination of two parameters: the probability of failure categories and failure consequence category.*

*Based on the calculation of risk values for piping systems case study in PT. kaltim Pasifik Amoniak can be generated risk values for pipe 4 inch, 6 inch and 8 inch is average in the category of Medium High Risk and Medium Risk in this case the risk is still in the safe category. Inspection program that will come or next inspection date for ammonia pipe 4 inch at least held on 1 November 2016, pipe 6 inch at least held on 1 November 2017 and for pipe 8 inch at least held on 1 November 2025.*

*Keywords: Risk Based Inspection (RBI), piping system, ammonia.*

## KATA PENGANTAR

Rasa Syukur dan terima kasih kepada Allah SWT yang telah memberikan kekuatan, kemampuan dan petunjuk bagi Penulis sehingga dapat melewati masa studi dan menyelesaikan Tugas Akhir berjudul “Perhitungan Kuantitatif *Risk Based Inspection* Berdasarkan API 581 Pada Pipa *Ammonia* Di PT.Kaltim Pasifik Amoniak” yang merupakan tahap akhir dari proses untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin di Universitas Diponegoro.

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan orang-orang yang dengan segenap hati memberikan bantuan, bimbingan dan dukungan, baik moral maupun material. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Ir. Sugiyanto, DEA selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan dan bantuannya..
2. Bapak Hans Siddharta dan Bapak Dyandra A. Pomala sebagai pembimbing di PT Kaltim Pasifik Amoniak atas bimbingan dan bantuannya.
3. Semua pihak yang telah membantu tersusunnya laporan Tugas Sarjana ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangannya dan masih jauh dari sempurna, sehingga segala kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan dari penyusun laporan ini sangat kami harapkan.

Akhirnya Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberi manfaat bagi kita semua.Amin.

Semarang, Maret 2012

Penulis

## DAFTAR ISI

JUDUL .....	i
TUGAS AKHIR .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	v
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	vi
ABSTRAK .....	vii
<i>ABSTRACT</i> .....	viii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xvii
NOMENKLATUR.....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penulisan.....	3
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Metodologi Penelitian .....	4
1.5. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II DASAR TEORI.....	6
2.1. Sistem Perpipaan.....	6
2.2. <i>Risk</i> (Resiko) Secara Umum.....	7
2.3. Konsep <i>Risk Based Inspection</i> API (RBI).....	8
2.3.1. Jenis-jenis <i>Risk Based Inspection</i> .....	9
2.3.2. Probabilitas Kegagalan .....	11

2.3.3.	Konsekuensi Kegagalan.....	17
2.3.4.	Perhitungan Analisis Konsekuensi pada Sistem Perpipaan .....	18
2.3.5.	Analisis Resiko .....	35
2.4.	Perhitungan Umur Komponen Pipa ( <i>Remaining life</i> ) .....	37
2.5.	Perhitungan <i>Next Inspection Date</i> .....	37
2.6.	<i>Application of risk based inspection in refinery and processing piping</i> .....	39
BAB III METODE PENELITIAN .....		43
3.1.	Pendahuluan.....	43
3.2.	Diagram Alir Program Bantu Perhitungan .....	43
3.2.1.	Diagram Alir Menentukan <i>Generic Failure Frequency</i> .....	45
3.2.2.	Diagram Alir Menentukan <i>Damage Factor</i> .....	46
3.2.3.	Diagram Alir Menentukan Faktor Sistem Manajemen.....	50
3.2.4.	Diagram Alir Menentukan Konsekuensi.....	50
3.2.5.	Diagram Alir Menentukan Analisis Resiko .....	57
3.3.	Program Bantu Perhitungan Resiko .....	58
3.3.1.	Langkah-langkah Program Bantu Perhitungan Probabilitas .....	59
3.3.2.	Langkah-langkah Program Bantu Perhitungan Konsekuensi.....	61
3.3.3.	Langkah-langkah Program Bantu Analisis Resiko.....	66
3.4.	Studi Kasus .....	67
3.4.1.	<i>Ammonia</i> .....	68
3.4.2.	Diskripsi Umum Proses Produksi Amoniak .....	69
3.4.3.	<i>Ammonia Pipe Route</i> .....	74
3.4.4.	Data Studi Kasus .....	75
BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN .....		79
4.1	Hasil Perhitungan Probabilitas Pipa <i>Ammonia</i> .....	79
4.1.1	Pipa <i>Ammonia ID 4"-NHL-1-105-BK-C55</i> .....	79
4.1.2	Pipa <i>Ammonia ID 6"-AL-05004-MK1-C35</i> .....	81
4.1.3	Pipa <i>Ammonia ID 8"-NHL-1-105-BK-C55</i> .....	82
4.1.4	Parameter-Parameter yang Berpengaruh dalam Perhitungan <i>Probability of Failure</i> .....	84

4.2	Hasil Perhitungan Konsekuensi Pipa <i>Ammonia</i> .....	86
4.2.1	Hasil Perhitungan Konsekuensi Pipa 4"-NHL-1-105-BK-C55.....	87
4.2.2	Hasil Perhitungan Konsekuensi Pipa 6"-AL-05004-MK1-C35 .....	89
4.2.3	Hasil Perhitungan Konsekuensi Pipa 8"-NHL-1-105-BK-C55.....	90
4.2.4	Parameter-Parameter yang Berpengaruh dalam Perhitungan Konsekuensi .....	93
4.3	Hasil Perhitungan Resiko Pipa <i>Ammonia</i> .....	96
4.3.1	Hasil Perhitungan Resiko Pipa 4"-NHL-1-105-BK-C55.....	96
4.3.2	Hasil Perhitungan Resiko Pipa 6"-AL-05004-MK1-C35 .....	97
4.3.3	Hasil Perhitungan Risiko 8"-NHL-1-105-BK-C55 .....	98
4.4	Hasil Perhitungan <i>Remaining Life</i> .....	99
4.5	Hasil Perhitungan <i>Next Inspection Date</i> .....	100
4.6	Verifikasi Perhitungan.....	103
4.7	Pembahasan Hasil Perhitungan.....	103
BAB V PENUTUP .....		104
5.1	Kesimpulan .....	104
5.2	Saran.....	105
DAFTAR PUSTAKA .....		106
LAMPIRAN .....		108
a)	Jurnal Internasional berjudul <i>Application of Risk Based Inspection in Refinery and Processing Piping</i> .....	109
b)	API dan beberapa standartnya yang diterbitkan. ....	116

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Kecelakaan industri kimia.....	2
Gambar 1.2	Diagram alir penelitian secara umum.....	4
Gambar 2.1	Sistem <i>piping</i> pada sebuah <i>Plant</i> .....	7
Gambar 2.2	Proses <i>Risk Based Inspection</i> secara umum .	8
Gambar 2.3	Manajemen menggunakan RBI.....	9
Gambar 2.4	<i>Thinning damage factor</i> .	15
Gambar 2.5	<i>Piping mechanical fatigue</i> .....	16
Gambar 2.6	<i>Corrosion Under Insulation</i> .....	17
Gambar 2.7	Prosedur analisis konsekuensi .....	18
Gambar 2.8	Jenis pelepasan (a) <i>instantaneous</i> dan (b) <i>continuous</i> .....	24
Gambar 2.9	Konsekuensi akibat <i>flammable</i> .....	28
Gambar 2.10	<i>Ammonia toxic</i> .....	30
Gambar 2.11	Matriks resiko API RBI 581.....	36
Gambar 2.12	<i>Next inspection date</i> .....	37
Gambar 2.13	Risk target .....	38
Gambar 2.14	Kategori pipa menurut API .....	39
Gambar 2.15	Aplikasi dan metodogi RBI.....	40
Gambar 2.16	Konsep kuantitatif RBI.....	41
Gambar 2.17	Hasil perhitungan untuk studi kasus <i>piping</i> .....	41
Gambar 3.1	Diagram alir proses perhitungan dalam program bantu.....	44
Gambar 3.2	Diagram alir menentukan <i>generic failure frequency</i> .....	45
Gambar 3.3	Diagram alir menentukan <i>thinning damage factor</i> ... ..	46
Gambar 3.4	Diagram alir menentukan <i>CUI</i> .....	48
Gambar 3.5	Diagram alir menentukan <i>piping mechanical fatigue</i> .....	49
Gambar 3.6	Diagram alir menentukan faktor sistem manajemen.....	50
Gambar 3.7	Diagram alir <i>representative fluid</i> dan sifat-sifatnya.....	51
Gambar 3.8	Diagram alir menentukan ukuran lubang... ..	51
Gambar 3.9	Diagram alir menentukan <i>release rate</i> .....	52

Gambar 3.10	Diagram alir menentukan <i>release rate</i> estimasi jumlah total fluida yang ada untuk keluar.....	53
Gambar 3.11	Diagram alir menentukan jenis <i>release</i> ( <i>continuous</i> atau <i>instantaneous</i> )... ..	53
Gambar 3.12	Diagram alir menentukan dampak dari sistem deteksi dan isolasi... ..	54
Gambar 3.13	Diagram alir menentukan <i>release rate</i> dan massa... ..	54
Gambar 3.14	Diagram alir menentukan <i>toxic consequence</i> . .....	55
Gambar 3.15	Diagram alir menentukan <i>financial consequences</i> .....	56
Gambar 3.16	Diagram alir menentukan analisis resiko. ....	58
Gambar 3.17	Tampilan program bantu <i>generic failure frequency (gff)</i> .....	59
Gambar 3.18	Tampilan program bantu <i>thining damage factor</i> . ....	59
Gambar 3.19	Tampilan program bantu <i>piping mechanical fatigue</i> .... ..	60
Gambar 3.20	Tampilan program bantu <i>CUI</i> .....	60
Gambar 3.21	Tampilan program bantu <i>Total Damage Factor</i> .....	61
Gambar 3.22	Tampilan program bantu faktor sistem manajemen dan nilai probabilitas... ..	61
Gambar 3.23	Tampilan program bantu menentukan jenis fluida yang dianalisa. ....	62
Gambar 3.24	Tampilan program bantu menentukan ukuran lubang <i>release</i> .....	62
Gambar 3.25	Tampilan program bantu menentukan <i>teoritic release rate</i> . ....	62
Gambar 3.26	Tampilan program bantu menentukan estimasi jumlah fluida yang <i>release</i> . ....	63
Gambar 3.27	Tampilan program bantu menentukan jenis <i>release</i> . ....	64
Gambar 3.28	Tampilan program bantu menentukan sistem deteksi dan isolasi.....	64
Gambar 3.29	Tampilan program bantu menentukan <i>release rate</i> dan <i>release massa</i> . ....	64
Gambar 3.30	Tampilan program bantu menentukan konsekuensi <i>toxic</i> . ....	65
Gambar 3.31	Tampilan program bantu menentukan konsekuensi <i>finance</i> kerusakan komponen.....	65
Gambar 3.32	Tampilan program bantu menentukan konsekuensi <i>finance</i> kerugian produksi.....	65
Gambar 3.33	Tampilan program bantu menentukan konsekuensi cedera personil... ..	66
Gambar 3.34	Tampilan program bantu menentukan konsekuensi <i>finance</i> untuk pembersihan lingkungan dan total konsekuensi <i>finance</i> .....	66

Gambar 3.35	Program bantu mencari <i>total financial consequence</i> .....	66
Gambar 3.36	Hasil analisis resiko.....	67
Gambar 3.37	NPFA 704 <i>Ammonia</i> .....	68
Gambar 3.38	<i>Ammonia Properties</i> .....	69
Gambar 3.39	Proses produksi amoniak.....	70
Gambar 3.40	Diagram alir <i>Natural Gas Knock Out Drum</i> .....	70
Gambar 3.41	Proses <i>Desulfurizer</i> ... ..	71
Gambar 3.42	Diagram proses pembuatan gas sintesis <i>ammonia</i> .....	71
Gambar 3.43	Diagram proses konversi CO menjadi CO <sub>2</sub> .....	72
Gambar 3.44	Diagram proses absorpsi dan pelucutan CO <sub>2</sub> .....	73
Gambar 3.45	Diagram alir proses sintesis <i>Ammonia</i> .....	73
Gambar 3.46	<i>Ammonia Pipe Route</i> .....	74
Gambar 3.47	<i>Ammonia Liquid Pipe</i> .....	75
Gambar 4.1	Nilai probabilitas kegagalan pipa <i>ammonia</i> 4"-NHL-1-105-BK-C55.....	80
Gambar 4.2	Nilai probabilitas kegagalan pipa <i>ammonia</i> 6"-AL-05004-MK1-C35 .....	82
Gambar 4.3	Nilai probabilitas kegagalan pipa <i>ammonia</i> 8"-NHL-1-105-BK-C55 .....	83
Gambar 4.4	Grafik hubungan <i>corrosion rate</i> dengan <i>thinning damage factor</i> .....	84
Gambar 4.5	Grafik hubungan <i>corrosion rate</i> dengan probabilitas kegagalan.....	85
Gambar 4.6	Grafik hubungan <i>inspection level</i> dengan <i>total damage factor</i> ... ..	86
Gambar 4.7	Konsekuensi area cedera personil pipa 4"-NHL-1-105-BK-C55 .....	87
Gambar 4.8	Konsekuensi finansial pada pipa 4"-NHL-1-105-BK-C55 .....	88
Gambar 4.9	Konsekuensi area cedera personil pada pipa 6"-AL-05004-MK1-C35.. ....	89
Gambar 4.10	Konsekuensi finansial pada pipa 6"-AL-05004-MK1-C35.....	90
Gambar 4.11	Konsekuensi area cedera personil pipa 8"-NHL-1-105-BK-C55. ....	91
Gambar 4.12	Konsekuensi finansial pipa 8"-NHL-1-105-BK-C55.....	92
Gambar 4.13	Grafik hubungan diameter pipa dengan konsekuensi area cedera personil akibat <i>toxic</i> . .....	93
Gambar 4.14	Grafik hubungan panjang pipa dengan konsekuensi area cedera personil akibat <i>toxic</i> .....	94
Gambar 4.15	Grafik hubungan tekanan dalam pipa dengan total konsekuensi area akibat <i>toxic</i> .....	95

Gambar 4.16	Grafik hubungan biaya produksi dengan konsekunsi <i>finance</i> . .....	96
Gambar 4.17	Matriks resiko (a) konsekuensi area dan (b) konsekuensi <i>finance</i> .....	97
Gambar 4.18	Matriks resiko (a) konsekuensi area dan (b) konsekuensi <i>finance</i> .....	98
Gambar 4.19	Matriks resiko (a) konsekuensi area dan (b) konsekuensi <i>finance</i> . .....	99
Gambar 4.20	Grafik konsekuensi area antara perhitungan penulis .....	102
Gambar 4.21	Grafik perhitungan konsekuensi area pada API 581 RBI th 2000.....	102
Gambar 4.22	Grafik perbandingan konsekuensi area antara perhitungan penulis dengan API 581 RBI th 2000.....	103

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ukuran lubang dalam API 581 [9].....	11
Tabel 2.2	Daftar frekuensi kegagalan komponen ( <i>gff</i> ) [9]..	12
Tabel 2.3	Daftar topik pertanyaan dalam evaluasi sistem manajemen [9].....	13
Tabel 2.4	Sifat–sifat dari <i>representative fluids</i> dalam analisis <i>level 1</i> [9].	19
Tabel 2.5	Panduan analisis konsekuensi <i>level 1</i> dalam menentukan fase <i>fluida</i> [9].....	20
Tabel 2.6	Pemberian peringkat untuk jenis-jenis sistem deteksi [9].....	25
Tabel 2.7	Pemberian peringkat untuk jenis-jenis sistem isolasi [9].....	25
Tabel 2.8	Faktor untuk <i>release</i> berdasarkan sistem deteksi dan isolasi [9].	26
Tabel 2.9	Durasi kebocoran berdasarkan sistem deteksi dan isolasi [9]... ..	26
Tabel 2.10	Nilai numerik yang berhubungan dengan kategori probabilitas dan konsekuensi berdasarkan area dalam API RBI 581.....	36
Tabel 2.11	Nilai numerik yang berhubungan dengan kategori probabilitas dan konsekuensi berdasarkan <i>financial</i> dalam API RBI 581 .....	36
Tabel 2.12	Perbandingan penelitian Ming-Kuen Chang [18] dengan penulis. ....	40
Tabel 3.1	Keefektifan inspeksi untuk tipe <i>general thinning</i> . ....	47
Tabel 3.2	Keefektifan inspeksi untuk tipe <i>localized thinning</i> . ....	47
Tabel 3.3A	<i>Thinning damage factor</i> .....	47
Tabel 3.3B	<i>Thinning damage factor</i> .....	48
Tabel 3.4	<i>Corrosion rates</i> untuk perhitungan faktor kerusakan <i>CUI</i> .....	49
Tabel 3.5	<i>Corrosion rates Adjustment Factor</i> untuk jenis insulasi .....	49
Tabel 3.6	Biaya kerusakan komponen. ....	57
Tabel 3.7	Data fase dan densitas fluida pipa 4 inch .....	76
Tabel 3.8	Data fasa dan densitas fluida pipa 6 inch.....	76
Tabel 3.9	Data fasa dan densitas fluida pipa 8 inch.....	76
Tabel 3.10	Data kondisi operasional pipa 4 inch.....	77
Tabel 3.11	Data kondisi operasional pipa 6 inch.....	77
Tabel 3.12	Data kondisi operasional pipa 7 inch.....	77
Tabel 3.13	Data dimensi pipa 4 inch.....	78
Tabel 3.14	Data dimensi pipa 6 inch.....	78

Tabel 3.15	Data dimensi pipa 8 inch.....	78
Tabel 4.1	Hasil perhitungan probabilitas kegagalan pipa 4 inch.....	79
Tabel 4.2	Hubungan data inspeksi dengan probabilitas kegagalan pipa 4 inch.. .....	80
Tabel 4.3	Hasil perhitungan probabilitas kegagalan 6 inch .....	81
Tabel 4.4	Hubungan data inspeksi dengan probabilitas kegagalan 6 inch.....	81
Tabel 4.5	Hasil perhitungan probabilitas kegagalan 8 inch .....	82
Tabel 4.6	Hubungan data inspeksi dengan probabilitas kegagalan 8 inch.....	83
Tabel 4.7	Hasil perhitungan konsekuensi cedera personil pipa 4 inch .....	87
Tabel 4.8	Hasil perhitungan konsekuensi finansial pipa 4 inch .....	88
Tabel 4.9	Hasil perhitungan konsekuensi cedera personil pipa 6 inch .....	89
Tabel 4.10	Hasil perhitungan konsekuensi finansial pipa 6 inch. ....	90
Tabel 4.11	Hasil perhitungan konsekuensi cedera personil pipa 8 inch .....	90
Tabel 4.12	Hasil perhitungan konsekuensi finansial pipa 8 inch .....	92
Tabel 4.13	Kategori resiko pipa 4"-NHL-1-105-BK-C55.....	96
Tabel 4.14	Kategori resiko Pipa 6"-AL-05004-MK1-C3595.....	97
Tabel 4.15	Kategori resiko Pipa 8"-NHL-1-105-BK-C55 .....	98
Tabel 4.16	<i>Remaining life</i> pipa 4"-NHL-1-105-BK-C55.....	99
Tabel 4.17	<i>Remaining life</i> pipa 6"-AL-05004-MK1-C35 .....	100
Tabel 4.18	<i>Remaining life</i> pipa 8"-NHL-1-105-BK-C55.....	100
Tabel 4.19	<i>Next Inspection Date</i> pipa 4"-NHL-1-105-BK-C55.....	101
Tabel 4.20	<i>Next Inspection Date</i> pipa 6"-AL-05004-MK1-C35 .....	101
Tabel 4.21	<i>Next Inspection Date</i> pipa 8"-NHL-1-105-BK-C55.....	101

## NOMENKLATUR

Simbol	Keterangan	Satuan
AIT	<i>Auto Ignition Temperature</i>	[ <sup>0</sup> R]
$A_n$	Luas area lubang	[in <sup>2</sup> ]
a	Konstanta <i>gas/liquid</i>	[-]
b	Konstanta <i>gas/liquid</i>	[-]
C <sub>1</sub>	Konstanta (12)	[-]
C <sub>2</sub>	Konstanta (1)	[-]
C <sub>4</sub>	Konstanta (1)	[-]
C <sub>5</sub>	Konstanta (55.6)	[-]
C <sub>8</sub>	Konstanta (1)	[-]
$CA_{cmd}$	Final konsekuensi area kerusakan komponen	[ft <sup>2</sup> ]
$CA_{cmd}$	Final konsekuensi area kerusakan komponen	[ft <sup>2</sup> ]
$CA_n^{CONT}$	<i>Consequence area</i> untuk <i>continuous release</i>	[ft <sup>2</sup> ]
$CA^{flam}$	<i>Cosequence area flammable</i>	[ft <sup>2</sup> ]
$CA_n^{flam}$	<i>Cosequence area flammable</i> untuk setiap (n) ukuran lubang	[ft <sup>2</sup> ]
$CA_{cmd}^{flam}$	<i>Final probability weighted component damage flammable consequence area</i>	[ft <sup>2</sup> ]
$CA_{inj}$	Final konsekuensi area cedera personil	[ft <sup>2</sup> ]
$CA_n^{INST}$	<i>Consequence area</i> untuk <i>instantaneous release</i>	[ft <sup>2</sup> ]
$CA_{inj}^{flam}$	<i>Final probability weighted personnel injury flammable consequence area</i>	[ft <sup>2</sup> ]
$CA_{inj}^{tox}$	<i>Final probability weighted personnel injury toxic consequence area</i>	[ft <sup>2</sup> ]
$D_f(t)$	Faktor kerusakan ( <i>damage factor</i> )	[-]
$D_f^{thin}$	<i>Thinning damage factor</i>	[-]
$D_f^{mfat}$	<i>Mechanical fatigue damage factor</i>	[-]
$D_f^{brit}$	<i>Brittle fracture damage factor</i>	[-]
$eneff_n$	Faktor efisiensi energi untuk setiap (n) ukuran lubang	[-]

$equiptcost$	Biaya proses penggantian komponen	[\$/ft <sup>2</sup> ]
$envcost$	Biaya pembersihan lingkungan	[\$/bb1]
FC	Final konsekuensi <i>finance</i>	
$FC_{affa}$	<i>Financial consequence</i> kerusakan disekitar komponen	[\$]
$FC_{cmd}$	<i>Financial consequence</i> kerusakan komponen	[\$]
$FC_{environ}$	<i>Financial consequence</i> pembersihan lingkungan	[\$]
$FC_{inj}$	<i>Financial consequence</i> hasil dari cedera serius personil	[\$]
$F_{MS}$	Faktor sistem manajemen	[-]
$FC_{prod}$	<i>Financial consequence</i> produksi yang terbang	[\$]
$fact_n^{IC}$	Faktor <i>blending</i> konsekuensi area pelepasan <i>continuous/instantaneous</i> untuk setiap (n) ukuran lubang	[-]
$gff_n$	<i>Generic failure frequencies</i> untuk setiap (n) ukuran lubang	[failure/year]
$gff_{total}$	<i>Total generic failure frequencies</i>	[failure/year]
$g_c$	Faktor konversi dari lb <sub>f</sub> ke lb <sub>m</sub> (32.2)	[lbm-ft/lbf sec <sup>2</sup> ]
$holecost_n$	Biaya perbaikan peralatan untuk setiap (n) ukuran lubang	[\$]
$injcst$	Biaya untuk cedera serius atau parah pada personil	[\$]
$K_{v,n}$	Faktor koreksi <i>viscosity</i>	[-]
k	<i>Ideal gas specific heat ratio</i>	[-]
$ld_n$	<i>Leak duration actual</i> untuk setiap (n) ukuran lubang	[s]
$ld_{max,n}$	<i>Leak duration maximum</i> untuk setiap (n) ukuran lubang	[s]
MW	<i>Molecular weight</i>	[lb/lb-mol]
$mass_{avail,n}$	Massa yang tersedia untuk <i>release</i> setiap (n) ukuran lubang	[lb]
$mass_{comp,I}$	Massa komponen	[lb]
$mass_{add,n}$	Massa <i>additional</i> untuk setiap (n) ukuran lubang	[lb]
$mass_n^{tox}$	<i>Release massa</i> komponen <i>toxic</i> untuk setiap (n) ukuran lubang	[lb]
$mass_{inv}$	Massa inventori	[lb]
$mass_n$	<i>Mitigated discharge mass</i> untuk setiap (n) ukuran lubang	[lb]
$matcost$	Faktor biaya material	[-]
$mfrac^{tox}$	Fraksi massa dari material toxic (1)	[-]
NBP	<i>Normal Boiling Point</i>	[°R]

$Outage_{cmd}$	Waktu yang diperlukan untuk memperbaiki komponen yang dievaluasi	[days]
$Outage_{affa}$	Waktu yang diperlukan untuk memperbaiki peralatan disekitar komponen yang dievaluasi	[days]
$P_{atm}$	Tekanan atmosfer	[psi]
$P_f(t)$	Probabilitas kegagalan ( <i>probability of failure</i> )	[-]
$prodcost$	Biaya produksi yang hilang karena waktu yang digunakan untuk memperbaiki peralatan	[\$/day]
$Popdens$	<i>Population density</i> dari personil atau pekerja	[personil/ft <sup>2</sup> ]
$P_s$	Tekanan normal operasi pada <i>storage</i>	[psi]
$R$	<i>Universal gas constant</i> = 1545	[ft-lbf/lb-mol°R]
$rate_n$	<i>Mitigated discharge rate</i> untuk setiap (n) ukuran lubang	[lb/s]
$T_s$	Temperatur <i>storage</i>	[°R]
$vol_n^{env}$	Tumpahan fluida	[barrels]
$Wn$	<i>Release rate</i>	[lbs/sec]
$\rho_l$	Densitas	[lb/ft <sup>3</sup> ]