



TUGAS AKHIR – ME184834

**ANALISA PENJADWALAN PROGRAM INSPEKSI PADA
CONDENSAT ATMOSPHERIC STORAGE TANK DENGAN
MENGUNAKAN METODE *RISK BASED INSPECTION (RBI)***

FITRA DIDIT LUCIAWAN
NRP. 04211340000003

Dosen Pembimbing :
Nurhadi Siswanto, ST.,MT.
Dr.Eng Muhammad Badrus Zaman, ST., MT.

Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BACHELOR THESIS – ME184834

**ANALYSIS OF INSPECTION SCHEDULING PROGRAM ON
CONDENSATE ATMOSPHERIC STORAGE TANK WITH *RISK
BASED INSPECTION (RBI) METHOD***

FITRA DIDIT LUCIAWAN
NRP. 0421134000003

Supervisor :
Nurhadi Siswanto, ST.,MT.
Dr.Eng Muhammad Badrus Zaman, ST., MT.

Department of Marine Engineering
Faculty of Marine Technology
Institute Technology of Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA PENJADWALAN PROGRAM INSPEKSI PADA
CONDENSAT ATMOSPHERIC STORAGE TANK DENGAN
MENGUNAKAN METODE *RISK BASED INSPECTION* (RBI)**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Bidang studi *Marine Operation and Maintenance*
(MOM)

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

Oleh :

FITRA DIDIT LUCIAWAN

NRP. 04211340000003

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Nurhadi Siswantoro, ST., MT.

NIP. 1992201711049

Dr.Eng Muhammad Badrus Zaman, ST., MT.

NIP. 197708022008011007

()
()

SURABAYA
JANUARI, 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENJADWALAN PROGRAM INSPEKSI PADA CONDENSAT ATMOSPHERIC STORAGE TANK DENGAN MENGUNAKAN METODE *RISK BASED INSPECTION* (RBI)

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Bidang studi *Marine Operation and Maintenance*
(MOM)

Program Studi Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

FITRA DIDIT LUCIAWAN

NRP. 0421134000003

Disetujui Oleh Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D.
NIP. 197903192008011008

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISA PENJADWALAN PROGRAM INSPEKSI PADA *CONDENSAT ATMOSPHERIC STORAGE TANK* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *RISK BASED INSPECTION (RBI)*

Nama : Fitra Didit luciawan
NRP : 0421134000003
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS
Dosen Pembimbing : Nurhadi Siswanto, ST.,MT.
Dr.Eng Muhammad Badrus Zaman, ST., MT.

Abstrak

Perkembangan teknologi pada bidang eksplorasi minyak dan gas bumi yang semakin modern membuat *requirement* pada bidang keselamatan juga semakin meningkat, perusahaan minyak dan gas bumi di Indonesia juga semakin dituntut oleh pemerintah untuk semakin meningkatkan tingkat keselamatan baik pada *equipments* maupun tenaga kerja. Hal ini dibuktikan dengan semakin banyaknya aturan-aturan keselamatan yang diberlakukan oleh pemerintah Indonesia. Untuk memenuhi aturan dari pemerintah pada tingkat keselamatan *equipments* perlu dilakukan sebuah penjadwalan *maintenance* yang bagus guna menjaga kondisi pada *equipments* yang digunakan . Pada tugas akhir ini subjek yang akan penulis lakukan penelitian ialah *Atmospheric Storage Tank*. Dimana *atmospheric storage tank* merupakan sebuah *vessel* yang digunakan untuk menyimpan fluida yang berjumlah besar, fluida yang disimpan umumnya merupakan fluida yang mudah terbakar. Konten yang disimpan umumnya membutuhkan *treatment* yang berbeda tergantung jenis konten yang disimpan. Akibat dari kerusakan pada *atmospheric storage tank* dapat menimbulkan pencemaran lingkungan yang cukup besar apabila terjadi kebocoran baik pada dinding maupun lantai dari tangki, kebocoran pada lantai tangki dapat tidak terdeteksi pada waktu yang lama dan dapat mengakibatkan pencemaran yang serius apabila konten fluida mengkontaminasi tanah atau bahkan air tanah. Metode *Risk Base Inspection (RBI)* merupakan sebuah metode untuk meracik sebuah *inspection plan* dengan berdasarkan Risiko yang dimiliki oleh *equipments*. Penilaian Risiko yang akan dilakukan pada penelitian ini akan mengacu pada standar API RP 581. Metode RBI menentukan insiden apa yang dapat terjadi (*consequence*) dan seberapa sering insiden bisa terjadi (*probability*). Dengan mengkombinasikan *probability* dengan *consequence* dapat ditentukan Risiko dari kegagalan pada *equipment* yang sedang diteliti. Hasil analisis dalam tugas akhir ini menunjukkan besarnya resiko pada RBI date ialah sebesar 0.044 m2. *Storage tank* akan diinspeksi pada tahun ke-6 setelah dilakukan analisis RBI. Besarnya resiko pada target date setelah dilakukan inspeksi ialah sebesar 0.047 m2.

Kata kunci : *Atmospheric storage tank, tank, inspeksi, risiko, risk based inspection., API 581, RBI.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISA PENJADWALAN PROGRAM INSPEKSI PADA *CONDENSAT
ATMOSPHERIC STORAGE TANK* DENGAN MENGGUNAKAN METODE
*RISK BASED INSPECTION (RBI)***

Name : Fitra Didit luciawan
NRP : 0421134000003
Departement : Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS
Supervisor : Nurhadi Siswanto, ST.,MT.
Dr.Eng Muhammad Badrus Zaman, ST., MT.

Abstrack

The technology development in the oil and gas industry is moving quite rapidly. This development also bring the need of safety requirement is increasingly better. Indonesian government also demanded that every oil and gas company that currently doing bussines in Indonesia are has to follow strict rule of regulation. It is literally number one concern in the oil and gas industry. To meet the rules of the government on the equipment safety level, it is necessary to do a good maintenance scheduling to maintain the conditions of the equipment used. In this final project, the subject that the author will do research is Atmospheric Storage Tank. Where an atmospheric storage tank is a vessel used to store large amounts of fluid, stored fluid is generally a flammable fluid. The Content that is stored generally requires different treatment depending on the type of content stored. As a result of damage to the atmospheric storage tank can cause considerable environmental pollution if there is a leak either in the walls or floors of the tank, leakage on the tank floor can not be detected for a long time and can cause serious pollution if the fluid content contaminates the soil or even ground water. One approach to evaluating the condition of the tank is for arranging and scheduling maintenance and inspection programs based on risk-based inspection (RBI) method. The RBI is the systematic approach to the method of inspection management of equipment or work unit based on the level of risk that the equipment or work units. Risk assessment for atmospheric storage tank has based on API RP 581 third edition. The results of the analysis in this thesis show the magnitude of the risk on the RBI date is 0.044 m2. Storage tanks will be inspected in the 6th year after an RBI analysis. The amount of risk on the target date after inspection is 0.047 m2.

Keywords : Atmospheric storage tank, tank, inspeksi, risiko, risk based inspection., API 581, RBI.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas ridha dan rahmat-Nya skripsi dengan judul “ANALISA PENJADWALAN PROGRAM INSPEKSI PADA CONDENSAT ATMOSPHERIC STORAGE TANK DENGAN MENGGUNAKAN METODE RISK BASED INSPECTION (RBI)” ini dapat diselesaikan tepat waktu meski dengan keterbatasan waktu, kemampuan dan pengetahuan dari penulis.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama proses penyusunan skripsi ini penulis mendapat dukungan dalam bentuk moril maupun material dari berbagai pihak, sehingga penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, semangat, harapan, petunjuk dan bahkan segala bentuk rejeki sehingga penulis dapat menyelesaikan pengerjaan tugas akhir ini dengan baik.
2. Junjungan penulis, nabi besar, Muhammad SAW yang kisahnya selalu menjadi panutan dan motivasi bagi penulis.
3. Kedua, orang tua yang sangat penulis sayangi, Bapak Tamyis dan Ibu Priyati yang tidak ada hentinya mendoakan untuk kesuksesan anak-anaknya, terus memberikan dukungan, dan tidak pernah mengeluhkan kegagalan yang dialami oleh penulis, sebagai anak, penulis sangat berterima kasih dan sekaligus meminta maaf yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua, karena demi melihat anaknya sukses di dunia dan akhirat, banyak pengorbanan dan kasih sayang yang diberikan kepada penulis, juga tidak pernah mengeluh maupun protes kepada penulis. Semoga dengan ilmu ini penulis bisa membahagiakan, membanggakan, dan mengangkat derajat kedua orang tua.
4. Bapak Nurhadi Siswanto, ST., MT selaku dosen pembimbing utama yang telah bersedia membimbing penulis, memberikan pengarahan, motivasi, saran, pengalaman, kemudahan dan kesempatan dalam menyelesaikan skripsi ini dan juga telah menjadi sesosok kakak yang terbaik bagi penulis yang dengan segala kesibukannya masih mau untuk meluangkan waktunya untuk membantu penulis dengan ikhlas.
5. Dr.Eng Muhammad Badrus Zaman, ST., MT. selaku dosen pembimbing kedua yang telah bersedia membimbing, memberikan arahan dan memberikan kesempatan bagi penulis.
6. Ir. Dwi Priyanta, M.SE selaku sosok seorang bapak dari penulis di rantauan Surabaya ini, yang dengan segala keikhlasan beliau mau

membantu, menasehati, membimbing, dan dengan sabar mau menghadapi semua kesalahan-kesalahan yang dilakukan penulis.

7. Tim Penguji bidang MOM Bapak Dr. Eng Muhammad Badrus Zaman, ST., MT, Bapak Ir. Hari Prastowo, M.Sc., Bapak Dr. Trika Pitana, ST., M.Sc., Ir. Dwi Priyanta, M.S, Bapak Nurhadi Siswanto, ST., MT yang telah memberikan masukan dalam pengerjaan skripsi ini. Selama bertahun-tahun berinteraksi dengan mereka, sangat membuka cakrawala ilmu pengetahuan penulis dibidang *marine engineering*. Lebih dari itu, Motivasi dan cerita dari pengalaman oleh mereka membuat siapa saja betah menjadi keluarga SISKAL.
8. Mas Wildan Irfansyah serta Pak Fuad selaku senior di SISKAL dan Office EPC yang selalu memberikan motivasi dan mau mendengarkan curhatan penulis tentang masalah apapun yang dialami penulis.
9. Teman-teman Office EPC yang selalu menghawatirkan kakaknya yang sering hilang-hilangan, selalu menawarkan bantuan dan semangat. Khususnya kepada saudari Sofiatu Rohmah yang tidak bosan menanyakan tentang skripsi penulis.
10. Rekan-rekan sesama pejuang skripsi bidang MOM.
11. Sahabat penulis dari SMA, Andis Rihandoko dan Viona Hazar Briliana yang menjadi sahabat terbaik dan satu teman kos yang tak pernah henti memberikan dukungan dan menjadikan penulis sebagai tempat curhat yang tidak kenal waktu kapan curhatnya (Viona).
12. Syta Kumala D. sebagai sahabat, teman terbaik, yang tidak pernah capek memberikan semangat, mendengarkan curhatan, keluhan dan keresahan penulis dan sekaligus menjadi teman diskusi masalah apapun. Tempat untuk mengeluarkan unek-unek yang tidak bisa diceritakan ke orang tua.
13. Riski Putri W. yang menjadi teman, sekaligus sahabat penulis hampir selama 10 tahun. Yang selalu berdebat di hal – hal yang tidak penting.
14. Ustad Adi Hidayat yang dengan ceramahnya yang diberikan selalu bisa membuat penulis tersenyum, sedih, dan sangat termotivasi sehingga membuat penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
15. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis sepenuhnya menyadari bahwa pengerjaan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga datangnya saran, masukan dan koreksi yang bersifat membangun demi kesempurnaan ilmu yang telah diperoleh di departemen Teknik Sitem Perkapalan sangat diharapkan. Dan terakhir penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Desember 2019

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Keluaran Penelitian.....	2
1.6. Manfaat	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Ikhtisar Permasalahan	3
2.2. <i>Risk Based Inspection (RBI)</i>	5
2.3. <i>Damage mechanism</i>	6
2.4. <i>Inspection Plan</i>	7
2.4. Peraturan Pemerintah	8
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	9
3.1. Studi Literatur	10
3.2. Pengumpulan Data dan Informasi.....	11
3.3. Analisa Probabilitas	11
3.4. Analisa Konsekuensi.....	15
3.5. Analisa Resiko	20
3.5. Risk ranking.....	20
3.6. <i>Inspection Plan</i>	21
3.7. Mitigasi	21
3.7. Kesimpulan dan Saran	21
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	23
4.1. <i>Data Asset</i>	23
4.2. Menentukan <i>generic failure frequency</i>	24

4.3.	Analisa Probabilitas Kegagalan	24
4.3.1.	Menghitung <i>Thinning Damage Factor</i>	25
4.3.2.	Menghitung <i>External Corrothion Damage Factor</i>	35
4.4.	Analisa Konsekuensi Kegagalan.....	38
4.4.1.	Menententukan sifat – sifat fluida	38
4.4.2.	Menenentukan <i>release hole</i>	39
4.4.3.	Menenentukan <i>release rate</i>	39
4.4.4.	Mengestimasi masa total dari fluida yang akan terlepas	40
4.4.5.	Menentukan tipe release	40
4.4.6.	Mengestimasi dampak sistem deteksi dan isolasi.....	41
4.4.7.	Menenentukan release rate dan mass	42
4.4.8.	Menenentukan konsekuensi kebakaran dan ledakan	43
4.4.9.	Menenentukan Konsekuensi Area akhir	56
4.5.	Analisa Resiko	46
4.6.	Perencanaan Inspeksi	48
4.7.	Menentukan <i>risk at plan date</i>	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		49
5.1.	Kesimpulan	49
5.2.	Saran	50
DAFTAR PUSTAKA.....		51

DAFTAR GAMBAR

2.1.	<i>Major tanks accidents</i> antara 1963-2002	3
2.2.	<i>Storage tank consequences</i>	4
2.3.	<i>Management of Risk using RBI</i>	6
3.1.	Alur pengerjaan tugas akhir.	9
3.1.	Contoh <i>Risk Matrix</i> pada API 581.	21
4.1.	<i>Plotted Risk Matrix</i>	47
4.1.	Kurva perbandingan <i>RBI date</i> dengan <i>plan date</i>	48

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

3.1.	Hasil studi literatur.....	10
4.1.	Data Tangki	23
4.2.	<i>Suggested Component Generic Failure Frequencies (gff)</i>	24
4.3.	<i>Screening Damage Mechanism</i>	24
4.4.	Nilai Cr_{bm}	25
4.5.	Nilai t_{rdi}	25
4.6.	Nilai t_{rdi} dan t_{min}	26
4.7.	Nilai A_{rt}	27
4.8.	Nilai SR_p^{thin}	28
4.9.	<i>Prior Probability for Thinning Corrosion Rate</i>	29
4.10.	<i>Conditional Probability of Inspection</i>	29
4.11.	Nilai factor efektifitas inspeksi	29
4.12.	Nilai <i>Posterior Probability</i>	30
4.13.	β value of Course 1-6	30
4.14.	Nilai dari D_{fb}^{thin}	31
4.15.	Nilai dari D_f^{thin} pada RBI Date	31
4.16.	<i>Corrosion rates for Calculation of the damage factor - ext. Corrosion</i> .	32
4.17.	Nilai t_{min}	34
4.18.	Nilai A_{rt}	34
4.19.	Nilai SR_p^{thin}	35
4.20.	Nilai $I^{extcorr}$	35
4.21.	Nilai <i>Posterior Probability</i>	36
4.22.	β value of Course 1-6	37
4.23.	Nilai dari $D_f^{extcorr}$	37
4.24.	Nilai dari D_f^{thin} pada plan date	38
4.25.	<i>Release Hole Size dan Area</i>	39
4.26.	Nilai <i>gff</i> dari tangki	39
4.27.	<i>Detection and Isolation System Rating Guide</i>	41
4.28.	<i>Adjustment to Release Based on Detection and Isolation Systems</i>	41

4.29.	<i>Component Damage Flammable Consequence Equation Constants</i>	43
4.30.	<i>Personnel Injury Flammable Consequence Equation Constants</i>	44
4.31.	Tabel perbandingan RBI date dengan plan date	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Atmospheric storage tank merupakan sebuah *vessel* yang digunakan untuk menyimpan fluida yang berjumlah besar, fluida yang disimpan umumnya merupakan fluida yang mudah terbakar. Konten yang disimpan umumnya membutuhkan *treatment* yang berbeda tergantung jenis konten yang disimpan. Sesuai dengan regulasi pemerintah yang ada, bahwa tempat penimbunan harus selalu berada dalam keadaan terpelihara secara baik dan khusus untuk tempat penimbunan berbentuk tangki secara berkala harus diadakan pembersihan dan pemeliharaan pada bagian dalam¹.

Untuk memenuhi regulasi ini maka diperlukan sebuah metode yang dapat menjadwalkan inspeksi yang bukan hanya berdasarkan waktu (*time based inspection*) namun juga berdasarkan Risiko yang dimiliki oleh *equipment*, guna menjaga kondisi *equipment* pada kondisi yang baik. *Risk based inspection* (RBI) merupakan sebuah metode yang dapat digunakan sebagai *tools* untuk membantu menentukan *inspection plan* yang berdasarkan Risiko. RBI menggunakan Risiko sebagai dasar dalam memprioritaskan dan mengatur pola inspeksi. Dalam sebuah sistem telah menjadi rahasia umum bahwa terdapat Risiko yang cukup tinggi pada sebagian kecil *equipments* yang ada. Metode RBI inspeksi dan perawatan dapat ditingkatkan pada *equipments* yang memiliki Risiko yang tinggi apabila terjadi kegagalan. Sedangkan untuk peralatan yang memiliki Risiko rendah inspeksi dan perawatan dapat disesuaikan. RBI dapat menentukan kombinasi yang paling optimum, meliputi metode inspeksi, lingkungannya, dan frekuensi².

Langkah awal dalam melakukan *risk assessment* merupakan indentifikasi bahaya dan dampak dari bahaya tersebut. Metode RBI mendefinisikan tingkat Risiko *equipment* yang diteliti berdasarkan dari kombinasi antara dua parameter yaitu peluang kegagalan dan konsekuensi kegagalan. Peluang kegagalan tergantung pada berapa besar peluang *equipment* mengalami kegagalan. Sedangkan untuk konsekuensi kegagalan tergantung pada dampak yang dihasilkan apabila *equipment* mengalami kegagalan³.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana tingkat Risiko pada *atmospheric storage tanks* yang diteliti?
2. Bagaimana jadwal dan metode inspeksi yang dapat meminimalisir kegagalan pada *atmospheric storage tank*?

1.3 Batasan Masalah

1. Konsekuensi analisis hanya dilakukan untuk mencari luas area terdampak, baik secara personal maupun api.
2. Metode yang digunakan mengacu pada API RP 580
3. Objek yang diteliti adalah *condensat atmospheric storage tank* di fasilitas pengolahan gas.

1.4 Tujuan

1. Mengetahui tingkat Risiko pada *atmospheric storage tank*
2. Mengetahui jadwal dan metode inspeksi yang dapat meminimalisir kegagalan pada *atmospheric storage tank*.

1.5 Manfaat

1. Dapat menjadi pertimbangan *inspection plan* yang bisa diterapkan pada perusahaan pemilik tangki.
2. Meningkatkan tingkat keselamatan bagi para pekerja maupun lingkungan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ikhtisar Permasalahan

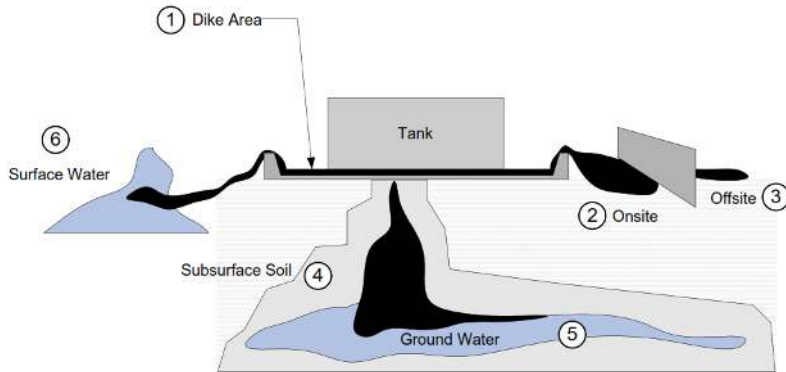
Storage tanks pada *refineries* maupun *chemical plants* mengandung fluida yang mudah terbakar dalam volume yang sangat besar. Sebuah kecelakaan kecil dapat mengakibatkan kerugian yang sangat besar. Bahkan kecelakaan yang besar dapat mengakibatkan perusahaan pemilik tangki dituntut pada jalur hukum, harga saham turun, atau bahkan bangkrut. Pada tahun 2005 sebuah penelitian menyebutkan bahwa dari 242 kecelakaan pada *storage tank*, terdapat 80 kecelakaan (33%) terjadi akibat dari sambaran petir, 72 (30%) kecelakaan terjadi akibat dari *human errors* termasuk kesalahan pengoperasian dan *maintenance*. Kecelakaan lain diakibatkan oleh kegagalan *equipment*, sabotase, *crack* dan *rupture*, kebocoran, kistrik statis, dll. Sebagian besar dari kecelakaan tersebut seharusnya dapat dihindari apabila *good engineering* diaplikasikan dengan baik

Pada tabel dibawah terdapat beberapa kejadian *major accidents* pada storage tank.

Gambar 2.1 *Major tanks accidents* antara 1963-2002
Sumber : A study of storage tank accidents, 2004

Item	Date	Location	Loss ^a	Description
1	2/24/86	Thessaloniki Greece ^b	330	Sparks from a flame cutting torch ignited fuel from a tank spill in a dike of a fuel tank. The fire spread to other areas resulting in destruction of 10 out of 12 crude oil tanks.
2	4/3/77 ^c	UMM said Qatar	179	A 260,000-barrel tank containing 236,000 barrels of refrigerated propane at -45°F failure massively. An adjoining refrigerated butane tank and most of the process area were also destroyed by fire.
3	1/20/68	Pernis Netherlands	141	Frothing occurred when hot oil and water emulsion in a stop tank reacted with volatile slop, causing a violent vapor release and a boil-over. The fire destroyed 3 hydrocarbon, a sulfur plant, and 80 storage tanks.
4	9/1/79 ^c	Deer Park, Texas, USA	138	Nearly simultaneous explosions aboard a 70,000 DWT tanker off-loading and in an 80,000-barrel ethanol at a refinery occurred during an electric storm.
5	5/30/78 ^c	Texas City, Texas, USA	120	An unidentified failure led to the release of light hydrocarbons which spread to an ignition source. 11 tanks in this alkylation unit were destroyed.
6	8/20/81	Kuwait	73	Fire destroyed 8 tanks and damaged several others. The cause of the fire has not been disclosed.
7	^d 9/14/97	Vishakhapatnam, India	64	LPG ignited during tank loading from a ship. A thick blanket of smoke spreading panic among the residents resulted in 37 people died and 100 injured. 15 storage tanks burned for two days.
8	12/21/85 ^c	Naples, Italy	60	Twenty four of the 32 tanks at a marine petroleum products terminal destroyed by fire that began with a tank overflow. Explosion caused complete destruction of the terminal buildings and nearby industrial and residential structures.
9	1/7/83 ^f	Newark, New Jersey, USA	52	An overfilling of a floating roof tank spilled 1300 barrels of gasoline into the tank dike. The vapor cloud carried by wind to a nearby incinerator and was ignited. The resulting explosion destroyed two adjacent tanks and the terminal.
10	5/26/83 ^f	Prudhoe, Bay, Alaska, USA	47	A low-pressure NGL feed drum ruptured in a crude oil station, resulting in fire damage to one third of the module and exterior of surrounding structure within 100 ft.
Avg.			114	

Telah kita ketahui bahwa kecelakaan pada *storage tanks* dengan konten *flammable liquid* dapat berakibat yang sangat fatal, namun untuk beberapa *storage tanks* yang memiliki konten yang tidak *flammable*, kerugian bisa juga didapatkan dari pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh tumpahnya konten fluida didalam tangki.



Gambar 2.2 *Storage tank consequences*
Sumber : API 581

Seperti yang diilustrasikan pada gambar, apabila terjadi kebocoran pada tangki. Konten fluida akan mengkontaminasi area sekitar tangki. Jika tidak segera dilakukan penanganan maka akan menimbulkan kerugian yang besar. Kebocoran pada lantai tangki selain dapat mengkontaminasi tanah juga dapat mengkontaminasi Air tanah yang ada di sekitar tangki tersebut. Selain itu kebocoran pada lantai tangki juga membutuhkan waktu yang lama untuk diketahui apabila benar-benar tidak dilakukan inspeksi secara berkala⁵. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah metode dan jadwal inspeksi yang baik guna mempertahankan kondisi tangki pada keadaan yang baik.

Risk Base Inspection (RBI) merupakan sebuah pendekatan sistematis mengenai metode pengelolaan inspeksi terhadap *equipment* berdasarkan pada tingkat Risiko yang dimiliki oleh *equipment* tersebut. Oleh karenanya, secara umum metode RBI dapat diaplikasikan pada semua jenis industri yang penilaiannya sangat bergantung pada kondisi aktual dari *equipment* yang dianalisis.

RBI memberikan prosentase yang tinggi terhadap item yang memiliki tingkat Risiko yang tinggi. Sehingga program inspeksi yang diberikan kepada item yang memiliki Risiko lebih kecil tidak berlebihan. Manfaat program RBI dapat dilakukan pemusatan sumber daya inspeksi yang ada kepada item yang memiliki prioritas lebih tinggi, sehingga efisiensi sumber daya bisa ditekan.

2.2 Risk Based Inspection (RBI)

Risk Based Inspection (RBI) merupakan metode yang menggunakan Risiko sebagai dasar untuk melakukan sebuah inspeksi. Risiko merupakan kemungkinan terjadinya sesuatu yang akan berdampak kepada hal-hal yang tidak diinginkan. Dampak yang paling dihindari diantaranya hal-hal yang kemungkinan akan membahayakan kesehatan dan keselamatan manusia serta lingkungan sebagai akibat dari teknologi yang berkembang saat ini. Risiko didefinisikan sebagai kombinasi antara probability of failure (PoF) dan consequence of failure (CoF). Menurut API RP 580, Risiko dapat dihitung dengan rumusan :

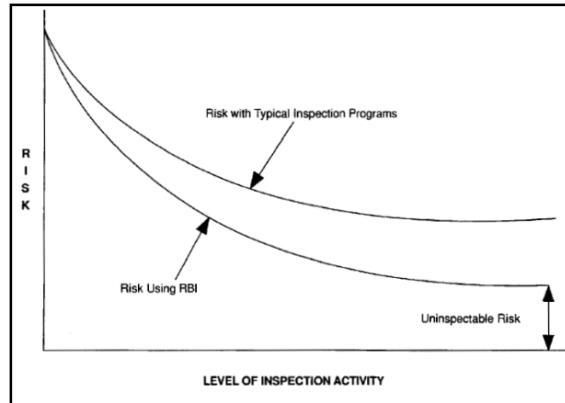
$$\text{Risk} = \text{Probability} \times \text{Consequence} \quad (2.1)$$

- a. Probability of Failure
- b. Consequence of Failure

Metode ini mengkategorikan *equipment* berdasarkan tingkat Risiko yang dimiliki. Hal ini dikarenakan tingkat Risiko pada setiap *equipment* berbeda. Dengan penggunaan metode RBI maka *equipment* dengan Risiko yang lebih tinggi akan mendapatkan penanganan khusus dan *equipment* dengan tingkat Risiko yang lebih rendah akan mendapatkan penanganan yang sesuai dengan keperluan sehingga dapat mengurangi inspeksi secara berlebihan. Inspeksi yang lebih efektif dapat mengurangi tingkat Risiko dengan mengurangi frekuensi adanya kegagalan di masa yang akan datang, melalui tindakan korektif dan preventif yang dilakukan.

Adapun tujuan dari *Risk Based Inspection* adalah sebagai berikut:

1. Melindungi *equipment* dengan mengidentifikasi area yang memiliki Risiko lebih tinggi.
2. Memperkirakan nilai Risiko pada tiap *equipment*.
3. Terdapat prioritas berdasarkan nilai Risiko yang terukur.
4. Merancang rencana inspeksi yang cocok untuk dilakukan.
5. Secara sistematis mengatur Risiko pada kegagalan *equipment*.



Gambar 2.3 *Management of Risk using RBI* ².

Terdapat tiga jenis metode RBI yaitu kualitatif, semikuantitatif, dan kuantitatif. Metode kualitatif merupakan metode yang menganalisis menggunakan pengkategorian umum untuk kemungkinan dan konsekuensi kegagalannya. Sedangkan metode kuantitatif adalah metode yang menganalisis berdasarkan penghitungan data kompleks. Metode semi-kuantitatif merupakan metode pertengahan antara kualitatif dan kuantitatif, dimana hasilnya lebih akurat dari kualitatif namun penghitungannya tidak sekompleks kuantitatif.

2.3 *Damage Mechanism*

Damage mechanism merupakan sebuah *tools* untuk menentukan prioritas inspeksi dan mengoptimalkan kegiatan inspeksi. *Damage mechanism* ditentukan oleh *properties* dari *storage tank* itu sendiri. Seperti *operating pressure*, design pressure, temperatur operasi, lokasi dimana *storage tank* itu dioperasikan, dan banyak faktor lainnya. Ada beberapa macam *damage mechanism* yang ada, antara lain :

1. Thinning
2. Stress Corrosion Cracking (SCC)
3. External Damage
4. High Temperature Hydrogen Attack (HTHA)
5. Mechanical Fatigue (Piping Only)
6. Brittle Fracture

2.4 Inspection Plan

Inspeksi merupakan evaluasi kualitas dari beberapa karakteristik yang berhubungan dengan standart atau spesifikasi. Proses inspeksi berkembang parallel dengan seiringnya perkembangan sistem yang kompleks dan proses produksinya. Sebuah diagram aliran berfungsi untuk menunjukkan jenis-jenis material, komponen, dan proses yang secara kolektif atau secara berurutan membentuk sistem. Inspeksi terdiri dari beberapa kegiatan perbandingan dengan spesifikasi, menilai kesesuaian, klasifikasi sesuai kasus, klasifikasi tidak sesuai kasus, dan pencatatan dan pelaporan data yang diperoleh.

Beberapa teknik inspeksi yang dapat digunakan merupakan pilihan dari jadwal spesifik akan bergantung pada keakuratan dan biaya dari inspeksi tersebut, menyeimbangkan antara uang yang dihabiskan pada pengukuran keselamatan dengan bisnis dikembalikan lagi pada sistem yang dipertahankan integritasnya.

Dalam laporan yang dihasilkan, *direct technique* merupakan salah satu teknik yang mengukur parameter secara langsung dan dipengaruhi oleh proses korosi. Sedangkan *indirect technique* merupakan teknik inspeksi yang memberikan data tentang parameter-parameter yang berpengaruh, atau dipengaruhi oleh korosi lingkungan atau produk dari proses korosi.

Sebagai tambahan, sebuah teknik inspeksi dapat digambarkan sebagai *intrusive* apabila teknik inspeksi tersebut membutuhkan akses melalui sebuah pipa atau dinding vessel untuk melakukan pengukuran. Sedangkan *non-intrusive* merupakan teknik inspeksi yang tidak membutuhkan akses tersebut dalam proses pengukuran. *Teknik instrusive* yang paling sering dilakukan adalah menggunakan beberapa bentuk pemeriksaan atau tes spesimen, yang meliputi *flush mounted probe designs*. Beberapa teknik *indirect* dapat dapat berfungsi untuk memonitor berbagai parameter *online* secara *real-time* sementara yang lain memberikan informasi *off-line* setelah sample yang dikumpulkan dari proses aliran atau lokasi operasional lainnya di analisa lebih lanjut dengan mengikuti metode yang telah diakui secara internasional.

Untuk jenis inspeksi berupa inspeksi visual pada *teknik intrusive* dan *teknik non-intrusive* biasanya dideskripsikan sebagai teknik *nondestructive evaluation* (NDE), *nondestructive testing* (NDT), atau *nondestructive Inspection* (NDI).

2.5 Peraturan Pemerintah

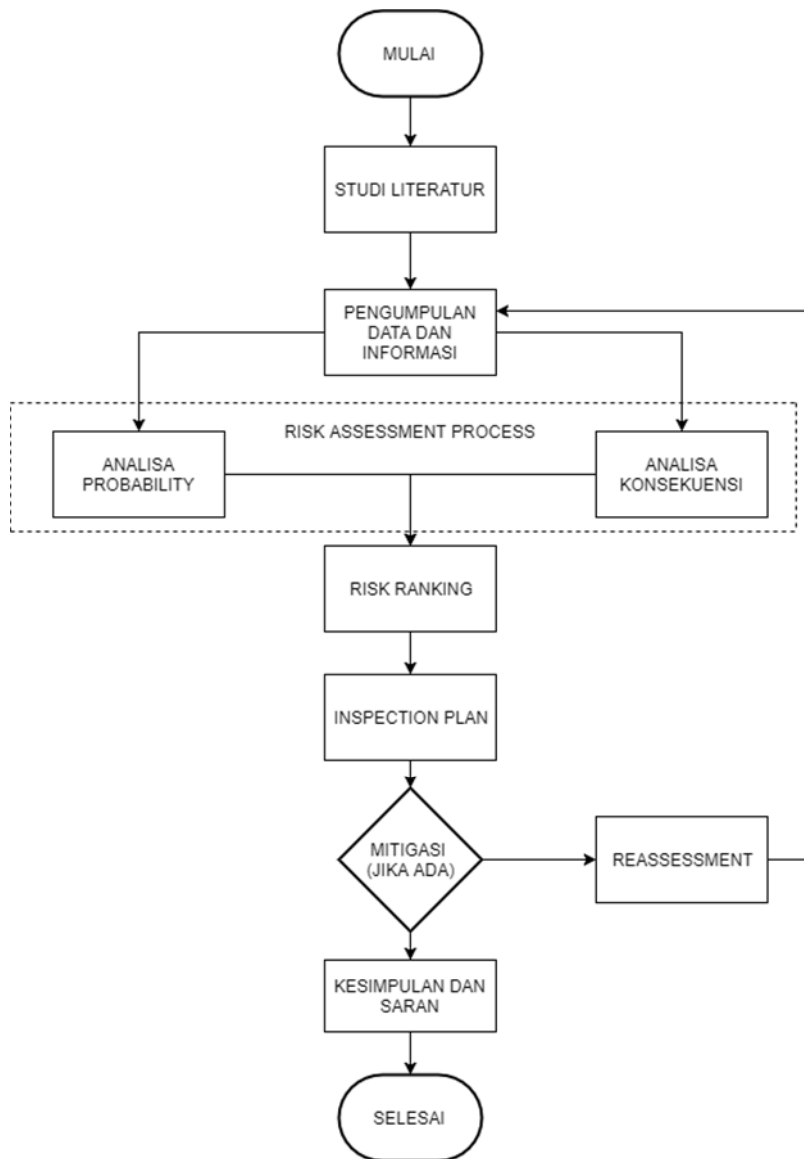
Pemerintah Indonesia selaku otoritas dimana tanki dioperasikan mempunyai hak untuk mengatur regulasi yang wajib dipenuhi oleh pemilik tanki. Hal ini dilakukan agar tanki aman untuk dioperasikan.

Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 1979 Pasal 23, aturan yang dikeluarkan oleh pemerintah Indonesia adalah sebagai berikut¹.

1. Tempat penimbunan minyak dan gas bumi beserta hasil pemurnian dan pengolahannya, termasuk gas bumi yang dicairkan, bahan cair dan gas lainnya yang mudah terbakar dan atau mudah meledak dan zat yang berbahaya lainnya, harus memenuhi syarat-syarat sebagaimana tercantum dalam standar yang diakui oleh Menteri, kecuali apabila ditentukan lain dalam Peraturan Pemerintah ini atau oleh Kepala Inspeksi.
2. Tempat penimbunan termaksud pada ayat (1) harus dilengkapi dengan alat-alat pengaman dan dibuat atau dibangun sedemikian rupa sehingga tidak akan menimbulkan bahaya kebakaran atau ledakan serta apabila terjadi kebakaran atau ledakan harus dapat dibatasi atau dilokalisir setempat.
3. Tempat penimbunan yang berbentuk tanki untuk bahan cair harus dikelilingi dengan tanggul yang dapat menampung sejumlah bahan cair yang ditentukan. Tinggi tanggul tidak boleh melebihi 150 (seratus lima puluh) sentimeter dan permukaan tanah di bagian luar tempat yang ditanggul. Setiap tempat yang ditanggul harus dilengkapi dengan sistim saluran untuk pengeringan yang dapat ditutup apabila diperlukan.
4. Kapasitas tempat penimbunan tersebut harus dinyatakan dengan jelas pada masing-masing tempat dan dilarang mengisi tempat penimbunan melebihi kapasitas yang telah ditentukan.
5. Aliran bahan cair dan gas dari dan ke tempat penimbunan harus dapat dihentikan dengan segera untuk masing-masing tempat penimbunan dari tempat yang aman.
6. Tempat penimbunan harus selalu berada dalam keadaan terpelihara baik dan khusus untuk tempat penimbunan berbentuk tanki secara berkala harus diadakan pembersihan dan pemeliharaan pada bagian dalam.
7. Kompleks tempat penimbunan harus dilengkapi dengan sistim pemadam kebakaran yang permanen.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Untuk Bab III pada penelitian tugas akhir ini berisi alur skema pengerjaan dari tugas akhir ini. Pada gambar 3.1 di atas menunjukkan diagram alur pengerjaan yang dilakukan. Ini merupakan inti dari semua langkah yang akan dilakukan dalam melakukan analisis guna mendapatkan tingkat Risiko, konsekuensi, *inspection plan*.



Gambar 3.1 Alur pengerjaan tugas akhir.

3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan teori-teori dasar, regulasi yang berlaku, *rules* yang digunakan sebagai acuan penelitian, dan informasi pendukung lainnya yang berhubungan dengan penelitian ini. Tahap ini dilakukan dengan membaca dan merangkum isi dari buku maupun skripsi/thesis yang sudah pernah dilakukan sebelumnya yang berhubungan dengan materi penelitian kali ini. Pencarian definisi-definisi juga dilakukan pada jurnal-jurnal yang ada. Tabel 3.1 menunjukkan hasil dari beberapa studi literatur yang dilakukan.

Tabel 3.1 Hasil studi literatur

Referensi	Hasil
Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 1979. Keselamatan Kerja Pada Pemurnian dan Pengolahan Minyak dan Gas Bumi	Aturan yang berlaku mengenai keselamatan kerja maupun kondisi equipment pada pemurnian dan pengolahan minyak dan gas bumi
Studi Aplikasi Metode Risk Based Inspection (RBI) Semi-Kuantitatif API 581 pada Production Separator	Referensi dan Informasi tambahan guna penyusunan latar belakang dan metodologi penelitian
Analisis <i>Remaining Life</i> dan Penjadwalan Program Inspeksi pada <i>Pressure Vessel</i> dengan Menggunakan Metode <i>Risk Based Inspection</i> (RBI)	Referensi dan Informasi tambahan guna penyusunan latar belakang dan metodologi penelitian
<i>Study of Storage Tank Accidents</i>	Referensi dan beberapa studi mengenai beberapa kecelakaan yang berasal dari kegagalan storage tank
Guideline: a. API 580 b. API 581	Sebagai pedoman dalam menyusun analisis <i>Risk Based Inspection</i>
Risk Based Inspection Methodology for Atmospheric Storage Tanks	Referensi dan Informasi tambahan guna penyusunan latar belakang dan metodologi penelitian

3.2 Pengumpulan Data dan Informasi

Data yang dibutuhkan meliputi PFD pressure vessel, P&ID pressure vessel, jenis fluida yang diproses pada pressure vessel, desain dan operasional pressure vessel, dan data-data lain yang mendukung dalam pengerjaan tugas akhir ini

3.3 Analisa Probabilitas

Probability dianalisis dengan mengidentifikasi *damage mechanism*, memperkirakan POF, penaksiran COF dan identifikasi penyebab Risiko itu terjadi, guna menentukan strategi untuk memitigasi Risiko.

Kompleksitas dari analisa *probability* bergantung pada berapa banyak faktor yang mempengaruhi Risiko, dan berapa banyak metode yang ada untuk menganalisa *probability*. Metode pendekatan yang logis guna melakukan analisa *probability* adalah sebagai berikut:

3.3.1 Screening *Damage Mechanism*.

Mengidentifikasi *damage mechanism* bisa dilakukan dengan metode *screening* beberapa kriteria yang tersedia pada API 581 Part 2.

3.3.2 Menghitung *Thinning Damage Factor*

Perhitungan *Thinning* dapat dilakukan dengan beberapa tahap yaitu:

1. Langkah pertama adalah menentukan umur dan *furnish thickness (t)*, umur dapat didapatkan dengan rumus **3.1**.

$$\begin{aligned} \text{Age} &= \text{rbi date} - \text{build date} \\ &= 4.5 \text{ tahun} \end{aligned} \quad (3.1)$$

2. Selanjutnya menentukan Base Metal Corrosion (C_{rbm}). Untuk mendapatkan nilainya dapat dihitung menggunakan rumus **3.2**.

$$C_{r_{b,m}} = \frac{t_{prev} \cdot t_{actual}}{age} \quad (3.2)$$

3. Selanjutnya menentukan *time in service*, age_{tk} dan ketebalan pada inspeksi terakhir, t_{rdi} . *time in service* dapat ditentukan dengan menghitung selisih waktu antara tanggal dilakukan RBI dan tanggal inspeksi terakhir (rumus **3.3**).

$$\text{Age} = \text{rbi date} - \text{last inspection} \quad (3.3)$$

4. Langkah selanjutnya adalah menghitung *cladding*, namun tangki yang dianalisa tidak memiliki *cladding* sehingga tidak dilakukan penghitungan.
5. Langkah ke 5 adalah menentukan ketebalan minimum, t_{min} . Data ketebalan minimum sudah tersedia dari pemilik asset, yang ditunjukkan pada **Tabel 4.6**.
6. Langkah ke 6 adalah menentukan *component wall loss fraction*, A_{rt} menggunakan persamaan **3.4**.

$$A_{rt} = \frac{C_{r_{b,m}} \cdot age_{tk}}{t_{rdi}} \quad (3.4)$$

7. Langkah selanjutnya adalah menghitung *flow stress*, FS^{thin} menggunakan persamaan **3.5**. Dengan E sebagai *weld joint efficiency* dan YS adalah *yield strength* dan TS adalah *tensile strength*.

$$FS^{Thin} = \frac{(YS+TS)}{2}. E.1,1 \quad (3.5)$$

8. Langkah ke 8 adalah menentukan *strength ratio parameter*, SR_p^{thin} menggunakan persamaan 3.6. Dan karena tangki adalah *equipment* yang memiliki bentuk silindris maka nilai dari α adalah 2. Dimana P adalah tekanan desain dan D adalah diameter.

$$SR_p^{Thin} = \frac{P \cdot D}{\alpha \cdot FStin \cdot trdi} \quad (3.6)$$

9. Menentukan jumlah inspeksi menurut koresponden efektifitas.
 10. Menghitung factor efektifitas inspeksi I_1^{thin} , I_2^{thin} , I_3^{thin} menggunakan persamaan 3.7. Dimana, untuk nilai *prior probabilities* Pr_{p1}^{thin} , Pr_{p2}^{thin} , Pr_{p3}^{thin} dan nilai *inspection effectiveness level* CO_{p1}^{thin} , CO_{p2}^{thin} , CO_{p3}^{thin} tersedia pada **Tabel 4.9** dan **Tabel 4.10**.

$$\begin{aligned} I_1^{extcorr} &= Pr_{p1}^{extcorr} (Co_{p1}^{extcorrA})^{N_A^{extcorr}} (Co_{p1}^{extcorrB})^{N_B^{extcorr}} (Co_{p1}^{extcorrC})^{N_C^{extcorr}} (Co_{p1}^{extcorrD})^{N_D^{extcorr}} \\ I_2^{extcorr} &= Pr_{p2}^{extcorr} (Co_{p2}^{extcorrA})^{N_A^{extcorr}} (Co_{p2}^{extcorrB})^{N_B^{extcorr}} (Co_{p2}^{extcorrC})^{N_C^{extcorr}} (Co_{p2}^{extcorrD})^{N_D^{extcorr}} \\ I_3^{extcorr} &= Pr_{p3}^{extcorr} (Co_{p3}^{extcorrA})^{N_A^{extcorr}} (Co_{p3}^{extcorrB})^{N_B^{extcorr}} (Co_{p3}^{extcorrC})^{N_C^{extcorr}} (Co_{p3}^{extcorrD})^{N_D^{extcorr}} \end{aligned} \quad (3.7)$$

11. Langkah selanjutnya adalah menghitung *posterior probability*, PO_{p1}^{thin} , PO_{p2}^{thin} , PO_{p3}^{thin} dengan menggunakan persamaan 3.8.

$$\begin{aligned} PO_{p1}^{extcorr} &= \frac{I_1^{extcorr}}{I_1^{extcorr} + I_2^{extcorr} + I_3^{extcorr}} \\ PO_{p2}^{extcorr} &= \frac{I_2^{extcorr}}{I_1^{extcorr} + I_2^{extcorr} + I_3^{extcorr}} \\ PO_{p3}^{extcorr} &= \frac{I_3^{extcorr}}{I_1^{extcorr} + I_2^{extcorr} + I_3^{extcorr}} \end{aligned} \quad (3.8)$$

12. Menghitung *Z number parameters* β_1 , β_2 , β_3 dengan menggunakan persamaan 3.9 dibawah. Dimana *thinning coeff. of variance* ($COV_{\Delta t}$) sebesar 0,2, *flow stress coefficient of variance* (COV_{sf}) sebesar 0.2, *pressure coefficient of variance* (COV_p) sebesar 0.05. Dan *corrosion rate* untuk *damage 1* (D_{s1}) sebesar 1, D_{s2} sebesar 2, dan D_{s3} sebesar 4.

$$\begin{aligned} \beta_1^{Thin} &= \frac{1 - D_{S1} \cdot A_{rt} - SR_p^{Thin}}{\sqrt{D_{S1}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S1} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_p^{Thin})^2 \cdot (COV_p)^2}} \\ \beta_2^{Thin} &= \frac{1 - D_{S2} \cdot A_{rt} - SR_p^{Thin}}{\sqrt{D_{S2}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S2} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_p^{Thin})^2 \cdot (COV_p)^2}} \\ \beta_3^{Thin} &= \frac{1 - D_{S3} \cdot A_{rt} - SR_p^{Thin}}{\sqrt{D_{S3}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S3} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_p^{Thin})^2 \cdot (COV_p)^2}} \end{aligned} \quad (3.9)$$

13. Langkah selanjutnya adalah menentukan *damage base factor*, D_f^{thin} untuk *thinning* menggunakan persamaan **3.10**. Dimana ϕ adalah fungsi *standard normal cumulative distribution* pada *Ms.Excel* (NORMSDIST in excel).

$$D_f^{Thin} = \left[\frac{(P_{OP1}^{Thin} \phi(-\beta_1^{Thin})) + (P_{OP2}^{Thin} \phi(-\beta_2^{Thin})) + (P_{OP3}^{Thin} \phi(-\beta_3^{Thin}))}{1.56E - 0.4} \right] \quad (3.10)$$

14. Terakhir adalah menentukan *damage factor* maksimum untuk *thinning*. Dengan menggunakan persamaan **3.11**. where F_{om} adalah *adjustment for online monitoring*, F_{ip} adalah *adjustment for injection*. F_{dl} adalah *adjustment for death leg*. F_{wd} adalah *adjustment for welded construction*. F_{am} adalah *adjustment for maintenance* menurut *API STD653*, dan F_{sm} adalah *adjustment for settlement*. Menurut *API 581 Part 2* semua nilai untuk *adjustment* adalah 1.

$$Df_{thin} = \text{Max} \left[\left(\frac{Df_{thin} \cdot FIP \cdot FDL \cdot FWD \cdot FAM \cdot FSM}{FOM} \right), 0.1 \right] \quad (3.11)$$

3.3.3 Menghitung *External Corrothion Damage Factor*

Perhitungan *External Corrothion* dapat dilakukan dengan beberapa tahap yaitu:

- Langkah pertama adalah menentukan umur dan *furnish thickness* (t), umur dapat didapatkan dengan rumus **3.1**. Dan t dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

$$\text{Age} = rbi \text{ date} - \text{build date} \quad (3.1)$$

$$= 4 \text{ Agustus } 2019 - 16 \text{ Februari } 15$$

$$= 4.5 \text{ tahun}$$
- Selanjutnya menentukan *Base Metal Corrothion* (C_{rbm}). Untuk mendapatkan nilainya dapat dihitung menggunakan **Tabel 4.16**. Dari table bisa didapatkan bahwa nilai *Base Metal Corrothion* sebesar 0.127 mmpy.
- Selanjutnya menentukan *final corrothion rate*, C_r dengan menggunakan persamaan **3.12**. Untuk FEQ bernilai 2 apabil pipa didukung dengan penyangga secara langsung atau konfigurasi pendukung yang lain yang tidak sesuai dengan perawatan coating maka nilai FEQ = 2 ; jika tidak, FEQ = 1. Dan apabila pipa memiliki penghubung yang masuk ke dalam tanah atau air, maka FIF = 2 ; jika tidak, FIF = 1

$$C_r = C_{rb} \cdot \text{max} [FEQ, FIF] \quad (3.12)$$
- Langkah selanjutnya adalah menghitung *time in service*, age_{th} , umur inspeksi adalah selisih waktu antara inspeksi sebelumnya dengan inspeksi terakhir. Ussia inspeksi dapat dihitung dengan persamaan **3.3**.

$$\text{Age}_{th} = rbi \text{ date} - \text{last inpesction} \quad (3.3)$$
- Langkah ke 5 adalah menentukan umur *coating*, age_{coat} , Umur coating dapat diketahui dengan menggunakan persamaan **3.13**

$$\text{Age}_{coat} = rbi \text{ date} - \text{build date} \quad (3.13)$$
- Langkah ke 6 adalah menentukan *coating adjustment*, $Coat_{adj}$ menggunakan persamaan **3.14**. Dikarenakan Age_{th} lebih kecil drpd Age_{coat} menurut *API 581 Part 2* maka :

$Coat_{adj} = 0$, if there are no coating or poor coating quality
Dikarenakan tangki tidak mempunyai coating.

Coating Adjustment ($Coat_{adj}$) = 0 , (3.14)

7. Langkah selanjutnya adalah menghitung *in-time service* selama waktu coating telah dipasang . Dapat dihitung menggunakan persamaan 3.15.

$$In-service\ Age = age_{tk} - Coat_{adj} \quad (3.15)$$

8. Langkah ke 8 adalah menentukan *allowable stress*, S , *weld joint efficiency*, E , menurut code yang dipakai pada saat dilakukan konstruksi.

$$S = 150\text{ Mpa}, E = 1$$

9. Menentukan A_{rt} parameter menggunakan persamaan 3.16.

$$A_{rt} = \frac{Cr \cdot a_{getk}}{t_{rde}} \quad (3.16)$$

10. Menentukan *Flow Stress*, $FS^{extcorr}$. Menggunakan persamaan 3.17. Dimana YS adalah *Yield Strength*, TS adalah *Tensile Strenth*, dan E adalah *Weld efficiency*

$$FS^{extcorr} = \frac{(YS+TS)}{E} \cdot E.1,1 \quad (3.17)$$

11. Menghitung *strength²ratio parameter*, $SR_p^{extcorr}$ menggunakan persamaan 3.18.

$$SR^{extcorr} = \frac{S \cdot E}{FS^{extcorr}} \cdot \frac{\max(t_{min}+tc)}{t_{rde}} \quad (4.18)$$

12. Menentukan jumlah inspeksi menurut koresponden efektifitas.

13. Menghitung factor efektifitas inspeksi $I_1^{extcorr}$, $I_2^{extcorr}$, $I_3^{extcorr}$ menggunakan persamaan 3.19 dengan mengganti *thinning* dengan *extcorr*. Dimana, untuk nilai *prior probabilities* $Pr_{p1}^{extcorr}$, $Pr_{p2}^{extcorr}$, $Pr_{p3}^{extcorr}$ dan nilai *inspection effectiveness level* $CO_{p1}^{extcorr}$, $CO_{p2}^{extcorr}$, $CO_{p3}^{extcorr}$ sama dengan pada Tabel 4.9 dan Tabel 4.10.

$$\begin{aligned} I_1^{extcorr} &= Pr_{p1}^{extcorr} (CO_{p1}^{extcorrA})^{N_A^{extcorr}} (CO_{p1}^{extcorrB})^{N_B^{extcorr}} (CO_{p1}^{extcorrC})^{N_C^{extcorr}} (CO_{p1}^{extcorrD})^{N_D^{extcorr}} \\ I_2^{extcorr} &= Pr_{p2}^{extcorr} (CO_{p2}^{extcorrA})^{N_A^{extcorr}} (CO_{p2}^{extcorrB})^{N_B^{extcorr}} (CO_{p2}^{extcorrC})^{N_C^{extcorr}} (CO_{p2}^{extcorrD})^{N_D^{extcorr}} \\ I_3^{extcorr} &= Pr_{p3}^{extcorr} (CO_{p3}^{extcorrA})^{N_A^{extcorr}} (CO_{p3}^{extcorrB})^{N_B^{extcorr}} (CO_{p3}^{extcorrC})^{N_C^{extcorr}} (CO_{p3}^{extcorrD})^{N_D^{extcorr}} \end{aligned} \quad (3.19)$$

14. Langkah selanjutnya adalah menghitung *posterior probability*, $PO_{p1}^{extcorr}$, $PO_{p2}^{extcorr}$, $PO_{p3}^{extcorr}$ dengan menggunakan persamaan 3.20.

$$PO_{p1}^{extcorr} = \frac{I_1^{extcorr}}{I_1^{extcorr} + I_2^{extcorr} + I_3^{extcorr}}$$

$$PO_{p2}^{extcorr} = \frac{I_2^{extcorr}}{I_1^{extcorr} + I_2^{extcorr} + I_3^{extcorr}} \quad (3.20)$$

$$PO_{p3}^{extcorr} = \frac{I_3^{extcorr}}{I_1^{extcorr} + I_2^{extcorr} + I_3^{extcorr}}$$

15. Menghitung *Z number parameters* $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ dengan menggunakan persamaan 3.21 dibawah. Dimana *coeff. of variance* ($COV_{\Delta t}$) sebesar 0,2, *flow stress coefficient of variance* (COV_{sf}) sebesar 0.2, *pressure coefficient of variance* (COV_p) sebesar 0.05. Dan *corrosion rate* untuk *damage 1* (D_{S1}) sebesar 1, D_{S2} sebesar 2, dan D_{S3} sebesar 4.

$$\beta_1^{extcorr} = \frac{1 - D_{S1} \cdot A_{rt} - SR_P^{extcorr}}{\sqrt{D_{S1}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S1} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{extcorr})^2 \cdot (COV_p)^2}}$$

$$\beta_2^{extcorr} = \frac{1 - D_{S2} \cdot A_{rt} - SR_P^{extcorr}}{\sqrt{D_{S2}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S2} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{extcorr})^2 \cdot (COV_p)^2}} \quad (3.21)$$

$$\beta_3^{extcorr} = \frac{1 - D_{S3} \cdot A_{rt} - SR_P^{extcorr}}{\sqrt{D_{S3}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S3} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{extcorr})^2 \cdot (COV_p)^2}}$$

- 16 Langkah selanjutnya adalah menentukan *damage base factor*, $D_f^{extcorr}$ menggunakan persamaan 3.22. Dimana Φ adalah fungsi *standard normal cumulative distribution* pada *Ms.Excel* (NORMSDIST in excel).

$$D_f^{extcorr} = \left[\frac{(PO_{P1}^{extcorr} \Phi(-\beta_1^{extcorr})) + (PO_{P2}^{extcorr} \Phi(-\beta_2^{extcorr})) + (PO_{P3}^{extcorr} \Phi(-\beta_3^{extcorr}))}{1.56E - 0.4} \right] \quad (3.22)$$

3.4 Analisa Konsekuensi

Analisa konsekuensi (COF) pada program RBI digunakan guna mengkategorikan antar *equipment* berdasarkan dari seberapa signifikan kerusakan yang akan terjadi apabila *failure* terjadi. Analisa konsekuensi digunakan untuk membantu dalam menetapkan prioritas untuk program inspeksi. Analisa konsekuensi harus mudah diulang, simpel, dan estimasi yang akurat dari apa yang mungkin terjadi apabila proses kegagalan sedang berlangsung. Konsekuensi pada penelitian ini dikategorikan sebagai berikut :

- Efek terhadap Keselamatan dan Kesehatan
- Efek terhadap lingkungan di sekitar *equipment*

Pada umumnya sebuah program RBI yang dikelola oleh inspektur di lapangan adalah pengelolaan Risiko dengan merubah POF. POF bisa dirubah dengan melakukan pengelolaan inspeksi dan perawatan. Sedangkan

Analisa Konsekuensi dapat dihitung melalui beberapa tahap dibawah ini:

3.4.1 Menentukan Sifat-sifat Fluida

Untuk menentukan konsekuensi kegagalan pada RBI dibagi menjadi 2, Konsekuensi area dan Konsekuensi Finansial. Pada analisa kali ini hanya dilakukan konsekuensi area saja.

1. Memilih fluida representative
Pemilihan fluida representative merupakan pemilihan tipe fluida yang disimpan didalam tangki sesuai dengan kategori nya pada API 581 Part 3. Fluida yang tersimpan didalam tangki merupakan dalam kategori C1.
2. Menentukan fase fluida yang tersimpan di dalam tangki.
Fluida yang tersimpan di dalam tangki dalam fase cair.
3. Menentukan sifat-sifat fluida yang tersimpan dalam tangki.
MW = 23 kg/kg-mol
AIT = 446.2°Rankine (830.9 K)
k = 1.9428 (specific heat ratio)
4. Menentukan kondisi fluida pada saat terpapar udara atmosfer. Kondisi fluida pada saat terlepas ke atmosfer akan berubah menjadi gas apabila terlepas dan terpapar udara atmosfer. (Fluida memiliki NBP dibawah -6.9°F / 80 °F yaitu sebesar -193°F)

3.4.2 Menentukan *release hole*

Menurut API 581 pada Part 3 Section 4.2.2 untuk menentukan ukuran *release hole*, umumnya ada 4 ukuran. Dapat dilihat pada **Tabel 4.25**. Lalu langkah selanjutnya adalah menentukan nilai *gff* pada setiap ukuran lubang, yang dapat dilihat pada **Tabel 4.26**.

3.4.3 Menghitung *Release Rate*

Release rate sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat dari fluida, fase awal, kondisi fase awal, kondisi proses pengoperasian, dan ukuran lubang pelepasan yang telah ditentukan. *Release rate* dapat dhitng dengan menggunakan persamaan **3.23**.

$$W_n = \frac{C_d}{C_2} \times A_n \times P_2 \sqrt{\left[\left(\frac{MW \cdot g_c}{R \cdot T_2} \right) \left(\frac{2k}{k-1} \right) \left(\frac{P_{atm}}{P_2} \right)^{\frac{2}{k}} \left(1 - \left(\frac{P_{atm}}{P_2} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right) \right]} \quad (3.23)$$

Dimana :

C_d = discharge coefficient

C_p = customary conversion factors

A_n = release hole size area (inch²)

- P_s = tekanan penyimpanan (psi)
 P_{atm} = tekanan atmosfer (psi)
 T_s = suhu penyimpanan ($^{\circ}$ Rankine)
 R = konstanta gas *universal* (lb-mol $^{\circ}$ R)
 g_c = konstanta gravitasi lb_m-ft/lb_f-s²
 k = *Ideal Gas Specific Heat Capacity Ratio*

3.4.4 Mengestimasi masa total dari fluida yang mungkin akan terlepas
 Ketersediaan masa dari fluida yang tersimpan dapat dihitung dengan persamaan **3.24**.

$$Mass_{avail} = \min[(mass_{comp} + mass_{add,n}), mass_{inv}] \quad (3.24)$$

1. Menghitung nilai dari $mass_{comp}$ menggunakan persamaan **3.25**.
 $Mass_{comp} = \rho \times 50\% \times V \quad (3.25)$
2. Menghitung $mass_{adn}$, dikarenakan tangki yang dihitung hanya berjumlah 1 tangki maka $mass_{adn} = mass_{comp}$.
3. Menghitung *flow rate* untuk lubang berukuran 8 inch, W_{max8} dengan menggunakan persamaan **3.25**.
4. Menghitung $mass_{addn}$ dengan persamaan **3.26**
 $Mass_{add} = 180 \cdot \min(W_n, W_{max8}) \quad (3.26)$
5. Masa *inventory fluida* untuk setiap release hole adalah sama dikarenakan $mass_{comp}$ dan $mass_{inv}$ bernilai sama karena equipment yang dianalisa hanya 1 tangki.

3.4.5 Menentukan tipe *release (continuous /instantaneous)*

Ada 2 permodelan tipe pelepasan yaitu:

- a. *Instantaneous Release* – pelepasan sesaat atau *puff release* adalah pelepasan yang terjadi dengan sangat cepat sehingga cairan menyebar seperti awan yang besar atau *pool*.
- b. *Continuous Release* – pelepasan terus-menerus atau *plume release* adalah pelepasan yang terjadi selama jangka waktu yang lama, yang memungkinkan cairan untuk menyebar dalam bentuk elips memanjang (tergantung kondisi cuaca).

Penentuan tipe pelepasan ditentukan berdasarkan kriteria:

- Apabila ukuran lubang pelepasan adalah 6.35 mm [0.25 inch], maka tipe pelepasan adalah *continuous*.
- Apabila waktu (t_n) kurang dari 180 dt atau massa yang terlepas lebih dari 4.536 kgs [10.000 lbs] maka tipe pelepasan adalah *instantaneous*.
 Lama waktu untuk masing-masing *release hole* t_n dapat dihitung menggunakan persamaan **3.27**. Dengan $C_3 = 10000$ lbs

$$t_n = \frac{C_3}{W_n} \quad (3.27)$$

3.4.6 Mengestimasi dampak system pendeteksi dan isolasi pada *release hole*.

Beberapa prosedur yang bisa dilakukan adalah:

1. Menentukan system pendeteksi dan isolasi yang terdapat pada equipment.
2. Menentukan kategori untuk system keamana menggunakan **Tabel 4.27**. Dan menentukan nilai reduction factor sesuai dengan **Tabel 4.28**.

3.4.7 Menentukan *release rate* dan *mass* untuk analisa konsekuensi.

- *Continous release rate* dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah, factor reduksi = 0.15 :

$$Rate_n = W_n (1 - fact_{di}) \quad (3.28)$$

- *Instantaneous release rate* dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah :

$$Mass_n = \min . [\{ Rate_n \cdot Id_n \}, Mass_{avail,n}] \quad (3.29)$$

Untuk mencari Id_n dapat menggunakan persamaan dibawah:

$$Id_n = \min . [\{ \frac{Mass_{avail,n}}{Rate_n} \}, \{ 60 \cdot Id_{max,n} \}] \quad (3.30)$$

Dimana,

Ld_{max1}	= 40 minutes for ¼ inch leaks
Ld_{max2}	= 30 minutes for 1 inch leaks
Ld_{max3}	= 20 minutes for 4 inch leaks
Ld_{max4}	= 20 minutes for 4 inch leaks

3.4.8 Menentukan *konsekuensi kebakaran dan ledakan*.

Konsekuensi area diestimasi dari perhitungan laju pelepasan (untuk pelepasan *continuous*) atau masa pelepasan (untuk pelepasan *instantaneous*).

1. Menghitung konsekuensi area *component damage*

Konsekuensi area *component damage* dibedakan menjadi 4, yaitu :

- *Auto-ignition Not Likely, Continuous Release*

Konsekuensi area *Component Damage Auto-ignition Not Likely, Continuous Release*, dapat dihitung menggunakan **rumusan 3.31** berikut ini:

$$CA_{cmd,n}^{AINL-CONT} = a(rate_n)^b \cdot (1 - fact_{mit}) \quad (3.31)$$

Nilai (a) dan (b) diambil dari **Tabel 4.29**

$$a = 49.5$$

$$b = 0.98$$

- *Auto-ignition Likely, Continuous Release*

Konsekuensi area *Component Damage Auto-ignition Not Likely, Continuous Release*, dapat dihitung menggunakan **rumusan 3.32** berikut ini, nilai $a=280$ dan $b=0.95$ dapat dilihat pada **Tabel 4.29**:

$$CA_{cmd,n}^{AIL-CONT} = \alpha(rate_n)^b \cdot (1 - fact_{mit}) \quad (3.32)$$

2. Menghitung konsekuensi *personel injury*

Konsekuensi area *Personel injury Auto-ignition Not Likely, Continuous Release*, dapat dihitung menggunakan **rumusan 3.33** berikut ini:

$$CA_{inj,n}^{AINL-CONT} = a(rate_n)^b \cdot (1 - fact_{mit}) \quad (3.33)$$

Nilai (a) dan (b) diambil dari **Tabel 4.30**

$$a = 110$$

$$b = 1$$

- *Auto-ignition Likely, Continuous Release*

Konsekuensi area *Component Damage Auto-ignition Not Likely, Continuous Release*, dapat dihitung menggunakan **rumusan 3.34** berikut ini, nilai $a=745$ dan $b=0.92$ dapat dilihat pada **Tabel 4.30**:

$$CA_{inj,n}^{AIL-CONT} = \alpha(rate_n)^b \cdot (1 - fact_{mit}) \quad (3.34)$$

3. Menghitung *blending factor*

Untuk *blending factor continuous release* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan **3.35**, dimana $C = 25.2$ kg/s

$$fact_n^{IC} = \min \left[\left\{ \frac{rate_n}{C_5} \right\}, 1.0 \right] \quad (3.35)$$

4. Menghitung AIT dengan menggunakan rumus **3.36**. Dimana $AIT = 830.9$ K, $T_s = 322.1$ K, $C_6 = 55.6$

$$Fact^{AIT} = 0, \quad \text{if } T_s + C_6 \leq AIT \quad (3.36)$$

Karena $T_s + C_6 < AIT$ maka $fact^{AIT} = 0$

5. Menghitung continuous/instantaneous blended consequence area dengan persamaan **3.37**

$$CA_{cmd,n}^{AIL} = CA_{cmd,n}^{AIL-INST} \cdot fact_n^{IC} + CA_{cmd,n}^{AIL-CONT} \cdot (1 - fact_n^{IC}) \quad (3.37)$$

$$CA_{inj,n}^{AIL} = CA_{inj,n}^{AIL-INST} \cdot fact_n^{IC} + CA_{inj,n}^{AIL-CONT} \cdot (1 - fact_n^{IC})$$

6. Menghitung CAflam baik untuk konsekuensi area dan personal injury dengan persamaan **3.38**

$$CA_{cmd,n}^{flam} = CA_{cmd,n}^{AIL} \cdot fact^{AIT} + CA_{cmd,n}^{AINL} \cdot (1 - fact^{AIT}) \quad (3.38)$$

$$CA_{inj,n}^{flam} = CA_{inj,n}^{flam-AIL} \cdot fact^{AIT} + CA_{inj,n}^{AINL} \cdot (1 - fact^{AIT})$$

7. Menentukan Konsekuensi area untuk *component damage* dan *personel injury*. Dengan menggunakan persamaan 3.39. $gff_{total} = 0.0001$

$$CA_{cmd}^{flam} = \left(\frac{\sum gff_n \cdot CA_{cmd,n}^{flam}}{gff_{total}} \right) \quad (3.39)$$

$$CA_{inj}^{flam} = \left(\frac{\sum gff_n \cdot CA_{inj,n}^{flam}}{gff_{total}} \right)$$

3.4.9 Menentukan Konsekuensi Area Akhir

Final consequence area dapat dihitung menggunakan persamaan 3.40.

$$CA = \max [CA_{cmd}, CA_{inj}] \quad (3.40.)$$

3.5 Analisa Resiko

Analisa resiko dapat diperoleh dari mengkalikan *probability of failure* dan *consequences of failure*.

Resiko dapat dihitung dengan persamaan 3.41

$$Risk = PoF \times CoF \quad 3.41$$

Penentuan tingkat resiko dilakukan dengan membandingkan nilai resiko yang didapatkan dengan *risk target*. Apabila hasil perbandingan menunjukkan bahwa resiko lebih besar dari *risk target*, maka akan dilakukan langkah mitigasi. Namun abila resiko lebih kecil dari *risk target* maka akan dilakukan maintaining inspeksi yang telah dilakukan.

Selanjutnya dilakukan menghitung Resiko baik RBI date maupun plan date dengan menggunakan persamaan 3.42.

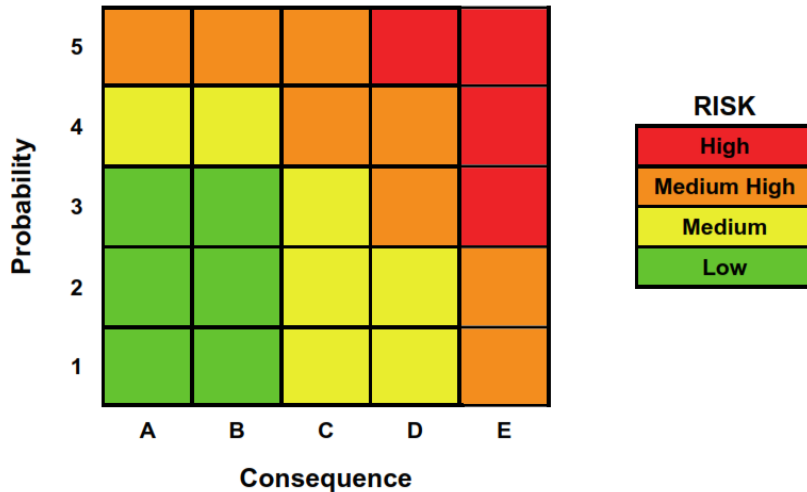
$$Risk = PoF \cdot \max [CA_{cmd}, CA_{inj}] \quad 3.42.$$

3.6 Risk Ranking

Penilaian Risiko dilakukan dengan mengkombinasikan POF dan COF yang sudah didapatkan pada langkah sebelumnya. Secara rumus Risiko dirumuskan dengan sebagai berikut.

$$Risk = probability \times consequence$$

Setelah nilai Risiko ditentukan, selanjutnya Risiko dapat dipresentasikan dengan dengan menggunakan metode *risk matrix*. Presentasi dengan metode *risk matrix* merupakan metode yang sangat efektif tanpa menunjukkan nilai numerik. Gambar 3.1 merupakan contoh *risk matrix* dari API 580.



Gambar 3.2 Contoh *Risk Matrix* pada API 581.

3.7 Inspection Plan

Hasil dari proses asesmen selanjutnya digunakan sebagai dasar penentuan *inspection plan*. *Inspection plan* dilakukan berdasarkan dari kombinasi dari beberapa item yang sudah ditentukan diatas, yaitu *damage mechanism*, *probability of failure* (POF), dan *consequence of failure* (COF). Selain itu reduksi dari level Risiko yang bisa dicapai melalui inspeksi akan bergantung pada :

- a. Mode kegagalan dari *damage mechanism*.
- b. Waktu interval dari awal proses *deterioration* sampai dengan proses kegagalan terjadi.
- c. Kemampuan deteksi kegagalan dari teknik pengecekan yang digunakan.
- d. Frekuensi dari inpeksi yang dilakukan.

3.8 Mitigasi

Inspeksi tidak selalu memberikan pengurangan level Risiko yang mencukupi, terkadang perlu dilakukan mitigasi sebagai jawaban dari pengurangan Risiko. Mitigasi yang bisa dilakukan seperti perbaikan pada sebuah *equipment* yang mengalami kerusakan, maupun penggantian *equipment* apabila *equipment* tersebut sudah tidak memungkinkan untuk dilakukan perbaikan.

3.9 Kesimpulan dan Saran

Langkah terakhir adalah pengambilan keputusan dari hasil penelitian yang sudah dilakukan. Pada tahap ini juga akan dilakukan perumusan usulan-usulan atau saran yang dapat menjadi referensi pengambilan keputusan selanjutnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Aset

Langkah pertama yang perlu dilakukan sebelum melakukan analisa adalah mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam penghitungan *risk based inspection* (RBI). Data yang diperlukan meliputi desain dan konstruksi tangki, data operasional tangki, data inspeksi dan data fluida yang tersimpan pada tangki. Data tersebut selanjutnya akan diolah menurut *code* yang tersedia pada API 581:2016. Data spesifikasi tangki ditunjukkan pada **Table 4.1**

Tabel 4. 1 Data tangki

<i>Equipment Name</i>	<i>Condensate Storage Tank</i>
<i>Equipment Type</i>	<i>Atmospheric Storage Tank</i>
<i>Serial No.</i>	<i>SNO-T-6001 A</i>
<i>Inside Diameter</i>	<i>30480 mm</i>
<i>Operating Temperature</i>	<i>49°C</i>
<i>Volume of Fluid</i>	<i>9563 liter</i>
<i>Year Built</i>	<i>2015</i>
<i>Design Code</i>	<i>API 650</i>
<i>Design Pressure</i>	<i>1 atm + full of water</i>
<i>Design Temperature</i>	<i>94 °C</i>
<i>Operating Pressure</i>	<i>0.5</i>
<i>Yield Strength</i>	<i>205 Mpa</i>
<i>Tensile Strength</i>	<i>400 Mpa</i>
<i>Min. Des. Metal Temp.</i>	<i>17°C</i>
<i>Material</i>	<i>A-283-C</i>
<i>Corrosion allowance</i>	<i>1.5 mm</i>
<i>Product Stored</i>	<i>Condensate</i>
<i>Insulation</i>	<i>Non Insulated</i>
<i>Thickness last inspection</i>	<i>14.6, 12.3, 9.9, 7.4,6.9, 6.6 mm</i>
<i>Tickness design</i>	<i>16, 13, 11, 9, 8, 8 mm</i>
<i>Thickness API</i>	<i>8, 8, 8, 8, 8, 8 mm</i>

4.2 Menentukan *Generic Failure Frequency*

Menentukan *generic failure frequency* adalah langkah pertama yang perlu dilakukan untuk memulai analisa RBI. Nilai *generic failure frequency* dapat diperoleh dari Table 4.2

Table 4. 2 Suggested Component Generic Failure Frequencies (gff)

Equipment Type	Component Type	gff as Function of Hole Size (failure/year)				Gff total
		Small	Medium	Large	Rupture	
Tank 650	TANK BOTTOM	7.20E-04	0	0	2.00E-06	7.20E-04
Tank 650	COURSE 1-6	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04

4.3 Analisa Probabilitas Kegagalan

Langkah Mengidentifikasi *damage mechanism* bisa dilakukan dengan metode *screening* beberapa kriteria yang tersedia, proses *screening* yang dilakukan ditunjukkan pada Tabel 4.3. *Damage factor* yang dipilih adalah *Thinning* dan *external corrotion*.

Table 4. 3 Screening Damage Mechanism

No	Damage Mechanism	Screening Criteria	Yes/No	
1.	Thining	All component should be checked for thining	Yes	
12.	External Corrosion Damage Factor	If the component is un-insulated and subject to any of the following , then the component should be evaluated for external damage from corrosion.	Yes	
		a. Areas exposed to mist overspray from cooling towers.		Yes
		b. Areas exposed to steam vents		No
		c. Areas exposed to deluge system		Yes
		d. Areas subject to process spills, ingress of moisture, or acid vapors.		No
		e. Carbon steel system, operating between -12° C and 177° C (10° F and 350° F). External corrosion is particularly aggressive where operating temperatures cause frequent or continuous condensation and re-evaporation of atmospheric moisture.		Yes
		f. Systems that do not operating in normally temperature between -12° C and 177° C (10° F and 350° F) but cool or heat into this range intermittently or are subjected to frequent outages.		No
		g. Systems with deteoriated coating and/or wrappings		No
		h. Cold service equipment consistently operating below the atmospheric dew point.		No
		i. Un-insulated nozzles or other protrusions components of insulated equipment in cold service conditions.		Yes

4.3.1. Menghitung *Thinning Damage Factor*

Menentukan berapa kali tangki dilakukan inspeksi oleh pemilik asset. Pemilik asset telah melakukan inspeksi sebanyak 1 kali dengan kategori efektifitas C. Semua rumusan dibawah diperoleh dari API 581 Part 2.

- Langkah pertama adalah menentukan umur dan *furnish thickness (t)*, umur dapat didapatkan dengan rumus 4.1. Dan t dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

$$\begin{aligned} Age &= rbi\ date - build\ date && (4.1) \\ &= 4\ Agustus\ 2019 - 16\ Februari\ 15 \\ &= 4.5\ tahun \end{aligned}$$

- Selanjutnya menentukan Base Metal Corroton (C_{rbm}). Untuk mendapatkan nilainya dapat dihitung menggunakan rumus 4.2. Dan nilai dari C_{rbm} ditunjukkan oleh **Tabel 4.4**.

$$C_{r,b,m} = \frac{t_{prev} \cdot t_{actual}}{age} \quad (4.2)$$

Table 4. 4 Nilai C_{rbm}

Tank Course	$C_{r,b,m}$	
Course 1	0.31	mmpy
Course 2	0.16	mmpy
Course 3	0.24	mmpy
Course 4	0.36	mmpy
Course 5	0.24	mmpy
Course 6	0.31	mmpy

- Selanjutnya menentukan *time in service*, age_{ik} dan ketebalan pada inspeksi terakhir, t_{rdi} . *time in service* dapat ditentukan dengan menghitung selisih waktu antara tanggal dilakukan RBI dan tanggal inspeksi terakhir (rumus 4.3). Untuk hasil t_{rdi} ditunjukkan pada **Tabel 4.5**.

$$\begin{aligned} Age &= rbi\ date - last\ inpesction && (4.3) \\ &= 4\ Agustus\ 2019 - 18\ September\ 18 \\ &= 1.1\ tahun \end{aligned}$$

Table 4. 5 Nilai t_{rdi}

s	t_{rdi}	
Course 1	14.6	mm
Course 2	12.3	Mm
Course 3	9.9	mm

Course 4	7.4	mm
Course 5	6.9	mm
Course 6	6.6	mm

4. Langkah selanjutnya adalah menghitung *cladding*, namun tangki yang dianalisa tidak memiliki *cladding* sehingga tidak dilakukan penghitungan.
5. Langkah ke 5 adalah menentukan ketebalan minimum, t_{min} . Data ketebalan minimum sudah tersedia dari pemilik asset, yang ditunjukkan pada **Tabel 4.6**.

Table 4. 6 Nilai t_{rdi} dan t_{min}

Tank Course	t_{min}	t_{min} (API)
Course 1	11.41	8
Course 2	9.52	8
Course 3	7.62	8
Course 4	5.72	8
Course 5	3.83	8
Course 6	1.98	8

6. Langkah ke 6 adalah menentukan *component wall loss fraction*, A_{rt} menggunakan persamaan 4.4. Dan nilai A_{rt} ditunjukkan oleh **Tabel 4.7**.

$$A_{rt} = \frac{Cr_{b,m} \cdot age_{tk}}{t_{rdi}} \quad (4.4)$$

Table 4. 7 Nilai A_{rt}

Tank Course	A_{rt}
Course 1	0.02344
Course 2	0.01391
Course 3	0.02716
Course 4	0.05285
Course 5	0.03897
Course 6	0.05185

7. Langkah selanjutnya adalah menghitung *flow stress*, FS^{thin} menggunakan persamaan 4.5. Dengan E sebagai *weld joint efficiency* dan YS adalah *yield strength* dan TS adalah *tensile strength*.

$$FS^{\text{Thin}} = \frac{(YS+TS)}{2} \cdot E.1,1 \quad (4.5)$$

Dimana,

$$YS = 205 \text{ Mpa}, TS = 400 \text{ Mpa}, \text{ dan } E = 1$$

Maka,

$$FS^{\text{thin}} = 332.7$$

8. Langkah ke 8 adalah menentukan *strength ratio parameter*, SR_p^{thin} menggunakan persamaan 4.6. Dan karena tangki adalah *equipment* yang memiliki bentuk silindris maka nilai dari α adalah 2. Dimana P adalah tekanan desain dan D adalah diameter. Nilai dari SR_p^{thin} ditunjukkan oleh **Tabel 4.8.**

$$SR_p^{\text{Thin}} = \frac{P \cdot D}{\alpha \cdot FSt_{\text{thin}} \cdot trdi} \quad (4.6)$$

Table 4.8 Nilai SR_p^{thin}

Tank Course	SR_p^{thin}
Course 1	3.17778
Course 2	3.772
Course 3	4.68642
Course 4	6.26967
Course 5	6.72399
Course 6	7.02963

9. Menentukan jumlah inspeksi menurut koresponden efektifitas.

- Jumlah inspeksi sebelumnya: 1
- Kategori inspeksi : C
- Efektifitas inspeksi : *Fairly Effective*

10. Menghitung factor efektifitas inspeksi I_1^{thin} , I_2^{thin} , I_3^{thin} menggunakan persamaan 4.7. Dimana, untuk nilai *prior probabilities* Pr_{p1}^{thin} , Pr_{p2}^{thin} , Pr_{p3}^{thin} dan nilai *inspection effectiveness level* Co_{p1}^{thin} , Co_{p2}^{thin} , Co_{p3}^{thin} tersedia pada **Tabel 4.9** dan **Tabel 4.10**. Dan untuk nilai factor efektifitas inspeksi ditunjukkan pada **Tabel 4.11**.

$$I_1^{extcorr} = Pr_{p1}^{extcorr} (Co_{p1}^{extcorrA})^{N_A^{extcorr}} (Co_{p1}^{extcorrB})^{N_B^{extcorr}} (Co_{p1}^{extcorrC})^{N_C^{extcorr}} (Co_{p1}^{extcorrD})^{N_D^{extcorr}}$$

$$I_2^{extcorr} = Pr_{p2}^{extcorr} (Co_{p2}^{extcorrA})^{N_A^{extcorr}} (Co_{p2}^{extcorrB})^{N_B^{extcorr}} (Co_{p2}^{extcorrC})^{N_C^{extcorr}} (Co_{p2}^{extcorrD})^{N_D^{extcorr}} \quad (4.7)$$

$$I_3^{extcorr} = Pr_{p3}^{extcorr} (Co_{p3}^{extcorrA})^{N_A^{extcorr}} (Co_{p3}^{extcorrB})^{N_B^{extcorr}} (Co_{p3}^{extcorrC})^{N_C^{extcorr}} (Co_{p3}^{extcorrD})^{N_D^{extcorr}}$$

Table 4.9 *Prior Probability for Thinning Corrosion Rate*

Damage State	Low Confidence Data	Medium Confidence Data	High Confidence Data
$P_{r_{p1}}^{Thin}$	0.5	0.7	0.8
$P_{r_{p2}}^{Thin}$	0.3	0.2	0.15
$P_{r_{p3}}^{Thin}$	0.2	0.1	0.05

Table 4.10 *Conditional Probability of Inspection*

Conditional Probability of Inspection	E – None or Ineffective	D – Poorly Effective	C – Fairly Effective	B – Usually Effective	A – Highly Effective
Co_{p1}^{Thin}	0.33	0.4	0.5	0.7	0.9
Co_{p2}^{Thin}	0.33	0.33	0.3	0.2	0.09
Co_{p3}^{Thin}	0.33	0.27	0.2	0.1	0.01

Table 4.11 Nilai factor efektifitas inspeksi

Insp. Eff Factor	Value
I_1^{thin}	0.35
I_2^{thin}	0.04
I_3^{thin}	0.001

11. Langkah selanjutnya adalah menghitung *posterior probability*, PO_{p1}^{thin} , PO_{p2}^{thin} , PO_{p3}^{thin} dengan menggunakan persamaan 4.8. Dan nilai untuk *posterior probability* dapat dilihat pada **Tabel 4.12**.

$$\begin{aligned}
 PO_{p1}^{Thin} &= \frac{I_1^{Thin}}{I_1^{Thin} + I_2^{Thin} + I_3^{Thin}} \\
 PO_{p2}^{Thin} &= \frac{I_2^{Thin}}{I_1^{Thin} + I_2^{Thin} + I_3^{Thin}} \\
 PO_{p3}^{Thin} &= \frac{I_3^{Thin}}{I_1^{Thin} + I_2^{Thin} + I_3^{Thin}}
 \end{aligned} \tag{4.8}$$

Table 4.12 Nilai *Posterior Probability*

Post. Prob.	Value
PO_{p1}^{thin}	0.89514
PO_{p2}^{thin}	0.10230
PO_{p3}^{thin}	0.00256

12. Menghitung *Z number parameters* $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ dengan menggunakan persamaan 4.9 dibawah. Dimana *thinning coeff. of variance* ($COV_{\Delta t}$) sebesar 0,2, *flow stress coefficient of variance* (COV_{sf}) sebesar 0.2, *pressure coefficient of variance* (COV_P) sebesar 0.05. Dan *corrosion rate* untuk *damage 1* (D_{s1}) sebesar 1, D_{s2} sebesar 2, dan D_{s3} sebesar 4. Dan nilai untuk *z number parameters* dapat dilihat pada **Tabel 4.13**.

$$\beta_1^{Thin} = \frac{1 - D_{S1} \cdot A_{rt} - SR_P^{Thin}}{\sqrt{D_{S1}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S1} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{Thin})^2 \cdot (COV_P)^2}}$$

$$\beta_2^{Thin} = \frac{1 - D_{S2} \cdot A_{rt} - SR_P^{Thin}}{\sqrt{D_{S2}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S2} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{Thin})^2 \cdot (COV_P)^2}} \quad (4.9)$$

$$\beta_3^{Thin} = \frac{1 - D_{S3} \cdot A_{rt} - SR_P^{Thin}}{\sqrt{D_{S3}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S3} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{Thin})^2 \cdot (COV_P)^2}}$$

Table 4.13 β value of Course 1-6

Tank Course	β_1	β_2	β_3
Course 1	-4.03957	-2.9639	-3.0772
Course 2	-3.70763	-3.1692	-3.2620
Course 3	-3.26289	-3.4384	-3.5573
Course 4	-2.65404	-3.7270	-3.8705
Course 5	-2.50498	-3.7589	-3.8766
Course 6	-2.42214	-3.8051	-3.9362

13. Langkah selanjutnya adalah menentukan *damage base factor*, D_f^{thin} untuk *thinning* menggunakan persamaan 4.10. Dimana Φ adalah fungsi *standard normal cumulative distribution* pada *Ms.Excel* (NORMSDIST in excel). Nilai D_f^{thin} dapat dilihat pada **Tabel 4.14**.

$$D_f^{Thin} = \left[\frac{(PO_{P1}^{Thin} \Phi(-\beta_1^{Thin})) + (PO_{P2}^{Thin} \Phi(-\beta_2^{Thin})) + (PO_{P3}^{Thin} \Phi(-\beta_3^{Thin}))}{1.56E - 0.4} \right] \quad (4.10)$$

Table 4.14 Nilai dari D_{fb}^{thin}

Tank Course	D_{fb}^{thin}
Course 1	-0.399883
Course 2	-0.399889
Course 3	-0.399664
Course 4	-0.397712
Course 5	-0.396481
Course 6	-0.395569

14. Terakhir adalah menentukan *damage factor* maksimum untuk *thinning*. Dengan menggunakan persamaan **4.11**, where F_{om} adalah *adjustment for online monitoring*, F_{ip} adalah *adjustment for injection*, F_{dl} adalah *adjustment for death leg*, F_{wd} adalah *adjustment for welded construction*, F_{am} adalah *adjustment for maintenance* menurut API STD653, dan F_{sm} adalah *adjustment for settlement*. Menurut API 581 Part 2 semua nilai untuk *adjustment* adalah 1. Mekan nilai untuk *damage factor* dapat dilihat pada **Tabel 4.15**.

$$Df_{thin} = \text{Max} \left[\left(\frac{Df_{thin} \cdot FIP \cdot FDL \cdot FWD \cdot FAM \cdot FSM}{FOM} \right), 0.1 \right] \quad (4.11)$$

Table 4.15 Nilai dari D_f^{thin} pada RBI Date

Tank Course	D_f^{thin}
Course 1	0.1
Course 2	0.1
Course 3	0.1
Course 4	0.1
Course 5	0.1
Course 6	0.1

15. Untuk kalkulasi pada plan date bisa dilakukan menggunakan persamaan yang sama dengan Langkah-langkah diatas, hanya perlu mengganti usia (*age*) dengan usia pada plan date. Usia pada plan date sebesar 14.5 tahun. Dengan perubahan usia ini maka ada beberapa perubahan pada nilai D_f^{thin} sebelumnya. Nilai D_f^{thin} pada plan date dapat dilihat pada **Tabel 4.16**.

Table 4.15 Nilai dari D_f^{thin} pada plan date

Tank Course	D_f^{thin}
Course 1	0.24080259
Course 2	0.24082631
Course 3	0.2409809
Course 4	0.24101829
Course 5	0.24101401
Course 6	0.24101898

4.3.2. Menghitung *External Corrothion Damage Factor*

- Langkah pertama adalah menentukan umur dan *furnish thickness* (t), umur dapat didapatkan dengan rumus **4.1**. Dan t dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

$$Age = rbi\ date - build\ date \quad (4.1)$$

$$= 4\ \text{Agustus}\ 2019 - 16\ \text{Februari}\ 15$$

$$= 4.5\ \text{tahun}$$

- Selanjutnya menentukan Base Metal Corrothion (C_{rbm}). Untuk mendapatkan nilainya dapat dihitung menggunakan **Tabel 4.16**. Dari table dibawah bisa diapatkan bahwa nilai *Base Metal Corrothion* sebesar 0.127 mmpy.

Table 4.16 Corrosion rates for Calculation of the damage factor - ext.
Corrosion

Operating Temperature (°C)	Corrosion Rate as a Function of Driver (1) (mm/y)			
	Marine / Cooling Tower Drift Area	Temperate	Arid / Dry	Severe
-12	0	0	0	0
-8	0.025	0	0	0
6	0.127	0.076	0.025	0.254
32	0.127	0.076	0.025	0.254
71	0.127	0.051	0.025	0.254
107	0.025	0	0	0.051
121	0	0	0	0

- Selanjutnya menentukan *final corrothion rate*, C_r dengan menggunakan persamaan **4.12**. Untuk FEQ bernilai 2 apabil pipa didukung dengan penyangga secara langsung atau konfigurasi pendukung yang lain yang tidak

sesuai dengan perawatan coating maka nilai FEQ = 2 ; jika tidak, FEQ = 1. Dan apabila pipa memiliki penghubung yang masuk ke dalam tanah atau air, maka FIF = 2 ; jika tidak, FIF =1

$$\begin{aligned} C_r &= C_{rb} \cdot \max [FEQ, FIF] & (4.12) \\ &= 0.127 \text{ mmpy} \end{aligned}$$

4. Langkah selanjutnya adalah menghitung *time in service*, age_{ik} , umur inspeksi adalah selisih waktu antara inspeksi sebelumnya dengan inspeksi terakhir. Usia inspeksi dapat dihitung dengan persamaan 4.3.

$$\begin{aligned} Age_{th} &= rbi \text{ date} - \text{last inpesction} & (4.3) \\ &= 4 \text{ Agustus } 2019 - 18 \text{ September } 18 \\ &= 1.1 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Last Inspection Thickness untuk Course 1-Course 6 adalah 14.6, 12.3, 9.9, 7.4, 6.9, 6.6 mm (**Tabel 4.1**)

5. Langkah ke 5 adalah menentukan umur *coating*, age_{coat} , Umur coating dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 4.13)

$$\begin{aligned} Age_{coat} &= rbi \text{ date} - \text{build date} & (4.13) \\ &= 4 \text{ Agustus } 2019 - 16 \text{ februari } 2015 \\ &= 4.5 \text{ tahun} \end{aligned}$$

6. Langkah ke 6 adalah menentukan *coating adjustment*, $Coat_{adj}$ menggunakan persamaan 4.14. Dikarenakan Age_{th} lebih kecil drpd Age_{coat} menurut API 581 Part 2 maka :

$Coat_{adj} = 0$, if there are no coating or poor coating quality
Dikarenakan tangki tidak mempunyai coating.
Coating Adjustment ($Coat_{adj}$) = 0 , (4.14)

7. Langkah selanjutnya adalah menghitung *in-time service* selama waktu coating telah dipasang . Dapat dihitung menggunakan persamaan 4.15.

$$\begin{aligned} In\text{-service Age} &= age_{ik} - Coat_{adj} & (4.15) \\ &= 1.1 - 0 \\ &= 1.1 \text{ tahun} \end{aligned}$$

8. Langkah ke 8 adalah menentukan *allowable stress*, S , *weld joint efficiency*, E , menurut code yang dipakai pada saat dilakukan konstruksi.

$$S = 150 \text{ Mpa}, E = 1$$

Table 4. 17 Nilai t_{min}

Tank Course	T_{min}
Course 1	11.283
Course 2	9.393
Course 3	7.493
Course 4	5.593
Course 5	3.703
Course 6	1.853

9. Menentukan A_{rt} *parameter* menggunakan persamaan 4.16. Dan untuk hasil perhitungan A_{rt} dapat dilihat pada **Tabel 4.18**.

$$A_{rt} = \frac{Cr .agetk}{t rde} \quad (4.16)$$

Table 4. 18 Nilai A_{rt}

Tank Cour.	A_{rt}
Course 1	0.010
Course 2	0.011
Course 3	0.014
Course 4	0.019
Course 5	0.020
Course 6	0.021

10. Menentukan *Flow Stress*, $FS^{extcorr}$. Menggunakan persamaan 4.17. Dimana YS adalah *Yield Strength*, TS adalah *Tensile Strenth*, dan E adalah *Weld efficiency*

$$FS^{extcorr} = \frac{(YS+TS)}{2} . E.1,1 \quad (4.17)$$

$$FS^{extcorr} = 332.75 \text{ Mpa}$$

11. Menghitung *strength ratio parameter*, $SR_p^{extcorr}$ menggunakan persamaan 4.18. Dan nilai $SR_p^{extcorr}$ dapat dilihat pada **Tabel 4.19**

$$SR^{extcorr} = \frac{S . E}{FS^{extcorr}} \cdot \frac{\max(tmin+tc)}{t rde}$$

(4.18)

Table 4. 19 Nilai SR_p^{thin}

Tank Course	$SR_p^{extcorr}$
Course 1	0.348373352
Course 2	0.344248777
Course 3	0.341187988
Course 4	0.340711109
Course 5	0.241923366
Course 6	0.126562393

12. Menentukan jumlah inspeksi menurut koresponden efektifitas.

- Jumlah inspeksi sebelumnya: 1
- Kategori inspeksi : C
- Efektifitas inspeksi : *Fairly Effective*

13. Menghitung factor efektifitas inspeksi $I_1^{extcorr}$, $I_2^{extcorr}$, $I_3^{extcorr}$ menggunakan persamaan **4.19** dengan mengganti *thinning* dengan *extcorr*. Dimana, untuk nilai *prior probabilities* $Pr_{p1}^{extcorr}$, $Pr_{p2}^{extcorr}$, $Pr_{p3}^{extcorr}$ dan nilai *inspection effectiveness level* $CO_{p1}^{extcorr}$, $CO_{p2}^{extcorr}$, $CO_{p3}^{extcorr}$ sama dengan pada **Tabel 4.9** dan **Tabel 4.10**. Dan untuk nilai factor efektifitas inspeksi ditunjukkan pada **Tabel 4.20**.

$$I_2^{extcorr} = Pr_{P2}^{extcorr} (CO_{P2}^{extcorrA})_A^{N_A^{extcorr}} (CO_{P2}^{extcorrB})_B^{N_B^{extcorr}} (CO_{P2}^{extcorrC})_C^{N_C^{extcorr}} (CO_{P2}^{extcorrD})_D^{N_D^{extcorr}}$$

$$I_3^{extcorr} = Pr_{P3}^{extcorr} (CO_{P3}^{extcorrA})_A^{N_A^{extcorr}} (CO_{P3}^{extcorrB})_B^{N_B^{extcorr}} (CO_{P3}^{extcorrC})_C^{N_C^{extcorr}} (CO_{P3}^{extcorrD})_D^{N_D^{extcorr}}$$

(4.19)

Table 4. 20 Nilai $I^{extcorr}$

Tank Course	$I^{extcorr}$
$I_1^{extcorr}$	0.35
$I_2^{extcorr}$	0.21
$I_3^{extcorr}$	0.189

14. Langkah selanjutnya adalah menghitung *posterior probability*, $PO_{p1}^{extcorr}$, $PO_{p2}^{extcorr}$, $PO_{p3}^{extcorr}$ dengan menggunakan persamaan 4.20. Dan nilai untuk *posterior probability* dapat dilihat pada **Tabel 4.21**.

$$\begin{aligned}
 PO_{p1}^{extcorr} &= \frac{I_1^{extcorr}}{I_1^{extcorr} + I_2^{extcorr} + I_3^{extcorr}} \\
 PO_{p2}^{extcorr} &= \frac{I_2^{extcorr}}{I_1^{extcorr} + I_2^{extcorr} + I_3^{extcorr}} \\
 PO_{p3}^{extcorr} &= \frac{I_3^{extcorr}}{I_1^{extcorr} + I_2^{extcorr} + I_3^{extcorr}}
 \end{aligned} \tag{4.20}$$

Table 4. 21 Nilai *Posterior Probability*

Post. Prob.	Value
PO_{p1}^{thin}	0.4673
PO_{p2}^{thin} ,	0.2804
PO_{p3}^{thin} ,	0.2523

15. Menghitung *Z number parameters* $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ dengan menggunakan persamaan 4.21 dibawah. Dimana *coeff. of variance* ($COV_{\Delta t}$) sebesar 0,2, *flow stress coefficient of variance* (COV_{sf}) sebesar 0.2, *pressure coefficient of variance* (COV_p) sebesar 0.05. Dan *corrosion rate* untuk *damage 1* (D_{s1}) sebesar 1, D_{s2} sebesar 2, dan D_{s3} sebesar 4. Dan nilai untuk *z number parameters* dapat dilihat pada **Tabel 4.22**.

$$\begin{aligned}
 \beta_1^{extcorr} &= \frac{1 - D_{S1} \cdot A_{rt} - SR_P^{extcorr}}{\sqrt{D_{S1}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S1} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{extcorr})^2 \cdot (COV_p)^2}} \\
 \beta_2^{extcorr} &= \frac{1 - D_{S2} \cdot A_{rt} - SR_P^{extcorr}}{\sqrt{D_{S2}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S2} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{extcorr})^2 \cdot (COV_p)^2}} \\
 \beta_3^{extcorr} &= \frac{1 - D_{S3} \cdot A_{rt} - SR_P^{extcorr}}{\sqrt{D_{S3}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S3} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{extcorr})^2 \cdot (COV_p)^2}}
 \end{aligned} \tag{4.21}$$

Table 4.22 β value of Course 1-6

Tank Course	β_1	β_2	β_3
Course 1	3.229	3.211	3.173
Course 2	3.247	3.225	3.180
Course 3	3.257	3.231	3.173
Course 4	3.251	3.215	3.134
Course 5	3.757	3.729	3.662
Course 6	4.350	4.333	4.288

16. Langkah selanjutnya adalah menentukan *damage base factor*, $D_f^{extcorr}$ menggunakan persamaan 4.22. Dimana ϕ adalah fungsi *standard normal cumulative distribution* pada *Ms.Excel* (NORMSDIST in excel). Nilai D_f^{thin} dapat dilihat pada **Table 4.23**.

$$D_f^{extcorr} = \left[\frac{(P_{oP_1}^{extcorr} \phi(-\beta_1^{extcorr})) + (P_{oP_2}^{extcorr} \phi(-\beta_2^{extcorr})) + (P_{oP_3}^{extcorr} \phi(-\beta_3^{extcorr}))}{1.56E-0.4} \right]$$

(4.22)

Table 4.23 Nilai dari $D_f^{extcorr}$

Tank Course	$D_f^{extcorr}$
Course 1	0.861
Course 2	0.862
Course 3	0.862
Course 4	0.861
Course 5	0.862
Course 6	0.862

17. Untuk kalkulasi pada *plan date* bisa dilakukan menggunakan persamaan yang sama dengan Langkah-langkah diatas, hanya perlu mengganti usia (*age*) dengan usia pada *plan date*. Usia pada *plan date* sebesar 14.5 tahun. Dengan perubahan usia ini maka ada beberapa perubahan pada nilai D_f^{thin} sebelumnya. Nilai D_f^{extcorr} pada *plan date* dapat dilihat pada **Tabel 4.24**.

Table 4.24 Nilai dari D_f^{thin} pada *plan date*

Tank Course	D_f^{thin}
Course 1	0.827
Course 2	0.783
Course 3	0.702
Course 4	0.622
Course 5	0.646
Course 6	0.672

4.4 Analisa Konsekuensi Kegagalan

4.4.1 Menentukan Sifat-sifat Fluida

Untuk menentukan konsekuensi kegagalan pada RBI dibagi menjadi 2, Konsekuensi area dan Konsekuensi Finansial. Pada analisa kali ini hanya dilakukan konsekuensi area saja.

- Memilih fluida representative
Pemilihan fluida representative merupakan pemilihan tipe fluida yang disimpan didalam tangki sesuai dengan kategori nya pada API 581 Part 3. Fluida yang tersimpan didalam tangki merupakan dalam kategori C1.
- Menentukan fase fluida yang tersimpan di dalam tangki.
Fluida yang tersimpan di dalam tangki dalam fase cair.
- Menentukan sifat-sifat fluida yang tersimpan dalam tangki.
MW = 23 kg/kg-mol
AIT = 446.2°Rankine (830.9 K)
k = 1.9428 (specific heat ratio)
- Menentukan kondisi fluida pada saat terpapar udara atmosfer. Kondisi fluida pada saat terlepas ke atmosfer akan berubah menjadi gas apabila terlepas dan terpapar udara atmosfer. (Fluida memiliki NBP dibawah -6.9°F / 80 °F yaitu sebesar -193°F)

4.4.2 Menentukan *release hole*

Menurut API 581 pada Part 3 Section 4.2.2 untuk menentukan ukuran *release hole*, umumnya ada 4 ukuran. Dapat dilihat pada **Tabel 4.25**.

Tabel 4.25 *Release Hole Size dan Area*

Release Hole Number	Release Hole Sizes	Range of Hole Diameter (inch)	Release Hole Diameter, d_n (inch)
1	Small	0 - 1/4	$d_1 = 0.25$
2	Medium	> 1/4 - 2	$d_2 = 1$
3	Large	> 2 - 6	$d_3 = 4$
4	Rupture	. 6	$d_4 = \min[D, 16]$

Lalu langkah selanjutnya adalah menentukan nilai *gff* pada setiap ukuran lubang, yang dapat dilihat pada **Tabel. 4.26**.

Tabel 4.26 Nilai *gff* dari tangki

Equipment type	Component type	<i>gff</i> as a Function of Hole Size (failures/yr)				<i>gff</i> (total) (failures/yr)
		Small	Medium	Large	Rupture	
Tank650	TANKBOTTOM	7.20E-04	0	0	2.00E-06	7.20E-04
Tank650	COURSE-1	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-2	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-3	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-4	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04

4.4.3 Menghitung *Release Rate*

Release rate sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat dari fluida, fase awal, kondisi fase awal, kondisi proses pengoperasian, dan ukuran lubang pelepasan yang telah ditentukan. *Release rate* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4.23.

$$W_n = \frac{C_d}{C_2} \times A_n \times P_s \sqrt{\left[\left(\frac{MW \cdot g_c}{R \cdot T_s} \right) \left(\frac{2k}{k-1} \right) \left(\frac{P_{atm}}{P_s} \right)^{\frac{2}{k}} \left(1 - \left(\frac{P_{atm}}{P_s} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right) \right]} \quad (4.23)$$

Dimana :

C_d = discharge coefficient

C_p = customary conversion factors

A_n = release hole size area (inch²)

P_s = tekanan penyimpanan (psi)

P_{atm} = tekanan atmosfer (psi)

T_s = suhu penyimpanan (°Rankine)

R = konstanta gas universal (lb-mol°R)

g_c = konstanta gravitasi lb_m-ft/lb_f-s²

$k = \text{Ideal Gas Specific Heat Capacity Ratio}$

Dari persamaan diatas maka diperoleh nilai dari setiap ukuran *release hole* adalah:

$$W_1 = 0.00086043 \text{ kg/s}$$

$$W_2 = 0.01377028 \text{ kg/s}$$

$$W_3 = 0.22032451 \text{ kg/s}$$

$$W_4 = 3.52431788 \text{ kg/s}$$

- 4.4.4 Mengestimasi masa total dari fluida yang mungkin akan terlepas
Ketersediaan masa dari fluida yang tersimpan dapat dihitung dengan persamaan **4.24**.

$$Mass_{avail} = \min[(mass_{comp} + mass_{add,n}), mass_{inv}] \quad (4.24)$$

1. Menghitung nilai dari $mass_{comp}$ menggunakan persamaan **4.25**.

$$Mass_{comp} = \rho \times 50\% \times V \quad (4.25)$$

Dimana,

$$\rho = 709.938 \text{ kg/m}^3$$

$$V = 9563n \text{ m}^3$$

$$Mass_{comp} = 3394568.547 \text{ kg}$$

2. Menghitung $mass_{adn}$, dikarenakan tangki yang dihitung hanya berjumlah 1 tangki maka $mass_{adn} = mass_{comp}$.
3. Menghitung *flow rate* untuk lubang berukuran 8 inch, W_{max8} dengan menggunakan persamaan **4.25**. Didapatkan W_{max8} sebesar 0.88204 kg/s
4. Menghitung $mass_{addn}$ dengan persamaan **4.26**
 $Mass_{add} = 180 \cdot \min(W_n, W_{max8}) \quad (4.26)$
5. Masa *inventory fluida* untuk setiap *release hole* adalah sama dikarenakan $mass_{comp}$ dan $mass_{inv}$ bernilai sama karena equipment yang dianalisa hanya 1 tangki yaitu 3394568.547 kg

- 4.4.5 Menentukan tipe *release (continuous /instantaneous)*

Ada 2 permodelan tipe pelepasan yaitu:

- a. *Instantaneous Release* – pelepasan sesaat atau *puff release* adalah pelepasan yang terjadi dengan sangat cepat sehingga cairan menyebar seperti awan yang besar atau *pool*.
- b. *Continuous Release* – pelepasan terus-menerus atau *plume release* adalah pelepasan yang terjadi selama jangka waktu yang lama, yang memungkinkan cairan untuk menyebar dalam bentuk elips memanjang (tergantug kondisi cuaca).

Penentuan tipe pelepasan ditentukan berdasarkan kriteria:

- Apabila ukuran lubang pelepasan adalah 6.35 mm [0.25 inch], maka tipe pelepasan adalah *continuous*.
- Apabila waktu (t_n) kurang dari 180 dt atau massa yang terlepas lebih dari 4.536 kgs [10.000 lbs] maka tipe pelepasan adalah *instantaneous*.

Lama waktu untuk masing-masing *release hole* t_n dapat dihitung menggunakan persamaan 4.27. Dengan $C_3 = 10000$ lbs

$$t_n = \frac{C_3}{w_n} \quad (4.27)$$

Maka,

$$t_1 = 5271787.795 \text{ kg/s (Continuous)}$$

$$t_2 = 329405.0243 \text{ kg/s (Continuous)}$$

$$t_3 = 20587.81402 \text{ kg/s (Continuous)}$$

$$t_4 = 1287.057567 \text{ kg/s (Continuous)}$$

4.4.6 Mengestimasi dampak system pendeteksi dan isolasi pada *release hole*.

Beberapa prosedur yang bisa dilakukan adalah:

3. Menentukan system pendeteksi dan isolasi yang terdapat pada equipment.
4. Menentukan kategori untuk system keamanan menggunakan **Tabel 4.27**. Dan menentukan nilai reduction factor sesuai dengan **Tabel 4.28**.

Tabel 4.27 *Detection and Isolation System Rating Guide*

Type of Detection System	Det. Classification
Instrumentation designed specifically to detect material losses by changes in operating conditions (i.e. loss of pressure or flow) in the system	A
Suitably located detectors to determine when the material is present outside the pressure-containing envelope	B
Visual detection, cameras, or detectors with marginal coverage	C
Type of Isolation System	Iso. Classification
Isolation or shutdown systems activated directly from process instrumentation or detectors, with no operator intervention	A
Isolation or shutdown systems activated by operators in the control room or other suitable location remote from the leak	B
Isolation dependent on manually operated valves	C

Tabel 4.28 *Adjustment to Release Based on Detection and Isolation Systems*

System Classification		Release Magnitude Adjustment	Reduction Factor, factdi
Detection	Isolation		
A	A	Reduce release rate or mass by 25%	0.25
A	B	Reduce release rate or mass by 20%	0.20

A or B	C	Reduce release rate or mass by 10%	0.10
B	B	Reduce release rate or mass by 15%	0.15
C	C	No adjustment to release rate or mass	0.00

4.4.7 Menentukan *release rate* dan *mass* untuk analisa konsekuensi.

-*Continous release rate* dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah, factor reduksi = 0.15 :

$$Rate_n = W_n (1 - fact_{di}) \quad (4.28)$$

Maka,

$$Rate_1 = 0.00073$$

$$Rate_2 = 0.0117$$

$$Rate_3 = 0.18728$$

$$Rate_4 = 2.99567$$

-*Instantaneous release rate* dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah :

$$Mass_n = \min . [\{Rate_n \cdot ld_n \}, Mass_{avail,n}] \quad (4.29)$$

Untuk mencari ld_n dapat menggunakan persamaan dibawah:

$$ld_n = \min . [\{ \frac{Mass_{avail,n}}{Rate_n} \}, \{ 60 \cdot ld_{max,n} \}] \quad (4.30)$$

Dimana,

$$Ld_{max1} = 40 \text{ minutes for } \frac{1}{4} \text{ inch leaks}$$

$$Ld_{max2} = 30 \text{ minutes for 1 inch leaks}$$

$$Ld_{max3} = 20 \text{ minutes for 4 inch leaks}$$

$$Ld_{max4} = 20 \text{ minutes for 4 inch leaks}$$

maka,

Sehingga,

$$ld_1 = 2400 \text{ s} \quad Mass_1 = 1.7553 \quad \text{kgs} \quad (1 \text{ inch})$$

$$ld_2 = 1800 \text{ s} \quad Mass_2 = 21.0685 \quad \text{kgs} \quad (4 \text{ inch})$$

$$ld_3 = 1200 \text{ s} \quad Mass_3 = 224.7309 \quad \text{kgs} \quad (16 \text{ inch})$$

$$ld_4 = 1200 \text{ s} \quad Mass_{14} = 3594.8042 \quad \text{kgs} \quad (16 \text{in rupture})$$

4.4.8 Menentukan *konsekuensi kebakaran dan ledakan*.

Konsekuensi area diestimasi dari perhitungan laju pelepasan (untuk pelepasan *continuous*) atau masa pelepasan (untuk pelepasan *instantaneous*).

8. Menghitung konsekuensi area *component damage*

Konsekuensi area *component damage* dibedakan menjadi 4, yaitu :

- *Auto-ignition Not Likely, Continuous Release*

Konsekuensi area *Component Damage Auto-ignition Not Likely, Continuous Release*, dapat dihitung menggunakan **rumusan 4.31** berikut ini:

$$CA_{cmd,n}^{AINL-CONT} = a(rate_n)^b \cdot (1 - fact_{mit}) \quad (4.31)$$

Nilai (a) dan (b) diambil dari **Tabel 4.29**

$$a = 49.5$$

$$b = 0.98$$

Tabel 4.29 *Component Damage Flammable Consequence Equation Constants*

Fluid	Continuous Release Constant								Instantaneous Release Constant							
	Auto Ignition Not Likely (CAINL)				Auto Ignition Likely (CAIL)				Auto-Ignition Not Likely (IAINL)				Auto Ignition Likely (IAIL)			
	Gas		Liquid		Gas		Liquid		Gas		Liquid		Gas		Liquid	
	α	b	α	b	α	b	α	b	α	b	α	b	α	b	α	b
C1-C2	43.0	0.98			280	0.95			41.0	0.67			1079	0.62		
C3-C4	49.5	1.0			314	1.0			27.7	0.7			523	0.63		

Maka,

$$CA_{cmd,1}^{AINL-CONT} = 0.0291m^2$$

$$CA_{cmd,2}^{AINL-CONT} = 0.4401m^2$$

$$CA_{cmd,3}^{AINL-CONT} = 6.6618m^2$$

$$CA_{cmd,4}^{AINL-CONT} = 100.81m^2$$

- *Auto-ignition Likely, Continuous Release*

Konsekuensi area *Component Damage Auto-ignition Not Likely, Continuous Release*, dapat dihitung menggunakan **rumusan 4.32** berikut ini, nilai a=280 dan b=0.95 dapat dilihat pada **Tabel 4.29**:

$$CA_{cmd,n}^{AIL-CONT} = \alpha(rate_n)^b \cdot (1 - fact_{mit}) \quad (4.32)$$

Maka,

$$CA_{cmd,1}^{AIL-CONT} = 0.2351m^2$$

$$CA_{cmd,2}^{AIL-CONT} = 3.2749m^2$$

$$CA_{cmd,3}^{AIL-CONT} = 45.615m^2$$

$$CA_{cmd,4}^{AIL-CONT} = 635.21m^2$$

9. Menghitung konsekuensi *personel injury*

Konsekuensi area *Personel injury Auto-ignition Not Likely, Continuous Release*, dapat dihitung menggunakan **rumusan 4.33** berikut ini:

$$CA_{inj,n}^{AINL-CONT} = a(rate_n)^b \cdot (1 - fact_{mit}) \quad (4.33)$$

Nilai (a) dan (b) diambil dari **Tabel 4.30**

$$a = 110$$

$$b = 1$$

Tabel 4.30 *Personnel Injury Flammable Consequence Equation Constants*

Fluid	Continuous Release Constant						Instantaneous Release Constant									
	Auto Ignition Not Likely (CAINL)				Auto Ignition Likely (CAIL)		Auto-Ignition Not Likely (IAINL)				Auto Ignition Likely (IAIL)					
	Gas		Liquid		Gas	Liquid	Gas		Liquid		Gas	Liquid				
	α	b	α	b	α	b	α	b	α	b	α	b				
C1-C2	110.0	1.00			745	0.92			79.0	0.67			3100	0.63		
C3-C4	49.5	1.0			314	1.0			27.7	0.7			523	0.63		

Maka,

$$CA_{inj,1}^{AINL-CONT} = 0.0644m^2$$

$$CA_{inj,2}^{AINL-CONT} = 1.0300m^2$$

$$CA_{inj,3}^{AINL-CONT} = 16.480m^2$$

$$CA_{inj,4}^{AINL-CONT} = 663.63m^2$$

- *Auto-ignition Likely, Continuous Release*

Konsekuensi area *Component Damage Auto-ignition Not Likely, Continuous Release*, dapat dihitung menggunakan **rumusan 4.34** berikut ini, nilai a=745 dan b=0.92 dapat dilihat pada **Tabel 4.30**:

$$CA_{inj,n}^{AIL-CONT} = \alpha(rate_n)^b \cdot (1 - fact_{mit}) \quad (4.34)$$

Maka,

$$CA_{inj,1}^{AIL-CONT} = 0.7767m^2$$

$$CA_{inj,2}^{AIL-CONT} = 9.9572m^2$$

$$CA_{inj,3}^{AIL-CONT} = 127.62m^2$$

$$CA_{inj,4}^{AIL-CONT} = 1635.4m^2$$

10. Menghitung *blending factor*

Untuk *blending factor continuous release* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan **4.35**, dimana C = 25.2 kg/s

$$fact_n^{IC} = \min \left[\left\{ \frac{rate_n}{C_5} \right\}, 1.0 \right]$$

(4.35)

Maka,

$$fact_1^{IC} = 0.000029$$

$$fact_1^{IC} = 0.000464$$

$$fact_1^{IC} = 0.007431$$

$$fact_1^{IC} = 0.11887$$

11. Menghitung AIT dengan menggunakan rumus 4.36. Dimana AIT = 830.9 K, Ts = 322.1 K, C₆ = 55.6

$$Fact^{AIT} = 0, \quad \text{if } T_s + C_6 \leq AIT \quad (4.36)$$

Karena Ts + C₆ < AIT maka fact^{AIT} = 0

12. Menghitung continuous/instantaneous blended consequence area dengan persamaan 4.37

$$CA_{cmd,n}^{AIL} = CA_{cmd,n}^{AIL-INST} \cdot fact_n^{IC} + CA_{cmd,n}^{AIL-CONT} \cdot (1 - fact_n^{IC}) \quad (4.37)$$

$$CA_{inj,n}^{AIL} = CA_{inj,n}^{AIL-INST} \cdot fact_n^{IC} + CA_{inj,n}^{AIL-CONT} \cdot (1 - fact_n^{IC})$$

Maka,

$$CA_{cmd1}^{AIL} = 0.2350m^2$$

$$CA_{cmd2}^{AIL} = 3.2733m^2$$

$$CA_{cmd3}^{AIL} = 45.276m^2$$

$$CA_{cmd4}^{AIL} = 559.69m^2$$

Maka,

$$CA_{cmd1}^{AINL} = 0.02906m^2$$

$$CA_{cmd2}^{AINL} = 0.43989 m^2$$

$$CA_{cmd3}^{AINL} = 6.66178 m^2$$

$$CA_{cmd4}^{AINL} = 88.826 m^2$$

Maka,

$$CA_{inj1}^{AIL} = 0.7767m^2$$

$$CA_{inj2}^{AIL} = 9.9526m^2$$

$$CA_{inj3}^{AIL} = 126.67m^2$$

$$CA_{inj4}^{AIL} = 1441 m^2$$

Maka,

$$CA_{inj1}^{AINL} = 0.06435 m^2$$

$$CA_{inj2}^{AINL} = 1.02954 m^2$$

$$CA_{inj3}^{AINL} = 15.4803m^2$$

$$CA_{inj4}^{AINL} = 584.74 m^2$$

13. Menghitung CAflam baik untuk konsekuensi area dan personal injury dengan persamaan 4.38

$$CA_{cmd,n}^{flam} = CA_{cmd,n}^{AIL} \cdot fact^{AIT} + CA_{cmd,n}^{AINL} \cdot (1 - fact^{AIT}) \quad (4.38)$$

$$CA_{inj,n}^{flam} = CA_{inj,n}^{flam-AIL} \cdot fact^{AIT} + CA_{inj,n}^{AINL} \cdot (1 - fact^{AIT})$$

Maka,

$$\begin{aligned} CA_{cmd1}^{flam} &= 0.0291 \text{ m}^2 \\ CA_{cmd2}^{flam} &= 0.4399 \text{ m}^2 \\ CA_{cmd3}^{flam} &= 6.6123 \text{ m}^2 \\ CA_{cmd4}^{flam} &= 88.626 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} CA_{inj1}^{flam} &= 0.7767 \text{ m}^2 \\ CA_{inj2}^{flam} &= 9.9526 \text{ m}^2 \\ CA_{inj3}^{flam} &= 126.67 \text{ m}^2 \\ CA_{inj4}^{flam} &= 1441 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

14. Menentukan Konsekuensi area untuk *component damage* dan *personel injury*. Dengan menggunakan persamaan 4.39. $gff_{total} = 0.0001$

$$CA_{cmd}^{flam} = \left(\frac{\sum gff_n \cdot CA_{cmd,n}^{flam}}{gff_{total}} \right) \quad (4.39)$$

$$CA_{inj}^{flam} = \left(\frac{\sum gff_n \cdot CA_{inj,n}^{flam}}{gff_{total}} \right)$$

Maka,

$$\begin{aligned} CA_{cmd}^{flam} &= 97 \text{ m}^2 \\ CA_{inj}^{flam} &= 457.7 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- 4.4.9 Menentukan Konsekuensi Area Akhir

Final consequence area dapat dihitung menggunakan persamaan 4.40.

$$\begin{aligned} CA &= \max [CA_{cmd}, CA_{inj}] \quad (4.40.) \\ &= 457.7 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

4.5 Analisa Resiko

Analisa resiko dapat diperoleh dari mengkalikan *probability of failure* dan *consequences of failure*.

Resiko dapat dihitung dengan persamaan 4.41

$$Risk = PoF \times CoF \quad (4.41)$$

Penentuan tingkat resiko dilakukan dengan membandingkan nilai resiko yang didapatkan dengan *risk target*. Apabila hasil perbandingan menunjukkan bahwa resiko lebih besar dari *risk target*, maka akan dilakukan langkah mitigasi. Namun apabila resiko lebih kecil dari *risk target* maka akan dilakukan maintaining inspeksi yang telah dilakukan.

Nilai PoF untuk RBI dan Plan Date adalah:

PoF RBI Date = 0.0000962

PoF Plan Date = 0.000107

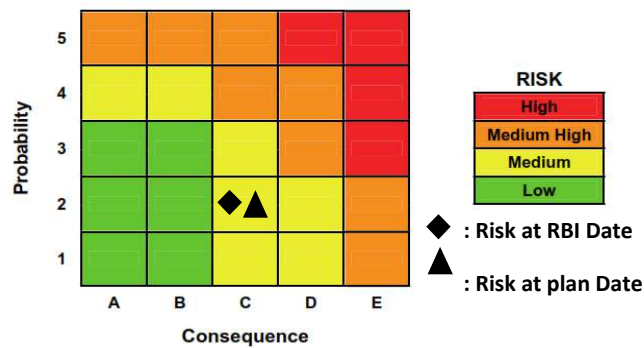
Selanjutnya dilakukan menghitung Resiko baik RBI date maupun plan date dengan menggunakan persamaan 4.42.

$$\text{Risk} = \text{PoF} \cdot \max [\text{CACmd}, \text{CA inj}] \quad (4.42)$$

Risk at RBI Date = 0.044 m²/year

Risk at Plan Date = 0.049 m²/year

Dengan hasil tersebut risk bisa diplotkan ke *risk matrix* untuk menentukan level resiko. Risk level bisa dilihat pada **gambar 4.1**



Gambar 4.1 plotted Risk matrix

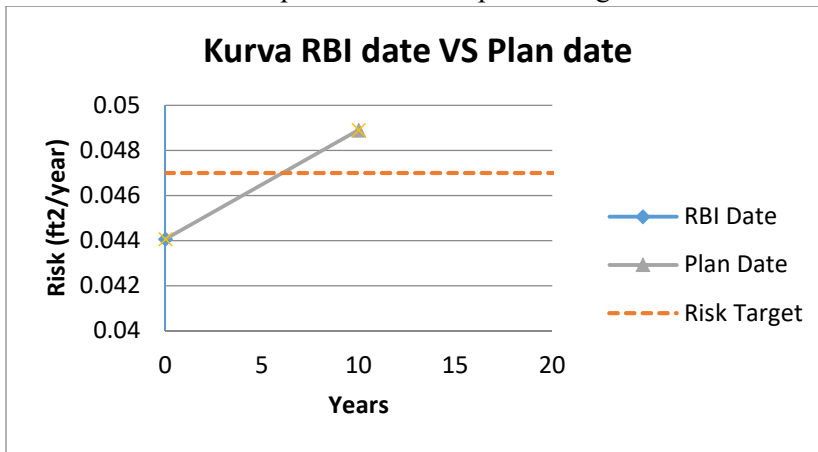
4.6 Perencanaan Inspeksi

Resiko pada analisa kali adalah *medium risk*. Yang masuk dalam kategori *Acceptable risk*. Untuk menentukan target resiko bisa diperoleh dengan interpolasi dan ditunjukkan pada **Tabel 4.31**

Tabel 4.31 tabel perbandingan RBI date dengan plan date

Data	Date	Age	Risk
RBI Date	4/8/2019	0	0.0440625
Risk Target	?	?	0.047
Plan Date	4/8/2029	10	0.0489135

Dan dari **Tabel 4.31** dapat dibuat kurva perbandingan RBI date dan Plan date.



Gambar 4.2 kurva perbandingan RBI date dengan plan date

4.7 Menentukan Risk at Plan Date

Menggunakan metode yang sama dengan sebelumnya untuk menghitung damage factor. Maka rangkuman dari seluruh damage factor pada waktu *plan date* adalah :

$$Gff = 0.0001$$

$$DF = 0.96192$$

$$PoF = 0.000096$$

$$CoF = 458$$

$$Risk = 0.04405 \text{ m}^2/\text{y}$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil analisis dalam tugas akhir kali ini adalah :

1. Besarnya resiko pada *Condensate Atmospheric Storage Tank* SNO-T-6001-A adalah sebesar $0.04406 \text{ m}^2/\text{year}$
2. Inspection planning *Condensate Atmospheric Storage Tank* SNO-T-6001-A 0 diestimasikan pada tahun ke-6 setelah dilakukan analisis RBI, yaitu pada tanggal 4 Agustus 2025.
3. Jadwal dan metode inspeksi yang bisa dilaksanakan dalam pengoperasian selama 10 tahun, yaitu :
 - a. Metode inspeksi untuk *thinning*
Metode inspeksi yang diharapkan dapat diaplikasikan untuk damage factor *thinning* yaitu minimal 5% *UT thickness*.
 - b. Metode inspeksi untuk *external corrosion*
Metode inspeksi yang diharapkan dapat diaplikasikan untuk damage factor *thinning* yaitu minimal dilakukan 60% *visual inspection* pada bagian yang terekspos, dan di ikuti UT.
 - c. Jadwal inspeksi
Jadwal inspeksi berdasarkan analisis RBI ialah pada 4 Agustus 2025. Hasil tersebut lebih lama dibandingkan ketentuan SKPP Migas, yaitu setiap 3 tahun sekali. Perbedaan jadwal inspeksi tersebut dapat disebabkan oleh data yang kurang lengkap.
4. Resiko pada plan date sebelum dilakukan inspeksi adalah sebesar $0.0489 \text{ m}^2/\text{year}$, dan setelah dilakukan inspeksi adalah sebesar $0.0440 \text{ m}^2/\text{year}$.


5.2 Saran

1. Data yang didapatkan seharusnya lebih lengkap guna meningkatkan kualitas analisa yang lebih akurat.
2. Pengukuran ketebalan pada tangki dilakukan pada titik yang berbeda-beda sehingga menimbulkan data yang kurang akurat. Pihak perusahaan seharusnya melakukan pengukuran pada lokasi titik yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

1. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 1979. Keselamatan Kerja Pada Pemurnian dan Pengolahan Minyak dan Gas Bumi.
2. Qathafi, Moamar dan Sulistijono. 2015. **Studi Aplikasi Metode Risk Based Inspection (RBI) Semi-Kuantitatif API 581 pada Production Separator**. Surabaya : ITS
3. D. Arina W.L. 2016. **Analisis Remaining Life dan Penjadwalan Program Inspeksi pada Pressure Vessel dengan Menggunakan Metode Risk Based Inspection (RBI)**. Surabaya : ITS
4. Chang, J.I. Lin C.C. A. 2004. **Study of Storage Tank Accidents**. Taiwan.
5. Topalis, Panos. 2014. **Risk Based Inspection Methodology for Atmospheric Storage Tanks**. DNV GL.
6. API 580 Risk-based Inspection. Third edition, February 2016
7. API 581 Risk-based Inspection Methodology, Third edition, April 2016
8. Nikita A.D.M. 2018. **INSPECTION PLANNING IN CONDENSATE STORAGE TANK USING RISK BASED INSPECTION (RBI) METHOD BASED ON API 581: 2016**
9. M. Saifulloh. 2018. **ANALISIS PENJADWALAN PROGRAM INSPEKSI PRESSURE RELIEF DEVICE (PRD) DENGAN METODE RISK BASED INSPECTION API 581 PADA CENTRAL PROCESSING PLANT SISTEM PRODUCTION GAS SEPARATOR METHOD BASED ON API 581: 2016**
10. Sonia M.N. 2018. **INSPECTION PROGRAM PLANNING OF PRODUCTION SEPARATOR USING RISK-BASED INSPECTION API 581 IN A GAS PLANT**

LAMPIRAN 1
DATA

	MECHANICAL DESIGN CALCULATION	Doc No	SNO-M-BBB-CC-61-001
	SNO-T-6001 A	Rev	C
	SENORO GAS DEVELOPMENT PROJECT	Date	16-Feb-15

1. DESIGN DATA

1.1 General

CODE: API 650, 12th Ed, 2012		Tank Bottom	Sloped Upward
Internal Diameter	100 ft = 30,480 mm	Slope	0.4775 degree = 1/120
Height	48 ft = 14,630 mm	Earthquake Design (Refer to Appendix E)	
HHHLL	45 ft = 13,716 mm	Peak Ground Acceleration	0.2608 g
Dsgn Liq Lvl. (HHLL)	43 ft = 13,106 mm	Seismic Use Group	III
Normal Fill Lvl. (HLL)	42 ft = 12,802 mm	Importance Factor	1.25
Min. Fill Level. (LLL)	6 ft = 1,829 mm	Soil or Site class parameter	D
LLLL	5 ft = 1,524 mm	Wind Load	
Design Pressure = ATM = 0 KpaG		Velocity	62.55 knots = 116 km/h
- Full of Water + 0.00 barg	0 psig	Max. rainfall = 80.61 mm/hr	
Operating Pressure 0 KpaG = ATM		Foundation Type	Ringwall
Design Temperature 45,000	94 °C = 200 °F	Corrosion Allowance	
Operating Temperature	49 °C = 120 °F	Shell	1.50 mm
Roof Slope	0.006 = 1 : 10000	Roof	1.50 mm
Frangible Joint	No	Bottom	1.50 mm
Uniform Live Load	122 kg/m2	Structurals	1.50 mm
Insulation Load	- kg/m2	Geometric Capacity	10,675 m3 = 67,136 bbbls
Product Stored	Condensate	Max. Capacity =	9,563 m3 = 60,143 bbbls
Design Specific Gravity	0.71 at °C	Net Working Capacity =	8,006 m3 = 50,352 bbbls
Flash Point	°C	Pumping In Rate	1,500 GPM
Vapor Pressure	Kpa	Pumping Out Rate	7,000 GPM
Min. Design Metal Temperature	17 °C = 63 °F		

1.2 Materials of construction

Shell plate	A-283-C	Structurals	A 36
Roof plate	A-283-C		
Bottom plt.	A-283-C		

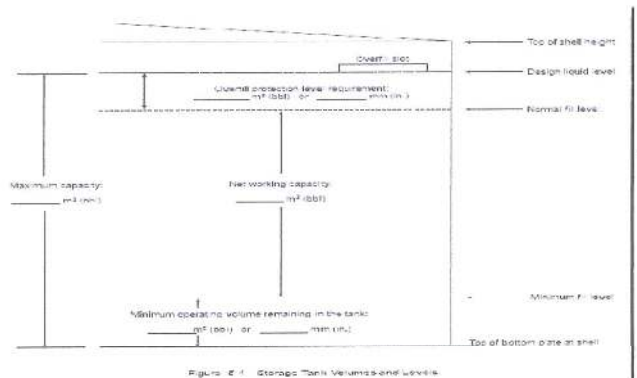


Figure 2-1 Storage Tank Volumes and Levels

	BASIS OF DESIGN	Doc. No. SNO-G-DB-001
		Rev. 0 Page 9 of 62
	SENORO GAS DEVELOPMENT PROJECT	Date. 02-Jun-14

1 INTRODUCTION

1.1 PURPOSE

The intent of the document is to collate all the available input data, design criteria and principal assumptions in one place to facilitate easy progress of the design and for future expansion requirement for SENORO Gas Development Project.

1.2 PROJECT BACKGROUND

The operating Joint Operating Body Pertamina – Medco E&P Tomori Sulawesi (JOB PMTS) will be developing the Senoro gas field, located onshore near the coast of Senoro-Toili Block on the eastern arm of Sulawesi Island, Indonesia.

The facility will consist of Wellsites, gas gathering system, Central Processing Plant (CPP) and product pipelines, Gas metering system and Jetty.

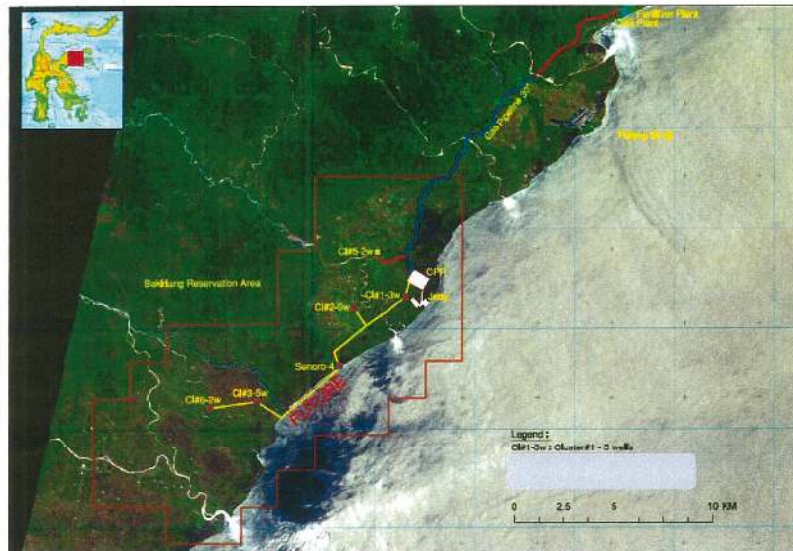
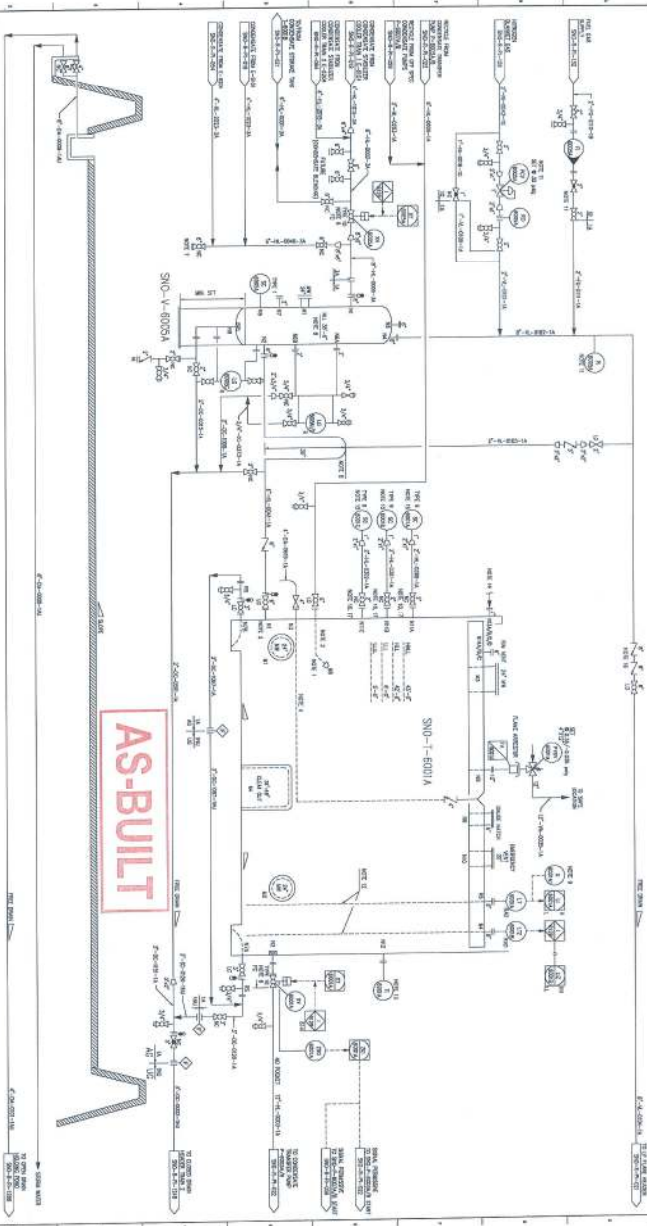


Figure 1.1 Senoro Field, CPP and Pipeline in Senoro Toili Block

The CPP includes a gas-liquid separation, acid gas removal system, TEG dehydration, Acid gas conversion unit, thermal oxidiser, dew point control system, condensate stabilisation system and produced water treatment system. The CPP will produce stabilised condensate, sales gas, with produced water to be re-injected to an existing well (Senoro #4) to mitigate the difficulty of removal of mercury and other contaminants that prohibits disposal to coastal/inland environmentally sensitive areas.

PROJECT NO.	SEN-2018-001	DATE	2018-08-01
CLIENT	SENORIO GAS DEVELOPMENT	PROJECT NAME	CONDENSATE STORAGE TANK (1 OF 2)
DESIGNER	SENORIO GAS DEVELOPMENT	SCALE	AS-BUILT
CHECKER	SENORIO GAS DEVELOPMENT	DATE	2018-08-01
APPROVER	SENORIO GAS DEVELOPMENT	PROJECT NO.	SEN-2018-001



NOTES

1. ALL WORK SHALL BE IN ACCORDANCE WITH THE SENORIO GAS DEVELOPMENT PROJECT SPECIFICATIONS.
2. ALL MATERIALS SHALL BE APPROVED BY THE SENORIO GAS DEVELOPMENT PROJECT ENGINEER.
3. ALL WORK SHALL BE COMPLETED BY THE DEADLINE DATE.
4. ALL WORK SHALL BE COMPLETED BY THE DEADLINE DATE.
5. ALL WORK SHALL BE COMPLETED BY THE DEADLINE DATE.
6. ALL WORK SHALL BE COMPLETED BY THE DEADLINE DATE.
7. ALL WORK SHALL BE COMPLETED BY THE DEADLINE DATE.
8. ALL WORK SHALL BE COMPLETED BY THE DEADLINE DATE.
9. ALL WORK SHALL BE COMPLETED BY THE DEADLINE DATE.
10. ALL WORK SHALL BE COMPLETED BY THE DEADLINE DATE.
11. ALL WORK SHALL BE COMPLETED BY THE DEADLINE DATE.
12. ALL WORK SHALL BE COMPLETED BY THE DEADLINE DATE.
13. ALL WORK SHALL BE COMPLETED BY THE DEADLINE DATE.
14. ALL WORK SHALL BE COMPLETED BY THE DEADLINE DATE.
15. ALL WORK SHALL BE COMPLETED BY THE DEADLINE DATE.
16. ALL WORK SHALL BE COMPLETED BY THE DEADLINE DATE.
17. ALL WORK SHALL BE COMPLETED BY THE DEADLINE DATE.
18. ALL WORK SHALL BE COMPLETED BY THE DEADLINE DATE.
19. ALL WORK SHALL BE COMPLETED BY THE DEADLINE DATE.
20. ALL WORK SHALL BE COMPLETED BY THE DEADLINE DATE.

NO.	DATE	BY	CHKD.	APP'D.
1	2018-08-01			
2	2018-08-01			
3	2018-08-01			
4	2018-08-01			
5	2018-08-01			
6	2018-08-01			
7	2018-08-01			
8	2018-08-01			
9	2018-08-01			
10	2018-08-01			
11	2018-08-01			
12	2018-08-01			
13	2018-08-01			
14	2018-08-01			
15	2018-08-01			
16	2018-08-01			
17	2018-08-01			
18	2018-08-01			
19	2018-08-01			
20	2018-08-01			

AS-BUILT

SENORIO GAS DEVELOPMENT PROJECT

PROJECT NO. SEN-2018-001
 CLIENT SENORIO GAS DEVELOPMENT
 PROJECT NAME CONDENSATE STORAGE TANK (1 OF 2)
 SCALE AS-BUILT
 DATE 2018-08-01

LAMPIRAN 2
SCREENING DAMAGE MECHANISM

No	Damage Mechanism	Screening Criteria	Yes/No						
1.	Thinning	All component should be checked for thinning	Yes						
2.	Component Lining	If the component has organic or inorganic lining, then the component should be evaluated for lining damage	No						
3.	SCC Damage Factor-Caustic Cracking	If the component's material of construction is carbon or low alloy steel and the process environment contains caustic in any concentration, then the component should be evaluated for susceptibility to caustic cracking. (OT 17°C)	No						
4.	SCC Damage Factor-Amine Cracking	If the component's material of construction is carbon or low alloy steel and process environment contains acid gas treating amines (MEA, DEA, DIPA, MDEA, etc.) in any concentration, then the component should be evaluated for susceptibility to amine cracking.	No						
5.	SCC Damage Factor-Sulfide Stress Cracking	If the component's material of construction contains is carbon or low alloy steel and the process environment contains water and H ₂ S in any concentration, then the component should be evaluated to Sulfide Stress Cracking (SSC). Water contain 0%	No						
6.	SCC Damage Factor HIC/SOHIC-H ₂ S	If the component's material of construction contains is carbon or low alloy steel and the process environment contains water and H ₂ S in any concentration, then the component should be evaluated to HIC/SOHIC-H ₂ S cracking. Water contain 0%	No						
7.	SCC Damage Factor-Alkaline Carbonate Stress Corrosion Cracking	<p>If the component's material of construction is carbon or low alloy steel and the process environment contains alkaline water at pH>7.5 in any concentration, the the component should be evaluated to ACSSC.</p> <p>Another trigger would be changes in FCCU feed sulfur and nitrogen contents particularly when feed changes have reduced sulfur (low sulfur feeds or hydroprocessed feeds) or increased nitrogen.</p>	No						
8.	SCC Damage Factor-Polythionic Acid Stress Corrosion Cracking	If the component's material of construction is an austenitic stainless steel or nickel based alloys and the components is wxposed to sulfur bearing compounds, then the component should be evaluated for susceptibility to PASC	No						
9.	SCC Damage Factor-Chloride Stress Corrosion Cracking	<p>If ALL of the following are true, then the component should evaluated for susceptibility to CLSCC cracking:</p> <table border="1"> <tr> <td>a.</td> <td>The component's material of construction is an austenitic stainless steel.</td> </tr> <tr> <td>b.</td> <td>The component is exposed or potentially exposed to chlorides and water also considering upsets and hydrotest water remaining in component, and cooling tower drift (consider both under insulation and process conditions).</td> </tr> <tr> <td>c.</td> <td>The operating temperature is above 38°C (100°F)</td> </tr> </table>	a.	The component's material of construction is an austenitic stainless steel.	b.	The component is exposed or potentially exposed to chlorides and water also considering upsets and hydrotest water remaining in component, and cooling tower drift (consider both under insulation and process conditions).	c.	The operating temperature is above 38°C (100°F)	No
a.	The component's material of construction is an austenitic stainless steel.								
b.	The component is exposed or potentially exposed to chlorides and water also considering upsets and hydrotest water remaining in component, and cooling tower drift (consider both under insulation and process conditions).								
c.	The operating temperature is above 38°C (100°F)								

10.	SCC Damage Factor-Hydrogen Stress Cracking-HF	If the component's material of construction is carbon or low alloy steel and the component is exposed too hydrofluoric acid in any concentration, then the component should be evaluated for susceptibility to HSC-HF.	No																											
11.	SCC Damage Factor HIC/SOHIC-HF	If the component's material of construction is carbon or low alloy steel and the component is exposed too hydrofluoric acid (HF) in any concentration, then the component should be evaluated for susceptibility to HIC/SOHIC-HF.	No																											
12.	External Corrosion Damage Factor	<p>If the component is un-insulated and subject to any of the following , then the component should be evaluated for external damage from corrosion.</p> <table border="1" data-bbox="563 471 1108 1091"> <tr> <td data-bbox="563 471 653 542">a.</td> <td data-bbox="653 471 1027 542">Areas exposed to mist overspray from cooling towers.</td> <td data-bbox="1027 471 1108 542">Yes</td> </tr> <tr> <td data-bbox="563 542 653 571">b.</td> <td data-bbox="653 542 1027 571">Areas exposed to steam vents</td> <td data-bbox="1027 542 1108 571">No</td> </tr> <tr> <td data-bbox="563 571 653 596">c.</td> <td data-bbox="653 571 1027 596">Areas exposed to deluge system</td> <td data-bbox="1027 571 1108 596">Yes</td> </tr> <tr> <td data-bbox="563 596 653 645">d.</td> <td data-bbox="653 596 1027 645">Areas subject to process spills, ingress of moisture, or acid vapors.</td> <td data-bbox="1027 596 1108 645">No</td> </tr> <tr> <td data-bbox="563 645 653 795">e.</td> <td data-bbox="653 645 1027 795">Carbon steel system, operatinng between -12° and 177°C (10°F and 350°F). External corrosion is particularly aggressive where operating temperatures cause frequent or continuous condensation and re-evaporation of atmospheric moisture.</td> <td data-bbox="1027 645 1108 795">Yes</td> </tr> <tr> <td data-bbox="563 795 653 921">f.</td> <td data-bbox="653 795 1027 921">Systems that do not operating in normally temperature between -12°C and 177°C (10°F and 350°F) but cool or heat into this range intermitterntly or are subjected to frequent outages.</td> <td data-bbox="1027 795 1108 921">No</td> </tr> <tr> <td data-bbox="563 921 653 969">g.</td> <td data-bbox="653 921 1027 969">Systems with deteoriated coating and/or wrappings</td> <td data-bbox="1027 921 1108 969">No</td> </tr> <tr> <td data-bbox="563 969 653 1018">h.</td> <td data-bbox="653 969 1027 1018">Cold service equipment consistently operating below the atmospheric dew point.</td> <td data-bbox="1027 969 1108 1018">No</td> </tr> <tr> <td data-bbox="563 1018 653 1091">i.</td> <td data-bbox="653 1018 1027 1091">Un-insulated nozzles or other prostrusions components of insulated equipment in cold service conditions.</td> <td data-bbox="1027 1018 1108 1091">Yes</td> </tr> </table>	a.	Areas exposed to mist overspray from cooling towers.	Yes	b.	Areas exposed to steam vents	No	c.	Areas exposed to deluge system	Yes	d.	Areas subject to process spills, ingress of moisture, or acid vapors.	No	e.	Carbon steel system, operatinng between -12° and 177°C (10°F and 350°F). External corrosion is particularly aggressive where operating temperatures cause frequent or continuous condensation and re-evaporation of atmospheric moisture.	Yes	f.	Systems that do not operating in normally temperature between -12°C and 177°C (10°F and 350°F) but cool or heat into this range intermitterntly or are subjected to frequent outages.	No	g.	Systems with deteoriated coating and/or wrappings	No	h.	Cold service equipment consistently operating below the atmospheric dew point.	No	i.	Un-insulated nozzles or other prostrusions components of insulated equipment in cold service conditions.	Yes	Yes
a.	Areas exposed to mist overspray from cooling towers.	Yes																												
b.	Areas exposed to steam vents	No																												
c.	Areas exposed to deluge system	Yes																												
d.	Areas subject to process spills, ingress of moisture, or acid vapors.	No																												
e.	Carbon steel system, operatinng between -12° and 177°C (10°F and 350°F). External corrosion is particularly aggressive where operating temperatures cause frequent or continuous condensation and re-evaporation of atmospheric moisture.	Yes																												
f.	Systems that do not operating in normally temperature between -12°C and 177°C (10°F and 350°F) but cool or heat into this range intermitterntly or are subjected to frequent outages.	No																												
g.	Systems with deteoriated coating and/or wrappings	No																												
h.	Cold service equipment consistently operating below the atmospheric dew point.	No																												
i.	Un-insulated nozzles or other prostrusions components of insulated equipment in cold service conditions.	Yes																												

LAMPIRAN 3

POF

1. Angka inspeksi

Banyaknya inspeksi yang pernah dilakukan ialah 1 kali. Inspeksi pertama dilakukan pada tanggal 18 September 2018. Dengan efektifitas C , *fairly Effective*.

2. Menentukan hasil inspeksi

Usia inspeksi dapat dihitung dengan rumusan :

$$\begin{aligned}
 \text{age} &= \text{RBI date} & - & \text{last inspection} \\
 &= 4\text{-Aug-19} & - & 18\text{-Sep-18} \\
 &= 1.1 \text{ years}
 \end{aligned}$$

2. Menentukan nilai ketebalan/thickness (trd)

Table 4.2 tank Course t_{rdi} value

Tank Course	t prev	t act (trdi)
Course 1	16	14.6 mm
Course 2	13	12.3 mm
Course 3	11	9.9 mm
Course 4	9	7.4 mm
Course 5	8	6.90 mm
Course 6	8	6.60 mm

3. Menentukan laju korosi untuk base metal ($C_{r,bm}$)

$$C_{r,bm} = \frac{t_{\text{previous}} - t_{\text{actual}}}{\text{age}}$$

Table 4.3 tank Course $C_{r,bm}$ value

Tank Course	$C_{r,bm}$
Course 1	0.31 mmpy
Course 2	0.16 mmpy
Course 3	0.24 mmpy
Course 4	0.36 mmpy
Course 5	0.24 mmpy
Course 6	0.31 mmpy

4. Menentukan time in service (age_{ik})

$$\begin{aligned}
 \text{age} &= \text{RBI date} & - & \text{build date} \\
 &= 4\text{-Aug-19} & - & 16\text{-Feb-15} \\
 &= 4.5 \text{ years}
 \end{aligned}$$

5. Menentukan minimum thickness (t_{min})

Data t_{min} telah tersedia dari perusahaan

Table 4.4 Minimum Thickness

Tank Course	t_{min}	t_{min} (API)
Course 1	11.41	8
Course 2	9.52	8
Course 3	7.62	8
Course 4	5.72	8
Course 5	3.83	8
Course 6	1.98	8

6. Menentukan parameter faktor kerusakan (Art)

$$A_{rt} = \frac{Cr_{b,m} \cdot age_{tk}}{t_{rdi}}$$

Table 4.5 tank Course A_{rt} value

Tank Course	A_{rt}
Course 1	0.02344
Course 2	0.01391
Course 3	0.02716
Course 4	0.05285
Course 5	0.03897
Course 6	0.05185

7. Menentukan nilai *flow stress* (FS^{thin})

$$FS^{Thin} = \frac{(YS+TS)}{2} \cdot E \cdot 1,1 \quad FS^{thin} = 321.75 \text{ Mpa}$$

YS = yield strength 205 MPa
 TS = tensile strength 380 MPa
 E = weld joint efficiency 1

7. Menentukan nilai *strength ratio parameters* (SR_p^{thin})

$$SR_p^{Thin} = \frac{P \cdot D}{\alpha \cdot FSt^{thin} \cdot trdi}$$

P = 101.3 Design pressure kPa
 D = 30.48 Diameter m
 α = 2 equipment is cylinder

Table 4.6 Tank Course SR_p^{thin} value

Tank Course	SR_p^{thin}
Course 1	3.28642
Course 2	3.90095
Course 3	4.84664
Course 4	6.48402
Course 5	6.95387
Course 6	7.26996

8. Menentukan jumlah inspection menurut koresponden efektifitas inspection $N_A^{Thin}, N_B^{Thin}, N_C^{Thin}, N_D^{Thin}$

N_A^{Thin} 0
 N_B^{Thin} 0
 N_C^{Thin} 0
 N_D^{Thin} 1

9. Menentukan *inspection effectiveness factor* $I_1^{thin}, I_2^{thin}, I_3^{thin}$ dengan persamaan dibawah.

$$I_1^{Thin} = Pr_{p1}^{Thin} (Co_{p1}^{ThinA})^{N_1^{Thin}} (Co_{p1}^{ThinB})^{N_2^{Thin}} (Co_{p1}^{ThinC})^{N_C^{Thin}} (Co_{p1}^{ThinD})^{N_D^{Thin}}$$

$$I_2^{Thin} = Pr_{p2}^{Thin} (Co_{p2}^{ThinA})^{N_1^{Thin}} (Co_{p2}^{ThinB})^{N_2^{Thin}} (Co_{p2}^{ThinC})^{N_C^{Thin}} (Co_{p2}^{ThinD})^{N_D^{Thin}}$$

$$I_3^{Thin} = Pr_{p3}^{Thin} (Co_{p3}^{ThinA})^{N_1^{Thin}} (Co_{p3}^{ThinB})^{N_2^{Thin}} (Co_{p3}^{ThinC})^{N_C^{Thin}} (Co_{p3}^{ThinD})^{N_D^{Thin}}$$

Table 4.7 - Prior Probability for Thinning Corrosion Rate

Damage State	Low Confident Data	Medium Conf. Data	High Conf. Data
P_{P1}^{Thin}	0.5	0.7	0.8
P_{P2}^{Thin}	0.3	0.2	0.15
P_{P3}^{Thin}	0.2	0.1	0.05

Table 4.8 Conditional Probability for Inspection Effectiveness

Conditional P. of Insp.	E- Ineffective	D- Poorly Effective	C - Fairly Effective	B - Usually Effective	A- Highly Effective
CO_{P1}^{Thin}	0.33	0.4	0.5	0.7	0.9
CO_{P2}^{Thin}	0.33	0.33	0.3	0.2	0.09
CO_{P3}^{Thin}	0.33	0.27	0.27	0.1	0.01

Table 4.9 Inspection Effectiveness Factor Value

Insp. Eff Factor	Value
$I_1^{Thin} =$	0.2
$I_2^{Thin} =$	0.09
$I_3^{Thin} =$	0.02

10. Menentukan Posterior Probabilities

$$PO_{p1}^{Thin} = \frac{I_1^{Thin}}{I_1^{Thin} + I_2^{Thin} + I_3^{Thin}} = 0.64516$$

$$PO_{p2}^{Thin} = \frac{I_2^{Thin}}{I_1^{Thin} + I_2^{Thin} + I_3^{Thin}} = 0.29032$$

$$PO_{p3}^{Thin} = \frac{I_3^{Thin}}{I_1^{Thin} + I_2^{Thin} + I_3^{Thin}} = 0.06452$$

11. Menentukan parameter β_1 , β_2 , dan β_3

$$\beta_1^{Thin} = \frac{1 - D_{S1} \cdot A_{rt} - SR_P^{Thin}}{\sqrt{D_{S1}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S1} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{Thin})^2 \cdot (COV_P)^2}}$$

$$\beta_2^{Thin} = \frac{1 - D_{S2} \cdot A_{rt} - SR_P^{Thin}}{\sqrt{D_{S2}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S2} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{Thin})^2 \cdot (COV_P)^2}}$$

$$\beta_3^{Thin} = \frac{1 - D_{S3} \cdot A_{rt} - SR_P^{Thin}}{\sqrt{D_{S3}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S3} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{Thin})^2 \cdot (COV_P)^2}}$$

$COV_{\Delta t} =$ The thinning coefficient of variance ranging from $0.1 \leq COV_{\Delta t} \leq 0.2$
0.2

$COV_{sf} =$ The flow stress coefficient of variance
0.2

$COV_P =$ Pressure coefficient of variance
0.05

$D_{S1} =$ Damage State 1
1

$D_{S2} =$ Damage State 2
2

$D_{S3} =$ Damage State 3
4

Table 4.10 Value of β

Tank Course	β_1	β_2	β_3
-------------	-----------	-----------	-----------

Course 1	-3.98232627	-3.0112	-3.12525
Course 2	-3.63961458	-3.2104	-3.30378
Course 3	-3.18963687	-3.4714	-3.58905
Course 4	-2.58475718	-3.7518	-3.89138
Course 5	-2.43827799	-3.7819	-3.89716
Course 6	-2.35658523	-3.8266	-3.95475

11. Menentukan D_{fb}^{Thin}

$$D_f^{Thin} = \left[\frac{(p_{oP_1}^{Thin} \Phi(-\beta_1^{Thin})) + (p_{oP_2}^{Thin} \Phi(-\beta_2^{Thin})) + (p_{oP_3}^{Thin} \Phi(-\beta_3^{Thin}))}{1.56E-0.4} \right]$$


Table 4.10 Value of D_{fb}^{Thin}

Tank Course	D_{fb}^{thin}
Course 1	-0.39970704
Course 2	-0.39980047
Course 3	-0.39965039
Course 4	-0.39796656
Course 5	-0.39693193
Course 6	-0.39617247

11. Menentukan D_f^{Thin}

$$Dfthin = \text{Max} \left[\left(\frac{Df_{thin} \cdot FIP \cdot FDL \cdot FWD \cdot FAM \cdot FSM}{FOM_{\square}} \right), 0.1 \right]$$

Tank Course	D_f^{thin}
Course 1	0.1
Course 2	0.1
Course 3	0.1
Course 4	0.1
Course 5	0.1
Course 6	0.1

 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Probability of Failure		
	Thinning Damage Factor at RBI date		

1. Angka inspeksi

Banyaknya inspeksi yang pernah dilakukan ialah 1 kali. Inspeksi pertama dilakukan pada tanggal 18 September 2018. Dengan efektifitas C , *fairly Effective*.

2. Menentukan usia inspeksi

Usia inspeksi dapat dihitung dengan rumusan :

$$\begin{aligned}
 \text{age} &= \text{RBI date} && - && \text{last inspection} \\
 &= 4\text{-Aug-19} && && - 18\text{-Sep-18} \\
 &= 1.1 && \text{years}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{age} &= \text{Plan date} && - && \text{last inspection} \\
 &= 4\text{-Aug-29} && && - 15\text{-Feb-15} \\
 &= 14.5 && \text{years}
 \end{aligned}$$

2. Menentukan nilai ketebalan/thickness (trd)

Table 4.2 tank Course t_{rdi} value

Tank Course	t prev	t act (trdi)	
Course 1	16	14.6 mm	10.0889
Course 2	13	12.3 mm	10.0444
Course 3	11	9.9 mm	6.35556
Course 4	9	7.4 mm	2.24444
Course 5	8	6.90 mm	3.35556
Course 6	8	6.60 mm	2.08889

3. Menentukan laju korosi untuk *base metal* ($C_{r,bm}$)

$$C_{r,bm} = \frac{t_{\text{previous}} - t_{\text{actual}}}{\text{age}}$$

Table 4.3 tank Course $C_{r,bm}$ value

Tank Course	$C_{r,bm}$
Course 1	0.31 mmpy
Course 2	0.16 mmpy
Course 3	0.24 mmpy
Course 4	0.36 mmpy
Course 5	0.24 mmpy
Course 6	0.31 mmpy

4. Menentukan time in service (age_{ik})

$$\begin{aligned}
 \text{age} &= \text{RBI date} && - && \text{build date} \\
 &= 4\text{-Aug-19} && && - 16\text{-Feb-15} \\
 &= 4.5 && \text{years}
 \end{aligned}$$

5. Menentukan minimum thickness (t_{min})

Data t_{min} telah tersedia dari perusahaan

Table 4.4 Minimum Thickness

Tank Course	t_{min}	t_{min} (API)
Course 1	11.41	8
Course 2	9.52	8
Course 3	7.62	8
Course 4	5.72	8
Course 5	3.83	8
Course 6	1.98	8

6. Menentukan parameter faktor kerusakan (Art)

$$A_{rt} = \frac{Cr_{b,m} \cdot age_{tk}}{t_{r_{di}}}$$

Table 4.5 tank Course A_{rt} value

Tank Course	A_{rt}	Tank Course	A_{rt}
Course 1	0.44714	Course 1	0.30898
Course 2	0.22456	Course 2	0.183379
Course 3	0.55769	Course 3	0.358025
Course 4	2.29703	Course 4	0.696697
Course 5	1.05629	Course 5	0.513688
Course 6	2.15957	Course 6	0.683502

7. Menentukan nilai flow stress (FS^{thin})

$$FS^{Thin} = \frac{(YS+TS)}{2} \cdot E \cdot 1,1 \quad FS^{thin} = 332.75 \text{ Mpa}$$

YS = yield strength 205 MPa
 TS = tensile strength 400 MPa
 E = weld joint efficiency 1

7. Menentukan nilai strength ratio parameters (SR_p^{thin})

$$SR_p^{Thin} = \frac{P \cdot D}{\alpha \cdot FSt^{thin} \cdot t_{rdi}}$$

P = 101.3 Design pressure kPa
 D = 30.48 Diameter m
 α = 2 equipment is cylinder

Table 4.6 Tank Course SR_p^{thin} value

Tank Course	SR_p^{thin}
Course 1	3.17778
Course 2	3.772
Course 3	4.68642
Course 4	6.26967
Course 5	6.72399
Course 6	7.02963

8. Menentukan jumlah inspection menurut koresponden efektifitas inspection $N_A^{Thin}, N_B^{Thin}, N_C^{Thin}, N_D^{Thin}$

N_A^{Thin} 0
 N_B^{Thin} 0
 N_C^{Thin} 1
 N_D^{Thin} 0

9. Menentukan inspection effectiveness factor $I_1^{thin}, I_2^{thin}, I_3^{thin}$ dengan persamaan dibawah.

$$I_1^{Thin} = Pr_{p1}^{Thin} (Co_{p1}^{ThinA})^{N_A^{Thin}} (Co_{p1}^{ThinB})^{N_B^{Thin}} (Co_{p1}^{ThinC})^{N_C^{Thin}} (Co_{p1}^{ThinD})^{N_D^{Thin}}$$

$$I_2^{Thin} = Pr_{p2}^{Thin} (Co_{p2}^{ThinA})^{N_A^{Thin}} (Co_{p2}^{ThinB})^{N_B^{Thin}} (Co_{p2}^{ThinC})^{N_C^{Thin}} (Co_{p2}^{ThinD})^{N_D^{Thin}}$$

$$I_3^{Thin} = Pr_{p3}^{Thin} (Co_{p3}^{ThinA})^{N_A^{Thin}} (Co_{p3}^{ThinB})^{N_B^{Thin}} (Co_{p3}^{ThinC})^{N_C^{Thin}} (Co_{p3}^{ThinD})^{N_D^{Thin}}$$

Table 4.7 - Prior Probability for Thinning Corrosion Rate

Damage State	Low Confident Data	Medium Conf. Data	High Conf. Data
Pr_{p1}^{Thin}	0.5	0.7	0.8
Pr_{p2}^{Thin}	0.3	0.2	0.15
Pr_{p3}^{Thin}	0.2	0.1	0.05

Table 4.8 Conditional Probability for Inspection Effectiveness

Conditional P. of	D - Deeply Effective	C - Fairly	A - Highly
-------------------	----------------------	------------	------------

Insp.	E- Ineffective	D - Usually Ineffective	Effective	B - Usually Effective	Effective
CO_{P1}^{Thin}	0.33	0.4	0.5	0.7	0.9
CO_{P2}^{Thin}	0.33	0.33	0.3	0.2	0.09
CO_{P3}^{Thin}	0.33	0.27	0.27	0.1	0.01

Table 4.9 Inspection Effectiveness Factor Value

Insp. Eff Factor	Value
$I_1^{Thin} =$	0.25
$I_2^{Thin} =$	0.06
$I_3^{Thin} =$	0.002

10. Menentukan Posterior Probabilities

$$PO_{p1}^{Thin} = \frac{I_1^{Thin}}{I_1^{Thin} + I_2^{Thin} + I_3^{Thin}} = 0.80128205$$

$$PO_{p2}^{Thin} = \frac{I_2^{Thin}}{I_1^{Thin} + I_2^{Thin} + I_3^{Thin}} = 0.19230769$$

$$PO_{p3}^{Thin} = \frac{I_3^{Thin}}{I_1^{Thin} + I_2^{Thin} + I_3^{Thin}} = 0.00641026$$

11. Menentukan parameter β_1 , β_2 , dan β_3

$$\beta_1^{Thin} = \frac{1 - D_{S1} \cdot A_{rt} - SR_P^{Thin}}{\sqrt{D_{S1}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S1} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{Thin})^2 \cdot (COV_P)^2}}$$

$$\beta_2^{Thin} = \frac{1 - D_{S2} \cdot A_{rt} - SR_P^{Thin}}{\sqrt{D_{S2}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S2} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{Thin})^2 \cdot (COV_P)^2}}$$

$$\beta_3^{Thin} = \frac{1 - D_{S3} \cdot A_{rt} - SR_P^{Thin}}{\sqrt{D_{S3}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S3} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{Thin})^2 \cdot (COV_P)^2}}$$

$COV_{\Delta t} =$ The thinning coefficient of variance ranging from $0.1 \leq COV_{\Delta t} \leq 0.2$
0.2

$COV_{sf} =$ The flow stress coefficient of variance
0.2

$COV_P =$ Pressure coefficient of variance
0.05

$D_{S1} =$ Damage State 1
1

$D_{S2} =$ Damage State 2
2

$D_{S3} =$ Damage State 3
4

Table 4.10 Value of β

Tank Course	β_1	β_2	β_3
Course 1	3.55591451	4.09294	5.37309327
Course 2	3.45690238	3.64608	4.23406861
Course 3	3.9782454	4.41377	5.54651481
Course 4	5.34320549	6.84059	10.2093308
Course 5	4.47020012	5.07705	6.5594195
Course 6	5.16817211	6.42034	9.25686733

11. Menentukan D_{fb}^{Thin}

$$D_f^{Thin} = \frac{(p_0 p_1^{Thin} \Phi(-\beta_1^{Thin})) + (p_0 p_2^{Thin} \Phi(-\beta_2^{Thin})) + (p_0 p_3^{Thin} \Phi(-\beta_3^{Thin}))}{1.56E^{-0.4}}$$

Tank Course	D_{fb}^{thin}
Course 1	0.24092628
Course 2	0.24086885
Course 3	0.24100718
Course 4	0.24102562
Course 5	0.24102361
Course 6	0.24102558

1. Angka inspeksi

Banyaknya inspeksi yang pernah dilakukan ialah 1 kali. Inspeksi pertama dilakukan pada tanggal 18 September 2018. Dengan efektifitas C, fairly Effective.

3. Menentukan umur

Menghitung usia inspeksi (RBI date)

Usia inspeksi dapat dihitung dengan rumusan :

$$\begin{aligned}
 \text{age} &= \text{RBI date} - \text{current inspection} \\
 &= 4\text{-Aug-19} - 18\text{-Sep-18} \\
 &= 1.1 \text{ years}
 \end{aligned}$$

2. Menentukan *base corrosion rate* C_{rb} berdasarkan *the driver* dan temperatur operasi.

Atmospheric tank yang dianalisis berada tidak jauh dengan bibir pantai, sehingga *the driver* termasuk pada kategori *marine/cooling tower drift area*. Suhu operasi berada pada 49°C/120°F. Dari tabel dibawah diperoleh nilai *base corrosion rate* sebesar 0.127 mmpy

Tabel 4.x Corrosion rates for Calculation of the damage factor - ext. Corrosion

Operating Temperature (°C)	Corrosion Rate as a Function of Driver (1) (mm/y)			
	Marine / Cooling Tower Drift Area	Temperate	Arid / Dry	Severe
-12	0	0	0	0
-8	0.025	0	0	0
6	0.127	0.076	0.025	0.254
32	0.127	0.076	0.025	0.254
71	0.127	0.051	0.025	0.254
107	0.025	0	0	0.051
121	0	0	0	0

3. Menentukan *final corrosion rate* C_r

$$C_r = C_{rb} \cdot \text{Max. } [F_{EQ}, F_{IF}]$$

FEQ bernilai 2 apabil pipa didukung dengan penyangga secara langsung atau konfigurasi pendukung yang lain yang tidak sesuai dengan perawatan coating maka nilai FEQ = 2 ; jika tidak, FEQ = 1

Apabila pipa memiliki penghubung yang masuk ke dalam tanah atau air, maka FIF = 2 ; jika tidak, FIF = 1

$$\begin{aligned}
 C_r &= C_{rb} \cdot \text{Max. } [F_{EQ}, F_{IF}] \\
 &= 0.127 \text{ mmpy}
 \end{aligned}$$

4. Menentukan *time in-service age* t_k

$$\begin{aligned}
 \text{Age}_{ik} &= \text{RBI Date} - \text{Last inspection Date} \\
 &= 4 \text{ Agustus 2019} - 18 \text{ September 2018} \\
 &= 1.1 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

Tank Cou.	t_{rde}
Course 1	14.6
Course 2	12.3
Course 3	9.9
Course 4	7.4
Course 5	6.90
Course 6	6.60

5. Menentukan time in service (age_{coat})

$$\begin{aligned}
 age_{coat} &= RBI\ date - build\ date \\
 &= 4\text{-Aug-19} - 16\text{-Feb-15} \\
 &= 4.5\ \text{years}
 \end{aligned}$$

6. Menentukan *coating adjustment* $Coat_{adj}$

If $age_{ik} \geq age_{coat}$:

$$Coat_{adj} = 0 \quad \text{No Coating or Poor Coating Quality}$$

$$Coat_{adj} = \min[5, age_{coat}] \quad \text{Medium Coating Quality}$$

$$Coat_{adj} = \min[15, age_{coat}] \quad \text{High Coating Quality}$$

If $age_{ik} < age_{coat}$:

$$Coat_{adj} = 0 \quad \text{No Coating or Poor Coating Quality}$$

$$Coat_{adj} = \min[5, age_{coat}] - \min[5, age_{coat} - age_{ik}] \quad \text{Medium Coating Quality}$$

$$Coat_{adj} = \min[15, age_{coat}] - \min[15, age_{coat} - age_{ik}] \quad \text{High Coating Quality}$$

Dikarenakan tidak terdapat data adanya *coating* maka $Coat_{adj} = 0$

7. Menentukan *time in-service age*, dimana memungkinkan terjadi *ext. corr*

$$\begin{aligned}
 In\text{-service}\ time\ (age) &= age_{ik} - Coat_{adj} \\
 &= 1.1
 \end{aligned}$$

8. Menentukan *allowable stress* (S), *weld joint efficiency* ϵ , dan *minimum required thickness* (t_{min})

$$S = 150\ \text{Mpa}$$

$$E = 1$$

Tank Course	t_{min}
Course 1	11.283
Course 2	9.393
Course 3	7.493
Course 4	5.593
Course 5	3.703
Course 6	1.853

9. Menentukan A_{rt} parameter

$$A_{rt} = \frac{C_r \cdot age}{t_{rde}}$$

Tank Cour.	A_{rt}
Course 1	0.010
Course 2	0.011
Course 3	0.014
Course 4	0.019
Course 5	0.020
Course 6	0.021

10. Menentukan *Flow Stress* ($FS_{extcorr}$)

$$FS_{extcorr} = \frac{(YS+TS)}{2} \cdot E \cdot 1,1$$

$$YS = \text{Yield Strength} \quad 205\ \text{Mpa}$$

$$TS = \text{Tensile Strength} \quad 380\ \text{MPa}$$

$$E = \text{Weld joint efficiency} \quad 1$$

$$FS_{extcorr} = 321.75\ \text{Mpa}$$

11. Menentukan *Strength ratio parameter* ($SR_p^{extcorr}$)

$$SR^{extcorr} = \frac{S.E}{FS^{extcorr}} \cdot \frac{\max(tmin+tc)}{t_{rde}}$$

Tank Course	$SR_p^{extcorr}$
Course 1	0.360283552
Course 2	0.356017966
Course 3	0.352852535
Course 4	0.352359352
Course 5	0.25019425
Course 6	0.130889313

12. Menentukan Number of inspection sesuai dengan kategori efektifitas

$$\begin{aligned} N_A^{extcorr} &= 0 \\ N_B^{extcorr} &= 0 \\ N_C^{extcorr} &= 0 \\ N_D^{extcorr} &= 1 \\ N_D^{Thi} & \end{aligned}$$

13. Menentukan *inspection effectiveness factor* $I_1^{extcorr}$, $I_2^{extcorr}$, $I_3^{extcorr}$.

$$\begin{aligned} I_1^{extcorr} &= Pr_{p1}^{extcorr} (Co_{p1}^{extcorrA}) N_A^{extcorr} (Co_{p1}^{extcorrB}) N_B^{extcorr} (Co_{p1}^{extcorrC}) N_C^{extcorr} (Co_{p1}^{extcorrD}) N_D^{extcorr} \\ I_2^{extcorr} &= Pr_{p2}^{extcorr} (Co_{p2}^{extcorrA}) N_A^{extcorr} (Co_{p2}^{extcorrB}) N_B^{extcorr} (Co_{p2}^{extcorrC}) N_C^{extcorr} (Co_{p2}^{extcorrD}) N_D^{extcorr} \\ I_3^{extcorr} &= Pr_{p3}^{extcorr} (Co_{p3}^{extcorrA}) N_A^{extcorr} (Co_{p3}^{extcorrB}) N_B^{extcorr} (Co_{p3}^{extcorrC}) N_C^{extcorr} (Co_{p3}^{extcorrD}) N_D^{extcorr} \end{aligned}$$

Table 4.7 - Prior Probability for Thinning Corrosion Rate

Damage State	Confident Data	Medium Conf. Data	High Conf. Data
Pr_{p1}^{Thin}	0.5	0.7	0.8
Pr_{p2}^{Thin}	0.3	0.2	0.15
Pr_{p3}^{Thin}	0.2	0.1	0.05

Table 4.8 Conditional Probability for Inspection Effectiveness

Conditional P. of Insp.	Ineffective	D- Poorly Effective	C - Fairly Effective	B - Usually Effective	A- Highly Effective
Co_{p1}^{Thin}	0.33	0.4	0.5	0.7	0.9
Co_{p2}^{Thin}	0.33	0.33	0.3	0.2	0.09
Co_{p3}^{Thin}	0.33	0.27	0.27	0.1	0.01

Tank Course	$I^{extcorr}$
$I_1^{extcorr}$	0.5
$I_2^{extcorr}$	0.3
$I_3^{extcorr}$	0.2

14. Menentukan *Posterior probabilities*.

$$Po_{p1}^{extcorr} = \frac{I_1^{extcorr}}{I_1^{extcorr} + I_2^{extcorr} + I_3^{extcorr}} = 0.5000$$

$$Po_{p2}^{extcorr} = \frac{I_2^{extcorr}}{I_1^{extcorr} + I_2^{extcorr} + I_3^{extcorr}} = 0.3000$$

$$P_{o_{p3}}^{extcorr} = \frac{I_3^{extcorr}}{I_1^{extcorr} + I_2^{extcorr} + I_3^{extcorr}} = 0.2000$$

15. Menentukan parameter β_1 , β_2 , dan β_3

$$\beta_1^{extcorr} = \frac{1 - D_{S1} \cdot A_{rt} - SR_P^{extcorr}}{\sqrt{D_{S1}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S1} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{extcorr})^2 \cdot (COV_P)^2}} = 2.95$$

$$\beta_2^{extcorr} = \frac{1 - D_{S2} \cdot A_{rt} - SR_P^{extcorr}}{\sqrt{D_{S2}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S2} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{extcorr})^2 \cdot (COV_P)^2}} = 2.93$$

$$\beta_3^{extcorr} = \frac{1 - D_{S3} \cdot A_{rt} - SR_P^{extcorr}}{\sqrt{D_{S3}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S3} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{extcorr})^2 \cdot (COV_P)^2}} = 2.88$$

- $COV_{\Delta t}$ = The thinning coefficient of variance ranging from $0.1 \leq COV_{\Delta t} \leq 0.2$
 = 0.2
 COV_{sf} = The flow stress coefficient of variance
 = 0.2
 COV_P = Pressure coefficient of variance
 = 0.05
 D_{s1} = Damage State 1
 = 1
 D_{s2} = Damage State 2
 = 2
 D_{s3} = Damage State 3
 = 4

T.Cours	β_1	β_2	β_3
Course 1	3.168	3.15	3.111
Course 2	3.1864	3.165	3.118
Course 3	3.1974	3.17	3.111
Course 4	3.1909	3.153	3.07
Course 5	3.7148	3.685	3.616
Course 6	4.328	4.31	4.264

11. Menentukan $D_f^{extcorr}$

$$D_f^{extcorr} = \frac{(P_{o_{p1}}^{extcorr} \Phi(-\beta_1^{extcorr})) + (P_{o_{p2}}^{extcorr} \Phi(-\beta_2^{extcorr})) + (P_{o_{p3}}^{extcorr} \Phi(-\beta_3^{extcorr}))}{1.56E - 0.4}$$

Tank Coil	$D_f^{extcorr}$
Course 1	0.8614
Course 2	0.8614
Course 3	0.8614
Course 4	0.8614
Course 5	0.8620
Course 6	0.8621

1. Angka inspeksi

Banyaknya inspeksi yang pernah dilakukan ialah 1 kali. Inspeksi pertama dilakukan pada tanggal 18 September 2018. Dengan efektifitas C, fairly Effective.

3. Menentukan umur

Menghitung usia inspeksi (RBI date)

Usia inspeksi dapat dihitung dengan rumusan :

$$\begin{aligned} \text{age} &= \text{plan date} && - && \text{current inspection} \\ &= 4\text{-Aug-29} && - && 18\text{-Feb-15} \\ &= 14.5 \text{ years} \end{aligned}$$

2. Menentukan *base corrosion rate* C_{IB} berdasarkan *the driver* dan temperatur operasi.

Atmospheric tank yang dianalisis berada tidak jauh dengan bibir pantai, sehingga *the driver* termasuk pada kategori *marine/cooling tower drift area*. Suhu operasi berada pada 49°C/120°F. Dari tabel dibawah diperoleh nilai *base corrosion rate* sebesar 0.127 mmpy

Tabel 4.x Corrosion rates for Calculation of the damage factor - ext. Corrosion

Operating Temperature (°C)	Corrosion Rate as a Function of Driver (t) (mm/y)			
	Marine / Cooling Tower Drift Area	Temperate	Arid / Dry	Severe
-12	0	0	0	0
-8	0.025	0	0	0
6	0.127	0.076	0.025	0.254
32	0.127	0.076	0.025	0.254
71	0.127	0.051	0.025	0.254
107	0.025	0	0	0.051
121	0	0	0	0

3. Menentukan *final corrosion rate* C_f

$$C_f = C_{IB} \cdot \text{Max. } [F_{EQ}, F_{IF}]$$

FPS bernilai 2 apabila pipa didukung dengan penyangga secara langsung atau konfigurasi pendukung yang lain yang tidak sesuai dengan perawatan coating maka nilai FPS = 2 ; jika tidak, FPS = 1

Apabila pipa memiliki penghubung yang masuk ke dalam tanah atau air, maka FIP = 2 ; jika tidak, FIP = 1

$$\begin{aligned} C_f &= C_{IB} \cdot \text{Max. } [F_{EQ}, F_{IF}] \\ &= 0.127 \text{ mmpy} \end{aligned}$$

4. Menentukan *time in-service age* t_k

$$\begin{aligned} \text{Age}_{ik} &= \text{RBI Date} - \text{Last inspection Date} \\ &= 4\text{-Aug-29} && - && 18\text{-Feb-15} \\ &= 14.5 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Tank Cou.	t_{rde}
Course 1	14.6
Course 2	12.3
Course 3	9.9
Course 4	7.4
Course 5	6.90
Course 6	6.60

5. Menentukan *time in service* (age_{coat})

$$\text{age}_{coat} = \text{RBI date} - \text{build date}$$

$$= 4\text{-Aug-19} \quad - \quad 16\text{-Feb-15}$$

$$= 4.5 \text{ years}$$

Tidak tersedia data mengenai coating maka dianggap tidak memiliki coating

6. Menentukan *coating adjusment* $Coat_{adj}$

If $age_e \geq age_{cor}$:

$$Coat_{adj} = 0 \quad \text{No Coating or Poor Coating Quality}$$

$$Coat_{adj} = \min[5, age_{cor}] \quad \text{Medium Coating Quality}$$

$$Coat_{adj} = \min[15, age_{cor}] \quad \text{High Coating Quality}$$

If $age_e < age_{cor}$:

$$Coat_{adj} = 0 \quad \text{No Coating or Poor Coating Quality}$$

$$Coat_{adj} = \min[5, age_{cor}] - \min[5, age_{cor} - age_e] \quad \text{Medium Coating Quality}$$

$$Coat_{adj} = \min[15, age_{cor}] - \min[15, age_{cor} - age_e] \quad \text{High Coating Quality}$$

Dikarenakan tidak terdapat data adanya *coating* maka $Coat_{adj} = 0$

7. Menentukan *time in-service age*, dimana memungkinkan terjadi *ext. corr*

$$In\text{-service time (age)} = age_{ik} - Coat_{adj}$$

$$= 14.5$$

8. Menentukan *allowable stress (S)*, *weld joint efficiency €*, dan *minimum required thickness (t_{min})*

$$S = 150 \text{ Mpa}$$

$$E = 1$$

Tank Course	t_{min}
Course 1	11.283
Course 2	9.393
Course 3	7.493
Course 4	5.593
Course 5	3.703
Course 6	1.853

9. Menentukan A_{rt} parameter

$$A_{rt} = \frac{C_r \cdot age}{t_{rde}}$$

Tank Cour.	A_{rt}
Course 1	0.126
Course 2	0.150
Course 3	0.186
Course 4	0.249
Course 5	0.267
Course 6	0.279

10. Menentukan *Flow Stress (FS_{extcorr})*

$$FS^{extcorr} = \frac{(YS+TS)}{2} \cdot E \cdot 1,1$$

$$YS = \text{Yield Strength} \quad 205 \text{ Mpa}$$

$$TS = \text{Tensile Strength} \quad 400 \text{ MPa}$$

$$E = \text{Weld joint efficiency} \quad 1$$

$$FS^{extcorr} = 333 \text{ Mpa}$$

11. Menentukan *Strength ratio parameter* ($SR_p^{extcorr}$)

$$SR^{extcorr} = \frac{S.E}{FS^{extcorr}} \cdot \frac{\max(t_{min} + t_c)}{t_{rde}}$$

Tank Course	$SR_p^{extcorr}$
Course 1	0.348373352
Course 2	0.344248777
Course 3	0.341187988
Course 4	0.340711109
Course 5	0.241923366
Course 6	0.126562393

12. Menentukan Number of inspection sesuai dengan kategori efektifitas

$$\begin{aligned} N_A^{extcorr} &= 0 \\ N_B^{extcorr} &= 0 \\ N_C^{extcorr} &= 1 \\ N_D^{extcorr} &= 0 \\ N_D^{Thi} & \end{aligned}$$

13. Menentukan *inspection effectiveness factor* $I_1^{extcorr}$, $I_2^{extcorr}$, $I_3^{extcorr}$.

$$I_1^{extcorr} = Pr_{p1}^{extcorr} (Co_{p1}^{extcorrA})^{N_A^{extcorr}} (Co_{p1}^{extcorrB})^{N_B^{extcorr}} (Co_{p1}^{extcorrC})^{N_C^{extcorr}} (Co_{p1}^{extcorrD})^{N_D^{extcorr}}$$

$$I_2^{extcorr} = Pr_{p2}^{extcorr} (Co_{p2}^{extcorrA})^{N_A^{extcorr}} (Co_{p2}^{extcorrB})^{N_B^{extcorr}} (Co_{p2}^{extcorrC})^{N_C^{extcorr}} (Co_{p2}^{extcorrD})^{N_D^{extcorr}}$$

$$I_3^{extcorr} = Pr_{p3}^{extcorr} (Co_{p3}^{extcorrA})^{N_A^{extcorr}} (Co_{p3}^{extcorrB})^{N_B^{extcorr}} (Co_{p3}^{extcorrC})^{N_C^{extcorr}} (Co_{p3}^{extcorrD})^{N_D^{extcorr}}$$

Table 4.7 - Prior Probability for Thinning Corrosion Rate

Damage State	Confident I	Medium Conf. Data	High Conf. Data
Pr_{p1}^{Thin}	0.5	0.7	0.8
Pr_{p2}^{Thin}	0.3	0.2	0.15
Pr_{p3}^{Thin}	0.2	0.1	0.05

Table 4.8 Conditional Probability for Inspection Effectiveness

Conditional P. of Insp.	Ineffective	Poorly Effective	C - Fairly Effective	B - Usually Effective	A - Highly Effective
Co_{p1}^{Thin}	0.33	0.4	0.5	0.7	0.9
Co_{p2}^{Thin}	0.33	0.33	0.3	0.2	0.09
Co_{p3}^{Thin}	0.33	0.27	0.27	0.1	0.01

Tank Course	$I^{extcorr}$
$I_1^{extcorr}$	0.25
$I_2^{extcorr}$	0.09
$I_3^{extcorr}$	0.054

14. Menentukan *Posterior probabilities*.

$$Po_{p1}^{extcorr} = \frac{I_1^{extcorr}}{I_1^{extcorr} + I_2^{extcorr} + I_3^{extcorr}} = 0.635$$

$$Po_{p2}^{extcorr} = \frac{I_2^{extcorr}}{I_1^{extcorr} + I_2^{extcorr} + I_3^{extcorr}} = 0.228$$

$$P_{p2}^{extcorr} = \frac{I_3^{extcorr}}{I_1^{extcorr} + I_2^{extcorr} + I_3^{extcorr}} =$$

$$P_{p3}^{extcorr} = \frac{I_3^{extcorr}}{I_1^{extcorr} + I_2^{extcorr} + I_3^{extcorr}} = 0.137$$

15. Menentukan parameter β_1 , β_2 , dan β_3

$$\beta_1^{extcorr} = \frac{1 - D_{S1} \cdot A_{rt} - SR_p^{extcorr}}{\sqrt{D_{S1}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S1} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_p^{extcorr})^2 \cdot (COV_p)^2}} = 2.72$$

$$\beta_2^{extcorr} = \frac{1 - D_{S2} \cdot A_{rt} - SR_p^{extcorr}}{\sqrt{D_{S2}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S2} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_p^{extcorr})^2 \cdot (COV_p)^2}} = 2.27$$

$$\beta_3^{extcorr} = \frac{1 - D_{S3} \cdot A_{rt} - SR_p^{extcorr}}{\sqrt{D_{S3}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S3} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_p^{extcorr})^2 \cdot (COV_p)^2}} = 0.91$$

$COV_{\Delta t}$ = The thinning coefficient of variance ranging from $0.1 \leq COV_{\Delta t} \leq 0.2$
= 0.2

COV_{sf} = The flow stress coefficient of variance
= 0.2

COV_p = Pressure coefficient of variance
= 0.05

D_{s1} = Damage State 1
= 1

D_{s2} = Damage State 2
= 2

D_{s3} = Damage State 3
= 4

T.Cours	β_1	β_2	β_3
Course 1	2.9615	2.52	1.03
Course 2	2.9162	2.32	0.39
Course 3	2.8166	1.95	-0.5
Course 4	2.5786	1.13	-1.7
Course 5	3.1385	1.58	-1.4
Course 6	3.8412	2.21	-1.1

11. Menentukan $D_f^{extcorr}$

$$D_f^{extcorr} = \frac{(P_{p1}^{extcorr} \Phi(-\beta_1^{extcorr})) + (P_{p2}^{extcorr} \Phi(-\beta_2^{extcorr})) + (P_{p3}^{extcorr} \Phi(-\beta_3^{extcorr}))}{1.56E-0.4}$$

Tank Cou	$D_f^{extcorr}$
Course 1	0.8422
Course 2	0.8180
Course 3	0.7724
Course 4	0.7214
Course 5	0.7409
Course 6	0.7578

POF

At RBI Date

Tank Course	$D_{f_{thin}}$
Course 1	0.1
Course 2	0.1
Course 3	0.1
Course 4	0.1
Course 5	0.1
Course 6	0.1

Tank Course	$D_{f_{extcorr}}$
Course 1	0.861366
Course 2	0.861401
Course 3	0.861412
Course 4	0.86137
Course 5	0.86197
Course 6	0.862062

Tank Course	$D_{f_{total}}$
Course 1	0.961366
Course 2	0.961401
Course 3	0.961412
Course 4	0.96137
Course 5	0.96197
Course 6	0.962062

At Plan Date

Tank Course	$D_{fb_{thin}}$
Course 1	0.240803
Course 2	0.240826
Course 3	0.240981
Course 4	0.241018
Course 5	0.241014
Course 6	0.241019

Tank Course	$D_{f_{extcorr}}$
Course 1	0.827177
Course 2	0.78331
Course 3	0.701596
Course 4	0.621589
Course 5	0.646487
Course 6	0.6717

Tank Course	$D_{f_{total}}$
Course 1	1.06798
Course 2	1.024136
Course 3	0.942577
Course 4	0.862607
Course 5	0.887501
Course 6	0.912719

1. Damage Factor total at RBI date 0.961365862

2. Damage Factor total at RBI date 1.067979804

3. gff 0.0001

4. PoF at RBI Date 0.000096137

4. PoF at Plan Date 0.000106798

5. Risk =

$$\text{Risk} = \text{PoF} \times \max(\text{CA}_{\text{cmd}}, \text{CA}_{\text{inj}})$$

$$\max(\text{CA}_{\text{cmd}}, \text{CA}_{\text{inj}}) = 456$$

$$\text{Risk} = \text{PoF} \times \max(\text{CA}_{\text{cmd}}, \text{CA}_{\text{inj}})$$

$$\max(\text{CA}_{\text{cmd}}, \text{CA}_{\text{inj}}) = 456$$

$$\text{Risk at RBI date} = 0.043838$$

$$\text{Risk at Plan date} = 0.0487$$

LAMPIRAN 4
COF DAN RISK VALUE

PART 1 : MENENTUKAN *RELEASE FLUID AND ITS PROPERTIES, INCLUDING THE RELEASE PHASE*

STEP 1.1 Menentukan *representative fluid group*

Representative Fluid	Fluid TYPE (see Section 4.1.5)	Examples of Applicable Materials
C ₁ – C ₂	TYPE 0	Methane, Ethane, Ethylene, LNG, Fuel Gas
C ₃ – C ₄	TYPE 0	Propane, Butane, Isobutane, LPG
C ₅	TYPE 0	Pentane
C ₆ – C ₈	TYPE 0	Gasoline, Naphtha, Light Straight Run, Heptane

Mengacu pada Fluid Composition Table, komposisi fluida terbesar masuk pada *representative fluid C1 group*. Tabel diperoleh dari *API 581 Part 2 of CoF*

STEP 1.2 Menentukan *stored fluid phase*

Fase item yang tersimpan dalam tangki adalah fluida

STEP 1.3 Menentukan *stored fluid properties*

For a stored vapor or gas fluid, the properties are dependent on these parameters such as:

- 1). Molecular Weight (MW), kg/kg-mol (lb/lb-mol)

The stored vapor Molecular Weight (MW) can be estimated from Table 4.2

$$MW = 23.00 \text{ (kg/kg-mol)}$$

- 2). Auto-Ignition Temperature, K (°R)

The stored liquid Auto-Ignition Temperature (AIT) dapat diperoleh dari Table 4.2 of API 581 Part 3 of COF.

$$AIT = 1036 \text{ (°F)} \quad -193$$

$$AIT = 830.927778 \text{ (K)} \quad 148.15$$

$$AIT = 446.222222 \text{ (°R)} \quad -100$$

- 3). Ideal gas specific heat ratio, k

$$C_{pA} = 12.3 \text{ J/kmol-K}$$

$$C_{pB} = 0.015 \text{ J/kmol-K}$$

$$C_{pC} = -0.0000287 \text{ J/kmol-K}$$

$$C_{pD} = -1.3E-09 \text{ J/kmol-K}$$

$$T = 49 \text{ C}$$

$$T = 120.2 \text{ F}$$

$$T = 322.15 \text{ K}$$

$$R = 8.314 \text{ J/kg-mol-K}$$

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 \quad \dots\dots\dots \text{ (equation 1)}$$

$$= 17.1323355 \text{ J/kmol-K}$$

$$k = \frac{C_p}{C_p - R} \quad \dots\dots\dots \text{ (equation 2)}$$

$$= 1.94280831$$

STEP 1.4 Menentukan steady state phase of the fluid after release to the atmosphere
 Menentukan steady state phase of the fluid after release to the atmosphere Dapat dilihat pada Table 4.3 API 581 Part 3 of COF berikut:

Phase of Fluid at Normal Operating (Storage) Conditions	Phase of Fluid at Ambient (after release) Conditions	Determination of Final Phase of Consequence Calculation
Gas	Gas	Model as gas
Gas	Liquid	Model as gas
Liquid	Gas	Model as gas unless the fluid boiling point at ambient conditions is greater than 80° F, then model as a liquid
Liquid	Liquid	Model as liquid

SUMMARY:

- 1 Menurut Heat Material Balance (HMB), komposisi fluida terbesar masuk pada grup C1.
- 2 Fluida yang tersimpan dalam tangki berbentuk cair dan akan berubah menjadi fase gas apabila terlepas ke udara.
- 3 Properti fluida yang disimpan adalah

MW = 23.00 (kg/kg-mol)
 AIT = 268.15 (K)
 T = 322.15 (K)
 Cp = 17.132 (J/kmol-K)
 k = 1.9428

PART 2: MEMILIH SET OF RELEASE HOLE SIZES TO DETERMINE THE POSSIBLE RANGE OF CONSEQUENCE IN THE RISK CALCULATION
2.1 MEMILIH UKURAN LUBANG PELEPASAN

STEP 2.1 Calculate of release hole sizes by determining each diameter (d_n)

According to Annex 3.A of API 581 Chapter 3.2.3 commits that the standard four release hole sizes are assumed for all sizes in pressure vessel type.

Table 4.4. Release Hole Sizes and Areas Used in Level 1 and 2 Consequences Analysis

Release Hole Number	Release Hole Sizes	Range of Hole Diameter (inch)	Release Hole Diameter, d_n
1	Small	0 - 1/4	$d_1 = 0.25$
2	Medium	> 1/4 - 2	$d_2 = 1$
3	Large	> 2 - 6	$d_3 = 4$
4	Rupture	. 6	$d_4 = \min[D, 16]$

STEP 2.2 Determine the generic failure frequency gff_n , for the n^{th} release hole size

Determining the generic failure frequency (gff_n), for the n^{th} release hole size can be seen from API 581 Part 2, Table 3.1

Table 3.1. Suggested Component Generic Failure Frequency

Equipment type	Component type	<i>gff</i> as a Function of Hole Size (failures/yr)				<i>gff</i> (total) (failures/yr)
		Small	Medium	Large	Rupture	
Tank650	TANKBOTTOM	7.20E-04	0	0	2.00E-06	7.20E-04
Tank650	COURSE-1	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-2	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-3	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	COURSE-4	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04

Dari tabel dapat diambil nilai gff yang tersedia

$$gff_{\text{total}} = 0.0001 \text{ failures/year}$$

PART 3 : MENGHITUNG THEORETICAL RELEASE RATE

3.2 VAPOR RELEASE RATE EQUATIONS

$P_{atm} = 14.69 \text{ psi}$

$k = 1.9428$

$P_{trans} = Patm \left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{k}{k-1}} \dots\dots\dots \text{(equation 4)}$
 $= 32.5582116 \text{ psi}$

STEP 3.1 Select the appropriate release rate equation

Karena storage pressure (P_s) lebih kecil daripada transition pressure (P_{trans}), maka persamaan yang digunakan adalah:

$W_n = \frac{C_d}{C_2} \times A_n \times P_s \sqrt{\left[\left(\frac{MW \cdot g_c}{R \cdot T_s}\right) \left(\frac{2k}{k-1}\right) \left(\frac{P_{atm}}{P_s}\right)^{\frac{2}{k}} \left(1 - \left(\frac{P_{atm}}{P_s}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right)\right]} \dots\dots\dots \text{(equation 5)}$

Abbreviation list :

- C_d = Discharge coefficient, for turbulent liquid flow from the sharp-edge orifices in the range of $0.85 \leq C_d \leq 1.00$
= 0.9
- A_n = Release hole sized area
- P_s = Storage operating pressure = 16 psi
- P_{atm} = Atmosphere pressure = 14.69 psi
- k = Ideal gas specific heat capacity ratio = 1.9428
- MW = Molecular weight = 113.31 (kg/kg-mol)
- g_c = Gravitational constant = 9.8 m/s²
- R = Universal gas constant = 8.314 J/(kg-mol-K)
- T_s = Storage or normal operating temperature = 49 C
= 120.2 F
= 322.15 K

STEP 3.2 For every release hole size, calculate the release hole size area based on d_n

Release Hole Number	Release Hole Sizes	Range of Hole Diameter (inch)	Release Hole Diameter, d_n
1	Small	0 - 1/4	$d_1 = 0.25$
2	Medium	> 1/4 - 2	$d_2 = 1$
3	Large	> 2 - 6	$d_3 = 4$
4	Rupture	. 6	$d_4 = \min[D,16]$

The release hole size area can be determined by formulating below equation:

$A_n = \frac{\pi d_n^2}{4} \dots\dots\dots \text{(equation 6)}$

1). SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$d_1 = 0.25 \text{ inch}$

$= 0.0064 \text{ m}$

$\pi = 3.14$

$$\begin{aligned}
 A_n &= \frac{\pi d_n^2}{4} \\
 &= 0.0491 \text{ inch}^2 \\
 &= 0.00003 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

2). MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned}
 d_1 &= 1 \text{ inch} \\
 &= 0.0254 \text{ m} \\
 \pi &= 3.14
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_n &= \frac{\pi d_n^2}{4} \\
 &= 0.785 \text{ inch}^2 \\
 &= 0.0005 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

3). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned}
 d_1 &= 4 \text{ inch} \\
 &= 0.1016 \text{ m} \\
 \pi &= 3.14
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_n &= \frac{\pi d_n^2}{4} \\
 &= 12.56 \text{ inch}^2 \\
 &= 0.0081 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

4). RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned}
 d_1 &= 16 \text{ inch} \\
 &= 0.4064 \text{ m} \\
 \pi &= 3.14
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_n &= \frac{\pi d_n^2}{4} \\
 &= 200.96 \text{ inch}^2 \\
 &= 0.1296 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

STEP 3.3 For liquid releases, for each release hole size, calculate the viscosity correction factor ($K_{v,n}$)

Viscosity Correction Factor ($K_{v,n}$) can be determined using both equation 4 of graph below, which have been printed from API Standard 520 Part 1. Another option, the conservative value of viscosity correction factor may be used the value of 1.0

$$K_{v,n} = \left(0.9935 + \frac{2.878}{Ren^{0.5}} + \frac{342.75}{Ren^{1.5}} \right)^{-1} \dots\dots\dots \text{(equation 7)}$$

Because the store fluid phase determined in STEP 1.2 is gaseous or vapor phase, then, this step is no needed to be considered.

STEP 3.4 For each hole size, calculate the release rate, W_n , for each release area A_n

$$W_n = \frac{C_d}{C_2} \times A_n \times P_2 \sqrt{\left[\left(\frac{MW \cdot gc}{R \cdot T_2} \right) \left(\frac{2k}{k-1} \right) \left(\frac{P_{atm}}{P_2} \right)^{\frac{2}{k}} \left(1 - \left(\frac{P_{atm}}{P_2} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right) \right]}$$

Abbreviation List:

C_d	=	0.9
k	=	1.94280831
ρ_l	=	250512.74 kg/m ³
	=	0.00025051 kg/mm ³
A_{n1}	=	3.1645E-05 m ²
A_{n2}	=	0.00050645 m ²
A_{n3}	=	0.00810321 m ²
A_{n4}	=	0.1296192 m ²
g_c	=	1 kgm/Ns ²
	=	32.2 lb _m ft/lb _f S ²
P_s	=	110.32 Kpa
P_{atm}	=	101.28755 KPa
C_2	=	1
R	=	8.314 J/(kg-mol-K)
g_c	=	9.8 m/s ²
T_s	=	322.15 K
MW	=	113.31 (kg/kg-mol)

1). SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$= 0.000860 \text{ kg/s}$$

2). MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$= 0.01377028 \text{ kg/s}$$

3). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$= 0.22032451 \text{ kg/s}$$

4). RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$= 3.52431788 \text{ kg/s}$$

SUMMARY:

1 Release rate untuk masing-masing lubang adalah:

$$W_{n1} = 0.00086043 \text{ kg/s}$$

$$W_{n2} = 0.01377028 \text{ kg/s}$$

$$W_{n3} = 0.22032451 \text{ kg/s}$$

$$W_{n4} = 3.52431788 \text{ kg/s}$$

PART 4 : ESTIMATE THE TOTAL AMOUNT OF OF FLUID INVENTORY AVAILABLE FOR RELEASE

STEP 4.1 Menentukan kelompok peralatan dan jenis peralatan dalam inventory groups. API RBI 581 Annex 3A memberikan asumsi untuk jenis peralatan drum ialah sebesar 50% dari volum total.

STEP 4.2 Menghitung massa fluida pada masing-masing peralatan lain yang termasuk dalam inventory group. $Mass_{comp}$

$$Mass_{comp} = \rho \times 50\% \times V$$

$$V = 9563 \text{ m}^3$$

$$\rho = 709.938 \text{ kg/m}^3$$

$$Mass_{comp} = 3394568.547 \text{ kg} / 7485023.646 \text{ lbs}$$

STEP 4.3 Menghitung massa fluida pada masing-masing peralatan lain yang termasuk dalam inventory group

Hanya 1 tangki yang dilakukan analisa

STEP 4.4 Calculate the fluid mass in the inventory group, $mass_{inv}$

$$Mass_{inv} = \sum_{i=1}^N (Mass_{comp,i}) \dots\dots\dots \text{(equation 8)}$$

Where

$Mass_{comp}$ = is the inventory fluid mass for the component or piece of equipment being evaluated, kgs [lbs]

$Mass_{inv}$ = is the inventory group fluid mass, kgs [lbs]
= $3E+06$ kg

STEP 4.5 Menghitung flow rate from a 203 mm (8 inch) diameter hole, W_{max8}

Calculate the flow rate from a 203 mm (8 inch) diameter hole, W_{max8} , using the equation 5 as applicable with $A_n = A_8 = 32.450 \text{ mm}^2$ (50.3 inch²). This is the maximum flow rate that can be added to the equipment fluid mass from the surrounding equipment in the inventory group.

C_d	=	Discharge coefficient, for turbulent gas flow from the sharp-edge orifices in the range of $0.85 \leq C_d \leq 1.00$	=	0.9
A_n	=	Release hole sized area	=	50.3 inch ²
	=		=	32444 mm ²
	=		=	0.0324 m ²
P_s	=	Storage operating pressure	=	16 psi
	=		=	110.32 Kpa
P_{atm}	=	Atmosphere pressure	=	14.69 psi
	=		=	101.29 Kpa
MW	=	Molecular weight	=	113.31 (kg/kg-mol)
g_c	=	Gravitational constant	=	9.8 m/s ²
R	=	Universal gas constant	=	8.314 J/(kg-mol-K)
T_s	=	Storage or normal operating temperature	=	49 C
	=		=	120.2 F
	=		=	322.15 K
C_2	=	SI and US customary conversion factors	=	1
k	=	Ideal gas specific heat ratio	=	1.8675

$$So, \quad W_n = \frac{C_d}{C_2} \times A_n \times P_s \sqrt{\left[\frac{MW \cdot g_c}{R \cdot T_s} \left(\frac{2k}{k-1} \right) \left(\frac{P_{atm}}{P_s} \right)^{\frac{2}{k}} \left(1 - \left(\frac{P_{atm}}{P_s} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right) \right]}$$

$$= 0.882 \quad \text{kg/s}$$

STEP 4.6 Calculate the added fluid mass $mass_{add,n}$ for each release hole size

Determining the additional fluid mass for each release hole size resulting from three minutes of flow from the inventory group use in this below equation:

$$Mass_{add\ n} = 180 \cdot \min[W_n, W_{max8}] \dots\dots\dots \text{(equation 9)}$$

1). SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$Mass_{add\ n} = 180 \cdot \min[W_n, W_{max8}]$$

$$= 0.154877 \text{ kgs}$$

2). MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$Mass_{add\ n} = 180 \cdot \min[W_n, W_{max8}]$$

$$= 2.478651 \text{ kgs}$$

3). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$Mass_{add\ 3} = 180 \cdot \min[W_n, W_{max8}]$$

$$= 39.65841 \text{ kgs}$$

4). RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$Mass_{add\ 4} = 180 \cdot \min[W_n, W_{max8}]$$

$$= 158.7666 \text{ kgs}$$

STEP 4.7 Calculate the available mass for release for each hole size

For each release hole size, calculate the available mass for release using this below equation:

$$Mass_{avail\ n} = \min \cdot [\{ Mass_{comp} + Mass_{add,n} \}, Mass_{inv}] \dots\dots\dots \text{(equation 10)}$$

1). SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} \text{Mass}_{\text{avail } n} &= \text{min} \cdot [\{\text{Mass}_{\text{comp}} + \text{Mass}_{\text{add},n}\}, \text{Mass}_{\text{inv}}] \\ &= 3394569 \text{ kgs} \end{aligned}$$

2). MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} \text{Mass}_{\text{avail } n} &= \text{min} \cdot [\{\text{Mass}_{\text{comp}} + \text{Mass}_{\text{add},n}\}, \text{Mass}_{\text{inv}}] \\ &= 3394569 \text{ kgs} \end{aligned}$$

3). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} \text{Mass}_{\text{avail } n} &= \text{min} \cdot [\{\text{Mass}_{\text{comp}} + \text{Mass}_{\text{add},n}\}, \text{Mass}_{\text{inv}}] \\ &= 3394569 \text{ kgs} \end{aligned}$$

4). RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} \text{Mass}_{\text{avail } n} &= \text{min} \cdot [\{\text{Mass}_{\text{comp}} + \text{Mass}_{\text{add},n}\}, \text{Mass}_{\text{inv}}] \\ &= 3394569 \text{ kgs} \end{aligned}$$

SUMMARY:

- 1 Kalkulasi hanya pada 1 tangki.
- 2 $\text{Mass}_{\text{inv}} = 3394569 \text{ kg}$
- 3 Maximum flow rate of a hole size within the diameter of 203 mm (8 inch) with the hole size area of 32.450 mm² (50.3 inch²).
- 4 $W_{\text{max}8} = 0.882036551 \text{ kg/s}$

Massa tambahan	=	0.154877251 kgs
$\text{Mass}_{\text{add}1}$	=	2.478650718 kgs
$\text{Mass}_{\text{add}2}$	=	39.65841148 kgs
$\text{Mass}_{\text{add}3}$	=	158.7665792 kgs
- 5 Masa yang tersedia

$\text{Mass}_{\text{avail}1}$	=	3394568.547 kgs
-------------------------------	---	-----------------

Mass_{avail2} = 3394568.547 kgs

Mass_{avail3} = 3394568.547 kgs

Mass_{avail4} = 3394568.547 kgs

PART 5 : MENENTUKAN RELEASE TYPE (CONTINUOUS OR INST)

5.1 RELEASE TYPE

A). INSTANTANEOUS RELEASE

An instantaneous or puff release is one that occurs so rapidly that the fluid disperses as a single large cloud or pool.

B). CONTINUOUS RELEASE

A continuous or plume release is one that occurs over a longer period of time, allowing the fluid to disperse in the shape of elongated ellipse (depending on the weather conditions).

The process for determining the appropriate type for release to model requires to determine the time required to release 4536 kgs (10000 lbs) of fluid, t_n , through each release hole size.

STEP 5.1 Menghitung waktu yang diperlukan untuk melepaskan 4536 kgs (10000 lbs) of fluid for pada masing-masing ukuran lubang;

$$t_n = \frac{C_3}{W_n} \dots\dots\dots \text{(equation 11)}$$

Where

t_n = time required to release 4536 kgs (10000 lbs) of fluid

C_3 = SI and US customary conversion factors
= 4536 kgs
= 10000 lbs

W_n = Theoretical release rate associated with the nth release hole size, kg/s [lb/s]

W_{n1} = 0.00086043 kg/s

W_{n2} = 0.01377028 kg/s

W_{n3} = 0.22032451 kg/s

W_{n4} = 3.52431788 kg/s

1). SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$t_n = \frac{C_3}{W_n}$$
$$= 5271787.8 \text{ s}$$

2). MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$t_n = \frac{C_3}{W_n}$$
$$= 329405.024 \text{ s}$$

3). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$t_n = \frac{C_3}{W_n}$$
$$= 20587.814 \text{ s}$$

4). RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$t_n = \frac{C_3}{W_n}$$
$$= 1287.05757 \text{ s}$$

STEP 5.2 Menentukan release type for each release hole size

For each release hole size, determine the release type either instantaneous or continuous using this following criteria:

- a. Apabila ukuran release is 6.35 mm(0.25 inch) atau kurang, maka release type continuous
- b. Apabila $t_n < 180$ sec and the release mass lebih besar dari 4536 kgs (100000 lbs), maka *release type* instantaneous: apabila tidak maka *continuous*

1). SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$d_1 = 0.25 \text{ inch}$$
$$t_1 = 5E+06 \text{ s} \quad (\text{Continuous})$$

2). MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$d_2 = 1 \text{ inch}$$
$$t_2 = 329405 \text{ s} \quad (\text{Continuous})$$

3). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$d_3 = 4 \text{ inch}$$
$$t_3 = 20588 \text{ s} \quad (\text{Continuous})$$

4). RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$d_4 = 16 \text{ inch}$$
$$t_4 = 1287.1 \text{ s} \quad (\text{Continuous})$$

SUMMARY:

- 1 Calculating the time required to release 4536 kgs (10000 lbs) of fluid for each hole size, starting for the small until the rupture release hole size.
 $t_{n1} = 5271787.8 \text{ s}$
 $t_{n2} = 329405.024 \text{ s}$
 $t_{n3} = 20587.814 \text{ s}$
 $t_{n4} = 1287.05757 \text{ s}$
- 2 Based on the characteristic that if the release hole size is 0.25 inch or less, then, automatically including into the continuous release type. And the other hand, if $t_n < 180$ sec and the release mass is greater than 4356 kgs (10000 lbs), it is including into instantaneous release type.

**PART 6 : MENGESTIMASIKANDAMPAK DARI SYSTEM DETECTION AND ISOLATION
RELEASE MAGNITUDE**

STEP 6.1 Menentukan detection and isolation systems present in the unit using Table 4.5 and 4.6 API 581 Part 3

Table 4.5- Detection and Isolation System Rating Guide

Type of Detection System	Det. Classification
Instrumentation designed specifically to detect material losses by changes in operating conditions (i.e. loss of pressure or flow) in the system	A
Suitably located detectors to determine when the material is present outside the pressure-containing envelope	B
Visual detection, cameras, or detectors with marginal coverage	C
Type of Isolation System	Iso. Classification
Isolation or shutdown systems activated directly from process instrumentation or detectors, with no operator intervention	A
Isolation or shutdown systems activated by operators in the control room or other suitable location remote from the leak	B
Isolation dependent on manually operated valves	C

Table 4.6 - Adjustment to Release Based on Detection and Isolation Systems

System Classification		Release Magnitude Adjustment	duction Factor, $fact_{di}$
Detection	Isolation		
A	A	Reduce release rate or mass by 25%	0.25
A	B	Reduce release rate or mass by 20%	0.20
A or B	C	Reduce release rate or mass by 10%	0.10
B	B	Reduce release rate or mass by 15%	0.15
C	C	No adjustment to release rate or mass	0.00

Detection systems present	=	Safety instrument systems	*
Isolation systems present	=	Semi-automated SDV system	*
STEP 6.2 Type of detection system	=	Suitably located detectors to determine when the material is present outside the pressure-containing envelope	*
Detection Classification	=	B	
STEP 6.3 Type of isolation system	=	Isolation or shutdown systems activated by operators in the control room or other suitable location remote from the leak	*
Isolation Classification	=	B	
STEP 6.4 Determine the release reduction factor $fact_{di}$ using Table 4.6			
Release Magnitude Adjustment	=	Reduce release rate or mass by 15%	
Reduction Factor, $fact_{di}$	=	0.15	

STEP 6.5 Determine the total leak durations for each release hole sizes using Table 4.7

Table 4.7 - Leak Durations Based on detection and Isolation Systems

Detection System Rating	Isolation System Rating	Maximum Leak Duration, ld_{max}
A	A	20 minutes for 1/4 inch leaks
		10 minutes for 1 inch leaks
		5 minutes for 4 inch leaks
A	B	30 minutes for 1/4 inch leaks
		20 minutes for 1 inch leaks
		10 minutes for 4 inch leaks
A	C	40 minutes for 1/4 inch leaks
		30 minutes for 1 inch leaks
		20 minutes for 4 inch leaks
B	A or B	40 minutes for 1/4 inch leaks
		30 minutes for 1 inch leaks
		20 minutes for 4 inch leaks
B	C	1 hour for 1/4 inch leaks
		30 minutes for 1 inch leaks
		20 minutes for 4 inch leaks
C	A, B, or C	1 hour for 1/4 inch leaks
		40 minutes for 1 inch leaks
		20 minutes for 4 inch leaks

1). SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$d_1 = 0.25 \text{ inch}$$

$$t_1 = 5271787.8 \text{ s (Continuous)}$$

$$ld_{max,1} = 40 \text{ minutes for 1/4 inch leaks}$$

2). MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$d_2 = 1 \text{ inch}$$

$$t_2 = 329405.02 \text{ s (Continuous)}$$

$$ld_{max,2} = 30 \text{ minutes for 1 inch leaks}$$

3). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$d_3 = 4 \text{ inch}$$

$$t_3 = 20587.814 \text{ s (Continuous)}$$

$$ld_{max,3} = 20 \text{ minutes for 4 inch leaks}$$

4). RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$d_4 = 16 \text{ inch}$$

$$t_4 = 1287.0576 \text{ s (Continuous)}$$

$$ld_{max,4} = 20 \text{ minutes for 4 inch leaks}$$

PART 7: MENENTUKAN RELEASE RATE AND MASS

7.1 CONTINUOUS RELEASE RATE

Penghitungan *release rate* untuk *continous release rate* dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah:

$$Rate_n = W_n (1 - fact_{di}) \dots\dots\dots (equation 12)$$

STEP 7.1 Calculate the adjusted release rate, $rate_n$ for each release hole size

For each release hole size, determine the adjusted release rate, $rate_n$, using equation 12 above where the theoretical release rate, W_n , and also note that the release reduction factor, $fact_{di}$ account for any detection and isolation systems that are present.

Reduction Factor, $fact_{di} = 0.15$

$W_{n1} = 0.00086043 \text{ kg/s}$

$W_{n2} = 0.01377028 \text{ kg/s}$

$W_{n3} = 0.22032451 \text{ kg/s}$

$W_{n4} = 3.52431788 \text{ kg/s}$

1). SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$Rate_1 = W_n (1 - fact_{di}) = 0.0007 \text{ kg/s}$$

2). MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$Rate_2 = W_n (1 - fact_{di}) = 0.0117 \text{ kg/s}$$

3). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$Rate_3 = W_n (1 - fact_{di}) = 0.1873 \text{ kg/s}$$

4). RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$Rate_4 = W_n (1 - fact_{di}) = 2.9957 \text{ kg/s}$$

STEP 7.2 Menghitung durasi kebocoran, ld_n .

Penghitungan durasi kebocoran untuk *continous release rate* dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah:

$$ld_n = \min . \left[\left\{ \frac{Mass_{avail,n}}{Rate_n} \right\}, \{60 . ld_{max,n} \} \right] \dots\dots\dots (equation 14)$$

$ld_{max,1}$	=	40 minutes for 1/4 inch leaks	40	$Mass_{avail,1}$	=	3394568.547
$ld_{max,2}$	=	30 minutes for 1 inch leaks	30	$Mass_{avail,2}$	=	3394568.547
$ld_{max,3}$	=	20 minutes for 4 inch leaks	20	$Mass_{avail,3}$	=	3394568.547
$ld_{max,4}$	=	20 minutes for 4 inch leaks	20	$Mass_{avail,4}$	=	<u>3394568.547</u>

1). SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$ld_1 = \min . \left[\left\{ \frac{Mass_{avail,n}}{Rate_1} \right\}, \{60 \cdot ld_{max,1} \} \right]$$

$$= 2400 \text{ s}$$

2). MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$ld_2 = \min . \left[\left\{ \frac{Mass_{avail,n}}{Rate_2} \right\}, \{60 \cdot ld_{max,2} \} \right]$$

$$= 1800 \text{ s}$$

3). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$ld_3 = \min . \left[\left\{ \frac{Mass_{avail,n}}{Rate_3} \right\}, \{60 \cdot ld_{max,3} \} \right]$$

$$= 1200 \text{ s}$$

4). RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$ld_4 = \min . \left[\left\{ \frac{Mass_{avail,n}}{Rate_4} \right\}, \{60 \cdot ld_{max,4} \} \right]$$

$$= 1200 \text{ s}$$

STEP 7.3 Calculate the release mass, $mass_n$, for each release hole size

For each release hole size, calculate the release mass, $mass_n$, using equation 13 above based on the release rate, $rate_n$, the leak duration, ld_n , and the available mass, $mass_{avail,n}$.

1). SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$Mass_1 = \min . \left[\{Rate_1 \cdot ld_1\}, \{Mass_{avail,n}\} \right]$$

$$= 1.75527551 \text{ kgs}$$

2). MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$Mass_2 = \min . \left[\{Rate_2 \cdot ld_2\}, \{Mass_{avail,n}\} \right]$$

$$= 21.0685311 \text{ kgs}$$

3). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$Mass_3 = \min . \left[\{Rate_3 \cdot ld_3\}, \{Mass_{avail,n}\} \right]$$

$$= 224.730998 \text{ kgs}$$

3). RUPTURE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$Mass_4 = \min . \left[\{Rate_4 \cdot ld_4\}, \{Mass_{avail,n}\} \right]$$

$$= 3594.80424 \text{ kgs}$$

SUMMARY:

1	Rate ₁	=	0.00073136 kg/s
	Rate ₂	=	0.01170474 kg/s
	Rate ₃	=	0.18727583 kg/s
	Rate ₄	=	2.9956702 kg/s
2	ld ₁	=	2400 s
	ld ₂	=	1800 s
	ld ₃	=	1200 s
	ld ₄	=	1200 s
3	Mass ₁	=	1.75527551 kgs
	Mass ₂	=	21.0685311 kgs
	Mass ₃	=	224.730998 kgs
	Mass ₄	=	3594.80424 kgs

PART 8 : MENGHITUNG KONSEKUENSI FLAMMABLE AND EXPLOSIVE

$$CA_n^{CONT} = \alpha(mass_n)^{1/b}$$

STEP 8.1 Pilih consequence area mitigation reduction factor, $fact_{mit}$, from Table 4.10

Mitigation System	Consequence Area Adjustemnet	Consequence Area Reduction
Inventory blowdown , couple with isolation system classification B or higher	Reduce consequence area by 25 %	0.25
Fire water deluge system and monitors	Reduce consequence area by 20%	0.2
Fire water monitor only	Reduce consequence area by 5%	0.05
Foam spray system	Reduce consequence area by 15%	0.15

$$fact_{mit} = 0.2$$

STEP 8.2 Menghitung energy efficiency, $eneff_n$, untuk masing-masing ukuran lubang pelepasan

$$C_4 = 2205 \text{ 1/kg}$$

$$mass_4 = 3383.3452 \text{ kgs} \quad \#\#$$

$$eneff_4 = 4. \log_{10}[C_4 \cdot mass_n] - 15 \quad \dots\dots\dots \text{(equation 17)}$$

$$= 12.49102$$

STEP 8.3 Menentukan tipe Fluida

Determine the fluid type, either TYPE 0 or TYPE 1 based on Table 4.1 of API RP 581 Part 3 of COF.

Representative Fluid	Fluid TYPE (see Section 4.1.5)	Examples of Applicable Materials
C ₁ - C ₂	TYPE 0	Methane, Ethane, Ethylene, LNG, Fuel Gas
C ₃ - C ₄	TYPE 0	Propane, Butane, Isobutane, LPG
C ₅	TYPE 0	Pentane
C ₆ - C ₁₀	TYPE 0	Gasoline, Naphtha, Light Straight Run, Kerosene

$$C_1-C_2 = \text{TYPE 0}$$

$$AIT = 446.2222222 \text{ (}^\circ\text{R)}$$

$$MW = 23 \text{ (kg/kg-mol)}$$

$$T = 100 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$AIT = 1036 \text{ (}^\circ\text{F)}$$

$$T = 212 \text{ (}^\circ\text{F)}$$

$$AIT = 830.9277778 \text{ (K)}$$

$$T = 373.15 \text{ (K)}$$

STEP 8.4 Menghitung konsekuensi area untuk kerusakan komponen, Auto-ignition Not Likely, Continuous Release (AINL-CONT),

1). Menentukan konstanta a and b dari Table 4.8

Table 4.8 - Component Damage Flammable Consequence Equation Constants

Fluid	Continuous Release Constant						Instantaneous Release Constant									
	Auto Ignition Not Likely (CAINL)				Auto Ignition Likely (CAIL)		Auto-Ignition Not Likely (IAINL)				Auto Ignition Likely (IAIL)					
	Gas		Liquid		Gas	Liquid	Gas		Liquid		Gas		Liquid			
	α	b	α	b	α	b	α	b	α	b	α	b	α	b		
C1-C2	43.0	0.98			280	0.95			41.0	0.67			1079	0.62		
C3-C4	49.5	1.0			314	1.0			27.7	0.7			523	0.63		
	$\alpha = \alpha_{cmd.n}^{AINL-CONT} = 43.0$				$b = b_{cmd}^{AINL-CONT} = 0.98$											

2). Calculate the consequence of area using equation below ^{cmd,...} ^{cmd}

$$\begin{aligned} \text{Rate}_1 &= 0.000731365 \text{ kgs} \\ \text{Rate}_2 &= 0.01170474 \text{ kgs} \\ \text{Rate}_3 &= 0.187275832 \text{ kgs} \\ \text{Rate}_4 &= 2.9956702 \text{ kgs} \\ CA_{cmd,n}^{AINL-CONT} &= \alpha(\text{rate}_n)^b \cdot (1 - \text{fact}_{mit}) \quad \dots\dots \quad (\text{equation 18}) \end{aligned}$$

A). SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} CA_{cmd,n}^{AINL-CON} &= \alpha(\text{rate}_n)^b \cdot (1 - \text{fact}_{mit}) \\ &= 0.0291 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

B). MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} CA_{cmd,n}^{AINL-CONT} &= \alpha(\text{rate}_n)^b \cdot (1 - \text{fact}_{mit}) \\ &= 0.4401 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

C). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} CA_{cmd,n}^{AINL-CONT} &= \alpha(\text{rate}_n)^b \cdot (1 - \text{fact}_{mit}) \\ &= 6.6618 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

C). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} CA_{cmd,n}^{AINL-CONT} &= \alpha(\text{rate}_n)^b \cdot (1 - \text{fact}_{mit}) \\ &= 100.81 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

STEP 8.5 For each release hole size, calculate the component damage consequence areas for Auto-Ignition Likely, Continuous Release (AIL-CONT), $CA^{AIL-CONT}$

1). Determine the appropriate constant a and b from the Table 4.8

$$\alpha = \alpha_{cmd,n}^{AIL-CONT} = 280.0 \quad b = b_{cmd}^{AIL-CONT} = 0.95$$

2). Calculate the consequence of area using equation below

$$CA_{cmd,n}^{AIL-CONT} = \alpha(\text{rate}_n)^b \cdot (1 - \text{fact}_{mit}) \quad \dots\dots\dots (\text{equation 19})$$

A). SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} CA_{cmd,n}^{AIL-CONT} &= \alpha(\text{rate}_n)^b \cdot (1 - \text{fact}_{mit}) \\ &= 0.2351 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

B). MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} CA_{cmd,n}^{AIL-CON} &= \alpha(\text{rate}_n)^b \cdot (1 - \text{fact}_{mit}) \\ &= 3.2749 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

C). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} CA_{cmd,n}^{AIL-CONT} &= \alpha(\text{rate}_n)^b \cdot (1 - \text{fact}_{mit}) \\ &= 45.615 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

D). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$\begin{aligned} CA_{cmd,n}^{AIL-CON} &= \alpha(\text{rate}_n)^b \cdot (1 - \text{fact}_{mit}) \\ &= 635.21 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

STEP 8.8 For each release hole size, calculate the personnel injury consequence areas for Auto-ignition Not Likely, Continuous Release (AINL-CONT), $CA_{inj,n}^{AINL-CONT}$

- 1). Determine the appropriate constant a and b from the Table 4.9 from API RP 581 Part 3. The release phas as determined in STEP 1.4 will be needed to assure selection of the correct constant.

Table 4.9 - Personnel Injury Flammable Consequence Equation Constants

Fluid	Continuous Release Constant								Instantaneous Release Constant							
	Auto Ignition Not Likely (CAINL)				Auto Ignition Likely (CAIL)				Auto-Ignition Not Likely (IAINL)				Auto Ignition Likely (IAIL)			
	Gas		Liquid		Gas		Liquid		Gas		Liquid		Gas		Liquid	
	α	b	α	b	α	b	α	b	α	b	α	b	α	b	α	b
C1-C2	110.0	1.00			745	0.92			79.0	0.67			3100	0.63		
C3-C4	49.5	1.0			314	1.0			27.7	0.7			523	0.63		

$$\alpha = \alpha_{inj,n}^{AINL-CONT} = 110.0 \quad b = b_{inj,n}^{AINL-CONT} = 1.00$$

- 2). Calculate the consequence of area using equation below $CA_{inj,n}^{AINL-CONT} = [\alpha \cdot (rate_n^{AINL-CONT})^b] \cdot (1 - fact_{mit})$ (equation 22)

A). SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,1}^{AINL-CONT} = [\alpha \cdot (rate_1^{AINL-CONT})^b] \cdot (1 - fact_{mit}) = 0.0644 \text{ m}^2$$

B). MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,2}^{AINL-CON} = [\alpha \cdot (rate_2^{AINL-CONT})^b] \cdot (1 - fact_{mit}) = 1.0300 \text{ m}^2$$

C). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,3}^{AINL-CONT} = [\alpha \cdot (rate_3^{AINL-CONT})^b] \cdot (1 - fact_{mit}) = 16.48 \text{ m}^2$$

D). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,3}^{AINL-CON} = [\alpha \cdot (rate_3^{AINL-CONT})^b] \cdot (1 - fact_{mit}) = 263.62 \text{ m}^2$$

STEP 8.9 For each release hole size, calculate the personnel injury consequence areas for Auto-ignition Likely, Continuous Release (AIL-CONT), $CA_{inj,n}^{AIL-CONT}$

- 1). Determine the appropriate constant a and b from the Table 4.9 from API RP 581 Part 3. The release phas as determined in STEP 1.4 will be needed to assure selection of the correct constant.

$$\alpha = \alpha_{inj,n}^{AIL-CONT} = 745.0 \quad b = b_{inj,n}^{AIL-CONT} = 0.92$$

- 2). Calculate the consequence of area using equation below $CA_{inj,n}^{AIL-CONT} = [\alpha \cdot (rate_n^{AIL-CONT})^b] \cdot (1 - fact_{mit})$ (equation 23)

A). SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,1}^{AIL-CONT} = \left[\alpha \cdot (rate_1^{AIL-CONT})^b \right] \cdot (1 - fact_{mit})$$

$$= 0.7767 \text{ m}^2$$

B). MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,2}^{AIL-CONT} = \left[\alpha \cdot (rate_2^{AIL-CONT})^b \right] \cdot (1 - fact_{mit})$$

$$= 9.9572 \text{ m}^2$$

C). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,3}^{AIL-CONT} = \left[\alpha \cdot (rate_3^{AIL-CONT})^b \right] \cdot (1 - fact_{mit})$$

$$= 127.62 \text{ m}^2$$

D). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,3}^{AIL-CONT} = \left[\alpha \cdot (rate_3^{AIL-CONT})^b \right] \cdot (1 - fact_{mit})$$

$$= 1635.4 \text{ m}^2$$

STEP 8.12 For each release hole size, calculate the instantaneous/continuous blending factor, $fact^{IC}$.

1). FOR CONTINUOUS RELEASE

$$C_5 = 25.2 \text{ kg/s}$$

$$fact_n^{IC} = \min \left[\left\{ \frac{rate_n}{C_5} \right\}, 1.0 \right] \dots\dots\dots(\text{equation 26})$$

A). SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$fact_1^{IC} = \min \left[\left\{ \frac{rate_1}{C_5} \right\}, 1.0 \right]$$

$$= 2.90224E-05$$

B). MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$fact_2^{IC} = \min \left[\left\{ \frac{rate_2}{C_5} \right\}, 1.0 \right]$$

$$= 0.000464474$$

C). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$fact_3^{IC} = \min \left[\left\{ \frac{rate_3}{C_5} \right\}, 1.0 \right]$$

$$= 0.007431581$$

D.)LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$fact_4^{IC} = 0.1188758$$

STEP 8.13 Calculate the AIT blending factor, $fact^{AIT}$, using these optional equation below.

$$fact^{AIT} = 0 \quad \text{for } T_S + C_6 \leq AIT \quad (\text{equation 27})$$

$$fact^{AIT} = \frac{(T_S - AIT + C_6)}{2 \cdot C_6} \quad \text{for } T_S + C_6 > AIT > T_S - C_6$$

AIT

$$fact^{AIT} = 1 \quad \text{for } T_s - C_6 \geq AIT \quad (\text{equation 29})$$

$$\begin{aligned} T_s &= 49 \text{ (}^\circ\text{C)} \\ T_s &= 120.2 \text{ (}^\circ\text{F)} \\ T_s &= 322.15 \text{ (K)} \\ C_6 &= 55.6 \text{ (K)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AIT &= 1036 \text{ (}^\circ\text{F)} \\ AIT &= 830.927778 \text{ (K)} \\ AIT &= 446.222222 \text{ (}^\circ\text{R)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s + C_6 &= 377.75 \text{ (K)} \\ T_s - C_6 &= 266.55 \text{ (K)} \\ \frac{(T_s - AIT + C_6)}{2 \cdot C_6} &= -4.07534 \text{ (K)} \end{aligned}$$

$$fact^{AIT} = 0$$

STEP 8.14 Calculate the continuous/instantaneous blended consequence area for the component using equation (3.53) through (3.56) based on the consequence areas calculated in previous steps

$$fact_n^{IC}$$

$$CA_{cmd,n}^{AIL} = CA_{cmd,n}^{AIL-INST} \cdot fact_n^{IC} + CA_{cmd,n}^{AIL-CONT} \cdot (1 - fact_n^{IC}) \quad (\text{equation 30})$$

A). SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{cmd,1}^{AIL-INST} = 0 \text{ m}^2$$

$$fact_1^{IC} = 0.0000$$

$$CA_{cmd,1}^{AIL-CONT} = 0.23505818 \text{ m}^2$$

$$CA_{cmd,1}^{AIL} = \underline{0.23505136 \text{ m}^2}$$

D). RUPTURE RELEASE HOLE

$$CA_{cmd,4}^{AIL-INST} = 0 \text{ m}^2$$

$$fact_4^{IC} = 0.1189$$

$$CA_{cmd,4}^{AIL-CONT} = \text{#####} \text{ m}^2$$

$$CA_{cmd,4}^{AIL} = \underline{559.699 \text{ m}^2}$$

B). MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{cmd,2}^{AIL-INST} = 0 \text{ m}^2$$

$$fact_2^{IC} = 0.000464$$

$$CA_{cmd,2}^{AIL-CONT} = 3.27485204 \text{ m}^2$$

$$CA_{cmd,2}^{AIL} = \underline{3.27333096 \text{ m}^2}$$

C). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{cmd,3}^{AIL-INST} = 0 \text{ m}^2$$

$$fact_3^{IC} = 0.007432$$

$$CA_{cmd,3}^{AIL-CONT} = 45.6147886 \text{ m}^2$$

$$CA_{cmd,3}^{AIL} = \underline{45.2757986 \text{ m}^2}$$

$$CA_{inj,n}^{AIL} = CA_{inj,n}^{AIL-INST} \cdot fact_n^{IC} + CA_{inj,n}^{AIL-CONT} \cdot (1 - fact_n^{IC}) \quad \dots\dots\dots \text{(equation 31)}$$

A). SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,1}^{AIL-INST} = 0 \quad m^2$$

$$fact_{n1}^{IC} = 0.0000$$

$$CA_{inj,1}^{AIL-CONT} = 0.77669335 \quad m^2$$

$$CA_{inj,1}^{AIL} = \underline{0.77667081} \quad m^2$$

D). RUPTURE RELEASE HOLE

$$CA_{inj,4}^{AIL-INST} = 0 \quad m^2$$

$$fact_{n4}^{IC} = 0.1189 \quad m^2$$

$$CA_{inj,4}^{AIL-CONT} = 1635.4 \quad m^2$$

$$CA_{inj,4}^{AIL} = \underline{1441} \quad m^2$$

B). MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,2}^{AIL-INST} = 0 \quad m^2$$

$$fact_{n2}^{IC} = 0.0004645$$

$$CA_{inj,2}^{AIL-CONT} = 9.95724222 \quad m^2$$

$$CA_{inj,2}^{AIL} = \underline{9.95261735} \quad m^2$$

C). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,3}^{AIL-INST} = 0 \quad m^2$$

$$fact_{n3}^{IC} = 0.0074316$$

$$CA_{inj,3}^{AIL-CONT} = 127.623149 \quad m^2$$

$$CA_{inj,3}^{AIL} = \underline{126.674707} \quad m^2$$

$$CA_{cmd,n}^{AINL} = CA_{cmd,n}^{AINL-INS} \cdot fact_n^{IC} + CA_{cmd,n}^{AINL-CONT} \cdot (1 - fact_n^{IC}) \quad \text{(equation 32)}$$

A). SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{cmd,1}^{AINL-INST} = 0 \quad m^2$$

$$fact_1^{IC} = 0.0000$$

$$CA_{cmd,1}^{AINL-CON} = 0.02906764 \quad m^2$$

$$CA_{cmd,1}^{AINL} = \underline{0.0290668} \quad m^2$$

D). RUPTURE RELEASE HOLE

$$CA_{cmd,4}^{AINL-INST} = 0 \quad m^2$$

$$fact_4^{IC} = 0.1189$$

$$CA_{cmd,4}^{AINL-CON} = 100.81 \quad m^2$$

$$CA_{cmd,4}^{AINL} = \underline{88.826} \quad m^2$$

B). MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{cmd,2}^{AINL-INS} = 0 \quad m^2$$

$$fact_2^{IC} = 0.000464$$

$$CA_{cmd,2}^{AINL-CONT} = 0.44010161 \quad m^2$$

$$CA_{cmd,2}^{AINL} = \underline{0.4398972} \text{ m}^2$$

C). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{cmd,n}^{AINL-INST} = 0 \text{ m}^2$$

$$fact_3^{IC} = 0.0074$$

$$CA_{cmd,3}^{AINL-CONT} = 6.66178394 \text{ m}^2$$

$$CA_{cmd,3}^{AINL} = \underline{6.61227635} \text{ m}^2$$

$$CA_{inj,n}^{AINL} = CA_{inj,n}^{AINL-INST} \cdot fact_n^{IC} + CA_{inj,n}^{AINL-CONT} \cdot (1 - fact_n^{IC}) \quad (\text{equation 33})$$

A). SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,n}^{AINL-INST} = 0 \text{ m}^2$$

$$fact_1^{IC} = 0.0000$$

$$CA_{inj,1}^{AINL-CONT} = 0.0643601 \text{ m}^2$$

$$CA_{inj,1}^{AINL} = \underline{0.06435823} \text{ m}^2$$

D). RUPTURE RELEASE HOLE

$$CA_{inj,4}^{AINL-INST} = 0 \text{ m}^2$$

$$fact_4^{IC} = 0.1189$$

$$CA_{inj,4}^{AINL-CONT} = 663.63 \text{ m}^2$$

$$CA_{inj,4}^{AINL} = \underline{584.74} \text{ m}^2$$

B). MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,n}^{AINL-INST} = 0 \text{ m}^2$$

$$fact_2^{IC} = 0.000464$$

$$CA_{inj,2}^{AINL-CONT} = 1.03001708 \text{ m}^2$$

$$CA_{inj,2}^{AINL} = \underline{1.02953866} \text{ m}^2$$

C). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,n}^{AINL-INST} = 0 \text{ m}^2$$

$$fact_3^{IC} = 0.0074$$

$$CA_{inj,3}^{AINL-CONT} = 16.4802732 \text{ m}^2$$

$$CA_{inj,3}^{AINL} = \underline{16.3577987} \text{ m}^2$$

STEP 8.15 Calculate the AIT blended consequence areas for the component using equations (3.57) and (3.58) based on the consequence areas determined in step 8.14 and the AIT blending factors, calculate in step 8.13. the resulting consequence areas are the component damage and personnel injury flammable consequence areas, and for each release hole size selected in step 8.12

$$CA_{cmd,n}^{flam} = CA_{smd,n}^{AIL} \cdot fact^{AIT} + CA_{cmd,n}^{AINL} \cdot (1 - fact^{AIT}) \dots\dots\dots(\text{equation 34})$$

A). SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

D). RUPTURE RELEASE HOLE

$$CA_{cmd,1}^{AIL} = 0.235 \text{ m}^2 \qquad CA_{cmd,4}^{AIL} = 559.698891 \text{ m}^2$$

$$fact^{AIT} = 0 \qquad fact^{AIT} = 0$$

$$CA_{cmd,1}^{AINL} = 0.029066799 \text{ m}^2 \qquad CA_{cmd,4}^{AINL} = 88.8261304 \text{ m}^2$$

$$CA_{cmd,1}^{flam} = \underline{0.029066799 \text{ m}^2} \qquad CA_{cmd,4}^{flam} = \underline{88.8261304 \text{ m}^2}$$

B). MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{cmd,2}^{AIL} = 3.273330958 \text{ m}^2$$

$$fact^{AIT} = 0$$

$$CA_{cmd,2}^{AINL} = 0.439897197 \text{ m}^2$$

$$CA_{cmd,2}^{flam} = \underline{0.439897197 \text{ m}^2}$$

C). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{cmd,3}^{AIL} = 45.27579865 \text{ m}^2$$

$$fact^{AIT} = 0$$

$$CA_{cmd,3}^{AINL} = 6.612276353 \text{ m}^2$$

$$CA_{cmd,3}^{flam} = \underline{6.612276353 \text{ m}^2}$$

$$CA_{inj,n}^{flam} = CA_{inj,n}^{flam-AIL} \cdot fact^{AIT} + CA_{inj,n}^{AINL} \cdot (1 - fact^{AIT}) \dots\dots\dots(\text{equation 35})$$

A). SMALL RELEASE HOLE SIZE AREA

D). RUPTURE RELEASE HOLE

$$CA_{inj,1}^{flam-AIL} = 0.776670809 \text{ m}^2 \qquad CA_{inj,4}^{flam-AIL} = 1440.97972 \text{ m}^2$$

$$fact^{AIT} = 0 \qquad fact^{AIT} = 0$$

$$CA_{inj,1}^{AINL} = 0.064358234 \text{ m}^2 \qquad CA_{inj,4}^{AINL} = 584.740452 \text{ m}^2$$

$$CA_{inj,1}^{flam} = \underline{0.064358234 \text{ m}^2} \qquad CA_{inj,4}^{flam} = \underline{584.740452 \text{ m}^2}$$

B). MEDIUM RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,2}^{flam-AIL} = 9.952617346 \text{ m}^2$$

$$fact^{AIT} = 0$$

$$CA_{inj,2}^{AINL} = 1.02953866 \text{ m}^2$$

$$CA_{inj,2}^{flam} = \underline{1.02953866 \text{ m}^2}$$

C). LARGE RELEASE HOLE SIZE AREA

$$CA_{inj,3}^{flam-AIL} = 126.6747072 \text{ m}^2$$

$$fact^{AIT} = 0$$

$$CA_{inj,3}^{AINL} = 16.35779874 \text{ m}^2$$

$$CA_{inj,3}^{flam} = \underline{16.35779874 \text{ m}^2}$$

STEP 8.16 Determine the consequence areas (probability weighted on release hole size) for component damage and personnel injury using equations (3.59) and (3.60) based on the consequence ara from step 8.15

Equipment Type	gff as a function of hole size (failure/yr)				gff total (failure/yr)
	Small	Medium	Large	Rupture	
Tank	7.00E-05	2.00E-05	5.00E-06	6.00E-07	1.00E-04

CONSEQUENCE AREA FOR COMPONENT DAMAGE

$$CA_{cmd}^{flam} = \left(\frac{\sum gff_n \cdot CA_{cmd,n}^{flam}}{gff_{total}} \right) \dots \dots \dots \text{(equation 36)}$$

$$CA_{cmd}^{flam} = \left(\frac{(gff_1 \cdot CA_{cmd,1}^{flam}) + (gff_2 \cdot CA_{cmd,2}^{flam}) + (gff_3 \cdot CA_{cmd,3}^{flam}) + (gff_4 \cdot CA_{cmd,4}^{flam})}{gff_{total}} \right)$$

$$= \frac{97.19 \text{ m}^2}{gff_{total}}$$

CONSEQUENCE AREA FOR PERSONNEL INJURY

$$CA_{inj}^{flam} = \left(\frac{\sum gff_n \cdot CA_{inj,n}^{flam}}{gff_{total}} \right) \dots \dots \dots \text{(equation 37)}$$

$$CA_{inj}^{flam} = \left(\frac{(gff_1 \cdot CA_{inj,1}^{flam}) + (gff_2 \cdot CA_{inj,2}^{flam}) + (gff_3 \cdot CA_{inj,3}^{flam}) + (gff_4 \cdot CA_{inj,4}^{flam})}{gff_{total}} \right)$$

$$= \frac{457.729 \text{ m}^2}{gff_{total}}$$

STEP 8.17 Menentukan besarnya Consequence akhir

$$CA = \max [CA_{cmd} , CA_{inj}]$$

$$= 457.73 \text{ m}^2$$

Category	Probability Category (1,2)		Consequence Category (3)	
	Probability Range	Damage Factor Range	Category	Range (m ²)
1	$P_f(t, I_E) \leq 3.06E-05$	$D_{f-total} \leq 1$	A	$CA \leq 9.29$
2	$3.06E-05 < P_f(t, I_E) \leq 3.06E-04$	$1 < D_{f-total} \leq 10$	B	$9.29 < CA \leq 92.9$
3	$3.06E-04 < P_f(t, I_E) \leq 3.06E-03$	$10 < D_{f-total} \leq 100$	C	$92.9 < CA \leq 929$
4	$3.06E-03 < P_f(t, I_E) \leq 3.06E-02$	$100 < D_{f-total} \leq 1,000$	D	$929 < CA \leq 9,290$
5	$P_f(t, I_E) > 3.06E-02$	$D_{f-total} > 1,000$	E	$CA > 9,290$

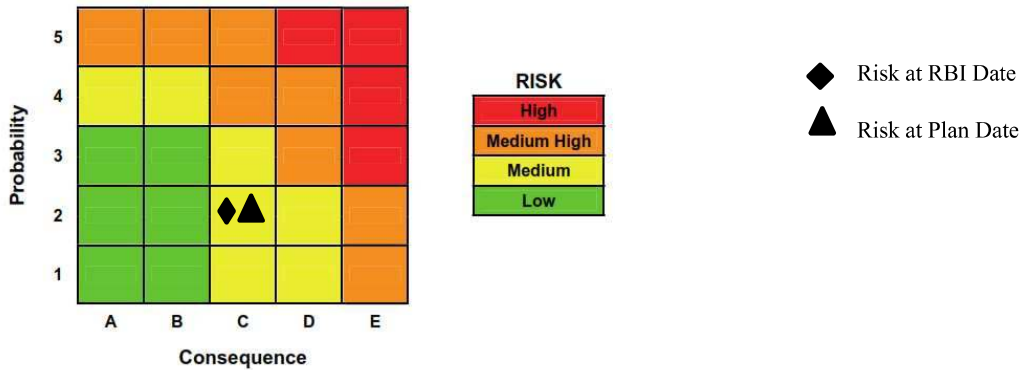
Notes:

- POF values are based on a GFF of 3.06E-05 and an F_{MS} of 1.0.
- In terms of POF, see Part 1 Section 4.1.
- In terms of the total DF, see Part 2, Section 3.4.2.
- In terms of consequence area, see Part 3, Section 4.11.4.

PoF at RBI Date 0.0000962 **2**

PoF at Plan Date 0.000107 **2**

CA 457 **C**



LAMPIRAN 5
INSPECTION PLAN

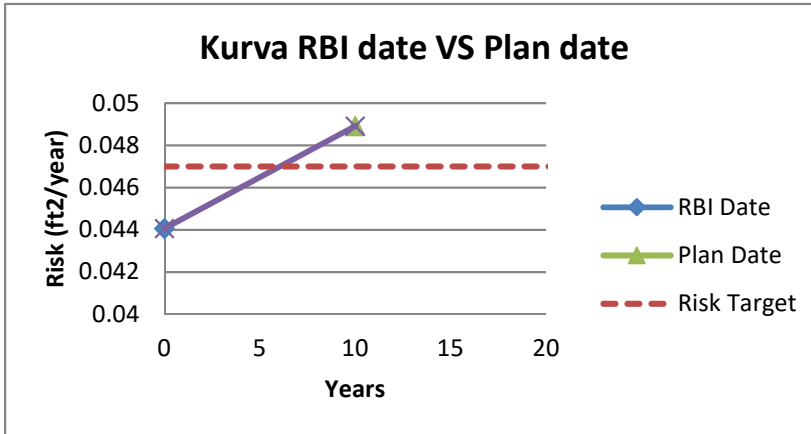
INSPECTION PLAN

1. Damage factor total at RBI date	
D_f	0.96206
2. Damage factor total at plan date	
D_f	1.06798
3. Total generic failure frequency for KO-Drum	
g_{fr}	0.0001
4. Total Factor Management System	
F_{MS}	1
5. Probability of Failure at RBI date	
PoF	0.0000962
6. Probability of Failure at plan date	
PoF	0.000107
7. Total consequence area for equipment damage	
CA_{cmd}	97.19
8. Total consequence area for personel injury	
CA_{inj}	458.00
9. Final consequence area	
CA	458.00
10. Risk at RBI date	
Risk	0.044062462
11. Risk at Plan date	
Risk	0.048913475
11. Risk Target	
Risk	0.047

INSPECTION PLAN

1. Menghitung *target inspection date*

Target date didapatkan dari perpotongan kurva resiko pada *RBI date* dengan kurva *risk target*.



Data	Date	Age	Risk
RBI Date	4/8/2019	0	0.0440625
Risk Target	?	?	0.047
Plan Date	4/8/2029	10	0.0489135

Usia *risk target* dapat dihitung dengan cara melakukan interpolasi nilai di atas.

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

$$\frac{y - 0}{10} = \frac{0.0029}{0.0049}$$

$$y = 6.055514799$$

$$\begin{aligned} \text{Target date} &= 6.0555148 \text{ tahun setelah RBI date} \\ &= 4/8/2025 \end{aligned}$$

2. Menghitung damage factor yang baru

Tank Course	Dfthin
Course 1	0.1
Course 2	0.1
Course 3	0.1

Tank Course	Dfextcorr
Course 1	0.8608794
Course 2	0.8606505
Course 3	0.8599302

Course 4	0.1
Course 5	0.1
Course 6	0.1

Course 4	0.8561965
Course 5	0.8606935
Course 6	0.8619265

Menghitung *damage factor total* pada *plan date*

$$D_f^{\text{total}} = D_f^{\text{thin}} + D_f^{\text{extd}}$$

Tank Course	Dftotal
Course 1	0.960879387
Course 2	0.96065046
Course 3	0.959930221
Course 4	0.956196459
Course 5	0.960693518
Course 6	0.961926515

3. Menghitung resiko pada *plan date* setelah dilakukan inspeksi

gff	:	0.0001	
FMS	:	1	
DF	:	0.961926515	
PoF	:	0.000096193	
CoF	:	458	
Risk	:	0.044056234	ft ² /year

1. Angka inspeksi

Banyaknya inspeksi yang pernah dilakukan ialah 1 kali. Inspeksi pertama dilakukan pada tanggal 18 September 2018. Dengan efektifitas C , *fairly Effective*.

2. Menentukan usia inspeksi

Usia inspeksi dapat dihitung dengan rumusan :

$$\begin{aligned} \text{age} &= \text{RBI date} && - \text{last inspection} \\ &= 4\text{-Aug-19} && - 18\text{-Sep-18} \\ &= 1.1 \text{ years} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{age} &= \text{Plan date} && - \text{last inspection} \\ &= 4\text{-Aug-29} && - 15\text{-Feb-15} \\ &= 5.3 \text{ years} \end{aligned}$$

2. Menentukan nilai ketebalan/*thickness* (trd)

Table 4.2 tank Course t_{rdi} value

Tank Course	t prev	t act (trdi)
Course 1	16	14.6 mm
Course 2	13	12.3 mm
Course 3	11	9.9 mm
Course 4	9	7.4 mm
Course 5	8	6.90 mm
Course 6	8	6.60 mm

3. Menentukan laju korosi untuk *base metal* ($C_{r,bm}$)

$$C_{r,bm} = \frac{t_{\text{previous}} - t_{\text{actual}}}{\text{age}}$$

Table 4.3 tank Course $C_{r,bm}$ value

Tank Course	$C_{r,bm}$
Course 1	0.31 mmpy
Course 2	0.16 mmpy
Course 3	0.24 mmpy
Course 4	0.36 mmpy
Course 5	0.24 mmpy
Course 6	0.31 mmpy

4. Menentukan time in service (age_{ik})

$$\begin{aligned} \text{age} &= \text{RBI date} && - \text{build date} \\ &= 4\text{-Aug-19} && - 16\text{-Feb-15} \\ &= 4.5 \text{ years} \end{aligned}$$

5. Menentukan minimum thickness (t_{\min})

Data t_{\min} telah tersedia dari perusahaan

Table 4.4 Minimum Thickness

Tank Course	t_{\min}	t_{\min} (API)
Course 1	11.41	8
Course 2	9.52	8
Course 3	7.62	8
Course 4	5.72	8
Course 5	3.83	8
Course 6	1.98	8

6. Menentukan parameter faktor kerusakan (Art)

$$A_{rt} = \frac{Cr_{b,m} \cdot age_{tk}}{t_{rdi}}$$

Table 4.5 tank Course A_{rt} value

Tank Course	A _{rt}	Tank Cou	A _{rt}
Course 1	0.11294	Course 1	0.112938
Course 2	0.06703	Course 2	0.067028
Course 3	0.13086	Course 3	0.130864
Course 4	0.25465	Course 4	0.254655
Course 5	0.18776	Course 5	0.187762
Course 6	0.24983	Course 6	0.249832

7. Menentukan nilai flow stress (FS^{thin})

$$FS^{Thin} = \frac{(YS+TS)}{2} \cdot E \cdot 1,1 \qquad FS^{thin} = 332.75 \text{ Mpa}$$

- YS = yield strength 205 MPa
- TS = tensile strength 400 MPa
- E = weld joint efficiency 1

7. Menentukan nilai strength ratio parameters (SR_p^{thin})

$$SR_p^{Thin} = \frac{P \cdot D}{\alpha \cdot FS^{thin} \cdot t_{rdi}}$$

- P = 101.3 Design pressure kPa
- D = 30.48 Diameter m
- α = 2 equipment is cylinder

Table 4.6 Tank Course SR_p^{thin} value

Tank Course	SR _p ^{thin}
Course 1	3.17778
Course 2	3.772
Course 3	4.68642
Course 4	6.26967
Course 5	6.72399
Course 6	7.02963

8. Menentukan jumlah inspection menurut koresponden efektifitas inspection N_A^{Thin}, N_B^{Thin}, N_C^{Thin}, N_D^{Thin}

- N_A^{Thin} 0
- N_B^{Thin} 0
- N_C^{Thin} 1
- N_D^{Thin} 0

9. Menentukan inspection effectiveness factor I₁^{thin}, I₂^{thin}, I₃^{thin} dengan persamaan dibawah.

$$I_1^{Thin} = Pr_{p1}^{Thin} (Co_{p1}^{ThinA})^{N_A^{Thin}} (Co_{p1}^{ThinB})^{N_B^{Thin}} (Co_{p1}^{ThinC})^{N_C^{Thin}} (Co_{p1}^{ThinD})^{N_D^{Thin}}$$

$$I_2^{Thin} = Pr_{p2}^{Thin} (Co_{p2}^{ThinA})^{N_A^{Thin}} (Co_{p2}^{ThinB})^{N_B^{Thin}} (Co_{p2}^{ThinC})^{N_C^{Thin}} (Co_{p2}^{ThinD})^{N_D^{Thin}}$$

$$I_3^{Thin} = Pr_{p3}^{Thin} (Co_{p3}^{ThinA})^{N_A^{Thin}} (Co_{p3}^{ThinB})^{N_B^{Thin}} (Co_{p3}^{ThinC})^{N_C^{Thin}} (Co_{p3}^{ThinD})^{N_D^{Thin}}$$

Table 4.7 - Prior Probability for Thinning Corrosion Rate

Damage State	Low Confident Data	Medium Conf. Data	High Conf. Data
Pr _{p1} ^{Thin}	0.5	0.7	0.8

P_{P2}^{Thin}	0.3	0.2	0.15
P_{P3}^{Thin}	0.2	0.1	0.05

Table 4.8 Conditional Probability for Inspection Effectiveness

Conditional P. of Insp.	E- Ineffective	D- Poorly Effective	C - Fairly Effective	B - Ussually Effective
CO_{P1}^{Thin}	0.33	0.4	0.5	0.7
CO_{P2}^{Thin}	0.33	0.33	0.3	0.2
CO_{P3}^{Thin}	0.33	0.27	0.27	0.1

Table 4.9 Inspection Effectiveness Factor Value

Insp. Eff Factor	Value
I_1^{Thin}	0.35
I_2^{Thin}	0.04
I_3^{Thin}	0.001

10. Menentukan Posterior Probabilities

$$PO_{p1}^{Thin} = \frac{I_1^{Thin}}{I_1^{Thin} + I_2^{Thin} + I_3^{Thin}} = 0.89514066$$

$$PO_{p2}^{Thin} = \frac{I_2^{Thin}}{I_1^{Thin} + I_2^{Thin} + I_3^{Thin}} = 0.10230179$$

$$PO_{p3}^{Thin} = \frac{I_3^{Thin}}{I_1^{Thin} + I_2^{Thin} + I_3^{Thin}} = 0.00255754$$

11. Menentukan parameter β_1 , β_2 , dan β_3

$$\beta_1^{Thin} = \frac{1 - D_{S1} \cdot A_{rt} - SR_P^{Thin}}{\sqrt{D_{S1}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S1} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{Thin})^2 \cdot (COV_P)^2}}$$

$$\beta_2^{Thin} = \frac{1 - D_{S2} \cdot A_{rt} - SR_P^{Thin}}{\sqrt{D_{S2}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S2} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{Thin})^2 \cdot (COV_P)^2}}$$

$$\beta_3^{Thin} = \frac{1 - D_{S3} \cdot A_{rt} - SR_P^{Thin}}{\sqrt{D_{S3}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S3} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{Thin})^2 \cdot (COV_P)^2}}$$

$COV_{\Delta t}$ = The thinning coefficient of variance ranging from $0.1 \leq COV_{\Delta t} \leq 0.2$
0.2

COV_{sf} = The flow stress coefficient of variance
0.2

COV_P = Pressure coefficient of variance
0.05

D_{S1} = Damage State 1
1

D_{S3} = Damage State 2
2

D_{S3} = Damage State 3
4

Table 4.10 Value of β

Tank Course	β_1	β_2	β_3
Course 1	-3.10318238	-3.2024	-3.5621647
Course 2	-3.27517222	-3.2895	-3.507148
Course 3	-3.57815533	-3.6291	-3.9461545
Course 4	-3.90098746	-4.0078	-4.4404587
Course 5	-3.89758379	-3.9517	-4.2689542
Course 6	-3.96294141	-4.0507	-4.4359445

11. Menentukan D_{fb}^{Thin}

$$D_f^{Thin} = \frac{(\rho_0 \beta_1^{Thin} \Phi(-\beta_1^{Thin})) + (\rho_0 \beta_2^{Thin} \Phi(-\beta_2^{Thin})) + (\rho_0 \beta_3^{Thin} \Phi(-\beta_3^{Thin}))}{1.56E - 0.4}$$

Tank Course	D_{fb}^{thin}
Course 1	-0.39940573
Course 2	-0.39966375
Course 3	-0.39989133
Course 4	-0.3999705
Course 5	-0.39996956
Course 6	-0.39997708

12. Menentukan D_f^{Thin}

$$Dfthin = \text{Max} \left[\left(\frac{Dfthin.FIP.FDL.FWD.FAM.FSM}{FOM_{\square}} \right), 0.1 \right]$$

Tank Course	D_{fb}^{thin}
Course 1	0.1
Course 2	0.1
Course 3	0.1
Course 4	0.1
Course 5	0.1
Course 6	0.1

1. Angka inspeksi

Banyaknya inspeksi yang pernah dilakukan ialah 1 kali. Inspeksi pertama dilakukan pada tanggal 18 September 2018. Dengan efektifitas C, fairly Effective.

3. Menentukan umur

Menghitung usia inspeksi (RBI date)

Usia inspeksi dapat dihitung dengan rumusan :

$$\begin{aligned} \text{age} &= \text{plan date} - \text{current inspection} \\ &= 4\text{-Aug-29} - 18\text{-Feb-15} \\ &= 14.5 \text{ years} \end{aligned}$$

2. Menentukan *base corrotion rate* C_{rB} berdasarkan *the driver* dan temperatur operasi.

Atmospheric tank yang dianalisis berada tidak jauh dengan bibir pantai, sehingga *the driver* termasuk pada kategori *marine/cooling tower drift area*. Suhu operasi berada pada 49°C/120°F. Dari tabel dibawah diperoleh nilai *baase corrotion rate* sebesar 0.127 mmpy

Tabel 4.x Corrosion rates for Calculation of the damage factor - ext. Corrosion

Operating Temperature (°C)	Corrosion Rate as a Function of Driver (1) (mmpy)			
	Marine / Cooling Tower Drift Area	Temperate	Arid / Dry	Severe
-12	0	0	0	0
-8	0.025	0	0	0
6	0.127	0.076	0.025	0.254
32	0.127	0.076	0.025	0.254
71	0.127	0.051	0.025	0.254
107	0.025	0	0	0.051
121	0	0	0	0

3. Menentukan *final corrotion rate* C_r

$$C_r = C_{rB} \cdot \text{Max. } [F_{EQ}, F_{IF}]$$

FPS bernilai 2 apabil pipa didukung dengan penyangga secara langsung atau konfigurasi pendukung yang lain yang tidak sesuai dengan perawatan coating maka nilai FPS = 2 ; jika tidak, FPS = 1

Apabila pipa memiliki penghubung yang masuk ke dalam tanah atau air, maka FIP = 2 ; jika tidak, FIP = 1

$$\begin{aligned} C_r &= C_{rB} \cdot \text{Max. } [F_{EQ}, F_{IF}] \\ &= 0.127 \text{ mmpy} \end{aligned}$$

4. Menentukan *time in-service age* ik

$$\begin{aligned} \text{Age}_{ik} &= \text{RBI Date} - \text{Last inspection Date} \\ &= 4\text{-Aug-29} - 18\text{-Feb-15} \\ &= 14.5 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Tank Cou.	t_{rde}
Course 1	14.6
Course 2	12.3
Course 3	9.9
Course 4	7.4
Course 5	6.90
Course 6	6.60

5. Menentukan *time in service* (age_{coat})

$$\begin{aligned} \text{age}_{coat} &= \text{RBI date} - \text{build date} \\ &= 4\text{-Aug-19} - 16\text{-Feb-15} \\ &= 4.5 \text{ years} \end{aligned}$$

Tidak tersedia data mengenai coating maka dianggap tidak memiliki coating

6. Menentukan *coating adjustment* $Coat_{adj}$

$$\begin{aligned}
 &\text{If } age_s \geq age_{corr} : \\
 &Coat_{adj} = 0 \quad \text{No Coating or Poor Coating Quality} \\
 &Coat_{adj} = \min[5, age_{corr}] \quad \text{Medium Coating Quality} \\
 &Coat_{adj} = \min[15, age_{corr}] \quad \text{High Coating Quality} \\
 &\text{If } age_s < age_{corr} : \\
 &Coat_{adj} = 0 \quad \text{No Coating or Poor Coating Quality} \\
 &Coat_{adj} = \min[5, age_{corr}] - \min[5, age_{corr} - age_s] \quad \text{Medium Coating Quality} \\
 &Coat_{adj} = \min[15, age_{corr}] - \min[15, age_{corr} - age_s] \quad \text{High Coating Quality}
 \end{aligned}$$

Dikarenakan tidak terdapat data adanya *coating* maka $Coat_{adj} = 0$

7. Menentukan *time in-service age*, dimana memungkinkan terjadi *ext. corr*

$$\begin{aligned}
 \text{In-service time (age)} &= age_{ik} - Coat_{adj} \\
 &= 5.3
 \end{aligned}$$

8. Menentukan *allowable stress (S)*, *weld joint efficiency E*, dan *minimum required thickness (t_{min})*

$$\begin{aligned}
 S &= 150 \text{ Mpa} \\
 E &= 1
 \end{aligned}$$

Tank Course	t_{min}
Course 1	11.283
Course 2	9.393
Course 3	7.493
Course 4	5.593
Course 5	3.703
Course 6	1.853

9. Menentukan A_{rt} parameter

$$A_{rt} = \frac{C_r \cdot age}{t_{rc}}$$

Tank Cour.	A_{rt}
Course 1	0.046
Course 2	0.055
Course 3	0.068
Course 4	0.091
Course 5	0.098
Course 6	0.102

10. Menentukan *Flow Stress* ($FS_{extcorr}$)

$$FS_{extcorr} = \frac{(YS+TS)}{2} \cdot E \cdot 1,1$$

$$\begin{aligned}
 YS &= \text{Yield Strength} & 205 \text{ Mpa} \\
 TS &= \text{Tensile Strength} & 400 \text{ MPa} \\
 E &= \text{Weld joint efficiency} & 1
 \end{aligned}$$

$$FS_{extcorr} = 333 \text{ Mpa}$$

11. Menentukan *Strength ratio parameter* ($SR_p^{extcorr}$)

$$SR^{extcorr} = \frac{S.E}{FS^{extcorr}} \cdot \frac{\max(t_{min}+tc)}{t_{rde}}$$

Tank Course	SR _p ^{extcorr}
Course 1	0.348373352
Course 2	0.344248777
Course 3	0.341187988
Course 4	0.340711109
Course 5	0.241923366
Course 6	0.126562393

12. Menentukan Number of inspection sesuai dengan kategori efefititas

$$\begin{aligned} N_A^{extcorr} &= 0 \\ N_B^{extcorr} &= 0 \\ N_C^{extcorr} &= 1 \\ N_D^{extcorr} &= 0 \\ N_D^{Thi} & \end{aligned}$$

13. Menentukan inspection effectiveness factor $I_1^{extcorr}$, $I_2^{extcorr}$, $I_3^{extcorr}$.

$$I_1^{extcorr} = Pr_{p1}^{extcorr} (Co_{p1}^{extcorrA})^{N_A^{extcorr}} (Co_{p1}^{extcorrB})^{N_B^{extcorr}} (Co_{p1}^{extcorrC})^{N_C^{extcorr}} (Co_{p1}^{extcorrD})^{N_D^{extcorr}}$$

$$I_2^{extcorr} = Pr_{p2}^{extcorr} (Co_{p2}^{extcorrA})^{N_A^{extcorr}} (Co_{p2}^{extcorrB})^{N_B^{extcorr}} (Co_{p2}^{extcorrC})^{N_C^{extcorr}} (Co_{p2}^{extcorrD})^{N_D^{extcorr}}$$

$$I_3^{extcorr} = Pr_{p3}^{extcorr} (Co_{p3}^{extcorrA})^{N_A^{extcorr}} (Co_{p3}^{extcorrB})^{N_B^{extcorr}} (Co_{p3}^{extcorrC})^{N_C^{extcorr}} (Co_{p3}^{extcorrD})^{N_D^{extcorr}}$$

Table 4.7 - Prior Probability for Thinning Corrosion Rate

Damage Statw	Confident I	Medium Conf. Data	High Conf. Data
Pr_{p1}^{Thin}	0.5	0.7	0.8
Pr_{p2}^{Thin}	0.3	0.2	0.15
Pr_{p3}^{Thin}	0.2	0.1	0.05

Table 4.8 Conditional Probability for Inspection Effectiveness

Conditional P. of Insp.	E- Inefec	- Poorly Effecti	C - Fairly Effective	B - Usualy Effective	A- Highly Effective
Co_{p1}^{Thin}	0.33	0.4	0.5	0.7	0.9
Co_{p2}^{Thin}	0.33	0.33	0.3	0.2	0.09
Co_{p3}^{Thin}	0.33	0.27	0.27	0.1	0.01

Tank Course	I ^{extcorr}
$I_1^{extcorr}$	0.35
$I_2^{extcorr}$	0.21
$I_3^{extcorr}$	0.189

14. Menentukan Posterior probabilities.

$$Po_{p1}^{extcorr} = \frac{I_1^{extcorr}}{I_1^{extcorr} + I_2^{extcorr} + I_3^{extcorr}} = 0.467$$

$$P_{0_{P_2}}^{extcorr} = \frac{I_2^{extcorr}}{I_1^{extcorr} + I_2^{extcorr} + I_3^{extcorr}} = 0.28$$

$$P_{0_{P_3}}^{extcorr} = \frac{I_3^{extcorr}}{I_1^{extcorr} + I_2^{extcorr} + I_3^{extcorr}} = 0.252$$

15. Menentukan parameter β_1 , β_2 , dan β_3

$$\beta_1^{extcorr} = \frac{1 - D_{S1} \cdot A_{rt} - SR_P^{extcorr}}{\sqrt{D_{S1}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S1} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{extcorr})^2 \cdot (COV_P)^2}} = 2.94$$

$$\beta_2^{extcorr} = \frac{1 - D_{S2} \cdot A_{rt} - SR_P^{extcorr}}{\sqrt{D_{S2}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S2} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{extcorr})^2 \cdot (COV_P)^2}} = 2.82$$

$$\beta_3^{extcorr} = \frac{1 - D_{S3} \cdot A_{rt} - SR_P^{extcorr}}{\sqrt{D_{S3}^2 \cdot A_{rt}^2 \cdot COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{S3} \cdot A_{rt})^2 \cdot COV_{sf}^2 + (SR_P^{extcorr})^2 \cdot (COV_P)^2}} = 2.53$$

$COV_{\Delta t}$ = The thinning coefficient of variance ranging from $0.1 \leq COV_{\Delta t} \leq 0.2$
= 0.2

COV_{sf} = The flow stress coefficient of variance
= 0.2

COV_P = Pressure coefficient of variance
= 0.05

D_{s1} = Damage State 1
= 1

D_{s2} = Damage State 2
= 2

D_{s3} = Damage State 3
= 4

T.Cours	β_1	β_2	β_3
Course 1	3.1571	3.05	2.78
Course 2	3.1608	3.03	2.68
Course 3	3.1481	2.97	2.47
Course 4	3.097	2.83	2
Course 5	3.6304	3.39	2.53
Course 6	4.2653	4.07	3.23

11. Menentukan $D_f^{extcorr}$

$$D_f^{extcorr} = \frac{(P_{0_{P_1}}^{extcorr} \Phi(-\beta_1^{extcorr})) + (P_{0_{P_2}}^{extcorr} \Phi(-\beta_2^{extcorr})) + (P_{0_{P_3}}^{extcorr} \Phi(-\beta_3^{extcorr}))}{1.56E - 0.4}$$

Tank Co	$D_f^{extcorr}$
Course 1	0.8609
Course 2	0.8607
Course 3	0.8599
Course 4	0.8562
Course 5	0.8607
Course 6	0.8619

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di kota Pasuruan pada tanggal 03 Maret 1995 dengan nama Fitra Didit Luciawan. Penulis menempuh pendidikan mulai dari SDN 1 Gedangan, Kabupaten Tulungagung (2001-2004), dan pada kelas 4 penulis pindah ke SDN 1 Podorejo, Kabupaten Tulungagung (2004-2007). SMPN 2 Tulungagung (2007-2010) dan SMAN 1 Kauman (2010-2013), penulis memutuskan untuk melanjutkan pendidikan Strata-1 (S1) diluar kota dan diterima di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang berlokasi di kota Surabaya melalu jalur SNMPTN. Selama menempuh masa studi penulis aktif di kepanitiaan IKASKA sebagai trainer AutoCAD bagi adik-adik SMAN 1 KAUMAN pada tahun 2016, penulis juga aktif pada club airsoftgun Surabaya dan Tulungagung sebagai anggota, dan Penulis aktif menjadi member dan asisten laboratorium pada lab Marine Electrical Automation System (MEAS) dan member dari Marine Operation and Maintenance Laboratory (MOM) pada masa pengerjaan tugas akhir penulis. Penulis juga aktif menjadi member Office EPC dari tahun 2015 sebagai Young Engineer. Penulis juga pernah melaksanakan kerja praktek selama 1 bulan di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya dan kerja praktek selama 1 bulan di PT. Pelindo Marine Service.