

**PENILAIAN RISIKO DAN PERENCANAAN JADWAL  
INSPEKSI PERAWATAN PIPA *SUPERHEATER* UNIT *BOILER* 1  
MENGUNAKAN METODE *RISK BASED INSPECTION*  
DI PT BEST**

**LAPORAN SKRIPSI**



**Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan  
Program Studi Diploma-IV Teknik Mesin Produksi Dan Perawatan  
Jurusan Teknik Mesin**

**Oleh:**

**Vera Octavia  
061940210241**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA  
PALEMBANG  
2023**

**RISK ASSESSMENT AND PLANNING OF BOILER UNIT 1  
SUPERHEATER PIPE MAINTENANCE INSPECTION  
SCHEDULE USING RISK-BASED INSPECTION METHOD  
AT PT BEST**

**FINAL PROJECT REPORT**



**Submitted to Comply with Terms of Study Completion in  
Mechanical Engineering Production and Maintenance Study Program**

**By:**

**Vera Octavia  
061940210241**

**MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
STATE POLYTECHNIC OF SRIWIJAYA  
PALEMBANG  
2023**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**PENILAIAN RISIKO DAN PERENCANAAN JADWAL**  
**INSPEKSI PERAWATAN PIPA *SUPERHEATER* UNIT *BOILER***  
**1 MENGGUNAKAN METODE *RISK BASED INSPECTION***  
**DI PT BEST**



**LAPORAN SKRIPSI**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Proposal Skripsi  
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan

**Pembimbing Utama**

**Ella Sundari, S.T., M.T.**  
**NIP. 198103262005012003**

**Pembimbing Pendamping**

**Ozkar Firdausi Homzah, S.T., M.Sc.**  
**NIP. 198410202019031003**

**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan Teknik Mesin**

**Ir. Sairul Effendi, M.T.**  
**NIP. 196309121989031005**

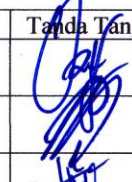



## HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN SKRIPSI

Laporan Skripsi ini ditujukan oleh


Nama : Vera Octavia  
NIM : 061940210241  
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan  
Rencana Judul : **PENILAIAN RISIKO DAN PERENCANAAN  
JADWAL INSPEKSI PERAWATAN PIPA  
SUPERHEATER UNIT BOILER 1 MENGGUNAKAN  
METODE RISK BASED INSPECTION DI PT BEST**

Telah selesai diuji dalam Sidang Sarjana Terapan dihadapan Tim Penguji pada tanggal 10 Agustus 2023 dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya

### TIM PENGUJI

No	Nama	Posisi	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Ozkar Firdausi Homzah, S.T., M.Sc. NIP. 198410202019031003	Ketua Penguji		24/8/23
2.	H. Firdaus, S.T., M.T. NIP. 196305151989031002	Anggota		23/8/23
3.	Dicky Seprianto, S.T., M.T. NIP. 197709162001121001	Anggota		24/8-23
4.	Drs. Suparjo, M.T. NIP. 195902101988031001	Anggota		24/8/2023

Palembang, 24 Agustus 2023  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

  
Ir. Sairul Effendi, M.T.  
NIP. 196309121989031005

## HALAMAN PERSEMBAHAN

“Barang Siapa Yang Menempuh Jalan Untuk Menuntut Ilmu, Maka Allah  
Mudahkan Jalannya Menuju Surga”  
(HR. Muslim)

كَتَبَ عَلَيْكُمُ الْقِتَالَ وَهُوَ كُرْهٌ لَّكُمْ وَعَسَى أَن تَكْرَهُوا شَيْئًا وَهُوَ خَيْرٌ لَّكُمْ وَعَسَى أَن تُحِبُّوا شَيْئًا وَهُوَ شَرٌّ لَّكُمْ  
وَاللَّهُ يَعْلَمُ وَأَنْتُمْ لَا تَعْلَمُونَ

Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu. Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui. (QS Al Baqarah : 216)

Allahmdulillah, segala puji bagi Allah SWT dengan kemurahan dan ridho-Nya, skripsi ini dapat di tulis dengan baik dan lancar hingga selesai. Dengan ini akan kupersembahkan skripsi ini kepada:

Nabiku, Nabi Muhammad SAW sebagai panutan umat muslim yang penuh dengan kemuliaan kepada Allah SWT yang memberikan motivasi tentang kehidupan.

Kedua orang tuaku tersayang Ipi Susandi (Ayah) dan Hini Marlina (Ibu) yang selalau memberikan doa, dukungan, nasehat serta telah bekerja keras untuk memberikan fasilitas dengan menyisihkan finansialnya, sehingga skripsi dapat terselesaikan. *You are the hero in my life.*

Adik-adikku Sherly Nabila dan Indriani Shepia Aulia yang juga menjadi penyemangant bagiku. Serta keluarga yang telah memberikan semangat.

Terimakasih saya ucapkan kepada dosen pembimbing ibu Ella Sundari, S.T., M.T. dan pak Ozkar Firdausi Homzah, S.T., M.Sc. atas masukan dan arahan yang telah diberikan dalam menyelesaikan skripsi ini. Walau banyak halangan dan rintangan bapak dan ibu selalu siap siaga untuk membantu.

Terimakasih saya ucapkan kepada teman-teman seperjuangan Teknik Mesin Program Studi Produksi dan Perawayan '19 Politeknik Negeri Sriwijaya, teman kelas PPA yang sudah bersama selama 4 tahun, HMJ Teknik Mesin, serta sahabat-sahabatku terimakasih telah menjadi bagian dari cerita di masa perkuliahan ini.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan dan diberi kemudahan di kemudian hari aamiin.

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Vera Octavia  
NIM : 061940210241  
Program Studi : Sarjana Teknik Mesin Produksi dan Perawatan  
Rencana Judul : **PENILAIAN RISIKO DAN PERENCANAAN JADWAL INSPEKSI PERAWATAN PIPA SUPERHEATER UNIT BOILER 1 MENGGUNAKAN METODE RISK BASED INSPECTION DI PT BEST**

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri dan didampingi oleh tim dosen pembimbing dan **bukan hasil penjiplakan/plagiat**. Apabila dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi yang saya buat, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Politeknik Negeri Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.



Palembang, 22 Agustus 2023



Vera Octavia  
NIM 061940210241

## **ABSTRAK**

### **PENILAIAN RISIKO DAN PERENCANAAN JADWAL INSPEKSI PERAWATAN PIPA *SUPERHEATER* UNIT *BOILER* 1 MENGGUNAKAN METODE *RISK BASED INSPECTION* DI PT BEST**

**Vera Octavia**

**xvi + 50 halaman, 19 tabel, 8 lampiran**

Kegagalan pipa superheater merupakan salah satu masalah penting yang sering terjadi pada pembangkit listrik tenaga uap, hal ini disebabkan oleh penipisan pada permukaan akibat abrasi oleh pasir silika yang terkandung di dalam aliran gas hasil pembakaran secara terus menerus selama operasi. Berdasarkan kegagalan yang terjadi pada pipa boiler di unit TE 3x10 MW, hal ini sangat beresiko dan berpengaruh besar terhadap produksi listrik. Selain itu, hal ini juga menimbulkan masalah finansial yang cukup besar karena adanya downtime. Pada penelitian ini, kami menggunakan metode risk based inspection untuk memberikan gambaran rencana jadwal inspeksi. Sebagai hasilnya, berdasarkan standar API 581, probabilitas keagalannya berada pada kategori 4 dan risiko finansial pada level C. Sehingga tingkat resiko superheater berada pada level menengah-tinggi. Secara kondisional, pembangkit listrik akan menjalankan jadwal inspeksi 27 hari setelah laporan kegagalan berdasarkan pengukuran ketebalan.

**Kata Kunci** : *Risk Based Inspection*, *Superheater*, Penjadwalan Inspeksi, tingkat risiko

## **ABSTRACT**

### **RISK ASSESSMENT AND PLANNING OF BOILER UNIT 1 SUPERHEATER PIPE MAINTENANCE INSPECTION SCHEDULE USING RISK-BASED INSPECTION METHOD AT PT BEST**

**Vera Octavia**

**xvi + 50 page, 19 tables, 8 appendices**

The failure of the superheater pipe is one of important problem that often occurs in steam power plant, this is due to thinning on the surface due to abrasion by the silica sand contained in the combustion gas flow continuously during operation. Base on the failure that occur in the boiler pipe at the TE 3x10 MW units, it is very risky and a cause of major affect on the deeticily production. also, it luru give financial iskues doe for downtime. in this study, we used risk based inspection method to overview of the inspection schedule plan. as the result,API 581 standart in conclusion probability of failure is kategori 4 and financial risk in level C. so the risk level of superheater is medium-high. studi a API 581 standart. In conditional, the power plant showdd be running the inspection schedule is to 27 days after the failure report based on the thickness measurement

**Keywords** : Risk Based Inspection, Superheater,Inspection schedule plan, risk level



## PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan kekuatan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik. Penyusunan skripsi ini dilakukan untuk memenuhi syarat menyelesaikan Diploma IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan di Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya. Penulis juga ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tuaku yang tercinta dan keluarga serta saudara-saudara yang telah memberikan dukungan, memberikan motivasi dan selalu mendoakan penulis.
2. Bapak Dr. Ing Ahmad Taqwa, M.T., selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Bapak Ir. Sairul Effendi, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Ibu Fenoria Putri, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Ibu Ella Sundari, S.T., M.T., selaku Koordinator Prodi S-1 Terapan TMPP Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya. Sekaligus pembimbing utama Skripsi yang telah memberikan bimbingan dan membantu penulis.
6. Bapak Ozkar Firdausi Homzah, S.T., M.Sc., selaku pembimbing pendamping Skripsi yang telah memberikan bimbingan dan membantu dalam penulisan.
7. Hengki Saputra sebagai asisten manager di PT BEST serta para pegawai yang sudah membantu dalam hal pengumpulan data yang digunakan dalam penulisan skripsi.
8. Teman-teman yang tidak bisa disebutkan satu persatu ata bantuan dan dukungannya.
9. Dan semua pihak yang telah membantu selama proses penulisan Proposal Skripsi ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa dalam penulisan Skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun dan untuk perbaikan akan penulis terima sebagai bahan informasi untuk kelengkapan Skripsi ini. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu permesinan dan menambah wawasan ilmu pengetahuan bagi kita semua.

Palembang, 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>iiiv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR SIMBOL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	2
1.2.1. Tujuan Penelitian.....	2
1.2.2. Manfaat Penelitian.....	2
1.3. Rumusan dan Batasan Masalah .....	3
1.3.1. Rumusan Masalah .....	3
1.3.2. Batasan Masalah .....	3
1.4. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II DASAR TEORI.....</b>	<b>5</b>
2.1. Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) .....	5
2.2. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap .....	6
2.3. Komponen Utama Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap .....	7
2.3.1. <i>Boiler</i> Atau Ketel Uap .....	8
2.3.2. Turbin Uap .....	8
2.3.3. Generator .....	9
2.3.4. Kondensor .....	9
2.4. <i>Superheater</i> .....	10
2.5. <i>Risk Based Inspection</i> .....	11
2.6. Jenis Penilaian Risk .....	13
2.6.1. Qualitative Risk Based Inspection .....	13
2.6.2. Quantitative Risk Based Inspection .....	13
2.6.3. Semi-Quantitative Risk Based Inspection.....	14
2.7. Hubungan RBI Kuantitatif, Kualitatif dan Semi-Kuantitatif.....	14
2.8. Probabilitas Kegagalan .....	14
2.8.1. Frekuensi Kegagalan Generik ( <i>Generic Failure Frequency</i> )15	

2.8.2.Faktor Kerusakan ( <i>Damage Factor</i> ).....	16
2.8.3.Faktor Sistem Manajemen ( <i>Management System Factor</i> ).....	17
2.9. Konsekuensi Kegagalan.....	18
2.10.Matriks Risiko.....	19
2.11.Penentuan Interval Inspeksi .....	20
2.12.Kajian Pustaka .....	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>24</b>
3.1. Diagram Alir Penelitian .....	24
3.2. Objek Penelitian.....	25
3.3. Pengambilan Data .....	26
3.1.Perhitungan <i>Probability of Failure</i> .....	26
3.2.Perhitungan <i>Consequence of Failure</i> .....	26
3.3.Penentuan Risiko Berdasarkan Matriks.....	27
3.4.Penentuan Interval Inspeksi .....	27
3.5. Kesimpulan Dan Saran .....	28
<b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>	<b>29</b>
4.1. Pengumpulan Data.....	29
4.2. Perhitungan <i>Risk Based Inspection</i> .....	32
4.3. Perhitungan Probabilitas Kegagalan.....	32
4.2.1.Penentuan Frekuensi Kegagalan Umum .....	32
4.2.2.Perhitungan Faktor Kerusakan .....	32
4.2.3.Faktor Sistem Manajemen.....	40
4.2.4.Penentuan <i>Probability of Failures Category</i> .....	42
4.4. Perhitungan Konsekuensi Kegagalan .....	42
4.2.1.Perhitungan <i>Device Loss</i> ( $FC_{device}$ ).....	43
4.2.2.Perhitungan <i>Personnel Loss</i> ( $FC_{perconnel}$ ) .....	43
4.2.3.Perhitungan <i>Interruption Loss</i> ( $FC_{interrupt}$ ).....	44
4.2.4. <i>Financial Cost Total</i> ( $FC_{total}$ ).....	44
4.2.5.Penentuan <i>Financial Consequence of Failure Category</i> .....	44
4.5. Penentuan Kategori <i>Risk Matriks</i> .....	45
4.6. Penentuan Estimasi Interval Inspeksi .....	46
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>50</b>
5.1 Kesimpulan .....	50
5.2 Saran .....	50

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xv</b>
-----------------------------	-----------

## LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Alir PLTU TR 3X10 MW (PT BEST, 2015).....	7
Gambar 2. 2 <i>Boiler Circulating Fluidized Bed (CFB)</i> .....	8
Gambar 2. 3 <i>Casing Turbin PLTU TE 3x10 MW</i> .....	9
Gambar 2. 4 Generator PLTU TE 3x10 MW.....	9
Gambar 2. 5 Kondensor PLTU TE 3X10 MW .....	10
Gambar 2. 6 Gambar pipa <i>Superheater</i> (Adrian et al., 2016).....	10
Gambar 2. 7 Susunan <i>Superheater</i> (Adrian et al., 2016).....	11
Gambar 2. 8 Rangkaian Kesatuan Proses RBI (API 580, 2016).....	14
Gambar 2. 9 Matriks Risiko (API 581, 2008).....	20
Gambar 3. 1 Diagram Alir .....	25
Gambar 3. 2 Matriks Risiko (API 581, 2008).....	27
Gambar 4. 2 Risk Matrix (API 581, 2016) .....	46

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kategori <i>Probability of Failure</i> (API 581, 2008) .....	15
Tabel 2. 2 Frekuensi Kegagalan (API 581, 2008).....	16
Tabel 2. 3 <i>Factor Management System</i> (API 581, 2008).....	18
Tabel 2. 4 Kategori <i>Consequence of Failure</i> (API 581, 2008) .....	19
Tabel 4. 1 Tabel Data Pipa <i>Superheater</i> .....	29
Tabel 4. 2 Data Hasil Pemeriksaan <i>Thickness</i> Pipa <i>Superheater</i> .....	29
Tabel 4. 3 Tabel Inspeksi Yang Telah Dilakukan.....	31
Tabel 4. 4 Data Kerugian Finansial Perusahaan .....	32
Tabel 4. 5 Nilai Efektifitas Inspeksi (API 581, 2008).....	33
Tabel 4. 6 Data Hasil Pemeriksaan <i>Thickness</i> Pipa <i>Superheater</i> .....	34
Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Corrothion Rate .....	36
Tabel 4. 8 Nilai <i>Corrothion Rate</i> Tertinggi .....	37
Tabel 4. 9 <i>Thinning Damage Factor</i> (API 581, 2008).....	38
Tabel 4. 10 Nilai <i>Management System</i> Faktor (API 581, 2008) .....	41
Tabel 4. 11 Kategori <i>Probability of Failures</i> (API 581, 2016).....	42
Tabel 4. 12 <i>Financial Cost</i> Total .....	44
Tabel 4. 13 <i>Consequence of Failure Category</i> (API 581, 2016) .....	45
Tabel 4. 14 <i>Probability of Failure and Consequence of Failure</i> .....	45
Tabel 4. 15 Hasil Perhitungan Remaining Life.....	47

## DAFTAR SIMBOL

		Satuan
$CR$	= Laju korosi pipa	<i>Inch/year</i>
$t_{om}$	= Nilai ketebalan pipa pada saat di pasang	Inch
$t_{act}$	= Nilai ketebalan pipa hasil inspeksi	Inch
$time(years)between_{nom}t_{act}$	= Umur Pipa	<i>year</i>
$Pscore$	= Nilai Evaluasi Sistem Manajemen	(%)
$FC_{device}$	= Kerugian Peralatan	Rp
$FC_{personel}$	= Kerugian Personil	Rp
$FC_{interrupt}$	= Kerugian Interupsi	Rp
$C_t$	= Jumlah pipa yang dinilai	Elemen
$\rho_1$	= Intensitas aset	Rp
$C_{individual}$	= Biaya individu (gaji)	Rp
$S_{day}$	= Pemasukan	Kwh/hari
$m$	= Faktor biaya material API 581	
$R$	= Biaya perbaikan	Rp
$\rho_2$	= Intensitas personil	Rp
$T_{day}$	= Waktu gangguan	Hari
$RL$	= Sisa Umur	Tahun

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Data Hasil Pemeriksaan *Thickness* Pipa *Superheater*
- Lampiran 2. Data Laporan Produksi Dan Distribusi kWh PLTU Tanjung Enim 3x10 MW
- Lampiran 3. Perhitungan *Corroton Rate*
- Lampiran 4. Data Nilai Faktor Biaya Material Berdasarkan API 581
- Lampiran 5. Data Nilai Efektivitas Inspeksi Berdasarkan API 581
- Lampiran 6. Data Hasil Perhitungan *Remainning Life*
- Lampiran 7. Kuesioner Untuk Menentukan Nilai Faktor Manajemen Sistem
- Lampiran 8. Rincian Biaya Perbaikan dan Pembelian Pipa