

SKRIPSI

**MODEL *INSPECTION MONITORING SYSTEM*
UNTUK MENDETEKSI TINGKAT RISIKO
KEBOCORAN DAN PENJADWALAN INSPEKSI
PADA *LPG STORAGE TANK***



DISUSUN OLEH :

**NANDA FERDIANSYAH
NPM : 16.0501.0024**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI (S1)
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG**

2020

SKRIPSI

MODEL *INSPECTION MONITORING SYSTEM*
UNTUK MENDETEKSI TINGKAT RISIKO
KEBOCORAN DAN PENJADWALAN INSPEKSI
PADA *LPG STORAGE TANK*

**Disusun sebagai salah satu syarat memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST)
Program Studi Teknik Industri Jenjang Strata satu (S-1) Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Magelang**



DISUSUN OLEH :

NANDA FERDIANSYAH
NPM : 16.0501.0024

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI (S1)
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG

2020

HALAMAN PENEGASAN

Tugas Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang saya kutip maupun merujuk telah saya nyatakan dengan benar.

NAMA : NANDA FERDIANSYAH

NPM : 16.0501.0024

Magelang, 12 Agustus 2020



Nanda Ferdiansyah
NPM: 16.0501.0024

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nanda Ferdiansyah
NPM : 16.0501.0024
Program Studi : Teknik Industri SI
Fakultas : Teknik
Alamat : Jalan Jeruk, no. 20, Rt/ Rw : 01/07, Sanden, Kecamatan
Magelang utara, Kelurahan Kramat Selatan, Kota
Magelang, 56115
Judul Skripsi : *MODEL INSPECTION MONITORING SYSTEM UNTUK
MENDETEKSI TINGKAT RISIKO KEBOCORAN DAN
PENJADWALAN INSPEKSI PADA LPG STORAGE
TANK*

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya sendiri dan bukan merupakan plagiat dari hasil karya orang lain. Dan bila di dikemudian hari terbukti bahwa karya ini merupakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi administrasi maupun sanksi apapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan sebenarnya serta penuh tanggung jawab.

Magelang, 12 Agustus 2020

Yang Menyatakan,



Nanda Ferdiansyah
NPM. 16.0501.0024

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**MODEL *INSPECTION MONITORING SYSTEM* UNTUK MENDETEKSI
TINGKAT RISIKO KEBOCORAN DAN PENJADWALAN INSPEKSI
PADA *LPG STORAGE TANK***

Dipersiapkan dan disusun oleh:

**NANDA FERDIANSYAH
NIM 16.0501.0024**

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada Tanggal 12 Agustus 2020

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing I

Pembimbing II



Ir. Moehamad Aman, M.T
NIDN. 0613066301



Suroto Munahar, S.T., M.T
NIDN. 0620127805

Penguji I

Penguji II



Ir. Eko Muh Widodo, M.T
NIDN. 0013096501



Yun Arifatul Fatimah, S.T., M.T., Ph.D
NIDN. 1006067403

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh gelar sarjana teknik
Taggal 12 Agustus 2020

Dekan



Yun Arifatul Fatimah, S.T., M.T., Ph.D
NIK.987408139

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : Nanda Ferdiansyah
NPM : 16.0501.0024
Fakultas/ Jurusan : Teknik/ Teknik Industri
E-mail address : nferdiansyah6@gmail.com

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UNIMMA, Hak Bebas *Royalty Non-Eksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)* atas karya ilmiah

LKP/ KP TA/ SKRIPSI TESIS Artikel Jurnal *)
yang berjudul :

“MODEL *INSPECTION MONITORING SYSTEM* UNTUK MENDETEKSI TINGKAT RISIKO KEBOCORAN DAN PENJADWALAN INSPEKSI PADA *LPG STORAGE TANK*”

berserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas *Royalty Non-Eksklusif (Non-Exclusive Royalty-Free Right)* ini Perpustakaan UNIMMA berhak menyimpan, mengalih-media/ format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/ mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UNIMMA, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya.

Dibuat di : Magelang
Pada tanggal : 12 Agustus 2020



Penulis,
Nanda Ferdiansyah
*) : *pilih salah Satu*

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Ir. Moehamad Aman, M.T

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Skripsi ini dapat di selesaikan dengan baik. Tidak lupa sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan kita Rasullulah Muhammad SAW sebagai suri tauladan umat islam. Penyusun Skripsi ini banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, sehubungan dengan hal tersebut diucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Yun Arifatul Fatimah, ST., MT., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang
2. Afan Rifai, ST., MT., selaku kepala Program Studi Teknik Industri S1 Universitas Muhammadiyah Magelang.
3. Ir. Moehamad Aman, M.T., selaku Dosen Pembimbing utama yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penyusunan skripsi ini.
4. Suroto Munahar, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing pendamping yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penyusunan skripsi ini.
5. Ir. Eko Muh Widodo, M.T., dan Yun Arifatul Fatimah, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Penguji skripsi ini
6. Dosen Fakultas Teknik, pimpinan dan staf Universitas Muhammadiyah Magelang untuk bimbingan dan pelayanan yang diberikan.
7. Seluruh Staff dan Karyawan SPPBE PT. Kayu Lima Utama yang telah banyak membantu selama penulis melakukan penelitian.
8. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
9. Ika Arum Larasati yang memberikan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini
10. Teman – teman laboratorium Teknik Industri yang memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Teman-teman Teknik Industri angkatan 2016 yang saling mendukung satu sama lain.

12. Para sahabat yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
13. Seluruh Teman – teman dan Alumni BEM FAKULTAS TEKNIK UMMGL, BEM KBM UMMGL, UKM OLAHRAGA, HIMPUNAN MAHASISWA TEKNIK INDUSTRI UMMGL yang telah memberikan banyak sekali pelajaran organisasi.

Akhir kata, semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu dan semoga dokumen ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Magelang, 12 Agustus 2020



Nanda Ferdiansyah

NPM. 16.0501.0024

DAFTAR ISI

HALAMAN KULIT MUKA	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
ABSTRAK	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan	3
D. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
A. Penelitian Yang Relevan	4
B. Spesifikasi LPG <i>storage tank</i>	6
C. Sistem Aplikasi <i>Monitoring</i>	8
D. Inspeksi LPG <i>storage tank</i>	14
E. <i>Risk Based Inspection</i> (RBI).....	15
F. Penentuan <i>Risk Level</i>	40
G. Penjadwalan Inspeksi.....	41
BAB III METODE PENELITIAN.....	42
A. Studi Pendahuluan.....	45
B. Spesifikasi LPG <i>storage tank</i>	46
C. Sistem Aplikasi <i>Monitoring</i> RBI	47
D. Inspeksi LPG <i>Storage tank</i>	50
E. <i>Risk Based Inspection</i> (RBI).....	51
F. Penentuan <i>Risk Level</i>	52
G. Penjadwalan Inspeksi.....	52
H. Kesimpulan	52
BAB VI PENUTUP	111
A. Kesimpulan	111
B. Saran	111
DAFTAR PUSTAKA	112

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rekomendasi Nilai Frekuensi Kegagalan Umum.....	16
Tabel 2.2 Kategori Keefektifan Inspeksi	19
Tabel 2.3 Pedoman Penilaian Keefektifan Inspeksi.....	19
Tabel 2.4 Faktor Kerusakan <i>Thinning</i>	22
Tabel 2.5 List Fluida Representatif untuk Analisis <i>Level 1</i>	27
Tabel 2.6 Sifat-sifat dari Fluida Representatif	28
Tabel 2.7 Konstanta fluida represntatif.....	30
Tabel 2.8 Ukuran Lubang Kebocoran.....	32
Tabel 2.9 Penilaian Sistem Deteksi dan Isolasi	35
Tabel 2.10 Pengaturan Kebocoran pada Sistem Deteksi dan Isolasi	36
Tabel 2.11 Durasi Kebocoran pada Sistem Deteksi dan Isolasi.....	36
Tabel 2.12 Pengaturan Konsekuensi Keterbakaran Sistem Mitigasi	38
Tabel 2.13 Kategori Kemungkinan Kegagalan dan Konsekuensi Kegagalan	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Fixed Roof Tanks</i>	7
Gambar 2. 2 <i>Floating Roof Tanks</i>	7
Gambar 2. 3 <i>Horizontal Gas Cylinder</i>	8
Gambar 2. 4 Spherical Tanks.....	8
Gambar 2. 5 Tahapan Sistem Monitoring.....	9
Gambar 2. 6 <i>Visual Studio 2015 Enterprise</i>	10
Gambar 2. 7 <i>Control Panel XAMPP</i>	11
Gambar 2. 8 Halaman Utama <i>Database MYSQL</i>	12
Gambar 2. 9 <i>Ultrasonic Thicness Gauge</i> bekerja	14
Gambar 2. 10 Matrix Risiko.....	41
Gambar 3. 1 Flowchart Perancangan Sistem dan Penelitian	44
Gambar 3. 2 LPG storage tank yang diteliti.....	45
Gambar 3. 3 Skema pengambilan data ketebalan	46
Gambar 3. 4 <i>Database admin</i>	48
Gambar 3. 5 Database Perusahaan	48
Gambar 3. 6 Database ultrasonic thickness gauge	49
Gambar 3. 7 <i>Database temperatur</i>	49
Gambar 3. 8 RBI Program <i>Database</i>	50
Gambar 3. 9 <i>Ultrasonic Thickness Gauge</i>	51
Gambar 3. 10 <i>infrared thermometer of material</i>	51

ABSTRAK

MODEL *INSPECTION MONITORING SYSTEM* UNTUK MENDETEKSI TINGKAT RISIKO KEBOCORAN DAN PENJADWALAN INSPEKSI PADA *LPG STORAGE TANK*

Oleh : Nanda Ferdiansyah
Pembimbing : 1. Ir. Moehamad Aman, M.T
2. Suroto Munahar, S.T., M.T

SPPBE PT Kayu Lima Utama merupakan industri yang bergerak dalam bidang pengisian dan distributor LPG. Industri ini memiliki *LPG storage tank* dengan kapasitas 50 ton. *LPG storage tank* yang ada memiliki permasalahan sangat serius, diantaranya dapat menimbulkan bahaya kebocoran, material tangki sangat rentan terhadap korosi. Selain itu, *LPG storage tank* dapat menimbulkan ledakan, kebakaran, pencemaran lingkungan serta dapat menimbulkan korban jiwa. Penelitian ini mengusulkan suatu metode untuk mengurangi dampak yang terjadi. Metode yang diaplikasikan dengan mengembangkan aplikasi sistem keamanan pada *LPG storage tank* yang mengacu pada analisis *Risk Based Inspection* (RBI). aplikasi ini dirancang menggunakan *Microsoft visual studio 2015* dengan bahasa pemrograman *VB.NET*. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diantaranya bahwa tingkat risiko dari *LPG storage tank* berada pada tingkat medium-high risk dengan *Probability of Failure* (POF) berada pada kategori 1 dan nilai *df* total 1. *Consequence of Failure* (COF) berada pada kategori E dengan nilai *Consequence Area* (CA) sebesar 25632 ft^2 . Sisa umur pada *LPG storage tank* 33,5 tahun. Inspeksi interval *LPG storage tank* disarankan minimal 5 tahun sekali.

Kata kunci: *Risk Based Inspection*, Tingkat risiko, *LPG Storage tank*, Interval inspeksi, *Sistem Monitoring*

ABSTRACT

MODEL OF INSPECTION MONITORING SYSTEM TO DETECT THE RISK OF LEAKAGE AND SCHEDULING OF INSPECTIONS ON LPG STORAGE TANKS

By : Nanda Ferdiansyah
Mentor : 1. Ir. Moehamad Aman, M.T
2. Suroto Munahar, S.T., M.T

SPPBE PT Kayu Lima Utama is an industry engaged in the filling and distributor of LPG. This industry has LPG storage tanks with a capacity of 50 tons. Existing LPG storage tanks have severe problems, some of which can pose a danger of leakage, tank material is very susceptible to corrosion. Besides, LPG storage tanks can cause explosions, fires, environmental pollution and can cause fatalities. This research proposes a method to reduce the impact that occurs. The method is applied by developing a security system application in LPG storage tanks that refers to the Risk-Based Inspection (RBI) analysis. This application is designed using Microsoft Visual Studio 2015 with the VB.NET programming language. The results obtained from this study include that the risk level of LPG storage tanks is at the medium-high risk level with the Probability of Failure (POF) in category 1 and the total df value of 1. The consequence of failure (COF) is in category E with a Consequence Area (CA) value of 25632 ft². The remaining age in LPG storage tanks is 33.5 years. The inspection of LPG storage tank intervals is recommended at least five years.

keywords: Risk Based Inspection, Risk level, LPG Storage tanks , *Interval Inspection, Monitoring system*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Minyak merupakan energi fosil yang dibutuhkan oleh masyarakat di seluruh dunia. Kebutuhan minyak terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan pertumbuhan di sektor industri. Kenaikan ini mengakibatkan terkurasnya cadangan energi dalam jumlah besar, khususnya energi fosil minyak bumi. Menurut Kementerian Luar Negeri Indonesia, pada tahun 2018 pertumbuhan permintaan minyak bumi dunia mencapai 1,7% (Kementerian Luar Negeri, 2012). Sedangkan menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia (ESDM), menyatakan permintaan minyak di Indonesia tahun 2018 mencapai 772,252 *Barrel Oil Per Day* (BOPD) (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2019). Dari banyaknya kebutuhan masyarakat dan ketersediaan energi fosil yang tidak dapat diperbaharui mengakibatkan krisis energi. Untuk itu penggunaan energi alternatif seperti bahan bakar gas menjadi sebuah tuntutan.

Gas alam merupakan suatu campuran yang tersusun dari gas-gas *hidrokarbon* (C_nH_{2n+2}) dan, sedikit gas-gas *non-hidrokarbon* (Pitalokha, dkk, 2016). Gas alam diproses dan diproduksi menjadi LNG, CNG, LPG dan jenis lainnya. Pendistribusian gas diawali dengan eksploitasi gas alam yang kemudian dilakukan tahap pengolahan sehingga menjadi gas yang siap digunakan oleh masyarakat maupun industri. Setelah melalui proses tersebut nantinya gas akan ditampung kedalam sebuah alat yang biasa disebut *Storage Tank*.

SPPBE PT. Kayu Lima Utama merupakan Stasiun Pengisian dan Pengangkutan Bulk Elpiji (SPPBE) Swasta yang bertugas untuk mengangkut, mengisikan dan menyerahkan LPG baik dalam bentuk tabung ataupun curah kepada agen LPG. SPPBE PT. Kayu Lima Utama memiliki LPG *storage tank*

dengan kapasitas 50 ton, dimana *storage tank* tersebut sudah dibuat dari 2010, dengan interval waktu inspeksi setiap 3 tahun sekali.

Sistem inspeksi LPG *storage tank* yang diterapkan di SPPBE PT Kayu Lima Utama Magelang pada saat ini adalah menggunakan pengecekan dengan menggunakan alat *ultrasonic thickness measurement* yang dilakukan hanya dilakukan di beberapa titik atau *spot* pada dinding *storage tank*. *Storage tank* juga memiliki kekurangan diantaranya dinding yang berfungsi untuk menyelimuti bagian pada tangki tersebut mudah sekali terkena korosi, akibat dari tangki bekerja pada tekanan tinggi dan juga faktor cuaca yang mengakibatkan terjadinya korosi. Selain sisi kelemahan *storage tank* memiliki risiko yang sangat besar diantaranya jika terjadi kebocoran. Bahaya yang ditimbulkan dapat mengakibatkan berbahaya kebakaran, ledakan dan pencemaran lingkungan yang dapat menelan korban harta/ jiwa.

Kebakaran yang ditimbulkan oleh *storage tank* sudah banyak terjadi diantaranya kebakaran di Iowa, Amerika Serikat yang berdampak pada kerugian yang sangat besar (U.S. Chemical Safety Hazard & Investigation Board, 1998). Kebocoran dan kebakaran Tangki Timbun Pertamina Batam pada tahun 2017 (Zuhri, 2017), serta meledaknya truck pengangkut LPG di Sukabumi (Pasi, 2018). Melihat risiko yang ditimbulkan oleh *storage tank* maka sangat perlu tindakan pencegahan, perawatan maupun inspeksi untuk meminimalisir bahaya yang terjadi. Untuk itu pada penelitian ini mengusulkan sebuah sistem aplikasi yang dapat digunakan untuk memonitoring kondisi *storage tank* guna meminimalisir bahaya yang terjadi. Hasil dari penelitian ini berupa teknologi dan sistem aplikasi yang dapat menganalisis tingkat risiko pada LPG *storage tank* dengan alat yang sudah dibuat berdasarkan pada metode RBI dengan Standar API 581, dapat menghasilkan sebuah penjadwalan inspeksi yang tepat untuk LPG *storage tank*. Metode yang digunakan menggunakan *Risk Based Inspection* (RBI) yang mengacu pada standar API 581.

RBI telah banyak diaplikasikan oleh beberapa peneliti yakni Renie Adinda Pitalokha, dkk (2016) menggunakan penerapan RBI berdasar pada standar api 581 untuk menghitung umur dan penjadwalan inspeksi pada

separator dan *Heat Exchanger*. Menurut Nishrina fathnin (2018), Menggunakan penerapan RBI yang berdasarkan pada standar API 581 dapat mengetahui kategori risiko, umur sisa *storage tank*, dan menentukan penjadwalan inspeksi yang efektif dan efisien. Selain dari metode tersebut, terdapat juga beberapa alat pengukuran yang sudah dipatenkan, antara lain adalah menurut Izumi, dkk, menemukan sebuah konsep leveling pada sensor *ultrasonic* yang berfungsi sebagai pendeteksi pada kebocoran dinding LPG *storage tank* (Patent No. JP2001272266A, 2001), lalu menurut Kishiro Matsubara telah mematenkan sebuah alat inspeksi level monitoring dengan menggunakan sensor *ultrasonic thickness gauge* untuk mengukur level korosi pada sebuah LPG *storage tank* (Patent No. JP4981328B2, 2006) Berdasarkan keberhasilan penggunaan RBI pada beberapa penelitian tersebut maka metode ini sangat perlu digunakan untuk sistem inspeksi pada LPG *storage tank*.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara mengkonfigurasi hasil pengukuran inspeksi LPG *storage tank* dengan menggunakan sebuah sistem aplikasi?
2. Bagaimana tingkat risiko pada LPG *storage tank* dengan alat yang sudah dikembangkan pada metode RBI dengan standar API 581?
3. Bagaimana penjadwalan inspeksi yang tepat untuk LPG *Storage tank*?

C. Tujuan

1. Mengkonfigurasi hasil pengukuran inspeksi *storage tank* dengan menggunakan sebuah sistem aplikasi
2. Menganalisis tingkat risiko pada LPG *storage tank* dengan alat yang sudah dibuat dan berdasarkan pada metode RBI dengan standar API 581.
3. Penjadwalan inspeksi yang tepat untuk LPG *storage tank* .

D. Manfaat Penelitian

1. Dapat menghasilkan sebuah sistem aplikasi untuk membaca hasil pengukuran inspeksi pada *storage tank*.
2. Dapat menganalisis tingkat risiko pada LPG *Storage tank* dengan alat yang sudah dibuat berdasarkan pada metode RBI dengan Standar API 581.
3. Dapat menghasilkan sebuah Penjadwalan Inspelsi yang tepat untuk LPG *Storage tank*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Yang Relevan

Menjelaskan beberapa penelitian tentang *Risk based Inspection* (RBI) yang pernah dilakukan, beberapa perbedaan dalam penelitian tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Penelitian yang dilakukan oleh Renie Adinda Pitalokha dkk (2016) dengan judul *Kajian Risk Based Inspection untuk Separator dan Heat Exchanger pada Liquefied Natural Gas Plant*. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung umur sisa pada separator. Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan metode *Risk Based Inspection* dengan menerapkan metode semi kuantitatif berdasarkan pada dokumen Standart API 581 Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dari perhitungan nilai PoF dan COF, diperoleh nilai risiko untuk separator dan *after cooler*. Untuk separator sendiri nilai faktor kerusakan akibat penipisan/korosi pada peralatan adalah 1 maka hasil konversi PoF adalah 1, sedangkan nilai CoF akhir yang diperoleh adalah 134.34,68 ft² maka hasil konversi CoF adalah B. Sehingga separator memiliki nilai risiko sebesar 1B yang berada pada daerah *low risk* atau risiko rendah, dan untuk *heat exchanger*nya sendiri nilai faktor kerusakan akibat penipisan/korosi pada peralatan adalah 1 maka hasil konversi PoF adalah 1, sedangkan nilai CoF akhir yang diperoleh adalah 54,49 ft² maka hasil konversi CoF adalah A. Sehingga *after cooler* memiliki nilai risiko sebesar 1A yang berada pada daerah *low risk* atau risiko rendah.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Adi Nugraha (2016) dengan judul *Studi Aplikasi Risk Based Inspection Menggunakan API 581 pada Fuel Gas Scrubber*. yang menerapkan RBI pada *Fuel Gas Scrubber* dengan menggunakan studi standar API 581. Berdasarkan pada penelitian yang dilakukannya, dapat disimpulkan bahwa tingkat risiko dari *fuel gas scrubber* yang dianalisa berada pada tingkat *medium-high risk* dengan

probability of failure berada pada kategori 1 dan *consequence of failure* berada pada kategori E.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Nisrina fathnin dkk (2018) dengan judul Kategori Risiko, Estimasi Umur Sisa, Dan Usulan Jadwal Inspeksi Pada Storage Tank Menggunakan Metode Risk-Based Inspection Pada Pt. XYZ. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kategori risiko, umur sisa, dan program interval inspeksi yang terarah pada tangki timbun.. Metode yang digunakan adalah menggunakan metode RBI semi-kuantitatif, dimana objek penelitiannya adalah *storage tank* minyak. Berdasarkan perhitungan kuantitatif didapatkan bahwa untuk probabilitas kegagalan adalah kategori 1, berdasarkan pada perhitungan kualitatif didapatkan bahwa dari probabilitas kegagalan adalah kategori 1 dan konsekuensi kegagalan kategori B, dari hasil tersebut untuk kategori risiko adalah rendah (*low*). Untuk penilaian umur sisa, berdasar pada perhitungan laju korosi dan nilai minimum ketebalan dinding dapat diketahui bahwa estimasi umur sisa pada dinding tangka timbun pada *course* 1 adalah 66 tahun, *course* 2 adalah 63 tahun, *course* 3 adalah 73 tahun, *course* 4 adalah 390 tahun, *course* 5 adalah 530 tahun, dan *course* 6 adalah 626 tahun. Dan untuk usulan interval inspeksi dapat disimpulkan bahwa usulan jadwal inspeksi yang berdasarkan pada RBI adalah 4 atau 5 tahun.

Berdasarkan keberhasilan penggunaan RBI pada beberapa penelitian tersebut maka metode ini sangat perlu digunakan, akan tetapi dari penelitian sebelumnya yang belum ditemukan adalah Sistem Aplikasi *Risk Based Inspection*. Peneliti berencana untuk memperbarui metode yang telah dilakukan dengan merancang dan membuat sebuah sistem aplikasi yang nantinya dapat digunakan dalam inspeksi tersebut, dan untuk objek yang akan diteiliti kali ini adalah pada LPG *storage tank*.

B. Spesifikasi LPG storage tank

Dalam melakukan penelitian ini alat yang akan diteliti adalah berupa LPG storage tank. Berikut adalah penjelasan masing – masing teori tersebut :

1. *Liquefied Petroleum Gas (LPG)*

Liquefied Petroleum Gas (LPG) merupakan campuran dari berbagai hydrocarbon C_nH_{2n} , sebagai hasil penyulingan minyak mentah, berbentuk gas. LPG juga merupakan sebuah senyawa hidrokarbon hasil dari penyulingan minyak mentah berbentuk gas yang dikenal sebagai *butana*, *propana*, *isobutana* atau campuran antara *butana* dengan *propana*.

Komponen utama pengisi LPG adalah senyawa hidrokarbon *propana* (C_3H_8) dan *butana* (C_4H_{10}) dengan komposisi 30% *propana* dan 70% *butana*, Namun ada di beberapa Negara komposisi LPG berbeda yaitu 50% *propana* dan 50% *butana*. Komposisi 30% *propana* dan 70% *butana* merupakan komposisi yang biasa digunakan dalam rumah tangga dan merupakan komposisi paling aman (Bastian, 2012).

2. *Pengertian Storage Tank*

Storage Tank adalah tempat yang digunakan untuk menyimpan produk minyak maupun gas sebelum didistribusikan kepada konsumen. Jenis, bentuk dan ukuran tangki bermacam-macam, mulai dari ukuran diameter 2 meter hingga 60 meter atau lebih disesuaikan dengan kebutuhan dan bahan kimia yang disimpan di dalamnya. Tangki penyimpanan banyak ditemukan di industri yang memproduksi LPG dan pengilangan, industri kimia dan petrokimia, serta industri lain yang memanfaatkan atau memproduksi cairan dan uap (Pujiriani, 2012).

3. *Jenis - Jenis Storage Tank*

Jenis-jenis tangki penyimpanan adalah sebagai berikut (Wermac, 2008) :

a) *Fixed Roof Tanks*

Fixed Roof Tanks digunakan untuk menyimpan cairan dengan *flash point* yang sangat tinggi (misalnya bahan bakar minyak). Atap (*roof*) tangki jenis ini bermacam-macam, yang banyak digunakan yaitu *cone roof*, *dome roof*, dan *umbrella roof*. *Fixed Roof Tanks* ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 *Fixed Roof Tanks*.

Sumber : (Arenas, 2011)

b) *Floating Roof Tanks*

Floating Roof Tanks hampir sama bentuknya dengan *fixed roof tanks*, hanya saja atapnya dapat bergerak naik-turun mengikuti volume cairan yang tersimpan di dalamnya. Tangki ini dibedakan menjadi 2, yaitu 1) *external floating roof* yang digunakan untuk menyimpan produk petroleum dalam jumlah yang sangat besar seperti *crude oil*; dan 2) *internal floating roof* yang digunakan untuk cairan dengan *flash point* rendah seperti etanol dan *gasoline*. *Floating Roof Tanks* ditunjukkan pada gambar 2.2



Gambar 2. 2 *Floating Roof Tanks*.

Sumber : (Wermac, 2008)

c) *Horizontal Gas Cylinder*

Horizontal Gas Cylinder digunakan untuk menyimpan gas bertekanan seperti hidrogen, propana, butana dan klorin. *Horizontal Gas Cylinder* ditunjukkan pada gambar 2.3

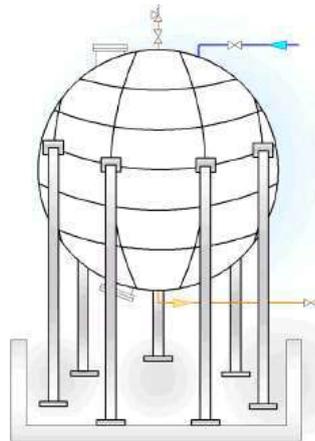


Gambar 2. 3 *Horizontal Gas Cylinder*.

Sumber : (Wermac, 2008)

d) *Spherical Tanks*

Spherical Tanks merupakan tangki bertekanan yang digunakan untuk menyimpan cairan dan gas dengan tekanan uap yang tinggi. *Spherical Tank* ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2. 4 *Spherical Tanks*.

Sumber : (Wermac, 2008)

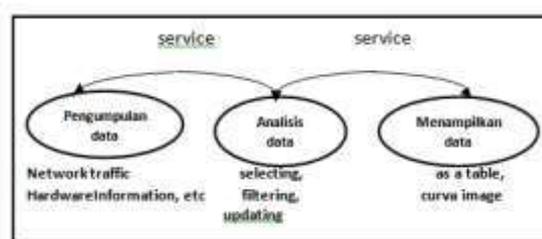
C. Sistem Aplikasi *Monitoring*

Sistem adalah sekumpulan elemen yang saling terkait atau terpadu yang dimaksudkan untuk mencapai suatu tujuan. Sebagai gambaran, jika dalam

sebuah sistem terdapat elemen yang tidak memberikan manfaat dalam mencapai tujuan yang sama, maka elemen tersebut dapat dipastikan bukan lah bagian dari sistem. Sebagai contoh, raket dan pemukul bola kasti (masing-masing sebagai elemen) tidak bisa membentuk sebuah sistem, karena tidak ada sistem permainan olahraga yang memadukan kedua peralatan tersebut. Didalam sebuah sistem juga terdapat beberapa elemen yaitu tujuan sistem, input, proses, output, dan umpan balik dari sebuah sistem tersebut.

Menurut Jogiyanto (2013), Suatu sistem mempunyai karakteristik atau sifat-sifat tertentu, yaitu mempunyai komponen-komponen (*components*), batasan sistem (*boundary*), lingkungan luar sistem (*environments*), penghubung (*interface*), masukan (*input*), keluaran (*output*), pengolah (*process*), dan sasaran (*objectives*).

Sistem *monitoring* merupakan suatu proses untuk mengumpulkan data dari berbagai sumber daya. Biasanya data yang dikumpulkan merupakan data yang *realtime* (Ohara, 2005). Secara garis besar tahapan dalam sebuah sistem *monitoring* terbagi ke dalam tiga proses besar seperti yang terlihat pada gambar 2.9, antara lain adalah : proses di dalam pengumpulan data *monitoring*, proses di dalam analisis data *monitoring*, proses di dalam menampilkan data hasil *montoring*.



Gambar 2. 5 Tahapan Sistem Monitoring.
Sumber : (Ohara, 2005)

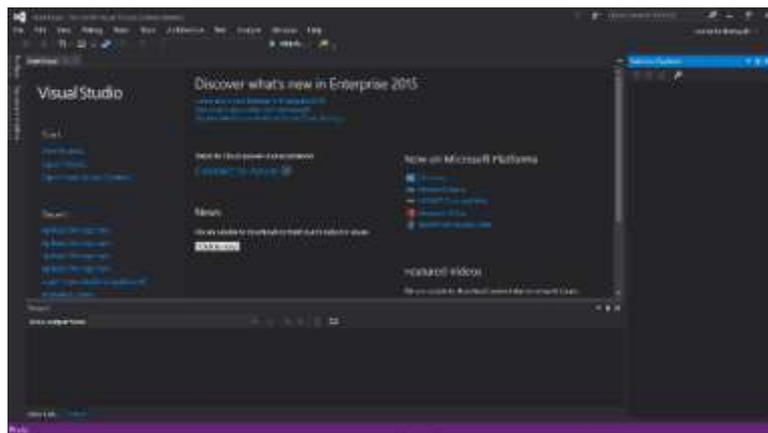
Proses yang terjadi didalam sebuah sistem monitoring adalah berbentuk *service*, yaitu sebuah proses yang terus menerus berjalan pada interval waktu tertentu. Proses yang terjadi pada sebuah sistem monitoring dimulai dari pengumpulan data seperti data dari *network traffic*, *hardware information*, dan lain-lain yang kemudian data tersebut dianalisis pada sebuah proses analisis

data dan pada akhirnya data tersebut akan ditampilkan pada sebuah layar monitor, baik berbentuk *web* ataupun *desktop*.

Sistem aplikasi monitoring adalah sekumpulan elemen yang terpadu sehingga menghasilkan sebuah *software* yang dapat digunakan. Dalam merancang sistem aplikasi diperlukan *hardware* dan *software* pendukung pembuatan sistem tersebut, dimana pada penelitian ini penulis menggunakan perangkat *hardware laptop*, dan untuk *software* nya adalah sebagai berikut :

1. *Visual Studio 2015 Enterprise*

Microsoft Visual Studio by merupakan sebuah perangkat lunak lengkap (suite) yang dapat digunakan untuk melakukan pengembangan aplikasi, baik itu aplikasi bisnis, aplikasi personal, ataupun komponen aplikasinya, dalam bentuk aplikasi *console*, aplikasi *Windows*, ataupun aplikasi *Web*. *Visual Studio* mencakup kompiler, SDK, *Integrated Development Environment (IDE)*, dan dokumentasi (umumnya berupa *MSDN Library*). Kompiler yang dimasukkan ke dalam paket *Visual Studio* antara lain *Visual C++*, *Visual C#*, *Visual Basic*, *Visual Basic .NET*, *Visual InterDev*, *Visual J++*, *Visual J#*, *Visual FoxPro*, dan *Visual SourceSafe* (Wikipedia, 2016).



Gambar 2. 6 *Visual Studio 2015 Enterprise*.

Microsoft Visual Studio 2015 yang sering juga disebut dengan VB. Net 2015 merupakan salah satu bahasa pemrograman komputer tingkat tinggi. Bahasa pemrograman merupakan perintah-perintah yang dimengerti oleh komputer untuk melakukan tugas-tugas tertentu. Bahasa pemrograman *Visual Studio 2015* dikembangkan oleh *Microsoft* yang merupakan salah satu bahasa pemrograman yang *Object Oriented Programing (OOP)* atau pemrograman

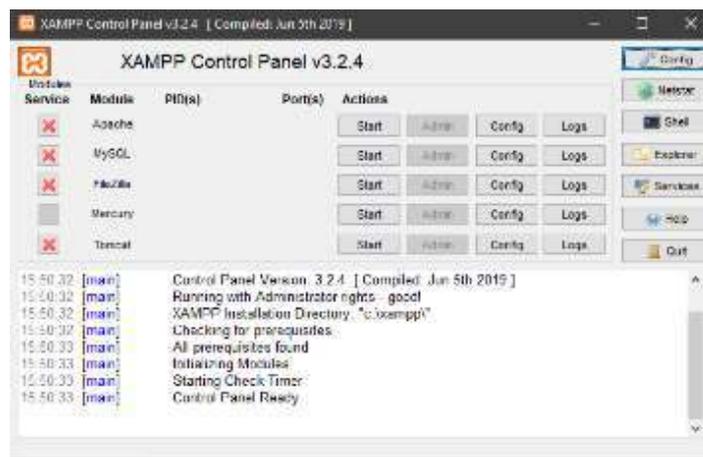
berbasis objek. Kata “*Visual*” menunjukkan cara yang digunakan untuk membuat *Graphycal User Interface* (GUI). Aplikasi *Visual Studio 2015* hanya dapat dijalankan pada Sistem Operasi *Windows*. Pada penelitian ini penulis menggunakan Bahasa pemrograman *Visual Basic.NET* dengan menggunakan *Database MySQL*.

a) *Visual Basic.NET*

Visual Basic.NET adalah Bahasa pemrograman bahasa pemrograman generasi ke tiga dari *Microsoft* dengan IDE (*Integrated Development Environment*) atau pemrograman pengembangan terpadu, *visual basic* dibuat dan dirancang untuk mudah digunakan baik oleh programmer.

b) *MYSQL*

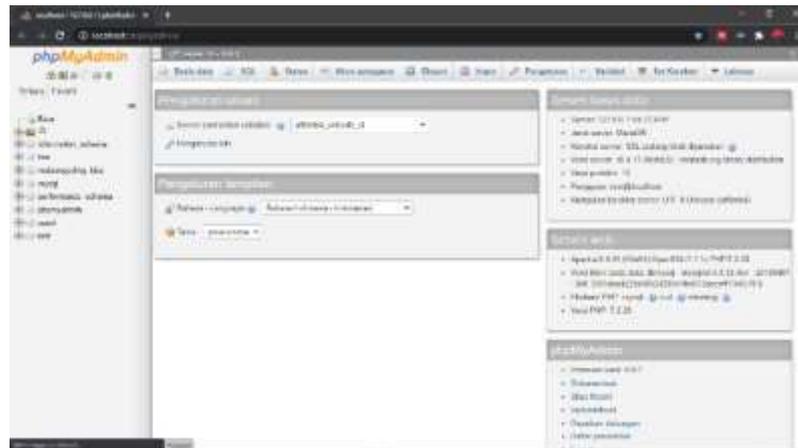
Menurut Dwi Apri Setyorini (2012:7) *MYSQL* adalah suatu perangkat lunak database relasi (*Relational Database Management System* atau *RDBMS*). Secara umum, database berfungsi sebagai tempat atau wadah untuk menyimpan, mengklasifikasikan data secara profesional. *MySQL* bekerja menggunakan *SQL Language* (*Structure Query Language*). *Mysql* dijalankan dengan aplikasi bernama *XAMPP*.



Gambar 2. 7 *Control Panel XAMPP*.

Gambar diatas adalah program untuk menjalankan *Mysql* di windows, dimana sebelum masuk kedalam database, harus konekkan terlebih dahulu *apache*, dan *MYSQL*. Setelah itu pada bagian *MYSQL* terdapat button *admin*, untuk memunculkan database klik pada bagian *admin* tersebut, setelah itu web browser akan muncul secara otomatis untuk

memunculkan database *MYSQL*. Berikut adalah tampilan halaman utama pada *database MySQL*



Gambar 2. 8 Halaman Utama *Database MYSQL*.

SQL adalah suatu sintaks perintah-perintah tertentu atau bahasa(pemrograman) yang digunakan untuk mengelola suatu database (Kusuma, 2019). Alasan pemilihan Mysql sebagai *database server*, karena kecepatan dalam pemrosesan data lebih cepat, kemudahan dalam penggunaan, mendukung *query language*, gratis, dapat menghemat kapasitas *laptop*.

2. *Decision Support System*

Decision Support System (DSS) menurut Akbar (2008) adalah sistem yang berbasis komputer yang dipergunakan untuk membantu para pengambil keputusan dalam rangka memecahkan masalah - masalah yang rumit dilakukan dengan kalkulasi manual dengan cara melalui simulasi yang interaktif dimana data dan model analisis sebagai komponen utama. Sistem pendukung keputusan adalah suatu sistem berbasis komputer yang menghasilkan berbagai alternatif keputusan untuk membantu manajemen dalam menangani berbagai permasalahan yang terstruktur ataupun tidak terstruktur dengan menggunakan data dan model. DSS terdiri dari beberapa komponen, komponen DSS adalah :

a. *Data Management*

Termasuk database, yang mendukung data yang relevan untuk berbagai situasi dan diatur oleh software yang disebut *Database Management*

Systems (DBMS). Terdiri dari elemen-elemen: Database, Database management system, Data directory, Query facility.

b. *Model Management*

Melibatkan model finansial, statistikal, management science, atau bergabai model kuantitatif lainnya, sehingga dapat memberikan ke sistem suatu *kemampuan* analitis, dan manajemen software yang diperlukan. Terdiri dari elemen-elemen: *Model base, Model base management, Modeling language, Model directory, Model execution, integration and command processor.*

c. *Communication* (dialog subsistem)

User dapat berkomunikasi dan memberikan perintah pada DSS melalui *subsistem* ini. Dialog subsistem diatur oleh *software* yang disebut *Dialog Generation and Management Systems* (DGMS).

3. *Data Flow Diagram* (DFD)

DFD adalah sebuah model dari sistem untuk menggambarkan pembagian sistem ke modul yang lebih kecil (Ladjamudin, 2013). DFD juga dapat diartikan suatu model logika data atau proses yang dibuat untuk menggambarkan darimana asal data dan kemana tujuan *data* yang keluar dari sistem, dimana data disimpan, proses apa yang menghasilkan data tersebut dan interaksi antara data yang tersimpan serta proses yang dikenakan pada data tersebut (Yuliyani, 2019). Keuntungan dari DFD adalah memudahkan pemakai atau user yang kurang menguasai bidang komputer untuk mengerti sistem yang akan dikerjakan.

Menurut Jogiyanto (2005) pedoman penggambaran DFD dapat mengikuti langkah-langkah diantaranya, identifikasi *external entity*, identifikasi semua input dan output yang terlibat dengan kesatuan luar, gambarlah terlebih dahulu suatu diagram konteks (*context diagram*) = *top level*. Diagram konteks selalu mengandung satu dan hanya satu proses saja, gambarlah bagan berjenjang (*hierarchy chart*). Untuk mempersiapkan penggambaran DFD ke *level-level* lebih bawah lagi, gambarlah sketsa DFD untuk *overview* diagram (level 0), gambarlah DFD untuk *level-level* berikutnya (1, 2, dst) dan gambarlah DFD gabungan semua *level*.

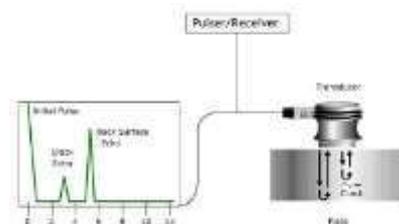
D. Inspeksi LPG storage tank

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 (Wahyu, 2016). 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) (Wahyu, 2016)

1. Ultrasonic Thickness Gauging

Ultrasonic Thickness Gauging adalah alat ukur untuk mengukur sebuah ketebalan pada sebuah benda yang berbasis pada gelombang *ultrasonic* sebagai alat untuk mengukurnya. Gelombang ultrasonik di pancarkan kemudian di terima balik oleh *receiver ultrasonic*. Gelombang ultrasonik adalah gelombang bunyi yang mempunyai frekuensi sangat tinggi yaitu 20.000 Hz (Pasaribu, 2017).

Ultrasonic Testing (UT) merupakan salah satu metode *Non Destructive Testing* (NDT) yang menggunakan energi suara frekuensi tinggi. Metode UT bisa digunakan untuk deteksi cacat, evaluasi material, pengukuran dimensi, analisis karakteristik material dan lainnya (Busono, Catur, Amril, & Royadi, 2016). *Ultrasonic thickness gauge* ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2. 9 *Ultrasonic Thicness Gauge* bekerja
Sumber : (Busono et al., 2016)

Keterangan :

Initial Pulse = Pulsa inisial yang pertama

Crack Echo = *Echo* cacat pada material (jarak posisi dari kecacatan yang ada pada bahan)

Back Surface = *Echo* pantulan balik dari bahan (ketebalan bahan)

E. Risk Based Inspection (RBI)

Risk Based Inspection (RBI) merupakan metode yang menggunakan risiko sebagai dasar untuk melakukan sebuah inspeksi. RBI adalah suatu proses penilaian dan manajemen risiko yang fokus pada hilangnya penahanan dari peralatan bertekanan pada fasilitas pengolahan dikarenakan kerusakan material (API 581,2008). Metode ini mengkategorikan peralatan operasional berdasarkan tingkat risiko yang dimiliki.

Adapun tujuan dari RBI adalah melindungi peralatan dengan mengidentifikasi area yang memiliki tingkat risiko tinggi, Memperkirakan nilai risiko pada tiap peralatan. Adanya prioritas berdasarkan nilai risiko yang terukur, Merancang rencana inspeksi yang cocok untuk dilakukan secara sistematis mengatur risiko pada kegagalan alat (Al Qathafi & Sulistijono, 2015).

API 581 membagi jenis-jenis penilaian RBI menjadi 3 jenis pendekatan, yaitu pendekatan kualitatif, pendekatan semi-kuantitatif, dan pendekatan kuantitatif. Metode kualitatif merupakan metode yang menganalisis menggunakan pengkategorian umum untuk *Probability Of Failure* (POF), dan *Consequence of Failure* (COF). Metode kuantitatif adalah metode yang menganalisis berdasarkan penghitungan data kompleks, Analisa risiko kuantitatif menggunakan model logika yang menggambarkan kombinasi dari kejadian yang dapat menyebabkan kecelakaan yang merugikan dan model fisik yang menggambarkan perbaikan dari kecelakaan dan perpindahan material yang berbahaya terhadap lingkungan. Sedangkan Metode semi-kuantitatif merupakan metode pertengahan antara kualitatif dan kuantitatif, dimana untuk hasil yang dicapai lebih akurat dari kualitatif namun penghitungannya tidak sekompleks metode kuantitatif.

RBI didefinisikan sebagai kombinasi antara probability of failure (PoF) dan consequence of failure (CoF). Menurut API RP 580, risiko dapat dihitung dengan persamaan rumus (1) berikut ini :

$$\text{Risk} = \text{POF} \times \text{COF} \dots \dots \dots (1)$$

1. Probability of Failure (PoF)

Probability of Failure (PoF) adalah nilai perhitungan peluang kemungkinan terjadinya kegagalan pada suatu peralatan. Kemungkinan kegagalan pada API RBI dihitung menggunakan persamaan:

$$P_f(t) = gff \cdot D_f(t) \cdot F_{MS} \quad \dots\dots\dots(2)$$

Pada persamaan tersebut, kemungkinan kegagalan, $P_f(t)$, ditentukan sebagai produk dari frekuensi kegagalan umum, gff , faktor kerusakan, $D_f(t)$, dan faktor sistem manajemen, F_{MS} .

a. Generic failure frequency

Frekuensi kegagalan umum sebuah komponen diperkirakan menggunakan catatan dari peralatan-peralatan dalam sebuah perusahaan atau dari berbagai pabrik dalam sebuah industri, dari sumber literatur, dan data umum keandalan komersial. Frekuensi kegagalan umum dimaksudkan untuk menjadi representatif frekuensi kegagalan dari penurunan mutu kerja yang dialami selama dioperasikan pada lingkungan yang spesifik, dan ditunjukkan untuk beberapa ukuran lubang pada tipe-tipe peralatan, seperti bejana tekan, drum, sistem perpipaan, dll. Daftar nilai kemungkinan kegagalan umum yang direkomendasikan tersedia pada tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Rekomendasi Nilai Frekuensi Kegagalan Umum.

Tipe Peralatan/ Komponen	Frekuensi Kegagalan berdasarkan ukuran lubang(kegagalan/tahun)				gff_{total} (kegagalan/ tahun)
	<i>Small</i>	<i>Medium</i>	<i>Large</i>	<i>Rupture</i>	
Compresso r/ COMPC	8,E-06	2,E-05	2,E-06	0	3,E-05
Compresso r/ COMPR	8,E-06	2,E-05	2,E-06	6,E-07	3,06,E-05
Heat Exchanger/ HEXSS	8,E-06	2,E-05	2,E-06	6,E-07	3,06,E-05
Heat Exchanger/ HEXTS	8,E-06	2,E-05	2,E-06	6,E-07	3,06,E-05

Lanjutan tabel 2. 1

Heat Exchanger/ HEXTUBE	8,E-06	2,E-05	2,E-06	6,E-07	3,06,E-05
Pipe/PIPE-1	2,8,E-05	0	0	2,6,E-06	3,06,E-05
Pipe/PIPE-2	2,8,E-05	0	0	2,6,E-06	3,06,E-05
Pipe/PIPE-2	8,E-06	2,E-05	0	2,6,E-06	3,06,E-05
Pipe/PIPE-6	8,E-06	2,E-05	0	2,6,E-06	3,06,E-05
Pipe/PIPE-8	8,E-06	2,E-05	2,E-06	6,E-07	3,06,E-05
Pipe/PIPE-10	8,E-06	2,E-05	2,E-06	6,E-07	3,06,E-05
Pipe/PIPE-12	8,E-06	2,E-05	2,E-06	6,E-07	3,06,E-05
Pipe/PIPE-16	8,E-06	2,E-05	2,E-06	6,E-07	3,06,E-05
Pipe/PIPE GT16	8,E-06	2,E-05	2,E-06	6,E-07	3,06,E-05
Pump/PUM P2S	8,E-06	2,E-05	2,E-06	6,E-07	3,06,E-05
Pump/PUMPR	8,E-06	2,E-05	2,E-06	6,E-07	3,06,E-05
Pump/PUM P1S	8,E-06	2,E-05	2,E-06	6,E-07	3,06,E-05
Tank650/ COURSE-1	7,E-05	2,E-05	5,E-06	1,E-07	1,00,E-04
Tank650/ COURSE-2	7,E-05	2,E-05	5,E-06	1,E-07	1,00,E-04
Tank650/ COURSE-3	7,E-05	2,E-05	5,E-06	1,E-07	1,00,E-04
Tank650/ COURSE-4	7,E-05	2,E-05	5,E-06	1,E-07	1,00,E-04
Tank650/ COURSE-5	7,E-05	2,E-05	5,E-06	1,E-07	1,00,E-04
Tank650/ COURSE-6	7,E-05	2,E-05	5,E-06	1,E-07	1,00,E-04
Tank650/ COURSE-7	7,E-05	2,E-05	5,E-06	1,E-07	1,00,E-04
Tank650/ COURSE-8	7,E-05	2,E-05	5,E-06	1,E-07	1,00,E-04
Tank650/ COURSE-9	7,E-05	2,E-05	5,E-06	1,E-07	1,00,E-04
Tank650/ COURSE-10	7,E-05	2,E-05	5,E-06	1,E-07	1,00,E-04

Lanjutan tabel 2. 1

Vessel or Fin/KODRUM	8,E-06	2,E-05	2,E-06	6,E-07	3,06,E-05
Vessel or Fin/COLBTM	8,E-06	2,E-05	2,E-06	6,E-07	3,06,E-05
Vessel or Fin/FINFAN	8,E-06	2,E-05	2,E-06	6,E-07	3,06,E-05
Vessel or Fin/FILTER	8,E-06	2,E-05	2,E-06	6,E-07	3,06,E-05
Vessel or Fin/DRUM	8,E-06	2,E-05	2,E-06	6,E-07	3,06,E-05
Vessel or Fin/REACTOR	8,E-06	2,E-05	2,E-06	6,E-07	3,06,E-05
Vessel or Fin/COLTOP	8,E-06	2,E-05	2,E-06	6,E-07	3,06,E-05
Vessel or Fin/COLM ID	8,E-06	2,E-05	2,E-06	6,E-07	3,06,E-05

Sumber : (API, 2008)

Frekuensi kegagalan umum diasumsikan memiliki distribusi log-normal, dengan persentase kesalahan antara 3% hingga 10%.

b. Faktor Kerusakan

Faktor kerusakan dimaksudkan untuk mendukung metodologi API RBI dengan menyediakan alat penyaringan untuk menentukan prioritas inspeksi dan untuk mengoptimalkan upaya inspeksi. Fungsi dasar dari faktor kerusakan adalah mengevaluasi jumlah kerusakan yang dapat terjadi sebagai fungsi waktu kerja dan keefektifan aktifitas inspeksi. Estimasi faktor kerusakan yang tersedia adalah untuk mekanisme kerusakan di bawah ini: *Thinning* – Df^{thin} , *Component Lining* - Df^{elin} , *External Damage* - D^{extd} , *Stress Corrosion Cracking (SCC)* - Df^{fcc} , *High Temperature Hydrogen Attack* - D^{hta} , *Mechanical Fatigue* - Df^{mfa} , *Brittle Fracture* - D^{brit}

Tidak semua faktor kerusakan tersebut digunakan dalam perhitungan pada saat menganalisa kemungkinan kegagalan suatu alat. Untuk API 581 menyediakan kriteria penyaringan tersebut.

Faktor kerusakan juga ditentukan sebagai fungsi dari efektifitas inspeksi. Kategori keefektifan inspeksi yang digunakan dalam API RBI ditampilkan pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Kategori Keefektifan Inspeksi

Kategori Keefektifan Inspeksi	Deskripsi
<i>Highly Effective</i>	<i>The inspection methods will correctly identify the true damage state in nearly every case (or 80-100% confidence)</i>
<i>Usually Effective</i>	<i>The inspection methods will correctly identify the true damage state most of the time (or 60-80% confidence)</i>
<i>Fairly Effective</i>	<i>The inspection methods will correctly identify the true damage state about half of the time (or 40-60% confidence)</i>
<i>Poorly Effective</i>	<i>The inspection methods will provide little information to correctly identify the true damage state (or 20-40% confidence)</i>
<i>Ineffective</i>	<i>The inspection methods will provide no or almost no information that will correctly identify the true damage state and are considered ineffective for detecting the specific damage mechanism (less than 20% confidence)</i>

Sumber : (API, 2008)

c. Perhitungan Faktor Kerusakan *Thinning*

Dalam penilaian API RBI, semua komponen harus diperiksa dengan faktor kerusakan *thinning*.

Berikut adalah prosedur dalam menghitung nilai dari faktor kerusakan *thinning* :

1) Menentukan jumlah inspeksi dan kategori keefektifan inspeksi

Menentukan jumlah inspeksi dan kategori dari semua inspeksi yang telah dijalani, Pedoman dalam penilaian keefektifan inspeksi untuk general thinning dijabarkan di tabel 2.3

Tabel 2.3 Pedoman Penilaian Keefektifan Inspeksi

Kategori Inspeksi	Kategori Keefektifan Inspeksi	Contoh Inspeksi <i>Intrusive</i>	Contoh Inspeksi <i>Non-Intrusive</i>
A	<i>Highly Effective</i>	<i>50 to 100% examination of the surface (partial internals removed), and accompanied by thickness measurements</i>	<i>50 to 100% ultrasonic scanning coverage (automated or manual) or profile radiography</i>

Lanjutan tabel 2. 3

B	<i>Usually Effective</i>	<i>Nominally 20% examination (no internals removed), and spot external ultrasonic thickness measurements</i>	<i>Nominally 20% ultrasonic scanning coverage (automated or manual), or profile radiography, or external spot thickness (statistically validated)</i>
C	<i>Fairly Effective</i>	<i>Visual examination with thickness measurements</i>	<i>2 to 3% examination, spot external ultrasonic thickness measurements, and little or no internal visual examination</i>
D	<i>Poorly Effective</i>	<i>Visual examination</i>	<i>Several thickness measurements, and a documented inspection planning system</i>
E	<i>Ineffective</i>	<i>No inspection</i>	<i>Several thickness measurements taken only externally, and a poorly documented inspection planning system</i>

Sumber : (API, 2008)

2) Tentukan waktu *in-service*,

Menentukan waktu *in service* dan *age*, sejak inspeksi pembacaan ketebalan terakhir, *trd.*, adalah dengan cara sebagai berikut

$$age = current\ inspection - previous\ inspection \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

Age = umur storage tank saat dilakukan inspeksi

Current inspection = tahun equipment di inspeksi

Previous inspection = tahun equipment terakhir di inspeksi

Setelah melakukan perhitungan *age* , maka selanjutnya adalah melakukan pengukuran ketebalan pada alat / *equipment* agar mendapatkan nilai *trd*

3) Menentukan laju korosi dari *base metal*, C_{r,bm_s} ,

Langkah selanjutnya adalah menentukan laju korosi berdasarkan material dan lingkungan prosesnya. Berikut adalah rumus pada C_{r,bm_s}

a) Persamaan rumus *short corrosion* :

$$CR = (t_{prev} - t_{act}) / \text{Tahun antara } t_{prev} \text{ dan } t_{act} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

t_{prev} = ketebalan terakhir equipment

t_{act} = ketebalan terbaru equipment

Untuk tahun adalah tahun hasil perhitungan pada *age*

b) Persamaan rumus *Long corrosion* :

$$CR = (t_{nom} - t_{act}) / \text{Tahun antara } t_{nom} \text{ dan } t_{act} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

t_{nom} = ketebalan nominal equipment pada saat dibuat

t_{act} = ketebalan terbaru equipment

Untuk tahun adalah tahun hasil perhitungan *age*

4) Menentukan ketebalan dinding minimum, t_{minR} ,

Dalam menentukan t_{min} digunakan kode konstruksi originalnya.

Untuk LPG *storage tank* ketebalan dinding minumnya adalah 0,1 mm.

untuk rumus persamaan t_{min} adalah sebagai berikut :

a) T_{min} untuk bagian shell :

$$T_{minshell} = (P \cdot R_i) / (S \cdot E - 0,6 P) \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

P = *Pressure* atau tekanan pada *Equipment*

R_i = diameter pada *equipment* (dalam radius)

S = *Allowable Stress* (S)

E = *Joint efficiency* = 1

b) T_{min} untuk bagian head :

$$(P \cdot ID \cdot K) / (2 \cdot S \cdot E - 0,2 P) \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

ID = Diameter equipment

K = Faktor = 1

- 5) Hitung waktu atau umur sejak inspeksi terakhir yang dibutuhkan untuk mengkorosikan semua material *clad*, *age_{rc}*, menggunakan persamaan 2. 2 dalam API 581

$$age_{rc} = \max \left[\left(\frac{t_{rd} - t}{C_{r,cm}} \right) \right] \dots \dots \dots (8)$$

Pressure vessel yang dianalisis tidak memiliki *cladding* sehingga perhitungan ini dapat diabaikan.

- 6) Menentukan *A_{rt}* (parameter *damage faktor*)

Parameter *damage faktor* (*Art*) dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$A_{rt} = \max \left[\left(1 - \frac{t_{rd} - C_{r,cm} \cdot age}{t_{min} + CA} \right) \right] \dots \dots \dots (9)$$

- 7) Menentukan *base damage faktor for thinning (Dfbthin)*

Base damage faktor dapat ditentukan dari Tabel 2.4. Penentuan nilai tersebut berdasarkan angka inspeksi dan kategori efektifitas inspeksi yang telah ditentukan sebelumnya.

Tabel 2.4 Faktor Kerusakan *Thinning*

<i>A_{rt}</i>	Keefektifan Inspeksi								
	E	1 Inspeksi				2 Inspeksi			
		D	C	B	A	D	C	B	A
0,02	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,04	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,06	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,08	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,10	2	2	1	1	1	1	1	1	1
0,12	6	5	3	2	1	4	2	1	1
0,14	20	17	10	6	1	13	6	1	1
0,16	90	70	50	20	3	50	20	4	1
0,18	250	200	130	70	7	170	70	10	1
0,20	400	300	210	110	15	290	120	20	1
0,25	520	450	290	150	20	350	170	30	2
0,30	650	550	400	200	30	400	200	40	3
0,35	750	650	550	300	80	600	300	80	10
0,40	900	800	700	400	130	700	400	120	30
0,45	1050	900	810	500	200	800	500	160	40
0,50	1200	1100	970	600	270	1000	600	200	60

Lanjutan tabel 2.4

0,55	1350	1200	1130	700	350	1100	750	300	100
0,60	1500	1400	1250	850	500	1300	900	400	230
0,65	1900	1700	1400	1000	700	1600	1105	670	530
A_{rt}	Keefektifan Inspeksi								
	E	3 Inspeksi				4 Inspeksi			
		D	C	B	A	D	C	B	A
0,02	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,04	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,06	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,08	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,10	2	1	1	1	1	1	1	1	1
0,12	6	3	1	1	1	2	1	1	1
0,14	20	10	3	1	1	7	2	1	1
0,16	90	40	10	1	1	30	5	1	1
0,18	250	130	35	3	1	100	15	1	1
0,20	400	260	60	5	1	180	20	2	1
0,25	520	240	80	6	1	200	30	2	1
0,30	650	320	110	9	2	240	50	4	2
0,35	750	540	150	20	5	440	90	10	4
0,40	900	600	200	50	10	500	140	20	8
0,45	¹⁰⁵⁰	700	270	60	20	600	200	30	15
0,50	¹²⁰⁰	900	360	80	40	800	270	50	40
0,55	¹³⁵⁰	1000	500	130	90	900	350	100	90
0,60	¹⁵⁰⁰	1200	620	250	210	¹⁰⁰⁰	450	220	210
0,65	¹⁹⁰⁰	1300	880	550	500	¹²⁰⁰	700	530	500
A_{rt}	Keefektifan Inspeksi								
	E	5 Inspeksi				6 Inspeksi			
		D	C	B	A	D	C	B	A
0,02	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,04	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,06	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,08	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,10	2	1	1	1	1	1	1	1	1
0,12	6	2	1	1	1	1	1	1	1
0,14	20	5	1	1	1	4	1	1	1

Lanjutan tabel 2.4

0,16	90	20	2	1	1	14	1	1	1
0,18	250	70	7	1	1	50	3	1	1
0,20	400	120	10	1	1	100	6	1	1
0,25	520	150	15	2	1	120	7	1	1
0,30	650	180	25	3	2	150	10	2	2
0,35	750	350	70	6	4	280	40	5	4
0,40	900	400	110	10	8	350	90	9	8
0,45	¹⁰⁵⁰	500	160	20	15	400	130	20	15
0,50	¹²⁰⁰	700	210	40	40	600	180	40	40
0,55	¹³⁵⁰	800	260	90	90	700	240	90	90
0,60	¹⁵⁰⁰	900	360	210	²¹⁰	800	300	²¹⁰	210
0,65	¹⁹⁰⁰	¹¹⁰⁰	640	500	500	¹⁰⁰⁰	600	500	500

Sumber : (API, 2008)

8) Menentukan faktor kerusakan dari *thinning*, D^{thin} ,
 Menentukan faktor kerusakan dari thinning dengan menggunakan persamaan berikut:

$$D_f^{thin} = \frac{D_{fB}^{thin} \cdot F_{IP} \cdot F_{DL} \cdot F_{WD} \cdot F_{AM} \cdot F_{SM}}{F_{OM}} \dots\dots\dots(10)$$

Penjelasan masing-masing faktor tambahan menurut (API, 2008) ialah sebagai berikut :

a) *Injection point/mix point* (F_{IP})

Faktor tambahan injeksi atau titik campuran ini didefinisikan sebagai titik campuran dimana senyawa kimia (termasuk air) ditambahkan ke dalam aliran utama. Jika sirkuit perpipaan atau *equipment* memiliki titik injeksi, maka faktor tambahan *injection point*(F_{IP}) = 3. Jika inspeksi dengan keefektifan tinggi mengenai korosi dilakukan maka faktor tambahan $F_{IP} = 1$

b) *Dead Legs* (F_{DL})

Deadleg adalah *Equipment* yang hanya digunakan kadang-kadang beroperasi misalnya saja saat start up, shutdown, atau regeneration cycle daripada operasi secara terus menerus. Jika *equipment* terdapat bagian tersebut pada alat maka nilai $F_{DL} = 3$. Jika efektifitas inspeksinya adalah *highly effective* inspection digunakan

untuk menunjukkan potensial korosi *localized* pada deadlegs maka faktor tambahan yang tidak biasa atau FDL = 1.

c) *Welded Construction* (FWD)

Faktor tambahan konstruksi pengelasan hanya dapat diaplikasikan untuk atmospheric storage tank. Apabila komponen (*atmospheric storage tank*) dilas (tidak terpaku) maka faktor tambahan konstruksi pengelasan FWD =1. Sebaliknya apabila komponen tidak dilas (terpaku) maka faktor tambahan konstruksi pengelasan FWD=10. Apabila equipment yang diukur bukan *atmospheric storage tank* maka nilai FWD tidak digunakan dan FWD = 1.

d) *Tank Maintenance* per API 653 (FAM)

Faktor *maintenance* berhubungan dengan API 653, hanya dapat diaplikasikan untuk *atmospheric storage tank*. Jika tanki mengalami pemeliharaan sesuai API 653, maka FAM = 1, jika *atmospheric storage tank* tidak dipelihara dengan API 653 maka FAM = 5, dan apabila equipment bukan *atmospheric storage tank* maka FAM = 1

e) *Settlement* (FSM)

Faktor tambahan *settlement* ini hanya dapat diaplikasikan untuk *atmospheric storage tank bottom*. Ditentukan oleh beberapa kriteria seperti berikut ini: *Recorded settlement exceeds* API 653- FSM = 2, *Recorded settlement meets* API 653- FSM = 1, *Settlement never evaluated*- FSM =1,5 , *Concrete foundation* , *no settlement*- FSM =1, dan apabila equipment bukan *atmospheric storage tank* maka FSM = 1

f) *Online Monitoring* (FOM)

Sebagai penambahan dalam inspeksi, on-line monitoring pada korosi (atau variable kunci yang mempengaruhi korosi) cukup umum digunakan untuk mencegah kegagalan korosi. Dengan menggunakan pengetahuan mengenai mekanisme thinning dan tabel mengenai tipe dari on-line monitoring yang disediakan dalam API 581, maka nilai faktor ini dapat ditentukan. Jika terdapat lebih

dari satu metode monitoring, maka nilai yang digunakan adalah yang tertinggi. Apabila tidak menggunakan on-line monitoring maka faktor tambahan *on-line monitoring*(FOM)=1.

9) Faktor Sistem Manajemen

Prosedur API RBI menggunakan faktor sistem manajemen dalam menyesuaikan frekuensi kegagalan umum dalam proses sistem manajemen keamanan yang berbeda. Dalam API RBI suatu alat evaluasi untuk menilai porsi dari sistem manajemen fasilitas yang dapat berpengaruh terhadap kemungkinan kegagalan komponen. Evaluasi sistem manajemen dijabarkan dalam API 581 pada Annex 2.A. Evaluasi tersebut terdiri dari pertanyaan-pertanyaan yang sebagian besar terdiri dari banyak bagian. Maksimum skor yang dapat diperoleh adalah 1000. Skor yang didapatkan kemudian dimasukkan ke dalam persamaan berikut:

$$p_{score} = \frac{score}{1000} \cdot 100 [unit\ is\ \%] \dots\dots\dots(11)$$

Selanjutnya nilai p_{score} tersebut dimasukkan kedalam persamaan berikut untuk mendapatkan nilai F_{MS}

$$F_{MS} = 10^{(-0.02 \cdot p_{score} + 1)} \dots\dots\dots(12)$$

2. *Consequence Of Failure* (CoF)

COF adalah perhitungan mengenai nilai konsekuensi dari risiko suatu peralatan. Analisa konsekuensi dalam penilaian API RBI dilakukan untuk membantu membuat peringkat dari alat-alat berdasarkan risikonya. Terdapat 2 metode dalam analisis konsekuensi, yaitu level 1 dan level 2. Analisa konsekuensi level 1 bersifat lebih sederhana dan digunakan untuk fluida yang terdapat dalam list fluida representatif yang disediakan oleh API 581, sedangkan analisa konsekuensi level 2 bersifat lebih teliti dan dapat digunakan untuk fluida yang lebih luas dan tidak disediakan dalam list fluida representative (Nugraha, 2016).

Analisa konsekuensi level 1 terdiri dari beberapa tahapan untuk mendapatkan nilai akhir konsekuensinya. Adapun langkah – langkah dalam perhitungannya adalah sebagai berikut: Menentukan fluida representatif dan

sifatnya, Menentukan ukuran lubang kebocoran, Menghitung laju kebocoran, Menghitung massa yang tersedia, Menentukan tipe kebocoran, Menentukan dampak dari sistem deteksi dan isolasi, Menghitung laju dan massa kebocoran untuk analisa konsekuensi, Menghitung konsekuensi keterbakaran dan ledakan, Menentukan konsekuensi racun, Menentukan konsekuensi tidak mudah terbakar tidak beracun (*non-flammable non-toxic*), Menentukan konsekuensi kerusakan komponen dan cedera personil.

a) Menentukan Fluida Representatif dan Sifatnya

Untuk menentukan fluida representatif beserta sifatnya yang akan digunakan dalam analisa konsekuensi COF ini, terdapat beberapa langkah dalam prosedur perhitungannya. Adapun prosedur perhitungan untuk menentukan fluida representatif dan sifatnya sebagai berikut:

1) Memilih fluida representatif

Fluida representatif dipilih berdasarkan pada material yang terdapat dalam alat / *equipment*. Berikut ini adalah tabel list fluida representatif tabel list fluida representative berada pada tabel 2.5

Tabel 2.5 List Fluida Representatif untuk Analisis *Level 1*

Fluida Representatif	Tipe Fluida	Contoh Aplikasi Materialnya
$C_{1.} - C_{2}$	<i>TYPE 0</i>	<i>methane, ethane, ethylene, LNG, fuel gas</i>
$C_{3.} - C_{4}$	<i>TYPE 0</i>	<i>propane, butane, isobutane, LPG</i>
C_{5}	<i>TYPE 0</i>	<i>pentane</i>
$C_{6.} - C_{8}$	<i>TYPE 0</i>	<i>gasoline, naphtha, light straight run heptane,</i>
$C_{9.} - C_{12}$	<i>TYPE 0</i>	<i>diesel, kerosene</i>
$C_{13.} - C_{16}$	<i>TYPE 0</i>	<i>jet fuel, kerosene, atmospheric gas oil</i>
$C_{17.} - C_{25}$	<i>TYPE 0</i>	<i>gas oil, typical crude</i>
C_{25+}	<i>TYPE 0</i>	<i>residuum, heavy crude, lube oil, seal oil</i>
H_{2}	<i>TYPE 0</i>	<i>hydrogen only</i>
$H_{2,S}$	<i>TYPE 0</i>	<i>hydrogen sulfide only</i>

Lanjutan tabel 2. 5

<i>HF</i>	<i>TYPE 0</i>	<i>hydrogen fluoride</i>
<i>water</i>	<i>TYPE 0</i>	<i>water</i>
<i>steam</i>	<i>TYPE 0</i>	<i>steam</i>
<i>Acid (low)</i>	<i>TYPE 0</i>	<i>Acid, caustic</i>
<i>Aromatics</i>	<i>TYPE 1</i>	<i>Benzene, Toluene, Xylene, Cumene</i>
<i>AlCl₃</i>	<i>TYPE 0</i>	<i>Aluminum Chloride</i>
<i>Pyrophoric</i>	<i>TYPE 0</i>	<i>Pyrophoric Materials</i>
<i>Ammonia</i>	<i>TYPE 0</i>	<i>Ammonia</i>
<i>Chlorine</i>	<i>TYPE 0</i>	<i>Chlorine</i>
<i>CO</i>	<i>TYPE 1</i>	<i>Carbon Monoxide</i>
<i>DEE</i>	<i>TYPE 1</i>	<i>Diethyl Ether</i>
<i>HCL</i>	<i>TYPE 0</i>	<i>Hydrogen Chloride</i>
<i>Nitric Acid</i>	<i>TYPE 0</i>	<i>Nitric Acid</i>
<i>NOR₂</i>	<i>TYPE 0</i>	<i>Nitrogen Dioxide</i>
<i>Phosgene</i>	<i>TYPE 0</i>	<i>Phosgene</i>
<i>TDI</i>	<i>TYPE 0</i>	<i>Toluene Diisocyanate</i>
<i>Methanol</i>	<i>TYPE 1</i>	<i>Methanol</i>
<i>PO</i>	<i>TYPE 1</i>	<i>Propylene Oxide</i>
<i>Styrene</i>	<i>TYPE 1</i>	<i>Styrene</i>
<i>EEA</i>	<i>TYPE 1</i>	<i>Ethylene Glycol Monoethyl Ether Acetate</i>
<i>EE</i>	<i>TYPE 1</i>	<i>Ethylene Glycol Monoethyl Ether</i>
<i>EG</i>	<i>TYPE 1</i>	<i>Ethylene Glycol</i>
<i>EO</i>	<i>TYPE 1</i>	<i>Ethylene Oxide</i>

Sumber : (API, 2008)

2) Menentukan fasa fluida yang tersimpan

Menentukan fasa fluida yang tersimpan. Dalam RBI 581 terdapat 2 fasa fluida yaitu *liquid* dan atau *vapor*

3) Menentukan sifat fluida yang tersimpan.

Untuk sifat fluida yang berfasa *vapor*, hal yang dibutuhkan adalah: MW – *Molecular Weight*, k – *ideal gas specific heat ratio*, AIT – *Auto-Ignition Temperature*.

Nilai dari hal dibutuhkan diatas didapat dari tabel 2.6 berikut ini :

Tabel 2.6 Sifat-sifat dari Fluida Representatif

Fluida	MW (lb/ft ³)	Eq. for C _p	AIT (°F)
C ₁ – C ₂	23	Note 1	1036

Lanjutan tabel 2. 6

<i>C₃ – C₄</i>	51	<i>Note 1</i>	696
<i>C₅</i>	72	<i>Note 1</i>	544
<i>C₆ – C₈</i>	100	<i>Note 1</i>	433
<i>C₉ – C₁₂</i>	149	<i>Note 1</i>	406
<i>C₁₃ – C₁₆</i>	205	<i>Note 1</i>	396
<i>C₁₇ – C₂₅</i>	280	<i>Note 1</i>	396
<i>C₂₅₊</i>	422	<i>Note 1</i>	396
<i>Water</i>	18	<i>Note 3</i>	N/A
<i>Steam</i>	18	<i>Note 3</i>	N/A
<i>Acid</i>	18	<i>Note 3</i>	N/A
<i>H₂</i>	2	<i>Note 1</i>	752
<i>H₂S</i>	34	<i>Note 1</i>	500
<i>HF</i>	20	<i>Note 1</i>	32000
<i>CO</i>	28	<i>Note 2</i>	1128
<i>DEE</i>	74	<i>Note 2</i>	320
<i>HCL</i>	36	-	N/A
<i>Nitric Acid</i>	63	-	N/A
<i>AlCl₃</i>	133,5	<i>Note 1</i>	1036
<i>NO₂</i>	90	-	N/A
<i>Phosgene</i>	99	-	N/A
<i>TDI</i>	174	-	1148
<i>Methanol</i>	32	<i>Note 2</i>	867
<i>PO</i>	58	<i>Note 2</i>	840
<i>Styrene (Aromatic)</i>	104	<i>Note 2</i>	914
<i>EEA</i>	132	<i>Note 2</i>	715
<i>EE</i>	90	<i>Note 2</i>	455
<i>EG</i>	62	<i>Note 2</i>	745
<i>EO</i>	44	<i>Note 2</i>	804
<i>Pyrophoric</i>	149	<i>Note 1</i>	<i>Note 3</i>

Sumber : (API, 2008)

Tabel 2.7 Konstanta fluida represntatif

Fluida	Konstanta Cp				
	A	B	C	D	E
$C_1 - C_2$	12.3	1.150E-01	-2.87E-05	-1.30E-09	N/A
$C_3 - C_4$	2.632	0.3188	-1.347E4	1.466E-8	N/A
C_5	-3.626	0.4873	-2.6E-4	5.3E-8	N/A
$C_6 - C_8$	-5.146	6.762E-01	-3.65E-04	7.658E-08	N/A
$C_9 - C_{12}$	-8.5	1.01E+00	-5.56E-04	1.180E-07	N/A
$C_{13} - C_{16}$	-11.7	1.39E+00	-7.72E-04	1.670E-07	N/A
$C_{17} - C_{25}$	-22.4	1.94E+00	-1.12E-03	-2.53E-07	N/A
C_{25+}	-22.4	1.94E+00	-1.12E-03	-2.53E-07	N/A
<i>Water</i>	2.76E+05	- 2.09E+03	8.125	-1.41E-02	9.37E-06
<i>Steam</i>	3.34E+04	2.68E+04	2.61e+03	8.90E+03	1.17E+03
<i>Acid</i>	2.76E+05	- 2.09E+03	8.125	-1.41E-02	9.37E-06
H_2	27.1	9.270E-03	-1.38E-05	7.650E-09	N/A
H_2S	31.9	1.440E-03	2.430E-05	-1.18E-08	N/A
HF	29.1	6.610E-04	-2.03E-06	2.500E-09	N/A
CO	2.91E+04	8.77E+03	3.09E+03	8.46E+03	1.54E+03
DEE	8.62E+04	2.55E+05	1.54E+03	1.44E+05	- 6.89E+02
HCL	-	-	-	-	-
<i>Nitric Acid</i>	-	-	-	-	-
$AlCl_3$	4.34E+04	3.97E+4	4.17E+02	2.40E+04	N/A
NO_2	-	-	-	-	-

Lanjutan tabel 2. 7

<i>Phosgene</i>	-	-	-	-	-
<i>TDI</i>	-	-	-	-	-
<i>Methanol</i>	3.93E+04	8.79E+04	1.92E+03	5.37E+04	8.97E+02
<i>PO</i>	4.95E+04	1.74E+05	1.56E+03	1.15E+05	7.02E+02
<i>Styrene (Aromatic)</i>	8.93E+04	2.15E+05	7.72E+02	9.99E+04	2.44E+03
<i>EEA</i>	1.06E+05	2.40E+05	6.59E+02	1.50E+05	1.97E+03
<i>EE</i>	3.25E+04	3.00E+05	1.17E+03	2.08E+05	4.73E+02
<i>EG</i>	6.30E+04	1.46E+05	1.67E+03	9.73E+04	7.74E+02
<i>EO</i>	3.35E+04	1.21E+05	1.61E+03	8.24E+04	7.37E+02
<i>Pyrophoric</i>	-8.5	1.01E+00	-5.56E-04	1.180E-07	<i>Note 3</i>

Sumber : (API, 2008)

Untuk mencari k diperlukan nilai C_p , dengan persamaannya menggunakan note 1 maka persamaan untuk mencari nilai C_p nya adalah sebagai berikut :

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 \dots\dots\dots(13)$$

Dimana :

T = temperature dalam kelvin atau rankine

Untuk A, B, C, D didapat dari nilai konstanta C_p berdasarkan nilai fluida yang digunakan.

Setelah didapatkan C_p maka selanjutnya mencari nilai k dengan menggunakan persamaan rumus berikut ini :

$$k = \frac{C_p}{C_p - R} \dots\dots\dots(14)$$

4) Menentukan fasa stabil fluida ketika dilepaskan ke atmosfer serta fasa dalam alatnya baik berupa gas, liquid,

b) Menentukan Ukuran Lubang Kebocoran

Ukuran lubang kebocoran dibatasi hingga diameter maksimum 16 inch. Diameter ini menunjukkan nilai praktis maksimum untuk penghitungan kebocoran karena kegagalan yang amat besar dari komponen umumnya

tidak mengikut sertakan disintegrasi dari peralatan (API, 2008). Adapun prosedur perhitungan pemilihan ukuran lubang kebocoran adalah sdengan memilih diameter lubang kebocoran , d_n .ukuran lubang tersebut dijelaskan pada tabel 2.8 (Nugraha, 2016) selanjutnya adalah menentukan frekuensi kegagalan umumnya, gff_n , dan total frekuensi kegagalannya, gff_{total}

Tabel 2.8 Ukuran Lubang Kebocoran

<i>Release Hole Number</i>	<i>Release Hole Size</i>	<i>Range of Hole Diameter (in)</i>	<i>Release Hole Diameter, d_n(in)</i>
1	<i>Small</i>	0 - 1/4	$d_1 = 0,25$
2	<i>Medium</i>	>1/4 - 2	$d_2 = 1$
3	<i>Large</i>	>2 - 6	$d_3 = 4$
4	<i>Rupture</i>	> 6 inches	$d_4 = \min[D, 16]$

Sumber : (API, 2008)

c) Menentukan Laju Kebocoran

Laju kebocoran ditentukan dari sifat fisik materialnya, fasa awalnya, kondisi proses pengoperasiannya, dan ukuran lubang kebocorannya (API, 2008). Untuk menghitung laju kebocoran harus mengikuti prosedu perhitungannya yaitu: Memilih persamaan laju kebocorannya berdasarkan fasa fluida tersimpannya

Untuk fasa vapor/gas, perhitungan laju kebocorannya memiliki 2 tahap, yaitu menghitung nilai tekanan transisi, P_{trans} , lalu memilih persamaan laju kebocoran berdasarkan nilai P_{trans} tersebut. Berikut adalah persamaan rumus P_{trans} :

$$P_{trans} = P_{atm} \left(\frac{k+1}{2} \right)^{\frac{k}{k-1}} \dots\dots\dots(15)$$

Dimana :

P_{atm} = Tekanan *Atmosphere* (1 bar = 14,50377 psi)

k = hasil perhitungan konstanta C_p

Setelah didapatkan nilai P_{trans} Rmaka selanjutnya adalah memilih persamaan laju kebocorannya, W_n persamaan laju kebocorannya menggunakan persamaan berikut :

$$Wn = \frac{Cd}{C2} \cdot An \cdot Ps \sqrt{\left(\frac{k \cdot MW \cdot gc}{R \cdot Ts}\right) \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}} \dots\dots\dots(16)$$

Dimana :

Cd = Koefisien lubang pelepasan = 0,9

$C2$ = faktor konversi = 1

Ps = Tekanan *Equipment*

Ts = Suhu penyimpanan (dalam *kelvin* atau *rankine*)

R = Konstanta gas (8,314 kg/mol k atau 1545 lb/ mol R)

gc = Konstanta gravitasi = 32,2 lbm-ft/lbf

An = Area masing masing lubang kebocoran

$$A_n = \frac{\pi d_n^2}{4} \dots\dots\dots(17)$$

d) Mengestimasi masa total dari fluida yang mungkin terlepas

API RBI memberikan keterangan untuk konsekuensi kegagalan dari sebuah peralatan dievaluasi ialah mengombinasikan dengan adanya peralatan lain yang dapat berkontribusi menambah massa fluida yang terlepas (Wahyu, 2016)wahyu. Langkah-langkah untuk menghitung persedia fluida yang tersedia pada kebocoran adalah sebagai berikut:

1) Menghitung massa komponen, *Masscomp*, pada peralatan yang dianalisis.

Massa komponen dihitung menggunakan persamaan rumus 18 :

$$Masscomp = \rho \times 50\% \times V \dots\dots\dots(18)$$

Dimana :

ρ = Densitas (*Density*) dari fluida representatif yg dipilih

V = volume yg ditampung pada *equipment* (50% x V)

2) Menghitung massa pada masing-masing peralatan lain yang termasuk dalam *inventory group*, *Masscomp,i*.

Apabila terdapat *equipment* lagi yang diinspeksi maka harus dihitung juga massa komponen pada *equipment* tersebut.

3) Menghitung massa total pada *inventory group*, $Mass_{inv}$.

Dimana massa komponen yang telah dihitung dijumlahkan semua, apabila komponen yang diukur hanya 1 maka $mass_{inv} = mass_{comp}$ *equipment* tersebut.

$$\sum mass_{inv} = \sum mass_{comp} \dots \dots \dots (19)$$

4) Menghitung flow rate untuk diameter 8 inch

Flow rate untuk diameter 8 inch tidak terdapat didalam tabel ukuran lubang kebocoran, akan tetapi harus tetap dihitung sebagai pembanding antar lubang kebocoran. Dimana pada *flow rate* d 8 inch menggunakan persamaan 20 di bawah ini :

$$W_{max8} = \frac{Cd}{C2} \cdot An \cdot Ps \sqrt{\left(\frac{k \cdot MW \cdot gc}{R \cdot Ts}\right) \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}} \dots \dots \dots (20)$$

5) Menghitung massa fluida tambahan, $mass_{add,n}$,

Untuk masing-masing ukuran lubang pelepasan, yang dapat menambah jumlah massa fluida dalam peralatan selama 3 menit dengan menggunakan rumus 21 berikut ini :

$$Mass_{add,n} = 180 \cdot \min(W_n, W_{max8}) \dots \dots \dots (21)$$

6) Menghitung massa yang tersedia untuk lepas (*available mass for release*)

Pada perhitungan *available mass for release* dilakukan perhitungan seperti pada persamaan 22, dimana untuk nilai $Mass_{avail}$, dilakukan penjumlahan berdasarkan pada $Mass_{comp}$ dengan $mass_{add}$

$$Mass_{avail,n} = \min(mass_{comp} + mass_{add}) \dots \dots \dots (22)$$

e) Menentukan tipe pelepasan, *continuous* atau *instantaneous*,

API RBI memberikan dua pemodelan tipe pelepasan untuk menentukan metode yang digunakan untuk memodelkan dispersi dan konsekuensi yaitu :

1) *Instantaneous Release*

Instantaneous Release adalah pelepasan sesaat atau *puff release* adalah pelepasan yang terjadi dengan sangat cepat sehingga cairan menyebar seperti awan yang besar atau *pool* (API, 2008).

2) *Continuous Release*

Continuous Release adalah 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) (API, 2008).

Besarnya waktu untuk masing-masing ukuran lubang pelepasan dihitung menggunakan persamaan berikut ini :

$$t_n = \frac{C_3}{W_n} \dots\dots\dots(23)$$

f) Mengestimasi dampak sistem pendeteksi dan isolasi pada besarnya pelepasan kebocoran

Pabrik-pabrik biasanya memiliki beragam sistem deteksi, isolasi, dan mitigasi yang didesain untuk mengurangi efek dari kebocoran fluida berbahaya. Metode yang sederhana untuk menilai keefektifan berbagai tipe sistem deteksi, isolasi, dan mitigasi disediakan oleh API RBI (API, 2008).

Prosedur dalam menentukan dampak dari sistem deteksi dan isolasi dari alat adalah Menentukan sistem deteksi dan isolasi yang tersedia pada alat, Memilih klasifikasi sistem deteksi dan isolasi yang sesuai berdasarkan tabel berikut ini :

Tabel 2.9 Penilaian Sistem Deteksi dan Isolasi

Tipe Sistem Deteksi	Klasifikasi Deteksi
<i>Instrumentation designed specifically to detect material losses by changes in operating conditions (i.e., loss of pressure or flow) in the system.</i>	A
<i>Suitably located detectors to determine when the material is present outside the pressure-containing envelope</i>	B
<i>Visual detection, cameras, or detectors with marginal coverage.</i>	C
Tipe Sistem Isolasi	Klasifikasi Isolasi
<i>Isolation or shutdown systems activated directly from process instrumentation or detectors, with no operator intervention.</i>	A

Lanjutan tabel 2. 9

<i>Isolation or shutdown systems activated by operators in the control room or other suitable locations remote from the leak.</i>	B
<i>Isolation dependent on manually-operated valves</i>	C

Sumber : (API, 2008)

Setelah memilih klasifikasi sistem deteksi dan isolasi, selanjutnya menentukan faktor reduksi kebocoran, $fact_{di}$, berdasarkan klasifikasi sistem deteksi dan isolasi dari tahap sebelumnya dan menggunakan tabel berikut ini :

Tabel 2.10 Pengaturan Kebocoran pada Sistem Deteksi dan Isolasi

Klasifikasi Sistem		Pengaturan Besar Kebocoran	Faktor Reduksi, $fact_{di}$
Deteksi	Isolasi		
A	A	<i>Reduce release rate or mass by 25%</i>	0.25
A	B	<i>Reduce release rate or mass by 20%</i>	0.20
A atau B	C	<i>Reduce release rate or mass by 10%</i>	0.10
B	B	<i>Reduce release rate or mass by 15%</i>	0.15
C	C	<i>No adjustment to release rate or mass</i>	0.00

Sumber : (API, 2008)

Selanjutnya adalah menentukan total waktu kebocoran untuk tiap lubang kebocoran, $ld_{max,n}$ dengan menggunakan tabel berikut ini :

Tabel 2.11 Durasi Kebocoran pada Sistem Deteksi dan Isolasi

Kategori Sistem Deteksi	Kategori Sistem Isolasi	Durasi Kebocoran Maksimum, ld_{max}
A	A	<i>20 minutes for 1/4 inch leaks 10 minutes for 1 inch leaks 5 minutes for 4 inch leaks</i>
A	B	<i>30 minutes for 1/4 inch leaks 20 minutes for 1 inch leaks 10 minutes for 4 inch leaks</i>
A	C	<i>40 minutes for 1/4 inch leaks 30 minutes for 1 inch leaks 20 minutes for 4 inch leaks</i>

Lanjutan 2. 11

B	A atau 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, atau C	1 hour for 1/4 inch leaks 40 minutes for 1 inch leaks 20 minutes for 4 inch leaks

Sumber : (API, 2008)

g) Menentukan laju pelepasan dan masa untuk analisis konsekuensi

Menurut Dyah Wahyu, 2016. Perhitungan pada tipe pelepasan continuous, pelepasan dimodelkan sebagai steady state plume. Oleh karena itu, laju pelepasan (lb/s) digunakan sebagai input analisis konsekuensi. Sedangkan untuk pelepasan sesaat, massa pelepasan digunakan dalam melakukan analisis. Rumusan 23 berikut ini digunakan dalam menghitung laju pelepasan continuous release.

$$\text{rate}_n = W_n (1 - \text{Fact}_{di}) \dots \dots \dots (24)$$

Rumusan 24 di bawah ini digunakan untuk menghitung massa pelepasan instantaneous release.

$$\text{Mass}_n = \min[(\text{rate}_n \times \text{Id}_n), \text{Mass}_{\text{avail } n}] \dots \dots \dots (25)$$

Dimana :

Raten = laju pelepasan (lb/s)

Idn = durasi kebocoran (second)

h) Menghitung konsekuensi kebakaran/ledakan

Prosedur perhitungan untuk mengetahui area konsekuensi keterbakaran dan ledakan adalah

1) Menentukan faktor reduksi mitigasi konsekuensi area,

Untuk faktor reduksi mitigasi konsekuensi area (factmit) nilai tersebut diambil dari tabel 2.12.

Tabel 2.12 Pengaturan Konsekuensi Keterbakaran Sistem Mitigasi

Sistem Mitigasi	Pengaturan Area Konsekuensi	Faktor Reduksi Area Konsekuensi, $fact_{mit}$
<i>Inventory blowdown, coupled with isolation system classification B or higher</i>	<i>Reduce consequence area by 25%</i>	0.25
<i>Fire water deluge system and monitors</i>	<i>Reduce consequence area by 20%</i>	0.20
<i>Fire water monitors only</i>	<i>Reduce consequence area by 5%</i>	0.05
<i>Foam spray system</i>	<i>Reduce consequence area by 15%</i>	0.15

Sumber : (API, 2008)

2) Menghitung $eneffn$

Setelah menentukan faktor reduksi mitigasi selanjutnya adalah menghitung faktor koreksi efisiensi energy, $eneffn$

$$Eneffn = 4. \text{Log}_{10}(C4 \cdot massn) - 15 \dots \dots \dots (26)$$

i) Menghitung Konsekuensi area *component damage*

Selanjutnya adalah Menghitung konsekuensi area *component damage* Konsekuensi area *component damage* dibedakan menjadi 4, yaitu 1) *Auto-ignition Not Likely, Continuous Release* Konsekuensi area *Component Damage Auto-ignition Not Likely, Continuous Release*, dapat dihitung menggunakan rumusan 27 berikut ini:

$$CA_{cmd,n} \dots \dots \dots$$

$$AINL-CONT = a(raten) \cdot b \cdot (1 - factmit) \dots \dots \dots (27)$$

Selanjutnya 2) *Auto-ignition Likely, Continuous Release* Konsekuensi area *Component Damage Auto-ignition Likely, Continuous Release*, dapat dihitung menggunakan rumusan 2.35 berikut ini:

$$CA_{cmd,n} \dots \dots \dots$$

$$AIL-CONT = a(raten) \cdot b \cdot (1 - factmit) \dots \dots \dots (28)$$

Auto-ignition Not Likely, Instantaneous Release Konsekuensi area *Component Damage Auto-ignition Not Likely, Instantaneous Release*, dapat dihitung menggunakan rumusan 2.36 berikut ini :

$$CA_{cmd,n} AINL-INST = [a (mass_n) b] \cdot (1 - fact_{mit} / e_{effn}) \dots\dots\dots(29)$$

j) Menghitung konsekuensi area *personel injury*

Konsekuensi *Injury damage* dibedakan menjadi 4, yaitu 1) *Auto-ignition Not Likely, Continuous Release*, Konsekuensi area *Personel Injury, Auto-ignition Not Likely, Continuous Release*, dapat dihitung menggunakan rumusan berikut ini:

$$CA_{inj,n} AINL-CONT = [a (e_{ffraten} AINL-CONT) b] \cdot (1 - fact_{mit}) \dots\dots\dots(30)$$

Selanjutnya 2) *Auto-ignition Likely, Continuous Release*, Konsekuensi area *Personel Injury, Auto-ignition Likely, Continuous Release*, dapat dihitung menggunakan rumusan berikut ini:

$$CA_{inj,n} AIL-CONT = [a (e_{ffraten} AIL-CONT) b] \cdot (1 - fact_{mit}) \dots\dots\dots(31)$$

Selanjutnya 3) *Auto-ignition Not Likely, Instantaneous Release*, Konsekuensi area *Personel Injury, Auto-ignition Not Likely, Instantaneous Release*, dapat dihitung menggunakan rumusan berikut :

$$CA_{inj,n} AINL-INST = [a (e_{ffraten} AINL-INST) b] \cdot (1 - fact_{mit} / e_{effn}) \dots\dots\dots(32)$$

Dan 4) *Auto-ignition Likely, Instantaneous Release*, Konsekuensi area *Personel Injury, Auto-ignition Likely, Instantaneous Release*, dapat dihitung menggunakan rumusan berikut ini :

$$CA_{inj,n} AIL-INST = [a (e_{ffraten} AIL-INST) b] \cdot (1 - fact_{mit} / e_{effn}) \dots\dots\dots(33)$$

k) Menghitung *instantaneous/continuous blending factor* untuk masing-masing ukuran lubang pelepasan.

Nilai *blending faktor* untuk tipe pelepasan *continuous* dihitung menggunakan persamaan berikut ini :

$$fact_n^{IC} = \frac{rate_n}{C_5} \dots\dots\dots(34)$$

Nilai *blending faktor instantaneous* apabila konstanta tidak disediakan sehingga *fact icn instantaneous* adalah 0, sedangkan Nilai *blending faktor* untuk pelepasan *instantaneous* tidak disediakan maka *fact icn* = 1.

Dimana T_s adalah temperatur, $C_6 = 100$ MW, AIT sesuai dengan fluida yang digunakan. Apabila $T_s + C_6 \leq AIT$, maka $\text{Fact AIT} = 0$. Dan apabila $T_s - C_6 \geq AIT$, maka $\text{Fact AIT} = 1$

- l) Menghitung *continuous/instantaneous blended consequence area*
Menghitung konsekuensi area dari campuran continuous/instantaneous berdasarkan nilai area konsekuensi yang telah dihitung sebelumnya dan nilai factICn
- m) Menentukan probabilitas kerusakan akhir peralatan dan cedera personil
Menghitung hasil akhir area konsekuensi untuk kerusakan komponen dan cedera personil dikalikan dengan gff

F. Penentuan Risk Level

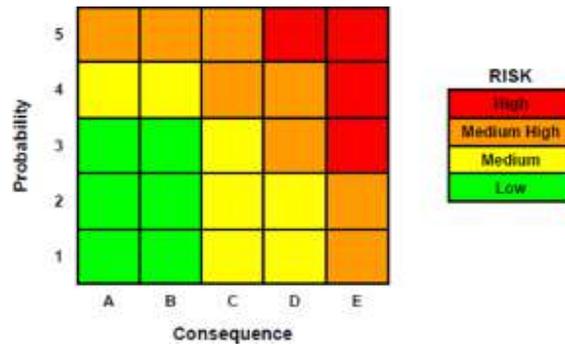
Secara umum nilai tingkat risiko didapat dengan cara mengalikan nilai konsekuensi kegagalan/*consequence of failure* (CoF) dengan kemungkinan kegagalan/*probability of failure* (PoF) yang selanjutnya ditampilkan dalam matriks 5x5. Dalam matriks tersebut terdapat beberapa tingkatan risiko, yaitu *low risk*, *medium risk*, *medium-high risk*, dan *high risk*. Adapun tingkatan risiko tersebut didapatkan berdasarkan kategori kemungkinan kegagalan dan konsekuensi kegagalannya (Nugraha, 2016).

Tabel 2.13 Kategori Kemungkinan Kegagalan dan Konsekuensi Kegagalan

Kemungkinan Kegagalan		Konsekuensi Kegagalan	
Kategori	Range	Kategori	Range (ft ²)
1	$D_{f-total} \leq 2$	A	$CA \leq 100$
2	$2 \leq D_{f-total} \leq 20$	B	$100 \leq CA \leq 1000$
3	$20 \leq D_{f-total} \leq 100$	C	$1000 \leq CA \leq 3000$
4	$100 \leq D_{f-total} \leq 1000$	D	$3000 \leq CA \leq 10000$
5	$D_{f-total} \geq 1000$	E	$CA \geq 1000$

Sumber : (API, 2008)

Hasil utama dari sebuah metode RBI adalah matriks risiko yang menempatkan alat pada tingkat risiko tertentu seperti yang ditunjukkan gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Matrix Risiko.

Sumber : (API, 2008)

Seperti yang terlihat risiko merupakan kombinasi dari kemungkinan kegagalan dan konsekuensi kegagalan. $Risk = POF \times COF$. Dari tingkat risiko tersebut dapat dibuat penjadwalan untuk alat yang dianalisis. Penjadwalan inspeksi melihat tingkat risiko dan juga mekanisme kerusakan yang terjadi pada alat yang akan dilakukan inspeksi.

G. Penjadwalan Inspeksi

Jika melihat API 510 *Pressure Vessel Inspection Code*, disebutkan interval inspeksi dilakukan sesuai dengan jenis inspeksi. Jenis inspeksi menurut API 510 ada 3, yaitu inspeksi *internal*, *on-stream* dan *eksternal*. Bedanya antara inspeksi internal dengan *on-stream* adalah inspeksi internal harus dilakukan pada saat alat tidak beroperasi, sedangkan inspeksi onstream dilakukan pada saat peralatan sedang beroperasi. Inspeksi eksternal dilakukan hanya menggunakan visual untuk mengecek apakah kondisi struktural atau eksternal dari alat dalam kondisi yang baik. Untuk jadwal inspeksi, API 510 menyebutkan bahwa untuk inspeksi internal dan *on-stream* pada *pressure vessel* dilakukan maksimal 10 tahun atau setengah dari sisa umur pakai (*Remaining Life*) dari peralatan. Nilai sisa umur pakai didapatkan menggunakan persamaan berikut.

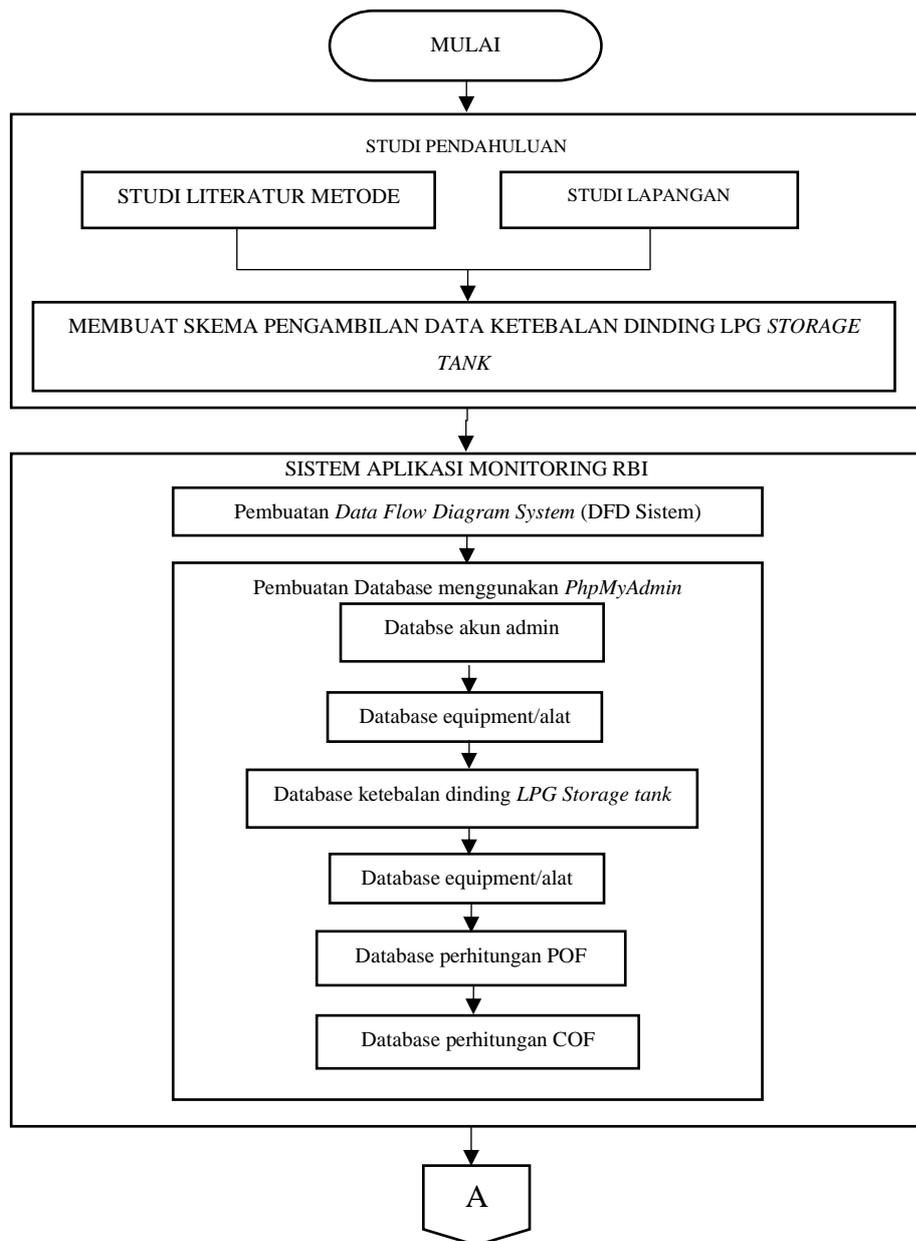
$$Remaining\ life = \frac{t_{actual} - t_{required}}{corrosion\ rate} \dots\dots\dots(35)$$

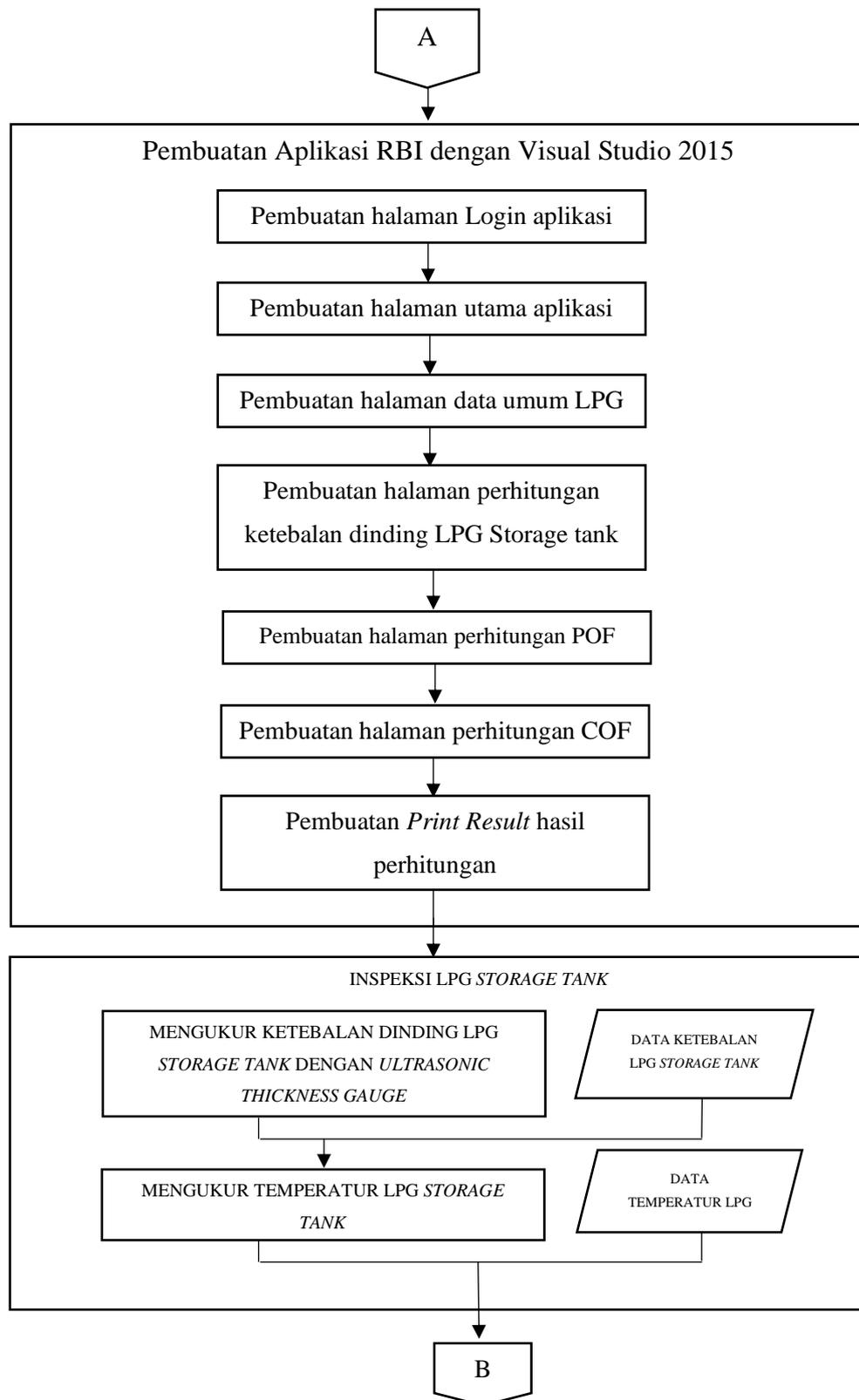
Apabila nilai *Remaining Life* pada peralatan kurang dari 4 tahun, maka interval inspeksinya adalah *full remaining life* atau maksimal 2 tahun, Sedangkan untuk inspeksi eksternal pada *pressure vessel* harus dilakukan maksimal setiap 5 tahun sekali

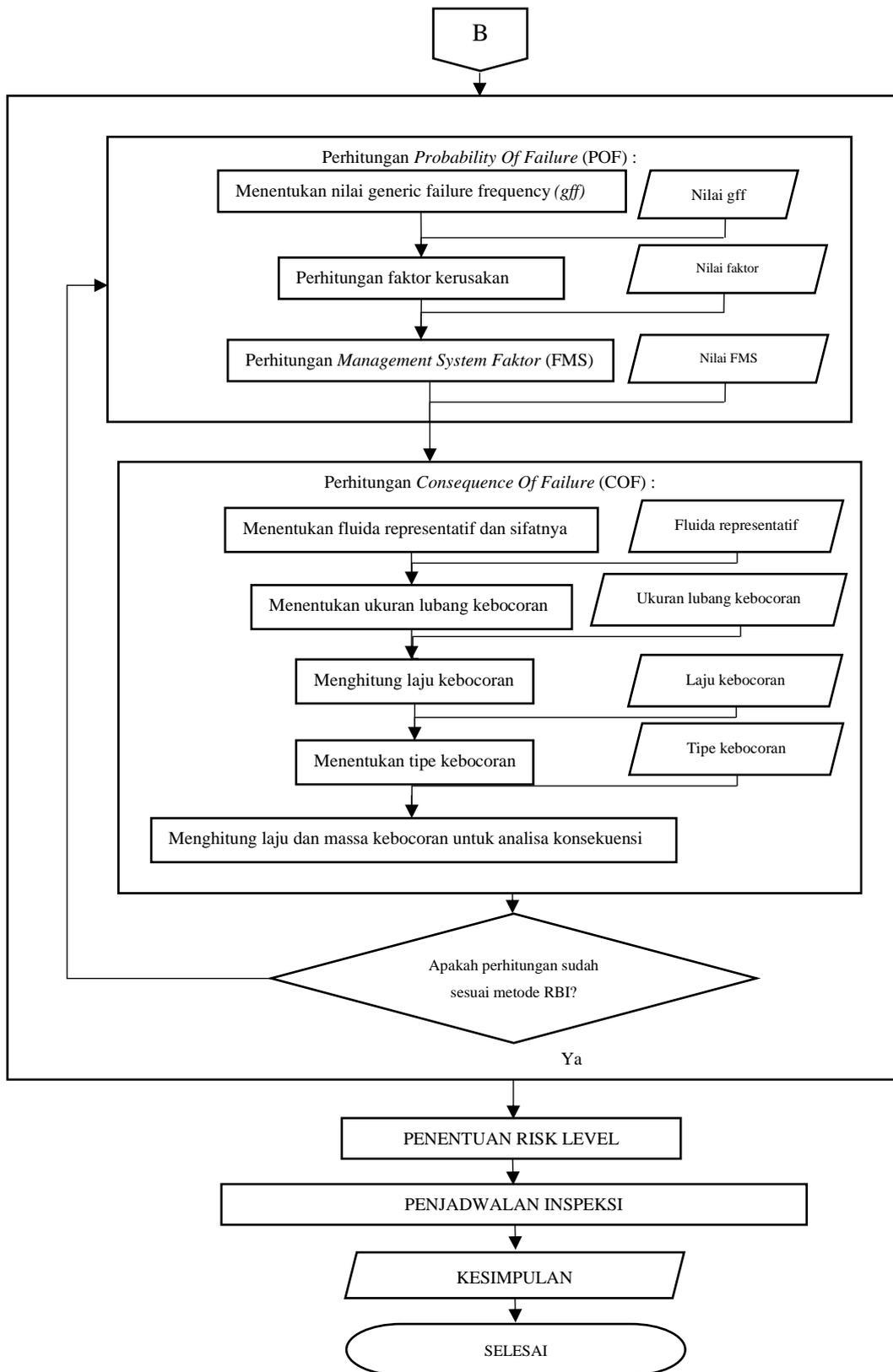
BAB III

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu : Studi Pendahuluan, Sistem aplikasi Monitoring RBI, Inspeksi *LPG Storage Tank*, Penentuan POF, Penentuan COF Penentuan *Risk level*, Penjadwalan inspeksi, Kesimpulan. Tahap-tahap penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 ,







Gambar 3. 1 Flowchart Perancangan Sistem dan Penelitian

A. Studi Pendahuluan

Studi Pendahuluan pada penelitian ini meliputi studi lapangan, studi literatur metode RBI, dan pembuatan skema untuk pengambilan data ketebalan dinding *storage tank*. Berikut adalah penjelasan dari masing masing sub studi pendahuluan.

1. Studi Literatur metode RBI

Selain itu pada studi literatur ini bertujuan untuk memahami dan mendalami penggunaan metode *Risk Based Inspection* (RBI) sesuai dengan standar API 581, serta bagaimana perhitungan *Probability Of Failure* (PoF) dan *Consequence Of Failure* (CoF) sehingga didapat sebuah nilai risiko dan level risiko yang nantinya dapat di *convert* dan dibaca melalui sistem aplikasi. Selain itu juga bertujuan untuk mempelajari objek penelitian yang akan diteliti, yaitu *LPG Storage Tank*.

2. Studi Lapangan

Studi Lapangan bertujuan untuk mencari permasalahan yang ada dilapangan, mencari penelitian yang berkaitan untuk mendukung penelitian ini, mengembangkan teknologi yang sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Penelitian ini dilaksanakan di SPPBE Kayu Lima Utama Jl. Soekarno-Hatta Kp. Dudan Kel. Tidar Utara Kec. Magelang, Magelang – Jawa Tengah. pada bulan Januari 2020 – Mei 2020.

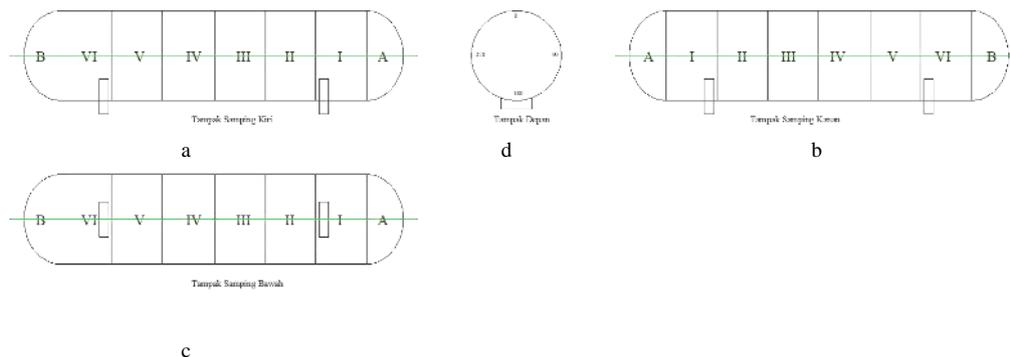


Gambar 3. 2 *LPG storage tank* yang diteliti

3. Pembuatan Skema pengambilan data ketebalan *storage tank*

Sebelum pengambilan data *storage tank* dilakukan, maka akan dilakukan pembuatan skema terlebih dahulu yang bertujuan untuk, mengetahui luas

area dari *equipment LPG Storage tank* tersebut, dan mengetahui letak letak setiap bagian yang akan dilakukan inspeksi ketebalan dinding. Berikut adalah gambar skema pengambilan data ketebalan yang akan dilakukan :



Gambar 3. 3 Skema pengambilan data ketebalan

Gambar 3.3 diatas adalah gambar *equipment* yang akan diukur ketebalannya. Dimana dalam pengukuran ketebalan dibagi kedalam beberapa bagian, untuk *equipment LPG storage tank* ini dibagi menjadi 6 bagian pengukuran *Shell*, dan 2 bagian pengukuran *Head*. Untuk bagian *shell* sendiri pengukurannya sama seperti gambar diatas yaitu terbagi menjadi 6 bagian *shell*, dan di masing masing *shell* akan dilakukan pengukuran ketebalan di 3 titik 90, 180 dan 270. Dimana didalam titik titik tersebut dilakukan pengukuran sebanyak 10 kali disetiap bagian, dan diperlihatkan pada garis berwarna hijau yang tertera pada gambar diatas Untuk bagian *Head* atau kepala *LPG storage tank*, dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian A dan B dan untuk pengukurannya hanya dilakukan 4kali sesuai dengan titik pengukuran yang sudah ditentukan yaitu 0,90,180,270.

B. Spesifikasi *LPG storage tank*

Penelitian kali ini dilakukan pada *LPG storage tank*. sehingga harus dilakukan pengumpulan data dan informasi terkait objek penelitian. Sehingga nantinya dapat melakukan analisis dengan tepat dan menghasilkan hasil yang baik. Berikut ialah data-data yang diperlukan :

1. Data LPG *storage tank*

Data LPG *Storage tank* meliputi : Diameter *storage tank*, Material *storage tank*, Nominal ketebalan dinding *storage tank*, *Corrosion Allowance*, Temperatur desain *storage tank*.

2. Data Inspeksi *storage tank* :

Data Inspeksi *storage tank* meliputi : Tebal awal *storage tank* pada tahun sebelumnya, Tebal aktual *storage tank* pada inspeksi tahun terakhir.

C. Sistem Aplikasi Monitoring RBI

Setelah mengetahui kebutuhan akan metode dan data yang akan diambil, Langkah pada penelitian ini berikutnya adalah Sistem aplikasi RBI. Pada perancangan sistem aplikasi ini Teknologi alat yang digunakan berupa perangkat lunak (*Software*) dan perangkat keras (*Hardware*). Spesifikasi perangkat keras yang di gunakan dalam implementasi meliputi : Laptop *Processor* AMD RYZEN 5 2500U, RAM 4 GB, Hardisk 1 TB, dan SSD 150GB. Spesifikasi perangkat lunak yang di gunakan dalam implementasi meliputi : Sistem operasi windows 10, Visual Studio 2015 Enterprise, XAMPP untuk Windows.

Setelah mengetahui teknologi yang digunakan dalam sistem aplikasi ini, selanjutnya dalah pembuatan database, pembuatan *data flow diagram*, dan perancangan aplikasi.

1. Pembuatan *Data Flow Diagram* (DFD)

Pada *data flow diagram* ini berfungsi sebagai informasi kepada pengguna agar dapat mengetahui aliran data yang akan diproses, dan DFD berguna sebagai alat untuk memverifikasikan apakah sistem yang akan dibangun sudah memenuhi kriteria yang diinginkan oleh user atau belum.

2. Pembuatan database

Database pada sistem ini menggunakan *phpmyadmin* untuk pembuatannya serta MySQL server untuk mengaksesnya. Tabel dibawah ini menunjukkan keterkaitan antar tabel dalam database, tabel yang ada ialah tabel admin, tabel perusahaan, tabel *ultrasonic thickness gauge*, tabel temperature, tabel POF, tabel COF.

a. Admin

Pada database ini berisi kodeadmin, usernameadmin, passwordadmin, dan leveladmin. Berikut adalah gambar tabel yang dibuat.

db_storagetank.tbl_admin
kodeadmin : varchar(6)
usernameadmin : varchar(30)
passwordadmin : varchar(30)
leveladmin : varchar(20)

Gambar 3. 4 Database admin

Fungsi dari tabel admin ini adalah sebagai penyimpanan data pengguna aplikasi Ketika akan login atau melukan inspeksi pada sebuah *equipment*.

b. Tabel perusahaan

Pada database ini berisi kodeSPPBE, owner, deskripsi, lokasi. Tipestoragetank, material, yearbuilt, insiderradius, dimensi corrosionallowance, temperature, prevthickshell, nomthickshell, precthickhead, nomthickhead, yearlastinspection, yearinspection, insidediamter, joinefisiensi, allowablestress, faktor, pressure

db_storagetank.tbl_perusahaan
kodeSPPBE : varchar(12)
owner : varchar(30)
deskripsi : varchar(30)
lokasi : varchar(100)
tipestoragetank : varchar(30)
material : varchar(10)
yearbuilt : varchar(10)
insiderradius : varchar(15)
dimensi : varchar(20)
corrosionallowance : varchar(15)
temperature : varchar(20)
prevthickshell : varchar(20)
nomthickshell : varchar(20)
precthickhead : varchar(20)
nomthickhead : varchar(20)
yearlastinspection : varchar(20)
yearinspection : varchar(20)
insidediamter : varchar(10)
joinefisiensi : varchar(5)
allowablestress : varchar(10)
faktor : varchar(5)
pressure : varchar(5)

Gambar 3. 5 Database Perusahaan

Pada database perusahaan nantinya akan berfungsi sebagai penyimpanan data equipment atau alat yang akan diinspeksi pada sebuah perusahaan. sehingga Ketika sebuah perusahaan akan membuat laporan mengenai hasil inspeksi tersebut dapat langsung di cetak dengan memanggil kode, dan nama perusahaan atau nama *equipment* yang di inspeksi.

c. Tabel *Ultrasonic thicknessgauge*

Pada database ini berisi spot, sudut0, sudut90, sudut180, sudut270, leastpoint, tanggal. Untuk gambar tabel *ultrasonic thickness gauge* terdapat pada gambar 3.6 sumber : (data yang diolah)

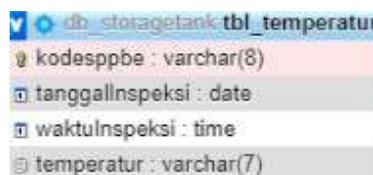


Gambar 3. 6 Database *ultrasonic thickness gauge*

Untuk spot berfungsi sebagai penyimpanan nama spot atau titik yang akan diinspeksi, untuk sudut0, sudut90, sudut180, sudut270 sebagai penyimpanan data ketebalan dimasing masing bagian atau sudut. Untuk leastpoint adalah sebagai data terkecil pada sebuah data yang terdapat pada sebuah bagian, untuk tanggal adalah tanggal inspeksi pengambilan data ketebalan tersebut dilakukan.

d. Tabel temperature

Pada database ini akan berfungsi sebagai penyimpanan suhu material alat yang diinspeksi. Berikut adalah gambar pada tabel temperature yang akan digunakan :



Gambar 3. 7 Database temperatur

Untuk tabel temperature berisi kodesppbe, tanggalinspeksi, waktuinspeksi, dan nilai temperatur.

e. Tabel POF

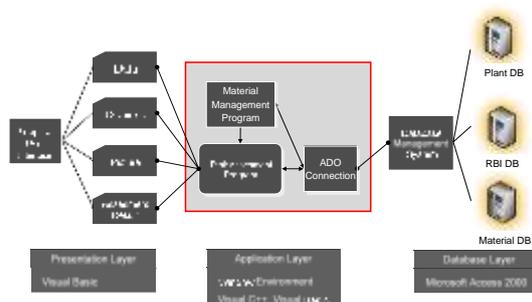
Pada database ini berfungsi sebagai tempat penyimpanan data hasil perhitungan *Probability of Failure* yang sudah disusun didalam program. Sehingga nanti dapat dengan mudah untuk dicetak sebagai sebuah laporan.

f. Tabel COF

Pada database ini berfungsi sebagai tempat penyimpanan data hasil perhitungan *Consequence Of Failure* yang sudah disusun didalam program. Sehingga nanti dapat dengan mudah untuk dicetak sebagai sebuah laporan.

3. Pembuatan Sistem Aplikasi RBI

Setelah pembuatan database untuk sistem telah dibuat, maka selanjutnya adalah pembuatan aplikasi RBI. Untuk sistem aplikasi sendiri dibuat dengan menggunakan *software* Visual Studio 2015, dan menggunakan Bahasa pemrograman yaitu *VB.NET* dan *C#*. Didalam aplikasi ini terdapat beberapa menu yang akan dibuat yaitu menu untuk menyimpan data perusahaan, menu untuk menyimpan data hasil pengukuran ketebalan LPG *storage tank*, menu untuk menyimpan data hasil pengukuran suhu temperature LPG *storage tank*, menu untuk menghitung *Probability of failure*, Menu untuk menghitung *Consequence of failure*, dan menu perhitungan sisa umur LPG *storage tank*. berikut adalah *Development of RBI Program Database*



Gambar 3. 8 RBI Program Database

D. Inspeksi LPG Storage tank

Setelah pembuatan sistem selanjutnya adalah pengambilan data secara langsung ke LPG *Storage tank*. Pada inspeksi ini pengambilan data meliputi pengampilan data ketebalan, untuk alat yang digunakan pada pengambilan data ketebalan ini adalah menggunakan alat ukur *Ultrasonic Thickness Gauge* dengan ketelitian 0,01.



Gambar 3. 9 *Ultrasonic Thickness Gauge*

Lalu pada inspeksi ini juga dilakukan pengambilan data temperature suhu material LPG *Storage tank*, dengan menggunakan alat ukur yaitu *infrared thermometer of material* dengan tingkat presisi yang sangat tinggi. Alat ini dikhususkan untuk digunakan pada sebuah material peralatan (bukan untuk pengukuran suhu manusia).



Gambar 3. 10 *infrared thermometer of material*

E. Risk Based Inspection (RBI)

Setelah pembuatan sistem dan pengambilan data selesai dilakukan, maka selanjutnya adalah menginputkan data hasil inspeksi ke sistem aplikasi yang sudah dibuat, dimana pada sistem tersebut alur input akan dijelaskan pada gambar 4.14 di DFD sistem. Setelah mengikuti Langkah Langkah perhitungan maka akan menghasilkan hasil data yang sudah diolah didalam sistem tersebut. Pada sistem tersebut menggunakan metode RBI dimana langkah langkah pada metode RBI telah dibuat didalam sistem pakar tersebut sehingga pengguna tinggal menggunakan dan menginputkan data yang sudah diperoleh dengan mudah. Berikut adalah langkah Langkah yang harus dilalui dalam perhitungan RBI yaitu POF dan COF.

1. Penentuan Probability Of Failure (POF)

Langkah pertama dalam perhitungan metode RBI adalah penentuan nilai POF. Dimana sistem akan bekerja dengan menggunakan data inpeksi yang telah didapatkan sebelumnya. Pada perhitungan POF meliputi perhitungan

short corrosion dan *long corrosion* berdasarkan data ketebalan yang saat ini, perhitungan parameter faktor kerusakan (Art) dan *base damage faktor* (Dthin fb), dan perhitungan *Management System Faktor*.

2. Penentuan *Consequence Of Failure* (COF)

Untuk Perhitungan COF meliputi, Penentuan Fluida Representatif, Perhitungan laju kebocoran (An) dan rata rata massa pelepasan (Wn), penentuan tipe kebocoran, perkiraan dampak berdasarkan sistem deteksi dan sistem isolasi, penentuan durasi kebocoran, penentuan efisiensi energi, perhitungan nilai area kerusakan komponen (AINL-CONT), penentuan area kosekuensi kerusakan (AIL-CONT), penentuan konsekuensi injury, dan hasil total konsekuensi kerusakan yang akan terjadi.

F. Penentuan *Risk Level*

Setelah data berhasil diinput dan diolah didalam sistem maka selanjutnya adalah penentuan risk level pada *equipment* yang sudah diinspeksi, dimana didalam penentuan *risk level* sistem akan secara otomatis memproses hasil risiko yang akan ditampilkan. Setelah itu pengguna akan dapat mengetahui tingkat risiko pada *equipment* tersebut. Tujuannya adalah menentukan risk level dari alat yang dianalisis apakah termasuk low risk, medium risk, atau high risk equipment. Penentuan ini berdasarkan nilai risiko yang telah dihitung sebelumnya.. Gambar *Risk Level* telah ditunjukkan pada gambar 2.10 Bab 2, Subbab Risiko, sub subbab *Risk level*.

G. Penjadwalan Inspeksi

Setelah mengetahui tingkat risiko pada *LPG storage tank* maka selanjutnya adalah melakukan penjadwalan inspeksi. Tujuannya adalah untuk merancang jadwal inspeksi dengan memperhatikan risk level dari alat dan hasil evaluasi.

H. Kesimpulan

Bagian ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan saran-saran untuk perbaikan penelitian selanjutnya.

BAB VI

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya:

1. Konfigurasi alat pengukuran dengan menginputkan data hasil inspeksi kedalam sebuah sistem aplikasi yang telah dibuat dengan mengikuti DFD yang telah dibuat. Sistem aplikasi yang dirancang adalah sebuah Aplikasi sistem inspeksi pada *LPG Storage tank* dan menggunakan pemrograman VB.NET.
2. Tingkat risiko dari *LPG Storage tank* yang dianalisa berada pada tingkat *medium-high risk* atau risiko tinggi dengan *probability of failure* berada pada kategori 1 dengan nilai *df total* adalah 1 dan *consequence of failure* berada pada kategori E dengan nilai CA adalah sebesar $25632ft^2$.
3. Sisa umur pada *LPG Storage tank* adalah 33,5 tahun, dengan interval inspeksi external yang dapat dilakukan adalah 5 tahun sekali. Untuk jadwal inspeksi berikutnya adalah pada tahun 2025

B. Saran

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan diatas, penulis mengajukan beberapa saran agar penelitian yang selanjutnya dapat lebih baik dan berguna untuk pihak-pihak yang terkait.

1. Pada peneliti berikutnya agar, dapat dibuatkan sistem yang berbasis *smartphone* agar manajer perusahaan dapat lebih mudah dan cepat dalam melihat perkembangan tingkat risiko yang terjadi pada *LPG Storage tank*.
2. Untuk peneliti berikutnya dapat dilanjutkan ketahapan selanjutnya dimana dapat menghitung dampak ekonomi yang terjadi dari luas kebakaran tersebut.
3. Perusahaan dapat melakukan inspeksi pada alat tersebut pada tahun 2025, dimana interval inspeksi dilakukan selama setiap 5 Tahun sekali.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Qathafi, M., & Sulistijono. (2015). Studi Aplikasi Metode Risk Based Inspection (RBI) Semi-Kuantitatif API 581 pada Production Separator. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1).
- API. (2008). *Risk-Based Inspection Technology*.
- Bastian, F. (2012). *KAJIAN EKSPERIMENTAL KEBOCORAN GAS LPG PADA TABUNG GAS DENGAN BERBAGAI TYPE KATUP PENGAMAN YANG TERPASANG*. Universitas Indonesia.
- Busono, P., Catur, A. S., Amril, & Royadi. (2016). Pengukuran Ketebalan Pipa Pendingin Sekunder untuk Pemantauan Aspek Penuaan Pipa Pendingin Sekunder RSG-Gas. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Dan Aplikasi Reaktor Nuklir*, 132–140.
- Izumi, M., Matsubara, K., Ogasawara, M., Omori, J., & Shoji, M. (2001). *Patent No. JP2001272266A*. Japan.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2019). ESDM Highlight. Retrieved November 12, 2019, from ESDM Highlight website: <https://www.esdm.go.id/id/highlight>
- Kementerian Luar Negeri. (2012). Sustainable Energy dan Ketahanan Energi Nasional. Retrieved November 1, 2019, from Kementerian Luar Negeri Indonesia website: https://kemlu.go.id/portal/id/read/102/halaman_list_lainnya/krisis-energi.
- Kusuma, A. R. (2019). *SISTEM SELEKSI KENAIKAN LEVEL WASIT BOLA BASKET DENGAN METODE AHP*. Universitas Muhammadiyah Magelang.
- Matsubara, K. (2006). *Patent No. JP4981328B2*. Japan.
- Nugraha, A. (2016). *Studi Aplikasi Risk-Based Inspection (Rbi) Menggunakan Api 581 Pada Fuel Gas Scrubber Research of Application Risk Based Inspection (Rbi) Using Api 581 on Fuel*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Ohara, G. J. (2005). Aplikasi Sistem Monitoring Berbasis Web Untuk Open Cluster. Sekolah Tinggi Teknologi Telkom.
- Pasaribu, A. (2017). *Rancang Bangun Alat Ukur Ketebalan Kayu Menggunakan Sensor HC-SR04 dengan Tampilan LCD Berbasis Arduino*. Universitas Sumatera Utara.
- Pasi, D. S. (2018). Truck Tangki LPG di Sukabumi Bocor. Retrieved November 12, 2019, from Tatar Sukabumi website: <https://www.tatarsukabumi.id/read/2154/Diduga-Bocor-Asap-Mengepul-Dari-Truk-LPG-di-Sukabumi>
- Pitalokha, R. A., Hamdani, M. R., & Taufik, A. (2016). *Kajian Risk Based Inspection untuk Separator dan Heat Exchanger pada Liquefied Natural Gas Plant*. 64–73.
- Pujiriani, I. (2012). *Analisis potensi risiko keselamatan liquefied petroleum gas (lpg) di depok tahun 2011 tesis*. Universitas Indonesia.
- Wahyu, D. A. (2016). *ANALISIS REMAINING LIFE DAN PENJADWALAN PROGRAM INSPEKSI PADA PRESSURE VESSEL DENGAN MENGGUNAKAN METODE RISK BASED INSPECTION (RBI)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Wikipedia. (2016, October 20). Microsoft Visual Studio - Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas. Retrieved June 29, 2020, from https://id.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Visual_Studio
- Yuliyani. (2019). *ANALISIS PEMILIHAN SUPPLIER BAHAN BAKU KERTAS DENGAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS MENUJU E-SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PT PAPERTECH INDONESIA DI UNIT II ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS MENUJU E- SUPPLY CHAIN MANAGEMENT*. Universitas Muhammadiyah Magelang.
- Zuhri, M. (2017). Tangki Timbung Pertamina Tanjunguban Terbakar. Retrieved November 1, 2019, from Batam News website: <https://www.batamnews.co.id/berita-27877-tangki-timbun-pertamina-tanjunguban-terbakar-ini-yang-terjadi-sebenarnya.html>