



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Badak LNG

**EVALUASI PROGRAM BIP (*BIENNIAL INSPECTION PROGRAM*) PADA BOILER MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS (FMEA)* DAN *FAULT TREE ANALYSIS (FTA)***

SKRIPSI

Oleh:  
**Andi Chairul Rizqi Akmal**  
NIM. 2002322010

**PROGRAM STUDI DIPLOMA-IV TEKNOLOGI REKAYASA**

**KONVERSI ENERGI**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**LNG ACADEMY – POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2024



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Badak LNG

**EVALUASI PROGRAM BIP (*BIENNIAL INSPECTION PROGRAM*) PADA BOILER MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS (FMEA)* DAN *FAULT TREE ANALYSIS (FTA)***

SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan Diploma IV Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin

Oleh:  
**Andi Chairul Rizqi Akmal**  
NIM. 2002322010

**PROGRAM STUDI DIPLOMA-IV TEKNOLOGI REKAYASA  
KONVERSI ENERGI  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
LNG ACADEMY – POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2024



*“Skripsi ini kupersembahkan untuk bapak ibu, bangsa dan almamater”*

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## HALAMAN PERSETUJUAN

### SKRIPSI

# EVALUASI PROGRAM BIP (*BIENNIAL INSPECTION PROGRAM*) PADA BOILER MENGUNAKAN METODE *FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS* (FMEA) DAN *FAULT TREE ANALYSIS* (FTA)

Oleh:

Andi Chairul Rizqi Akmal

NIM. 2002322010

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Budi Yuwono, S.T.  
NIP. 196306191990031002

Pembimbing 2

Ir. Arash Ilham Utama, S.T.  
NP. 134579

Kepala Program Studi  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Yuli Mafendro D.E.S, S.Pd., M.T.  
NIP. 199403092019031013

# HALAMAN PENGESAHAN

## SKRIPSI

### EVALUASI PROGRAM BIP (*BIENNIAL INSPECTION PROGRAM*) PADA BOILER MENGUNAKAN METODE *FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS* (FMEA) DAN *FAULT TREE ANALYSIS* (FTA)

Oleh:

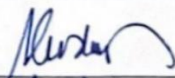
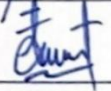

Andi Chairul Rizqi Akmal

NIM. 2002322010

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 23 Agustus 2024 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin

#### DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T., M.T., IWE NIP. 197707142008121005	Penguji 1		23/08/2024
2.	Yuli Mafendro D.E.S, S.Pd., M.T. NIP. 199403092019031013	Penguji 2		23/08/2024
3.	Ir. Arash Ilham Utama, S.T. NP. 134579	Penguji 3		23/08/24

Bontang, 23 Agustus 2024

Disahkan Oleh :

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T., M.T., IWE

NIP. 197707142008121005



Hak Cipta

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Karya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Andi Chairul Rizqi Akmal

NIM : 2002322010

Program Studi : Teknologi Rekayasa Konversi Energi

menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam laporan skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam laporan skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Bontang, 22 Agustus 2024



Andi Chairul Rizqi Akmal  
NIM. 2002322010



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

# EVALUASI PROGRAM BIP (*BIENNIAL INSPECTION PROGRAM*) PADA BOILER MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS (FMEA)* DAN *FAULT TREE ANALYSIS (FTA)*

Andi Chairul Rizqi Akmal<sup>1</sup>, Budi Yuwono<sup>2</sup>, Arash Ilham Utama<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

<sup>3</sup>PT Badak NGL, Bontang, Kalimantan Timur, 75324

Email: [andi.chairulrizziakmal.tm20@mhs.w.pnj.ac.id](mailto:andi.chairulrizziakmal.tm20@mhs.w.pnj.ac.id)

## ABSTRAK

PT Badak NGL mempunyai *inspection program boiler* yaitu *biennial inspection program (BIP)* tujuannya memeriksa komponen *boiler* untuk integritas komponen dan reliabilitas *boiler 31-F-27* tidak menurun dikarenakan kegagalan. Laporan mendapatkan bahwa kegagalan terjadi kembali setelah BIP selesai dilaksanakan dan dari beberapa kegagalan yang terjadi sering ditemukan pada tempat atau lokasi yang sama. Permasalahan tersebut mengidentifikasi prosedur *inspection* dan *maintenance* kegagalan belum efektif dan efisien. Maka dari itu, Penelitian ini melakukan evaluasi BIP baik aspek *inspection*, *maintenance*, dan menganalisa kegagalan yang terjadi. Analisis menggunakan *failure mode effect analysis* untuk menentukan kegagalan dan menghitung nilai *risk priority number* serta menggunakan *fault tree analysis* untuk mencari akar permasalahan *boiler 31-F-27*. Hasil penelitian ditemukannya kegagalan dengan RPN *high* diantaranya *scale tube*, *leakage tube* dan *rupture tube*. Penyelesaian dilakukan dibagi menjadi 2 yaitu *inspection* dan *maintenance*. Penyelesaian *inspection* yaitu pelepasan *cyclone separator* dan *baffle plate* kedua sisi, Perhitungan ketebalan *wall tube* titik sebanyaknya dan sama, Penandaan setelah pengukuran, Penggunaan alat inspeksi baru yaitu *robotic crawler pipe inspection system*, menambahkan prosedur pengukuran ketebalan *oxide scale layer*, pemeliharaan keseluruhan pipa *boiler*, dan tes radiografi *nose tube boiler*. Penyelesaian *maintenance* yaitu penanganan *cleaning tubes* baru berupa *scale* atau *rust remover*, dan *cleaning rutin nose tube boiler*.

Kata kunci : BIP, FMEA, FTA, *Boiler*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## EVALUASI PROGRAM BIP (*BIENNIAL INSPECTION PROGRAM*) PADA BOILER MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS (FMEA)* DAN *FAULT TREE ANALYSIS (FTA)*

Andi Chairul Rizqi Akmal<sup>1</sup>, Budi Yuwono<sup>2</sup>, Arash Ilham Utama<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

<sup>3</sup>PT Badak NGL, Bontang, Kalimantan Timur, 75324

Email: [andi.chairulrizqiakmal.tm20@mhs.w.pnj.ac.id](mailto:andi.chairulrizqiakmal.tm20@mhs.w.pnj.ac.id)

### ABSTRACT

*PT Badak NGL has a boiler inspection program, namely the biennial inspection program (BIP), to check the boiler components for component integrity and ensure the reliability of the 31-F-27 boiler does not decrease due to failure. The report was obtained that the failure occurred again after the BIP was completed and from several failures that occurred, they were often found in the same place or location. The problem identified that the inspection and maintenance procedures for failures were not effective and efficient. Therefore, this study evaluated the BIP, both the inspection and maintenance aspects, and analyzed the failures that occurred. The analysis used failure mode effect analysis to determine failure and calculate the risk priority number value, and fault tree analysis was used to find the root cause of the 31-F-27 boiler. The results of the study found failures with high RPN including scale tubes, leakage tubes, and rupture tubes. The solution was divided into 2, namely inspection and maintenance. The completion of the inspection is the removal of the cyclone separator and baffle plate on both sides, Calculation of the thickness of the wall tube points as many and the same, marking after measurement, use of a new inspection tool, namely the robotic crawler pipe inspection system, adding a procedure for measuring the thickness of the oxide scale layer, maintenance of the entire boiler pipe, and routine radiography tests of the nose tube boiler. The completion of maintenance is the handling of new cleaning tubes in the form of scale or rust remover, and routine cleaning of the nose tube boiler.*

*Keywords* : BIP, FMEA, RCFA, Boiler





## KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Evaluasi Dan Peningkatan Program BIP (*Biennial Inspection Program*) Pada Boiler 31-F-27 Modul 2 PT Badak NGL Menggunakan Metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) Dan *Fault Tree Analysis* (FTA)” dengan cukup baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Diploma IV Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta serta untuk mengimplementasikan ilmu yang sudah didapatkan selama perkuliahan agar lebih bermanfaat bagi semua pihak.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tiada terhingga kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T., IWE selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Johan Anindito Indriawan, selaku Direktur LNG Academy periode (2020-2024).
3. Bapak Anas Malik Abdillah, selaku Direktur LNG Academy periode (2024-2027).
4. Bapak Kusumo Adhi Putranto selaku Wakil Direktur LNG Academy Bidang Akademik periode (2020-2024).
5. Bapak Putra Peni Luhur, selaku Ketua Jurusan Mekanikal & Rotating LNG Academy periode (2020-2024).
6. Bapak Budi Yuwono, S.T. selaku Pembimbing I skripsi dari Politeknik Negeri Jakarta.
7. Bapak Arash Ilham Utama selaku Pembimbing II skripsi dari Badak LNG.
8. Bapak, dan Ibu pekerja PT Badak NGL dan mitra pekerja yang sudah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis dan memberikan bantuan data untuk pengolahan data.

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

9. Orangtua dan Keluarga besar penulis atas kasih sayang, perhatian, do`a yang selalu menyertai, dan dukungan yang selalu diberikan selama ini.
10. Teman-teman LNG Academy Angkatan 10 yang telah memberikan dukungan dan bantuan demi kelancaran pelaksanaan magang.
11. Semua pihak lainnya yang tidak bisa disebutkan penulis satu persatu yang telah membantu selama pelaksanaan skripsi.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih terdapat banyak kekurangan dan ketidak sempurnaan, baik dalam penyusunan maupun penulisannya. Penulis memohon maaf apabila selama merancang skripsi Penulis melakukan hal yang kurang berkenan, baik yang disengaja maupun tidak disengaja. Meskipun sudah berusaha semaksimal mungkin untuk mengerjakan skripsi ini, Penulis terbuka dengan berbagai kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak agar laporan ini menjadi lebih baik dan bermanfaat bagi penulis dan juga pembaca.

Bontang, 22 Agustus 2024

Andi Chairul Rizqi Akmal



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	II
HALAMAN PENGESAHAN .....	III
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....	IV
ABSTRAK.....	VI
ABSTRACT.....	VII
KATA PENGANTAR .....	VIII
DAFTAR ISI.....	X
DAFTAR GAMBAR.....	XIII
DAFTAR TABEL.....	XVI
DAFTAR LAMPIRAN.....	XVII
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah Penelitian.....	3
1.3. Pertanyaan Penelitian.....	3
1.4. Tujuan.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	4
1.6. Manfaat.....	4
1.7. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1. Landasan Teori.....	6
2.2.1. Pengertian <i>Boiler</i> .....	6
2.2.2. Klasifikasi <i>Boiler</i> .....	7
2.2.3. Komponen <i>Boiler</i> .....	8



**Hak Cipta :**  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta  
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.2.4.	Proses <i>Boiler</i> PT Badak NGL .....	15
2.2.5.	<i>Biennial Inspection Program (BIP) Boiler</i> .....	17
2.2.6.	Jenis-Jenis <i>Damage Mechanisms</i> Pada <i>Boiler</i> .....	29
2.2.6.1.	<i>Mechanical and Metallurgical Failure</i> .....	29
2.2.6.2.	<i>Uniform or Localized Loss of Thickness</i> .....	36
2.2.6.3.	<i>High Temperature Corrosion</i> .....	40
2.2.6.4.	<i>Environment Assisted Cracking</i> .....	43
2.2.7.	<i>Failure Mode Effect Analysis (FMEA)</i> .....	44
2.2.7.1.	<i>Severity (Keparahan)</i> .....	45
2.2.7.2.	<i>Occurance (Kejadian)</i> .....	46
2.2.7.3.	<i>Detection (Deteksi)</i> .....	47
2.2.8.	<i>Fault Tree Analysis (FTA)</i> .....	48
2.2.	Kajian Literatur .....	51
2.3.	Kerangka Penelitian .....	54
<b>BAB III METODOLOGI PEKERJAAN</b> .....		56
3.1.	Diagram Alir Pengerjaan.....	56
3.2.	Jenis Penelitian.....	57
3.3.	Objek Penelitian .....	58
3.4.	Metode Pengambilan Sampel.....	59
3.5.	Jenis dan Sumber Data Penelitian .....	59
3.6.	Metode Pengumpulan Data .....	60
3.7.	Metode Analisis Data .....	61
<b>BAB IV HASIL &amp; PEMBAHASAN</b> .....		62
4.1.	Data Spesifikasi <i>Boiler 31-F-27</i> .....	62
4.2.	Analisis <i>Failure Mode Effect Analysis</i> .....	63



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.3.	Analisis <i>Fault Tree Analysis</i> .....	68
4.4.	Data Hasil Pemeriksaan Visual .....	71
4.4.1.	<i>Leakage</i> (Kebocoran) .....	71
4.4.2.	<i>Rupture</i> (Kerusakan) .....	73
4.4.3.	<i>Deposit</i> atau <i>Scale</i> .....	73
4.5.	Hasil Analisa .....	76
4.5.1.	Inspeksi ( <i>Inspection</i> ) .....	76
4.5.2.	Pemeliharaan ( <i>Maintenance</i> ) .....	95
BAB V KESIMPULAN & SARAN .....		101
5.1.	Kesimpulan .....	101
5.2.	Saran .....	101
DAFTAR PUSTAKA .....		103
LAMPIRAN .....		106

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Gambar (a) Menunjukkan Morfologi <i>Tube</i> Yang Mengalami Kebocoran Pada Tahun 2020 Dan Gambar (b) Menunjukkan Visual Kegagalan Kebocoran Pada Tahun 2024 .....	2
Gambar 2.1 <i>Boiler</i> Modul II PT Badak NGL .....	6
Gambar 2.2 <i>Water Tube Boiler</i> .....	7
Gambar 2.3 <i>Fire Tube Boiler</i> .....	8
Gambar 2.4 Letak Lokasi Komponen <i>Boiler Babcock &amp; Wilcox</i> .....	9
Gambar 2.5 <i>Steam Drum</i> .....	10
Gambar 2.6 <i>Mud Drum</i> .....	11
Gambar 2.7 <i>Superheater Tubes</i> .....	12
Gambar 2.8 <i>Sweet Water Condenser</i> .....	13
Gambar 2.9 Proses <i>Boiler</i> Modul II PT Badak NGL .....	16
Gambar 2.10 Contoh Pengambilan Sampel <i>Borescope</i> .....	18
Gambar 2.11 Sketsa Pengukuran Ketebalan <i>Steam Drum</i> .....	19
Gambar 2.12 Sketsa Pengukuran Ketebalan <i>Mud Drum</i> .....	19
Gambar 2.13 Sketsa <i>Fire Box - Top Wall Tubes</i> .....	20
Gambar 2.14 Sketsa <i>Fire Box - Bottom Wall Tubes</i> .....	21
Gambar 2.15 Sketsa <i>Furnace Wall Tubes West Side</i> .....	21
Gambar 2.16 Sketsa <i>Furnace Wall Tubes North Side</i> .....	22
Gambar 2.17 Sketsa <i>Furnace Wall Tubes East Side</i> .....	22
Gambar 2.18 Sketsa <i>Furnace Wall Tubes South Side</i> .....	23
Gambar 2.19 Sketsa <i>Top Wall Tubes Header</i> .....	23
Gambar 2.20 Sketsa <i>Bottom Wall Tubes Header</i> .....	24
Gambar 2.21 Sketsa <i>Superheater Tubes</i> .....	24
Gambar 2.22 Sketsa <i>Generating Tubes</i> .....	25
Gambar 2.23 Sketsa <i>Economizer Tubes</i> .....	26
Gambar 2.24 Sketsa <i>Riser Tubes</i> .....	27
Gambar 2.25 Sketsa <i>Steam Saturated Tube</i> .....	28
Gambar 2.26 Contoh Erosi Pada <i>Tube Boiler</i> .....	30



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 2.27 Bentuk Pola “ <i>Beach Marks</i> ” Pada Fenomena <i>Mechanical fatigue</i> ...	31
Gambar 2.28 Contoh <i>Mechanical fatigue</i> Pada Lasan Sebuah <i>Equipment</i> . ....	32
Gambar 2.29 Contoh <i>Refractory Degradation</i> .....	33
Gambar 2.30 Contoh <i>Short Term Overheating</i> Pada <i>Tube</i> .....	34
Gambar 2.31 Bulge di <i>Hot Spot</i> Pada <i>Waterwall Tube</i> .....	35
Gambar 2.32 <i>Deposit</i> Atau <i>Scale</i> Pada <i>Tube Boiler</i> .....	36
Gambar 2.33 Contoh <i>Corrosion Under Insulation</i> (CUI) Pada Sistem Perpipaan ( <i>Tee</i> ) .....	37
Gambar 2.34 Contoh <i>Boiler Water Condensate Corrosion</i> .....	38
Gambar 2.35 Contoh <i>Microbiologically Induced Corrosion</i> (MIC) .....	39
Gambar 2. 36 Contoh <i>Oxidation</i> .....	40
Gambar 2.37 Contoh <i>Sulfidation</i> Pada <i>Carbon Steel Pipe</i> .....	42
Gambar 2.38 Contoh <i>Fuel Ash Corrosion</i> .....	43
Gambar 2.39 Contoh <i>Corrosion Fatigue</i> Pada <i>Boiler Tube</i> .....	44
Gambar 2. 40 Kerangka Penelitian .....	55
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan .....	57
Gambar 4.1 Grafik Frekuensi Kegagalan Yang Terjadi Pada <i>Boiler 31-F-27</i> Dalam 5 Tahun Terakhir.....	63
Gambar 4.2 <i>Fault Tree Analysis</i> Kegagalan <i>Leakage</i> Pada <i>Tube Boiler 31-F-27</i> .68	
Gambar 4.3 <i>Fault Tree Analysis</i> Kegagalan <i>Rupture</i> Pada <i>Tube Boiler 31-F-27</i> ..69	
Gambar 4.4 <i>Fault Tree Analysis</i> Kegagalan <i>Scale</i> Pada <i>Tube Boiler 31-F-27</i> .....	70
Gambar 4.5 Kebocoran Pada <i>Air Duct</i> .....	72
Gambar 4.6 Tampak Bawah Mengalami Kebocoran <i>Straight Section Nose Tube</i> 72	
Gambar 4.7 <i>Tube 42</i> Dan <i>Tube 47</i> (Tampak Dekat) Mengalami Kebocoran <i>Straight Section Nose Tube</i> Sisi Timur.....	72
Gambar 4.8 <i>Rupture</i> Pada <i>Walltube (Fire Box)</i> Sisi Timur, Di Area <i>Nose Section</i> Sisi Bawah .....	73
Gambar 4.9 <i>Deposit Boiler Stack</i> .....	74
Gambar 4.10 <i>Deposit Gas Duct</i> . ....	75
Gambar 4.11 <i>Deposit Superheater Tubes</i> .....	75
Gambar 4.12 <i>Scale Generating Tubes</i> Pada 27 Januari 2020 Sebanyak 711 Ea. ...	75



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.13 <i>Scale Nose Tubes</i> Pada 17 Februari 2023 Sebanyak 67 Ea. ....	76
Gambar 4.14 Alat <i>Boroscope</i> Dengan Merek OLYMPUS IPLEX GT/GX .....	82
Gambar 4.15 Kondisi <i>Steam Drum</i> Sebelum Pelepasan <i>Baffle Plate</i> dan <i>Cyclone Separator</i> .....	83
Gambar 4.16 Kondisi <i>Steam Drum</i> Setelah Pelepasan <i>Baffle Plate</i> dan <i>Cyclone Separator</i> di Kedua Sisi .....	83
Gambar 4. 17 Letak Lokasi <i>Boroscope Generating Tubes</i> .....	84
Gambar 4.18 Inspektur Melakukan Pengukuran Ketebalan <i>Wall Tube</i> .....	85
Gambar 4.19 Alat <i>Ultrasonic Testing Thickness</i> Dengan Merek 39DL Plus .....	86
Gambar 4. 20 <i>Robotic Crawler Pipe Inspection System</i> .....	87
Gambar 4. 21 Alat <i>Oxide Scale Layer</i> Dengan Merek EPOCH 650 .....	90
Gambar 4. 22 Alat <i>Oxide Scale Layer</i> Dengan Merek EPOCH 6LT .....	90
Gambar 4.23 Letak Lokasi Kejadian <i>Nose Tube Boiler</i> . ....	92
Gambar 4.24 Alat <i>Radiography</i> .....	93
Gambar 4.25 Hasil <i>Shadow Radiography Tube Boiler</i> .....	94

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kriteria <i>Severity</i> .....	45
Tabel 2.2 Kriteria <i>Occurance</i> .....	46
Tabel 2.3 Kriteria <i>Detection</i> .....	47
Tabel 2.4 Simbol <i>Fault Tree Analysis</i> .....	49
Tabel 4. 1 Spesifikasi <i>Boiler 31-F-27</i> .....	62
Tabel 4.5 Skala <i>Risk Priority Number</i> .....	63
Tabel 4.6 <i>Failure Mode Effect Analysis (FMEA) Boiler 31-F-27</i> .....	64
Tabel 4.7 <i>Inspection Report</i> Kegagalan Kebocoran ( <i>Leakage</i> ) <i>Boiler 31-F-27</i> ....	71
Tabel 4. 8 <i>Inspection Report</i> Kegagalan <i>Deposit</i> Atau <i>Scale</i> <i>Boiler 31-F-27</i> .....	74
Tabel 4.9 <i>Scope Existing Inspection Biennial Inspection Program (BIP)</i> .....	76

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 – Hasil Pengujian <i>Boroscope</i> BIP 2021.....	106
Lampiran 2 – Hasil Pengujian <i>Boroscope</i> 2023.....	106
Lampiran 3 – Hasil Pengujian Pengukuran Ketebalan Komponen <i>Boiler</i> BIP 2021.....	107
Lampiran 4 – Hasil Pengujian Pengukuran Ketebalan Komponen <i>Boiler</i> BIP 2023.....	108
Lampiran 5 – Hasil Pengujian <i>Steam Test</i> BIP 2021 .....	109
Lampiran 6 – Hasil Pengujian <i>Steam Test</i> BIP 2023 .....	109
Lampiran 7 – Dokumentasi Pengujian <i>Boroscope</i> .....	110
Lampiran 8 – Dokumentasi Pengukuran Ketebalan.....	112

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

PT Badak NGL adalah salah satu anak perusahaan *subholding upstream* pertamina yang berada di kota Bontang, Kalimantan Timur, dimana perusahaan ini bergerak di bidang produksi *liquefied natural gas* (LNG) dan *liquefied petroleum gas* (LPG). PT Badak NGL mempunyai area *plant site* sebagai wadah untuk mendukung pengolahan *feed gas*, salah satunya yaitu *utilities* atau modul. Pada area *utilities* terdapat salah satu dari perangkat penting yaitu *boiler*. *Boiler* adalah suatu alat berbentuk bejana (*vessel*) yang digunakan untuk memproduksi *steam*. *Steam* yang dihasilkan dari *boiler* di *utilities* II berupa *high pressure steam*. *Boiler* PT Badak NGL bertujuan untuk memenuhi kebutuhan *high pressure steam* pada *steam turbine compressor*, *steam turbin generator*, dan pemanas di *process*. PT Badak LNG memiliki 2 area *utilities*, diantaranya *utilities* I terdapat 11 *boiler* dengan keadaan sudah lama *off* atau tidak beroperasi dan *utilities* II terdapat 10 *boiler* dengan *boiler* yang masih beroperasi ada 7 dari 10 *boiler* yang tersedia.

Berdasarkan pada undang-undang uap tahun 1930 pasal 40 berbunyi “Pemeriksaan dalam dari ketel-ketel uap kapal, diadakan sekurang-kurangnya sekali dalam 1 tahun dan ketel uap darat sekurang-kurangnya sekali dalam 2 tahun”. Berdasarkan undang-undang yang ada, maka pihak *technical department* PT Badak NGL khususnya *plant support engineering* (PSE) mempunyai *inspection* program pada *boiler* yaitu *biennial inspection program* (BIP). Adapun tujuan dari program ini mengidentifikasi atau memeriksa komponen *boiler* untuk mencegah adanya kegagalan komponen *boiler* yang dimana akan berdampak berkurangnya integritas alat dan akibat terbesarnya bisa menurunnya suatu reliabilitas *boiler* 31-F-27.

*Biennial inspection program* sudah lama dijalankan perusahaan. Akan tetapi, setelah dilakukan BIP masih saja terjadi adanya *defect* dan kegagalan komponen yang teridentifikasi di *boiler*. 5 tahun terakhir (2019-2024) sudah dilaksanakannya

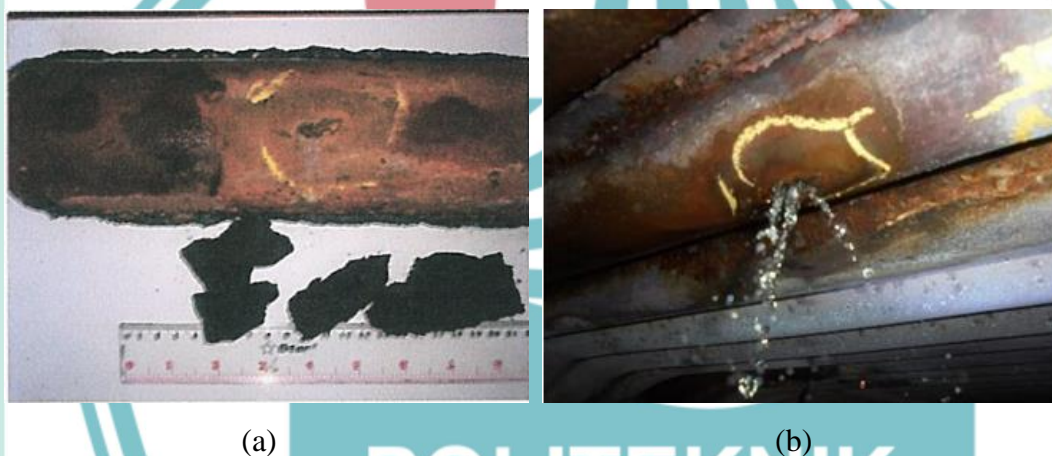


## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BIP tahun 2021 dan BIP 2023 boiler 31-F-27 ditemukan beberapa *defect* dan kegagalan komponen boiler 31-F-27 diantaranya, *deposit*, kebocoran (*leakage*), kerusakan (*rupture*), *scaling* pada *tube*, *crack*, *rubber expansion* robek, *refractory* pecah, dan lain lain. Permasalahan datang dengan adanya kegagalan kebocoran di *nose tube boiler* di 2024 yang dimana BIP 2023 sudah dilaksanakan dan tidak adanya *report* ataupun indikasi potensi kegagalan kebocoran di *nose tube boiler*. Kegagalan kebocoran adalah salah satu bentuk kegagalan yang ditemukan pada tempat atau lokasi yang sama pada kejadian kebocoran di 2020 dan 2024 di *nose tube boiler* bisa dilihat pada **Gambar 1.1**.



Gambar 1.1 Gambar (a) Menunjukkan Morfologi Tube Yang Mengalami Kebocoran Pada Tahun 2020 Dan Gambar (b) Menunjukkan Visual Kegagalan Kebocoran Pada Tahun 2024

Permasalahan tersebut mengidentifikasi bahwa dalam prosedur inspeksi (*inspection*) dan prosedur pemeliharaan (*maintenance*) BIP yang belum efektif dan efisien. Akibat adanya seringnya kegagalan tersebut akan menyebabkan integritas komponen dan reliabilitas boiler 31-F-27 menurun. Maka dari itu, pada penelitian ini diperlukan evaluasi *biennial inspection program* (BIP) boiler 31-F-27 baik dari prosedur inspeksi (*inspection*), prosedur pemeliharaan (*maintenance*), dan menganalisis kegagalan-kegagalan yang sangat risiko dengan menggunakan metode *failure mode effect analysis* (FMEA) untuk menentukan kegagalan apa saja yang sering terjadi dan menghitung nilai *risk priority number* (RPN) serta menggunakan metode *fault tree analysis* (FTA) untuk mencari akar penyebab terjadinya suatu kegagalan yang didapatkan pada hasil FMEA pada boiler 31-F-27. Proses analisa juga berpedoman pada *american petroleum institute* (API) 571. Penelitian ini



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

bertujuan untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi dari prosedur inspeksi (*inspection*), prosedur pemeliharaan (*maintenance*), serta meningkatkan reliabilitas *boiler* 31-F-27.

### 1.2. Rumusan Masalah Penelitian

Pada program BIP *boiler* 31-F-27 sering ditemukannya kegagalan komponen internal *boiler* yang terjadi berulang kali setelah BIP periode sebelumnya sudah selesai dilaksanakan. Kegagalan yang sering terjadi akan menyebabkan sebuah integritas komponen *boiler* dan reliabilitas *boiler* 31-F-27 menurun. Permasalahan tersebut mengidentifikasi bahwa dalam prosedur inspeksi (*inspection*) dan prosedur pemeliharaan (*maintenance*) kegagalan yang belum efektif dan efisien. Maka perlu adanya evaluasi program *biennial inspection program* (BIP) *boiler* 31-F-27 dari aspek prosedur *inspection* dan *maintenance* agar bisa terhindar dari kegagalan yang terjadi pada komponen internal *boiler* 31-F-27.

### 1.3. Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan penelitian pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja kegagalan komponen internal *boiler* yang bisa berdampak besar pada *boiler* 31-F-27?
2. Apa saja permasalahan dari prosedur inspeksi (*inspection*) yang *existing* pada *biennial inspection program* (BIP) ?
3. Apa saja permasalahan dari prosedur pemeliharaan (*maintenance*) yang *existing* pada *biennial inspection program* (BIP) ?

### 1.4. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi kegagalan komponen internal *boiler* yang bisa berdampak besar pada *boiler* 31-F-27.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Mengidentifikasi permasalahan dari prosedur inspeksi (*inspection*) yang *existing biennial inspection program* (BIP).
3. Mengidentifikasi permasalahan dari prosedur pemeliharaan (*maintenance*) yang *existing biennial inspection program* (BIP).

### 1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Evaluasi ini berfokus pada komponen internal *boiler* 31-F-27.
2. Analisis kegagalan pada *boiler* 31-F-27 berpedoman pada API 571.
3. Analisis permasalahan diambil dari *basic event* hasil *fault tree analysis* pada faktor inspeksi (*inspection*) dan pemeliharaan (*maintenance*) saja.
4. Acuan *inspection report* yang dipakai pada 5 tahun terakhir (2019-2024).
5. Penelitian ini tidak meliputi pengujian.

### 1.6. Manfaat

Hasil dari analisis penelitian ini bisa dipergunakan untuk memberikan rekomendasi ke perusahaan PT Badak NGL yaitu sebuah evaluasi dan peningkatan prosedur inspeksi dan prosedur pemeliharaan *boiler* 31-F-27. Tujuannya untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi pada *biennial inspection program* (BIP), sehingga sebuah kegagalan pada *boiler* 31-F-27 bisa berkurang dan tidak terulang kembali.

### 1.7. Sistematika Penulisan

#### Bab I Pendahuluan

Bab I menguraikan latar belakang pemilihan topik, perumusan masalah, tujuan laporan, pembatasan masalah, manfaat yang akan didapatkan, dan sistematika penulisan keseluruhan skripsi.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## **Bab II Tinjauan Pustaka**

Bab II berisi studi pustaka/literatur, kajian literatur, dan kerangka penelitian dalam skripsi.

## **Bab III Metode Penelitian**

Bab III berisikan tentang diagram alir pengerjaan, jenis penelitian, objek penelitian, jenis dan sumber data penelitian, metode pengumpulan data, dan metode analisis data.

## **Bab IV Pembahasan**

Bab IV berisi hasil dan analisis data, perhitungan-perhitungan analisis perancangan, serta interpretasi dan pembahasan hasil perhitungan.

## **Bab V Kesimpulan Dan Saran**

Bab V berisi kesimpulan dari seluruh analisis data dan pembahasan hasil perhitungan/penelitian. Isi kesimpulan harus menjawab permasalahan dan tujuan yang telah ditetapkan dalam Skripsi.

## **Daftar Pustaka**

Daftar pustaka adalah suatu susunan tulisan di akhir sebuah karya ilmiah yang isinya berupa nama penulis, judul tulisan, penerbit, identitas penerbit, dan tahun terbit. Daftar pustaka ini digunakan sebagai sumber atau rujukan seorang penulis dalam berkarya.

## **Lampiran**

Lampiran merupakan dokumen tambahan yang ditambahkan ke dokumen utama. Lampiran dapat ditemukan dalam surat maupun dalam buku. Lampiran surat dapat berupa teks, seperti dokumen pendukung.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB V KESIMPULAN & SARAN

### 5.1. Kesimpulan

1. Hasil FMEA didapatkan kegagalan komponen internal *boiler* 31-F-27 diperoleh hasil total *risk priority number* (RPN) sebesar 5064. Dengan 3 prioritas kegagalan yaitu *scale*, kebocoran (*leakage*), kerusakan (*rupture*) dan kegagalan lainnya diantaranya *crack*, *rubber expansion* robek, *refractory* pecah dan *deposit*.
2. Hasil penelitian pada aspek prosedur inspeksi *existing* BIP terdapat sebuah permasalahan diantaranya proses pengujian *boroscope generating tubes* untuk kegiatan pelepasan *cyclone separator* dan *baffle plate* hanya pada satu sisi saja baik itu pada sisi timur atau barat secara bergantian per periode program BIP, prosedur titik pengukuran ketebalan *wall tubes* yang relatif sedikit, acuan titik pengukuran *tubes* yang tidak sama dengan acuan titik pengukuran sebelumnya, *maintenance tube* dari kegagalan *tube* yang tidak dilakukan secara keleuruhan, dan prosedur inspeksi pada *nose tube boiler* yang dilakukan tidak secara keseluruhan.
3. Berdasarkan hasil penelitian pada permasalahan aspek *maintenance* didapatkan yaitu metode *cleaning tubes* yang digunakan dengan metode *hydroblast*. Metode *cleaning* tersebut tidak efektif dan efisien dikarenakan *scale* masih ada yang tersisa serta permasalahan lainnya pada *maintenance tube* untuk kegagalan kebocoran, dan pecah. Permasalahan lainnya yaitu jarangya dalam *cleaning nose tube boiler*.

### 5.2. Saran

Pada penelitian ini penulis memberikan sebuah saran untuk aspek inspeksi dan aspek *maintenance* untuk mencegah sebuah kegagalan yang terjadi bisa dicegah serta reliabilitas *boiler* 31-F-27 bisa meningkat. Saran pada penelitian





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ini dibagi menjadi 2 yaitu inspeksi (*inspection*) dan pemeliharaan (*maintenance*) sebagai berikut:

1. Inspeksi (*Inspection*)
  - a) Prosedur perusahaan dalam pelepasan *cyclone separator* dan *baffle plate* pada kedua sisi perlu diimplementasikan kembali yaitu sisi timur dan barat agar pengujian *boroscope* pada *generating tube* bisa maksimal.
  - b) Perhitungan ketebalan *wall tube* dengan titik sebanyak-banyaknya (minimum 5 titik pengujian) untuk mendapat keakuratan hasil *corrossion rate*.
  - c) Melakukan penandaan pada *wall tube* untuk memudahkan *man power* dalam melakukan monitoring untuk *wall tubes* yang sudah dilakukannya perhitungan ketebalan pada periode BIP sebelumnya dan sebagai patokan untuk BIP selanjutnya.
  - d) Penggunaan alat baru berupa *advance non-destructive testing* (NDT) yaitu *robotic crawler pipe inspection system* dalam melakukan pengukuran ketebalan *tubes*.
  - e) Melakukan prosedur tambahan yaitu pengukuran untuk ketebalan *oxide scale layer*.
  - f) *Maintenance tube boiler* perlu dilakukan secara keseluruhan untuk bisa mengidentifikasikan adanya *defect* yang ada di area yang sama.
  - g) Implementasi dari inspeksi *nose tube boiler* dengan menggunakan *radiography testing* secara keseluruhan area untuk mengidentifikasi *scale* pada *internal boiler*.
  
2. Pemeliharaan (*Maintenance*)
  - a) Metode *cleaning tubes baru* yaitu *scale* atau *rust remover* sebagai pencegahan *cleaning scale* setelah penggunaan *hydroblast* apabila *scale* masih tersisa.
  - b) Menambahkan prosedur *maintenance* terkait *cleaning* pada *nose tube boiler* sebagai prosedur rutin di BIP.



## DAFTAR PUSTAKA

- Agus Sugiharto. (2016). Tinjauan Teknis Pengoperasian Dan Pemeliharaan *Boiler*.
- Aini, N. N., Damis, C., & Nusyirwan, W. ; (2016). *Analisis Mekanisme Kegagalan pada Pipa Boiler Menggunakan Metode Root Cause Failure Analysis (RCFA)*.
- Al Rosyid, H., Firmansyah, J., D3, J., Mesin, T., & Tinggi Teknik -Pln, S. (2013). *Analisis Kegagalan Material Waterwall Tube Boiler PLTU Ubon Banten 3 Lontar Unit 3*.
- Al-afnaan, by, & Darul Ridzuan, P. (2015). *Failure Mode Effect Analysis (FMEA) on Heat Recovery Steam Generator (HRSG): Water Tube Boiler*.
- Alijoyo, A., Wijaya, Q. B., & Jacob, I. (2021). *Fault Tree Analysis Analisis Pohon Kesalahan*. www.lspmks.-
- Andi Paramitha, & Dewi Sri Febrianti. (2010). *Analisa Kinerja Boiler Pada Boiler Turbin Generator (BTG) PT Semen Tonasa*.
- API 571. (2011). *Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry*.
- Cicok Pranolo. S. (2010). *Pengaruh Kerak Terhadap Perpindahan Panas Pada Ketel Uap Pipa Air*.
- Dr. Sandu Siyoto, S. M. K. & M. A. S. M. A. (2015). *Dasar Metodologi Penelitian*.
- Fahrizal. (2013). *Analisa Penyebab Kegagalan Pipa Superheater Boiler*.
- Gusti Umindya Nur Tajalla. (2015). *Analisa Kegagalan U-Tube Economizer SA210-A1 B-1102 Di Pabrik 1 PT. Petrokimia Gresik*.
- Hijrah Permana, R. (2014). *Failure Analysis Of Superheater Tube Boiler 31F-28 IN PT. Badak NGL Bontang*.

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

I Made Muliatna. (2017). *Study Failure Mode And Effects Analysis (FMEA) Sebagai Identifikasi Bahaya Dan Upaya Pencegahan Kecelakaan Kerja Di PT. PJB UBJ O & M Tanjung Awar-Awar* (Vol. 06).

Iqbal Repli Jaya, M., Fahrudin, rasy, & Akbar, A. (2021). *Pengukuran Thickness Menggunakan Probe Normal Ultrasonic Testing Non-Destructive Dengan Metode Contact Testing Variasi Kuplan Oli 10w, 15w, Dan 20w Pada Material Baja*.

Majid. M. Moghaddam, & Alireza. Hadi. (2005). *Control And Guidance Of A Pipe Inspection Crawler (PIC)*.

Onugraha Setiawan. (2015). *Teknik Sampling*.

Operation Departement, B. L. (2014). *(Boiler = Power Steam Generation)*.

Orpa Yakarimilena. (2019). *Analisis Kontribusi Kerusakan Boiler Terhadap Kegagalan Proses Produksi Di PT. Perkebunan Nusantara II Kebun Arso Menggunakan Failure Modes And Effect Analysis (FMEA) Dan Fishbone Diagram*.

Port, R. D., Herro, H. M., & Nalco Chemical Company. (1991). *The Nalco Guide To Boiler Failure Analysis*. McGraw-Hill.

Prof. Dr. Conny R. Semiawan. (2010). *Metode Penelitian Kualitatif*.

Prof. Dr. Sugiyono. (2014). *Metode Penelitian Pendidikan, Pendekatan Kuantitatif*.

Sanjaya Okky Wijayanto, A. P. B. (2013). *Analisis Kegagalan Material Pipa Ferrule Nickel Alloy N06025 Pada Waste Heat Boiler Akibat Suhu Tinggi Berdasarkan Pengujian : Mikrografi Dan Kekerasan*.

Shokouhmand, H., Ghadimi, B., & Espanani, R. (2015). Failure Analysis And Retrofitting Of Superheater Tubes In Utility Boiler. *Engineering Failure Analysis*, 50, 20–28. <https://doi.org/10.1016/J.ENGFAILANAL.2015.01.003>

W. Djoko Yudisworo. (2012). *Analisis Scaling Ketel Uap Pipa Api Di Industri Tekstil Cirebon*.



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, pennisan karya ilmiah, pennisan laporan, pennisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Xu, L., Zhang, L., Zhao, J., & Kim, K. (2020). Cornering Algorithm For A Crawler In-Pipe Inspection Robot. *Symmetry*, *12*, 1–17.  
<https://doi.org/10.3390/sym12122016>

*Scale Remover* Untuk Membersihkan *Scale* Pipa *Boiler* (Diakses 12/8/2024) 14:48 wita, diakses dari <https://www.eonchemicals.com/artikel/scale-remover-untuk-pipa-boiler/>

*Rust & Scale Remover* (Diakses 12/8/2024) 15:17 wita, diakses dari <https://iclean.co.id/id/product-housekeeping/rust-scale-remover/>

Rekomendasi *Chemicals Scale Remover* (Diakses 12/8/2024) 15:19 wita, diakses dari <https://greenchem.co.id/news/rekomendasi-chemicals-scale-remover>

*Scale Remover* atau *Descaler* (Diakses 12/8/2024) 15:21 wita, diakses dari <https://wahanatirtachemindo.com/2020/06/02/scale-remover-bahan-kimia-boiler/>

*Radiography inspection* (Diakses 20/8/2024) 18:20 wita, diakses dari <https://www.qsa-global.com/880-series-gamma-ray-source-projectors>

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

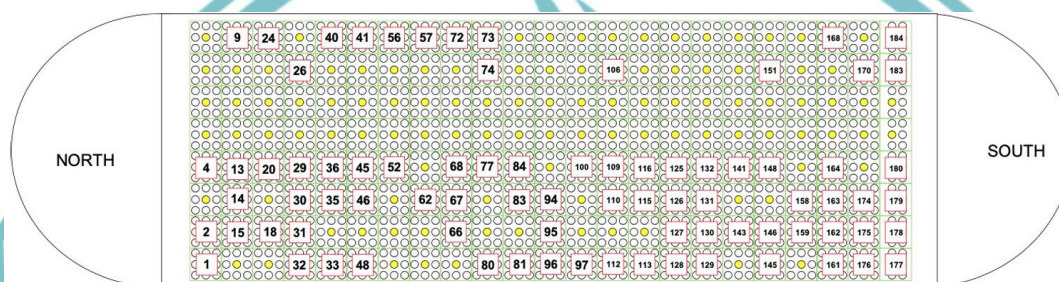
### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## LAMPIRAN

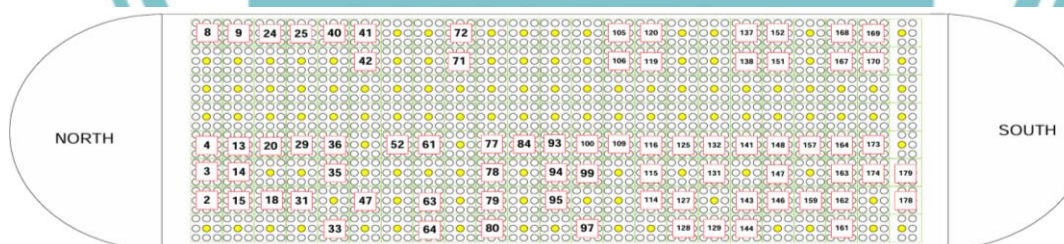
### Lampiran 1 – Hasil Pengujian *Boroscope* BIP 2021

Pada hasil *borescope* yang telah dilakukan pada *Biennial Inspection Program* (BIP) tahun 2021 ditemukan 81 segmen (711 tubes) dalam keadaan kotor dan berkerak (*scale*).



### Lampiran 2 – Hasil Pengujian *Boroscope* 2023

Pada hasil *borescope* yang telah dilakukan pada *Biennial Inspection Program* (BIP) tahun 2023 ditemukan 75 segmen (675 tubes) dalam keadaan kotor dan berkerak (*scale*).




 Lampiran 3 – Hasil Pengujian Pengukuran Ketebalan Komponen *Boiler BIP*  
2021

NO	ITEM	THICKNESS, mm		
		NOMINAL	MIN. ACTUAL READING	MIN. REQUIRED
<b>Steam Drum</b>				
1	Head 1 (North)	77.01	70.22	57.15
2	Head 2 (South)	77.01	68.99	57.15
3	Shell Plate	133.60	133.95	125.54
4	Tube Plate	133.60	135.00	125.54
<b>Mud Drum</b>				
5	Head 1 (North)	53.50	46.39	38.09
6	Head 2 (South)	53.50	47.30	38.09
7	Shell Plate	89.51	90.11	82.37
8	Tube Plate	89.51	90.10	82.37
9	Feeder Tubes/ Nose	6.30	7.07	5.10
<b>Wall Tubes on Fire Box</b>				
10	North	4.19	4.53	3.71
11	South	4.19	4.37	3.71
12	East	4.19	4.46	3.71
13	West	4.19	4.37	3.71
14	Bottom	4.19	4.14	3.71
15	Nose Section	4.19	4.05	3.71
16	Top	4.19	4.23	3.71
<b>Superheater Tubes</b>				
17	Straight - Inlet (OD 2.5 IN)	5.98	5.59	2.62
18	U-Bend - Inlet (OD 2.5 IN)	5.17	5.59	2.62
19	Straight - Outlet (OD 2.25 IN)	7.58	-	3.37
<b>Convection Section</b>				
20	Generating Tube	3.43	3.59	3.09
<b>Economizer Tube</b>				
21	Economizer Tube	4.19	4.13	2.18
<b>Roof Section</b>				
22	Saturated Tube	4.57	4.99	2.74
23	Riser Tube	5.20	5.47	3.57
24	Superheater Header (Inlet)	25.26	22.46	20.84
25	Superheater Header (Outlet)	44.45	49.55	33.58
26	Wall Tube Upper Header	25.40	22.01	14.54
<b>BFW Line</b>				
27	4 IN	8.56	7.95	3.82

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, pennisan karya ilmiah, pennisan laporan, pennisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta


**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, pennisan karya ilmiah, pennisan laporan, pennisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

28	6 IN	18.30	18.60	5.74
29	8 IN	18.20	17.14	9.57
30	8 IN, Branch the 1 IN Phospate Injection	12.70	23.47	9.57
31	8 IN, Economizer Inlet	12.70	12.01	9.57

Lampiran 4 – Hasil Pengujian Pengukuran Ketebalan Komponen *Boiler BIP* 2023

NO	ITEM	THICKNESS, mm		
		NOMINAL	MIN. ACTUAL READING	MIN. REQUIRED
<b>Steam Drum</b>				
1	Head 1 (North)	77.01	68.34	57.15
2	Head 2 (South)	77.01	67.77	57.15
3	Shell Plate	133.60	134.86	82.62
4	Tube Plate	133.60	132.32	125.54
<b>Mud Drum</b>				
5	Head 1 (North)	53.50	45.58	38.09
6	Head 2 (South)	53.50	45.23	38.09
7	Shell Plate	89.51	89.15	55.08
8	Tube Plate	89.51	89.73	82.37
9	Feeder Tubes/ Nose	6.30	7.37	5.10
<b>Wall Tubes on Fire Box</b>				
10	North	4.19	4.39	3.38
11	South	4.19	4.55	3.38
12	East	4.19	4.53	3.38
13	West	4.19	4.35	3.38
14	Bottom	4.19	4.21	3.38
15	Nose Section	4.19	4.08	3.38
16	Top	4.19	4.11	3.38
<b>Superheater Tubes</b>				
17	Straight - Inlet (OD 2.0 IN)	4.57	4.83	2.1
18	U-Bend - Inlet (OD 2.0 IN)	4.57	4.32	2.1
19	Straight - Outlet (OD 2.25 IN)	5.59	5.34	3.37
20	U-Bend - Inlet (OD 2.5 IN)	5.59	5.1	3.37
<b>Convection Section</b>				
	Generating Tube (OD 2.5 IN)	3.43	3.65	2.36
20	Generating Tube (OD 3 IN)	4.19	4.42	2.86
<b>Economizer Tube</b>				



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

21	Economizer Tube	4.19	4.26	2.18
<b>Roof Section</b>				
22	Saturated Tube	4.57	4.89	2.74
23	Riser Tube	5.20	4.99	3.57
24	Superheater Header (Inlet)	25.26	22.04	20.84
<b>BFW Line</b>				
27	4 IN	8.56	7.78	3.82
28	6 IN	18.30	18.52	5.74
29	10 IN	18.20	19.7	9.57

Lampiran 5 – Hasil Pengujian *Steam Test* BIP 2021

TAG PSV	SETTING PRESSURE (kg/cm <sup>2</sup> g)	OPENING PRESSURE (kg/cm <sup>2</sup> g)	CLOSING PRESSURE (kg/cm <sup>2</sup> g)	BLOWDOWN (%)	REMARK
31-PSV-46A-27	74.00	74.15	72.04	2.84	Acceptable
31-PSV-46B-27	75.90	76.60	73.80	3.67	Acceptable
31-PSV-46C-27	74.80	74.50	71.70	3.77	Acceptable
31-PSV-48A-27	66.75	67.45	65.00	3.65	Acceptable
31-PSV-48B-27	66.41	67.10	64.65	3.66	Acceptable

Lampiran 6 – Hasil Pengujian *Steam Test* BIP 2023

TAG PSV	SETTING PRESSURE (kg/cm <sup>2</sup> g)	OPENING PRESSURE (kg/cm <sup>2</sup> g)	CLOSING PRESSURE (kg/cm <sup>2</sup> g)	BLOWDOWN (%)	REMARK
31-PSV-46A-27	73.82	74.15	72.05	2.84	Acceptable
31-PSV-46B-27	75.93	76.26	74.15	2.76	Acceptable
31-PSV-46C-27	74.87	75.21	73.45	2.34	Acceptable
31-PSV-48A-27	68.05	68.18	66.07	3.09	Acceptable
31-PSV-48B-27	67.7	67.83	66.07	2.59	Acceptable





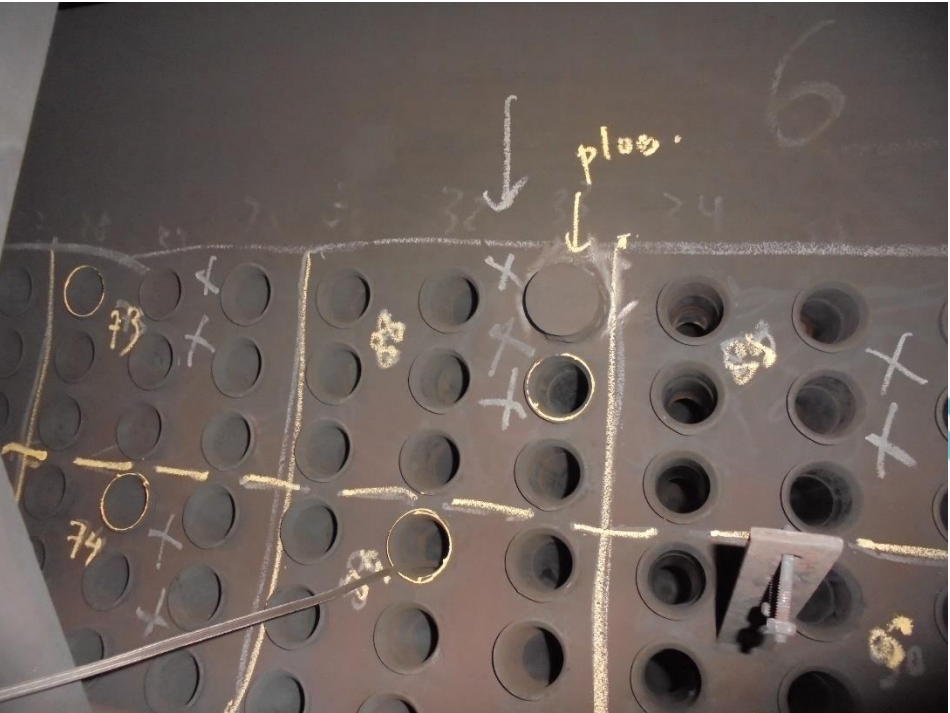
## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Lampiran 7 – Dokumentasi Pengujian *Boroscope*



#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 8 – Dokumentasi Pengukuran Ketebalan





POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritis atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

