

SKRIPSI

PENGEMBANGAN DAN IMPLEMENTASI SOFTWARE RISK BASED INSPECTION STANDAR API RP 581 PADA PRESSURE VESSEL

**Diajukan sebagai salah satu syarat mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**AFIF RISNO PRAYOGO
03051281520102**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019**

SKRIPSI

PENGEMBANGAN DAN IMPLEMENTASI SOFTWARE RISK BASED INSPECTION STANDAR API RP 581 PADA PRESSURE VESSEL

**Diajukan sebagai salah satu syarat mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



Oleh :

**AFIF RISNO PRAYOGO
03051281520102**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

PENGEMBANGAN DAN IMPLEMENTASI SOFTWARE RISK BASED INSPECTION STANDAR API RP 581 PADA PRESSURE VESSEL

**Diajukan sebagai salah satu syarat mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh :

**AFIF RISNO PRAYOGO
03051281520102**



Indralaya, Juni 2019

Dosen Pembimbing

**Irsyadi Yan, ST., M.Eng., Ph.D
NIP. 197112251997021001**

HALAMAN PERSETUJUAN

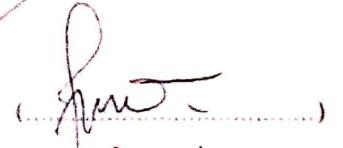
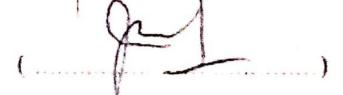
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul "PENGEMBANGAN DAN IMPLEMENTASI SOFTWARE RISK BASED INSPECTION STANDAR API RP 581 PADA PRESSURE VESSEL" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 4 Juli 2019.

Indralaya, Juli 2019

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

1. H. Ismail Thamrin, S.T, M.T
NIP. 197209021997021001

Anggota :

2. Amir Anfin, S.T, M Eng, Ph.D
NIP. 197909272003121004
3. Gunawan, S.T, M.T, Ph.D
NIP. 197705072001121001



Dosen Pembimbing:

Irsyani Yani, S.T, M.Eng, Ph.D
NIP. 197112251997021001

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. : 014/TM/AK/2019
Diterima Tanggal : 14/8 - 2019
Paraf :

SKRIPSI

NAMA : AFIF RISNO PRAYOGO
NIM : 03051281520102
JURUSAN : TEKNIK MESIN
BIDANG STUDI : KONSTRUKSI
JUDUL : PENGEMBANGAN DAN IMPLEMENTASI
SOFTWARE RISK BASED INSPECTION STANDAR
API RP 581 PADA PRESSURE VESSEL
DIBUAT TANGGAL : JANUARI 2019
SELESAI TANGGAL : JULI 2019

Indralaya, Juli 2019

Diperiksa dan disetujui oleh

Mengajuhkan
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, ST., M.Eng., Ph.D
NIP. 197112251997021001

Dosen/Pembimbing

Irsyadi Yani, ST., M.Eng., Ph.D
NIP. 197112251997021001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Afif Risno Prayogo

NIM : 03051281520102

Judul : Pengembangan dan Implementasi *Software Risk Based Inspection*
Standar API RP 581 pada *Pressure Vessel*

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi dosen pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Indralaya, Juli 2019



Afif Risno Prayogo

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Afif Risno Prayogo
NIM : 03051281520102
Judul : Skripsi

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini, saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, Juli 2019



Afif Risno Prayogo
03051281520102

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita sampaikan atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena atas berkah dan rahmat-Nya, skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya, serta tidak lupa juga kita senantiasa untuk sholawat beriring salam kepada Nabi Muhammad Sholallahu 'Alayhi Wassalam karena berkat perjuangan beliau, kita dapat hidup di zaman yang penuh dengan kemudahan teknologi canggih seperti sekarang ini.

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan mata kuliah skripsi dengan bobot setara 5 satuan kredit semester (skk) yang dilakukan oleh penulis dan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program Sarjana jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Selama menyusun skripsi ini, penulis telah mendapatkan banyak sekali masukan, saran, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan syukur Alhamdulillah kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala dan menyampaikan terima kasih kepada :

1. Kedua orangtua penulis (Ir. Haris Kriswantoro, M.Si. dan dr. Retno Suryani) dan saudara laki-laki penulis (Rizky Risno Santoso) yang telah memberi dukungan baik moril maupun materiil kepada penulis.
2. Irsyadi Yani, ST., M.Eng., Ph.D sebagai dosen pembimbing penelitian.
3. Gunawan, ST., MT., Ph.D sebagai dosen pembimbing akademik.
4. Ir. Hadianto EP. selaku *advisor* Departemen Inspeksi Teknik di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang.
5. Hengki Irawan, ST., MT. selaku *senior engineer* Departemen Inspeksi Teknik di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang.
6. Moh. Atkin, ST., MT. selaku *senior engineer* Departemen Inspeksi Teknik di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang.
7. Karyawan – karyawan Inspeksi Teknik PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang lainnya yang banyak memberikan saran dan masukan dalam pengembangan *Software RBI*.
8. Rekan - rekan tim pengembang *Software RBI*.

9. Serta semua pihak yang telah membantu terselessainya skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga skripsi ini dapat bermanfaat. Penulis sadar dalam penulisannya masih sangat jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan dengan rendah hati.

Palembang, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pressure Vessel	7
2.2. Inspeksi	10
2.3. Metode Risk Based Inspection	10
2.3.1. Kemungkinan Kegagalan (Probability of Failure / POF)	12
2.3.1.1. Generic Failure Frequency (Frekuensi Kegagalan Umum)	13
2.3.1.2. Faktor Sistem Manajemen (FMS)	14
2.3.1.3. Faktor Kerusakan (D_f)	16
2.3.2. Konsekuensi Kegagalan (Consequence of Failure / COF)	25
2.3.2.1. Konsekuensi Kegagalan Level 1	26
2.3.2.2. Konsekuensi Kegagalan Level 2	42
2.3.3. Analisis Risiko dan Perencanaan Inspeksi	52
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Diagram Alir	57
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	58
3.3. Sumber Data Penelitian	58
3.4. Pengembangan Software Risk Based Inspection	59
3.5. Kegiatan Implementasi Software RBI	61

3.6.	Bagan Mekanisme Kerja Metode Risk Based Inspection	62
------	--	----

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1.	Deskripsi Objek Analisis	63
4.2.	Data Masukan	63
4.2.1.	Pressure Vessel F5A-106D	64
4.2.2.	Pressure Vessel F5U-DA202	65
4.3.	Hasil Pengembangan Software RBI	66
4.3.1.	Pressure Vessel F5A-106D	67
4.3.2.	Pressure Vessel F5U-DA202	82
4.4.	Perhitungan Manual Risk Based Inspection (RBI)	96
4.4.1.	Perhitungan Manual untuk F5A-106D	96
4.4.2.	Perhitungan Manual untuk F5U-DA202	107
4.5.	Pembahasan Validasi Hasil	112
4.6.	Perencanaan Inspeksi	117
4.6.1.	Pressure Vessel F5A-106D	117
4.6.2.	Pressure Vessel F5U-DA202	118
4.7.	Feedback dari Engineer PT. PUSRI terhadap Software RBI	118

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1.	Simpulan	121
5.2.	Saran	122

DAFTAR RUJUKAN i

LAMPIRAN i

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Pressure Vessel Tipe Vertical dan Horizontal	8
Gambar 2.2	Kegagalan pada Pressure Vessel	9
Gambar 2.3.	Alur Kejadian Konsekuensi Kegagalan Level 1 untuk Pelepasan Tipe Seketika.....	30
Gambar 2.4.	Alur Kejadian Konsekuensi Kegagalan Level 1 untuk Pelepasan Tipe Kontinyu	30
Gambar 2.5.	Pemodelan Termodinamika untuk Analisis Konsekuensi	45
Gambar 2.6.	Alur Kejadian yang Dianalisis Konsekuensi Kegagalan Level 2 untuk Kasus Kebocoran	46
Gambar 2.7.	Alur Kejadian yang Dianalisis Konsekuensi Kegagalan Level 2 untuk Kasus Rusak/Rupture	47
Gambar 2.8.	Matriks Risiko	54
Gambar 2.9.	Contoh Grafik Penjadwalan Inspeksi	54
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian	57
Gambar 3.2.	Aplikasi Visual Studio Enterprise 2017	60
Gambar 3.3.	Sampel Pengembangan Software Risk Based Inspection	61
Gambar 3.4.	Bagan Metode RBI	62
Gambar 4.1.	Tampilan Awal sebelum Analisis RBI pada Pressure Vessel F5A-106D	67
Gambar 4.2.	Faktor Sistem Manajemen pada Pressure Vessel F5A-106D	68
Gambar 4.3.	Penentuan Faktor Kerusakan Pressure Vessel F5A-106D	68
Gambar 4.4.	Penentuan Bentuk Umum Pressure Vessel F5A-106D untuk Analisis Faktor Kerusakan Thinning	69
Gambar 4.5.	Proses Data untuk Faktor Kerusakan Thinning pada Pressure Vessel F5A-106D (Bagian 1)	70
Gambar 4.6.	Proses Data untuk Faktor Kerusakan Thinning pada Pressure Vessel F5A-106D (Bagian 2)	70
Gambar 4.7.	Proses Data untuk Faktor Kerusakan Thinning pada Pressure Vessel F5A-106D (Bagian 3)	71
Gambar 4.8.	Proses Data untuk Faktor Kerusakan Thinning pada Pressure Vessel F5A-106D (Bagian 4)	71

Gambar 4.9.	Proses Data untuk Faktor Kerusakan Thinning pada Pressure Vessel F5A-106D (Bagian 5)	72
Gambar 4.10.	Proses Data untuk Faktor Kerusakan Thinning pada Pressure Vessel F5A-106D (Bagian 6)	72
Gambar 4.11.	Proses Data untuk Faktor Kerusakan Thinning pada Pressure Vessel F5A-106D (Bagian 7)	73
Gambar 4.12.	Proses Data untuk Faktor Kerusakan Thinning pada Pressure Vessel F5A-106D (Bagian 8)	73
Gambar 4.13.	Proses Data untuk Faktor Kerusakan Thinning pada Pressure Vessel F5A-106D (Bagian 9)	74
Gambar 4.14.	Proses Data untuk Faktor Kerusakan Thinning pada Pressure Vessel F5A-106D (Bagian 10)	74
Gambar 4.15.	Proses Data untuk Faktor Kerusakan HTHA pada Pressure Vessel F5A-106D	75
Gambar 4.16.	Proses Data untuk Konsekuensi Kegagalan pada Pressure Vessel F5A-106D (Bagian 1)	76
Gambar 4.17.	Proses Data untuk Konsekuensi Kegagalan pada Pressure Vessel F5A-106D (Bagian 2)	76
Gambar 4.18.	Proses Data untuk Konsekuensi Kegagalan pada Pressure Vessel F5A-106D (Bagian 3)	77
Gambar 4.19.	Proses Data untuk Konsekuensi Kegagalan pada Pressure Vessel F5A-106D (Bagian 4)	77
Gambar 4.20.	Proses Data untuk Konsekuensi Kegagalan pada Pressure Vessel F5A-106D (Bagian 5)	78
Gambar 4.21.	Perhitungan Area Konsekuensi Terbakar pada Pressure Vessel F5A-106D (Bagian 1)	78
Gambar 4.22.	Perhitungan Area Konsekuensi Terbakar pada Pressure Vessel F5A-106D (Bagian 2)	79
Gambar 4.23.	Perhitungan Area Konsekuensi Beracun pada Pressure Vessel F5A-106D	79
Gambar 4.24.	Perhitungan Area Konsekuensi Tak Terbakar dan Tak Beracun pada Pressure Vessel F5A-106D	80
Gambar 4.25.	Perhitungan Konsekuensi Finansial pada Pressure Vessel F5A-106D	80
Gambar 4.26.	Hasil Final Risiko Pressure Vessel F5A-106D Berdasarkan Area Konsekuensi	81
Gambar 4.27.	Hasil Final Risiko Pressure Vessel F5A-106D Berdasarkan Konsekuensi Finansial	81

Gambar 4.28. Tampilan Awal sebelum Analisis RBI pada Pressure Vessel F5U-DA202	82
Gambar 4.29. Faktor Sistem Manajemen pada Pressure Vessel F5U-DA202	83
Gambar 4.30. Penentuan Mekanisme Kerusakan Pressure Vessel F5U-DA202.	83
Gambar 4.31. Penentuan Bentuk Umum Pressure Vessel F5U-DA202 untuk Analisis Faktor Kerusakan Thinning	84
Gambar 4.32. Proses Data untuk Faktor Kerusakan Thinning pada Pressure Vessel F5U-DA202 (Bagian 1)	84
Gambar 4.33. Proses Data untuk Faktor Kerusakan Thinning pada Pressure Vessel F5U-DA202 (Bagian 2)	85
Gambar 4.34. Proses Data untuk Faktor Kerusakan Thinning pada Pressure Vessel F5U-DA202 (Bagian 3)	85
Gambar 4.35. Proses Data untuk Faktor Kerusakan Thinning pada Pressure Vessel F5U-DA202 (Bagian 4)	86
Gambar 4.36. Proses Data untuk Faktor Kerusakan Thinning pada Pressure Vessel F5U-DA202 (Bagian 5)	86
Gambar 4.37. Proses Data untuk Faktor Kerusakan Thinning pada Pressure Vessel F5U-DA202 (Bagian 6)	87
Gambar 4.38. Proses Data untuk Faktor Kerusakan Thinning pada Pressure Vessel F5U-DA202 (Bagian 7)	87
Gambar 4.39. Proses Data untuk Faktor Kerusakan Thinning pada Pressure Vessel F5U-DA202 (Bagian 8)	88
Gambar 4.40. Proses Data untuk Faktor Kerusakan Thinning pada Pressure Vessel F5U-DA202 (Bagian 9)	88
Gambar 4.41. Proses Data untuk Faktor Kerusakan Thinning pada Pressure Vessel F5U-DA202 (Bagian 10)	89
Gambar 4.42. Proses Data untuk Faktor Kerusakan CLSCC pada Pressure Vessel F5U-DA202 (Bagian 1)	89
Gambar 4.43. Proses Data untuk Faktor Kerusakan CLSCC pada Pressure Vessel F5U-DA202 (Bagian 2)	90
Gambar 4.44. Proses Data untuk Faktor Kerusakan CLSCC pada Pressure Vessel F5U-DA202 (Bagian 3)	90
Gambar 4.45. Proses Data untuk Konsekuensi Kegagalan pada Pressure Vessel F5U-DA202 (Bagian 1)	91
Gambar 4.46. Proses Data untuk Konsekuensi Kegagalan pada Pressure Vessel F5U-DA202 (Bagian 2)	91
Gambar 4.47. Proses Data untuk Konsekuensi Kegagalan pada Pressure Vessel F5U-DA202 (Bagian 3)	92

Gambar 4.48. Proses Data untuk Konsekuensi Kegagalan pada Pressure Vessel F5U-DA202 (Bagian 4)	92
Gambar 4.49. Proses Data untuk Konsekuensi Kegagalan pada Pressure Vessel F5U-DA202 (Bagian 5)	93
Gambar 4.50. Perhitungan Area Konsekuensi Terbakar pada Pressure Vessel F5U-DA202	93
Gambar 4.51. Perhitungan Area Konsekuensi Beracun pada Pressure Vessel F5U-DA202	94
Gambar 4.52. Perhitungan Area Konsekuensi Tak Terbakar dan Tak Beracun pada Pressure Vessel F5U-DA202	94
Gambar 4.53. Perhitungan Konsekuensi Finansial pada Pressure Vessel F5U-DA202	95
Gambar 4.54. Hasil Final Risiko Pressure Vessel F5U-DA202 Berdasarkan Area Konsekuensi	95
Gambar 4.55. Hasil Final Risiko Pressure Vessel F5U-DA202 Berdasarkan Konsekuensi Finansial	96

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	GFF Pressure Vessel yang Direkomendasikan	14
Tabel 2.2.	Evaluasi Sistem Manajemen	15
Tabel 2.3.	Deskripsi Faktor Kerusakan	17
Tabel 2.4.	Daftar Fluida Representatif dan Propertinya untuk Analisis Konsekuensi Kegagalan Level 1	28
Tabel 2.5.	Batasan dan Ukuran Lubang Kebocoran dalam Analisis Konsekuensi Kegagalan Level 1 dan Level 2	34
Tabel 2.6.	Biaya Kerusakan Komponen (Material : Baja Karbon)	38
Tabel 2.7.	Faktor Biaya Material	39
Tabel 2.8.	Estimasi Outage Peralatan	40
Tabel 2.9.	Sifat (Properties) Fluida yang Bocor	41
Tabel 2.10.	Kategori Kemungkinan dan Area Konsekuensi (CA) Kegagalan	53
Tabel 2.11.	Kategori Kemungkinan Kegagalan dan Konsekuensi Finansial (FC)	53
Tabel 3.1.	Uraian Kegiatan Penelitian	58
Tabel 4.1.	Perbandingan Hasil dari Software RBI dan Perhitungan Manual untuk Pressure Vessel F5A-106D	113
Tabel 4.2.	Perbandingan Hasil dari Software RBI dan Perhitungan Manual untuk Pressure Vessel F5U-DA202	115

LAMPIRAN

Lampiran 1	Contoh Coding pada Form Sub-Home Pressure Vessel	i
Lampiran 2	Contoh Coding pada Form Thinning Damage Factor	iii
Lampiran 3	Contoh Coding pada Form Management System Factor	x
Lampiran 4	Contoh Coding pada Form COF Level 1	xii
Lampiran 5	Contoh Coding pada Form COF Level 2	xix
Lampiran 6	Gambar Teknik Pressure Vessel F5A-106D (Sumber : PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang)	xxv
Lampiran 7	Data Umum Pressure Vessel F5A-106D (Sumber : PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang)	xxvi
Lampiran 8	Process flow diagram Pressure Vessel F5A-106D (Sumber : PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang)	xxvii
Lampiran 9	Material Balance Fluida Pressure Vessel F5A-106D (Sumber : PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang)	xxviii
Lampiran 10	Gambar Teknik Pressure Vessel F5U-DA202 (Sumber : PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang)	xxix
Lampiran 11	Data Umum Pressure Vessel F5U-DA202 (Sumber : PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang)	xxx
Lampiran 12	Process flow diagram Pressure Vessel F5U-DA202 (Sumber : PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang)	xxxi
Lampiran 13	Material Balance Fluida Pressure Vessel F5U-DA202 (Sumber : PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang)	xxxii
Lampiran 14	Kurva Nelson (API RP 941, 1998)	xxxiii
Lampiran 15	Properties Material Pressure Vessel F5A-106D (Sumber : ASME Section II Part D)	xxxiv
Lampiran 16	Properties Material Pressure Vessel F5U-DA202 (Sumber : ASME Section II Part D)	xxxvii
Lampiran 17	Surat Penelitian di PT. PUSRI Palembang	xxxviii
Lampiran 18	Lembar Pembimbingan Skripsi	xxxix
Lampiran 19	Lembar Indeks Similaritas	xl

PENGEMBANGAN DAN IMPLEMENTASI SOFTWARE RISK BASED INSPECTION STANDAR API RP 581 PADA PRESSURE VESSEL

Afif Risno Prayogo^{(1)*}, Irsyadi Yani⁽²⁾, Gunawan⁽²⁾

⁽¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

⁽²⁾Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km. 32, Indralaya 30662, Sumatera Selatan

*Email : afifrisno2@gmail.com

ABSTRAK

Untuk menjamin keandalan kerja *pressure vessel*, pekerja industri harus memastikan kondisi terkini peralatan tersebut melalui tindakan inspeksi teknik. Metode *Risk Based Inspection* (RBI) yang mengacu pada *American Petroleum Institute Recommended Practice* (API RP) 581 membantu petugas inspeksi mengetahui tingkat risiko *pressure vessel* secara semi-kuantitatif, yang nantinya digunakan sebagai acuan perencanaan inspeksi. Tingkat risiko didapatkan dari kombinasi kemungkinan kegagalan dan konsekuensi kegagalan yang ada pada *pressure vessel*. Metode RBI tersebut dikembangkan menjadi sebuah perangkat lunak (*software*) menggunakan bahasa pemrograman *Visual Basic*, dengan tujuan untuk mempermudah analisis RBI. *Pressure vessel* di PT. Pupuk Sriwidjaja (PUSRI) Palembang yang diuji RBI adalah *Pressure Vessel F5A-106D* dan *Pressure Vessel F5U-DA202*. Hasil yang didapatkan ialah level risiko *Pressure Vessel F5A-106D* tergolong rendah dari segi area konsekuensi dan medium dari segi konsekuensi finansial, serta pada F5U-DA202 menunjukkan risiko rendah berdasarkan area konsekuensi dan risiko medium berdasarkan konsekuensi finansial. Berdasarkan tingkat risiko tersebut dan sesuai kesepakatan petugas inspeksi, maka *Pressure Vessel F5A-106D* diinspeksi 6 tahun sekali secara *visual examination*, sedangkan *Pressure Vessel F5U-DA202* diinspeksi setiap 2 tahun sekali secara *visual examination* juga. Pengawasan operasi *Pressure Vessel F5U-DA202* harus lebih diprioritaskan dibandingkan dengan *Pressure Vessel F5A-106D* karena area konsekuensi kegagalan F5U-DA202 lebih luas daripada F5A-106D.

Kata Kunci : Perencanaan Inspeksi, *Risk Based Inspection*, API RP 581, *Software*, *Pressure Vessel*, Risiko



Indralaya Juli 2019
Dosen/Pembimbing

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 197112251997021001

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF RISK BASED INSPECTION SOFTWARE BASED ON API RP 581 FOR PRESSURE VESSEL

Afif Risno Prayogo^{(1)*}, Irsyadi Yani⁽²⁾, Gunawan⁽²⁾

⁽¹⁾Student of Department of Mechanical Engineering, Sriwijaya University

⁽²⁾Lecturer of Department of Mechanical Engineering, Sriwijaya University

30662 Indralaya, South Sumatera, Indonesia

*Email : afifrisno2@gmail.com

ABSTRACT

To ensure the reliability of pressure vessel operation, the engineers have to know its latest condition by doing inspection program. Risk Based Inspection (RBI) Methodology based on American Petroleum Institute Recommended Practice (API RP) 581 helps the engineering inspectors to know the risk ranking of pressure vessel from semi-quantitative analysis, it will be reference to determine inspection planning. The risk ranking is the combination of probability of failure (POF) and consequence of failure (COF) on pressure vessel. The RBI Methodology is developed to be a software by using programming language of Visual Basic for making RBI analysis easier. There are two sample pressure vessels to be analyzed in PT. Pupuk Sriwidjaja (PUSRI) Palembang, they are F5A-106D and F5U-DA202. The final results of RBI analysis are Pressure Vessel F5A-106D has low risk based on consequence area and medium risk based on financial consequence, and Pressure Vessel F5U-DA202 has too. Based on the risk rankings and engineers' deal, Pressure Vessel F5A-106D is inspected on every once in six years with visual examination, whereas Pressure Vessel F5U-DA202 is scheduled for inspecting on every once in two years with the visual examination. Finally, Pressure Vessel F5U-DA202 has to be more monitored than Pressure Vessel F5A-106D because F5U-DA202 has consequence area wider than F5A-106D.

Keywords : Inspection Planning, Risk Based Inspection, API RP 581, Software, Pressure Vessel, Risk

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di dunia industri tentunya sudah tidak asing lagi dengan pekerjaan yang berhubungan dengan tekanan yang tinggi, volume yang besar, dan suhu yang sangat tinggi di atas titik didihnya ataupun bisa juga sangat rendah di bawah titik bekunya. *Pressure vessel* (bejana tekan) merupakan salah satu peralatan vital di perindustrian yang digunakan untuk menampung fluida bertekanan tinggi (API 510, 2006).

Pressure vessel bekerja secara kontinyu, baik digunakan untuk menampung, memisahkan, menyaring, mencampur fluida atau zat lainnya dengan kondisi tekanan dan suhu yang sangat tinggi serta volume yang besar sangat berpotensi mengalami kegagalan, seperti retak pada struktur bagian dalam yang akan merambat hingga ke bagian luar *pressure vessel* tersebut, terjadinya penipisan pada dinding *pressure vessel* yang diakibatkan oleh zat yang bersifat korosif yang ditampung di dalamnya, kebocoran yang menyebabkan ledakan yang dahsyat, dan kerusakan yang membahayakan lainnya. Apabila keadaan seperti ini dibiarkan tanpa ada tindak lanjut berupa pemantauan dan penanganan yang tepat terhadap *pressure vessel* tersebut tentunya akan mengakibatkan kegagalan yang berdampak fatal bagi pekerja, masyarakat dan lingkungan sekitar pabrik, serta kerugian yang akan dialami oleh pabrik itu sendiri (Kohan, 1987).

Setiap industri harus melakukan kegiatan inspeksi yang terjadwal, tepat, dan cermat untuk memantau kelayakan dari peralatan industri selama operasi industri berjalan. Kegiatan tersebut dilakukan dengan tujuan mencegah terjadinya kegagalan yang tidak diinginkan pada peralatan tersebut. Seiring berjalannya waktu, kemajuan cara dan hasil inspeksi modern cukup signifikan karena inspeksi modern sudah dapat memberikan hasil yang mendekati kondisi aktual dari suatu peralatan, hal ini juga dapat dilihat dan dibandingkan dengan perencanaan inspeksi konvensional yang masih didasari oleh perspektif pelaku inspeksi (Li et. al., 2004).

Inspeksi pada peralatan industri sebenarnya tidak menghilangkan risiko pada peralatan tersebut jika terjadi kegagalan, namun sangat membantu mengurangi ketidakpastian terhadap kondisi peralatan industri. Untuk mendukung kegiatan inspeksi tersebut, dibutuhkan perhitungan yang akurat, presisi, dan cepat. *Risk Based Inspection* (Inspeksi Berbasis Risiko) standar *American Petroleum Institute Recommended Practice* (API RP) 581 menyediakan prosedur perencanaan inspeksi terhadap peralatan industri statis (*fixed equipment*) bertekanan tinggi yang mampu menghasilkan data yang lebih komplit, baik secara kuantitatif maupun kualitatif dengan tingkat risiko sebagai hasil sekaligus acuan pelaksanaan inspeksi selanjutnya. Metode ini juga mampu menghemat waktu dan biaya inspeksi suatu pabrik karena membantu mengelola frekuensi inspeksi secara terjadwal, membantu memprioritaskan inspeksi pada peralatan yang berisiko lebih tinggi, dan membantu menentukan pengujian yang tepat untuk menginspeksi peralatan industri (API RP 581, 2016).

Jadi, kegagalan pada *pressure vessel* dapat merusak konstruksi pada *pressure vessel* itu sendiri yang mengakibatkan risiko sangat tinggi. Untuk mencegah dampak negatif yang sangat berbahaya tersebut, kegiatan inspeksi yang tepat sangat penting dilakukan. Untuk membantu efisiensi dan keefektifan inspeksi, maka dibutuhkan perencanaan inspeksi yang tepat pula. Dengan demikian, Metode *Risk Based Inspection* sangat tepat dalam membantu perencanaan inspeksi pada peralatan industri, khususnya *pressure vessel*. Pada penelitian yang telah dilakukan, Metode *Risk Based Inspection* dikembangkan menjadi suatu perangkat lunak (*software*) dengan bantuan komputer yang memudahkan pelaku inspeksi untuk mendapatkan hasil yang diharapkan, berupa tingkat risiko *pressure vessel*. *Software Risk Based Inspection* tersebut telah diaplikasikan langsung pada salah satu industri nasional, yaitu PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang.

1.2. Rumusan Masalah

Metode *Risk Based Inspection* mengacu pada *Risk Based Inspection Methodology Recommended Practice* 581 yang diterbitkan oleh *American*

Petroleum Institute. Di dalam pedoman tersebut disediakan langkah – langkah perhitungan untuk mendapatkan hasil sebagai acuan inspeksi terhadap peralatan industri statis bertekanan tinggi, salah satunya ialah *pressure vessel*. Namun, perhitungan manual jelas tidak efisien bagi suatu pabrik. Maka dari itu, Metode *Risk Based Inspection* (RBI) dikembangkan dalam bentuk sebuah perangkat lunak (*software*). Pengembangan *software* RBI ini juga menguntungkan bagi PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang, sebagai salah satu perusahaan petrokimia nasional, yang memang belum memiliki software tersebut untuk menunjang kegiatan inspeksi pada peralatan industri, terutama pada *pressure vessel*.

1.3. Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penelitian mengenai inspeksi berbasis risiko, maka pembahasan masalah dalam skripsi ini dibatasi pada hal - hal berikut ini.

1. Peralatan industri bertekanan tinggi yang dianalisis menggunakan Metode *Risk Based Inspection* adalah *pressure vessel*.
2. Perhitungan dari data lapangan dilakukan menggunakan Metode *Risk Based Inspection* yang sudah dikembangkan menjadi sebuah perangkat lunak (*software*) dengan bantuan komputer, namun tetap membandingkan dengan perhitungan manual dibatasi pada kondisi tertentu sebagai validasi hasil.
3. Target dari hasil perhitungan menggunakan Metode *Risk Based Inspection* pada *pressure vessel* adalah tingkat risiko, jadwal inspeksi, dan metode inspeksi yang tepat.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut.

1. Mengembangkan *Software Risk Based Inspection* (RBI) untuk mendukung perencanaan inspeksi suatu perindustrian;

2. Menguji *Software RBI* pada *pressure vessel* di perindustrian, tepatnya di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang;
3. Menganalisis tingkat risiko pada *pressure vessel* di PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang dengan mengambil data kerusakan apa yang terjadi dan data pendukung lainnya.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Menjadikan Metode *Risk Based Inspection* sebagai metode yang direkomendasikan untuk acuan perencanaan inspeksi peralatan industri statis bertekanan tinggi, khususnya *pressure vessel*.
2. Membantu mencegah terjadinya kegagalan pada *pressure vessel* yang berisiko tinggi di pabrik dan sekitarnya.
3. Menjadi referensi bagi mahasiswa dan akademisi lainnya yang meneliti permasalahan terkait Metode *Risk Based Inspection*.

1.6. Sistematika Penulisan

Bab 1 Pendahuluan

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang dasar teori yang melandasi penelitian yang dilakukan.

Bab 3 Metodologi Penelitian

Bab ini berisi tentang metode pengambilan data yang digunakan untuk mengkaji hal yang diteliti.

Bab 4 Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi hasil dari penelitian yang telah dilakukan serta pembahasannya.

Bab 5 Simpulan dan Saran

Bab ini berisi simpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR RUJUKAN

- Al Qathafi, Moamar dan Sulistijono. 2015. Studi Aplikasi Metode Risk Based Inspection (RBI) Semi-Kuantitatif API 581 pada Production Separator. *Jurnal Teknik ITS*, 4 (1), pp. 89 – 94.
- Alma, Wipri. 2011. Assesment Risk Based Inspection (RBI) pada Storage Tank (31 T 2) di Pertamina RU IV Cilacap.
- American Petroleum Institute. 1998. *Steels for Hydrogen Service at Elevated Temperatures and Pressures in Petroleum Refineries and Petrochemical Plants API RP 941*. Washington D.C. : API Publishing Services.
- American Petroleum Institute. 2006. *Pressure Vessel Inspection Codes API 510 Ninth Edition*. Washington D.C. : API Publishing Services.
- American Petroleum Institute. 2016. *Risk Based Inspection Methodology API Recommended Practice 581 Third Edition*. Washington D.C. : API Publishing Services.
- American Society of Mechanical Engineers. 2010. *ASME Boiler and Pressure Vessel Code II Part D*. New York : ASME.
- Anonim. 2016. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta : Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Chang, Ming-Kuen, Chang, Ren-Rong, Shu, Chi-Min, dan Lin, Kung-Nan. 2005. Application of Risk Based Inspection in Refinery and Processing Piping. *Journal of Loss Prevention in The Process Industries* 18 (4-6) : 397 – 402.
- Jubaidi, Ali. 2015. “Apa Itu Bejana Tekan (Pressure Vessel)”. (Online) <https://alijubaidi.blogspot.com/2015/06/apa-itu-bejana-tekan-pressure-vessel.htm?m=1>. Diakses pada tanggal 2 Januari 2019.
- Juniarto dan Kusumah, Yuriadi. 2015. Perancangan Pressure Vessel E Type Vertical (*Air Receiver Tank*). *Universitas Mercu Buana*, pp. 1 – 4.

- Knodell, Jenny. 2009. "You Can Stop Pressure Vessel Failure !". (Online) <https://blog.iqsdirectory.com/you-can-stop-pressure-vessel-failure/>. Diakses pada tanggal 2 Januari 2019.
- Kohan, Anthony L. 1987. *Pressure Vessel System*. United States of America : McGraw-Hill Book Company.
- Kurniati, Nani, Yeh, Ruey-Huei, dan Lin, Jong-Jang. 2015. Quality Inspection and Maintenance: The Framework of Interaction. *Industrial Engineering and Service Science*, 4, pp. 244 – 251.
- Li, Dianqing, Zhang, Shengkun, dan Tang, Wenyong. 2004. Risk Based Inspection Planning for Ship Structure Using a Decision Tree Method. *Naval Engineers Journal*, 116, pp. 73 – 84.
- Moss, Dennis R. 2004. *Pressure Vessel Design Manual*. United States of America : Elsevier.
- Naubnome, Viktor, Haryadi, Gunawan Dwi, Ismail, Rifky, dan Kim, Seon Jin. 2016. Risk Analysis for Pressure Vessel with External Corrosion using RBI Method Based on API 581. *AIP Conference Proceedings* 1725, 020052, pp. 1 – 6.
- Nugraha, Adi. 2016. Tugas Akhir : Studi Aplikasi *Risk-Based Inspection* (RBI) Menggunakan API 581 pada *Fuel Gas Scrubber*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Novermber.
- Perumal, K. Elaya. 2014. Corrosion Risk Analysis, Risk Based Inspection and a Case Study Concerning a Condensate Pipeline. *1st International Conference on Structural Integrity*, 86, pp. 597 - 605.
- Priyanta, Dwi, L., Dyah Arina Wahyu, dan H., Dhimas Widhi. 2016. Analisis *Remaining Life* dan Penjadwalan Program Inspeksi pada *Pressure Vessel* dengan Menggunakan Metode *Risk Based Inspection* (RBI). *Jurnal Teknik ITS*, 5 (2), pp. 356 – 360.
- Siliang, Ma. 2013. Application Analysis and research of risk based inspection method for petrochemical device. *Beijing University of Chemical Technology*.

- Simatupang, Sovian, Sulistijono, Karokaro, Muchtar. 2011. Studi Analisis Resiko pada Pipeline Oil dan Gas dengan Metode Risk Assesment Kent Muhlbauer dan Risk Based Inspection API Rekomendasi 581. Jurnal Tugas Akhir ITS, pp. 1 - 12.
- Soelaiman, T. A. Fauzi, Taufik, Ahmad, dan Soma, Tito Arya. 2004. Analisis Resiko Reaktor Kimia Berdasarkan Standar Inspeksi Berbasis Resiko (*Risk Based Inspection: RBI*) API 581. Jurnal Teknik Mesin, 19 (2), pp. 37 – 42.
- Wanpeng, Liu. 2013. Research on the application of risk based inspection and maintenance strategy for pressure vessel system. *East China University of Science and Technology*.
- Zhang, Meng, Liang, Wei, Qiu, Zeyang, dan Lin, Yang. 2017. Application of Risk-Based Inspection Method for Gas Compressor Station. 12th International Conference on Damage Assessment of Structures, 842, pp. 1 – 8.