

# **SKRIPSI**

## **PENGUJIAN *SOFTWARE RISK BASED INSPECTION* RAFAOLEC BERBASIS API RP 581 PADA *HEAT* *EXCHANGER* DENGAN STUDI KASUS PADA PT. XYZ**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**RENALDY  
03051181621016**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2020**

# **SKRIPSI**

## **PENGUJIAN *SOFTWARE RISK BASED INSPECTION* RAFAOLEC BERBASIS API RP 581 PADA *HEAT EXCHANGER* DENGAN STUDI KASUS PADA PT. XYZ**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH :**

**RENALDY  
03051181621016**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2020**

# HALAMAN PENGESAHAN

## PENGUJIAN *SOFTWARE* RISK BASED INSPECTION RAFAOLEC BERBASIS API RP 581 PADA *HEAT EXCHANGER* DENGAN STUDI KASUS PADA PT. XYZ

### SKRIPSI

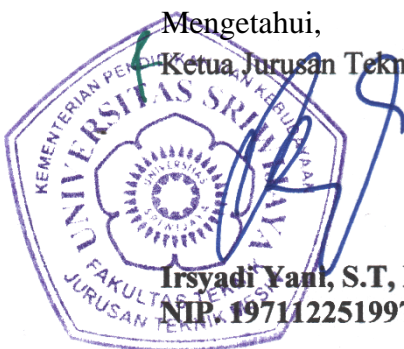
Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

**RENALDY**  
03051181621016

Indralaya, 17 Juli 2020

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

Pembimbing Skripsi



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

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**Agenda No. :  
Diterima Tanggal :  
Paraf :**

**SKRIPSI**

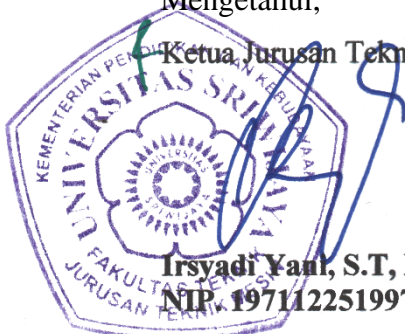
**NAMA : RENALDY  
NIM : 03051181621016  
JURUSAN : TEKNIK MESIN  
BIDANG STUDI : KONSTRUKSI  
JUDUL : PENGUJIAN SOFTWARE RISK BASED  
INSPECTION RAFAOLEC BERBASIS API RP  
581 PADA HEAT EXCHANGER DENGAN STUDI  
KASUS PADA PT. XYZ  
DIBUAT TANGGAL : OKTOBER 2019  
SELESAI TANGGAL : JULI 2020**

Indralaya, 23 Juli 2020

Diperiksa dan disetujui oleh

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

Pembimbing Skripsi

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized letters, positioned above the name and NIP of the supervisor.

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

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Pengujian *Software Risk Based Inspection* RAFAOLEC Berbasis API RP 581 pada *Heat Exchanger* dengan Studi Kasus pada PT. XYZ” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 24 Juni 2020.

Indralaya, Juni 2020

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi


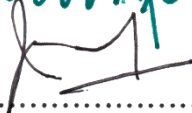
### Ketua :

1. Dr. Muhammad Yanis, S.T, M.T  
NIP. 197002281994121001

(..........)

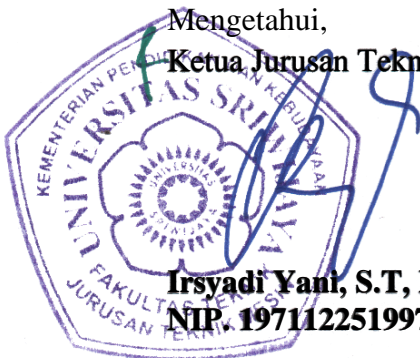
### Anggota :

2. Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D.  
NIP. 195612271988111001
3. Gunawan, S.T, M.T, Ph.D.  
NIP. 197209021997021001

(..........)  
(..........)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

Pembimbing Skripsi



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

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Renaldy  
NIM : 03051181621016  
Judul : Pengujian *Software Risk Based Inspection* RAFAOLEC Berbasis API RP 581 pada *Heat Exchanger* dengan Studi Kasus pada PT. XYZ.

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 siapa pun.

Indralaya, 23 Juli 2020



Renaldy

NIM. 03051181621016

# HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Renaldy  
NIM : 03051181621016  
Judul : Pengujian *Software Risk Based Inspection* RAFAOLEC Berbasis API RP 581 pada *Heat Exchanger* dengan Studi Kasus pada PT. XYZ.

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim 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 siapa pun.



Indralaya, 23 Juli 2020



Renaldy  
NIM. 03051181621016

# KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena berkat nikmat dan karunia-Nya lah. Sholawat serta salam semoga tetap tercurah kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“Pengujian Software Risk Based Inspection RAFAOLEC Berbasis API RP 581 pada Heat Exchanger dengan Studi Kasus pada PT. XYZ”** ini dengan baik dan lancar. Skripsi ini berisi metode inspeksi dan analisis kondisi peralatan statis khususnya *Heat Exchanger*. Metode yang digunakan dan dipakai adalah *Risk Based Inspection* API RP 581.

Dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang telah membantu memberikan masukan dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ini. Pada kesempatan ini penulis berterima kasih kepada :

1. Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan dalam penelitian dan penulisan skripsi.
2. Gunawan, S.T., M.T. atas bantuannya selama proses pengerjaan.
3. M. Ihsan Riadi, S.T., M.T. selaku pembimbing akademik yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan studi.
4. Keluarga tercinta Emak, Abah, Kakak dan Adikku untuk doa dan semangat yang telah diberikan.
5. Teman seperjuangan M. Aman, Ebil Yani, Theo, dan Mahmed atas kerja kerasnya dalam menyelesaikan tugas akhir.
6. Fourziah Meilianti atas segala pengorbanan waktu dan pemikirannya terhadap penulis.
7. Teman-teman Teknik Mesin Universitas Sriwijaya atas segala kekompakan yang pernah terjalin.
8. Dan teman-teman seperjuangan yang lain yang telah bersama-sama melalui masa perkuliahan dengan penuh suka cita.
9. Semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu-persatu.



Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih dan semoga tulisan ini bermanfaat.

Indralaya, 23 Juli 2020

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Renaldy', written over a horizontal line.

Renaldy

# RINGKASAN

PENGUJIAN *SOFTWARE RISK BASED INSPECTION* RAFAOLEC BERBASIS API RP 581 PADA *HEAT EXCHANGER* DENGAN STUDI KASUS PADA PT. XYZ

Karya Tulis ilmiah berupa Skripsi, 23 Juli 2020

Renaldy; dibimbing oleh Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.

TESTING OF RISK BASED INSPECTION SOFTWARE RAFAOLEC BASED ON API RP 581 ON HEAT EXCHANGER WITH CASE STUDY ON PT. XYZ.

XV + 70 halaman, 4 tabel, 35 gambar, 3 lampiran

## RINGKASAN

Pada era revolusi industri 4.0 saat ini, perkembangan industri semakin meningkat seperti saat sekarang ini. Sebuah industri harus selalu siap dalam menghadapi persaingan yang semakin ketat dengan semakin banyaknya pesaing dan menuntut industri harus selalu mampu memperhatikan penawaran (*supply*) dan permintaan (*demand*) konsumen dan berusaha memenuhinya dengan cara yang lebih unggul daripada yang dilakukan pesaing. Untuk dapat selalu memenuhi permintaan, maka sebuah industri sangat bergantung pada kinerja peralatan industri dalam melaksanakan fungsi-fungsi produksi agar dapat menghasilkan produk pada waktu yang tepat dan sesuai dengan permintaan konsumen. Dengan tingginya laju produksi tersebut tentu saja dapat memicu potensi terjadinya kerusakan atau kegagalan pada peralatan atau unit produksi yang dapat menyebabkan terhambatnya proses produksi dan bahaya kerusakan yang mungkin terjadi. Alat penukar kalor (*Heat Exchanger*) sangat berpengaruh dalam industri terhadap keberhasilan keseluruhan rangkaian proses, karena kegagalan operasi alat ini baik akibat kegagalan mekanika maupun operasional dapat menyebabkan berhentinya operasi unit. Oleh karena itu merupakan hal yang penting untuk dapat menjaga dan menentukan masa pemakaian setiap benda tersebut, dengan ini maka perlu diterapkan sebuah program inspeksi yang cukup detail tapi juga ekonomis, yang nantinya harus diikuti oleh program perawatan yang sesuai, untuk mencegah terjadinya kegagalan peralatan yang bisa berdampak pada keselamatan manusia,

pencemaran lingkungan dan kelancaran produksi, seperti metode *Risk Based Inspection* (RBI). Penerapan RBI pada inspeksi *heat exchanger tube bundles* memungkinkan keputusan dibuat berdasarkan konsekuensi dari kegagalan bundel, termasuk biaya yang terkait dengan kehilangan hasil produksi dan biaya dampak lingkungan terkait dengan kebocoran ke sistem utilitas dan biaya penggantian dan perawatan yang terkait dengan *heat exchanger*. Kategori risiko didapatkan dengan mengalikan kategori nilai *Probability of Failure* (POF) dan kategori nilai *Consequence of Failure* (COF). Tujuannya adalah menentukan *risk score* dari alat yang dianalisis apakah termasuk *low risk*, *medium risk*, atau *high risk equipment*. PT. XYZ dan Universitas Sriwijaya khususnya jurusan Teknik Mesin telah bekerja sama dalam mengembangkan aplikasi perangkat lunak (*software*) RBI yang mengacu pada sistem *American Petroleum Institute Recommended Practice 581* (API RP 581) bernama *Risk Assessment for Approach of Latest Equipment Condition* (RAFAOLEC). *Software* yang sedang dalam tahap pengembangan ini harus terus diuji untuk dapat mengetahui tingkat keakuratan pada perhitungan yang ada dalam *software* tersebut. Berdasarkan standar API RP 581 proses perhitungan *Probability of Failure* (POF) untuk *heat exchanger tube bundle* dapat dilakukan dengan menggunakan 4 metode yang digunakan sesuai dengan ketersediaan/kondisi data yang dimiliki, perhitungan *Consequence of Failure* (COF) untuk *heat exchanger tube bundle* didapatkan dengan perhitungan *Production Cost*, *Environmental Impact*, *Bundle Replacement Cost*, dan *Maintenance Cost*. Setelah selesai melakukan perhitungan menggunakan *software* RAFAOLEC dan perhitungan manual. Maka data yang didapat akan dibandingkan dan di analisis. Kesalahan pada *software* RAFAOLEC pada modul *heat exchanger* yang ditemukan selama analisis terdapat pada perhitungan COF pada fitur perhitungan *Cost Bundle Replacement*, referensi dari  $C_1$  (*Conversion Factor*) pada *coding* rumus perhitungan *Cost Bundle Replacement* menggunakan referensi pada API RP 581 Part 3 Annex 3.C *SI and US Customary Units*. Setelah kesalahan pada *software* telah diketahui, lalu dilakukan uji coba perbaikan pada rumus *coding* pada perhitungan *Cost Bundle Replacement* untuk referensi  $C_1$  disesuaikan dengan yang dipakai pada perhitungan manual yang didapat berdasarkan asumsi dari buku API RP 581 untuk satuan SI adalah  $3.016 \text{ m}^3$  sedangkan untuk satuan US adalah 106.5

ft<sup>3</sup>. Selain perbaikan rumus pada *software*, beberapa hal lain juga ada yang perlu diperbaiki seperti perbaikan keterangan penggunaan satuan (*units*) pada *software*.

**Kata Kunci** : Perencanaan Inspeksi, Risk Based Inspection, API RP 581, Software, Heat Exchanger, Risiko.

# SUMMARY

TESTING OF RISK BASED INSPECTION SOFTWARE RAFAOLEC BASED ON API RP 581 ON HEAT EXCHANGER WITH CASE STUDY ON PT. XYZ

Scientific Paper in the form of Skripsi, July 23, 2020

Renaldy; supervised by Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.

PENGUJIAN *SOFTWARE RISK BASED INSPECTION* RAFAOLEC BERBASIS API RP 581 PADA *HEAT EXCHANGER* DENGAN STUDI KASUS PADA PT. XYZ

XV + 70 pages, 4 tables, 35 pictures, 3 attachments

## SUMMARY

In the current 4.0 industrial revolution era, the development of the industry is increasing as it is today. An industry must always be ready in the face of increasingly fierce competition with more and more competitors and demand that the industry must always be able to pay attention to the supply and demand of consumers and try to fulfill it in a way that is superior to that of competitors. To be able to always meet demand, an industry is very dependent on the performance of industrial equipment in carrying out production functions in order to produce products at the right time and in accordance with consumer demand. With such a production turnover, of course it can overcome the potential for damage or failure of equipment or production units that can cause obstruction of the production process and the danger of damage that may occur. The heat exchanger is very influential in the industry on the success of the entire set of processes, because the failure heat exchanger operation either due to mechanical or operational failure can cause the shutdown of operating unit. Therefore it is important to be able to maintain and determine the lifetime of each item, with this it is necessary to apply an inspection program that is quite detailed but also economical, which must be followed by an appropriate treatment program, to prevent equipment failures that can have an impact on human safety, environmental pollution and smooth production, such as the Risk Based Inspection (RBI) method. The application of RBI to heat exchanger tube bundles inspections allows decisions to be made based on the consequences of bundle failures, including costs related to lost production

and environmental impact costs associated with leaks to utility systems and the costs of replacement and maintenance associated with heat exchangers. Risk categories are obtained by multiplying the Probability of Failure (POF) value category and the Consequence of Failure (COF) value category. The aim is to determine the risk score of the tool being analyzed whether it includes low risk, medium risk, or high-risk equipment. PT. XYZ and the University of Sriwijaya in particular the Department of Mechanical Engineering have collaborated in developing RBI software applications that refer to the American Petroleum Institute Recommended Practice 581 (API RP 581) system called Risk Assessment for Approach of Latest Equipment Conditions (RAFAOLEC). Software that is in the development phase must continue to be tested to be able to know the level of accuracy in the calculations that exist in the software. Based on API RP 581 standard, the Probability of Failure (POF) calculation process for the heat exchanger tube bundle can be done using 4 methods that are used in accordance with the availability / condition of the data owned, the Consequence of Failure (COF) calculation for the heat exchanger tube bundle is obtained by calculating Production Cost, Environmental Impact, Bundle Replacement Cost, and Maintenance Cost. After completing calculations using the RAFAOLEC software and manual calculations. Then the data obtained will be compared and analyzed. Errors in the RAFAOLEC software in the heat exchanger module found during the analysis are found in the COF calculation in the Cost Bundle Replacement calculation feature, reference from C1 (Conversion Factor) in coding the Cost Bundle Replacement calculation formula using the reference to API RP 581 Part 3 Annex 3.C SI and US Customary Units. After the error in the software has been identified, a trial is made to improve the coding formula in the Cost Bundle Replacement calculation for C1 reference adjusted to that used in the manual calculation obtained based on assumptions from the API RP 581 book for SI units is 3016 m<sup>3</sup> while for US units is 106.5 ft<sup>3</sup>. Apart from improving the formula of software, several other things that need repairs such as repair information use unit (units) in the software.

**Keywords:** Inspection Planning, Risk Based Inspection, API RP 581, Software, Heat Exchanger, Risk.

# DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b> .....	xxi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xxv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xxix
<b>NOMENKLATUR</b> .....	xxxii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	3
1.3    Batasan Masalah .....	3
1.4    Tujuan Penelitian .....	3
1.5    Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 <i>Heat Exchanger</i> .....	5
2.1.1    Jenis <i>Heat Exchanger</i> .....	5
2.1.2    Klasifikasi <i>Heat Exchanger</i> Menurut Proses Transfer.....	7
2.1.3 <i>Tubular Heat Exchanger</i> .....	7
2.2    Pemeliharaan.....	8
2.2.1    Strategis Sistem Pemeliharaan.....	8
2.3    Inspeksi.....	9
2.4 <i>Risk Based Inspection</i> .....	9
2.4.1    Definisi Resiko.....	9
2.4.2    Manajemen Resiko dan Penurunan Resiko .....	9
2.4.3    Interval Inspeksi.....	10
2.4.4    Definisi RBI.....	10
2.4.5    Keuntungan RBI .....	11
2.4.6    Batasan RBI .....	11
2.5 <i>Risk Based Inspection</i> pada <i>Heat Exchanger Tube Bundles</i> .....	11
2.5.1    Data yang Diperlukan.....	12
2.5.2 <i>Probability of Failure</i> .....	12

2.5.2.1	<i>POF Using Matching Criteria to Filter on the Reliability Data</i> ....	13
2.5.2.2	<i>POF Using Owner-User Specified Weibull Parameters</i> .....	13
2.5.2.3	<i>POF Using Owner-User Specified MTTF</i> .....	13
2.5.2.4	<i>POF Using Specific Bundle Inspection History</i> .....	14
2.5.3	<i>Consequence of Failure</i> .....	14
2.5.4	<i>Risk Analysis</i> .....	15
2.5.4.1	<i>Risk Matrix</i> .....	15
2.5.5	<i>Inspection Planning</i> .....	17
2.5.5.1	<i>Predicted Future Failure Data Based on Estimated Remaining Life</i> .....	17
2.5.5.2	<i>Adjustment to Failure Rate Curve Based on Actual Condition of Bundle</i> .....	18
2.5.6	<i>Bundle Inspection/Replacement Decision</i> .....	18
2.5.6.1	<i>Decision to Inspect or Replace at Upcoming Shutdown</i> .....	18
2.5.6.2	<i>Optimal Bundle Replacement Frequency</i> .....	19
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....		23
3.1	<i>Diagram Alir Penelitian</i> .....	23
3.2	<i>Studi Literatur</i> .....	24
3.3	<i>Pengumpulan Data dan Informasi</i> .....	24
3.4	<i>Perhitungan Probability of Failure dan Consequence of Failure</i> .	24
3.5	<i>Penentuan Risk Score</i> .....	26
3.6	<i>Inspection Planning</i> .....	26
3.7	<i>Bundle Inspection/Replacement Decision</i> .....	26
3.8	<i>Perbandingan dan Analisis Hasil Perhitungan</i> .....	26
3.9	<i>Update Software</i> .....	27
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....		29
4.1	<i>Diagram Alir Perhitungan</i> .....	29
4.2	<i>Data Masukan</i> .....	30
4.2.1	<i>Data Heat Exchanger F6A-105C</i> .....	30
4.3	<i>Perhitungan Menggunakan Software RAFAOLEC</i> .....	30
4.3.1	<i>Input Basic Data</i> .....	31
4.3.2	<i>Perhitungan Probability of Failure</i> .....	34



4.3.2.1	Metode 1, <i>Using Matching Criteria to Filter on the Reliability</i> <i>Data</i> .....	34
4.3.2.2	Metode 2, <i>Owner-User Specified Weibull Parameters</i> .....	36
4.3.2.3	Metode 3, <i>Owner-User Supplied Mean Time to Failure (MTFF)</i> . 37	
4.3.2.4	Metode 4, <i>Specific Bundle Inspection History</i> .....	38
4.3.3	Perhitungan <i>Consequence of Failure</i> .....	40
4.3.4	Penentuan <i>Risk Score</i> .....	42
4.3.5	<i>Inspection Planning</i> .....	47
4.3.6	<i>Bundle Inspection/Replacement Decision</i> .....	47
4.4	Perhitungan Manual .....	48
4.4.1	Perhitungan <i>Probability of Failure</i> .....	49
4.4.1.1	Metode 1, <i>Using Matching Criteria to Filter on the Reliability</i> <i>Data</i> .....	49
4.4.1.2	Metode 2, <i>Owner-User Specified Weibull Parameters</i> .....	52
4.4.1.3	Metode 3, <i>Owner-User Supplied Mean Time to Failure (MTFF)</i> . 54	
4.4.1.4	Metode 4, <i>Specific Bundle Inspection History</i> .....	56
4.4.2	Perhitungan <i>Consequence of Failure</i> .....	58
4.4.3	Penentuan <i>Risk Score</i> .....	60
4.4.4	<i>Inspection Planning</i> .....	61
4.4.5	<i>Bundle Inspection/Replacement Decision</i> .....	63
4.5	Perbandingan dan Analisis Hasil Perhitungan.....	67
4.6	<i>Update Software</i> .....	71
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....		75
5.1	Kesimpulan .....	75
5.2	Saran.....	75
<b>DAFTAR RUJUKAN</b> .....		i
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....		i

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jenis konfigurasi jalur aliran <i>heat exchanger</i> .....	6
Gambar 2.2	<i>Heat exchanger tipe shell and tube</i> .....	7
Gambar 2.3	<i>Unbalanced Risk Matrix</i> .....	16
Gambar 2.4	<i>Balanced Risk Matrix</i> .....	16
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian .....	23
Gambar 3.2	Diagram Alir Perhitungan POF.....	25
Gambar 3.3	Diagram Alir Perhitungan COF .....	25
Gambar 4.1	Diagram Alir Perhitungan Bagian 1. ....	29
Gambar 4.2	Diagram Alir Perhitungan Bagian 2 .....	30
Gambar 4.3	Tampilan <i>Sub-Home General data</i> pada <i>software</i> RAFAOLEC.....	31
Gambar 4.4	Tampilan form <i>reliability library data</i> untuk <i>bundle details</i> pada <i>software</i> RAFAOLEC .....	32
Gambar 4.5	Tampilan form <i>reliability library data</i> untuk <i>process/operating condition</i> pada <i>software</i> RAFAOLEC .....	32
Gambar 4.6	Tampilan form <i>reliability library data</i> untuk <i>process fluid</i> <i>damage modifier</i> pada <i>software</i> RAFAOLEC .....	33
Gambar 4.7	Tampilan form <i>reliability library data</i> untuk <i>bundle</i> <i>inspection history</i> pada <i>software</i> RAFAOLEC .....	33
Gambar 4.8	Diagram Alir POF Metode 1 .....	34
Gambar 4.9	Perhitungan POF metode <i>Using Matching Criteria to Filter</i> <i>on the Reliability Library</i> pada <i>software</i> RAFAOLEC .....	35
Gambar 4.10	Diagram Alir POF Metode 2.....	36
Gambar 4.11	Perhitungan POF metode <i>Owner-User Supplied Weibull</i> <i>Parameters</i> pada <i>software</i> RAFAOLEC .....	36
Gambar 4.12	Diagram Alir POF Metode 3.....	37
Gambar 4.13	Perhitungan POF metode <i>Owner-User Supplied MTTF</i> pada <i>software</i> RAFAOLEC .....	38

Gambar 4.14	Diagram Alir POF Metode 4.....	39
Gambar 4.15	Perhitungan POF metode <i>Specific Bundle Inspection History</i> pada <i>software</i> RAFAOLEC .....	39
Gambar 4.16	Diagram Alir COF .....	40
Gambar 4.17	Perhitungan COF untuk <i>heat exchanger tube bundle</i> pada <i>software</i> RAFAOLEC.....	41
Gambar 4.18	Penentuan <i>Risk Score</i> berdasarkan POF metode 1 x COF untuk <i>Balanced Risk Matrix</i> pada <i>software</i> RAFAOLEC .....	43
Gambar 4.19	Penentuan <i>Risk Score</i> berdasarkan POF metode 1 x COF untuk <i>Unbalanced Risk Matrix</i> pada <i>software</i> RAFAOLEC ....	43
Gambar 4.20	Penentuan <i>Risk Score</i> berdasarkan POF metode 2 x COF untuk <i>Balanced Risk Matrix</i> pada <i>software</i> RAFAOLEC .....	44
Gambar 4.21	Penentuan <i>Risk Score</i> berdasarkan POF metode 2 x COF untuk <i>Unbalanced Risk Matrix</i> pada <i>software</i> RAFAOLEC ....	44
Gambar 4.22	Penentuan <i>Risk Score</i> berdasarkan POF metode 3 x COF untuk <i>Balanced Risk Matrix</i> pada <i>software</i> RAFAOLEC .....	45
Gambar 4.23	Penentuan <i>Risk Score</i> berdasarkan POF metode 3 x COF untuk <i>Unbalanced Risk Matrix</i> pada <i>software</i> RAFAOLEC ....	45
Gambar 4.24	Penentuan <i>Risk Score</i> berdasarkan POF metode 4 x COF untuk <i>Balanced Risk Matrix</i> pada <i>software</i> RAFAOLEC .....	46
Gambar 4.25	Penentuan <i>Risk Score</i> berdasarkan POF metode 4 x COF untuk <i>Unbalanced Risk Matrix</i> pada <i>software</i> RAFAOLEC ....	46
Gambar 4.26	Perhitungan Inspection Planning pada <i>software</i> RAFAOLEC .	47
Gambar 4.27	Perhitungan Bundle Inspection/Replacement Decision pada <i>software</i> RAFAOLEC .....	48
Gambar 4.28	Diagram Alir Perhitungan Manual POF Metode 1.....	49
Gambar 4.29	Perhitungan manual POF metode <i>Using Matching Criteria to Filter on the Reliability Library</i> pada <i>software</i> Microsoft Excel .....	50
Gambar 4.30	Diagram Alir Perhitungan Manual POF Metode 2.....	52
Gambar 4.31	Perhitungan manual POF metode <i>Owner-User Supplied Weibull Parameters</i> pada <i>software</i> Microsoft Excel.....	53

Gambar 4.32	Diagram Alir Perhitungan Manual POF Metode 3.....	54
Gambar 4.33	Perhitungan manual POF <i>metode Owner-User Supplied</i> MTTF pada <i>software</i> Microsoft Excel .....	54
Gambar 4.34	Diagram Alir Perhitungan Manual POF Metode 4.....	56
Gambar 4.35	Perhitungan manual POF metode <i>Specific Bundle Inspection</i> <i>History</i> pada <i>software</i> Microsoft Excel .....	56
Gambar 4.36	Diagram Alir Perhitungan Manual COF.....	58
Gambar 4.37	Perhitungan manual COF untuk <i>heat exchanger tube bundle</i> pada <i>software</i> Microsoft Excel.....	58
Gambar 4.38	Perhitungan manual <i>Inspection Planning</i> untuk <i>heat</i> <i>exchanger tube bundle</i> pada <i>software</i> Microsoft Excel.....	62
Gambar 4.39	Perhitungan manual <i>Bundle Inspection/Replacement</i> <i>Decision</i> untuk <i>heat exchanger tube bundle</i> pada <i>software</i> Microsoft Excel .....	64
Gambar 4.40	<i>Coding</i> perhitungan <i>Cost Bundle Replacement</i> .....	70
Gambar 4.41	Asumsi C1 pada API RP 581 untuk <i>Cost Bundle</i> <i>Replacement</i> .....	71
Gambar 4.42	<i>Coding</i> perhitungan <i>Cost Bundle Replacement</i> setelah di perbaiki .....	72
Gambar 4.43	Hasil perhitungan <i>Cost Bundle Replacement</i> setelah di perbaiki .....	72
Gambar 4.44	Hasil perhitungan <i>Inspection Planning</i> setelah di perbaiki .....	73
Gambar 4.45	Hasil perhitungan <i>Bundle Inspection/Replacement</i> <i>Decision</i> setelah di perbaiki .....	73
Gambar 4.46	Perbaikan keterangan <i>units</i> pada perhitungan <i>Cost Bundle</i> <i>Replacement</i> .....	73
Gambar 4.47	Perbaikan keterangan <i>units</i> pada <i>form General Data</i> .....	74

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai Numerik yang terkait dengan POF dan Kategori COF Berbasis Keuangan untuk <i>Heat Exchanger</i> .....	16
Tabel 4.1	Perbandingan Hasil Perhitungan <i>Software</i> RAFAOLEC & Perhitungan Manual POF Metode 1 .....	67
Tabel 4.2	Perbandingan Hasil Perhitungan <i>Software</i> RAFAOLEC & Perhitungan Manual POF Metode 2 .....	68
Tabel 4.3	Perbandingan Hasil Perhitungan <i>Software</i> RAFAOLEC & Perhitungan Manual POF Metode 3 .....	68
Tabel 4.4	Perbandingan Hasil Perhitungan <i>Software</i> RAFAOLEC & Perhitungan Manual POF Metode 4 .....	68
Tabel 4.5	Perbandingan Hasil Perhitungan <i>Software</i> RAFAOLEC & Perhitungan Manual COF .....	69
Tabel 4.6	Perbandingan Hasil Perhitungan <i>Software</i> RAFAOLEC & Perhitungan Manual <i>Inspection Planning</i> .....	69
Tabel 4.7	Perbandingan Hasil Perhitungan <i>Software</i> RAFAOLEC & Perhitungan Manual POF <i>Bundle Inspection/ Replacement Decision</i> .....	69
Tabel 4.8	<i>SI and US Customary Conversion Factors for Equations</i> .....	70

## NOMENKLATUR

$\beta$	adalah <i>Weibull shape parameter</i>
$\eta$	adalah <i>Weibull characteristic life parameter</i> , tahun
$\eta_{mod}$	adalah <i>Weibull modified characteristic life parameter</i> , tahun
$C_1$	adalah faktor konversi
$C_f$	adalah konsekuensi kegagalan
$C_f^{tube}$	adalah konsekuensi dari kegagalan bundel, \$
$C_{f,plan}^{tube}$	adalah konsekuensi dari kegagalan bundel berdasarkan frekuensi pergantian bundel yang direncanakan, \$
$Cost_{bundle}$	adalah biaya penggantian dari tabung bundel, \$
$Cost_{env}$	adalah biaya lingkungan karena bundel bocor, \$
$Cost_{insp}$	adalah biaya untuk melakukan inspeksi, \$
$Cost_{maint}$	adalah biaya perawatan untuk mencabut bundel dan membuatnya siap untuk inspeksi atau penggantian, \$
$Cost_{pbr}(tr)$	adalah biaya pertahun dari penggantian bundel pada frekuensi yang direncanakan, tr, \$/tahun
$Cost_{prod}$	adalah kerugian produksi sebagai akibat penutupan untuk memperbaiki atau mengganti bundel tabung, \$
$Cost_{total}(tr)$	adalah total biaya program penggantian bundel pada frekuensi yang direncanakan, tr, \$/tahun
$D_{sd,plan}$	adalah jumlah hari yang diperlukan untuk mematikan unit untuk memperbaiki bundel selama <i>shutdown</i> yang direncanakan, hari
$D_{sd}$	adalah jumlah hari yang diperlukan untuk mematikan unit untuk memperbaiki bundel selama <i>shutdown</i> yang tidak direncanakan, hari
$D_{shell}$	adalah diameter dalam <i>heat exchanger</i> , mm (inci)
$ERL$	adalah perkiraan sisa masa pakai bundel, tahun
$ESL_n$	adalah perkiraan masa pakai bundel sebagai fungsi dari interval waktu penggantian, tahun

$ESL_{fail,n}$	adalah umur rata-rata bundel yang akan gagal pada interval waktu penggantian, bertahun-tahun
$ESL_{pass,n}$	adalah umur rata-rata bundel yang tidak akan gagal pada interval waktu penggantian, tahun
$EIR_{t1}^{t2}$	adalah risiko tambahan yang diharapkan antara tanggal penyelesaian T1 dan T2, \$/tahun
$\Gamma$	adalah fungsi Gamma
$\Gamma(x)$	adalah fungsi Gamma dari x
$LEF$	adalah faktor ekstensi kehidupan bundel
$M_f$	adalah faktor biaya material
$MTTF$	adalah waktu rata-rata untuk gagal, tahun
$N$	adalah jumlah bundel dalam <i>heat exchanger</i> di masa lalu
$L_{tube}$	adalah panjang tabung bundel, m (ft.)
$PBL_{adj}$	adalah umur bundel yang diperkirakan disesuaikan berdasarkan inspeksi, tahun
$P_f(t)$	adalah probabilitas kegagalan sebagai fungsi waktu
$p_f^{tube}$	adalah probabilitas kegagalan bundel, kegagalan/tahun
$p_{f,max}^{tube}$	adalah probabilitas maksimum yang dapat diterima kegagalan bundel berdasarkan target risiko pemilik-pengguna, kegagalan/tahun
$p_{f,n}^{tube}$	adalah probabilitas kegagalan bundel yang dihitung untuk peningkatan (n) prosedur optimasi, kegagalan/tahun
$p_{f,n-1}^{tube}$	adalah probabilitas kegagalan bundel yang dihitung untuk peningkatan sebelumnya (n-1) dari prosedur optimasi, kegagalan/tahun
$pve$	adalah tolak ukur <i>goodness of fit</i> untuk distribusi <i>Weibull</i> . Korelasi nilai P untuk set data tertentu adalah peringkat korelasi aktual di antara semua nilai korelasi yang mungkin untuk ukuran sampel set data dan jenis model yang dipilih
$r$	adalah jumlah bundel gagal dalam <i>heat exchanger</i> di masa lalu
$R(t)$	adalah risiko sebagai fungsi waktu

$Rate_{red}$	adalah pengurangan tingkat produksi pada suatu unit sebagai akibat dari bundel yang keluar dari layanan, %
$ROR$	adalah tingkat pengembalian fraksional
$RWT_f$	adalah titik kegagalan yang didefinisikan sebagai sebagian kecil dari ketebalan dinding yang tersisa
$Risk_f^{tube}$	adalah risiko kegagalan tabung bundel, \$/tahun
$Risk_f^{tube} (tr)$	adalah risiko kegagalan bundel tabung pada frekuensi penggantian bundel yang direncanakan, tr, \$/tahun
$Risk_{tgt}$	adalah target risiko, \$/tahun
$t$	adalah waktu, tahun
$t_1$	adalah durasi pelayanan bundel pada <i>turnaround</i> mendatang ( <i>Turnaround Date 1</i> ), tahun
$t_2$	adalah durasi layanan bundel pada <i>turnaround</i> berikutnya ( <i>Turnaround Date 2</i> ), tahun
$t_{dur}$	adalah durasi bundel atau waktu dalam pelayanan, tahun
$t_{dur,i}$	adalah waktu dalam pelayanan untuk bundel ke -i dalam <i>heat exchanger</i> , tahun
$t_{int}$	adalah interval inspeksi, tahun
$t_s$	adalah langkah waktu yang digunakan dalam optimasi rutin untuk frekuensi penggantian bundel, hari
$tadj_{dur}$	adalah durasi bundel atau waktu dalam pelayanan yang disesuaikan untuk kegiatan perpanjangan usia, tahun
$tr$	adalah frekuensi penggantian bundel yang direncanakan, tahun
$Unit_{prod}$	adalah margin produksi harian pada unit, \$ / hari



# Pengujian Software Risk Based Inspection RAFAOLEC Berbasis API RP 581 pada Heat Exchanger dengan Studi Kasus pada PT. XYZ

Renaldy<sup>(1)</sup>, Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya  
Jl. Raya Palembang - Prabumulih KM 32, Ogan Ilir, Sumatera Selatan.  
Email: [renaldy3004@gmail.com](mailto:renaldy3004@gmail.com) [irsyadiyani@ft.unsri.ac.id](mailto:irsyadiyani@ft.unsri.ac.id)

## Abstrak

PT. XYZ dan Universitas Sriwijaya khususnya jurusan Teknik Mesin telah bekerja sama dalam pengembangan aplikasi perangkat lunak (*software*) *Risk Based Inspection* berbasis API RP 581 bernama *Risk Assessment for Approach of Latest Equipment Condition* (RAFAOLEC). Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi fitur perhitungan untuk peralatan *heat exchanger* pada *software*, penelitian ini berupa pengujian *software* serta analisis perbandingan hasil perhitungan pada *software* dengan hasil perhitungan manual untuk setiap fungsi dan fitur yang ada di dalamnya. Hasil perbandingan perhitungan yang di dapat menunjukkan bahwa hasil perhitungan *software* dan perhitungan manual memiliki beberapa hasil yang berbeda, perbedaan tersebut terdapat pada perhitungan COF pada fitur perhitungan *Cost Bundle Replacement* yang juga menyebabkan terjadinya perbedaan hasil perhitungan pada perhitungan *Inspection Planning*, dan *Bundle Inspection/Replacement Cost*. Pada *software* RAFAOLEC, referensi dari  $C_1$  (*Conversion Factor*) pada *coding* rumus perhitungan *Cost Bundle Replacement* menggunakan referensi pada API RP 581 *Part 3 Annex 3.C SI and US Customary Units* yaitu  $C_1$  untuk satuan SI adalah  $31,623 \frac{mm^2}{m^2}$  dan untuk satuan US adalah  $12 \frac{inch}{ft}$ . Namun, pada perhitungan manual berdasarkan asumsi pada API RP 581 yaitu  $C_1$  untuk satuan SI adalah  $3.016 m^3$  dan untuk satuan US adalah  $106.5 ft^3$ . Lalu dilakukan *update software* dengan memperbaiki rumus *coding* pada perhitungan *Cost Bundle Replacement*  $C_1$  disesuaikan dengan yang dipakai pada perhitungan manual. Selain perbaikan *coding* rumus pada *software*, beberapa hal lain juga ada yang perlu diperbaiki seperti perbaikan keterangan penggunaan satuan (*units*) pada *software*. Perbaikan keterangan merupakan salah satu hal yang penting agar tidak terjadi salahnya penginputan nilai untuk perhitungan pada *software*.

Kata Kunci: *Risk Based Inspection*, API RP 581, *Software*, *Heat Exchanger*.



Pembimbing Skripsi

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

# Testing of Risk Based Inspection Software RAFAOLEC Based on API RP 581 on Heat Exchanger with Case Study on PT. XYZ

**Renaldy<sup>(1)</sup>, Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

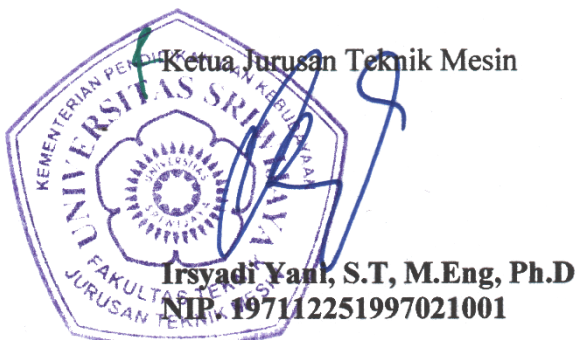
Jl. Raya Palembang - Prabumulih KM 32, Ogan Ilir, Sumatera Selatan.

Email: [renaldy3004@gmail.com](mailto:renaldy3004@gmail.com) [irsyadiyani@ft.unsri.ac.id](mailto:irsyadiyani@ft.unsri.ac.id)

## **Abstract**

*PT. XYZ and the University of Sriwijaya in particular majoring in Mechanical Engineering have collaborated in developing a Risk Based Inspection software application based on API RP 581 called risk Assessment for Approach of Latest Equipment Conditions (RAFAOLEC). This research was conducted to evaluate the calculation features for heat exchanger equipment in software, this research was in the form of software testing and comparative analysis of the results of calculations on software with the results of manual calculations for each function and feature in it. The results of comparative calculations can show that the results of software calculations and manual calculations have several different results, the difference is found in the COF calculation on the Cost Bundle Replacement calculation feature which also causes differences in the calculation results in the calculation of Inspection Planning, and the Inspection / Replacement Cost Bundle . In the RAFAOLEC software, the reference from  $C_1$  (Conversion Factor) in the Cost Bundle Replacement calculation formula using the reference to API RP 581 Part 3 Annex 3.C SI and US Customary Units i.e.  $C_1$  for SI units is  $31,623 \frac{mm^2}{m^2}$  and for the US unit is  $12 \frac{inch}{ft}$ . However, the manual calculation based on the assumption on API RP 581, i.e.  $C_1$  for SI units is  $3.016 m^3$  and for the US unit is  $106.5 ft^3$ . Then the software is updated by improving the coding formula in the calculation of Cost Bundle Replacement  $C_1$  adjusted to that used in manual calculations. In addition to improving the coding formula in the software, there are also some other things that need to be improved, such as improving the information on the use of units (units) in the software. Improvement of information is one of the important things so there is no mistake in inputting values for calculations in software.*

*Keywords: Risk Based Inspection, API RP 581, Software, Heat Exchanger.*



Pembimbing Skripsi

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

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Saat ini dunia tengah menjalani era revolusi industri 4.0, pada era tersebut sekarang ini perkembangan industri semakin meningkat seperti saat sekarang ini. Sebuah industri harus selalu siap dalam berkompetisi dalam persaingan pasar yang semakin kompetitif yang menuntut industri untuk selalu dapat menjaga perhatian terhadap penawaran (*supply*) dan permintaan (*demand*) konsumen dan mampu memenuhi hal tersebut dengan cara yang lebih tepat dan unggul daripada pesaing. Agar dapat bertahan, sebuah industri harus memiliki produk penjualan yang berkualitas. Untuk dapat selalu memenuhi permintaan, maka sebuah industri sangat bergantung pada kinerja peralatan industri dalam melaksanakan fungsi-fungsi produksi agar dapat menghasilkan produk pada waktu yang tepat dan sesuai dengan permintaan konsumen.

Dengan tingginya laju produksi tersebut tentu saja dapat memicu potensi peralatan untuk mengalami kerusakan atau kegagalan peralatan atau unit produksi yang dapat menyebabkan terhambatnya proses produksi dan bahaya kerusakan yang mungkin terjadi. Alat penukar kalor (*Heat Exchanger*) merupakan salah satu peralatan yang memiliki peran penting dalam sebuah industri terhadap keberhasilan keseluruhan rangkaian proses, karena jika terjadi kegagalan operasi alat ini, baik akibat kegagalan mekanika maupun akibat kegagalan operasional dapat menyebabkan berhentinya operasi unit yang dapat menghambat proses produksi (Reza & Bambang, 2014).

Korosi merupakan salah satu tipe kerusakan yang umumnya dapat terjadi pada *heat exchanger*, letak kerusakan korosi pada *heat exchanger* biasanya tergantung pada servisnya. Kemudian kerusakan pada *tube* atau *shell* pada *heat exchanger* akibat ter-erosi dapat terjadi apabila kecepatan aliran fluida yang masuk melebihi kecepatan yang diizinkan. *Water hammer* dapat terjadi apabila terdapat

tekanan yang bergelombang karena adanya percepatan aliran atau pengurangan kecepatan aliran secara mendadak dapat menyebabkan terjadinya. Pecahnya *tubing* pada *heat exchanger* juga dapat terjadi apabila ada tekanan mendadak yang cukup tinggi (Wage, 2012). Jika keadaan seperti ini tetap dibiarkan tanpa adanya tindakan lanjut yang tepat tentu saja hal tersebut dapat mengakibatkan terjadinya kegagalan peralatan yang bisa berdampak fatal (Kohan, 1987).

Maka *heat exchanger* diharuskan untuk dapat selalu beroperasi dengan baik agar hasil yang diperoleh maksimal dan dapat menunjang penuh operasional unit. Maka dari itu menjaga dan dapat menentukan masa pemakaian setiap peralatan merupakan hal yang penting, untuk itu sebuah metode inspeksi yang efisien, akurat, dan mencakup banyak aspek proses inspeksi sangat diperlukan.

Maka dari itu dipandang perlu diterapkan sebuah program inspeksi yang cukup detail tapi juga ekonomis, yang nantinya harus diikuti oleh program perawatan yang sesuai, untuk mencegah terjadinya kegagalan peralatan yang bisa berdampak pada keselamatan manusia, pencemaran lingkungan dan kelancaran produksi, seperti metode *Risk Based Inspection* (RBI).

RBI adalah sebuah metode inspeksi yang memiliki prioritas dan pengaturan pola inspeksi berdasarkan risiko dari peralatan yang di inspeksi. Dengan diterapkannya metode inspeksi RBI maka prioritas kegiatan inspeksi dan perawatan dapat arahkan kepada *equipment* yang memiliki risiko tinggi. Metode inspeksi RBI dapat membuat kombinasi perencanaan inspeksi yang tepat meliputi frekuensi inspeksi, metode inspeksi, dan ruang lingkup proses inspeksi.

PT. XYZ dan Universitas Sriwijaya khususnya jurusan Teknik Mesin telah bekerja sama dalam pengembangan aplikasi perangkat lunak (*software*) RBI yang mengacu pada *American Petroleum Institute Recommended Practice 581* (API RP 581) bernama *Risk Assessment for Approach of Latest Equipment Condition* (RAFAOLEC). Saat ini *software* ini masih berada pada tahap pengembangan. Maka demikian penulis mengambil tugas akhir/skripsi dengan judul **“Pengujian *Software Risk Based Inspection* RAFAOLEC Berbasis API RP 581 pada *Heat Exchanger* dengan Studi Kasus pada PT. XYZ”**

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, *software* yang masih pada tahap pengembangan ini tentunya harus di uji agar dapat memastikan bahwa perhitungan yang ada dalam *software* tersebut sudah akurat. Maka, penelitian ini berupa pengujian *software* serta analisis perbandingan hasil perhitungan pada *software* dengan hasil pada perhitungan manual untuk setiap fungsi dan fitur yang ada di dalamnya.

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang ditetapkan oleh penulis untuk lebih memfokuskan penelitian sebagai berikut :

1. Peralatan industri yang dianalisis adalah *Heat Exchanger Tube Bundles*.
2. Perhitungan dari data lapangan dilakukan menggunakan *software* RAFAOLEC.
3. Perhitungan manual mengacu pada *API Recommended Practice 581*.
4. Perhitungan manual dilakukan menggunakan *software* Microsoft Excel 2019.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengevaluasi akurasi perhitungan pada *software* RAFAOLEC.
2. Melakukan analisis risiko RBI pada *Heat Exchanger Tube Bundles* secara manual dan secara digital menggunakan *software* RAFAOLEC.
3. Menentukan perencanaan inspeksi pada *Heat Exchanger Tube Bundles*.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Berikut adalah manfaat yang di harapkan dari penelitian ini:

1. Menjadikan metode inspeksi RBI sebagai metode yang direkomendasikan sebagai acuan perencanaan inspeksi pada *heat exchanger*.
2. Meningkatkan efisiensi proses inspeksi bagi perusahaan.

3. Dapat membantu mencegah terjadinya kegagalan pada *heat exchanger* yang memiliki risiko tinggi di pabrik dan sekitarnya.

## DAFTAR RUJUKAN

- American Petroleum Institute. 2016. *Risk Based Inspection Methodology API Recommended Practice 581 Third Edition*. Washington D.C. : API Publishing Services.
- Basir, M. H. 2019. “Risk-Based Inspection Model for Heat Exchanger Tube Bundles”. (Online) [http://utpedia.utp.edu.my/15722/1/FYP%20DISSERTATION\\_16253.pdf](http://utpedia.utp.edu.my/15722/1/FYP%20DISSERTATION_16253.pdf). Diakses pada tanggal 14 Februari 2020.
- Cripps, H. R. 2006. “Principles of Heat Exchangers”. (Online) [http://www.vesma.com/tutorial/hr\\_principles.html](http://www.vesma.com/tutorial/hr_principles.html). Diakses pada tanggal 15 Februari 2020.
- Drozyner, P., & Veith, E. 2002. *Risk Based Inspection Methodology Overview: Diagnostyka*, 27, pp. 82 – 88.
- Fitrianto, T. R. 2016. *Studi Peningkatan Performa Alat Penukar Kalor Menggunakan Twisted Tapes Insert*. 2015–2017.
- Hanim, Suraya & Abd. Hamid, Mohd. Kamaruddin & Wan Alwi, Sharifah Rafidah & Manan, Zainuddin. 2017. *An Industrial Case Study Application in Synthesizing a Feasible Heat Exchanger Network*: Chemical Engineering Transactions. 56. 775. 10.3303/CET1756130.
- Jian-Feng Yang, Min Zeng, Qiu-Wang Wang. 2015. *Numerical investigation on combined single shell-pass shell-and-tube heat exchanger with two-layer continuous helical baffles*: International Journal of Heat and Mass Transfer, 84, pp. 103 – 113.
- Prayogo, A. R. 2019. *Pengembangan dan Implementasi Software Risk Based Inspection Standard API RR 581 Pada Pressure Vessel*: Repository UNSRI.
- Wahyudi, M. H. 2010. “Analisa Penerapan Metode RBI Dalam Pemeriksaan Keselamatan Kerja Pada Industri Migas”. (Online) <http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/20296050-S1831-Maulana%20Hendra%20Wahyudi.pdf>. Diakses pada 12 Februari 2020.