



TUGAS AKHIR - VM180629

**PERENCANAAN SISTEM PEMELIHARAAN
MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY
CENTERED MAINTENANCE* PADA GAS ENGINE
COMPRESSOR - STUDI KASUS COMPRESSED
NATURAL GAS PLANT TAMBAK LOROK
SEMARANG PT. PERTA DAYA GAS**

**MOHAMMAD FAHMI AL ALAM
NRP 102115 0000 0020**

**Dosen Pembimbing
Dedy Zulhidayat Noor, S.T., M.T., Ph.D
NIP 19751206 200501 1 002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020**



TUGAS AKHIR - VM180629

**PERENCANAAN SISTEM PEMELIHARAAN
MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY
CENTERED MAINTENANCE* PADA GAS ENGINE
COMPRESSOR - STUDI KASUS COMPRESSED
NATURAL GAS PLANT TAMBAK LOROK
SEMARANG PT. PERTA DAYA GAS**

MOHAMMAD FAHMI AL ALAM
NRP 102115 0000 0020

Dosen Pembimbing
Dedy Zulhidayat Noor, S.T., M.T., Ph.D.
NIP 19751206 200501 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - VM180629

**GAS ENGINE COMPRESSOR MAINTENANCE
SYSTEM PLANNING USING RELIABILITY
CENTERED MAINTENANCE - CASE STUDY OF
COMPRESSED NATURAL GAS PLANT TAMBAK
LOROK SEMARANG PT. PERTA DAYA GAS**

**MOHAMMAD FAHMI AL ALAM
NRP 102115 0000 0020**

**Advisor
Dedy Zulhidayat Noor, S.T., M.T., Ph.D.
NIP 19751206 200501 1 002**

**DIPLOMA PROGRAMME
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL MECHANICAL ENGINEERING
VOCATIONAL FACULTY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE TECHNOLOGY
SURABAYA 2020**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mohammad Fahmi Al Alam
NRP : 1021150000020
Program Studi : Diploma III
Departemen : Teknik Mesin Industri
Fakultas : Vokasi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir (TA) yang berjudul “Perencanaan Sistem Pemeliharaan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* pada *Gas Engine Compressor – Studi Kasus Compressed Natural Gas Plant Tambak Lorok Semarang PT. Perta Daya Gas*” adalah benar – benar hasil karya intelektual mandiri, dan bukan merupakan hasil plagiasi.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan TA ini hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Surabaya, 28 Desember 2019
Penulis,



Mohammad Fahmi Al Alam

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**PERENCANAAN SISTEM PEMELIHARAAN
MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE PADA GAS ENGINE COMPRESSOR –
STUDI KASUS COMPRESSED NATURAL GAS PLANT
TAMBAK LOROK SEMARANG PT. PERTA DAYA GAS**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik
Program Studi Diploma III
Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

Oleh:

Mohammad Fahmi Al Alam

NRP. 102115 0000 0020



Surabaya, Januari 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**PERENCANAAN SISTEM PEMELIHARAAN
MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE* PADA GAS ENGINE COMPRESSOR –
STUDI KASUS COMPRESSED NATURAL GAS PLANT
TAMBAK LOROK SEMARANG PT. PERTA DAYA GAS**

Nama Mahasiswa : Mohammad Fahmi Al Alam
NRP : 102115 0000 0020
Departemen : Teknik Mesin Industri FV ITS
Dosen Pembimbing : Dedy Zulhidayat Noor, S.T., M.T.,
Ph.D.

ABSTRAK

PT. Perta Daya Gas merupakan perusahaan *joint venture* yang dibentuk dan didirikan oleh PT. Pertamina Gas (Pertagas) dan PT. Indonesia Power (IP). PT. Perta Daya Gas mendirikan fasilitas *Compressed Natural Gas* (CNG) *Plant* Tambak Lorok yang bertujuan sebagai “*Peak Shaving*” untuk memenuhi kebutuhan beban puncak kelistrikan pada sub-sistem Jawa Tengah & Daerah Istimewa Yogyakarta yang berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Gas & Uap (PLTGU) Tambak Lorok yang dioperasikan oleh PT. Indonesia Power. CNG *Plant* Tambak Lorok merupakan fasilitas kompresi dan penyimpanan gas alam dalam bentuk CNG yang dikerjakan oleh 10 unit *Gas Engine Compressor* (GEC) identik untuk mengubah 20 – 24 bar menjadi 250 bar.

Mengingat pentingnya kinerja GEC, diperlukan langkah perawatan yang tepat. *Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan suatu strategi maintenance yang memberikan metode terstruktur dan sistematis untuk menganalisis fungsi dan kegagalan dari suatu aset fisik yang berfokus dalam mempertahankan fungsi aset tersebut. Proses penyusunannya terbagi menjadi 2 analisis yaitu kuantitatif dan kualitatif. Analisis kuantitatif dilakukan dengan

pendistribusian kegagalan dengan *software Reliasoft Weibull++6* untuk mengetahui parameter perhitungan nilai keandalan yang dapat digunakan dalam acuan interval perawatan tiap mesin. Analisis kualitatif menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* yang kemudian dikembangkan dalam bentuk *RCM Decision Worksheet*.

Dari analisis yang dilakukan, interval perawatan untuk menjaga nilai keandalan tidak turun di bawah 0.6 adalah 80 jam untuk GEC K-101, 260 jam untuk GEC K-102, 220 jam untuk GEC K-103, 240 jam untuk GEC K-104, 42 jam untuk GEC K-105, 150 jam untuk GEC K-106, 160 jam untuk GEC K-107, 240 jam untuk GEC K-108, 140 jam untuk GEC K-109 dan 130 jam untuk GEC K-110. Analisis kualitatif mengidentifikasi ada 69 *failure mode* pada *Gas Engine Compressor*. 67 *failure mode* dapat dicegah dengan *scheduled discard task* dan 2 *failure mode* dapat dicegah dengan *scheduled restoration task*.

Kata kunci: *Gas Engine Compressor, Perawatan, Keandalan, Reliability Centered Maintenance, FMEA*

**GAS ENGINE COMPRESSOR MAINTENANCE SYSTEM
PLANNING USING RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE - CASE STUDY OF COMPRESSED
NATURAL GAS PLANT TAMBAK LOROK SEMARANG
PT. PERTA DAYA GAS**

| | |
|------------|--|
| Name | : Mohammad Fahmi Al Alam |
| Student ID | : 102115 0000 0020 |
| Department | : Industrial Mechanical Engineering FV ITS |
| Advisor | : Dedy Zulhidayat Noor, S.T., M.T., Ph.D. |

ABSTRACT

PT. Perta Daya Gas is a joint venture company that formed and established by PT. Pertamina Gas (Pertagas) and PT. Indonesia Power (IP). PT. Perta Daya Gas itself establishes a Tambak Lorok Compressed Natural Gas (CNG) Plant that has a purpose as "Peak Shaving" of peak period to fulfill electrical demand on the sub-system of Jawa Tengah & Daerah Istimewa Yogyakarta. this electrical power comes from Tambak Lorok Steam and Gas Power Plant operated by PT. Indonesia Power. Tambak Lorok CNG Plant is a natural gas compression and storage facility in CNG form that performed by 10 units of identical Gas Engine Compressor (GEC). these GECs transform 20 - 24 bar of natural gas into 250 bar.

Given the importance of GEC function, it needs on-point maintenance work. Reliability Centered Maintenance (RCM) is a maintenance strategy that gives a structured and systematical method to analyze functions and failures of physical assets that focused to maintain its functions. there are 2 analyzing processes on RCM. these are qualitative analysis and quantitative analysis. quantitative analysis performed by failures distributing using

Reliasoft Weibull++6 software to determine the maintenance interval of GECs. Qualitative analysis using Failure Mode and Effect Analysis that later developed in the form of RCM Decision Worksheet.

The analysis processes give those proper maintenance intervals to maintain reliability value not goes under 0.6 are 80 hours for GEC K-101, 260 hours for GEC K-102, 220 hours for GEC K-103, 240 hours for GEC K-104, 42 hours for GEC K-105, 150 hours for GEC K-106, 160 hours for GEC K-107, 240 hours for GEC K-108, 140 hours for GEC K-109 and 130 hours for GEC K-110. the qualitative analysis identifies there are 69 failure modes on Gas Engine Compressor. 67 among those failure modes can be avoided by scheduled discard task and 2 of those can be avoided by scheduled restoration task.

Keyword: Gas Engine Compressor, Maintenance, Reliability, Reliability Centered Maintenance, FMEA

KATA PENGANTAR

Rahayu. Syukur Tugas Akhir yang berjudul “Perencanaan Sistem Pemeliharaan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* pada *Gas Engine Compressor* – Studi Kasus *Compressed Natural Gas Plant* Tambak Lorok Semarang PT. Perta Daya Gas” dapat terselesaikan. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya Teknik pada program diploma Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penelitian ini tidak akan dapat selesai tanpa bantuan dari semua pihak. Peneliti ucapan terima kasih untuk itu. Terima kasih:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas keadaan ini.
2. Kedua orang tua yang selalu peneliti repotkan tetapi tetap memberi dukungan.
3. Kedua kakak dan satu adik juga.
4. Saudara – saudara Bani Abdul Manan sebagai tempat kalibrasi diri.
5. Perempuan – perempuan yang telah bersedia mengembangkan sudut pandang dalam hidup.
6. Teman – teman Kolega Ngopi yang menemani selama hampir 2 tahun.
7. Teman – teman BEM ITS Kolaborasi yang selalu menggembirakan.
8. Teman – teman mahasiswa D3MITS yang selalu memberikan pengalaman – pengalaman unik.
9. Teman – teman pergerakan di mana pun kalian berada.
10. Teman – teman Coffee Paste sebagai teman dalam proses pencarian dan juga pengalamannya.
11. M. Fikri Fahmi selaku teman kos dan teman diskusi.

12. Rizal Azhari selaku partner dalam penelitian Tugas Akhir ini.
13. Semua teman – teman yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang bersedia menjadi variabel pengujian & pengembangan diri yang berdikari.
14. Pak Deddy Zulhidayat Noor, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing atas saran dan kritik dalam penelitian ini.
15. Pak Hendro Nurhadi, Dipl.ing, Ph.D. sebagai teman diskusi yang membuka wawasan baru.
16. Seluruh bapak dan ibu dosen Teknik Mesin Industri FV ITS dan seluruh ITS dalam bimbungannya.
17. Bapak Tutut Sandewan, M. Ari Mukhlasin, Mas Harry Iskandar dan seluruh pihak PT. Perta Daya Gas atas masukan dan bimbungannya dalam penelitian ini.
18. Seluruh makhluk tuhan dengan perannya masing – masing atas *Butterfly Effect* yang telah diberikan.

Penelitian ini tentunya tidaklah sempurna. Terdapat banyak hal yang bisa dikembangkan baik dalam proses penelitian maupun dalam penulisan laporan. Oleh karena itu, kritik dan saran dari semua pihak sangat dibutuhkan agar penelitian ini lebih baik. Salam.

Surabaya, 28 Desember 2019

Penulis,



Mohammad Fahmi Al Alam

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI | v |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | vii |
| ABSTRAK..... | ix |
| ABSTRACT..... | xi |
| KATA PENGANTAR | xiii |
| DAFTAR ISI..... | xv |
| DAFTAR GAMBAR | xvii |
| DAFTAR TABEL..... | xix |

BAB I PENDAHULUAN

| | |
|-----------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| 1.5 Batasan Masalah..... | 4 |

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

| | |
|--|----|
| 2.1 Alur Proses CNG <i>Plant</i> Tambak Lorok..... | 5 |
| 2.2 <i>Gas Engine Compressor</i> | 7 |
| 2.3 Perawatan | 12 |
| 2.4 Keandalan..... | 13 |
| 2.5 <i>Reliability Centered Maintenance</i> | 15 |
| 2.6 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> | 25 |
| 2.7 Distribusi Data Waktu Kegagalan | 31 |
| 2.8 Pengaruh <i>Preventive Maintenance</i> Terhadap Keandalan | 34 |

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

| | |
|---|----|
| 3.1 Diagram Alir Penelitian..... | 39 |
| 3.2 Deskripsi Diagram Alir Penelitian | 40 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHSAN | |
| 4.1 Analisis Kuantitatif..... | 47 |
| 4.2 Analisis Kualitatif..... | 74 |
| 4.2 RCM Desicion Worksheet | 74 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 5.1 Kesimpulan..... | 75 |
| 5.2 Saran..... | 78 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|------------|---|----|
| Gambar 1.1 | Skema Bisnis PT. Perta Daya Gas | 1 |
| Gambar 2.1 | Lay Out CNG Plant Tambak Lorok | 5 |
| Gambar 2.2 | Alur Proses CNG Plant | 6 |
| Gambar 2.3 | Gas Engine Compressor..... | 7 |
| Gambar 2.4 | Kwangshin CNG Compressor..... | 8 |
| Gambar 2.5 | Daewoo <i>Gas Engine</i> GV222TIC | 10 |
| Gambar 2.6 | Grafik Keandalan Sistem dengan <i>Preventive Maintenance</i> untuk <i>increasing failure rate</i> | 36 |
| Gambar 2.7 | Grafik Keandalan Sistem dengan <i>Preventive Maintenance</i> untuk <i>decreasing failure rate</i> | 37 |
| Gambar 3.1 | Diagram Alir Penelitian | 40 |
| Gambar 3.2 | <i>Input</i> Nilai TTF..... | 42 |
| Gambar 3.3 | Parameter uji AVGOF, AVPLOT dan LKV | 43 |
| Gambar 3.4 | Tampilan peringkat distribusi pada | 44 |
| Gambar 3.5 | Tampilan parameter distribusi | 44 |
| Gambar 4.1 | Grafik keandalan GEC K-101 terhadap waktu operasional | 48 |
| Gambar 4.2 | Grafik perbandingan nilai keandalan GEC K-101 | 49 |
| Gambar 4.3 | Grafik keandalan GEC K-102 terhadap waktu operasional | 51 |
| Gambar 4.4 | Grafik perbandingan nilai keandalan GEC K-102..... | 52 |
| Gambar 4.5 | Grafik keandalan GEC K-103 terhadap waktu operasional | 53 |
| Gambar 4.6 | Grafik perbandingan nilai keandalan GEC K-103..... | 54 |
| Gambar 4.7 | Grafik keandalan GEC K-104 terhadap waktu operasional | 56 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 4.8 | Grafik perbandingan nilai keandalan GEC K-104..... | 57 |
| Gambar 4.9 | Grafik keandalan GEC K-105 terhadap waktu operasional | 58 |
| Gambar 4.10 | Grafik perbandingan nilai keandalan GEC K-105..... | 59 |
| Gambar 4.11 | Grafik keandalan GEC K-106 terhadap waktu operasional | 61 |
| Gambar 4.12 | Grafik perbandingan nilai keandalan GEC K-106..... | 62 |
| Gambar 4.13 | Grafik keandalan GEC K-107 terhadap waktu operasional | 63 |
| Gambar 4.14 | Grafik perbandingan nilai keandalan GEC K-107..... | 64 |
| Gambar 4.15 | Grafik keandalan GEC K-108 terhadap waktu operasional | 66 |
| Gambar 4.16 | Grafik perbandingan nilai keandalan GEC K-108..... | 67 |
| Gambar 4.17 | Grafik keandalan GEC K-109 terhadap waktu operasional | 68 |
| Gambar 4.18 | Grafik perbandingan nilai keandalan GEC K-109..... | 69 |
| Gambar 4.19 | Grafik keandalan GEC K-110 terhadap waktu operasional | 71 |
| Gambar 4.20 | Grafik perbandingan nilai keandalan GEC K-110..... | 72 |
| Gambar 4.21 | Grafik perbandingan nilai keandalan GEC..... | 72 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|--|----|
| Tabel 2.1 | Spesifikasi <i>Compressor</i> Kwangshin GEO-A101 | 9 |
| Tabel 2.2 | Spesifikasi Daewoo Gas Engine GV222TIC | 11 |
| Tabel 4.1 | Data Pengujian Distribusi TTF GEC K-101 | 47 |
| Tabel 4.2 | Data Pengujian Distribusi TTF GEC K-102 | 50 |
| Tabel 4.3 | Data Pengujian Distribusi TTF GEC K-103 | 52 |
| Tabel 4.4 | Data Pengujian Distribusi TTF GEC K-104 | 55 |
| Tabel 4.5 | Data Pengujian Distribusi TTF GEC K-102 | 57 |
| Tabel 4.6 | Data Pengujian Distribusi TTF GEC K-106 | 60 |
| Tabel 4.7 | Data Pengujian Distribusi TTF GEC K-107 | 62 |
| Tabel 4.8 | Data Pengujian Distribusi TTF GEC K-108 | 65 |
| Tabel 4.9 | Data Pengujian Distribusi TTF GEC K-109 | 67 |
| Tabel 4.10 | Data Pengujian Distribusi TTF GEC K-110 | 70 |
| Tabel 4.11 | Nilai keandalan GEC pada t = 250 jam | 73 |

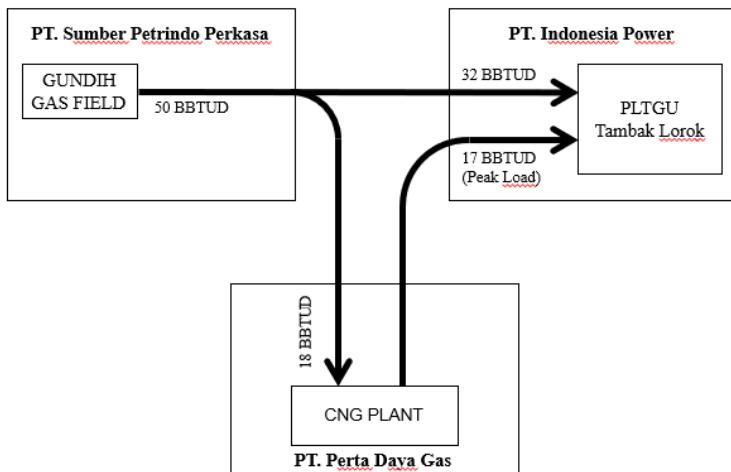
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Perta Daya Gas merupakan perusahaan *joint venture* yang dibentuk dan didirikan oleh PT. Pertamina Gas (Pertagas) dan PT. Indonesia Power (IP). PT. Perta Daya Gas mendirikan fasilitas *Compressed Natural Gas (CNG) Plant* Tambak Lorok dengan skema *Built, Operate & Own (BOO)*, yang bertujuan sebagai “*Peak Shaving*” untuk memenuhi kebutuhan beban puncak sistem kelistrikan Jawa - Bali khususnya pada sub-sistem Jawa Tengah & Daerah Istimewa Yogyakarta yang berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Gas & Uap (PLTGU) Tambak Lorok yang dioperasikan oleh PT. Indonesia Power. *Peak Shaving* dilakukan dengan cara menyimpan sebagian gas yang dialirkan dari sumber, untuk digunakan selama beban puncak yaitu pukul 16.00 WIB hingga pukul 22.00 WIB.



Gambar 1.1 Skema Bisnis PT. Perta Daya Gas

CNG *Plant* Tambak Lorok ini merupakan fasilitas kompresi dan penyimpanan gas alam dalam bentuk CNG dengan kapasitas 17 BBTU per hari. Gas alam milik IP berasal dari PT Sumber Petindo Perkasa (SPP) sebagai pemilik pipa gas Gundih – Semarang dan PT Pertamina EP sebagai Kontraktor Kontrak Kerja Sama (KKKS) Lapangan Gundih, Cepu. CNG *Plant* ini juga merupakan bagian dari penugasan PT Perusahaan Listrik Negara – PLN (Persero) kepada PT Indonesia Power dalam rangka menghapus pemakaian Bahan Bakar Minyak (BBM) di pembangkit listrik.

Salah satu *equipment* terpenting pada CNG *Plant* Tambak Lorok ini adalah *Gas Engine Compressor* (GEC) yang fungsi utamanya adalah untuk memampatkan gas yang nantinya akan disimpan untuk pasokan PLTGU Tambak Lorok. Untuk menunjang target 17 BBTU per hari, CNG *Plant* Tambak Lorok ini mempunyai 10 Unit GEC yang bertugas untuk memampatkan gas dari 20 – 24 bar menjadi 250 bar. Karena pentingnya fungsi dari GEC terhadap CNG *Plant* Tambak Lorok, perlu adanya perawatan yang baik untuk mempertahankan fungsi dan *reliability* dari GEC ini. Dan salah satu caranya adalah menggunakan strategi *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

RCM merupakan suatu strategi maintenance yang memberikan metode terstruktur dan sistematis untuk menganalisis fungsi dan kegagalan dari suatu aset fisik yang berfokus dalam mempertahankan fungsi aset tersebut. RCM bersifat *continuous* dan *on going process* yang berarti RCM dapat diulang untuk mendapatkan strategi untuk meningkatkan *reliability* yang lebih tinggi lagi dari aset tersebut. Penerapan RCM dapat menampilkan sebuah kerangka kerja perawatan yang lebih efisien, aplikatif dan mampu menyajikan pilihan terbaik dalam penyesuaian atau pengembangan model pemeliharaan yang optimal berdasarkan informasi dari kondisi empiris yang ada.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah:

- a. Bagaimana cara menentukan interval perawatan yang optimal dari *Gas Engine Compressor CNG Plant* Tambak Lorok berdasarkan data perawatan yang ada.
- b. Bagaimana cara menentukan kegiatan perawatan yang tepat pada *Gas Engine Compressor CNG Plant* Tambak Lorok menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah yang telah dirumuskan, tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Menentukan interval perawatan yang optimal dari *Gas Engine Compressor CNG Plant* Tambak Lorok berdasarkan data perawatan yang ada.
- b. Menentukan kegiatan perawatan yang tepat pada *Gas Engine Compressor CNG Plant* Tambak Lorok menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian tugas akhir ini berupa rekomendasi kegiatan perawatan *Gas Engine Compressor CNG Plant* Tambak Lorok kepada PT. Perta Daya Gas. Penelitian ini juga bisa diakses oleh masyarakat umum guna menambah referensi dalam pembuatan kegiatan perawatan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

1.5 Batasan Masalah

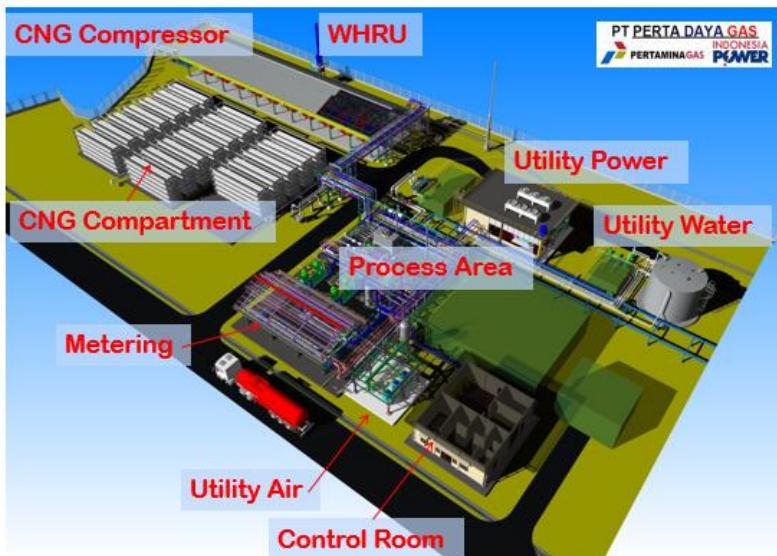
Untuk membuat penelitian ini menjadi terarah, maka ditentukan batasan masalah, antara lain:

1. Data diambil dari laporan kerusakan PT. Perta Daya Gas untuk *Gas Engine Compressor* dalam kurun waktu Januari 2016 hingga September 2019.
2. Analisis kuantitatif dilakukan pada setiap unit *Gas Engine Compressor* yang berjumlah 10 unit yang memiliki *tag number* K-101, K-102, K-103, K-104, K-105, K-106, K-107, K-108, K-109 dan K-110.
3. Analisis Kualitatif diimplementasikan kepada seluruh mesin karena mesin yang identik satu sama lain.
4. RCM *Decision Worksheet* diimplementasikan pada tingkatan *Gas Engine Compressor* pada 10 unit yang identik.

BAB II

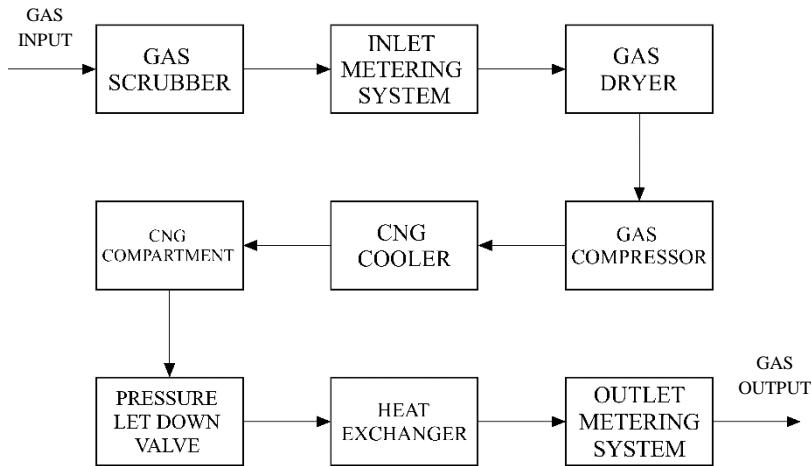
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Alur Proses CNG Plant Tambak Lorok



Gambar 2.1 Lay Out CNG Plant Tambak Lorok

Compressed Natural Gas Plant Tambak Lorok merupakan *plant* yang dimiliki dan dioperasikan oleh PT. Perta Daya Gas. CNG *Plant* Tambak Lorok ini berdiri dengan tujuan sebagai *peak shaving* beban kebutuhan listrik yang diproduksi oleh Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Tambak Lorok pada pukul 16.00 WIB hingga 22.00 WIB. CNG *Plant* Tambak Lorok bertugas untuk memampatkan gas yang berasal dari Gundih *Gas Field* lalu disimpan yang nantinya akan di salurkan ke PLTGU Tambak Lorok yang dioperasikan oleh PT. Indonesia Power.

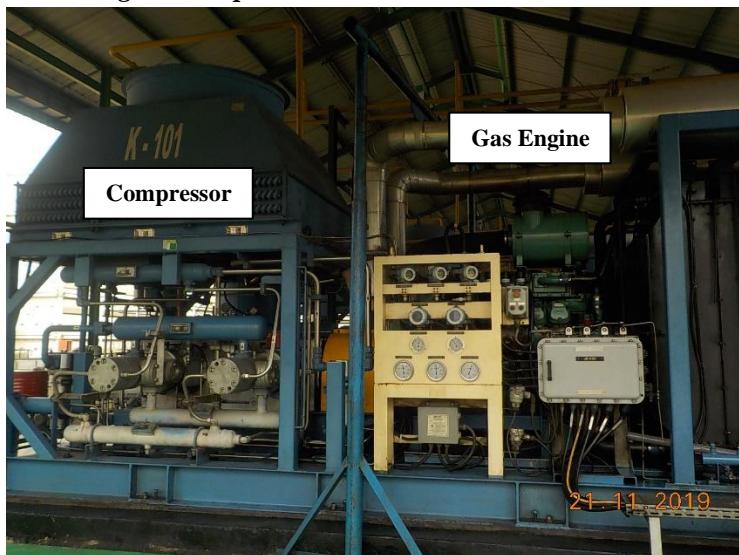


Gambar 2.2 Alur Proses CNG Plant

Proses dari CNG *Plant* Tambak Lorok dimulai saat gas bertekanan 20 – 24 bar masuk ke *Gas Scrubber* yang berfungsi untuk menyaring gas dari kotoran untuk menjaga kemurnian kandungan gas. Setelah itu gas akan menuju *Gas Dryer*. Selain untuk mengeringkan kelembaban dari gas, *Gas Dryer* juga menyerap Hidrogen Sulfida (H_2S) yang selanjutnya akan masuk ke *Gas Engine Compressor*. Pada proses ini, gas akan dimampatkan sampai ke tekanan 250 bar, ini ditujukan agar gas bisa disimpan. Dengan peningkatan setinggi itu, otomatis temperatur gas juga akan naik. Maka dari itu, gas yang sudah dimampatkan (CNG) akan masuk ke dalam CNG *cooler* untuk mendinginkan temperatur CNG tanpa menurunkan tekanannya. Setelah itu, *Compressed Gas* akan di simpan di dalam CNG *Compartement*. Pada saat PLTGU Tambak Lorok membutuhkan *supply* dari PT. Perta Daya Gas, Gas yang disimpan di CNG *Compartement* akan dialirkan ke *Pressure Let*

Down Valve untuk menurunkan kembali tekanan *Gas* menjadi 20 – 24 bar sesuai spesifikasi yang diminta oleh PT. Indonesia Power. Selanjutnya, *Gas* juga akan dipanaskan kembali sesuai spesifikasi menggunakan *Heat Exchanger* yang berasal dari *exhaust Gas Engine Compressor*. Terakhir, *Gas* akan dialirkan ke *Outlet Metering* untuk pengecekan terakhir sebelum dialirkan ke PLTGU Tambak Lorok.

2.2 *Gas Engine Compressor*



Gambar 2.3 *Gas Engine Compressor*

Gas Engine Compressor (GEC) pada dasarnya adalah 2 mesin, yaitu *Compressor* yang digerakkan oleh *Gas Engine*. Kedua mesin tersebut digabungkan menjadi satu kesatuan yang disebut *Gas Engine Compressor*. Pada CNG Plant Tambak Lorok ini terdapat 10 unit GEC yang beroperasi selama 18 jam setiap hari pada pukul

22.00 – 16.00 WIB. GEC pada CNG *Plant* Tambak Lorok ini berfungsi untuk memampatkan *Natural Gas* yang berasal dari Gundih *Gas Field* dengan tekanan 20 – 24 bar menjadi 250 bar sebelum di simpan ke dalam CNG *Compartement*. Setiap harinya, 10 unit GEC ini memampatkan 17 BBTU *Natural Gas*.

2.2.1 Compressor

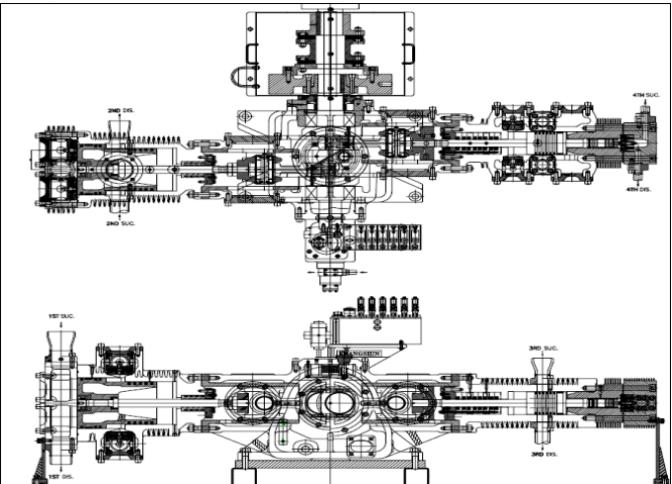
Compressor adalah alat mekanik yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan fluida gas dengan cara memampatkan volume dari gas tersebut. Secara garis besar terdapat 2 jenis *Compressor* yaitu *Positive Displacement Compressor* yang terdapat *Reciprocating Compressor* dan *Rotary Compressor*, lalu yang kedua yaitu *Dynamic Compressor* yang terdapat *Centrifugal Compressor* dan *Axial Compressor*. *Compressor* yang digunakan oleh PT. Perta Daya Gas adalah *Dual-Acting Reciprocating Compressor*.



Gambar 2.4 Kwangshin CNG Compressor

Lebih spesifik lagi, CNG *Plant* Tambak Lorok menggunakan *Compressor* merek Kwangshin dengan seri GEO-A101. *Compressor* ini berkapasitas 200 – 1500 Nm³/hari dan memerlukan 50 – 150 Hp untuk menggerakkannya. Lebih detailnya, spesifikasi *Compressor* bisa dilihat pada tabel di bawah.^[1]

Tabel 2.1 Spesifikasi *Compressor* Kwangshin GEO-A101



| | |
|---------------------------|---------------------|
| <i>Number of throws</i> | 1/2 |
| <i>Stroke (mm)</i> | 80 |
| <i>RPM (max)</i> | 1,800 |
| <i>Piston Speed (m/s)</i> | 4,8 |
| <i>Hp / Throw</i> | 75 |
| <i>Rod Load (kg)</i> | 4,800 |
| <i>Main Diameter (mm)</i> | 90 |
| <i>Rod Diameter (mm)</i> | 30 |
| <i>Crank Shaft</i> | <i>Forget Steel</i> |
| <i>Connecting Rod</i> | <i>Forget Steel</i> |
| <i>Cross Head</i> | <i>Cast Steel</i> |

2.2.2 Gas Engine

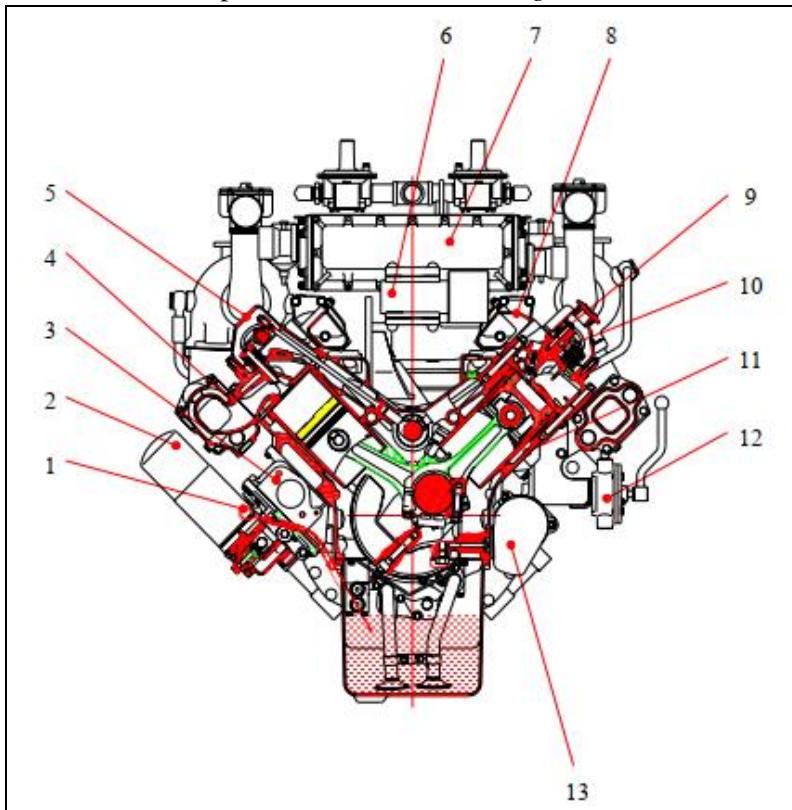
Gas Engine merupakan *internal combustion engine* yang bahan bakar utamanya adalah gas alami atau *natural gas*. Cara kerjanya mirip dengan *Internal Combustion Engine* yang lain. *Natural Gas* yang sudah diatur sesuai dengan spesifikasi mesin dimasukkan ke dalam ruang bakar. Lalu dipantik menggunakan busi agar terjadi ledakan untuk menggerakkan mesin.



Gambar 2.5 Daewoo *Gas Engine* GV222TIC

Pada PT. Perta Daya Gas, *Gas Engine* yang digunakan bermerek Daewoo *Natural Gas Engine* dengan seri GV222TIC. *Gas Engine* tersebut digunakan untuk menggerakkan *Compressor* yang merupakan bagian terpenting dari seluruh CNG Plant Tambak Lorok. Spesifikasinya sebagai berikut:^[2]

Tabel 2.2 Spesifikasi Daewoo Gas Engine GV222TIC



The diagram illustrates a cross-section of a V-engine, specifically a Daewoo Gas Engine GV222TIC. The engine features a central cylinder block with two cylinder heads mounted on top. Various mechanical and cooling components are visible, including the intake manifold, exhaust manifold, oil filter, oil cooler, cylinder head covers, and an intercooler. Red lines extend from numbered callouts at the bottom of the page to specific parts of the engine diagram, identifying them.

| | | | |
|---|----------------------------|----|------------------------|
| 1 | <i>Oil Level Gauge</i> | 8 | <i>Intake Manifold</i> |
| 2 | <i>Oil Filter</i> | 9 | <i>Spark Plug</i> |
| 3 | <i>Oil Cooler</i> | 10 | <i>Cylinder Head</i> |
| 4 | <i>Exhaust Manifold</i> | 11 | <i>Cylinder Block</i> |
| 5 | <i>Cylinder Head Cover</i> | 12 | <i>Oil Drain Pump</i> |
| 6 | <i>Throttle Valve</i> | 13 | <i>Starting Motor</i> |
| 7 | <i>Intercooler</i> | | |

| | | |
|---|---|----------------------------|
| <i>Engine type</i> | <i>Water-cooled, 4 cycle Vee type Turbo charged & intercooled</i> | |
| <i>Ignition system</i> | <i>Spark plug ignition</i> | |
| <i>Used fuel</i> | <i>NG(natural gas)</i> | |
| <i>Fuel supply system</i> | <i>Venturi mixer throttle valve type</i> | |
| <i>Timing gear system</i> | <i>Gear driven type</i> | |
| <i>No. of piston ring</i> | <i>2 Compression ring, 1 oil ring</i> | |
| <i>Compression ratio</i> | <i>10.5 : 1</i> | |
| <i>Engine control system</i> | <i>ECM(engine control module) type</i> | |
| <i>Compression pressure (kg/cm²)</i> | <i>16 (at 200 rpm)</i> | |
| <i>Engine Power</i> | <i>50 Hz (1500 rpm)</i> | <i>315 kW (428 PS)</i> |
| | <i>60 Hz (1800 rpm)</i> | <i>369 kW (502 PS)</i> |

2.3 Perawatan

Perawatan atau yang lebih dikenal dengan kata *maintenance* dapat didefinisikan sebagai suatu aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau untuk mempertahankan kualitas pemeliharaan suatu fasilitas agar fasilitas tersebut tetap dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi siap pakai. *Maintenance* merupakan kegiatan pendukung produksi yang sangat dibutuhkan guna mencegah atau mengurangi terjadinya kerusakan pada suatu alat produksi. *Maintenance* dapat dipandang sebagai bayangan dari sistem produksi, di mana apabila sistem produksi beroperasi dengan kapasitas yang sangat tinggi, maka perawatan akan menjadi lebih intensif (Sudrajat, 2011).^[3]

Menurut Wang dan Pham (2006), secara garis besar *Maintenance* dikelompokkan menjadi dua yaitu, *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*.^[4]

2.3.1 Preventive Maintenance

Preventive Maintenance (PM) adalah kegiatan yang terjadwal secara teratur untuk melakukan perawatan pada komponen dan perlengkapan untuk mencegah kerusakan. Terdiri dari inspeksi yang terjadwal, pembersihan pelumasan, perbaikan komponen sampai penggantian suku cadang. PM merupakan tindakan perawatan yang berbasis waktu sesuai jadwal. PM dapat mengurangi frekuensi *breakdown* dan perbaikan, membuat penjadwalan dalam hal *scheduling parts*, para pekerja, dan proses operasi, dan dapat mempermudah mengestimasi biaya pemeliharaan (berdasarkan jadwal).^[4]

2.3.2 Corrective Maintenance

Corrective maintenance (CM) merupakan kegiatan pemeliharaan atau perawatan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan. Perawatan ini dilakukan karena terdapat kinerja sistem yang tidak sesuai dengan standar yang ada. CM bertujuan untuk mengembalikan performa dan standar kinerja dari suatu komponen atau sistem ke kondisi semula.^[4]

2.4 Keandalan

Keandalan atau *Reliability* adalah probabilitas dari suatu item untuk dapat melaksanakan fungsi yang telah ditetapkan pada kondisi pengoperasian dan lingkungan tertentu untuk periode waktu yang ditentukan.^[5] Keandalan suatu item tentu sangat berpengaruh besar dalam kinerja sebuah sistem maupun sub-sistem yang ada.

Probabilitas pada keandalan adalah kaitan suatu laju kegagalan dari sistem atau komponen berdasarkan fungsi waktu. Kegagalan / *failure* dapat didefinisikan sebagai ketidakmampuan suatu komponen untuk menjalankan fungsinya pada suatu sistem. Jadi,

keandalan merupakan salah satu aspek yang dapat mempengaruhi keberhasilan proses produksi.

Secara umum terdapat dua metode yang dikembangkan untuk melakukan evaluasi keandalan suatu sistem, yaitu:

a. Metode Kuantitatif

Metode kuantitatif merupakan metode analisis berupa perhitungan secara matematik yang dilakukan melalui pendekatan / distribusi numerik. Metode ini dilakukan melalui perolehan data sekunder berupa data *maintenance (equipment record)* terhadap waktu kegagalan (*time to failure*) di mana *time to failure* didefinisikan sebagai waktu yang dilalui komponen saat mulai beroperasi sampai mengalami kegagalan dan waktu perbaikan (*time to repair*) yaitu waktu perbaikan yang diperlukan oleh komponen agar dapat berfungsi kembali. *Time to failure* dan *time to repair* komponen mengikuti beberapa distribusi kegagalan yang telah dikenal antara lain distribusi normal, lognormal, eksponensial, weibull.^[6]

b. Metode Kualitatif

Metode kualitatif merupakan metode analisis melalui perspektif praktis dari suatu masalah. Untuk merancang metode kualitatif dengan baik, harus menggunakan pola pendekatan kualitatif juga. Contohnya mode dan dampak kegagalan, seperti *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), *Failure Mode, Effect and Criticality Analysis* (FMECA), *Fault Tree Analysis* (FTA). Analisis kualitatif ini digunakan untuk menganalisis sistem untuk dicari jenis kegiatan yang paling efektif ditinjau dari segi bentuk kegagalan.^[7]

2.5 Reliability Centered Maintenance

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan suatu strategi *maintenance* yang memberikan metode terstruktur dan sistematis untuk menganalisis fungsi dan kegagalan dari suatu aset fisik yang berfokus pada mempertahankan fungsi aset tersebut. RCM digunakan untuk mengembangkan suatu rencana perawatan dengan tingkatan risiko tertentu secara efektif dan efisien.^[8]

Konsep dasar dari metode RCM ini adalah mempertahankan fungsi dari salah satu sistem, sehingga segala upaya perawatan yang dilakukan adalah untuk menjaga agar sistem tetap berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Manajemen perawatan ini tidak hanya memanfaatkan rekomendasi vendor saja tapi juga melibatkan analisis keandalan (*reliability*). Hasil yang diharapkan dalam pengimplementasian RCM ke dalam manajemen perawatan adalah untuk mendapatkan suatu strategi perawatan yang optimum.^[9] Sehingga, dampak yang diharapkan adalah peningkatan *Reliability* agar mesin dapat berfungsi dengan lama dengan hasil yang mampu dipertahankan kualitasnya. Dan secara ekonomis, biaya untuk perawatan bisa ditekan.

2.5.1 Tujuan RCM

Sesuai uraian di atas, secara garis besar tujuan dari penggunaan RCM adalah:

- a. Mengembangkan sistem perawatan yang dapat menambah umur komponen agar dapat terus digunakan dengan baik
- b. Meningkatkan keamanan dan keselamatan lingkungan
- c. Memperoleh data dan informasi untuk mengembangkan desain sebuah sistem.

2.5.2 Tinjauan RCM

Penelitian tentang RCM pada umumnya meninjau 7 pertanyaan mengenai aset atau peralatan yang diteliti Andrews JD sebagai berikut :

- a. Apakah fungsi dan kegunaan aset dalam unit operasi? (*system functions*)
- b. Bagaimana aset tersebut mengalami kegagalan dalam menjalankan fungsinya? (*functional failure*)
- c. Apa yang menyebabkan terjadinya kegagalan fungsi tersebut? (*failure modes*)
- d. Apakah yang terjadi pada saat terjadi kerusakan? (*failure effect*)
- e. Bagaimana masing-masing kerusakan tersebut terjadi? (*failure consequence*)
- f. Apakah yang dapat dilakukan dalam memprediksi atau mencegah kerusakan tersebut? (*proactive task and task interval*)
- g. Apakah yang harus dilakukan apabila terjadi kegagalan? (*default action*)

2.5.3 Langkah – Langkah Penerapan RCM

Adapun langkah-langkah penerapan RCM adalah:

1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi (*System Selection and Information Collection*)

Pemilihan sistem dapat didasarkan pada beberapa aspek kriteria yaitu:

- a. Sistem yang berkaitan dengan masalah keselamatan (*safety*) dan lingkungan.
- b. Sistem yang memiliki biaya dan tindakan yang tinggi.
- c. Sistem yang memiliki kontribusi yang besar atas terjadinya *shutdown*.

Sedangkan dokumen atau informasi yang dibutuhkan dalam analisis RCM antara lain:

- a. *Piping & Instrumentation Diagram (P&ID)*, merupakan ilustrasi skematis dari hubungan fungsi antara perpipaan, instrumentasi, komponen peralatan dan sistem.
- b. *Vendor manual*, yaitu berupa dokumen data dan informasi mengenai desain dan operasi tiap peralatan dan komponen.
- c. *Equipment History*, yaitu kumpulan data kegagalan (*failure*) komponen dan peralatan dengan data *corrective maintenance* yang pernah digunakan.

2. Menentukan Batas Sistem (*System Boundary*)

Dalam suatu fasilitas produksi atau pabrik, jumlah sistem yang tersedia sangat banyak. Oleh karena itu perlu dilakukan definisi batas sistem. Hal ini dilakukan untuk menjelaskan batasan-batasan suatu sistem yang akan dianalisis dengan RCM sehingga semua fungsi dapat diketahui dengan jelas. Penentuan *System boundary* yang baik dan benar akan menjamin keakuratan proses analisis sistem.

3. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

FMEA adalah proses mengidentifikasi kegagalan dari suatu komponen yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi dari sistem. FMEA meliputi pengidentifikasiannya yaitu:

- a. *Failure Cause*: penyebab terjadinya *failure mode*
- b. *Failure effect*: dampak yang ditimbulkan *failure mode*, *failure effect* ini dapat ditinjau dari 3 sisi level yaitu:
 1. Komponen / *local*
 2. Sistem
 3. *Plant*

Untuk penjelasan yang lebih detail, FMEA akan dijelaskan pada bagian yang lain.

4. Penyusunan *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Penyusunan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan proses yang kualitatif yang digunakan untuk mengetahui konsekuensi yang ditimbulkan oleh masing – masing *failure mode*. Tujuan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah mengklasifikasikan *failure mode* ke dalam beberapa kategori sehingga nantinya dapat ditentukan penanganan masing - masing *failure mode* berdasarkan kategorinya.^[10] Proses RCM mengklasifikasikan konsekuensi kegagalan sebagai berikut:^[11]

a. *Hidden Failure Consequence*

Kondisi ini terjadi apabila konsekuensi kegagalan yang terjadi dapat diketahui oleh operator dalam kondisi normal.

b. *Safety Consequence*

Kegagalan yang apabila terjadi, konsekuensinya dapat melukai, membahayakan atau bahkan membunuh seseorang.

c. *Environmental Consequence*

Kegagalan mempunyai konsekuensi lingkungan. Apabila kegagalan yang terjadi dapat melanggar peraturan atau standar lingkungan perusahaan, wilayah, nasional atau internasional.

d. *Operational Consequence*

Kegagalan mempunyai konsekuensi operasional. Apabila kegagalan yang terjadi dapat mempengaruhi kapabilitas operasional seperti hasil produksi, kualitas produksi, kepuasan pelanggan, dan biaya tambahan dalam perbaikan.

Selanjutnya RCM memusatkan perhatian kepada aktivitas perawatan atau *maintenance task* yang berpengaruh untuk mencegah atau mengatasi setiap *failure mode* yang terjadi. Teknik menangani kegagalan dibagi menjadi dua yaitu *proactive task* dan *default action*.

Proactive task merupakan pekerjaan yang dilakukan sebelum terjadinya kegagalan untuk mencegah peralatan masuk dalam keadaan gagal. RCM membagi *proactive task* ke dalam tiga kelompok berikut:

- a. *Scheduled restoration task*, mencakup kegiatan rekondisi untuk mengembalikan kemampuan asal atau melakukan *overhaul* pada saat atau sebelum batas umur yang telah ditetapkan tanpa memandang kondisi komponen pada saat perbaikan. Kegiatan ini mencakup bentuk *interval based maintenance* dan *preventive maintenance*. Aktivitas perawatan ini dapat digunakan jika suatu komponen memenuhi keadaan – keadaan berikut:
 1. Terdapat umur komponen yang dapat diidentifikasi di mana suatu komponen mengalami peningkatan yang cepat pada *probability of failure*.
 2. Dapat dilakukan penggantian komponen dengan komponen baru untuk menanggulangi kegagalan yang terjadi.
- b. *Scheduled discard task*, mencakup kegiatan untuk mengganti komponen dengan komponen baru pada saat atau sebelum batas umur yang telah ditetapkan atau sesuai interval waktu tertentu tanpa memandang kondisi komponen saat penggantian. Aktivitas perawatan ini dapat digunakan jika suatu komponen memenuhi keadaan-keadaan berikut:

1. Terdapat umur komponen yang dapat diidentifikasi di mana suatu komponen mengalami peningkatan yang cepat pada *probability of failure*.
 2. Perlu dilakukan penggantian komponen dengan komponen baru untuk menanggulangi kegagalan yang terjadi.
- c. *Scheduled on condition task*, mencakup kegiatan pengecekan sehingga dapat dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan konsekuensi kegagalan yang terjadi. Kegiatan ini mencakup semua bentuk *condition monitoring* dan *predictive maintenance*. Aktivitas perawatan ini dapat digunakan jika suatu komponen memenuhi keadaan-keadaan berikut:
1. Suatu komponen dapat dideteksi potensi kegagalannya dengan jelas.
 2. Dapat dilakukan *monitoring* pada komponen.

Selanjutnya, *default action* adalah aktivitas yang dilakukan pada saat peralatan sudah masuk dalam keadaan gagal dan dipilih ketika tidak ditemukan *proactive task* yang efektif atau dengan kata lain perawatan atau penggantian baru dilakukan ketika komponen tersebut telah rusak. RCM membagi tiga kategori besar untuk *default action* yaitu sebagai berikut:

- a. *Failure Finding*, termasuk memeriksa fungsi tersembunyi untuk mengetahui apakah fungsi sudah mengalami kegagalan. Aktivitas ini hampir sama dengan *on condition task*, namun dilakukan saat sistem tersebut sudah gagal berfungsi. Aktivitas perawatan ini dapat digunakan jika suatu komponen memenuhi keadaan-keadaan berikut:

1. Terdapat kemungkinan untuk dilakukan aktivitas perawatan.
 2. Aktivitas perawatan tidak meningkatkan risiko *multiple failure*.
- b. *Redesign*, mencakup perubahan dari kemampuan suatu sistem. Termasuk di dalamnya adalah modifikasi terhadap peralatan atau prosedur kerja. Aktivitas perawatan *redesign* dapat dilakukan dengan cara mengganti spesifikasi komponen, menambahkan komponen baru, mengganti mesin dengan tipe yang lain atau melakukan relokasi mesin.
- c. *No schedule maintenance*, tidak melakukan apa pun untuk mengantisipasi atau mencegah modus kegagalan yang terjadi, dan kegagalan dibiarkan terjadi baru kemudian diperbaiki. Keadaan ini disebut juga dengan *run to failure*. Aktivitas perawatan ini dapat digunakan jika suatu komponen memenuhi keadaan-keadaan berikut:
1. Tidak dapat ditemukan *scheduled task* yang sesuai dan kegagalan tidak memiliki konsekuensi keamanan dan lingkungan.
 2. Biaya *preventive task* lebih besar daripada biaya jika komponen tersebut mengalami kegagalan.

2.5.4 RCM Decision Worksheet

RCM *Decision Worksheet* adalah sebuah lembar kerja yang digunakan dalam melakukan *record* jawaban dari pertanyaan yang muncul pada RCM *Decision Diagram*. RCM *Decision Diagram* digunakan untuk mengevaluasi konsekuensi serta menganalisis dan menentukan maintenance *task* yang tepat. Informasi yang didapat dari RCM II *Decision Diagram* akan digunakan sebagai acuan

teknis pelaksanaan aktivitas perawatan yang tepat yang kemudian informasi tersebut dimasukkan dalam RCM *Decision Worksheet*. RCM Decision Diagram yang dapat dilihat pada Lampiran I. RCM *Decision Worksheet* ditunjukkan pada tabel 2.3 di bawah:^[12]

Tabel 2.3 RCM II *Decision Worksheet*

| RCM II Decision Worksheet | | | | | | | System: | | | | | | |
|------------------------------|----|----|---------------------------|---|---|---|-------------|----|----|-------------------|----|----|---------------|
| | | | | | | | Sub-system: | | | | | | |
| Information Reference | | | Consequence Evaluation | | | | H1 | H2 | H3 | Default Action | | | Proposed Task |
| | | | | | | | S1 | S2 | S3 | | | | |
| | | | | | | | O1 | O2 | O3 | | | | |
| F | FF | FM | H | S | E | O | N1 | N2 | N3 | H4 | H5 | S4 | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

RCM II *Decision Worksheet* memuat informasi dari *Information reference*, *Consequence Evaluation*, *Failure Management Techniques*, *Default Action* dan *Proposed Task*. Berikut ini adalah penjelasan dari kolom – kolom dari RCM II Decision Worksheet.

1. *Information Reference*

Kolom ini berisi informasi yang menunjukkan bagian RCM *Information Worksheet* yang dianalisis meliputi *Failure* (F), *Functional Failure* (FF) dan *Failure Mode* (FM).

2. Consequence Evaluation

Evaluasi konsekuensi kegagalan atau dampak yang ditimbulkan terhadap sistem. Terdapat beberapa konsekuensi atau dampak yang ditimbulkan, yaitu:

a. *Hidden Failure (H)*

Suatu *failure mode* digolongkan dalam *hidden failure consequences* apabila *failure mode* yang terjadi tidak dapat diketahui operator dalam kondisi normal.

b. *Safety (S)*

Suatu *failure mode* digolongkan dalam *safety consequences* apabila *failure mode* yang terjadi dapat melukai, membahayakan, atau bahkan membunuh manusia.

c. *Environment (E)*

Suatu *failure mode* digolongkan dalam *environment consequences* apabila *failure mode* yang terjadi berdampak pada lingkungan.

d. *Operational (O)*

Suatu *failure mode* digolongkan dalam *operational consequences* apabila *failure mode* mempengaruhi produksi seperti *output*, kualitas produk, *customer service* dan biaya operasional dalam hal biaya *repair* langsung.

Kolom – kolom tersebut dapat diisi dengan *Yes (Y)* apabila *failure mode* mempunyai dampak atau konsekuensi pada masing – masing aspek tersebut dan dapat diisi *No (N)* apabila sebaliknya.

3. Proactive Task

Proactive task adalah pekerjaan yang dilakukan untuk mencegah kegagalan pada peralatan sebelum terjadinya

kegagalan. *Proactive Task* dibagi menjadi tiga kategori adalah sebagai berikut:

- a. *Scheduled On-Condition Task* (H1/S1/O1/N1)
- b. *Scheduled Restoration Task* (H2/S2/O2/N2)
- c. *Scheduled Discard Task* (H3/S3/O3/N3)

Kolom-kolom tersebut dapat diisi dengan *Yes* (Y) apabila ada kebijakan perawatan yang tepat untuk mengantisipasi atau mencegah *failure mode* yang terjadi dan diisi *No* (N) apabila sebaliknya.

4. *Default Action*

Default action adalah kegiatan yang dilakukan pada saat peralatan sudah mengalami kegagalan dan dipilih ketika tidak ditemukan *proactive task* yang efektif. *Default action* dibagi menjadi tiga kategori sebagai berikut:

- a. *Schedule Failure Finding Task* (H4)
- b. *Redesign* (H5)
- c. *Combination Task* (S4)

Kolom-kolom tersebut dapat diisi dengan *Yes* (Y) apabila kebijakan perawatan yang tepat untuk menangani *failure mode* yang terjadi dan diisi *No* (N) apabila sebaliknya.

5. *Proposed Task*

Proposed task berisi informasi tindakan perencanaan yang direncanakan untuk menerjemahkan hasil *proactive task* ataupun *default task*.

2.6 Failure Mode and Effect Analysis

Failure Mode, Effect and Analysis (FMEA) adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi bentuk *failure* yang mungkin menyebabkan setiap *functional failure* dan untuk memastikan *failure effects* berhubungan dengan setiap *failure mode* (Moubray, 1992). FMEA adalah pendekatan terstruktur untuk mengidentifikasi jalan terjadinya produk atau proses dapat gagal, dan mengestimasi risiko yang dapat terjadi.

FMEA dirancang untuk mengidentifikasi dan memahami secara keseluruhan *function*, *functional failure*, *failure mode* dan *failure effect* tersebut. Fungsi (*function*) sub-sistem didefinisikan sebagai kemampuan yang dapat dilakukan oleh suatu sub-sistem sesuai dengan konteks operasionalnya untuk memenuhi suatu standar kinerja yang diharapkan. Kegagalan fungsi (*functional failure*) sub-sistem didefinisikan sebagai ketidakmampuan suatu sistem atau sub-sistem untuk menjalankan fungsi sesuai konteks operasionalnya sehingga tidak dapat memenuhi standar kinerja yang diharapkan. Modus kegagalan (*failure mode*) didefinisikan sebagai hal-hal yang memiliki peluang besar untuk menyebabkan terjadinya kegagalan fungsi. Efek kegagalan (*failure effect*) merupakan akibat yang ditimbulkan dari *failure mode* yang terjadi terhadap sub sistem maupun sistem.^[8]

2.6.1 Tujuan FMEA

Terdapat banyak variasi di dalam rincian *Failure Modes And Effect Analysis* (FMEA), tetapi secara garis besar, FMEA memiliki tujuan yaitu:

1. Mengenal dan memprediksi potensial kegagalan dari produk atau proses yang dapat terjadi.

2. Memprediksi dan melakukan evaluasi pengaruh dari kegagalan pada fungsi dalam sistem yang ada.
3. Menunjukkan prioritas terhadap perbaikan suatu proses atau sub sistem melalui daftar peningkatan proses atau sub sistem yang harus diperbaiki.
4. Mengidentifikasi dan membangun tindakan perbaikan yang bisa diambil untuk mencegah atau mengurangi kesempatan terjadinya potensi kegagalan atau pengaruh pada sistem.
5. Mendokumentasikan proses secara keseluruhan.

2.6.2 Elemen – Elemen pada FMEA

Elemen FMEA dibangun berdasarkan informasi yang mendukung analisis. Beberapa elemen-elemen FMEA adalah sebagai berikut :

1. FMEA Number

Berisi nomor dokumentasi FMEA yang berguna untuk identifikasi dokumen.

2. Item

Berisi nama dan kode nomor sistem, sub-sistem atau komponen di mana akan dilakukan analisis FMEA.

3. FMEA Date

Tanggal di mana FMEA ini selesai dibuat dengan tanggal revisi terkini

4. Potential Failure Mode

Merupakan suatu kejadian di mana proses dapat dikatakan secara potensial gagal untuk memenuhi kebutuhan proses atau tujuan akhir produk.

5. Potential Effect(s) of Failure

Merupakan suatu efek dari bentuk kegagalan terhadap pelanggan. Di mana setiap perubahan dalam variabel yang mempengaruhi proses akan menyebabkan proses itu menghasilkan produk di luar batas-batas spesifikasi.

6. Severity (*S*)

Penilaian tingkat kerusakan akibat dari bentuk kegagalan potensial. *Severity* menganalisis risiko yaitu menghitung seberapa besar dampak/intensitas kejadian mempengaruhi *output* proses.

Dampak tersebut dijabarkan mulai skala 1 sampai 10, di mana 10 merupakan dampak terburuk. Klasifikasi *severity* yang diterapkan di PT. Perta Daya Gas terdapat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.4 Klasifikasi Severity (*S*)

| Severity | Rnk. | Description |
|--------------------|-------------|---|
| <i>No</i> | 1 | <i>No effect</i> |
| <i>Very Slight</i> | 2 | <i>Very slight effect on component or system performance</i> |
| <i>Slight</i> | 3 | <i>Slight effect on component or system performance</i> |
| <i>Minor</i> | 4 | <i>Minor effect on component or system performance</i> |
| <i>Moderate</i> | 5 | <i>Moderate effect on component or system performance</i> |
| <i>Significant</i> | 6 | <i>Component or system performance degraded but still safe and operable</i> |
| <i>Major</i> | 7 | <i>Component or system performance severely affected but still safe and functional. system impaired</i> |

(Lanjutan Tabel 2.4)

| Severity | Rnk. | Description |
|------------------|-------------|---|
| <i>Extreme</i> | 8 | <i>Component or system inoperable</i> |
| <i>Serious</i> | 9 | <i>Component or system inoperable, potential hazardous effect</i> |
| <i>Hazardous</i> | 10 | <i>Hazardous related, safety related. Non-compliance with government regulation</i> |

7. Classification

Merupakan dokumentasi terhadap klasifikasi karakter khusus dari sub-proses untuk menghasilkan komponen, sistem atau sub-sistem tersebut.

8. Potential Cause(s)

Adalah bagaimana kegagalan tersebut bisa terjadi. Dideskripsikan sebagai sesuatu yang dapat diperbaiki.

9. Occurrence (O)

Occurrence adalah kemungkinan bahwa penyebab tersebut akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa penggunaan produk. Dengan memperkirakan kemungkinan *occurrence* pada skala 1 sampai 10 sesuai dengan standar yang digunakan oleh PT. Perta Daya Gas. Standar tersebut bisa dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.5 Klasifikasi *Occurrence*

| Occurrence | Rnk. | Description |
|---------------------|-------------|---|
| <i>Almost Never</i> | 1 | <i>Failure unlikely, history shows no failure</i> |
| <i>Remote</i> | 2 | <i>Rare number of failure likely</i> |
| <i>Very Slight</i> | 3 | <i>Very few failures likely</i> |

(Lanjutan Tabel 2.5)

| <i>Occurrence</i> | <i>Rnk.</i> | <i>Description</i> |
|--------------------------|--------------------|---|
| <i>Slight</i> | 4 | <i>Few failures likely</i> |
| <i>Low</i> | 5 | <i>Occasional number of failures likely</i> |
| <i>Medium</i> | 6 | <i>Medium number of failures likely</i> |
| <i>Moderately High</i> | 7 | <i>Moderately high number of failures likely</i> |
| <i>High</i> | 8 | <i>High number of failures likely</i> |
| <i>Very High</i> | 9 | <i>Very high number of failures likely</i> |
| <i>Almost Certain</i> | 10 | <i>Failure almost certain. History of failures exists from previous or similar designs.</i> |

10. Current Process Control

Merupakan deskripsi dari alat pengendali yang dapat mencegah atau memperbesar kemungkinan bentuk kegagalan terjadi atau mendeteksi terjadinya bentuk kegagalan tersebut.

11. Detection (D)

Merupakan penilaian dari kemungkinan alat tersebut dapat mendeteksi penyebab potensial terjadinya suatu bentuk kegagalan. Proses penilaian yang digunakan oleh PT. Perta Daya Gas ditunjukkan oleh tabel di bawah ini.

Tabel 2.6 Klasifikasi Detection

| <i>Detection</i> | <i>Rnk.</i> | <i>Description</i> |
|-------------------------|--------------------|---|
| <i>Almost Certain</i> | 1 | <i>Proven detection methods available</i> |
| <i>Very High</i> | 2 | <i>Computer analysis</i> |
| <i>High</i> | 3 | <i>Simulation and/or modeling</i> |

(Lanjutan Tabel 2.6)

| <i>Detection</i> | <i>Rnk.</i> | <i>Description</i> |
|--------------------------|--------------------|---|
| <i>Moderately High</i> | 4 | <i>Test on prototype</i> |
| <i>Medium</i> | 5 | <i>Test on preproduction</i> |
| <i>Low</i> | 6 | <i>Test on similar system</i> |
| <i>Slight</i> | 7 | <i>Test on product with prototypes with system components installed</i> |
| <i>Very Slight</i> | 8 | <i>Proving durability test on products with system components installed</i> |
| <i>Remote</i> | 9 | <i>Theorytical approach only</i> |
| <i>Almost Impossible</i> | 10 | <i>Hazardous related, safety related. Non-compliance with goverment regulation.</i> |

12. Risk Priority Number (RPN)

Merupakan angka prioritas risiko yang didapatkan dari perkalian *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*.^[13]

$$\mathbf{RPN} = \mathbf{S} * \mathbf{O} * \mathbf{D} \quad (2.1)$$

Angka ini digunakan untuk mengidentifikasi risiko yang serius, sebagai petunjuk ke arah tindakan perbaikan.

13. Recommended Action

Setelah bentuk kegagalan diatur sesuai peringkat RPN, maka tindakan perbaikan harus segera dilakukan terhadap bentuk kegagalan dengan nilai RPN tertinggi.

14. Responsibility for the Recommended Action

Mendokumentasikan nama dan departemen penanggung jawab tindakan perbaikan tersebut serta target waktu penyelesaian.

15. Action Taken

Setelah tindakan diimplementasikan, dokumentasikan secara singkat uraian tindakan tersebut serta tanggal efektifnya.

2.7 Distribusi Data Waktu Kegagalan

Salah satu metode dalam menganalisis keandalan sebuah sistem adalah menggunakan metode kuantitatif. Terdapat 4 cara yang diketahui untuk mendistribusikan data waktu kegagalan yaitu Distribusi Exponensial, Distribusi Normal, Distribusi Lognormal dan Distribusi Weibull.^[6]

2.7.1 Distribusi Exponensial

Distribusi eksponensial memiliki laju kegagalan yang konstan (*constant failure rate*) atau dengan kata lain probabilitas terjadinya kerusakan tidak tergantung pada umur alat. Terdapat dua parameter dalam distribusi eksponensial, yaitu t (fungsi waktu) dan γ (parameter lokasi). Apabila γ bernilai 0, maka menjadi distribusi eksponensial satu parameter.^[5]

Terdapat beberapa fungsi matematis dalam distribusi eksponensial yaitu:

- Fungsi distribusi kegagalan:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda(t-t_0)} \quad (2.2)$$

- Fungsi keandalan

$$R(t) = e^{-\lambda(t-t_0)} \quad (2.3)$$

- Fungsi laju kegagalan

$$\lambda(t) = \lambda \quad (2.4)$$

- Mean Time To Failure

$$MTTF = \gamma + 1\lambda \quad (2.5)$$

2.7.2 Distribusi Normal

Distribusi normal atau biasa disebut distribusi gaussian merupakan salah satu jenis distribusi yang paling sering digunakan untuk menjelaskan penyebaran data. *Probability Density Function* (PDF) dari distribusi normal adalah simetris terhadap nilai rata-rata (*mean*). Dispersi terhadap nilai rata – rata distribusi normal diukur berdasarkan nilai standar deviasi. Dengan kata lain parameter distribusi normal adalah *mean* (μ) dan standar deviasi (σ).^[5]

- Fungsi distribusi kegagalan

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad (2.6)$$

- Fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - \Phi(z) \quad (2.7)$$

$$\text{Dengan } z = \frac{t-\mu}{\sigma}$$

$\Phi(z)$ merupakan nilai *standardized normal probabilities*.

- Fungsi laju kegagalan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.8)$$

- *Mean Time To Failure*

$$MTTF = \mu \quad (2.9)$$

2.7.3 Distribusi Lognormal

Pada saat variabel acak t (waktu kegagalan) mempunyai distribusi lognormal, logaritma t memiliki distribusi normal. Karakteristik distribusi lognormal memiliki dua parameter, yaitu parameter lokasi (μ) dan parameter skala (σ).^[5]

- Fungsi distribusi kegagalan

$$f(t) = \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2\sigma^2} (\ln t - \mu)^2 \right] \quad (2.10)$$

- Fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - \int_0^t \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(t) - \mu}{\sigma} \right)^2 \right] dt \quad (2.11)$$

- Fungsi laju kegagalan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.12)$$

- *Mean Time To Failure*

$$MTTF = \exp \left[\mu - \left(\frac{\sigma}{2} \right)^2 \right] \quad (2.13)$$

2.7.4 Distribusi Weibull

Distribusi weibull merupakan distribusi empiris yang paling banyak digunakan dan hampir muncul pada semua karakteristik kegagalan. Distribusi Weibull memiliki tiga parameter, yaitu parameter *Location or time delay parameter* (γ), *Shape parameter or slope* (β), dan *Scale parameter* (η). Apabila *location parameter* (γ) bernilai 0, maka distribusi tersebut menjadi distribusi Weibull 2 parameter. Terdapat beberapa fungsi matematis dalam distribusi Weibull yaitu:^[5]

- Fungsi distribusi kegagalan

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta - 1} \exp \left[- \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^\beta \right] \quad (2.14)$$

- Fungsi keandalan

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^\beta \right] \quad (2.15)$$

- Fungsi laju kegagalan

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta - 1} \quad (2.16)$$

- *Mean Time To Failure*

$$MTTF = \eta \Gamma \left(\frac{1}{\beta} + 1 \right) \quad (2.17)$$

2.8 Pengaruh *Preventive Maintenance* Terhadap Keandalan

Preventive Maintenance (PM) dapat dideskripsikan sebagai perawatan berkala yang dilakukan untuk menjaga suatu peralatan agar tetap dalam kondisi yang baik saat dioperasikan dengan

menyediakan pemeriksaan, deteksi dan koreksi yang sistematis terhadap kegagalan yang belum maupun akan terjadi. Perumusan dari keandalan dengan PM dapat dijabarkan sebagai berikut:^[5]

$$Rm(t) = R(t) \text{ untuk } 0 \leq t \leq T \quad (2.18)$$

$$Rm(t) = R(T) R(t - T) \text{ untuk } T \leq t \leq 2T \quad (2.19)$$

Keterangan:

t = Waktu

T = Interval waktu penggantian kerusakan

R(t) = Keandalan (reliability) dari sistem tanpa
Preventive Maintenance

R(T) = Peluang dari keandalan hingga *Preventive Maintenance* pertama

R(t-T) = Peluang dari keandalan antara waktu t-T setelah peralatan dikembalikan dari kondisi awal pada saat T.

Rm(t) = Keandalan (reliability) dari sistem dengan
Preventive Maintenance.

Secara umum persamaannya adalah:

$$Rm(t) = R(T)^n R(t - nT) \text{ untuk } nT \leq t \leq (n + 1)T \quad (2.20)$$

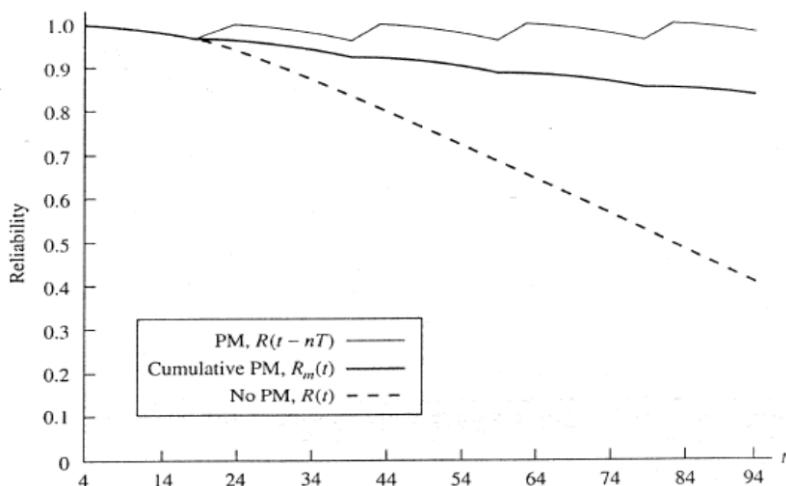
Keterangan:

n = Jumlah perawatan

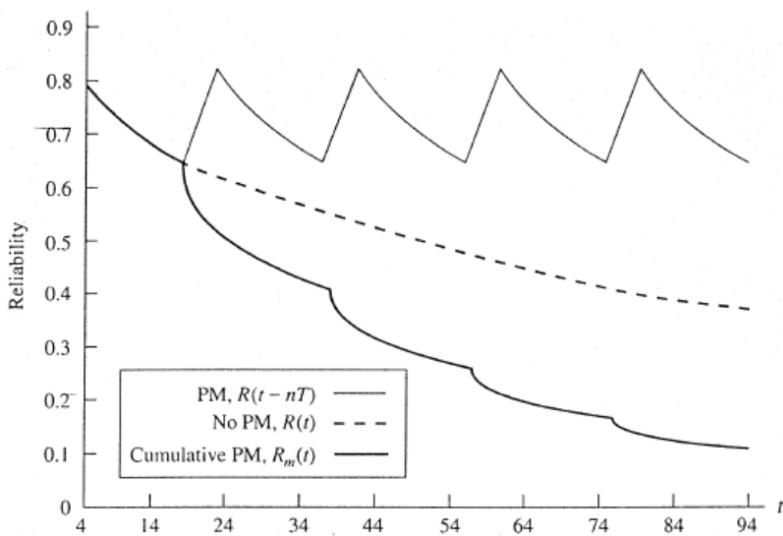
R(T)ⁿ = Probabilitas ketahanan sampai dengan *Preventive Maintenance* ke-n

$R(t-nT)$ = Probabilitas ketahanan selama jangka waktu $t-nT$ yang telah ditentukan sebelumnya pada kondisi awal

Grafik keandalan untuk komponen atau peralatan dengan *Preventive Maintenance* dapat dilihat pada Gambar 2.6 dan Gambar 2.7 berikut:



Gambar 2.6 Grafik Keandalan Sistem dengan *Preventive Maintenance* untuk *increasing failure rate*



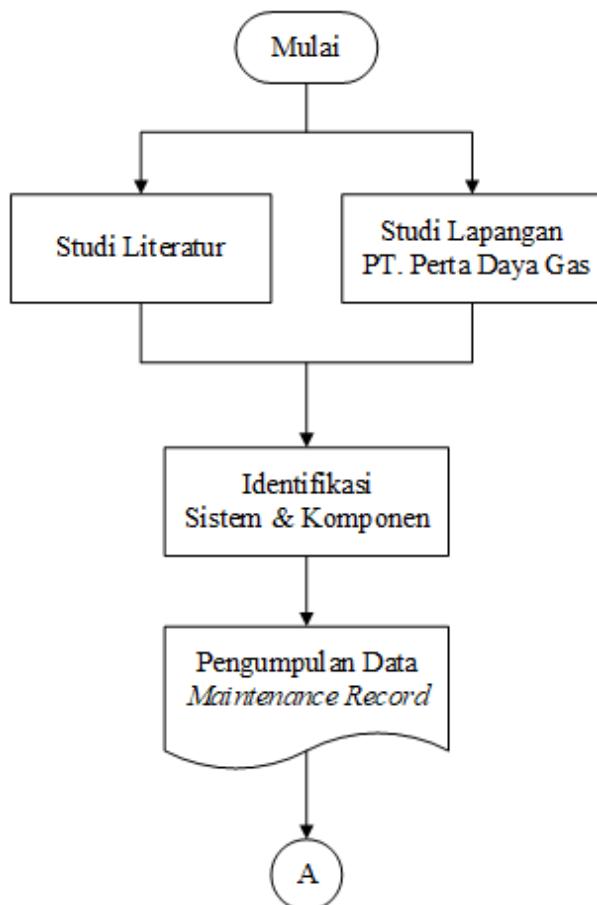
Gambar 2.7 Grafik Keandalan Sistem dengan *Preventive Maintenance* untuk *decreasing failure rate*

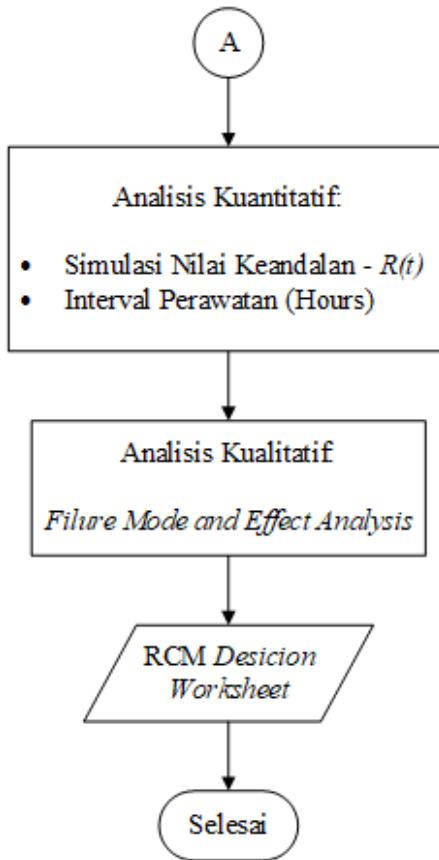
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Deskripsi Diagram Alir Penelitian

3.2.1 Studi Literatur dan Studi Lapangan

Tahap awal dalam penelitian ini yaitu melakukan studi literatur seputar perawatan yang berasal dari buku, jurnal, forum diskusi maupun penelitian yang sudah ada. Lalu, studi menjadi spesifik mempelajari mengenai *Reliability Centered Maintenance* baik dari kegunaan, manfaat dan cara – cara penyusunannya.

Setelah itu dilanjutkan melakukan studi lapangan ke CNG *Plant* Tambak Lorok yang dikelola oleh PT. Perta Daya Gas. Selain langsung mengunjungi CNG *plant* Tambak Lorok, studi lapangan yang dilakukan juga berupa diskusi langsung dengan Divisi Maintenance Planner untuk menentukan metode perawatan dan komponen yang cocok untuk penelitian.

Setelah itu dilakukan lagi studi literatur baik untuk mempelajari alur proses CNG *Plant* Tambak Lorok dan fungsi tiap komponennya. Juga dilakukan lagi pendalaman untuk mempelajari penerapan *Reliability Centered Maintenance*.

3.2.2 Identifikasi Sistem & Komponen

Setelah dilakukan Studi Literatur & Studi Lapangan, dilakukan penentuan final komponen yang akan dilakukan penelitian untuk penerapan metode perawatan *Reliability Centered Maintenance*.

3.2.3 Pengumpulan Data *Maintenance Record*

Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah data kerusakan dari kesepuluh *Gas Engine Compressor* dalam kurun waktu bulan Mei 2014 hingga bulan September 2019.

3.2.4 Analisis Kuantitatif

Analisis kuantitatif digunakan untuk menentukan nilai TTF (*Time to Failure*), nilai distribusi TTF, *Failure Rate* (λ), *Reliability* R(t), dan *Mean Time To Failure* (MTTF).

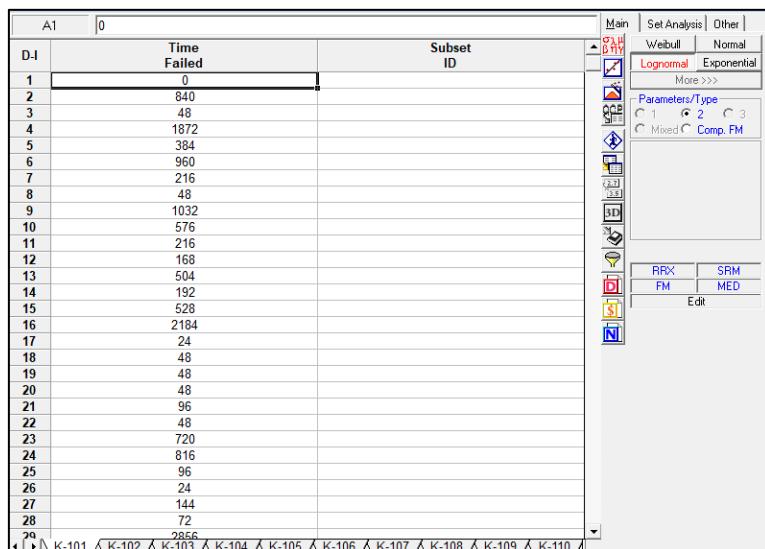
1. Penentuan *Time to Failure* (TTF)

Penentuan nilai *Time to Failure* (TTF) diperoleh dari *maintenance record* *Gas Engine Compressor* dalam kurun bulan Januari 2016 hingga bulan September 2019. TTF diperoleh berdasarkan rentang waktu antar kerusakan mesin terjadi.

2. Penentuan Distribusi Time to Failure (TTF)

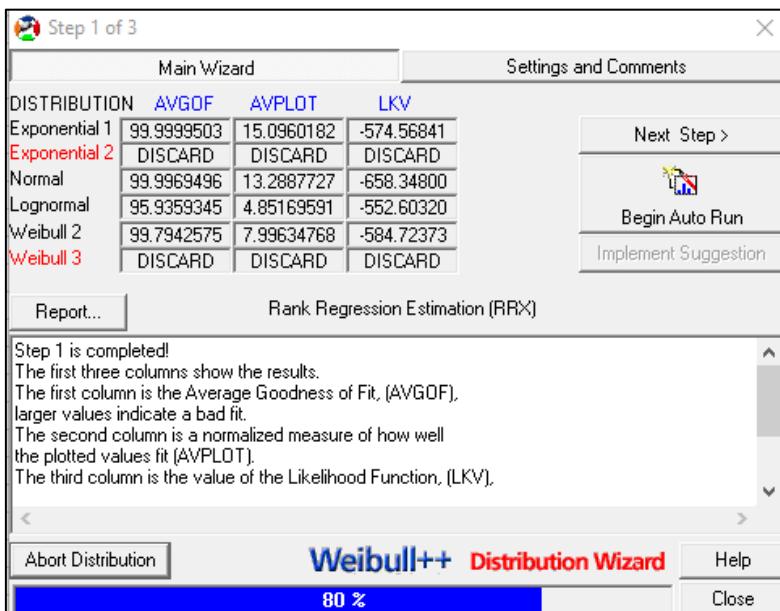
Penentuan distribusi kegagalan dapat dilakukan dengan menggunakan *Software Reliasoft Weibull++6*. *Software* ini dapat menentukan berbagai jenis distribusi data baik itu data distribusi normal, distribusi lognormal, distribusi weibull, dan distribusi eksponensial. Distribusi data kegagalan digunakan dalam penentuan keandalan mesin. Untuk menentukan distribusi TTF digunakan cara yang sama dengan menggunakan *Software Reliasoft Weibull++6*. Adapun tahapan yang harus dilakukan dalam penentuan distribusi kegagalan adalah sebagai berikut:

- Penentuan distribusi TTF yang didapat berdasarkan *maintenance record* masing-masing mesin dimasukkan ke dalam *sheet* yang berada pada *Software Reliasoft Weibull++6*. Seperti pada Gambar 3.2.



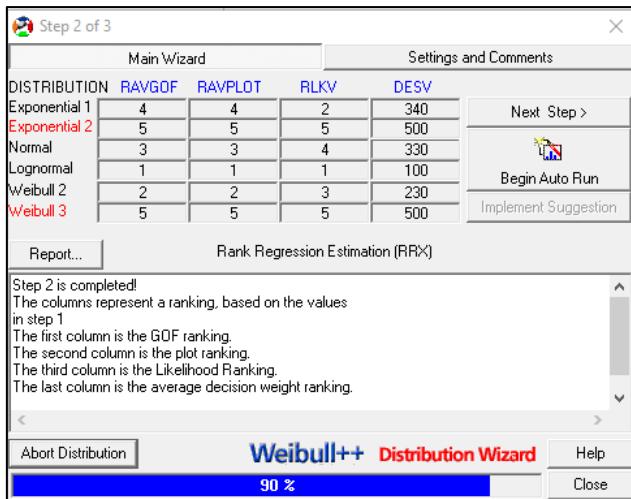
Gambar 3.2 Input Nilai TTF

- b. Penentuan distribusi akan diketahui dengan menggunakan fitur *distribution wizard* pada *Software Reliasoft Weibull++6* dengan mengetahui parameter uji *average goodness of fit* (AVGOF), *average of plot fit* (AVPLOT) dan *likelihood function* (LKV). Nilai paling kecil di dalam setiap parameter tersebut menunjukkan nilai terbaik untuk hasil uji distribusi.



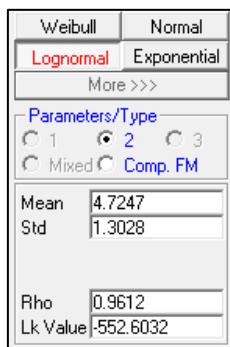
Gambar 3.3 Parameter uji AVGOF, AVPLOT dan LKV dalam *Software Reliasoft Weibull++6*

- c. Penentuan peringkat distribusi. Nilai terbaik ditunjukkan dengan nilai 1 dan distribusi yang paling tidak sesuai ditunjukkan dengan nilai 5.



Gambar 3.4 Tampilan peringkat distribusi pada *Software Reliasoft Weibull++6*

- d. Setelah mendapatkan *set analysis* yang tepat, tekan *calculate* pada menu sehingga diketahui nilai parameter persebaran datanya seperti pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Tampilan parameter distribusi pada *Software Reliasoft Weibull++6*

3. Nilai Keandalan ($R(t)$)

Berdasarkan uji parameter yang telah ditentukan oleh *Software Reliasoft Weibull++6*, maka dapat dihitung nilai suatu keandalan yang ada pada *Gas Engine Compressor* dengan menggunakan rumus yang ada. Hasil dari suatu perhitungan tersebut maka dapat dibuat suatu grafik hubungan antara nilai keandalan dengan waktu operasional.

4. Penentuan Interval Perawatan

Setelah mengetahui nilai keandalan berdasarkan waktu operasional. Bisa diketahui waktu operasional saat keandalan mesin mencapai 0,6 yang akan digunakan sebagai interval perawatan. Hal itu ditentukan berdasarkan analisis pribadi dan wawancara dengan pihak PT. Perta Daya Gas.

3.2.5 Analisis Kualitatif

Analisis kualitatif pada tahap ini menggunakan metode *Failure Mode & Effect Analysis* (FMEA). Perancangan FMEA dilakukan dengan melakukan wawancara intensif dengan pihak PT. Perta Daya Gas dan meninjau *manual book* agar bisa optimal dalam perencanaannya.

3.2.6 Penyusunan RCM *Decision Worksheet*

Setelah dilakukan analisis kuantitatif dan kualitatif, berdasarkan data tersebut, selanjutnya dilakukan penyusunan RCM *Decision Worksheet* yang akan diterapkan sebagai acuan dalam perawatan *Gas Engine Compressor* di CNG Plant Tambak Lorok PT. Perta Daya Gas.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHSAN

4.1 Analisis Kuantitatif

Pada penelitian ini, analisis kuantitatif digunakan untuk mengetahui nilai keandalan untuk menentukan interval perawatan yang tepat. Data yang digunakan adalah data kerusakan yang dialami oleh mesin. Dari data kerusakan tersebut dipetakan *Time to Failure* (TTF). Dari TTF tersebut, bisa diketahui parameter dalam penentuan nilai keandalan sesuai rumus yang ada. Kemudian, dari nilai keandalan yang ada dapat diketahui waktu operasional saat nilai keandalan mesin mencapai 0,6. Waktu operasional tersebut akan dijadikan patokan kapan interval perawatan yang tepat untuk dilakukan.

4.1.1 Analisis Kuantitatif *Gas Engine Compressor* K-101

Dalam kurun waktu Januari 2016 sampai September 2019, *Gas Engine Compressor* (GEC) K-101 mengalami kegagalan sebanyak 87 kali. Data lengkap bisa dilihat pada Lampiran II.

Kemudian, berdasarkan data *Time to Failure* (TTF) tersebut dilakukan pengujian distribusi yang paling sesuai menggunakan *Software Reliasoft Weibull++*. Hasil yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Data Pengujian Distribusi TTF GEC K-101

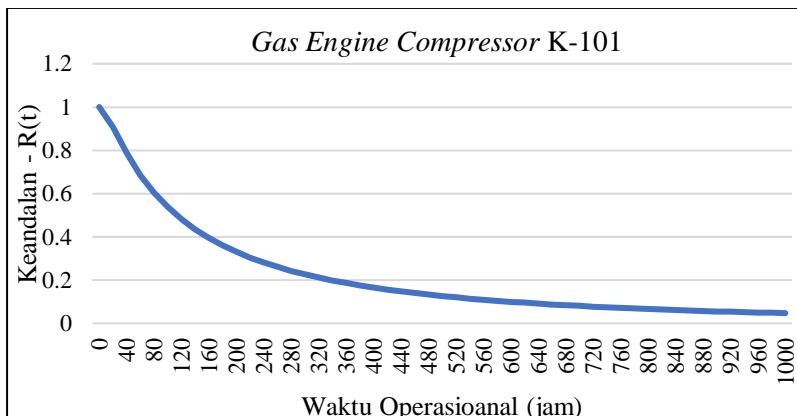
| DISTRIBUTION | AvGOF | AvPlot | LKV | Rank |
|---------------|----------|----------|----------|------|
| Exponensial 1 | 99.99995 | 15.09602 | -574.568 | 4 |
| Exponensial 2 | DISCARD | DISCARD | DISCARD | 5 |
| Weibull 2 | 99.79426 | 7.996348 | -584.724 | 2 |
| Weibull 3 | DISCARD | DISCARD | DISCARD | 5 |

(Lanjutan Tabel 4.1)

| DISTRIBUTION | AvGOF | AvPlot | LKV | Rank |
|--------------|----------|----------|----------|------|
| Normal | 99.99695 | 13.28877 | -658.348 | 3 |
| Lognormal | 95.93594 | 4.851696 | -552.603 | 1 |

Berdasarkan data pengujian pada Tabel 4.1, nilai AVGOF (*Average Goodness of Fit*), AVPLOT (*Average of Plot Fit*) dan LKV (*Likelihood Function*) terkecil, yang merupakan nilai terbaik untuk hasil uji distribusi waktu kegagalan, terdapat pada jenis distribusi Lognormal.

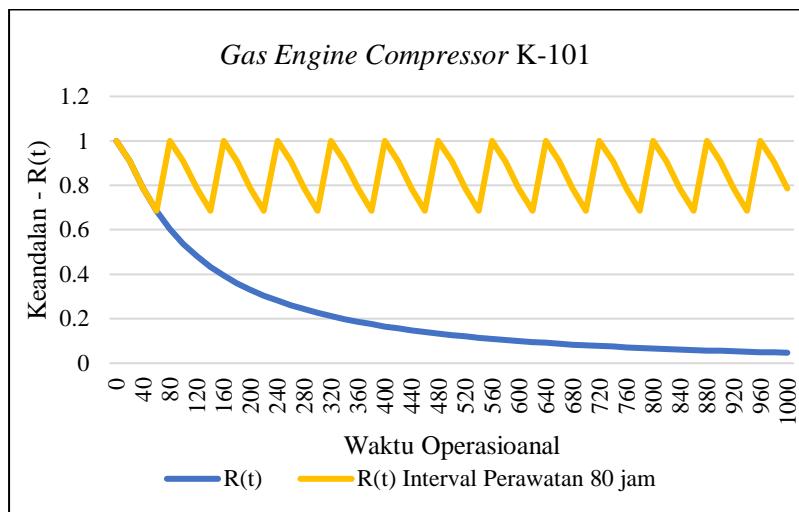
Setelah diketahui distribusi yang tepat, data TTF didistribusikan menggunakan distribusi Lognormal. Dari distribusi tersebut didapatkan parameter *Mean* (μ) = 4.7247 dan Standar Deviasi (σ) = 1.3028. Parameter tersebut kemudian dimasukkan ke persamaan 2.11 untuk mengetahui keandalannya. Berikut merupakan grafik keandalan dari GEC K-101:



Gambar 4.1 Grafik keandalan GEC K-101 terhadap waktu operasional

Berdasarkan grafik di atas, bisa diketahui bahwa nilai keandalan GEC K-101 mencapai 0,6 pada saat waktu operasional $t = 80$ jam. Dari sini, bisa ditentukan bahwa interval perawatan yang tepat adalah setiap 80 jam waktu operasional atau 4 hari mengingat waktu operasional GEC K-101 adalah 18 jam per hari.

Dengan interval waktu perawatan tersebut, diharapkan grafik keandalan dari GEC K-101 menjadi seperti di bawah ini.



Gambar 4.2 Grafik perbandingan nilai keandalan GEC K-101

4.1.2 Analisis Kuantitatif *Gas Engine Compressor K-102*

Dalam kurun waktu Januari 2016 sampai September 2019, *Gas Engine Compressor* (GEC) K-102 mengalami kegagalan sebanyak 52 kali. Data lengkap bisa dilihat pada Lampiran III.

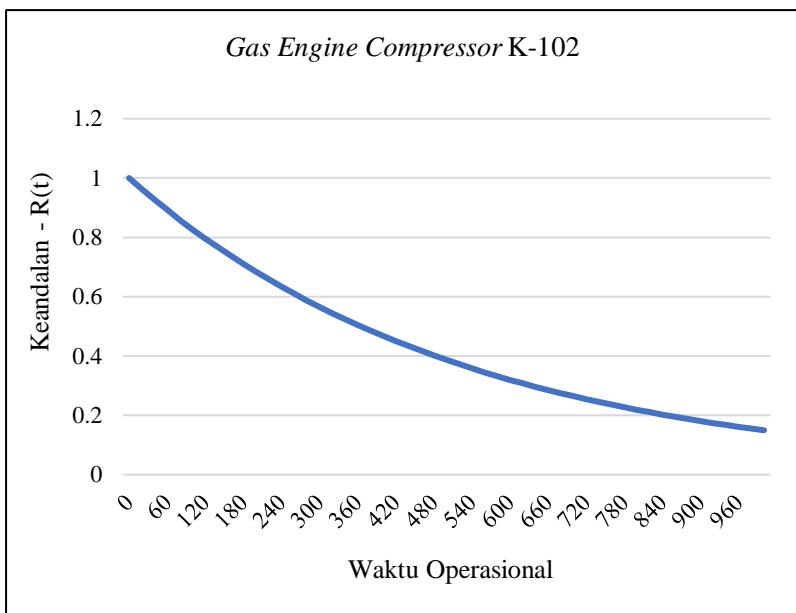
Kemudian, berdasarkan data *Time to Failure* (TTF) tersebut dilakukan pengujian distribusi yang paling sesuai menggunakan Software Reliasoft Weibull++6. Hasil yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2 Data Pengujian Distribusi TTF GEC K-102

| DISTRIBUTION | AvGOF | AvPlot | LKV | Rank |
|---------------|------------|------------|------------|------|
| Exponensial 1 | 3.76756746 | 2.01769324 | -369.58864 | 1 |
| Exponensial 2 | DISCARD | DISCARD | DISCARD | 5 |
| Weibull 2 | 4.22515574 | 2.32025384 | -369.56799 | 2 |
| Weibull 3 | DISCARD | DISCARD | DISCARD | 5 |
| Normal | 81.3530347 | 7.26239536 | -388.98627 | 4 |
| Lognormal | 27.8845302 | 3.72110356 | -371.10178 | 3 |

Berdasarkan data pengujian pada Tabel 4.2, nilai AVGOF (*Average Goodness of Fit*), AVPLOT (*Average of Plot Fit*) dan LKV (*Likelihood Function*) terkecil, yang merupakan nilai terbaik untuk hasil uji distribusi waktu kegagalan, terdapat pada jenis distribusi Exponensial.

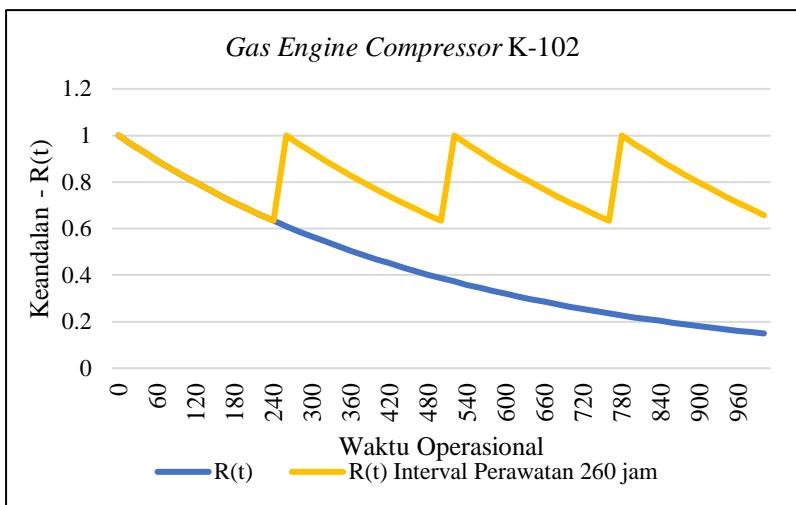
Setelah diketahui distribusi yang tepat, data TTF didistribusikan menggunakan distribusi Exponensial. Dari distribusi tersebut didapatkan parameter Lambda (λ) = 0.0019. Parameter tersebut kemudian dimasukkan ke persamaan 2.3 untuk mengetahui keandalannya. Berikut merupakan grafik keandalan dari GEC K-102:



Gambar 4.3 Grafik keandalan GEC K-102 terhadap waktu operasional

Berdasarkan grafik di atas, bisa diketahui bahwa nilai keandalan GEC K-102 mencapai 0,6 pada saat waktu operasional $t = 260$ jam. Dari sini, bisa ditentukan bahwa interval perawatan yang tepat adalah setiap 260 jam waktu operasional atau 14 hari mengingat waktu operasional GEC K-102 adalah 18 jam per hari.

Dengan interval waktu perawatan tersebut, diharapkan grafik keandalan dari GEC K-102 menjadi seperti di bawah ini.



Gambar 4.4 Grafik perbandingan nilai keandalan GEC K-102

4.1.3 Analisis Kuantitatif *Gas Engine Compressor K-103*

Dalam kurun waktu Januari 2016 sampai September 2019, *Gas Engine Compressor* (GEC) K-103 mengalami kegagalan sebanyak 43 kali. Data lengkap bisa dilihat pada Lampiran IV.

Kemudian, berdasarkan data *Time to Failure* (TTF) tersebut dilakukan pengujian distribusi yang paling sesuai menggunakan *Software Reliasoft Weibull++*. Hasil yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3 Data Pengujian Distribusi TTF GEC K-103

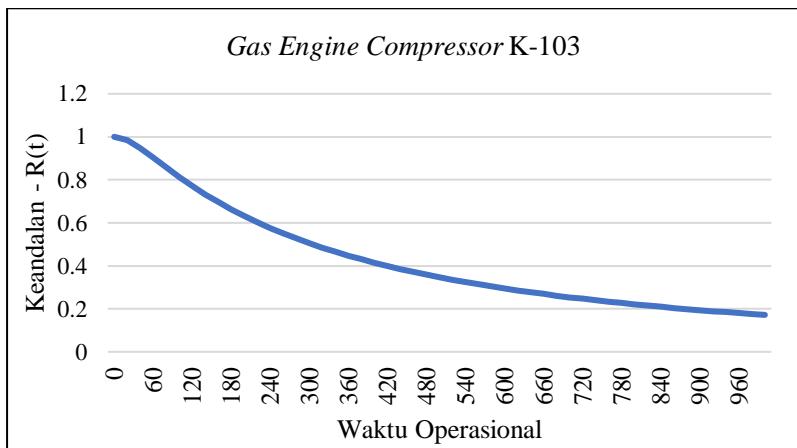
| DISTRIBUTION | AvGOF | AvPlot | LKV | Rank |
|---------------|------------|------------|------------|------|
| Exponensial 1 | 73.13816 | 6.19307051 | -310.28504 | 3 |
| Exponensial 2 | DISCARD | DISCARD | DISCARD | 5 |
| Weibull 2 | 6.11712496 | 3.85298945 | -310.46802 | 2 |
| Weibull 3 | DISCARD | DISCARD | DISCARD | 5 |

(Lanjutan Tabel 4.3)

| DISTRIBUTION | AvGOF | AvPlot | LKV | Rank |
|--------------|------------|------------|------------|------|
| Normal | 94.7683196 | 9.52590001 | -335.89114 | 4 |
| Lognormal | 30.2128478 | 3.07166117 | -308.12512 | 1 |

Berdasarkan data pengujian pada Tabel 4.3, nilai AVGOF (*Average Goodness of Fit*), AVPLOT (*Average of Plot Fit*) dan LKV (*Likelihood Function*) terkecil, yang merupakan nilai terbaik untuk hasil uji distribusi waktu kegagalan, terdapat pada jenis distribusi Lognormal.

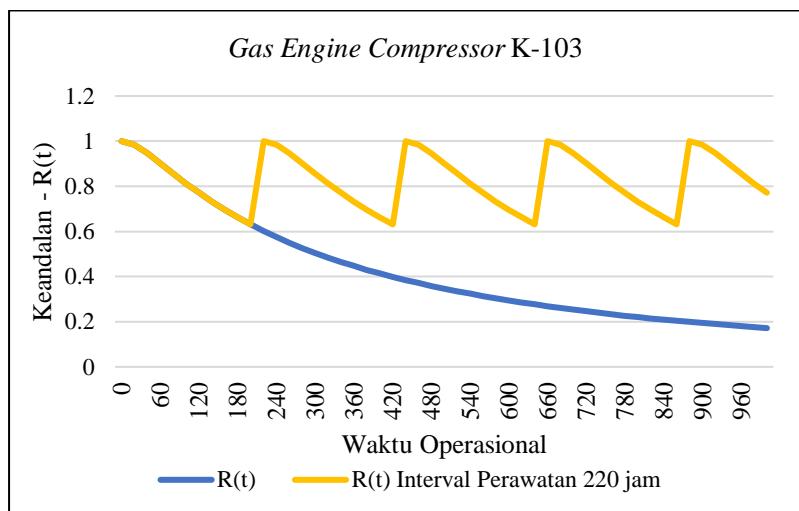
Setelah diketahui distribusi yang tepat, data TTF didistribusikan menggunakan distribusi Lognormal. Dari distribusi tersebut didapatkan parameter *Mean* (μ) = 5.7188 dan Standar Deviasi (σ) = 1.2541. Parameter tersebut kemudian dimasukkan ke persamaan 2.11 untuk mengetahui keandalannya. Berikut merupakan grafik keandalan dari GEC K-103:



Gambar 4.5 Grafik keandalan GEC K-103 terhadap waktu operasional

Berdasarkan grafik di atas, bisa diketahui bahwa nilai keandalan GEC K-103 mencapai 0,6 pada saat waktu operasional $t = 220$ jam. Dari sini, bisa ditentukan bahwa interval perawatan yang tepat adalah setiap 220 jam waktu operasional atau 12 hari mengingat waktu operasional GEC K-103 adalah 18 jam per hari.

Dengan interval waktu perawatan tersebut, diharapkan grafik keandalan dari GEC K-103 menjadi seperti di bawah ini.



Gambar 4.6 Grafik perbandingan nilai keandalan GEC K-103

4.1.4 Analisis Kuantitatif *Gas Engine Compressor K-104*

Dalam kurun waktu Januari 2016 sampai September 2019, *Gas Engine Compressor* (GEC) K-104 mengalami kegagalan sebanyak 55 kali. Data lengkap bisa dilihat pada Lampiran V.

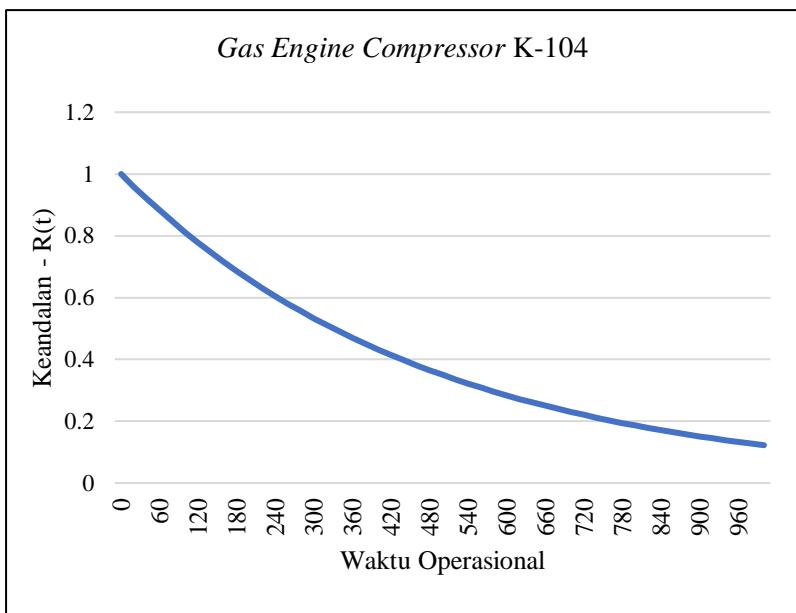
Kemudian, berdasarkan data *Time to Failure* (TTF) tersebut dilakukan pengujian distribusi yang paling sesuai menggunakan *Software Reliasoft Weibull++6*. Hasil yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4.4 Data Pengujian Distribusi TTF GEC K-104

| DISTRIBUTION | AvGOF | AvPlot | LKV | Rank |
|---------------|------------|------------|------------|------|
| Exponensial 1 | 12.7805235 | 3.0801855 | -383.57572 | 1 |
| Exponensial 2 | DISCARD | DISCARD | DISCARD | 5 |
| Weibull 2 | 16.7935734 | 3.26299891 | -384.34098 | 3 |
| Weibull 3 | DISCARD | DISCARD | DISCARD | 5 |
| Normal | 91.4338087 | 8.08673957 | -410.36404 | 4 |
| Lognormal | 29.8231423 | 3.21665848 | -382.61327 | 2 |

Berdasarkan data pengujian pada Tabel 4.4, nilai AVGOF (*Average Goodness of Fit*), AVPLOT (*Average of Plot Fit*) dan LKV (*Likelihood Function*) terkecil, yang merupakan nilai terbaik untuk hasil uji distribusi waktu kegagalan, terdapat pada jenis distribusi Exponensial.

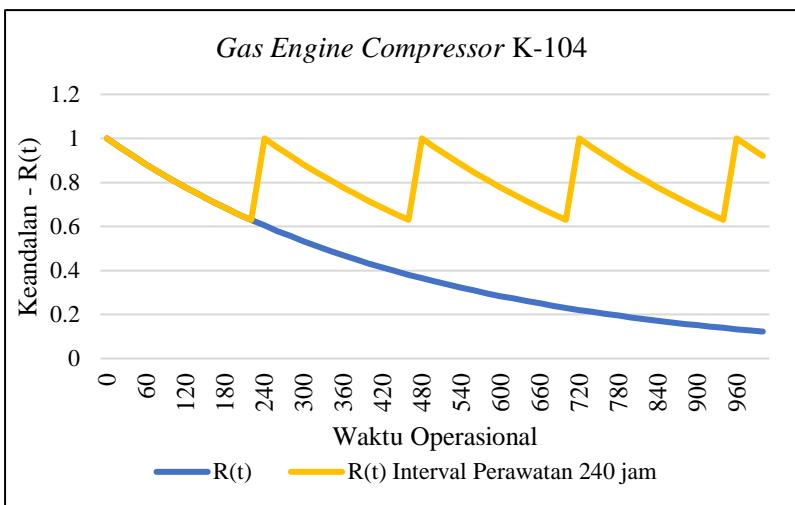
Setelah diketahui distribusi yang tepat, data TTF didistribusikan menggunakan distribusi Exponensial. Dari distribusi tersebut didapatkan parameter Lambda (λ) = 0.0021. Parameter tersebut kemudian dimasukkan ke persamaan 2.3 untuk mengetahui keandalannya. Berikut merupakan grafik keandalan dari GEC K-102:



Gambar 4.7 Grafik keandalan GEC K-104 terhadap waktu operasional

Berdasarkan grafik di atas, bisa diketahui bahwa nilai keandalan GEC K-104 mencapai 0,6 pada saat waktu operasional $t = 240$ jam. Dari sini, bisa ditentukan bahwa interval perawatan yang tepat adalah setiap 240 jam waktu operasional atau 13 hari mengingat waktu operasional GEC K-104 adalah 18 jam per hari.

Dengan interval waktu perawatan tersebut, diharapkan grafik keandalan dari GEC K-104 menjadi seperti di bawah ini.



Gambar 4.8 Grafik perbandingan nilai keandalan GEC K-104

4.1.5 Analisis Kuantitatif *Gas Engine Compressor K-105*

Dalam kurun waktu Januari 2016 sampai September 2019, *Gas Engine Compressor* (GEC) K-105 mengalami kegagalan sebanyak 114 kali. Data lengkap bisa dilihat pada Lampiran VI.

Kemudian, berdasarkan data *Time to Failure* (TTF) tersebut dilakukan pengujian distribusi yang paling sesuai menggunakan *Software Reliasoft Weibull++*. Hasil yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 4.5 Data Pengujian Distribusi TTF GEC K-102

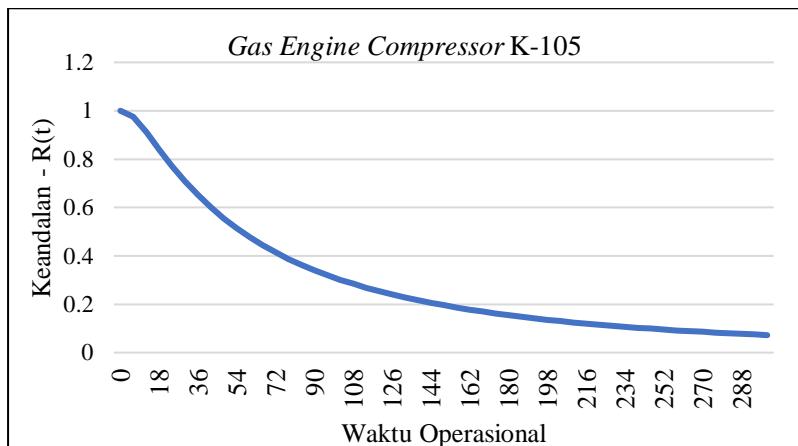
| DISTRIBUTION | AvGOF | AvPlot | LKV | Rank |
|---------------|---------|------------|------------|------|
| Exponensial 1 | 100 | 29.5153615 | -749.45831 | 2 |
| Exponensial 2 | DISCARD | DISCARD | DISCARD | 5 |
| Weibull 2 | 100 | 16.6377103 | -1298.3188 | 4 |
| Weibull 3 | DISCARD | DISCARD | DISCARD | 5 |

(Lanjutan Tabel 4.5)

| DISTRIBUTION | AvGOF | AvPlot | LKV | Rank |
|--------------|------------|------------|------------|------|
| Normal | 100 | 19.4549534 | -941.38644 | 3 |
| Lognormal | 99.9999999 | 13.7812415 | -654.56176 | 1 |

Berdasarkan data pengujian pada Tabel 4.5, nilai AVGOF (*Average Goodness of Fit*), AVPLOT (*Average of Plot Fit*) dan LKV (*Likelihood Function*) terkecil, yang merupakan nilai terbaik untuk hasil uji distribusi waktu kegagalan, terdapat pada jenis distribusi Lognormal.

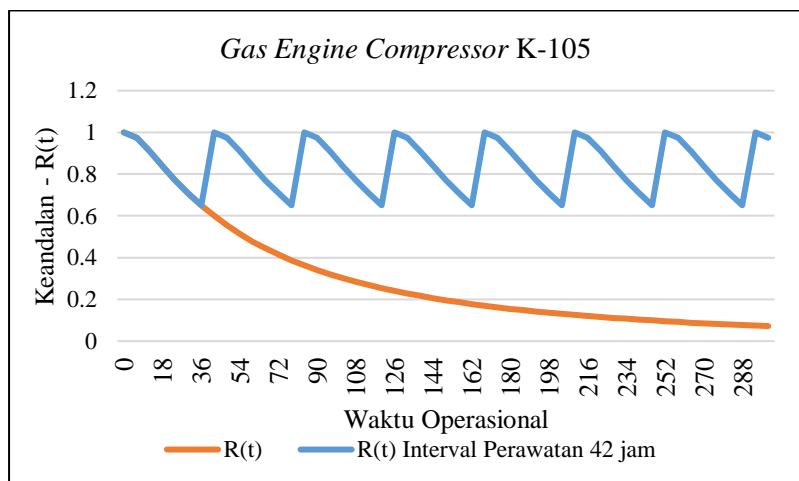
Setelah diketahui distribusi yang tepat, data TTF didistribusikan menggunakan distribusi Lognormal. Dari distribusi tersebut didapatkan parameter *Mean* (μ) = 4.028 dan Standar Deviasi (σ) = 1.1468. Parameter tersebut kemudian dimasukkan ke persamaan 2.11 untuk mengetahui keandalannya. Berikut merupakan grafik keandalan dari GEC K-105:



Gambar 4.9 Grafik keandalan GEC K-105 terhadap waktu operasional

Berdasarkan grafik di atas, bisa diketahui bahwa nilai keandalan GEC K-105 mencapai 0,6 pada saat waktu operasional $t = 42$ jam. Dari sini, bisa ditentukan bahwa interval perawatan yang tepat adalah setiap 42 jam waktu operasional atau 2 hari mengingat waktu operasional GEC K-105 adalah 18 jam per hari.

Dengan interval waktu perawatan tersebut, diharapkan grafik keandalan dari GEC K-105 menjadi seperti di bawah ini.



Gambar 4.10 Grafik perbandingan nilai keandalan GEC K-105

4.1.6 Analisis Kuantitatif *Gas Engine Compressor K-106*

Dalam kurun waktu Januari 2016 sampai September 2019, *Gas Engine Compressor* (GEC) K-106 mengalami kegagalan sebanyak 66 kali. Data lengkap bisa dilihat pada Lampiran VII.

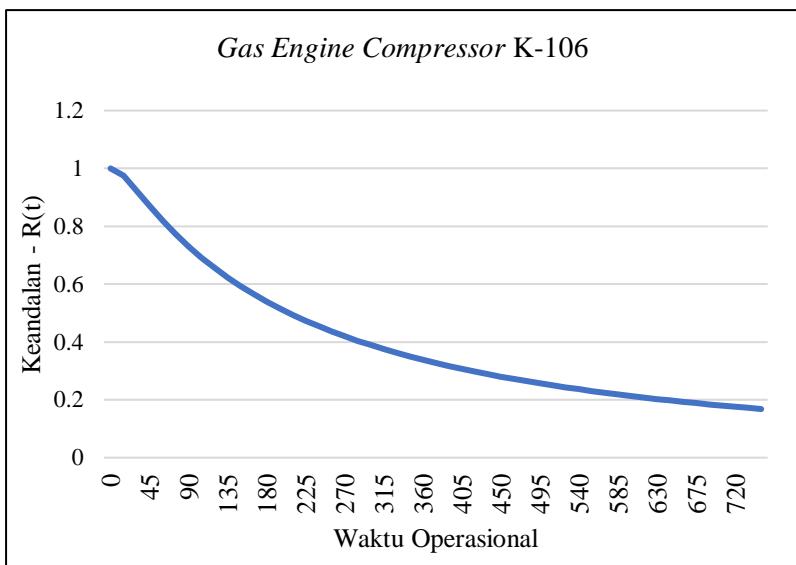
Kemudian, berdasarkan data *Time to Failure* (TTF) tersebut dilakukan pengujian distribusi yang paling sesuai menggunakan *Software Reliasoft Weibull++6*. Hasil yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4.6 Data Pengujian Distribusi TTF GEC K-106

| DISTRIBUTION | AvGOF | AvPlot | LKV | Rank |
|---------------|------------|------------|------------|------|
| Exponensial 1 | 98.369126 | 8.67306715 | -463.09346 | 2 |
| Exponensial 2 | DISCARD | DISCARD | DISCARD | 4 |
| Weibull 2 | 64.8805593 | 5.07473699 | -462.22687 | 1 |
| Weibull 3 | DISCARD | DISCARD | DISCARD | 4 |
| Normal | 99.1531506 | 9.98178901 | -513.30745 | 3 |
| Lognormal | 73.2407731 | 3.59976095 | -457.22035 | 1 |

Berdasarkan data pengujian pada Tabel 4.6, nilai AVGOF (*Average Goodness of Fit*), AVPLOT (*Average of Plot Fit*) dan LKV (*Likelihood Function*) terkecil, yang merupakan nilai terbaik untuk hasil uji distribusi waktu kegagalan, terdapat pada jenis distribusi Lognormal.

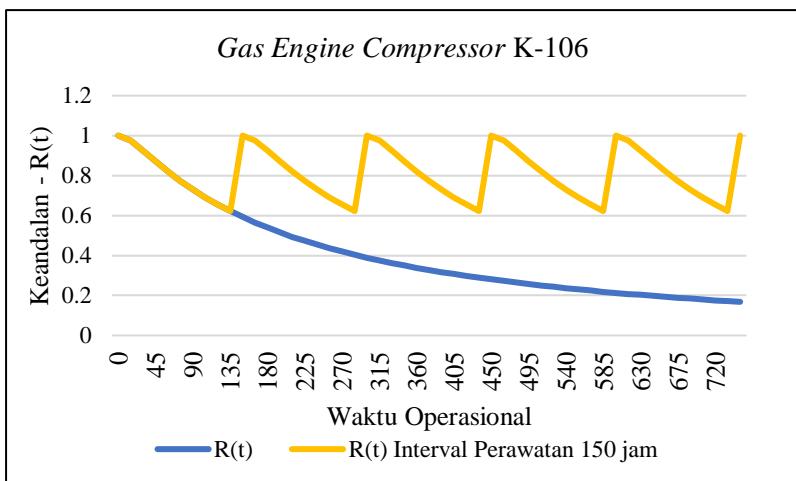
Setelah diketahui distribusi yang tepat, data TTF didistribusikan menggunakan distribusi Lognormal. Dari distribusi tersebut didapatkan parameter *Mean* (μ) = 5.3248 dan Standar Deviasi (σ) = 1.3458. Parameter tersebut kemudian dimasukkan ke persamaan 2.11 untuk mengetahui keandalannya. Berikut merupakan grafik keandalan dari GEC K-106:



Gambar 4.11 Grafik keandalan GEC K-106 terhadap waktu operasional

Berdasarkan grafik di atas, bisa diketahui bahwa nilai keandalan GEC K-106 mencapai 0,6 pada saat waktu operasional $t = 150$ jam. Dari sini, bisa ditentukan bahwa interval perawatan yang tepat adalah setiap 150 jam waktu operasional atau 8 hari mengingat waktu operasional GEC K-106 adalah 18 jam per hari.

Dengan interval waktu perawatan tersebut, diharapkan grafik keandalan dari GEC K-106 menjadi seperti di bawah ini.



Gambar 4.12 Grafik perbandingan nilai keandalan GEC K-106

4.1.7 Analisis Kuantitatif *Gas Engine Compressor* K-107

Dalam kurun waktu Januari 2016 sampai September 2019, *Gas Engine Compressor* (GEC) K-107 mengalami kegagalan sebanyak 41 kali. Data lengkap bisa dilihat pada Lampiran VIII.

Kemudian, berdasarkan data *Time to Failure* (TTF) tersebut dilakukan pengujian distribusi yang paling sesuai menggunakan Software Reliasoft Weibull++6. Hasil yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 4.7 di bawah ini.

Tabel 4.7 Data Pengujian Distribusi TTF GEC K-107

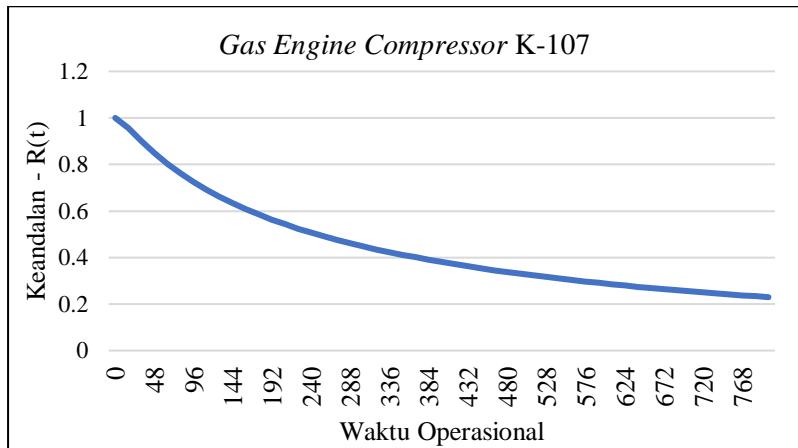
| DISTRIBUTION | AvGOF | AvPlot | LKV | Rank |
|---------------|------------|------------|------------|------|
| Exponensial 1 | 99.7802369 | 13.1697619 | -303.45545 | 4 |
| Exponensial 2 | DISCARD | DISCARD | DISCARD | 5 |
| Weibull 2 | 44.6386196 | 5.3747418 | -298.2797 | 2 |
| Weibull 3 | DISCARD | DISCARD | DISCARD | 5 |

(Lanjutan Tabel 4.7)

| DISTRIBUTION | AvGOF | AvPlot | LKV | Rank |
|--------------|------------|------------|------------|------|
| Normal | 98.7166936 | 11.2774582 | -336.69093 | 3 |
| Lognormal | 9.09546156 | 2.62315593 | -294.5078 | 1 |

Berdasarkan data pengujian pada Tabel 4.7, nilai AVGOF (*Average Goodness of Fit*), AVPLOT (*Average of Plot Fit*) dan LKV (*Likelihood Function*) terkecil, yang merupakan nilai terbaik untuk hasil uji distribusi waktu kegagalan, terdapat pada jenis distribusi Lognormal.

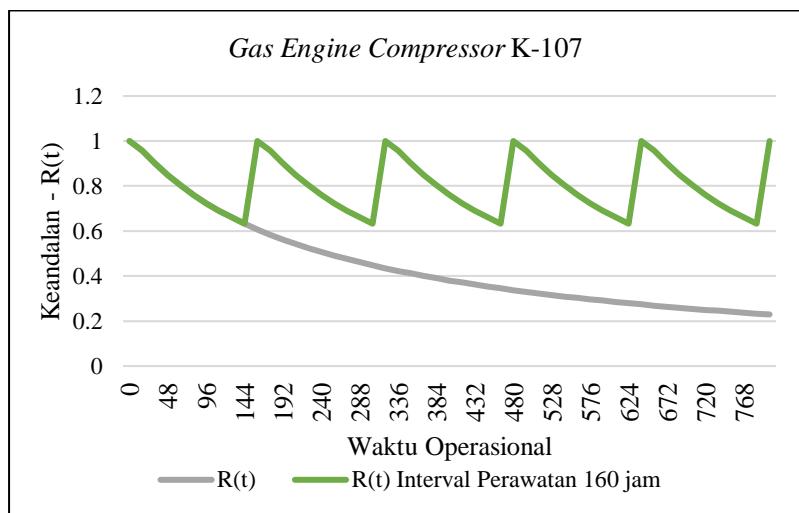
Setelah diketahui distribusi yang tepat, data TTF didistribusikan menggunakan distribusi Lognormal. Dari distribusi tersebut didapatkan parameter *Mean* (μ) = 5.5077 dan Standar Deviasi (σ) = 1.5872. Parameter tersebut kemudian dimasukkan ke persamaan 2.11 untuk mengetahui keandalannya. Berikut merupakan grafik keandalan dari GEC K-107:



Gambar 4.13 Grafik keandalan GEC K-107 terhadap waktu operasional

Berdasarkan grafik di atas, bisa diketahui bahwa nilai keandalan GEC K-107 mencapai 0,6 pada saat waktu operasional $t = 160$ jam. Dari sini, bisa ditentukan bahwa interval perawatan yang tepat adalah setiap 160 jam waktu operasional atau 10 hari mengingat waktu operasional GEC K-107 adalah 18 jam per hari.

Dengan interval waktu perawatan tersebut, diharapkan grafik keandalan dari GEC K-107 menjadi seperti di bawah ini.



Gambar 4.14 Grafik perbandingan nilai keandalan GEC K-107

4.1.8 Analisis Kuantitatif *Gas Engine Compressor K-108*

Dalam kurun waktu Januari 2016 sampai September 2019, *Gas Engine Compressor* (GEC) K-108 mengalami kegagalan sebanyak 51 kali. Data lengkap bisa dilihat pada Lampiran IX.

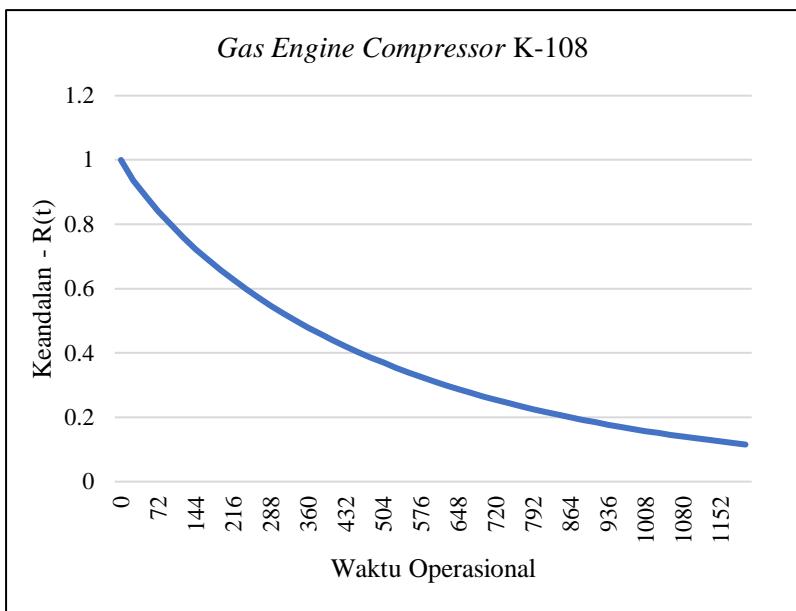
Kemudian, berdasarkan data *Time to Failure* (TTF) tersebut dilakukan pengujian distribusi yang paling sesuai menggunakan Software *Reliasoft Weibull++6*. Hasil yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 4.8 di bawah ini.

Tabel 4.8 Data Pengujian Distribusi TTF GEC K-108

| DISTRIBUTION | AvGOF | AvPlot | LKV | Rank |
|---------------|------------|------------|------------|------|
| Exponensial 1 | 82.3631023 | 5.54477947 | -368.84395 | 3 |
| Exponensial 2 | DISCARD | DISCARD | DISCARD | 5 |
| Weibull 2 | 12.071061 | 3.82431639 | -367.53321 | 1 |
| Weibull 3 | DISCARD | DISCARD | DISCARD | 5 |
| Normal | 93.3373399 | 8.39041069 | -396.34822 | 4 |
| Lognormal | 46.0547815 | 4.02596487 | -367.9545 | 2 |

Berdasarkan data pengujian pada Tabel 4.8, nilai AVGOF (*Average Goodness of Fit*), AVPLOT (*Average of Plot Fit*) dan LKV (*Likelihood Function*) terkecil, yang merupakan nilai terbaik untuk hasil uji distribusi waktu kegagalan, terdapat pada jenis distribusi Weibull.

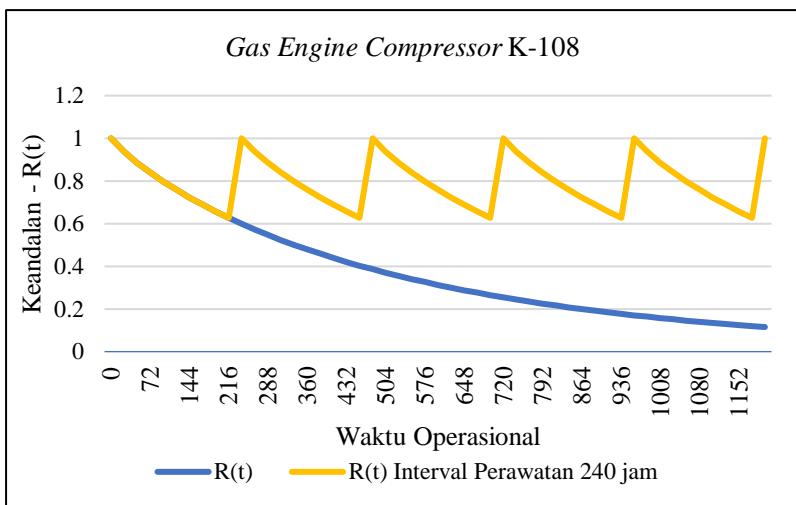
Setelah diketahui distribusi yang tepat, data TTF didistribusikan menggunakan distribusi Weibull 2. Dari distribusi tersebut didapatkan parameter Beta (β) = 0.8941 dan Eta (η) = 506.9372. Parameter tersebut kemudian dimasukkan ke persamaan 2.15 untuk mengetahui keandalannya. Berikut merupakan grafik keandalan dari GEC K-108:



Gambar 4.15 Grafik keandalan GEC K-108 terhadap waktu operasional

Berdasarkan grafik di atas, bisa diketahui bahwa nilai keandalan GEC K-108 mencapai 0,6 pada saat waktu operasional $t = 240$ jam. Dari sini, bisa ditentukan bahwa interval perawatan yang tepat adalah setiap 240 jam waktu operasional atau 13 hari mengingat waktu operasional GEC K-108 adalah 18 jam per hari.

Dengan interval waktu perawatan tersebut, diharapkan grafik keandalan dari GEC K-108 menjadi seperti di bawah ini.



Gambar 4.16 Grafik perbandingan nilai keandalan GEC K-108

4.1.9 Analisis Kuantitatif *Gas Engine Compressor K-109*

Dalam kurun waktu Januari 2016 sampai September 2019, *Gas Engine Compressor* (GEC) K-109 mengalami kegagalan sebanyak 57 kali. Data lengkap bisa dilihat pada Lampiran X.

Kemudian, berdasarkan data *Time to Failure* (TTF) tersebut dilakukan pengujian distribusi yang paling sesuai menggunakan *Software Reliasoft Weibull++*⁶. Hasil yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 4.9 di bawah ini.

Tabel 4.9 Data Pengujian Distribusi TTF GEC K-109

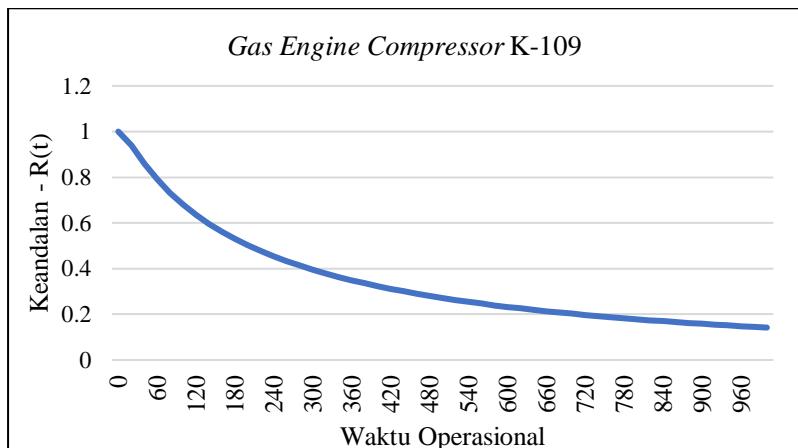
| DISTRIBUTION | AvGOF | AvPlot | LKV | Rank |
|---------------|------------|------------|------------|------|
| Exponensial 1 | 99.9993831 | 13.7575197 | -412.11152 | 4 |
| Exponensial 2 | DISCARD | DISCARD | DISCARD | 5 |
| Weibull 2 | 93.0202067 | 7.93898204 | -408.13612 | 2 |
| Weibull 3 | DISCARD | DISCARD | DISCARD | 5 |

(Lanjutan Tabel 4.9)

| DISTRIBUTION | AvGOF | AvPlot | LKV | Rank |
|--------------|------------|------------|------------|------|
| Normal | 99.796627 | 12.1364716 | -459.89505 | 3 |
| Lognormal | 68.0849981 | 4.95511883 | -398.73161 | 1 |

Berdasarkan data pengujian pada Tabel 4.9, nilai AVGOF (*Average Goodness of Fit*), AVPLOT (*Average of Plot Fit*) dan LKV (*Likelihood Function*) terkecil, yang merupakan nilai terbaik untuk hasil uji distribusi waktu kegagalan, terdapat pada jenis distribusi Lognormal.

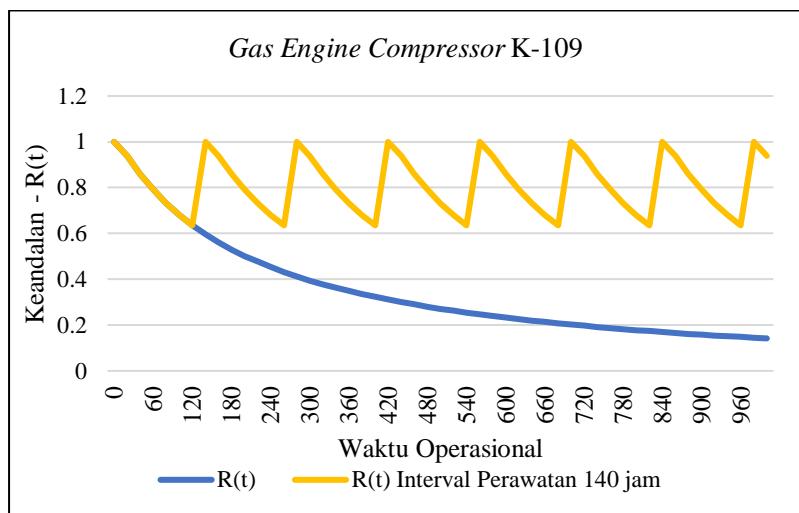
Setelah diketahui distribusi yang tepat, data TTF didistribusikan menggunakan distribusi Lognormal. Dari distribusi tersebut didapatkan parameter *Mean* (μ) = 5.3045 dan Standar Deviasi (σ) = 1.4944. Parameter tersebut kemudian dimasukkan ke persamaan 2.11 untuk mengetahui keandalannya. Berikut merupakan grafik keandalan dari GEC K-109:



Gambar 4.17 Grafik keandalan GEC K-109 terhadap waktu operasional

Berdasarkan grafik di atas, bisa diketahui bahwa nilai keandalan GEC K-109 mencapai 0,6 pada saat waktu operasional $t = 140$ jam. Dari sini, bisa ditentukan bahwa interval perawatan yang tepat adalah setiap 140 jam waktu operasional atau 8 hari mengingat waktu operasional GEC K-109 adalah 18 jam per hari.

Dengan interval waktu perawatan tersebut, diharapkan grafik keandalan dari GEC K-109 menjadi seperti di bawah ini.



Gambar 4.18 Grafik perbandingan nilai keandalan GEC K-109

4.1.10 Analisis Kuantitatif Gas Engine Compressor K-110

Dalam kurun waktu Januari 2016 sampai September 2019, *Gas Engine Compressor* (GEC) K-110 mengalami kegagalan sebanyak 70 kali. Data lengkap bisa dilihat pada Lampiran XI.

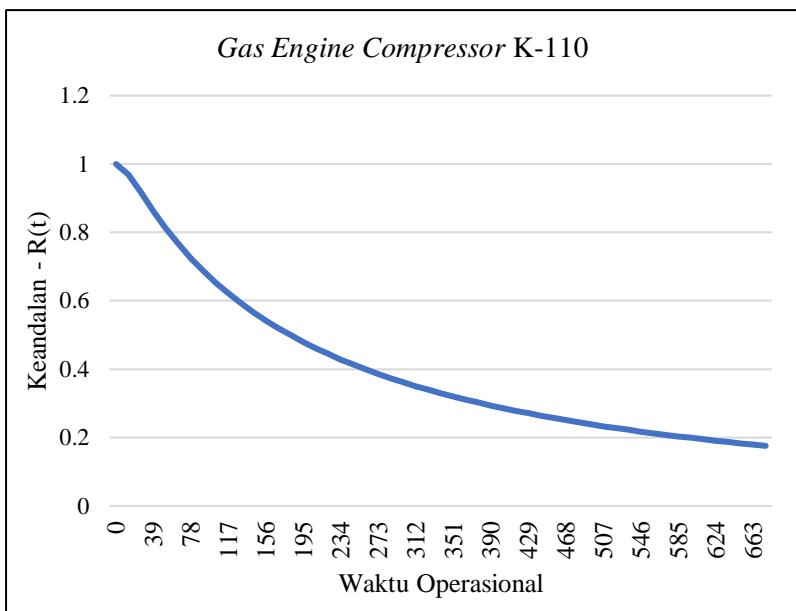
Kemudian, berdasarkan data *Time to Failure* (TTF) tersebut dilakukan pengujian distribusi yang paling sesuai menggunakan Software Reliasoft Weibull++6. Hasil yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 4.10 di bawah ini.

Tabel 4.10 Data Pengujian Distribusi TTF GEC K-110

| DISTRIBUTION | AvGOF | AvPlot | LKV | Rank |
|---------------|------------|------------|------------|------|
| Exponensial 1 | 99.8761633 | 10.9343194 | -489.18353 | 3 |
| Exponensial 2 | DISCARD | DISCARD | DISCARD | 5 |
| Weibull 2 | 89.9602313 | 4.47164472 | -487.44506 | 2 |
| Weibull 3 | DISCARD | DISCARD | DISCARD | 5 |
| Normal | 99.9562716 | 11.9828226 | -538.12831 | 4 |
| Lognormal | 55.786604 | 3.61533305 | -480.36756 | 1 |

Berdasarkan data pengujian pada Tabel 4.10, nilai AVGOF (*Average Goodness of Fit*), AVPLOT (*Average of Plot Fit*) dan LKV (*Likelihood Function*) terkecil, yang merupakan nilai terbaik untuk hasil uji distribusi waktu kegagalan, terdapat pada jenis distribusi Lognormal.

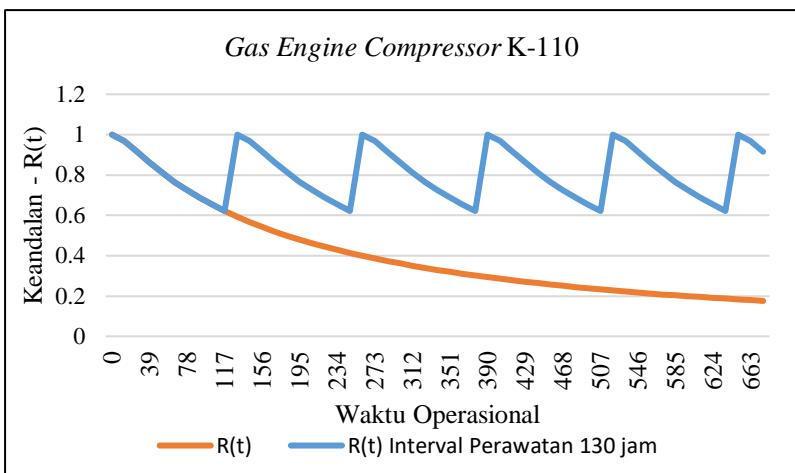
Setelah diketahui distribusi yang tepat, data TTF didistribusikan menggunakan distribusi Lognormal. Dari distribusi tersebut didapatkan parameter *Mean* (μ) = 5.1987 dan Standar Deviasi (σ) = 1.413. Parameter tersebut kemudian dimasukkan ke persamaan 2.11 untuk mengetahui keandalannya. Berikut merupakan grafik keandalan dari GEC K-110:



Gambar 4.19 Grafik keandalan GEC K-110 terhadap waktu operasional

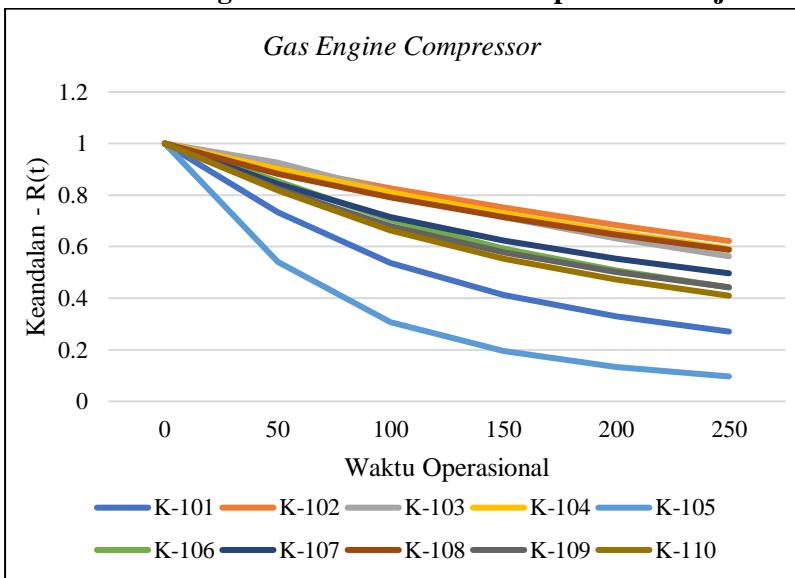
Berdasarkan grafik di atas, bisa diketahui bahwa nilai keandalan GEC K-110 mencapai 0,6 pada saat waktu operasional $t = 130$ jam. Dari sini, bisa ditentukan bahwa interval perawatan yang tepat adalah setiap 130 jam waktu operasional atau 7 hari mengingat waktu operasional GEC K-110 adalah 18 jam per hari.

Dengan interval waktu perawatan tersebut, diharapkan grafik keandalan dari GEC K-110 menjadi seperti di bawah ini.



Gambar 4.20 Grafik perbandingan nilai keandalan GEC K-110

4.1.11 Perbandingan Nilai Keandalan GEC pada $t = 250$ jam



Gambar 4.21 Grafik perbandingan nilai keandalan GEC

Pada saat ini, PT. Perta Daya Gas menerapkan interval perawatan selama 250 jam waktu operasional pada *Gas Engine Compressor* (GEC). Berdasarkan data kerusakan yang telah diolah dan menunjukkan nilai keandalan pada masing – masing mesin, bisa diketahui GEC mana yang paling *reliable* dan sebaliknya dengan cara membandingkan nilai keandalan yang ada pada waktu operasional $t = 250$ jam. Nilai keandalan $t = 250$ jam pada grafik di atas diuraikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.11 Nilai keandalan GEC pada $t = 250$ jam

| Rank | <i>Gas Engine Compressor</i> | Nilai Keandalan |
|------|------------------------------|-----------------|
| 1 | K-102 | 0.621883 |
| 2 | K-104 | 0.591553 |
| 3 | K-108 | 0.587726 |
| 4 | K-103 | 0.562606 |
| 5 | K-107 | 0.496643 |
| 6 | K-109 | 0.442396 |
| 7 | K-106 | 0.442022 |
| 8 | K-110 | 0.409778 |
| 9 | K-101 | 0.270556 |
| 10 | K-105 | 0.096591 |

Berdasarkan grafik perbandingan dan tabel di atas, mesin yang paling optimal dengan interval waktu perawatan $t = 250$ jam adalah GEC K-102 pada nilai keandalan 0.622 dan GEC K-105 merupakan mesin paling tidak optimal jika dilakukan perawatan pada $t = 250$ jam dengan nilai keandalan 0.097.

Berdasarkan data yang telah diolah, hanya K-102 yang optimal jika menerapkan interval waktu perawatan 250 jam. K-104, K-108

dan K-103 memiliki hasil yang mendekati optimal jika menerapkan interval perawatan ini. Sedangkan jika diterapkan pada K-107, K-109, K-106 dan K-110, hasilnya tidak akan optimal. Kemudian K-101 dan K-105 akan memiliki hasil yang sangat tidak optimal jika menerapkan interval perawatan ini terutama K-105.

4.2 Analisis Kualitatif

Analisis kualitatif yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menganalisis *Function, Function Failure, Failure Mode and Effect Analysis* dan *Recomended Action*.

Analisis ini dapat diterapkan ke semua *Gas Engine Compressor* karena GEC identik satu sama lain. *Process Flow Diagram* dalam proses kompresi gas pada CNG Plant Tambak Lorok dapat dilihat pada Lampiran XII.

Analisis kualitatif ini dilakukan pada *sub-system* yang ada pada GEC pada keseluruhan. *Sub-system* tersebut antara lain adalah *Gas Engine Lubrication System, Gas Engine Cooling System, Gas Engine Intake & Exhaust System, Gas Engine Fuel System, Gas Engine Ignition System, Gas Engine Drive System* dan *Compressor*. Hasil analisis dapat dilihat pada Lampiran XIII.

4.2 RCM Desicion Worksheet

Setelah dilakukan analisis kualitatif yang menggunakan metode dasar *Failure Mode and Effect Analysis*, analisis tersebut dijadikan acuan dalam penyusunan *RCM Desicion Worksheet*. *RCM Desicion Worksheet* ini yang menjadi rekomendasi perawatan pada *Gas Engine Compressor* dengan interval waktu perawatan sesuai dengan analisis kuantitatif yang telah dilakukan pada masing – masing *Gas Engine Compressor*. *RCM Desicion Worksheet* dapat dilihat pada Lampiran XIV.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis yang telah dilakukan pada *Gas Engine Compressor* (GEC) K-101, K-102, K-103, K-10, K-105, K-106, K-107, K-108, K-109 dan K-110, didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis kuantitatif yang telah dilakukan, penerapan interval waktu perawatan 250 jam yang saat ini diterapkan oleh PT. Perta Daya Gas hanya optimal untuk GEC K-102 saja. Sedangkan hasil penerapan yang paling tidak optimal dialami oleh GEC K-105.

2. Berdasarkan hasil analisis kuantitatif yang telah dilakukan, didapatkan interval waktu yang optimal untuk melakukan perawatan yaitu:
 - a. Interval perawatan yang optimal pada GEC K-101 adalah setiap 80 jam operasional atau 4 hari.
 - b. Interval perawatan yang optimal pada GEC K-102 adalah setiap 260 jam operasional atau 14 hari.
 - c. Interval perawatan yang optimal pada GEC K-103 adalah setiap 220 jam operasional atau 12 hari.
 - d. Interval perawatan yang optimal pada GEC K-104 adalah setiap 240 jam operasional atau 13 hari.
 - e. Interval perawatan yang optimal pada GEC K-105 adalah setiap 42 jam operasional atau 2 hari.
 - f. Interval perawatan yang optimal pada GEC K-106 adalah setiap 150 jam operasional atau 8 hari.
 - g. Interval perawatan yang optimal pada GEC K-107 adalah setiap 160 jam operasional atau 10 hari.

- h. Interval perawatan yang optimal pada GEC K-108 adalah setiap 240 jam operasional atau 13 hari.
 - i. Interval perawatan yang optimal pada GEC K-109 adalah setiap 140 jam operasional atau 8 hari.
 - j. Interval perawatan yang optimal pada GEC K-110 adalah setiap 130 jam operasional atau 7 hari.
- 3. Berdasarkan hasil analisis kualitatif yang telah dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut:
 - a. Pada *Gas Engine Lubrication System* terdapat 6 komponen utama dengan total *failure mode* sebanyak 11 macam. *Risk Priority Number* tertinggi yaitu pada komponen *Oil Pump* dan *Oil Cooler* dengan nilai masing – masing 800.
 - b. Pada *Gas Engine Cooling System* terdapat 7 komponen utama dengan total *failure mode* sebanyak 11 macam. *Risk Priority Number* tertinggi yaitu pada komponen *Cooling Fan* dan *Water Pump HT* dengan nilai masing – masing 810.
 - c. Pada *Gas Engine Intake & Exhaust System* terdapat 13 komponen utama dengan total *failure mode* sebanyak 17 macam. *Risk Priority Number* tertinggi yaitu pada komponen *Air Cleaner*, *Intake & Exhaust Valve Seats*, *Valve Stem*, *Intake Valve* dan *Exhaust Valve* dengan nilai masing – masing 810.
 - d. Pada *Gas Engine Fuel System* terdapat 3 komponen utama dengan total *failure mode* sebanyak 5 macam. *Risk Priority Number* tertinggi yaitu pada komponen *Gas Inlet* dengan nilai 600.
 - e. Pada *Gas Engine Ignition System* terdapat 3 komponen utama dengan total *failure mode* sebanyak 5 macam. *Risk Priority Number* tertinggi yaitu pada komponen *Alternator* dengan nilai 810.

- f. Pada *Gas Engine Drive System* terdapat 6 komponen utama dengan total *failure mode* sebanyak 11 macam. *Risk Priority Number* tertinggi yaitu pada komponen *Crankshaft* dengan nilai 640.
 - g. Pada *Compressor* terdapat 4 komponen utama dengan total *failure mode* sebanyak 9 macam. *Risk Priority Number* tertinggi yaitu pada komponen *Compressor Cylinder Parts* dengan 810.
4. Berdasarkan hasil penyusunan RCM *Desicion Worksheet* yang telah dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut:
- a. Pada *Gas Engine Lubrication System*, 11 *failure mode* yang ada dapat dicegah dengan *scheduled discard task*.
 - b. Pada *Gas Engine Cooling System*, 11 *failure mode* yang ada dapat dicegah dengan *scheduled discard task*.
 - c. Pada *Gas Engine Intake & Exhaust System*, 16 *failure mode* dapat dicegah dengan *scheduled discard task* dan 1 *failure mode* dapat dicegah dengan *scheduled restoration task*.
 - d. Pada *Gas Engine Fuel System*, 4 *failure mode* dapat dicegah dengan *scheduled discard task* dan 1 *failure mode* dapat dicegah dengan *scheduled restoration task*.
 - e. Pada *Gas Engine Ignition System*, 5 *failure mode* yang ada dapat dicegah dengan *scheduled discard task*.
 - f. Pada *Gas Engine Drive System*, 11 *failure mode* yang ada dapat dicegah dengan *scheduled discard task*.
 - g. Pada *Compressor*, 9 *failure mode* yang ada dapat dicegah dengan *scheduled discard task*.

5.2 Saran

1. Pendataan kerusakan yang terjadi didasarkan pada lama waktu operasional yang terjadi bukan berdasarkan tanggal dan waktu kejadian karena basis perhitungan keandalan didasarkan pada waktu operasional.
2. Dilakukan *breakdown* analisis kuantitatif kegagalan lanjutan pada setiap *sub-system* atau komponen utama agar memperoleh interval perawatan yang lebih optimal.
3. Penambahan instrumen analisis biaya perawatan dalam melakukan analisis kuantitatif.
4. Pada dasarnya, *Reliability Centered Maintenance* adalah metode perawatan fleksibel yang mampu menyesuaikan dengan kondisi yang ada. Jadi diperlukan evaluasi lanjutan agar metode yang digunakan tetap relevan dengan kondisi mesin.

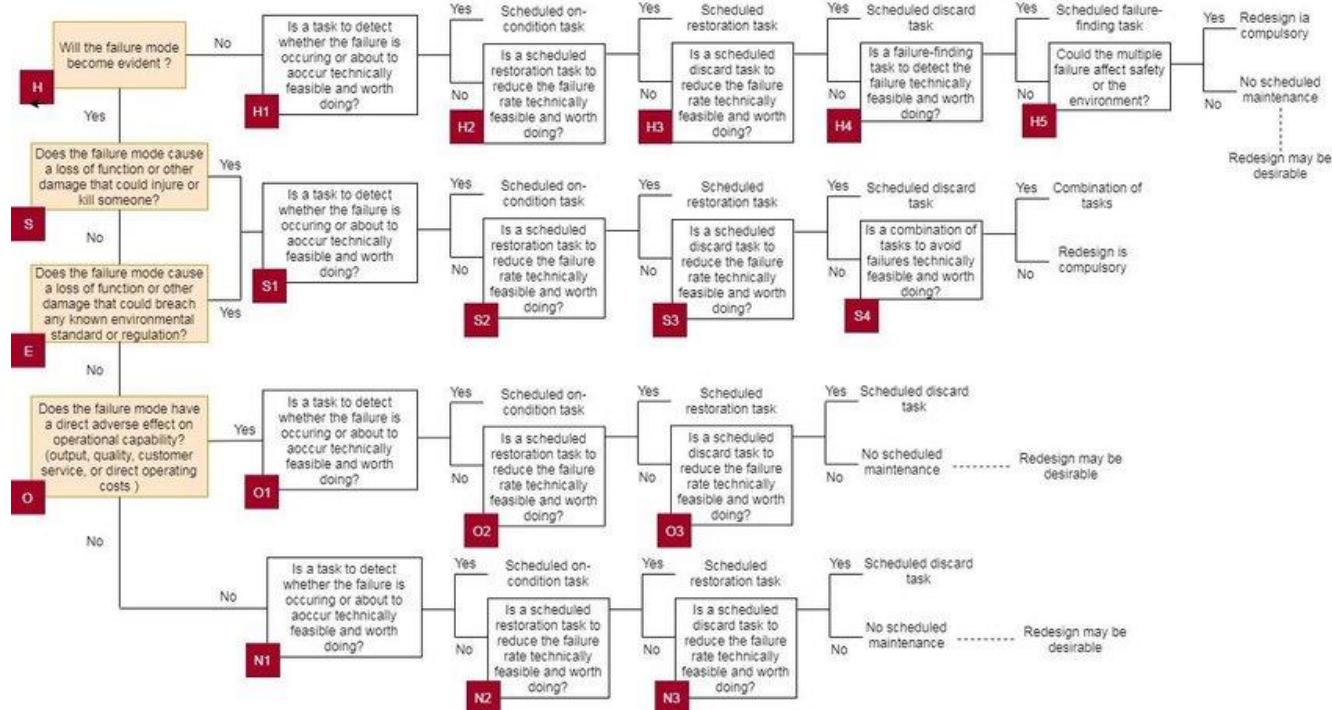
DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kwangshin Machine Industry Co., Ltd. “GEO CNG Compressor Technical Manual”. Gyeongsangnam-do, Korea Selatan.
- [2] Daewoo Heavy Industries & Machinery Ltd. 2004. “Generator Natural Gas Engine Operation and Manual”. Incheon, Korea Selatan.
- [3] Sudrajat, Ating. 2011. *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Makassar: PT. Refika Aditama.
- [4] Wang, H. & Pham, H. 2006. *Reliability and Optimal Maintenance*. New York: Springer.
- [5] Ebeling, Charles E. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New York: McGraw-Hill Internasional.
- [6] Globe, William M. 1998. *Control System Safety Evaluation & Reliability 2nd edition*. North Carolina: Internasional Society of Automation
- [7] Hendra, Dion. 2015. “Evaluasi Reliability dengan Metode Kuantitatif dan Kualitatif RCFA Unit Superheater dan Desuperheater pada HRSG 3.1 Plant di PT. PJB Unit Pembangkit Gresik”. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember – Teknik Fisika.
- [8] Moubray, John. 2000. *Reliability Centered Maintenance*. North Carolina: Lutterworth-Heinemann Ltd.
- [9] Deepak Prabhakar P., Dr. Jagathy Raj V.P. 2013. “A New Model For Reliability Centered Maintenance In Petroleum Refineries”. International Journal Of Scientific & Technology Research Volume 2, Issue 5.
- [10] Azis, Tahril M., Suprawhardana, Salman M., Purwanto, Teguh Pudji. “Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance

- (RCM) Berbasis Web pada Sistem Pendingin Primer di Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy”. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada – Jurnal Teknik Mesin dan Industri.
- [11] Rindiyah, Anita. 2014. “Penurunan Persediaan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance*”. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember – Teknik Mesin.
- [12] Fawwaz, Muhammad Dzaky. 2019. “Implementasi Metode *Reliability Centered Maintenance* pada Mesin Gilingan di PG. Krempong”. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember – Teknik Mesin Industri.
- [13] Octavia, Lily. 2010. “Aplikasi Metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk Pengendalian Kualitas pada Proses Heat Treatment PT. Mitsuba Indonesia”. Jakarta: Universitas Mercu Buana.

LAMPIRAN

Lampiran I RCM Decision Diagram



Lampiran II Time to Failure GEC K-101

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 1 | 22-Jul-2016 | 22-Jul-2016 | 2 | 0 | 0 |
| 2 | 26-Aug-2016 | 26-Aug-2016 | 2 | 35 | 840 |
| 3 | 28-Aug-2016 | 28-Aug-2016 | 6 | 2 | 48 |
| 4 | 14-Nov-2016 | 14-Nov-2016 | 1 | 78 | 1872 |
| 5 | 30-Nov-2016 | 30-Nov-2016 | 2 | 16 | 384 |
| 6 | 9-Jan-2017 | 9-Jan-2017 | 6 | 40 | 960 |
| 7 | 18-Jan-2017 | 18-Jan-2017 | 6 | 9 | 216 |
| 8 | 20-Jan-2017 | 23-Jan-2017 | 72 | 2 | 48 |
| 9 | 7-Mar-2017 | 7-Mar-2017 | 6 | 43 | 1032 |
| 10 | 31-Mar-2017 | 1-Apr-2017 | 24 | 24 | 576 |
| 11 | 10-Apr-2017 | 10-Apr-2017 | 6 | 9 | 216 |
| 12 | 17-Apr-2017 | 17-Apr-2017 | 5 | 7 | 168 |
| 13 | 8-May-2017 | 8-May-2017 | 6 | 21 | 504 |
| 14 | 16-May-2017 | 15-Jun-2017 | 720 | 8 | 192 |
| 15 | 7-Jul-2017 | 7-Jul-2017 | 2 | 22 | 528 |
| 16 | 6-Oct-2017 | 9-Oct-2017 | 72 | 91 | 2184 |
| 17 | 10-Oct-2017 | 10-Oct-2017 | 6 | 1 | 24 |
| 18 | 12-Oct-2017 | 12-Oct-2017 | 6 | 2 | 48 |
| 19 | 14-Oct-2017 | 14-Oct-2017 | 6 | 2 | 48 |
| 20 | 16-Oct-2017 | 16-Oct-2017 | 6 | 2 | 48 |
| 21 | 20-Oct-2017 | 20-Oct-2017 | 6 | 4 | 96 |
| 22 | 22-Oct-2017 | 22-Oct-2017 | 6 | 2 | 48 |
| 23 | 21-Nov-2017 | 21-Nov-2017 | 2 | 30 | 720 |
| 24 | 25-Dec-2017 | 25-Dec-2017 | 6 | 34 | 816 |
| 25 | 29-Dec-2017 | 29-Dec-2017 | 6 | 4 | 96 |

(Lanjutan Time to Failure GEC K-101)

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 26 | 30-Dec-2017 | 30-Dec-2017 | 6 | 1 | 24 |
| 27 | 5-Jan-2018 | 5-Jan-2018 | 6 | 6 | 144 |
| 28 | 8-Jan-2018 | 8-Jan-2018 | 3 | 3 | 72 |
| 29 | 7-May-2018 | 7-May-2018 | 2 | 119 | 2856 |
| 30 | 22-Jun-2018 | 22-Jun-2018 | 6 | 46 | 1104 |
| 31 | 29-Jun-2018 | 29-Jun-2018 | 4 | 7 | 168 |
| 32 | 17-Jul-2018 | 18-Jul-2018 | 24 | 18 | 432 |
| 33 | 1-Aug-2018 | 1-Aug-2018 | 2 | 14 | 336 |
| 34 | 8-Aug-2018 | 8-Sep-2018 | 720 | 7 | 168 |
| 35 | 25-Sep-2018 | 25-Sep-2018 | 4 | 17 | 408 |
| 36 | 8-Oct-2018 | 8-Nov-2018 | 720 | 13 | 312 |
| 37 | 23-Nov-2018 | 23-Nov-2018 | 4 | 15 | 360 |
| 38 | 4-Dec-2018 | 4-Jan-2019 | 720 | 11 | 264 |
| 39 | 7-Jan-2019 | 7-Jan-2019 | 6 | 3 | 72 |
| 40 | 12-Jan-2019 | 12-Jan-2019 | 15 | 5 | 120 |
| 41 | 30-Jan-2019 | 30-Jan-2019 | 7 | 18 | 432 |
| 42 | 1-Feb-2019 | 1-Feb-2019 | 9 | 2 | 48 |
| 43 | 16-Feb-2019 | 16-Feb-2019 | 3 | 15 | 360 |
| 44 | 18-Feb-2019 | 18-Feb-2019 | 14 | 2 | 48 |
| 45 | 19-Feb-2019 | 19-Feb-2019 | 7 | 1 | 24 |
| 46 | 21-Feb-2019 | 21-Feb-2019 | 17 | 2 | 48 |
| 47 | 22-Feb-2019 | 22-Feb-2019 | 12 | 1 | 24 |
| 48 | 24-Feb-2019 | 24-Feb-2019 | 5 | 2 | 48 |
| 49 | 3-Mar-2019 | 4-Mar-2019 | 37 | 7 | 168 |
| 50 | 5-Mar-2019 | 6-Mar-2019 | 25 | 1 | 24 |

(Lanjutan Time to Failure GEC K-101)

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 51 | 20-Mar-2019 | 20-Mar-2019 | 4 | 14 | 336 |
| 52 | 21-Mar-2019 | 21-Mar-2019 | 7 | 1 | 24 |
| 53 | 30-Mar-2019 | 30-Mar-2019 | 7 | 9 | 216 |
| 54 | 2-Apr-2019 | 2-Apr-2019 | 3 | 3 | 72 |
| 55 | 3-Apr-2019 | 3-Apr-2019 | 5 | 1 | 24 |
| 56 | 5-Apr-2019 | 5-Apr-2019 | 4 | 2 | 48 |
| 57 | 6-Apr-2019 | 6-Apr-2019 | 7 | 1 | 24 |
| 58 | 7-Apr-2019 | 7-Apr-2019 | 5 | 1 | 24 |
| 59 | 8-Apr-2019 | 8-Apr-2019 | 4 | 1 | 24 |
| 60 | 9-Apr-2019 | 9-Apr-2019 | 4 | 1 | 24 |
| 61 | 10-Apr-2019 | 10-Apr-2019 | 5 | 1 | 24 |
| 62 | 11-Apr-2019 | 11-Apr-2019 | 3 | 1 | 24 |
| 63 | 12-Apr-2019 | 12-Apr-2019 | 4 | 1 | 24 |
| 64 | 13-Apr-2019 | 13-Apr-2019 | 7 | 1 | 24 |
| 65 | 14-Apr-2019 | 14-Apr-2019 | 5 | 1 | 24 |
| 66 | 19-Apr-2019 | 19-Apr-2019 | 9 | 5 | 120 |
| 67 | 31-May-2019 | 31-May-2019 | 12 | 42 | 1008 |
| 68 | 1-Jun-2019 | 18-Jun-2019 | 420 | 1 | 24 |
| 69 | 19-Jul-2019 | 19-Jul-2019 | 7 | 31 | 744 |
| 70 | 21-Jul-2019 | 21-Jul-2019 | 3 | 2 | 48 |
| 71 | 25-Jul-2019 | 25-Jul-2019 | 11 | 4 | 96 |
| 72 | 7-Aug-2019 | 7-Aug-2019 | 9 | 13 | 312 |
| 73 | 10-Aug-2019 | 10-Aug-2019 | 9 | 3 | 72 |
| 74 | 14-Aug-2019 | 14-Aug-2019 | 8 | 4 | 96 |
| 75 | 16-Aug-2019 | 16-Aug-2019 | 3 | 2 | 48 |

(Lanjutan *Time to Failure* GEC K-101)

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 76 | 19-Aug-2019 | 19-Aug-2019 | 17 | 3 | 72 |
| 77 | 23-Aug-2019 | 23-Aug-2019 | 10 | 4 | 96 |
| 78 | 2-Sep-2019 | 2-Sep-2019 | 21 | 10 | 240 |
| 79 | 3-Sep-2019 | 3-Sep-2019 | 16 | 1 | 24 |
| 80 | 4-Sep-2019 | 4-Sep-2019 | 16 | 1 | 24 |
| 81 | 5-Sep-2019 | 5-Sep-2019 | 15 | 1 | 24 |
| 82 | 6-Sep-2019 | 6-Sep-2019 | 19 | 1 | 24 |
| 83 | 7-Sep-2019 | 7-Sep-2019 | 20 | 1 | 24 |
| 84 | 9-Sep-2019 | 9-Sep-2019 | 17 | 2 | 48 |
| 85 | 14-Sep-2019 | 14-Sep-2019 | 5 | 5 | 120 |
| 86 | 19-Sep-2019 | 19-Sep-2019 | 3 | 5 | 120 |
| 87 | 30-Sep-2019 | 30-Sep-2019 | 6 | 11 | 264 |

Lampiran III *Time to Failure* GEC K-102

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 1 | 17-Jul-2016 | 17-Jul-2016 | 2 | 0 | 0 |
| 2 | 22-Jul-2016 | 22-Jul-2016 | 2 | 5 | 120 |
| 3 | 4-Aug-2016 | 4-Aug-2016 | 2 | 13 | 312 |
| 4 | 5-Aug-2016 | 5-Aug-2016 | 2 | 1 | 24 |
| 5 | 31-Aug-2016 | 31-Aug-2016 | 4 | 26 | 624 |
| 6 | 11-Sep-2016 | 11-Sep-2016 | 2 | 11 | 264 |
| 7 | 23-Nov-2016 | 24-Nov-2016 | 24 | 73 | 1752 |
| 8 | 6-Jan-2017 | 6-Jan-2017 | 6 | 43 | 1032 |

(Lanjutan Time to Failure GEC K-102)

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 9 | 22-Jan-2017 | 22-Jan-2017 | 6 | 16 | 384 |
| 10 | 23-Jan-2017 | 23-Jan-2017 | 5 | 1 | 24 |
| 11 | 7-Mar-2017 | 7-Mar-2017 | 6 | 43 | 1032 |
| 12 | 10-Apr-2017 | 10-Apr-2017 | 4 | 34 | 816 |
| 13 | 17-Apr-2017 | 17-Apr-2017 | 2 | 7 | 168 |
| 14 | 19-Apr-2017 | 19-Apr-2017 | 2 | 2 | 48 |
| 15 | 16-May-2017 | 16-May-2017 | 3 | 27 | 648 |
| 16 | 5-Jun-2017 | 5-Jun-2017 | 4 | 20 | 480 |
| 17 | 10-Jun-2017 | 10-Jun-2017 | 4 | 5 | 120 |
| 18 | 20-Jun-2017 | 20-Jun-2017 | 4 | 10 | 240 |
| 19 | 4-Jul-2017 | 4-Jul-2017 | 2 | 14 | 336 |
| 20 | 11-Jul-2017 | 11-Jul-2017 | 7 | 7 | 168 |
| 21 | 16-Jul-2017 | 16-Jul-2017 | 1 | 5 | 120 |
| 22 | 21-Jul-2017 | 22-Jul-2017 | 24 | 5 | 120 |
| 23 | 8-Aug-2017 | 8-Aug-2017 | 4 | 17 | 408 |
| 24 | 6-Oct-2017 | 6-Oct-2017 | 4 | 59 | 1416 |
| 25 | 29-Oct-2017 | 29-Oct-2017 | 4 | 23 | 552 |
| 26 | 4-Dec-2017 | 4-Dec-2017 | 6 | 36 | 864 |
| 27 | 30-Dec-2017 | 30-Dec-2017 | 6 | 26 | 624 |
| 28 | 31-Jan-2018 | 31-Jan-2018 | 2 | 32 | 768 |
| 29 | 6-Feb-2018 | 6-Feb-2018 | 2 | 6 | 144 |
| 30 | 12-Mar-2018 | 12-Mar-2018 | 2 | 34 | 816 |
| 31 | 27-Mar-2018 | 27-Mar-2018 | 4 | 15 | 360 |
| 32 | 1-May-2018 | 8-May-2018 | 168 | 35 | 840 |
| 33 | 2-Jun-2018 | 2-Jun-2018 | 6 | 25 | 600 |

(Lanjutan Time to Failure GEC K-102)

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 34 | 8-Jul-2018 | 8-Jul-2018 | 4 | 36 | 864 |
| 35 | 23-Jul-2018 | 23-Jul-2018 | 4 | 15 | 360 |
| 36 | 13-Aug-2018 | 13-Aug-2018 | 4 | 21 | 504 |
| 37 | 12-Sep-2018 | 12-Sep-2018 | 4 | 30 | 720 |
| 38 | 17-Sep-2018 | 17-Sep-2018 | 6 | 5 | 120 |
| 39 | 30-Sep-2018 | 30-Sep-2018 | 5 | 13 | 312 |
| 40 | 3-Oct-2018 | 3-Oct-2018 | 2 | 3 | 72 |
| 41 | 26-Oct-2018 | 26-Oct-2018 | 6 | 23 | 552 |
| 42 | 2-Jan-2019 | 2-Jan-2019 | 15 | 68 | 1632 |
| 43 | 4-Jan-2019 | 4-Jan-2019 | 11 | 2 | 48 |
| 44 | 11-Jan-2019 | 11-Jan-2019 | 8 | 7 | 168 |
| 45 | 12-Jan-2019 | 12-Mar-2019 | 1425 | 1 | 24 |
| 46 | 19-Mar-2019 | 20-Mar-2019 | 24 | 7 | 168 |
| 47 | 22-Mar-2019 | 22-Mar-2019 | 3 | 2 | 48 |
| 48 | 6-Apr-2019 | 6-Apr-2019 | 3 | 15 | 360 |
| 49 | 15-Apr-2019 | 16-Apr-2019 | 34 | 9 | 216 |
| 50 | 21-Apr-2019 | 22-Apr-2019 | 23 | 5 | 120 |
| 51 | 25-Jul-2019 | 25-Jul-2019 | 3 | 94 | 2256 |
| 52 | 28-Sep-2019 | 28-Sep-2019 | 5 | 65 | 1560 |

Lampiran IV Time to Failure GEC K-103

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 1 | 2-Jul-2016 | 2-Jul-2016 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 14-Jul-2016 | 14-Jul-2016 | 1 | 12 | 288 |
| 3 | 26-Aug-2016 | 26-Aug-2016 | 6 | 43 | 1032 |
| 4 | 27-Aug-2016 | 27-Aug-2016 | 6 | 1 | 24 |
| 5 | 3-Dec-2016 | 4-Dec-2016 | 24 | 98 | 2352 |
| 6 | 23-Jan-2017 | 23-Jan-2017 | 5 | 50 | 1200 |
| 7 | 1-Feb-2017 | 2-Feb-2017 | 24 | 9 | 216 |
| 8 | 24-Mar-2017 | 24-Mar-2017 | 6 | 50 | 1200 |
| 9 | 16-May-2017 | 16-May-2017 | 5 | 53 | 1272 |
| 10 | 1-Jul-2017 | 1-Jul-2017 | 1 | 46 | 1104 |
| 11 | 22-Jul-2017 | 22-Jul-2017 | 2 | 21 | 504 |
| 12 | 1-Aug-2017 | 1-Aug-2017 | 2 | 10 | 240 |
| 13 | 4-Dec-2017 | 4-Dec-2017 | 6 | 125 | 3000 |
| 14 | 7-Dec-2017 | 7-Dec-2017 | 6 | 3 | 72 |
| 15 | 6-Apr-2018 | 7-Apr-2018 | 24 | 120 | 2880 |
| 16 | 16-Apr-2018 | 16-Apr-2018 | 4 | 9 | 216 |
| 17 | 27-May-2018 | 27-May-2018 | 4 | 41 | 984 |
| 18 | 16-Jun-2018 | 16-Jun-2018 | 6 | 20 | 480 |
| 19 | 19-Jun-2018 | 19-Jun-2018 | 2 | 3 | 72 |
| 20 | 8-Aug-2018 | 8-Aug-2018 | 1 | 50 | 1200 |
| 21 | 17-Aug-2018 | 17-Aug-2018 | 2 | 9 | 216 |
| 22 | 19-Aug-2018 | 19-Aug-2018 | 2 | 2 | 48 |
| 23 | 1-Sep-2018 | 1-Sep-2018 | 2 | 13 | 312 |
| 24 | 3-Sep-2018 | 3-Sep-2018 | 6 | 2 | 48 |
| 25 | 10-Sep-2018 | 10-Sep-2018 | 6 | 7 | 168 |

(Lanjutan Time to Failure GEC K-103)

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 26 | 19-Sep-2018 | 19-Sep-2018 | 1 | 9 | 216 |
| 27 | 30-Sep-2018 | 30-Sep-2018 | 6 | 11 | 264 |
| 28 | 10-Oct-2018 | 11-Oct-2018 | 24 | 10 | 240 |
| 29 | 24-Oct-2018 | 24-Oct-2018 | 6 | 13 | 312 |
| 30 | 26-Oct-2018 | 26-Oct-2018 | 6 | 2 | 48 |
| 31 | 29-Oct-2018 | 29-Oct-2018 | 6 | 3 | 72 |
| 32 | 15-Nov-2018 | 15-Nov-2018 | 6 | 17 | 408 |
| 33 | 4-Dec-2018 | 4-Dec-2018 | 2 | 19 | 456 |
| 34 | 6-Dec-2018 | 6-Dec-2018 | 6 | 2 | 48 |
| 35 | 16-Dec-2018 | 16-Dec-2018 | 2 | 10 | 240 |
| 36 | 30-Dec-2018 | 30-Dec-2018 | 2 | 14 | 336 |
| 37 | 1-Jan-2019 | 1-Jan-2019 | 7 | 2 | 48 |
| 38 | 1-Feb-2019 | 1-Feb-2019 | 15 | 31 | 744 |
| 39 | 23-Feb-2019 | 24-Feb-2019 | 22 | 22 | 528 |
| 40 | 26-Mar-2019 | 26-Mar-2019 | 3 | 30 | 720 |
| 41 | 30-Mar-2019 | 30-Mar-2019 | 4 | 4 | 96 |
| 42 | 28-Apr-2019 | 29-Apr-2019 | 27 | 29 | 696 |
| 43 | 6-May-2019 | 6-May-2019 | 4 | 7 | 168 |

Lampiran V Time to Failure GEC K-104

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 1 | 15-Aug-2016 | 15-Aug-2016 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 29-Aug-2016 | 29-Aug-2016 | 9 | 14 | 336 |
| 3 | 6-Sep-2016 | 6-Sep-2016 | 4 | 8 | 192 |
| 4 | 9-Sep-2016 | 9-Sep-2016 | 3 | 3 | 72 |
| 5 | 14-Sep-2016 | 14-Sep-2016 | 3 | 5 | 120 |
| 6 | 15-Dec-2016 | 15-Dec-2016 | 9 | 92 | 2208 |
| 7 | 17-Jan-2017 | 17-Jan-2017 | 6 | 33 | 792 |
| 8 | 20-Feb-2017 | 20-Feb-2017 | 6 | 34 | 816 |
| 9 | 27-Feb-2017 | 27-Feb-2017 | 6 | 7 | 168 |
| 10 | 7-Mar-17 | 7-Mar-17 | 5 | 8 | 192 |
| 11 | 20-Mar-17 | 20-Mar-17 | 5 | 13 | 312 |
| 12 | 21-Apr-17 | 21-Apr-17 | 2 | 32 | 768 |
| 13 | 18-May-17 | 18-May-17 | 4 | 27 | 648 |
| 14 | 8-Jul-17 | 8-Jul-17 | 1 | 51 | 1224 |
| 15 | 11-Jul-17 | 11-Jul-17 | 4 | 3 | 72 |
| 16 | 19-Aug-17 | 19-Aug-17 | 2 | 39 | 936 |
| 17 | 3-Oct-2017 | 3-Oct-2017 | 6 | 45 | 1080 |
| 18 | 4-Oct-2017 | 4-Oct-2017 | 6 | 1 | 24 |
| 19 | 8-Oct-2017 | 8-Oct-2017 | 6 | 4 | 96 |
| 20 | 2-Nov-2017 | 2-Nov-2017 | 6 | 25 | 600 |
| 21 | 22-Nov-2017 | 22-Nov-2017 | 2 | 20 | 480 |
| 22 | 7-Dec-2017 | 7-Dec-2017 | 6 | 15 | 360 |
| 23 | 28-Dec-2017 | 28-Dec-2017 | 2 | 21 | 504 |
| 24 | 11-Jan-2018 | 11-Jan-2018 | 4 | 14 | 336 |
| 25 | 31-Jan-2018 | 31-Jan-2018 | 5 | 20 | 480 |

(Lanjutan Time to Failure GEC K-104)

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 26 | 1-Feb-2018 | 1-Feb-2018 | 6 | 1 | 24 |
| 27 | 21-Feb-2018 | 21-Feb-2018 | 2 | 20 | 480 |
| 28 | 24-May-2018 | 24-May-2018 | 3 | 92 | 2208 |
| 29 | 7-Jun-2018 | 7-Jun-2018 | 4 | 14 | 336 |
| 30 | 16-Jul-2018 | 16-Jul-2018 | 3 | 39 | 936 |
| 31 | 14-Aug-2018 | 14-Aug-2018 | 1 | 29 | 696 |
| 32 | 21-Aug-2018 | 28-Aug-2018 | 168 | 7 | 168 |
| 33 | 11-Oct-2018 | 11-Oct-2018 | 3 | 44 | 1056 |
| 34 | 7-Nov-2018 | 14-Nov-2018 | 168 | 27 | 648 |
| 35 | 4-Dec-2018 | 4-Dec-2018 | 5 | 20 | 480 |
| 36 | 10-Dec-2018 | 10-Dec-2018 | 6 | 6 | 144 |
| 37 | 1-Feb-2019 | 1-Feb-2019 | 9 | 53 | 1272 |
| 38 | 9-Feb-2019 | 9-Feb-2019 | 7 | 8 | 192 |
| 39 | 12-Feb-2019 | 12-Feb-2019 | 12 | 3 | 72 |
| 40 | 19-Feb-2019 | 19-Feb-2019 | 17 | 7 | 168 |
| 41 | 2-Mar-2019 | 4-Mar-2019 | 42 | 11 | 264 |
| 42 | 20-Mar-2019 | 20-Mar-2019 | 3 | 16 | 384 |
| 43 | 5-Apr-2019 | 5-Apr-2019 | 12 | 16 | 384 |
| 44 | 14-Apr-2019 | 14-Apr-2019 | 4 | 9 | 216 |
| 45 | 16-Apr-2019 | 16-Apr-2019 | 4 | 2 | 48 |
| 46 | 18-Apr-2019 | 18-Apr-2019 | 3 | 2 | 48 |
| 47 | 22-Apr-2019 | 22-Apr-2019 | 4 | 4 | 96 |
| 48 | 25-Apr-2019 | 25-Apr-2019 | 4 | 3 | 72 |
| 49 | 28-Apr-2019 | 29-Apr-2019 | 25 | 3 | 72 |
| 50 | 15-May-2019 | 15-May-2019 | 4 | 16 | 384 |

(Lanjutan *Time to Failure* GEC K-104)

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 51 | 17-May-2019 | 17-May-2019 | 6 | 2 | 48 |
| 52 | 19-May-2019 | 19-May-2019 | 12 | 2 | 48 |
| 53 | 21-May-2019 | 21-May-2019 | 8 | 2 | 48 |
| 54 | 24-May-2019 | 24-May-2019 | 5 | 3 | 72 |
| 55 | 2-Jun-2019 | 2-Jun-2019 | 8 | 9 | 216 |

Lampiran VI *Time to Failure* GEC K-105

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 1 | 4-Mar-2016 | 4-Mar-2016 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 22-Aug-2016 | 22-Aug-2016 | 7 | 171 | 4104 |
| 3 | 9-Sep-2016 | 9-Sep-2016 | 3 | 18 | 432 |
| 4 | 6-Nov-2016 | 6-Nov-2016 | 3 | 58 | 1392 |
| 5 | 17-Nov-2016 | 17-Nov-2016 | 7 | 11 | 264 |
| 6 | 21-Dec-2016 | 21-Dec-2016 | 7 | 34 | 816 |
| 7 | 21-Feb-2017 | 21-Feb-2017 | 7 | 62 | 1488 |
| 8 | 9-May-2017 | 9-May-2017 | 6 | 77 | 1848 |
| 9 | 18-May-2017 | 18-May-2017 | 24 | 9 | 216 |
| 10 | 10-Jun-2017 | 10-Jun-2017 | 3 | 23 | 552 |
| 11 | 13-Jul-2017 | 13-Jul-2017 | 6 | 33 | 792 |
| 12 | 16-Aug-2017 | 16-Aug-2017 | 3 | 34 | 816 |
| 13 | 1-Sep-2017 | 1-Sep-2017 | 2 | 16 | 384 |
| 14 | 4-Oct-2017 | 4-Oct-2017 | 6 | 33 | 792 |
| 15 | 6-Oct-2017 | 6-Oct-2017 | 3 | 2 | 48 |

(Lanjutan Time to Failure GEC K-105)

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 16 | 9-Oct-2017 | 9-Oct-2017 | 6 | 3 | 72 |
| 17 | 24-Oct-2017 | 24-Oct-2017 | 6 | 15 | 360 |
| 18 | 2-Nov-2017 | 2-Nov-2017 | 6 | 9 | 216 |
| 19 | 15-May-2018 | 22-May-2018 | 168 | 194 | 4656 |
| 20 | 17-Sep-2018 | 17-Sep-2018 | 4 | 118 | 2832 |
| 21 | 4-Dec-2018 | 4-Dec-2018 | 2 | 78 | 1872 |
| 22 | 26-Dec-2018 | 26-Dec-2018 | 1 | 22 | 528 |
| 23 | 1-Jan-2019 | 1-Jan-2019 | 9 | 6 | 144 |
| 24 | 2-Jan-2019 | 2-Jan-2019 | 17 | 1 | 24 |
| 25 | 3-Jan-2019 | 3-Jan-2019 | 6 | 1 | 24 |
| 26 | 4-Jan-2019 | 4-Jan-2019 | 7 | 1 | 24 |
| 27 | 5-Jan-2019 | 5-Jan-2019 | 11 | 1 | 24 |
| 28 | 6-Jan-2019 | 6-Jan-2019 | 13 | 1 | 24 |
| 29 | 7-Jan-2019 | 7-Jan-2019 | 17 | 1 | 24 |
| 30 | 9-Jan-2019 | 9-Jan-2019 | 8 | 2 | 48 |
| 31 | 10-Jan-2019 | 10-Jan-2019 | 8 | 1 | 24 |
| 32 | 11-Jan-2019 | 11-Jan-2019 | 9 | 1 | 24 |
| 33 | 16-Jan-2019 | 16-Jan-2019 | 13 | 5 | 120 |
| 34 | 17-Jan-2019 | 17-Jan-2019 | 9 | 1 | 24 |
| 35 | 19-Jan-2019 | 19-Jan-2019 | 17 | 2 | 48 |
| 36 | 20-Jan-2019 | 20-Jan-2019 | 19 | 1 | 24 |
| 37 | 21-Jan-2019 | 21-Jan-2019 | 11 | 1 | 24 |
| 38 | 22-Jan-2019 | 22-Jan-2019 | 15 | 1 | 24 |
| 39 | 24-Jan-2019 | 24-Jan-2019 | 11 | 2 | 48 |
| 40 | 25-Jan-2019 | 25-Jan-2019 | 10 | 1 | 24 |

(Lanjutan Time to Failure GEC K-105)

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 41 | 27-Jan-2019 | 27-Jan-2019 | 10 | 2 | 48 |
| 42 | 28-Jan-2019 | 28-Jan-2019 | 18 | 1 | 24 |
| 43 | 29-Jan-2019 | 29-Jan-2019 | 11 | 1 | 24 |
| 44 | 30-Jan-2019 | 30-Jan-2019 | 13 | 1 | 24 |
| 45 | 31-Jan-2019 | 31-Jan-2019 | 11 | 1 | 24 |
| 46 | 1-Feb-2019 | 1-Feb-2019 | 11 | 1 | 24 |
| 47 | 2-Feb-2019 | 2-Feb-2019 | 16 | 1 | 24 |
| 48 | 3-Feb-2019 | 3-Feb-2019 | 15 | 1 | 24 |
| 49 | 4-Feb-2019 | 4-Feb-2019 | 17 | 1 | 24 |
| 50 | 5-Feb-2019 | 5-Feb-2019 | 17 | 1 | 24 |
| 51 | 6-Feb-2019 | 6-Feb-2019 | 8 | 1 | 24 |
| 52 | 7-Feb-2019 | 7-Feb-2019 | 12 | 1 | 24 |
| 53 | 8-Feb-2019 | 8-Feb-2019 | 9 | 1 | 24 |
| 54 | 9-Feb-2019 | 9-Feb-2019 | 4 | 1 | 24 |
| 55 | 10-Feb-2019 | 10-Feb-2019 | 8 | 1 | 24 |
| 56 | 11-Feb-2019 | 11-Feb-2019 | 10 | 1 | 24 |
| 57 | 12-Feb-2019 | 12-Feb-2019 | 9 | 1 | 24 |
| 58 | 13-Feb-2019 | 13-Feb-2019 | 10 | 1 | 24 |
| 59 | 14-Feb-2019 | 14-Feb-2019 | 10 | 1 | 24 |
| 60 | 16-Feb-2019 | 16-Feb-2019 | 8 | 2 | 48 |
| 61 | 18-Feb-2019 | 18-Feb-2019 | 11 | 2 | 48 |
| 62 | 19-Feb-2019 | 19-Feb-2019 | 10 | 1 | 24 |
| 63 | 20-Feb-2019 | 20-Feb-2019 | 8 | 1 | 24 |
| 64 | 24-Feb-2019 | 24-Feb-2019 | 11 | 4 | 96 |
| 65 | 25-Feb-2019 | 25-Feb-2019 | 6 | 1 | 24 |

(Lanjutan Time to Failure GEC K-105)

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 66 | 27-Feb-2019 | 27-Feb-2019 | 13 | 2 | 48 |
| 67 | 1-Mar-2019 | 1-Mar-2019 | 11 | 2 | 48 |
| 68 | 2-Mar-2019 | 3-Mar-2019 | 42 | 1 | 24 |
| 69 | 4-Mar-2019 | 5-Mar-2019 | 40 | 1 | 24 |
| 70 | 6-Mar-2019 | 6-Mar-2019 | 7 | 1 | 24 |
| 71 | 7-Mar-2019 | 7-Mar-2019 | 8 | 1 | 24 |
| 72 | 10-Mar-2019 | 10-Mar-2019 | 13 | 3 | 72 |
| 73 | 11-Mar-2019 | 11-Mar-2019 | 15 | 1 | 24 |
| 74 | 20-Mar-2019 | 20-Mar-2019 | 14 | 9 | 216 |
| 75 | 21-Mar-2019 | 21-Mar-2019 | 7 | 1 | 24 |
| 76 | 25-Mar-2019 | 26-Mar-2019 | 13 | 4 | 96 |
| 77 | 27-Mar-2019 | 30-Mar-2019 | 69 | 1 | 24 |
| 78 | 3-Apr-2019 | 3-Apr-2019 | 19 | 4 | 96 |
| 79 | 4-Apr-2019 | 4-Apr-2019 | 8 | 1 | 24 |
| 80 | 5-Apr-2019 | 5-Apr-2019 | 8 | 1 | 24 |
| 81 | 6-Apr-2019 | 6-Apr-2019 | 8 | 1 | 24 |
| 82 | 7-Apr-2019 | 7-Apr-2019 | 5 | 1 | 24 |
| 83 | 8-Apr-2019 | 8-Apr-2019 | 8 | 1 | 24 |
| 84 | 9-Apr-2019 | 9-Apr-2019 | 6 | 1 | 24 |
| 85 | 10-Apr-2019 | 10-Apr-2019 | 8 | 1 | 24 |
| 86 | 11-Apr-2019 | 11-Apr-2019 | 7 | 1 | 24 |
| 87 | 12-Apr-2019 | 12-Apr-2019 | 4 | 1 | 24 |
| 88 | 14-Apr-2019 | 14-Apr-2019 | 6 | 2 | 48 |
| 89 | 15-Apr-2019 | 15-Apr-2019 | 4 | 1 | 24 |
| 90 | 16-Apr-2019 | 16-Apr-2019 | 5 | 1 | 24 |

(Lanjutan Time to Failure GEC K-105)

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 91 | 18-Apr-2019 | 18-Apr-2019 | 6 | 2 | 48 |
| 92 | 19-Apr-2019 | 19-Apr-2019 | 6 | 1 | 24 |
| 93 | 20-Apr-2019 | 20-Apr-2019 | 5 | 1 | 24 |
| 94 | 21-Apr-2019 | 21-Apr-2019 | 6 | 1 | 24 |
| 95 | 22-Apr-2019 | 22-Apr-2019 | 6 | 1 | 24 |
| 96 | 23-Apr-2019 | 23-Apr-2019 | 10 | 1 | 24 |
| 97 | 24-Apr-2019 | 24-Apr-2019 | 8 | 1 | 24 |
| 98 | 25-Apr-2019 | 25-Apr-2019 | 6 | 1 | 24 |
| 99 | 27-Apr-2019 | 27-Apr-2019 | 6 | 2 | 48 |
| 100 | 6-May-2019 | 7-May-2019 | 30 | 9 | 216 |
| 101 | 9-May-2019 | 9-May-2019 | 4 | 2 | 48 |
| 102 | 15-May-2019 | 15-May-2019 | 7 | 6 | 144 |
| 103 | 16-May-2019 | 16-May-2019 | 13 | 1 | 24 |
| 104 | 17-May-2019 | 17-May-2019 | 7 | 1 | 24 |
| 105 | 18-May-2019 | 18-May-2019 | 8 | 1 | 24 |
| 106 | 20-May-2019 | 20-May-2019 | 7 | 2 | 48 |
| 107 | 21-May-2019 | 21-May-2019 | 7 | 1 | 24 |
| 108 | 23-May-2019 | 23-May-2019 | 8 | 2 | 48 |
| 109 | 24-May-2019 | 24-May-2019 | 9 | 1 | 24 |
| 110 | 27-May-2019 | 27-May-2019 | 12 | 3 | 72 |
| 111 | 30-May-2019 | 30-May-2019 | 7 | 3 | 72 |
| 112 | 31-May-2019 | 31-May-2019 | 8 | 1 | 24 |
| 113 | 1-Jun-2019 | 1-Jun-2019 | 13 | 1 | 24 |
| 114 | 2-Jun-2019 | 2-Jun-2019 | 10 | 1 | 24 |

Lampiran VII Time to Failure GEC K-106

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 1 | 6-Jan-2016 | 6-Jan-2016 | 2 | 0 | 0 |
| 2 | 14-Jan-2016 | 14-Jan-2016 | 1 | 8 | 192 |
| 3 | 2-Feb-2016 | 2-Feb-2016 | 2 | 19 | 456 |
| 4 | 5-Mar-2016 | 5-Mar-2016 | 2 | 32 | 768 |
| 5 | 6-Jun-2016 | 6-Jun-2016 | 2 | 93 | 2232 |
| 6 | 21-Jul-2016 | 21-Jul-2016 | 2 | 45 | 1080 |
| 7 | 16-Aug-2016 | 16-Aug-2016 | 2 | 26 | 624 |
| 8 | 29-Aug-2016 | 29-Aug-2016 | 2 | 13 | 312 |
| 9 | 2-Sep-2016 | 7-Sep-2016 | 120 | 4 | 96 |
| 10 | 8-Sep-2016 | 8-Sep-2016 | 2 | 1 | 24 |
| 11 | 16-Sep-2016 | 16-Sep-2016 | 2 | 8 | 192 |
| 12 | 18-Sep-2016 | 18-Sep-2016 | 3 | 2 | 48 |
| 13 | 14-Oct-2016 | 14-Oct-2016 | 1 | 26 | 624 |
| 14 | 27-Feb-2017 | 27-Feb-2017 | 2 | 136 | 3264 |
| 15 | 29-Mar-2017 | 29-Mar-2017 | 6 | 30 | 720 |
| 16 | 7-Apr-2017 | 12-Apr-2017 | 120 | 9 | 216 |
| 17 | 17-Apr-2017 | 17-Apr-2017 | 7 | 5 | 120 |
| 18 | 16-May-2017 | 16-May-2017 | 2 | 29 | 696 |
| 19 | 23-May-2017 | 23-May-2017 | 2 | 7 | 168 |
| 20 | 30-May-2017 | 30-May-2017 | 2 | 7 | 168 |
| 21 | 10-Jun-2017 | 10-Jun-2017 | 3 | 11 | 264 |
| 22 | 11-Jul-2017 | 11-Jul-2017 | 1 | 31 | 744 |
| 23 | 12-Jul-2017 | 12-Jul-2017 | 5 | 1 | 24 |
| 24 | 30-Jul-2017 | 30-Jul-2017 | 2 | 18 | 432 |
| 25 | 10-Sep-2017 | 10-Sep-2017 | 3 | 42 | 1008 |

(Lanjutan Time to Failure GEC K-106)

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 26 | 6-Oct-2017 | 6-Oct-2017 | 3 | 26 | 624 |
| 27 | 24-Oct-2017 | 24-Oct-2017 | 6 | 18 | 432 |
| 28 | 31-Oct-2017 | 31-Oct-2017 | 1 | 7 | 168 |
| 29 | 2-Nov-2017 | 2-Nov-2017 | 2 | 2 | 48 |
| 30 | 2-Dec-2017 | 2-Dec-2017 | 1 | 30 | 720 |
| 31 | 3-Dec-2017 | 3-Dec-2017 | 4 | 1 | 24 |
| 32 | 22-Jan-2018 | 22-Jan-2018 | 7 | 50 | 1200 |
| 33 | 24-Jan-2018 | 24-Jan-2018 | 2 | 2 | 48 |
| 34 | 20-Feb-2018 | 20-Feb-2018 | 1 | 27 | 648 |
| 35 | 15-Mar-2018 | 15-Mar-2018 | 4 | 23 | 552 |
| 36 | 7-Apr-2018 | 12-Apr-2018 | 120 | 23 | 552 |
| 37 | 20-May-2018 | 20-May-2018 | 2 | 38 | 912 |
| 38 | 26-Sep-2018 | 1-Oct-2018 | 120 | 129 | 3096 |
| 39 | 6-Oct-2018 | 6-Oct-2018 | 6 | 5 | 120 |
| 40 | 16-Oct-2018 | 16-Oct-2018 | 5 | 10 | 240 |
| 41 | 7-Nov-2018 | 7-Nov-2018 | 1 | 22 | 528 |
| 42 | 4-Dec-2018 | 4-Dec-2018 | 2 | 27 | 648 |
| 43 | 7-Dec-2018 | 7-Dec-2018 | 1 | 3 | 72 |
| 44 | 4-Jan-2019 | 4-Jan-2019 | 7 | 28 | 672 |
| 45 | 10-Jan-2019 | 10-Jan-2019 | 12 | 6 | 144 |
| 46 | 21-Jan-2019 | 21-Jan-2019 | 7 | 11 | 264 |
| 47 | 26-Jan-2019 | 26-Jan-2019 | 13 | 5 | 120 |
| 48 | 30-Jan-2019 | 30-Jan-2019 | 6 | 4 | 96 |
| 49 | 4-Feb-2019 | 7-Feb-2019 | 70 | 5 | 120 |
| 50 | 11-Feb-2019 | 11-Feb-2019 | 9 | 4 | 96 |

(Lanjutan *Time to Failure* GEC K-106)

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 51 | 13-Feb-2019 | 13-Feb-2019 | 6 | 2 | 48 |
| 52 | 16-Feb-2019 | 16-Feb-2019 | 4 | 3 | 72 |
| 53 | 17-Feb-2019 | 17-Feb-2019 | 10 | 1 | 24 |
| 54 | 18-Feb-2019 | 18-Feb-2019 | 7 | 1 | 24 |
| 55 | 19-Feb-2019 | 19-Feb-2019 | 4 | 1 | 24 |
| 56 | 20-Feb-2019 | 20-Feb-2019 | 6 | 1 | 24 |
| 57 | 24-Feb-2019 | 24-Feb-2019 | 7 | 4 | 96 |
| 58 | 27-Feb-2019 | 27-Feb-2019 | 12 | 3 | 72 |
| 59 | 28-Feb-2019 | 28-Feb-2019 | 8 | 1 | 24 |
| 60 | 1-Mar-2019 | 1-Mar-2019 | 6 | 1 | 24 |
| 61 | 3-Mar-2019 | 3-Mar-2019 | 22 | 2 | 48 |
| 62 | 3-Apr-2019 | 3-Apr-2019 | 12 | 31 | 744 |
| 63 | 24-Apr-2019 | 24-Apr-2019 | 4 | 21 | 504 |
| 64 | 27-Apr-2019 | 27-Apr-2019 | 8 | 3 | 72 |
| 65 | 26-May-2019 | 26-May-2019 | 15 | 29 | 696 |
| 66 | 2-Jun-2019 | 2-Jun-2019 | 15 | 7 | 168 |

Lampiran VIII *Time to Failure* GEC K-107

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 1 | 3-Feb-2016 | 3-Feb-2016 | 5 | 0 | 0 |
| 2 | 6-Sep-2016 | 6-Sep-2016 | 3 | 216 | 5184 |
| 3 | 13-Sep-2016 | 13-Sep-2016 | 5 | 7 | 168 |
| 4 | 17-Sep-2016 | 17-Sep-2016 | 2 | 4 | 96 |

(Lanjutan Time to Failure GEC K-107)

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 5 | 7-Nov-2016 | 7-Nov-2016 | 3 | 51 | 1224 |
| 6 | 16-Nov-2016 | 16-Nov-2016 | 3 | 9 | 216 |
| 7 | 28-Dec-2016 | 28-Dec-2016 | 3 | 42 | 1008 |
| 8 | 21-Feb-2017 | 21-Feb-2017 | 3 | 55 | 1320 |
| 9 | 28-Feb-2017 | 28-Feb-2017 | 2 | 7 | 168 |
| 10 | 8-May-2017 | 8-May-2017 | 5 | 69 | 1656 |
| 11 | 9-May-2017 | 9-May-2017 | 5 | 1 | 24 |
| 12 | 12-May-2017 | 12-May-2017 | 2 | 3 | 72 |
| 13 | 4-Jul-2017 | 4-Jul-2017 | 5 | 53 | 1272 |
| 14 | 16-Sep-2017 | 16-Sep-2017 | 1 | 74 | 1776 |
| 15 | 21-Dec-2017 | 21-Dec-2017 | 2 | 96 | 2304 |
| 16 | 23-Dec-2017 | 23-Dec-2017 | 4 | 2 | 48 |
| 17 | 28-Dec-2017 | 28-Dec-2017 | 4 | 5 | 120 |
| 18 | 19-Mar-2018 | 19-Mar-2018 | 3 | 81 | 1944 |
| 19 | 8-Apr-2018 | 8-Apr-2018 | 5 | 20 | 480 |
| 20 | 9-Apr-2018 | 9-Apr-2018 | 3 | 1 | 24 |
| 21 | 8-Sep-2018 | 8-Sep-2018 | 2 | 152 | 3648 |
| 22 | 25-Sep-2018 | 25-Sep-2018 | 3 | 17 | 408 |
| 23 | 30-Sep-2018 | 30-Sep-2018 | 3 | 5 | 120 |
| 24 | 3-Oct-2018 | 3-Oct-2018 | 3 | 3 | 72 |
| 25 | 11-Oct-2018 | 11-Oct-2018 | 3 | 8 | 192 |
| 26 | 15-Oct-2018 | 15-Oct-2018 | 3 | 4 | 96 |
| 27 | 6-Dec-2018 | 6-Dec-2018 | 4 | 52 | 1248 |
| 28 | 7-Dec-2018 | 7-Dec-2018 | 2 | 1 | 24 |
| 29 | 2-Jan-2019 | 2-Jan-2019 | 4 | 26 | 624 |

(Lanjutan *Time to Failure* GEC K-107)

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 30 | 2-Feb-2019 | 2-Feb-2019 | 14 | 31 | 744 |
| 31 | 21-Feb-2019 | 21-Feb-2019 | 4 | 19 | 456 |
| 32 | 24-Feb-2019 | 27-Feb-2019 | 63 | 3 | 72 |
| 33 | 28-Feb-2019 | 28-Feb-2019 | 8 | 1 | 24 |
| 34 | 9-Mar-2019 | 11-Mar-2019 | 53 | 9 | 216 |
| 35 | 12-Mar-2019 | 12-Mar-2019 | 7 | 1 | 24 |
| 36 | 27-Mar-2019 | 27-Mar-2019 | 4 | 15 | 360 |
| 37 | 29-Mar-2019 | 29-Mar-2019 | 4 | 2 | 48 |
| 38 | 30-Mar-2019 | 30-Mar-2019 | 7 | 1 | 24 |
| 39 | 9-Apr-2019 | 10-Apr-2019 | 32 | 10 | 240 |
| 40 | 23-Apr-2019 | 23-Apr-2019 | 11 | 13 | 312 |
| 41 | 28-Apr-2019 | 28-Apr-2019 | 4 | 5 | 120 |

Lampiran IX *Time to Failure* GEC K-108

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 1 | 10-Jan-2016 | 10-Jan-2016 | 6 | 0 | 0 |
| 2 | 29-Jan-2016 | 29-Jan-2016 | 1 | 19 | 456 |
| 3 | 4-Mar-2016 | 4-Mar-2016 | 1 | 35 | 840 |
| 4 | 1-Jun-2016 | 1-Jun-2016 | 3 | 89 | 2136 |
| 5 | 1-Jul-2016 | 1-Jul-2016 | 1 | 30 | 720 |
| 6 | 8-Aug-2016 | 8-Aug-2016 | 2 | 38 | 912 |
| 7 | 14-Sep-2016 | 14-Sep-2016 | 3 | 37 | 888 |
| 8 | 15-Sep-2016 | 15-Sep-2016 | 2 | 1 | 24 |

(Lanjutan Time to Failure GEC K-108)

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 9 | 18-Oct-2016 | 18-Oct-2016 | 1 | 33 | 792 |
| 10 | 10-Nov-2016 | 10-Nov-2016 | 4 | 23 | 552 |
| 11 | 15-Dec-2016 | 15-Dec-2016 | 6 | 35 | 840 |
| 12 | 9-Jan-2017 | 9-Jan-2017 | 6 | 25 | 600 |
| 13 | 12-Jan-2017 | 12-Jan-2017 | 2 | 3 | 72 |
| 14 | 13-Feb-2017 | 13-Feb-2017 | 6 | 32 | 768 |
| 15 | 10-Apr-2017 | 10-Apr-2017 | 5 | 56 | 1344 |
| 16 | 16-May-2017 | 16-May-2017 | 5 | 36 | 864 |
| 17 | 30-May-2017 | 30-May-2017 | 2 | 14 | 336 |
| 18 | 6-Jun-2017 | 6-Jun-2017 | 2 | 7 | 168 |
| 19 | 7-Jun-2017 | 7-Jun-2017 | 2 | 1 | 24 |
| 20 | 12-Jun-2017 | 12-Jun-2017 | 6 | 5 | 120 |
| 21 | 30-Sep-2017 | 30-Sep-2017 | 2 | 110 | 2640 |
| 22 | 3-Oct-2017 | 3-Oct-2017 | 6 | 3 | 72 |
| 23 | 30-Nov-2017 | 30-Nov-2017 | 6 | 58 | 1392 |
| 24 | 9-Dec-2017 | 9-Dec-2017 | 4 | 9 | 216 |
| 25 | 30-Dec-2017 | 30-Dec-2017 | 3 | 21 | 504 |
| 26 | 5-Feb-2018 | 5-Feb-2018 | 2 | 37 | 888 |
| 27 | 15-May-2018 | 22-May-2018 | 168 | 99 | 2376 |
| 28 | 24-May-2018 | 24-May-2018 | 4 | 2 | 48 |
| 29 | 8-Sep-2018 | 8-Sep-2018 | 2 | 107 | 2568 |
| 30 | 25-Sep-2018 | 25-Sep-2018 | 6 | 17 | 408 |
| 31 | 15-Nov-2018 | 15-Nov-2018 | 1 | 51 | 1224 |
| 32 | 19-Nov-2018 | 19-Nov-2018 | 6 | 4 | 96 |
| 33 | 5-Jan-2019 | 5-Jan-2019 | 5 | 47 | 1128 |

(Lanjutan Time to Failure GEC K-108)

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 34 | 7-Jan-2019 | 7-Jan-2019 | 8 | 2 | 48 |
| 35 | 9-Jan-2019 | 9-Jan-2019 | 8 | 2 | 48 |
| 36 | 10-Jan-2019 | 10-Jan-2019 | 11 | 1 | 24 |
| 37 | 11-Jan-2019 | 11-Jan-2019 | 7 | 1 | 24 |
| 38 | 20-Jan-2019 | 20-Jan-2019 | 10 | 9 | 216 |
| 39 | 8-Feb-2019 | 8-Feb-2019 | 5 | 19 | 456 |
| 40 | 9-Feb-2019 | 9-Feb-2019 | 3 | 1 | 24 |
| 41 | 18-Feb-2019 | 18-Feb-2019 | 6 | 9 | 216 |
| 42 | 19-Feb-2019 | 19-Feb-2019 | 5 | 1 | 24 |
| 43 | 24-Feb-2019 | 24-Feb-2019 | 5 | 5 | 120 |
| 44 | 8-Mar-2019 | 8-Mar-2019 | 10 | 12 | 288 |
| 45 | 16-Mar-2019 | 17-Mar-2019 | 35 | 8 | 192 |
| 46 | 14-Apr-2019 | 26-Apr-2019 | 301 | 28 | 672 |
| 47 | 4-May-2019 | 4-May-2019 | 8 | 8 | 192 |
| 48 | 21-May-2019 | 21-May-2019 | 5 | 17 | 408 |
| 49 | 25-May-2019 | 25-May-2019 | 5 | 4 | 96 |
| 50 | 31-May-2019 | 31-May-2019 | 3 | 6 | 144 |
| 51 | 2-Jun-2019 | 2-Jun-2019 | 7 | 2 | 48 |

Lampiran X Time to Failure GEC K-109

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 1 | 13-Jan-2016 | 13-Jan-2016 | 2 | 0 | 0 |
| 2 | 2-Apr-2016 | 2-Apr-2016 | 5 | 80 | 1920 |
| 3 | 12-Apr-2016 | 12-Apr-2016 | 2 | 10 | 240 |
| 4 | 17-May-2016 | 17-May-2016 | 2 | 35 | 840 |
| 5 | 28-Aug-2016 | 28-Aug-2016 | 1 | 103 | 2472 |
| 6 | 3-Sep-2016 | 3-Sep-2016 | 2 | 6 | 144 |
| 7 | 18-Sep-2016 | 18-Sep-2016 | 1 | 15 | 360 |
| 8 | 22-Sep-2016 | 22-Sep-2016 | 2 | 4 | 96 |
| 9 | 7-Nov-2016 | 7-Nov-2016 | 5 | 46 | 1104 |
| 10 | 1-Dec-2016 | 1-Dec-2016 | 2 | 24 | 576 |
| 11 | 2-Dec-2016 | 2-Dec-2016 | 4 | 1 | 24 |
| 12 | 27-Dec-2016 | 27-Dec-2016 | 2 | 25 | 600 |
| 13 | 27-Jan-2017 | 27-Jan-2017 | 2 | 31 | 744 |
| 14 | 20-Feb-2017 | 20-Feb-2017 | 5 | 24 | 576 |
| 15 | 16-May-2017 | 16-May-2017 | 5 | 85 | 2040 |
| 16 | 1-Jul-2017 | 1-Jul-2017 | 1 | 46 | 1104 |
| 17 | 30-Aug-2017 | 30-Aug-2017 | 5 | 60 | 1440 |
| 18 | 17-Mar-2018 | 17-Mar-2018 | 2 | 199 | 4776 |
| 19 | 3-May-2018 | 3-May-2018 | 4 | 47 | 1128 |
| 20 | 6-May-2018 | 6-May-2018 | 4 | 3 | 72 |
| 21 | 3-Jun-2018 | 3-Jun-2018 | 2 | 28 | 672 |
| 22 | 24-Aug-2018 | 24-Aug-2018 | 4 | 82 | 1968 |
| 23 | 6-Dec-2018 | 6-Dec-2018 | 4 | 104 | 2496 |
| 24 | 4-Jan-2019 | 4-Jan-2019 | 6 | 29 | 696 |
| 25 | 7-Jan-2019 | 7-Jan-2019 | 7 | 3 | 72 |

(Lanjutan Time to Failure GEC K-109)

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 26 | 30-Jan-2019 | 30-Jan-2019 | 7 | 23 | 552 |
| 27 | 1-Feb-2019 | 1-Feb-2019 | 11 | 2 | 48 |
| 28 | 2-Feb-2019 | 2-Feb-2019 | 12 | 1 | 24 |
| 29 | 5-Feb-2019 | 5-Feb-2019 | 3 | 3 | 72 |
| 30 | 12-Feb-2019 | 12-Feb-2019 | 6 | 7 | 168 |
| 31 | 13-Feb-2019 | 13-Feb-2019 | 6 | 1 | 24 |
| 32 | 16-Feb-2019 | 16-Feb-2019 | 11 | 3 | 72 |
| 33 | 20-Feb-2019 | 20-Feb-2019 | 7 | 4 | 96 |
| 34 | 23-Feb-2019 | 23-Feb-2019 | 15 | 3 | 72 |
| 35 | 26-Feb-2019 | 26-Feb-2019 | 11 | 3 | 72 |
| 36 | 27-Feb-2019 | 27-Feb-2019 | 8 | 1 | 24 |
| 37 | 1-Mar-2019 | 1-Mar-2019 | 5 | 2 | 48 |
| 38 | 7-Mar-2019 | 7-Mar-2019 | 8 | 6 | 144 |
| 39 | 10-Apr-2019 | 12-Apr-2019 | 50 | 34 | 816 |
| 40 | 17-Apr-2019 | 18-Apr-2019 | 25 | 5 | 120 |
| 41 | 23-Apr-2019 | 23-Apr-2019 | 5 | 5 | 120 |
| 42 | 18-May-2019 | 18-May-2019 | 6 | 25 | 600 |
| 43 | 30-May-2019 | 30-May-2019 | 3 | 12 | 288 |
| 44 | 31-May-2019 | 31-May-2019 | 5 | 1 | 24 |
| 45 | 2-Jun-2019 | 2-Jun-2019 | 9 | 2 | 48 |
| 46 | 8-Jun-2019 | 8-Jun-2019 | 17 | 6 | 144 |
| 47 | 17-Jun-2019 | 17-Jun-2019 | 3 | 9 | 216 |
| 48 | 23-Jun-2019 | 23-Jun-2019 | 3 | 6 | 144 |
| 49 | 25-Jun-2019 | 25-Jun-2019 | 5 | 2 | 48 |
| 50 | 28-Jun-2019 | 28-Jun-2019 | 5 | 3 | 72 |

(Lanjutan *Time to Failure* GEC K-109)

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 51 | 1-Jul-2019 | 1-Jul-2019 | 16 | 3 | 72 |
| 52 | 2-Jul-2019 | 2-Jul-2019 | 18 | 1 | 24 |
| 53 | 4-Jul-2019 | 4-Jul-2019 | 16 | 2 | 48 |
| 54 | 6-Jul-2019 | 6-Jul-2019 | 10 | 2 | 48 |
| 55 | 7-Jul-2019 | 7-Jul-2019 | 11 | 1 | 24 |
| 56 | 10-Jul-2019 | 10-Jul-2019 | 6 | 3 | 72 |
| 57 | 19-Aug-2019 | 12-Sep-2019 | 584 | 40 | 960 |

Lampiran XI *Time to Failure* GEC K-110

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 1 | 8-Jan-2016 | 8-Jan-2016 | 6 | 0 | 0 |
| 2 | 26-Jan-2016 | 26-Jan-2016 | 3 | 18 | 432 |
| 3 | 28-Apr-2016 | 28-Apr-2016 | 3 | 93 | 2232 |
| 4 | 11-May-2016 | 11-May-2016 | 1 | 13 | 312 |
| 5 | 13-May-2016 | 13-May-2016 | 6 | 2 | 48 |
| 6 | 24-May-2016 | 24-May-2016 | 1 | 11 | 264 |
| 7 | 1-Jun-2016 | 1-Jun-2016 | 2 | 8 | 192 |
| 8 | 27-Jun-2016 | 27-Jun-2016 | 6 | 26 | 624 |
| 9 | 16-Aug-2016 | 16-Aug-2016 | 2 | 50 | 1200 |
| 10 | 4-Oct-2016 | 4-Oct-2016 | 1 | 49 | 1176 |
| 11 | 2-Dec-2016 | 2-Dec-2016 | 2 | 59 | 1416 |
| 12 | 21-Dec-2016 | 21-Dec-2016 | 1 | 19 | 456 |
| 13 | 27-Dec-2016 | 27-Dec-2016 | 1 | 6 | 144 |

(Lanjutan Time to Failure GEC K-110)

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 14 | 30-Dec-2016 | 30-Dec-2016 | 2 | 3 | 72 |
| 15 | 9-Jan-2017 | 9-Jan-2017 | 2 | 10 | 240 |
| 16 | 9-Mar-2017 | 9-Mar-2017 | 5 | 59 | 1416 |
| 17 | 27-Mar-2017 | 27-Mar-2017 | 5 | 18 | 432 |
| 18 | 7-Apr-2017 | 7-Apr-2017 | 2 | 11 | 264 |
| 19 | 20-Apr-2017 | 20-Apr-2017 | 4 | 13 | 312 |
| 20 | 28-Apr-2017 | 28-Apr-2017 | 6 | 8 | 192 |
| 21 | 12-May-2017 | 12-May-2017 | 6 | 14 | 336 |
| 22 | 24-Jul-2017 | 24-Jul-2017 | 6 | 73 | 1752 |
| 23 | 20-Sep-2017 | 20-Sep-2017 | 4 | 58 | 1392 |
| 24 | 2-Oct-2017 | 2-Oct-2017 | 2 | 12 | 288 |
| 25 | 2-Nov-2017 | 2-Nov-2017 | 6 | 31 | 744 |
| 26 | 18-Jan-2018 | 18-Jan-2018 | 3 | 77 | 1848 |
| 27 | 12-Feb-2018 | 12-Feb-2018 | 2 | 25 | 600 |
| 28 | 7-May-2018 | 7-May-2018 | 2 | 84 | 2016 |
| 29 | 10-May-2018 | 10-May-2018 | 1 | 3 | 72 |
| 30 | 24-May-2018 | 24-May-2018 | 2 | 14 | 336 |
| 31 | 27-May-2018 | 3-Jun-2018 | 168 | 3 | 72 |
| 32 | 5-Jun-2018 | 5-Jun-2018 | 2 | 2 | 48 |
| 33 | 6-Jun-2018 | 6-Jun-2018 | 4 | 1 | 24 |
| 34 | 9-Jul-2018 | 9-Jul-2018 | 1 | 33 | 792 |
| 35 | 3-Aug-2018 | 3-Aug-2018 | 6 | 25 | 600 |
| 36 | 6-Aug-2018 | 6-Aug-2018 | 4 | 3 | 72 |
| 37 | 17-Sep-2018 | 24-Sep-2018 | 168 | 42 | 1008 |
| 38 | 3-Oct-2018 | 3-Oct-2018 | 3 | 9 | 216 |

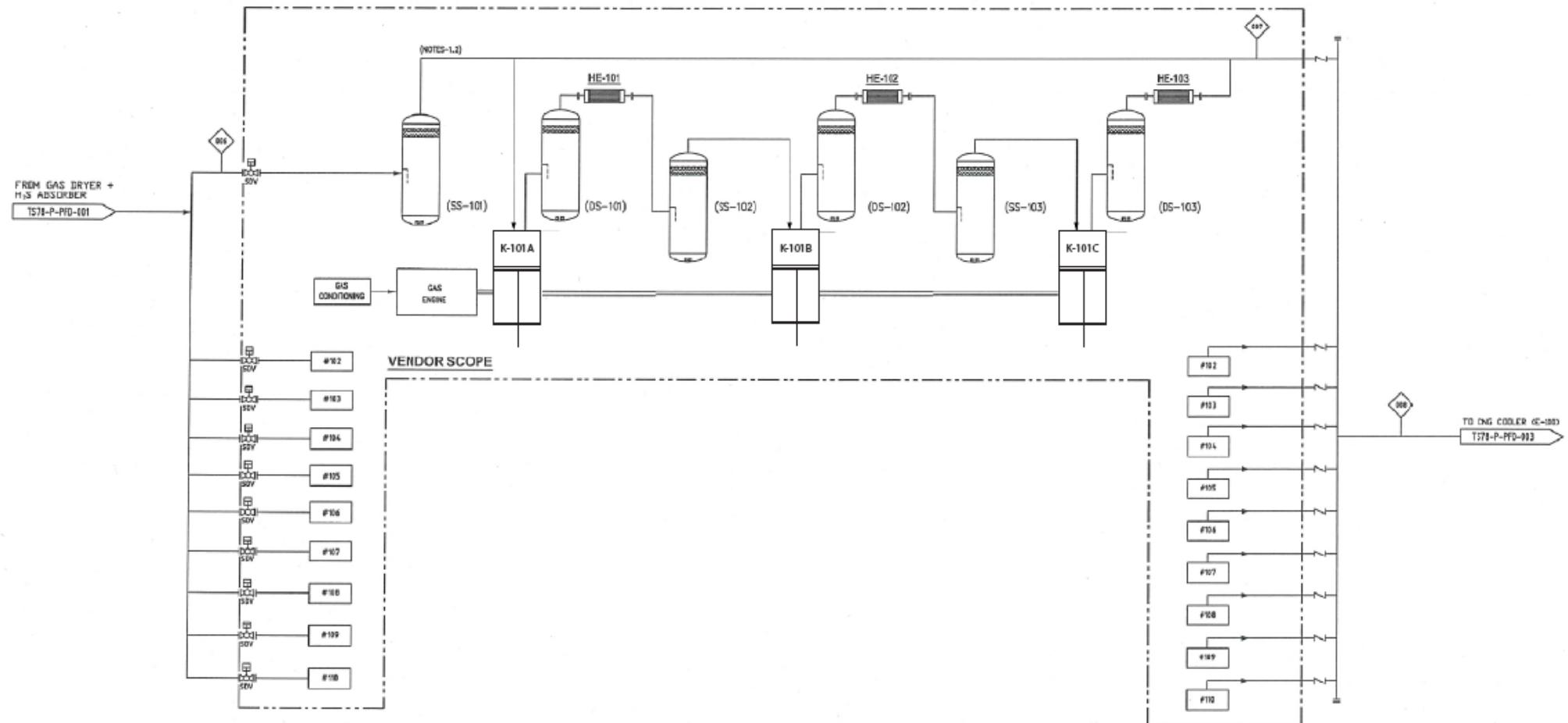
(Lanjutan Time to Failure GEC K-110)

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 39 | 10-Oct-2018 | 10-Oct-2018 | 1 | 7 | 168 |
| 40 | 13-Oct-2018 | 13-Oct-2018 | 2 | 3 | 72 |
| 41 | 30-Oct-2018 | 6-Nov-2018 | 168 | 17 | 408 |
| 42 | 15-Feb-2019 | 15-Feb-2019 | 4 | 101 | 2424 |
| 43 | 5-Mar-2019 | 5-Mar-2019 | 4 | 18 | 432 |
| 44 | 10-Mar-2019 | 10-Mar-2019 | 4 | 5 | 120 |
| 45 | 11-Mar-2019 | 11-Mar-2019 | 3 | 1 | 24 |
| 46 | 19-Mar-2019 | 19-Mar-2019 | 2 | 8 | 192 |
| 47 | 25-Mar-2019 | 25-Mar-2019 | 5 | 6 | 144 |
| 48 | 26-Mar-2019 | 26-Mar-2019 | 3 | 1 | 24 |
| 49 | 29-Mar-2019 | 29-Mar-2019 | 3 | 3 | 72 |
| 50 | 30-Mar-2019 | 30-Mar-2019 | 5 | 1 | 24 |
| 51 | 31-Mar-2019 | 31-Mar-2019 | 7 | 1 | 24 |
| 52 | 2-Apr-2019 | 2-Apr-2019 | 3 | 2 | 48 |
| 53 | 3-Apr-2019 | 3-Apr-2019 | 6 | 1 | 24 |
| 54 | 4-Apr-2019 | 4-Apr-2019 | 5 | 1 | 24 |
| 55 | 5-Apr-2019 | 5-Apr-2019 | 7 | 1 | 24 |
| 56 | 6-Apr-2019 | 6-Apr-2019 | 8 | 1 | 24 |
| 57 | 7-Apr-2019 | 7-Apr-2019 | 10 | 1 | 24 |
| 58 | 20-Apr-2019 | 20-Apr-2019 | 5 | 13 | 312 |
| 59 | 21-Apr-2019 | 21-Apr-2019 | 9 | 1 | 24 |
| 60 | 22-Apr-2019 | 25-Apr-2019 | 85 | 1 | 24 |
| 61 | 26-Apr-2019 | 26-Apr-2019 | 13 | 1 | 24 |
| 62 | 29-Apr-2019 | 29-Apr-2019 | 3 | 3 | 72 |
| 63 | 8-May-2019 | 8-May-2019 | 11 | 9 | 216 |

(Lanjutan *Time to Failure* GEC K-110)

| No. | <i>Shutdown Date</i> | <i>Function Date</i> | <i>Down Time (Hours)</i> | TTF (Days) | TTF (Hours) |
|-----|----------------------|----------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 64 | 18-May-2019 | 18-May-2019 | 5 | 10 | 240 |
| 65 | 31-May-2019 | 31-May-2019 | 5 | 13 | 312 |
| 66 | 23-Jun-2019 | 24-Jun-2019 | 28 | 23 | 552 |
| 67 | 26-Jun-2019 | 29-Jun-2019 | 56 | 2 | 48 |
| 68 | 5-Jul-2019 | 5-Jul-2019 | 15 | 6 | 144 |
| 69 | 7-Jul-2019 | 7-Jul-2019 | 15 | 2 | 48 |
| 70 | 10-Jul-2019 | 10-Jul-2019 | 13 | 3 | 72 |

Lampiran XII GEC Process Flow Diagram



Lampiran XIII Analisis Kualitatif Gas Engine Compressor

| Sub-System | Component | Function | | Function Failure | | Potensial Failure Mode | | Maintainable Item | Potential Cause(s) of Failure | Failure Effect | Sev | Occur | Detection | RPN | Recomended Action |
|-------------------------------|------------------|----------|--|------------------|--|------------------------|---|-------------------------------------|--|--|-----|-------|-----------|-----|---|
| Gas Engine Lubrication System | Oil Pump | 1 | Memompa oli menuju <i>Oil Pan</i> sebelum didistribusikan ke part yang membutuhkan pelumasan | 1A | Gagal memompa oli menuju <i>Oil Pan</i> | 1A1 | Terjadi penyumbatan aliran oli sehingga oli tidak bisa didistribusikan ke part yang membutuhkan pelumasan | <i>Pressure Relief Valve</i> | Terkontaminasi kotoran | <i>Overheat</i> pada mesin | 8 | 10 | 10 | 800 | Penggantian <i>pressure relief valve</i> pada <i>Oil Pump</i> |
| | | | | | | 1A2 | Terjadinya kebocoran Oli sehingga penyaluran tidak maksimal | <i>Pressure Relief Valve Gasket</i> | Panas selama proses kerja dan umur pemakaian | Kebocoran oli & kegagalan pendinginan | 6 | 3 | 10 | 180 | Penggantian <i>pressure relief valve gasket</i> |
| | Oil Cooler | 1 | Mendinginkan temperatur oli | 1A | Gagal menurunkan temperatur oli | 1A1 | Terjadinya penyumbatan pada saluran <i>Oil Cooler</i> | <i>Oil Cooler Assembly</i> | Terkontaminasi kotoran | Kegagalan pendinginan oli | 8 | 10 | 10 | 800 | Penggantian <i>Oil Cooler Assembly</i> |
| | | | | | | 1A2 | Terjadinya kebocoran Oli sehingga pendinginan tidak maksimal | <i>Oil Cooler Gasket</i> | Panas selama proses kerja dan umur pemakaian | Kebocoran oli & pendinginan tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian <i>Oil Cooler Gasket</i> |
| | | | | | | 1A3 | Timbulnya <i>creep</i> dan munculnya tanda <i>fatigue</i> pada <i>Filter Adapter</i> | <i>Filter Adapter</i> | Beban siklus termal | Kegagalan pendinginan | 6 | 8 | 8 | 384 | Penggantian <i>Oil Cooler Adapter</i> |
| | Oil Filter | 1 | Menyaring oli sebelum didistribusikan ke part yang membutuhkan pelumasan | 1A | Gagal melakukan penyaringan oli | 1A1 | Timbulnya <i>creep</i> dan munculnya tanda <i>fatigue</i> pada <i>Oil Filter</i> | <i>Oil Filter Assembly</i> | Terkontaminasi kotoran | Kegagalan pelumasan | 7 | 10 | 10 | 700 | Penggantian <i>Oil Filter</i> |
| | Oil Pan | 1 | Menampung oli sebelum dilakukan pelumasan | 1A | Gagal menjaga volume oli yang disimpan | 1A1 | Terjadinya kebocoran oli | <i>Oil Pan Gasket</i> | Panas selama proses kerja dan umur pemakaian | Kebocoran oli & pendinginan tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian <i>Oil Pan Gasket</i> |
| | | | | | | 1A2 | Timbulnya <i>creep</i> dan munculnya tanda <i>fatigue</i> pada baut instalasi | <i>Bolt Assembly</i> | Beban siklus termal | Kebocoran oli & pendinginan tidak maksimal | 6 | 8 | 8 | 384 | Penggantian <i>Bolt Assembly</i> |
| | Oil Seal | 1 | Menjaga oli agar tidak bocor dan terkontaminasi kotoran | 1A | Gagal menjaga oli agar tidak bocor dan terkontaminasi kotoran | 1A1 | Terjadi penurunan kualitas dari <i>Oil Seal</i> | <i>Oil Seal Assembly</i> | Panas selama proses kerja dan umur pemakaian | Kebocoran oli & pendinginan tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian <i>Ring Seal</i> dan <i>Oil Seal RR</i> |
| | Oil Spray Nozzle | 1 | Menyemprot oli ke bagian yang memerlukan pelumasan secara merata | 1A | Gagal menyemprot oli ke bagian yang memerlukan pelumasan secara merata | 1A1 | Terjadinya kebocoran oli | <i>Oil Spray Nozzle Gasket</i> | Panas selama proses kerja dan umur pemakaian | Kebocoran oli & pendinginan tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian <i>Oil Spray Nozzle Gasket</i> |
| | | | | | | 1A2 | Terjadinya penyumbatan aliran oli | <i>Oil Spray Nozzle Assembly</i> | Terkontaminasi kotoran | Kebocoran oli & pendinginan tidak maksimal | 6 | 10 | 8 | 480 | Penggantian <i>Oil Spray Nozzle Assembly</i> |

(Lanjutan Analisis Kualitatif Gas Engine Compressor)

| Sub-System | Component | Function | | Function Failure | | Potensial Failure Mode | | Maintainable Item | Potential Cause(s) of Failure | Failure Effect | Sev | Occur | Detection | RPN | Recomended Action |
|----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--|---------------------------------------|---|---------------------------------|---|---------------------------|---|---|-----|-------|-----------|---------------------|---------------------------------------|
| Gas Engine Cooling System | Engine Breather | 1 | Mengeluarkan gas yang tidak diperlukan pada Crankcase untuk mengurangi tekanan | 1A | Gagal mengeluarkan gas buang secara maksimal | 1A1 | Terjadinya penyumbatan | Separator | Terkontaminasi kotoran | Kelebihan tekanan pada mesin | 6 | 10 | 8 | 480 | Penggantian Separator |
| | | | | | | 1A2 | Terjadinya penurunan kualitas dari Breather | O - Ring | Panas selama proses kerja | Pelepasan gas tidak maksimal dan mengganggu kinerja mesin | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian O - Ring |
| | Cooling Fan | 1 | Memberikan aliran udara ke radiator untuk mendinginkan udara pada engine | 1A | Gagal memberikan aliran udara | 1A1 | Putaran baling - baling kurang dari yang seharusnya | V - Belt | Umur pemakian | Kegagalan pada pendinginan | 9 | 10 | 9 | 810 | Penggantian Fan Belt |
| | Cooling Water Pipe | 1 | Sebagai saluran water cooling system pada engine | 1A | Gagal menyalurkan air secara maksimal | 1A1 | Terjadinya kebocoran air | Cooling Water Pipe Gasket | Umur pemakian | Kebocoran air dan proses pendinginan tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Cooling Water Pipe Gasket |
| | Intercooler | 1 | Menghilangkan panas berlebih pada intake air yang berasal dari Turbocharger | 1A | Gagal menghilangkan panas berlebih dan menjalankan fungsi pendinginan | 1A1 | Terjadi kebocoran udara | O - Ring | Terkena udara panas terus menerus | Terganggunya sirkulasi sistem Intercooler | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian O - Ring |
| | Thermostat | 1 | Sebagai katup yang mengatur arah coolant pada Water Cooling System | 1A | Gagal mengarahkan aliran coolant | 1A1 | Thermostat macet | Thermostat Assembly | Penumpukan karbon | Kegagalan pendinginan | 7 | 10 | 9 | 630 | Penggantian Thermostat Assembly |
| | | | | | | 1A2 | Penurunan kualitas kinerja Thermostat | O - Ring | Terkena panas proses kerja | Kebocoran air dan proses pendinginan tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian O - Ring |
| | | | | | | | | Thermostat Gasket | Terkena panas proses kerja | Kebocoran air dan proses pendinginan tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Thermostat Gasket |
| | Water Pump High Temperature | 1 | Mengerakkan water cooling system | 1A | Gagal memompa coolant secara maksimal | 1A1 | Kecepatan putaran pompa menurun | Bearing | Kekurangan pelumasan | Proses pendinginan tidak maksimal | 9 | 3 | 8 | 216 | Penggantian Bearing |
| | | | | | | | | V - Belt | Penurunan tingkat elastisitas karena umur pemakaian | Proses pendinginan tidak maksimal | 9 | 10 | 9 | 810 | Penggantian V - Belt |
| | | | | | | 1A2 | Kebocoran coolant | Gasket | Panas selama proses kerja dan umur pemakaian | Proses pendinginan tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Gasket |
| | | | | | | | | Mechanical Seal | Kekurangan pelumasan | Proses pendinginan tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Mechanical Seal |
| Water Pump Low Temperature | 1 | Mengerakkan water cooling system | 1A | Gagal memompa coolant secara maksimal | 1A1 | Kecepatan putaran pompa menurun | Bearing | Kekurangan pelumasan | Proses pendinginan tidak maksimal | 9 | 3 | 8 | 216 | Penggantian Bearing | |

(Lanjutan Analisis Kualitatif Gas Engine Compressor)

| Sub-System | Component | Function | | Function Failure | | Potensial Failure Mode | | Maintainable Item | Potential Cause(s) of Failure | Failure Effect | Sev | Occur | Detection | RPN | Recomended Action |
|------------------------------------|------------------------------|--|--|--|---|------------------------|--|---|---|---|-----|-------|-----------|--------------------------|---|
| Gas Engine Cooling System | Water Pump Low Temperature | 1 | Menggerakkan water cooling system | 1A | Gagal memompa coolant secara maksimal | 1A2 | Kebocoran coolant | Gasket | Panas selama proses kerja dan umur pemakaian | Proses pendinginan tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Gasket |
| | | | | | | | | Mechanical Seal | Kekurangan pelumasan | Proses pendinginan tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Mechanical Seal |
| Gas Engine Intake & Exhaust System | Air Cleaner | 1 | Menyaring udara yang masuk untuk dilakukan pembakaran dari kotoran | 1A | Gagal melakukan penyaringan udara | 1A1 | Penyumbatan pada saluran air cleaner | Air Cleaner Element | Terkontaminasi kotoran | Kegagalan pada pencampuran bahan bakar | 9 | 10 | 9 | 810 | Penggantian Air Cleaner Element |
| | | | | | | | | Air Hose | Terkontaminasi kotoran | Kegagalan pada pencampuran bahan bakar | 6 | 10 | 8 | 480 | Penggantian Air Hose |
| | Intake Manifold | 1 | Sebagai saluran utama masuknya udara yang akan digunakan untuk pembakaran | 1A | Gagal menyalurkan udara untuk pembakaran dengan maksimal | 1A1 | Kebocoran udara | Intake Manifold Gasket | Panas selama proses kerja dan umur pemakaian | Proses pembakaran tidak sempurna | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Intake Manifold Gasket |
| | Intake & Exhaust Valve Seats | 1 | Sebagai tempat <i>intake</i> atau <i>exhaust valve</i> ketika posisi katup tertutup untuk menjaga kondisi udara | 1A | Gagal menjaga kondisi udara saat <i>intake</i> atau <i>exhaust valve</i> menutup | 1A1 | Kebocoran udara | Valve Seats | Umur pemakaian, kerusakan permukaan dan <i>Mis-adjustment</i> | Kegagalan pembakaran | 9 | 10 | 9 | 810 | Penggantian Intake atau Exhaust Valve Seats |
| | Valve Springs | 1 | Menahan <i>intake</i> atau <i>exhaust valve</i> pada saat membuka | 1A | Gagal menahan <i>intake</i> atau <i>exhaust valve</i> saat membuka sesuai ketentuan | 1A1 | Daya pegas valve springs tidak konstan | Valve Spring | Beban siklus kerja | Kegagalan pembakaran | 9 | 10 | 8 | 720 | Penggantian Valve Spring |
| | | | | | | 1A2 | <i>Wear out</i> | Valve Spring Retainer & Valve Spring Cotter | Beban siklus kerja | Kegagalan pembakaran | 9 | 10 | 8 | 720 | Penggantian Valve Spring Retainer & Valve Spring Cotter |
| | | | | | | 1A3 | Penurunan daya pegas valve springs | Valve Spring Inner Washer & Valve Spring Outer Washer | Panas selama proses kerja | Kegagalan pembakaran | 9 | 10 | 8 | 720 | Penggantian Valve Spring Inner Washer & Valve Spring Outer Washer |
| | 2 | Mengembalikan posisi <i>intake</i> atau <i>exhaust valve</i> agar tertutup | 2A | Gagal mengembalikan Valve Springs ke posisi tertutup | 2A1 | Valve Spring patah | Valve Spring | Valve spring mengalami fatigue | Kegagalan pembakaran | 9 | 10 | 8 | 720 | Penggantian Valve Spring | |
| | Valve Stem | 1 | Sebagai jalan masuk udara sebelum ke <i>combustion chamber</i> yang akan menutup dengan sendirinya ketika volume udara mencukupi | 1A | Gagal memasukkan udara sesuai dengan ketentuan | 1A1 | Macet pada proses kerja | Valve Stem Assembly | Penumpukan karbon | Kegagalan pembakaran | 9 | 10 | 9 | 810 | Membersihkan Valve Stem |
| | | | | | | | | Valve Stem Oil Seal | Penumpukan karbon | Kegagalan pembakaran atau <i>overheat</i> | 9 | 10 | 9 | 810 | Mengganti Valve Stem Oil Seal |

(Lanjutan Analisis Kualitatif Gas Engine Compressor)

| Sub-System | Component | Function | | Function Failure | | Potensial Failure Mode | | Maintainable Item | Potential Cause(s) of Failure | Failure Effect | Sev | Occur | Detection | RPN | Recomended Action |
|------------------------------------|---------------------------|----------|--|------------------|---|------------------------|---|---|---|--|-----|-------|-----------|-----|---|
| Gas Engine Intake & Exhaust System | Intake Valve | 1 | Sebagai katup yang mengatur masuknya mixed fuel ke combustion chamber | 1A | Gagal memasukkan mixed fuel ke combustion chamber sesuai ketentuan | 1A1 | Dislokasi | Intake Valve | Overheat | Kegagalan pembakaran | 9 | 10 | 9 | 810 | Mengganti Intake Valve |
| | Exhaust Valve | 1 | Sebagai katup yang mengatur keluarnya gas buang hasil pembakaran dari combustion chamber | 1A | Gagal mengeluarkan gas buang sisa pembakaran dari combustion chamber sesuai ketentuan | 1A1 | Dislokasi | Exhaust Valve | Overheat | Kegagalan pembakaran | 9 | 10 | 9 | 810 | Mengganti Exhaust Valve |
| | Camshaft | 1 | Mengatur timing buka dan tutupnya intake valve & exhaust valve | 1A | Gagal mengatur timing yang tepat | 1A1 | Mis-adjustment pada instalasi camshaft | Socket Head Bolt, Socket Bolt & Bushing | Timbulnya creep dan indikasi fatigue akibat panas dari beban siklus kerja | Kegagalan pembakaran, overheat atau timbulnya getaran berlebih | 6 | 8 | 8 | 384 | Penggantian Socket Head Bolt ,Socket Bolt & Bushing |
| | Rocker Arm | 1 | Sebagai penghubung antara gerakan camshaft dan intake valve atau exhaust valve | 1A | Gagal menghubungkan gerakan camshaft dan intake vale atau exhaust valev sesuai dengan timing yang tepat | 1A1 | Rocker Arm patah | Rocker Arm | Fatigue | Kegagalan pembakaran | 7 | 10 | 8 | 560 | Penggantian Rocker Arm |
| | | 2 | Mengerakkan buka dan tutupnya intake valve atau exhaust valve | 2A | Gagal mengerakkan intake valve atau exhaust valve dengan timing yang tepat | 2A1 | Mis-adjustment pada instalasi Rocker Arm | Screw Kit | Umur pemakaian | Pembakaran tidak maksimal | 7 | 3 | 8 | 168 | Penggantian Screw Kit |
| | Tappet | 1 | Sebagai penghubung yang bersentuhan langsung dengan camshaft | 1A | Gagal menghubungkan camshaft dengan maksimal | 1A1 | Macet pada proses kerja | Tappet | Penumpukan karbon | Kegagalan pembakaran | 7 | 10 | 9 | 630 | Penggantian Tappet |
| | Push Rod | 1 | Sebagai penghubung yang bersentuhan langsung dengan tappet dan rocker arm | 1A | Gagal menghubungkan dengan maksimal | 1A1 | Wear out | Push Rod | Beban siklus kerja | Kegagalan pembakaran | 7 | 10 | 8 | 560 | Penggantian Push Rod |
| | Turbocharger Exhaust Pipe | 1 | Sebagai saluran keluar gas buang Turbocharger | 1A | Gagal menjaga kondisi udara | 1A1 | Terjadi kebocoran udara | Turbocharger Gasket | Panas selama siklus kerja | Terganggunya sirkulasi udara dalam sistem | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Turbocharger Gasket |
| | Exhaust Manifold | 1 | Sebagai saluran utama keluarnya gas buang sisa pembakaran | 1A | Gagal menjaga sirkulasi udara | 1A1 | Terjadi kebocoran air dan udara akibat kondensasi | Exhaust Manifold Gasket | Panas selama siklus kerja | Terganggunya lingkungan kerja dan sirkulasi udara dalam sistem | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Exhaust Manifold Gasket |

(Lanjutan Analisis Kualitatif Gas Engine Compressor)

| Sub-System | Component | Function | | Function Failure | | Potensial Failure Mode | | Maintainable Item | Potential Cause(s) of Failure | Failure Effect | Sev | Occur | Detection | RPN | Recomended Action |
|----------------------------|-----------------|----------|---|------------------|--|------------------------|--|------------------------------|--|---|-----|-------|-----------|-----|--|
| Gas Engine Fuel System | Fuel Gas Filter | 1 | Menyaring bahan bakar gas dari kotoran | 1A | Gagal menyaring kotoran dengan sempurna | 1A1 | Penyumbatan | Filter | Terkontaminasi kotoran | Kegagalan dalam pencampuran bahan bakar | 6 | 10 | 8 | 480 | Penggantian Filter |
| | Gas Inlet | 1 | Sebagai tempat masuk dan pengatur masuknya bahan bakar gas | 1A | Gagal memasukkan gas sesuai kapasitas yang diharapkan | 1A1 | Menurunnya tingkat elastisitas membrane pada regulator | Gas Regulator | Umur pemakaian | Kegagalan pembakaran | 9 | 4 | 8 | 288 | Penggantian Gas Regulator |
| | | 2 | Tempat pencampuran gas dengan udara untuk mencapai spesifikasi tertentu | 2A | Gagal mencampur bahan bakar dengan maksimal | 2A1 | Adanya penyumbatan pada saluran | Fuel Mixer Assembly | Terkontaminasi kotoran | Kegagalan pembakaran | 6 | 10 | 10 | 600 | Penggantian Fuel Mixer Assembly |
| | Injection Pump | 1 | Menyuplai <i>mixed fuel</i> ke ruang bakar | 1A | Gagal menyuplai <i>mixed fuel</i> ke ruang bakar dengan maksimal | 1A1 | Volume <i>mixed fuel</i> tidak sesuai ketentuan | O - Ring | Adanya kebocoran akibat panas berlebih | Pembakaran tidak maksimal | 7 | 3 | 8 | 168 | Penggantian O - Ring |
| | | | | | | 1A2 | Dislokasi | Injection Pump Mounting | Panas selama siklus kerja | Pembakaran tidak maksimal | 7 | 8 | 8 | 448 | Re-adjust Injection Pump Mounting |
| Gas Engine Ignition System | Alternator | 1 | Sebagai generator listrik saat engine sedang berjalan untuk menunjang siklus engine | 1A | Gagal menghasilkan listrik dengan maksimal | 1A1 | Energi mekanik yang disalurkan ke alternator kurang | V - Belt | Kehilangan elastisitas karena umur pemakaian | Pembakaran tidak maksimal | 9 | 10 | 9 | 810 | Penggantian V - Belt |
| | Air Starter | 1 | Sebagai sumber energi untuk <i>starting initial rotation</i> | 1A | Gagal menyediakan sumber energi | 1A1 | Sumber energi tidak terdistribusi dengan baik | V - Belt | Wear out | Gagal melakukan <i>start</i> | 8 | 3 | 8 | 192 | Penggantian V - Belt |
| | | | | | | | | Pinion Gear | Tidakselarasnya gear | Gagal melakukan <i>start</i> | 8 | 3 | 8 | 192 | Penggantian Pinion Gear |
| | Spark Plug | 1 | Menghasilkan percikan untuk memantik pembakaran bahan bakar | 1A | Gagal menghasilkan percikan | 1A1 | Elektroda menumpuk | Spark Plug | Adanya karat | Pembakaran gagal | 9 | 9 | 8 | 648 | Penggantian Spark Plug |
| | | | | | | 1A2 | Malfungsi pada kabel kelistrikan | Electric Wire | Overheat | Pembakaran gagal | 9 | 9 | 8 | 648 | Penggantian Electric Wire |
| | | | | 1B | Tidak bisa menghasilkan tegangan yang sesuai | 1B1 | Electric malfunction | Coil Ignition | Overheat | Pembakaran gagal | 9 | 9 | 8 | 648 | Penggantian Coil Ignition |
| Gas Engine Drive System | Connecting Rod | 1 | Mengubah gerakan linear piston menjadi gerakan rotasional | 1A | Gagal menstransformasi gaya dengan maksimal | 1A1 | Dislokasi pada instalasi | Connecting Rod Metal Bushing | Kurangnya pelumasan | Getaran berlebih | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Connecting Rod Metal Bushing |
| | | | | | | | | Connecting Rod Bolt | Umur pemakaian | Terkikisnya permukaan material dan output engine tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Connecting Rod Bolt |
| | | | | | | | | Connecting Rod Upper Metal | Kurangnya pelumasan | Overheat pada mesin | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Connecting Rod Upper Metal |
| | | | | | | | | Connecting Rod Lower Metal | Kurangnya pelumasan | Overheat pada mesin | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Connecting Rod Lower Metal |

(Lanjutan Analisis Kualitatif Gas Engine Compressor)

| Sub-System | Component | Function | | Function Failure | | Potensial Failure Mode | | Maintainable Item | Potential Cause(s) of Failure | Failure Effect | Sev | Occur | Detection | RPN | Recomended Action | | |
|-------------------------|----------------|--|--|--|---|--|---|-----------------------------------|---|--|-----|-------|-----------|----------------------------------|-------------------------------------|--|--|
| Gas Engine Drive System | Crankshaft | 1 | Menerima gaya rotasional dari semua connecting rod untuk menjadi penggerak utama | 1A | Gagal bekerja secara maksimal | 1A1 | Degradasasi fungsi part pendukung | Oil Seal | Terkena panas terus menerus | Kebocoran oli | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Oil Seal | | |
| | | | | | | | | Main Bearing | Oli terkontaminasi partikel padat | Overheat dan getaran berlebih | 8 | 10 | 8 | 640 | Penggantian Main Bearing | | |
| | | 1 | Menjaga putaran mesin yang dihasilkan meskipun torsi yang dihasilkan tidak konstan | 1A | Gagal menjaga putaran mesin dengan maksimal | | | Thrust Bearing | Oli terkontaminasi partikel padat | Overheat dan getaran berlebih | 8 | 10 | 8 | 640 | Penggantian Thrust Bearing | | |
| | | | | | | | | Cranksahft Ring | Oli terkontaminasi partikel padat | Overheat dan getaran berlebih | 8 | 10 | 8 | 640 | Penggantian Cranksahft Ring | | |
| | Flywheel | 1 | Menjaga putaran mesin yang dihasilkan meskipun torsi yang dihasilkan tidak konstan | 1A | Gagal menjaga putaran mesin dengan maksimal | 1A1 | Tidak selarasnya gear | Ring Gear | Keausan | Gagal melakukan start | 6 | 6 | 8 | 288 | Penggantian Ring Gear | | |
| | | | | | | 1A2 | Terkikisnya oli | Flywheel Housing Gasket | Panas selama proses kerja | Terkikisnya permukaan material | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Flywheel Housing Gasket | | |
| | Cylinder Block | 1 | Sebagai tempat bergeraknya piston melakukan proses pembakaran | 1A | Gagal menjaga kinerja engine dengan maksimal | 1A1 | Terkikisnya beberapa bagian penting untuk memaksimalkan proses pembakaran | Cylinder Liner | Kurangnya pelumasan | Overheat | 7 | 9 | 8 | 504 | Penggantian Cylinder Liner | | |
| | | | | | | | | Cylinder Liner Upper O - Ring | Terkena panas terus menerus | Kebocoran oli | 7 | 10 | 8 | 560 | Penggantian O - Ring | | |
| | | | | | | | | Cylinder Liner Middle O - Ring | Terkena panas terus menerus | Kebocoran oli | 7 | 10 | 8 | 560 | Penggantian O - Ring | | |
| | | | | | | | | Cylinder Liner Lower O - Ring | Terkena panas terus menerus | Kebocoran oli | 7 | 10 | 8 | 560 | Penggantian O - Ring | | |
| | | | | | | 1A2 | Dislokasi pada instalasi | Bearing Cap Bolt | Terkena panas selama proses kerja | Output tidak maksimal dan getaran berlebih | 6 | 8 | 8 | 384 | Penggantian Bolt | | |
| Cylinder Head | 1 | Sebagai tempat proses pembakaran bahan bakar | 1A | Gagal memaksimalkan proses pembakaran | 1A1 | Adanya gap antara cylinder head dan cylinder block | Cylinder Head Gasket | Terkena panas selama proses kerja | Proses pembakaran tidak sempurna | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Cylinder Head Gasket | | | |
| | | | | | | | Cylinder Head Bolt | Terkena panas terus menerus | Proses pembakaran tidak sempurna | 6 | 8 | 8 | 384 | Penggantian Cylinder Head Bolt | | | |
| | 2 | Sebagai tempat instalasi valve mechanism | 2A | Gagal menjaga fungsi valve dengan maksimal | 2A1 | Instalasi valve yang tidak presisi | Valve Guide | Kekurangan pelumasan | Proses pembakaran tidak sempurna | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Valve Guide | | | |
| | | | | | | | 3A1 | Terjadi kebocoran oli | Keluarnya oli saat proses pembakaran | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Valve Guide | | | |
| | | | | | | | | Cylinder Head Gasket | Terkena panas selama proses kerja | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Cylinder Head Gasket | | | |
| | | | | | | | | Oil Filler Cap | Umur pemakaian | Terkikisnya permukaan material | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Oil Filler Cap | | |
| | Piston | 1 | Mengubah gaya ledak pembakaran menjadi gerakan linear | 1A | Gagal mengubah gaya ledak pembakaran menjadi gerakan linear | 1A1 | Terjadi keretakan pada piston | Piston | Oli terbakar, injection mis-timing, kualitas oli yang buruk, injector terkontaminasi atau thermal fatigue | Pembakaran gagal dan Overheat | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Piston | | |

(Lanjutan Analisis Kualitatif Gas Engine Compressor)

| Sub-System | Component | Function | | Function Failure | | Potensial Failure Mode | | Maintainable Item | Potential Cause(s) of Failure | Failure Effect | Sev | Occur | Detection | RPN | Recomended Action |
|-------------------------|---------------------------------|----------|--|------------------|---|------------------------|---|---|---|--------------------------------|-----|-------|-----------|-----|---|
| Gas Engine Drive System | Piston | 1 | Mengubah gaya ledak pembakaran menjadi gerakan linear | 1A | Gagal mengubah gaya ledak pembakaran menjadi gerakan linear | 1A2 | <i>Linear displacement</i> tidak lancar | <i>Ring</i> | Penumpukan karbon karena minyak pelumas yang tidak mencukupi atau terkontaminasi | <i>Combustion Failure</i> | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian <i>Piston Ring</i> |
| Compressor | Lubricator and Supporting Parts | 1 | Melumasi bagian yang bergesekan lewat gerakan translasi maupun rotasi dan mencegah karat | 1A | Gagal melindungi bagian yang bergesekan dengan maksimal | 1A1 | Kurangnya volume oli yang melindungi komponen bergerak karena kebocoran | <i>Main Gear Pump Gasket</i> | Panas selama proses kerja | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian <i>Main Gear Pump Gasket</i> |
| | | | | | | | | <i>Bearing Cover Side Flange Gasket</i> | Panas selama proses kerja | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian <i>Bearing Cover Side Flange Gasket</i> |
| | | | | | | | | <i>Gear Pump Coupling Gasket</i> | Panas selama proses kerja | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian <i>Gear Pump Coupling Gasket</i> |
| | | | | | | | | <i>Packing Gland Housing Gasket</i> | Panas selama proses kerja | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian <i>Packing Gland Housing Gasket</i> |
| | | | | | | | | <i>Crankcase Side Cover Gasket</i> | Panas selama proses kerja | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian <i>Crankcase Side Cover Gasket</i> |
| | | | | | | | | <i>Crankcase Bearing Cover Gasket</i> | Panas selama proses kerja | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian <i>Crankcase Bearing Cover Gasket</i> |
| | | | | | | | | <i>Crankcase Uppercase Gasket</i> | Panas selama proses kerja | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian <i>Crankcase Uppercase Gasket</i> |
| | Crosshead | 1 | Mengubah gerakan rotasional <i>connecting rod</i> menjadi gerakan linear piston | 1A | Gagal mentransformasi gerakan dengan maksimal | 1A1 | Instalasi <i>Crosshead</i> yang tidak presisi | <i>Lubrication Pump Filter</i> | Terkontaminasi kotoran | Proses kompresi tidak maksimal | 7 | 10 | 8 | 560 | Penggantian <i>Lubrication Pump Filter</i> |
| | | | | | | | | <i>Oil Filter</i> | Terkontaminasi kotoran | Proses kompresi tidak maksimal | 7 | 10 | 8 | 560 | Penggantian <i>Oil Filter</i> |
| | | | | | | | | <i>Crank Metal Pin</i> | Timbulnya <i>creep</i> dan indikasi <i>fatigue</i> akibat panas dari beban siklus kerja | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 8 | 8 | 384 | Penggantian <i>Crank Metal Pin</i> |
| | | | | | | | | <i>Crosshead Main Metal</i> | Timbulnya <i>creep</i> dan indikasi <i>fatigue</i> akibat panas dari beban siklus kerja | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 8 | 8 | 384 | Penggantian <i>Crosshead Main Metal</i> |
| | | | | | | | | <i>Crosshead Metal Pin</i> | Timbulnya <i>creep</i> dan indikasi <i>fatigue</i> akibat panas dari beban siklus kerja | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 8 | 8 | 384 | Penggantian <i>Crosshead Metal Pin</i> |

(Lanjutan Analisis Kualitatif Gas Engine Compressor)

| Sub-System | Component | Function | | Function Failure | | Potensial Failure Mode | | Maintainable Item | Potential Cause(s) of Failure | Failure Effect | Sev | Occur | Detection | RPN | Recomended Action |
|------------|--------------------------|----------|---|------------------|---|------------------------|------------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------|-----|-------|-----------|-----|--|
| Compressor | Crosshead | 1 | Mengubah gerakan rotasional <i>connecting rod</i> menjadi gerakan linear piston | 1A | Gagal mentransformasi gerakan dengan maksimal | 1A2 | Kurangnya pelumasan pada crosshead | Crosshead Guide Cover Gasket | Bocor karena terkena panas terus menerus | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Crosshead Guide Cover Gasket |
| | | | | | | | | Crosshead Guide Gasket | Bocor karena terkena panas terus menerus | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Crosshead Guide Gasket |
| | | | | | | | | Cylinder Head Gasket | Bocor karena terkena panas terus menerus | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Cylinder Head Gasket |
| | Compressor Cylinder Part | 1 | Part utama dalam mengkompresi <i>natural gas</i> | 1A | Gagal mengkompresi <i>natural gas</i> dengan maksimal | 1A1 | Adanya part yang patah | Gland Packing | Kurangnya pelumasan | Kegagalan kompresi | 9 | 3 | 9 | 243 | Penggantian Gland Packing |
| | | | | | | | | Oil Scraper | Kurangnya pelumasan | Kegagalan kompresi | 9 | 3 | 9 | 243 | Penggantian Oil Scraper |
| | | | | | | | | Cylinder Cover Gasket | Terkena panas terus menerus | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Cylinder Cover Gasket |
| | | | | | | | | Cylinder Cover O - Ring | Terkena panas terus menerus | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Cylinder Cover O - Ring |
| | | | | | | | | Cylinder Liner O - Ring | Terkena panas terus menerus | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Cylinder Liner O - Ring |
| | | | | | | | | Discharge Valve Seat Gasket | Terkena panas terus menerus | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Discharge Valve Seat Gasket |
| | | | | | | | | Gland Packing O - Ring | Terkena panas terus menerus | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Gland Packing O - Ring |
| | | | | | | | | Packing Case Gasket | Terkena panas terus menerus | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Packing Case Gasket |
| | | | | | | | | Piston Ring | Terkena panas terus menerus | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Piston Ring |
| | | | | | | | | Rider Ring | Terkena panas terus menerus | Proses kompresi tidak maksimal | 9 | 3 | 8 | 216 | Penggantian Rider Ring |
| | | | | | | | | Suction Valve Seat Gasket | Terkena panas terus menerus | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Suction Valve Seat Gasket |
| | | | | | | | | Valve Back Up Ring | Terkena panas terus menerus | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Valve Back Up Ring |
| | | | | | | | | Valve Cover Gasket | Terkena panas terus menerus | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Valve Cover Gasket |

(Lanjutan Analisis Kualitatif Gas Engine Compressor)

| Sub-System | Component | Function | | Function Failure | | Potensial Failure Mode | | Maintainable Item | Potential Cause(s) of Failure | Failure Effect | Sev | Occur | Detection | RPN | Recomended Action |
|------------|--------------------------|----------|--|------------------|--|------------------------|---|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----|-------|-----------|-----|--|
| Compressor | Compressor Cylinder Part | 1 | Part utama dalam mengkompresi natural gas | 1A | Gagal mengkompresi natural gas dengan maksimal | 1A2 | Kurangnya volume oli yang melindungi komponen bergerak karena kebocoran | Valve Cover O - Ring | Terkena panas terus menerus | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Valve Cover O - Ring |
| | | | | | | | | Valve O - Ring | Terkena panas terus menerus | Proses kompresi tidak maksimal | 6 | 3 | 8 | 144 | Penggantian Valve O - Ring |
| | | | | | | 1A3 | Penurunan kualitas kinerja part | Gland Packing Case Assembly | Terkena panas terus menerus | Kegagalan kompresi | 9 | 3 | 9 | 243 | Penggantian Gland Packing Case Assemby |
| | | | | | | 1A4 | Adanya penyumbatan pada saluran | Suction Valve | Penumpukan karbon | Kegagalan kompresi | 9 | 10 | 9 | 810 | Penggantian Suction Valve |
| | | | | | | | | Discharge Valve | Penumpukan karbon | Kegagalan kompresi | 9 | 10 | 9 | 810 | Penggantian Discharge Valve |
| | | | | | | | | Concentric Valve | Penumpukan karbon | Kegagalan kompresi | 9 | 10 | 9 | 810 | Penggantian Concentric Valve |
| | Gas Inlet | 1 | Sebagai tempat masuk dan penyaringan <i>natural gas</i> yang akan dikompresi | 1A | Gagal menyalurkan <i>natural gas</i> dengan maksimal | 1A1 | Adanya penyumbatan pada saluran | Inlet Filter | Terkontaminasi kotoran | Kegagalan kompresi | 7 | 10 | 8 | 560 | Penggantian Inlet Filter |
| | | | | | | | | Final Filter | Terkontaminasi kotoran | Kegagalan kompresi | 7 | 10 | 8 | 560 | Penggantian Final Filter |

Lampiran XIV GEC RCM Desicion Worksheet

| Sub-system | Component | Information Reference | | | Maintainable Item | Consequence Evaluation | | | | RPN | H1 | H2 | H3 | Default Action | | | Proposed Task |
|-------------------------------|------------------|-----------------------|----|-----|------------------------------|------------------------|---|---|---|-----|----|----|----|----------------|----|----|------------------------------------|
| | | | | | | | | | | | S1 | S2 | S3 | | | | |
| | | F | FF | FM | | H | S | E | O | | O1 | O2 | O3 | N1 | N2 | N3 | |
| Gas Engine Lubrication System | Oil Pump | 1 | 1A | 1A1 | Pressure Relief Valve | Y | Y | N | Y | 800 | N | N | Y | Y | Y | N | Inspection, Cleaning & Replacement |
| | | | | 1A2 | Pressure Relief Valve Gasket | Y | N | Y | Y | 180 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | Oil Cooler | 1 | 1A | 1A1 | Oil Cooler Assembly | Y | N | N | Y | 800 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection, Cleaning & Replacement |
| | | | | 1A2 | Oil Cooler Gasket | Y | N | Y | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | 1A3 | Filter Adapter | Y | N | N | Y | 384 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | Oil Filter | 1 | 1A | 1A1 | Oil Filter Assembly | Y | N | N | Y | 700 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | Oil Pan | 1 | 1A | 1A1 | Oil Pan Gasket | Y | N | Y | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | 1A2 | Bolt Assembly | Y | N | Y | Y | 384 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | Oil Seal | 1 | 1A | 1A1 | Oil Seal Assembly | Y | N | Y | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | Oil Spray Nozzle | 1 | 1A | 1A1 | Oil Spray Nozzle Gasket | Y | N | Y | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | 1A2 | Oil Spray Nozzle Assembly | Y | N | Y | Y | 480 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection, Cleaning & Replacement |

(Lanjutan Gas Engine Compressor RCM Desicion Worksheet)

| Sub-system | Component | Information Reference | | | Maintainable Item | Consequence Evaluation | | | | RPN | H1 | H2 | H3 | Default Action | | | Proposed Task |
|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|----|-----|---------------------------|------------------------|---|---|---|-----|----|----|----|----------------|----|----|------------------------------------|
| | | | | | | | | | | | S1 | S2 | S3 | | | | |
| | | F | FF | FM | | H | S | E | O | | O1 | O2 | O3 | N1 | N2 | N3 | |
| Gas Engine Cooling System | Engine Breather | 1 | 1A | 1A1 | Separator | Y | N | N | Y | 480 | N | N | Y | Y | Y | N | Inspection, Cleaning & Replacement |
| | | | | 1A2 | O - Ring | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | Y | N | Inspection & Replacement |
| | Cooling Fan | 1 | 1A | 1A1 | V - Belt | Y | N | N | Y | 810 | N | N | Y | Y | Y | N | Inspection & Replacement |
| | Cooling Water Pipe | 1 | 1A | 1A1 | Cooling Water Pipe Gasket | Y | N | Y | Y | 144 | N | N | Y | Y | Y | N | Inspection & Replacement |
| | Intercooler | 1 | 1A | 1A1 | O - Ring | Y | N | Y | Y | 144 | N | N | Y | Y | Y | N | Inspection & Replacement |
| | Thermostat | 1 | 1A | 1A1 | Thermostat Assembly | Y | N | N | Y | 630 | N | N | Y | Y | Y | N | Inspection, Cleaning & Replacement |
| | | | | 1A2 | O - Ring | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | Y | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Thermostat Gasket | Y | N | Y | Y | 144 | N | N | Y | Y | Y | N | Inspection & Replacement |
| | Water Pump High Temperature | 1 | 1A | 1A1 | Bearing | Y | N | N | Y | 216 | N | N | Y | Y | Y | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | V - Belt | Y | N | N | Y | 810 | N | N | Y | Y | Y | N | Inspection & Replacement |
| | | | | 1A2 | Gasket | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | Y | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Mechanical Seal | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | Y | N | Inspection & Replacement |

(Lanjutan Gas Engine Compressor RCM Desicion Worksheet)

| Sub-system | Component | Information Reference | | | Maintainable Item | Consequence Evaluation | | | | RPN | H1 | H2 | H3 | Default Action | | | Proposed Task |
|------------------------------------|------------------------------|-----------------------|----|-----|---|------------------------|---|---|---|-----|----|----|----|----------------|----|----|------------------------------------|
| | | | | | | | | | | | S1 | S2 | S3 | | | | |
| | | F | FF | FM | | H | S | E | O | | O1 | O2 | O3 | N1 | N2 | N3 | |
| Gas Engine Cooling System | Water Pump Low Temperature | 1 | 1A | 1A1 | Bearing | Y | N | N | Y | 216 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | 1A2 | Gasket | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Mechanical Seal | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| Gas Engine Intake & Exhaust System | Air Cleaner | 1 | 1A | 1A1 | Air Cleaner Element | Y | N | N | Y | 810 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection, Cleaning & Replacement |
| | | | | | Air Hose | Y | N | N | Y | 480 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection, Cleaning & Replacement |
| | Intake Manifold | 1 | 1A | 1A1 | Intake Manifold Gasket | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | Intake & Exhaust Valve Seats | 1 | 1A | 1A1 | Valve Seats | Y | N | N | Y | 810 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection, Repair & replacement |
| | Valve Springs | 1 | 1A | 1A1 | Valve Spring | Y | N | N | Y | 720 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | 1A2 | Valve Spring Retainer & Valve Spring Cotter | Y | N | N | Y | 720 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | 1A3 | Valve Spring Inner Washer & Valve Spring Outer Washer | Y | N | N | Y | 720 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |

(Lanjutan Gas Engine Compressor RCM Desicion Worksheet)

| Sub-system | Component | Information Reference | | | Maintainable Item | Consequence Evaluation | | | | RPN | H1 | H2 | H3 | Default Action | | | Proposed Task |
|------------------------------------|---------------------------|-----------------------|----|-----|---|------------------------|---|---|---|-----|----|----|----|----------------|----|----|---|
| | | | | | | | | | | | S1 | S2 | S3 | | | | |
| | | F | FF | FM | | H | S | E | O | | O1 | O2 | O3 | N1 | N2 | N3 | |
| Gas Engine Intake & Exhaust System | Valve Springs | 2 | 2A | 2A1 | Valve Spring | Y | N | N | Y | 720 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | Valve Stem | 1 | 1A | 1A1 | Valve Stem Assembly | Y | N | N | Y | 810 | N | Y | N | Y | N | N | Inspection, Cleaning & Replacement |
| | | | | | Valve Stem Oil Seal | Y | Y | N | Y | 810 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | Intake Valve | 1 | 1A | 1A1 | Intake Valve | Y | N | N | Y | 810 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection, Re-adjustment & Replacement |
| | Exhaust Valve | 1 | 1A | 1A1 | Exhaust Valve | Y | N | N | Y | 810 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection, Re-adjustment & Replacement |
| | Camshaft | 1 | 1A | 1A1 | Socket Head Bolt, Socket Bolt & Bushing | Y | Y | N | Y | 384 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | Rocker Arm | 1 | 1A | 1A1 | Rocker Arm | Y | N | N | Y | 560 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | 2 | 2A | 2A1 | Screw Kit | Y | N | N | Y | 168 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | Tappet | 1 | 1A | 1A1 | Tappet | Y | N | N | Y | 630 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | Push Rod | 1 | 1A | 1A1 | Push Rod | Y | N | N | Y | 560 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | Turbocharger Exhaust Pipe | 1 | 1A | 1A1 | Turbocharger Gasket | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | Exhaust Manifold | 1 | 1A | 1A1 | Exhaust Manifold Gasket | Y | N | Y | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |

(Lanjutan Gas Engine Compressor RCM Desicion Worksheet)

| Sub-system | Component | Information Reference | | | Maintainable Item | Consequence Evaluation | | | | RPN | H1 | H2 | H3 | Default Action | | | Proposed Task | |
|----------------------------|-----------------|-----------------------|-----|----------------------|--------------------------------|------------------------|---|---|-----|-----|-----|----|----|----------------|----|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| | | | | | | | | | | | S1 | S2 | S3 | | | | | |
| | | F | FF | FM | | H | S | E | O | | O1 | O2 | O3 | N1 | N2 | N3 | | |
| Gas Engine Fuel System | Fuel Gas Filter | 1 | 1A | 1A1 | <i>Filter</i> | | Y | N | N | Y | 480 | N | N | Y | Y | N | N | <i>Inspection, Cleaning & Replacement</i> |
| | | 1 | 1A | 1A1 | <i>Gas Regulator</i> | | Y | N | N | Y | 288 | N | N | Y | Y | N | N | <i>Inspection & Replacement</i> |
| | Gas Inlet | 2 | 2A | 2A1 | <i>Fuel Mixer Assembly</i> | | Y | N | N | Y | 600 | N | N | Y | Y | N | N | <i>Inspection, Cleaning & Replacement</i> |
| | | Injection Pump | 1A | 1A1 | <i>O - Ring</i> | | Y | N | N | Y | 168 | N | N | Y | Y | N | N | <i>Inspection & Replacement</i> |
| | | | | 1A2 | <i>Injection Pump Mounting</i> | | Y | N | N | Y | 448 | N | Y | N | Y | N | N | <i>Inspection, Re-adjustment & Replacement</i> |
| Gas Engine Ignition System | Alternator | 1 | 1A | 1A1 | <i>V - Belt</i> | | Y | N | N | Y | 810 | N | N | Y | Y | N | N | <i>Inspection & Replacement</i> |
| | Air Starter | 1 | 1A | 1A1 | <i>V - Belt</i> | | Y | N | N | Y | 192 | N | N | Y | Y | N | N | <i>Inspection & Replacement</i> |
| | | <i>Pinion Gear</i> | | | Y | N | N | Y | 192 | N | N | Y | Y | N | N | <i>Inspection & Replacement</i> | | |
| | Spark Plug | 1 | 1A | 1A1 | <i>Spark Plug</i> | | Y | N | N | Y | 648 | N | N | Y | Y | N | N | <i>Inspection, Cleaning & Replacement</i> |
| | | | | 1A2 | <i>Electric Wire</i> | | Y | N | N | Y | 648 | N | N | Y | Y | N | N | <i>Inspection & Replacement</i> |
| | | 1B | 1B1 | <i>Coil Ignition</i> | | Y | N | N | Y | 648 | N | N | Y | Y | N | N | <i>Inspection & Replacement</i> | |

(Lanjutan Gas Engine Compressor RCM Desicion Worksheet)

| Sub-system | Component | Information Reference | | | Maintainable Item | Consequence Evaluation | | | | RPN | H1 | H2 | H3 | Default Action | | | Proposed Task |
|-------------------------|----------------|-----------------------|----|-----|--------------------------------|------------------------|---|---|---|-----|----|----|----|----------------|----|----|--------------------------|
| | | | | | | | | | | | S1 | S2 | S3 | | | | |
| | | F | FF | FM | | H | S | E | O | | O1 | O2 | O3 | N1 | N2 | N3 | |
| Gas Engine Drive System | Connecting Rod | 1 | 1A | 1A1 | Connecting Rod Metal Bushing | Y | Y | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Connecting Rod Bolt | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Connecting Rod Upper Metal | Y | Y | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Connecting Rod Lower Metal | Y | Y | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | Crankshaft | 1 | 1A | 1A1 | Oil Seal | Y | N | Y | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Main Bearing | Y | Y | N | Y | 640 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Thrust Bearing | Y | Y | N | Y | 640 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Cranksahft Ring | Y | Y | N | Y | 640 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | Flywheel | 1 | 1A | 1A1 | Ring Gear | Y | N | N | Y | 288 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Flywheel Housing Gasket | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | Cylinder Block | 1 | 1A | 1A1 | Cylinder Liner | Y | Y | N | Y | 504 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Cylinder Liner Upper O - Ring | Y | N | Y | Y | 560 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Cylinder Liner Middle O - Ring | Y | N | Y | Y | 560 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Cylinder Liner Lower O - Ring | Y | N | Y | Y | 560 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |

(Lanjutan Gas Engine Compressor RCM Desicion Worksheet)

| Sub-system | Component | Information Reference | | | Maintainable Item | Consequence Evaluation | | | | RPN | H1 | H2 | H3 | Default Action | | | Proposed Task |
|-------------------------|---------------------------------|-----------------------|----|-----|----------------------------------|------------------------|---|---|---|-----|----|----|----|----------------|----|----|---|
| | | | | | | | | | | | S1 | S2 | S3 | | | | |
| | | F | FF | FM | | H | S | E | O | | O1 | O2 | O3 | N1 | N2 | N3 | |
| Gas Engine Drive System | Cylinder Block | 1 | 1A | 1A2 | Bearing Cap Bolt | Y | Y | N | Y | 384 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | 1 | 1A | 1A1 | Cylinder Head Gasket | Y | N | Y | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Cylinder Head Bolt | Y | N | N | Y | 384 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | Cylinder Head | 2 | 2A | 2A1 | Valve Guide | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection, Re-adjustment & Replacement |
| | | 3 | 3A | 3A1 | Cylinder Head Gasket | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Oil Filler Cap | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | Piston | 1 | 1A | 1A1 | Piston | Y | Y | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | 1A2 | Ring | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| Compressor | Lubricator and Supporting Parts | 1 | 1A | 1A1 | Main Gear Pump Gasket | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Bearing Cover Side Flange Gasket | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Gear Pump Coupling Gasket | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Packing Gland Housing Gasket | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Crankcase Side Cover Gasket | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Crankcase Bearing Cover Gasket | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |

(Lanjutan Gas Engine Compressor RCM Desicion Worksheet)

| Sub-system | Component | Information Reference | | | Maintainable Item | Consequence Evaluation | | | | RPN | H1 | H2 | H3 | Default Action | | | Proposed Task |
|------------|---------------------------------|-----------------------|----|------------|------------------------------|------------------------|---|---|---|-----|----|----|----|----------------|----|----|------------------------------------|
| | | | | | | | | | | | S1 | S2 | S3 | | | | |
| | | F | FF | FM | | H | S | E | O | | O1 | O2 | O3 | N1 | N2 | N3 | |
| Compressor | Lubricator and Supporting Parts | 1 | 1A | 1A1 | Crankcase Uppercase Gasket | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | 1B1 | Lubrication Pump Filter | Y | N | N | Y | 560 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection, Cleaning & Replacement |
| | | | | Oil Filter | Oil Filter | Y | N | N | Y | 560 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection, Cleaning & Replacement |
| | Crosshead | 1 | 1A | 1A1 | Crank Metal Pin | Y | N | N | Y | 384 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Crosshead Main Metal | Y | N | N | Y | 384 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Crosshead Metal Pin | Y | N | N | Y | 384 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | 1A2 | Crosshead Guide Cover Gasket | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Crosshead Guide Gasket | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | Compressor Cylinder Part | 1 | 1A | 1A1 | Cylinder Head Gasket | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Gland Packing | Y | N | N | Y | 243 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | 1A2 | Oil Scraper | Y | N | N | Y | 243 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Cylinder Cover Gasket | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Cylinder Cover O - Ring | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |

(Lanjutan Gas Engine Compressor RCM Desicion Worksheet)

| Sub-system | Component | Information Reference | | | Maintainable Item | Consequence Evaluation | | | | RPN | H1 | H2 | H3 | Default Action | | | Proposed Task |
|------------|--------------------------|-----------------------|-----|-----|-----------------------------|------------------------|---|---|---|-----|----|----|----|----------------|----|----|------------------------------------|
| | | | | | | | | | | | S1 | S2 | S3 | | | | |
| | | F | FF | FM | | H | S | E | O | | O1 | O2 | O3 | N1 | N2 | N3 | |
| Compressor | Compressor Cylinder Part | 1 | 1A | 1A2 | Cylinder Liner O - Ring | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Discharge Valve Seat Gasket | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Gland Packing O - Ring | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Packing Case Gasket | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Piston Ring | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Rider Ring | Y | N | N | Y | 216 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Suction Valve Seat Gasket | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Valve Back Up Ring | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Valve Cover Gasket | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Valve Cover O - Ring | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | 1A3 | 1A4 | 1A3 | Valve O - Ring | Y | N | N | Y | 144 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Gland Packing Case Assembly | Y | N | N | Y | 243 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection & Replacement |
| | | | | | Suction Valve | Y | N | N | Y | 810 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection, Cleaning & Replacement |

(Lanjutan Gas Engine Compressor RCM Desicion Worksheet)

| Sub-system | Component | Information Reference | | | Maintainable Item | Consequence Evaluation | | | | RPN | H1 | H2 | H3 | Default Action | | | Proposed Task |
|------------|--------------------------|-----------------------|----|-----|-------------------|------------------------|---|---|---|-----|----|----|----|----------------|----|----|------------------------------------|
| | | | | | | | | | | | S1 | S2 | S3 | | | | |
| | | F | FF | FM | | H | S | E | O | | O1 | O2 | O3 | N1 | N2 | N3 | |
| | | | | | | | | | | | N1 | N2 | N3 | H4 | H5 | S4 | |
| Compressor | Compressor Cylinder Part | 1 | 1A | 1A4 | Discharge Valve | Y | N | N | Y | 810 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection, Cleaning & Replacement |
| | | | | | Concentric Valve | Y | N | N | Y | 810 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection, Cleaning & Replacement |
| | Gas Inlet | 1 | 1A | 1A1 | Inlet Filter | Y | N | N | Y | 560 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection, Cleaning & Replacement |
| | | | | | Final Filter | Y | N | N | Y | 560 | N | N | Y | Y | N | N | Inspection, Cleaning & Replacement |