



TUGAS AKHIR - TF 141581
ANALISIS RELIABILITY DAN SAFETY
INTEGRITY LEVEL PADA SISTEM CO SHIFT
CONVERSION DI PT. PETROKIMIA GRESIK

ESTHER LUCIANE MARZUKI
NRP. 2412100 073

Dosen Pembimbing
Hendra Cordova, ST, MT

JURUSAN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - TF 141581

**ANALYSIS RELIABILITY AND SAFETY
INTEGRITY LEVEL OF CO SHIFT CONVERSION
SYSTEM IN PT. PETROKIMIA GRESIK**

**ESTHER LUCIANE MARZUKI
NRP. 2412100 073**

**Dosen Pembimbing
Hendra Cordova, ST, MT**

**JURUSAN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISIS *RELIABILITY* DAN *SAFETY INTEGRITY*
LEVEL PADA SISTEM *CO SHIFT CONVERSION* DI PT.
PETROKIMIA GRESIK

TUGAS AKHIR

Oleh :
Esther Luciane Marzuki
NRP. 2412 100 073

Surabaya, 19 Juli 2016
Mengetahui/Menyetujui

Pembimbing



Hendra Cordova, ST, MT
NIPN. 19690530 199412 1 001

Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI-ITS



Agus Muhammad Hatta, ST, M.Si, Ph.D
NIPN. 19780902200312 1 002

**ANALISIS *RELIABILITY* DAN *SAFETY INTEGRITY*
LEVEL PADA SISTEM *CO SHIFT CONVERSION* DI PT.
PETROKIMIA GRESIK**





TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Instrumentasi
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ESTHER LUCIANE MARZUKI
NRP 2412 100 073

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir

- 1 Hendra Cordova, ST MT  ..(Pembimbing)
2. Dr Ir Purwadi Agus Darwito, M.Sc  ..(Ketua Penguji)
- 3 Dr Ir Syamsul Arifin, MT  ..(Penguji I)
4. L1zda Johar Mawarani, ST, MT  ..(Penguji II)

**SURABAYA
JULI 2016**

**ANALISIS *RELIABILITY* DAN *SAFETY INTEGRITY*
LEVEL PADA SISTEM *CO SHIFT CONVERSION* DI PT.
PETROKIMIA GRESIK**

Nama Mahasiswa : Esther Luciane Marzuki
NRP : 2412 100 073
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Hendra Cordova, ST, MT

Abstrak

CO Shift Conversion adalah sebuah sistem yang digunakan dalam proses pembuatan amonia yang berfungsi untuk mengubah gas karbon monoksida (CO) keluaran dari *steam reformer* menjadi gas karbon dioksida (CO₂) dan gas hidrogen (H₂). Sistem ini sudah beroperasi sejak tahun 1994, sehingga performansi setiap komponennya sudah tidak sama sejak awal beroperasi. Apabila terdapat kerusakan pada komponen-komponen sistem maka mengakibatkan kerja sistem *CO Shift Conversion* ini kurang optimal sehingga berdampak pada beban kerja yang meningkat untuk sistem selanjutnya. Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini dilakukan analisa *reliability* dan *safety integrity level* pada sistem *CO Shift Conversion* ini. Analisa *reliability* dilakukan dengan metode kuantitatif dan kualitatif. Analisa kuantitatif dilakukan dengan metode RBD untuk mengetahui *reliability* dan *availability* sistem. Analisa kualitatif dilakukan dengan menggunakan metode FTA dan FMEA untuk mengetahui jenis kegagalan, *basic event* yang dapat menyebabkan sistem ini gagal, efek yang ditimbulkan, dan langkah penanganan masalah yang diambil. Sistem *CO Shift Conversion* mencapai nilai *reliability* 0,6 pada 540 jam, dan memiliki ketersediaan 93%. Nilai *reliability* pada 8760 jam adalah 0,3. Hasil menggunakan FTA, nilai *reliability* *CO Shift Conversion* pada 8760 jam atau 1 tahun adalah 0,1. *CO Shift Conversion* memiliki tingkatan SIL 0 dengan PFD 0.709 pada 720 jam 79.229 pada 4320 jam, dan 34.754 pada 8760.

Kata Kunci: *Reliability, safety integrity level, CO Shift Conversion, Reliasoft Weibull++6*

**ANALYSIS RELIABILITY AND SAFETY INTEGRITY
LEVEL OF CO SHIFT CONVERSION SYSTEM IN PT.
PETROKIMIA GRESIK**

Name : *Esther Luciane Marzuki*
NRP : *2412 100 073*
Department : *Teknik Fisika FTI-ITS*
Supervisor : *Hendra Cordova, ST, MT*

Abstract

CO Shift Conversion is a system used in the manufacture of ammonia gas which serves to convert carbon monoxide (CO) output of a steam reformer to carbon dioxide (CO₂) and hydrogen gas (H₂). This system has been in operation since 1994, so that the performance of each component is not the same since the beginning of operation. If there is damage to the system components, then the resulting working CO Shift Conversion system is less than optimal so the impact on an increased workload for the next system. Therefore, in this research, reliability and safety integrity level analysis at CO Shift Conversion system has been conducted with qualitative and with quantitative and qualitative method . The quantitative analysis was conducted by RBD to determine the reliability and availability of the system. Qualitative analysis performed using the FTA and FMEA to know failure mode, the basic event that could cause the system to fail, the effect for the system, and action required to handle the failure . CO Shift Conversion System reached a value of 0.6 on a 540-hour reliability, and has a 93% availability. Rated reliability at 8760 hours was 0.3. Results using the FTA, the value of reliability CO Shift Conversion at 8760 hours or 1 year is 0.1. CO Shift Conversion has a SIL level 0 with PFD 0.709 at 729 hours, 79.229 at 4320 hours, and 34.754 in 8760 hours.

Keywords: *Reliability, safety integrity level, CO Shift Conversion, ReliaSoft Weibull++6*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, atas berkat dan hikmat-Nya penulis diberikan kesehatan, kemudahan, dan kelancaran dalam menyusun laporan tugas akhir yang berjudul :

**“ANALISIS *RELIABILITY* DAN *SAFETY INTEGRITY*
LEVEL PADA SISTEM *CO SHIFT CONVERSION* DI PT.
PETROKIMIA GRESIK”**

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademik yang harus dipenuhi dalam Program Studi S-1 Teknik Fisika FTI-ITS. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Hendra Cordova, ST, MT selaku dosen pembimbing tugas akhir ini, yang selalu memberikan semangat dan ide-ide baru.
2. Bapak Dr. Bambang Lelono Widjiantoro, ST, MT selaku dosen wali yang selalu memberikan motivasi, arahan, dan nasihat selama menjalani masa perkuliahan di Jurusan Teknik Fisika-ITS.
3. Bapak Agus Muhammad Hatta, Ph. D selaku ketua jurusan Teknik Fisika ITS.
4. Bapak/Ibu dosen pengajar di jurusan Teknik Fisika ITS.
5. Bapak Angga, Bapak Gelar, Bapak Riza, dan Bapak Veby yang sudah membimbing dalam pengambilan data di PT. Petrokimia Gresik
6. Bapak Markus Wagiman Marzuki dan Ibu Yelliene Christine Wattimena yang memberikan kasih sayang, dukungan moral, finansial, dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Irene Elisseba Marzuki, Femmy Ruth Marzuki, Yuswantina Adolfien Marzuki, dan Christian Victor Samuel Marzuki, sebagai saudara terkasih dan segenap keluarga yang sudah memberikan semangat, candaan, dan perhatian untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini.

8. Peto, Isna, Junivan, Berto, Wilan, Eki, Trica, Ebin, Hacid, Nita, Chusnul, Febrilia, Angel, Sony, Niki, teman-teman asisten Fotonik dan Larins, rekan-rekan F47, teman-teman seperjuangan TA, teman-teman PDTF, dan warga Teknik Fisika ITS yang telah memberikan motivasi, semangat, dan bantuan dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.
9. Anggriani Christy Simanjuntak dan Surya Alam sebagai sahabat terkasih di dalam Tuhan yang selalu mendukung, mendoakan, dan selalu menopang di saat saya terpuruk. Terimakasih sahabat!
10. Claudia, Erma, Kevin, Bella, Ame, Eva, Andre, Bimbim, Surya yang sudah menjadi tim dan keluarga yang baik di Pemuridan PMK ITS 15/16. Marshal, Nevy, Kak Paulus, Kak Irin, dan Kak Yorgi yang menjadi penyemangat dalam menjalani kuliah dan pelayanan di ITS ini.
11. Stevanus, Gaby, Intan, Anggi, Gloria, Dion, Sabam, Osmon, Mira, Vidi, Grace, Erwin, Tiffany, Afril, Selni, Kelvin, Ruth, Melly, Ajeng, Andre, Nathan, Ramanda, Patricia, Rosa yang menjadi rekan kerja bersama di kepengurusan PMK ITS 15/16
12. Aghin, Yenni, Itak, Sekar, Kemprit, dan teman-teman X6, yang telah memberikan motivasi, semangat, hiburan, dan bantuan dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa mungkin masih ada kekurangan dalam laporan ini, sehingga kritik dan saran penulis terima. Semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi penulis dan pihak yang membacanya.

Surabaya, 12 Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
Abstrak	viii
<i>Abstract</i>	x
KATA PENGANTAR.....	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1. Latar Belakang.....	Error! Bookmark not defined.
1.2. Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3. Lingkup Pengerjaan.....	Error! Bookmark not defined.
1.4. Tujuan.....	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1. CO <i>Shift Covertion</i>	Error! Bookmark not defined.
2.2. Keandalan (<i>Reliability</i>).....	Error! Bookmark not defined.
2.3. Keterawatan (<i>Maintainability</i>)	Error! Bookmark not defined.
2.4. Ketersediaan (<i>Availability</i>).....	Error! Bookmark not defined.
2.5. Laju Kegagalan (<i>Failure Rate</i>).....	Error! Bookmark not defined.
2.6. Distribusi Data.....	Error! Bookmark not defined.

- 2.7. Perawatan (*Maintenance*).....**Error! Bookmark not defined.**
- 2.8. *Reliability Block Diagram* (RBD).. **Error! Bookmark not defined.**
- 2.9. *Fault Tree Analysis* (FTA)**Error! Bookmark not defined.**
- 2.10. *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA)**Error! Bookmark not defined.**
- 2.11. *Safety Integrity Level* (SIL)**Error! Bookmark not defined.**

BAB III METODOLOGI PENELITIAN...Error! Bookmark not defined.

- 3.1. Diagram Alir **Error! Bookmark not defined.**
- 3.2. Perumusan Masalah... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.3. Studi Literatur **Error! Bookmark not defined.**
- 3.4. Identifikasi Sistem, Unit, dan Komponen**Error! Bookmark not defined.**
- 3.5. Tahap Pengumpulan Data**Error! Bookmark not defined.**
- 3.6. Tahap Pengolahan Data.....**Error! Bookmark not defined.**
 - 3.6.1. Analisa Kuantitatif **Error! Bookmark not defined.**
 - 3.6.2. Analisa Kualitatif **Error! Bookmark not defined.**

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN....Error! Bookmark not defined.

- 4.1. Analisa Kuantitatif **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2. Analisa Kualitatif **Error! Bookmark not defined.**
- 4.3. Rekomendasi *Maintenance* Komponen Sistem CO *Shift Conversion*..... **Error! Bookmark not defined.**

4.4.	<i>Analisa Safety Integrity Level (SIL)</i>	Error! Bookmark not defined.
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		133
5.1.	Kesimpulan.....	133
5.2.	Saran.....	134
DAFTAR PUSTAKA.....		135

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2. 1** *Process Flow Diagram (PFD) sistem CO shift conversion* (PT Petrokimia Gresik, 2006) **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 2** *Bathup Curve* (Ebeling C. E., 1997) **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 3** Grafik keandalan sistem dengan *preventive maintenance*..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 4** Konfigurasi Sistem Seri pada RBD..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 5** Konfigurasi Sistem Pararel pada RBD..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 1** Diagram Alir Penelitian**Error! Bookmark not defined.**

- Gambar 3. 2** Tampilan *software* untuk menentukan distribusi
..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 3**Tampilan *software* pengujian distribusi *Time To Failure*..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 4** Contoh tampilan *software* menunjukkan rangking hasil distribusi **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 5** Parameter yang didapatkan dari uji distribusi **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 1** *Failure rate HTS converter 104-D1*.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 2** Grafik *reliability HTS converter 104-D1***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 3** Grafik *availability HTS converter 104-D1***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 4** Grafik *maintainability HTS converter 104-D1*
..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 5** Grafik *preventive maintenance HTS converter 104-D1* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 6** *Failure rate HTS effluent waste heat boiler 103-C1*
..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 7** Grafik *reliability HTS effluent waste heat boiler 103-C1*..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 8** Grafik *availability HTS effluent waste heat boiler 103-C1*..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 9** Grafik *maintainability HTS effluent waste heat boiler 103-C1* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 10** Grafik *preventive maintenance HTS effluent waste heat boiler 103-C1* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 11** *Failure rate LTS converter 104-D2***Error! Bookmark not defined.**

- Gambar 4. 12** Grafik *reliability LTS converter* 104-D2..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 13** Grafik *availability LTS converter* 104-D2 .. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 14** Grafik *Maintainability LTS Converter* 104-D2 **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 15** Grafik *preventive maintenance LTS Converter* 104-D2..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 16** *Failure rate Temperature Indicator* TI-1343 **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 17** Grafik *Reliability Temperature Indicator* TI-1343 **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 18** Grafik *Availability Temperature Indicator* TI-1343 **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 19** Grafik *Maintainability Temperature Indicator* TI-1343 **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 20** Grafik *Preventive maintenance Temperature Indicator* TI-1343 . **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 21** *Failure Rate Temperature Indicator* TI-1348 **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 22** Grafik *Reliability Temperature Indicator* TI-1348 **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 23** Grafik *Availability Temperature Indicator* TI-1348 **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 24** Grafik *Maintainability Temperature Indicator* TI-1348..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 25** Grafik *Preventive maintenance Temperature Indicator* TI-1348 . **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 26** *Failure Rate Temperature Transmitter* TT-1011 **Error! Bookmark not defined.**

- Gambar 4. 27** Grafik *Reliability Temperature Transmitter TT-1011* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 28** Grafik *Availability Temperature Transmitter TT-1011* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 29** Grafik *Maintainability Temperature Transmitter TT-1011* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 30** Grafik *Preventive maintenance Temperature Transmitter TT-1011* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 31** Grafik *Reliability Temperature Indicator Controller TIC-1011* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 32** Grafik *Availability Temperature Transmitter TT-1011* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 33** Grafik *Maintainabilty Temperature Indicator Controller T IC-1011* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 34** *Preventive maintenance Temperature Indicator Controller TIC-1011* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 35** *Failure Rate Temperature Valve TV-1011B* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 36** Grafik *Reliability Temperature Valve TV-1011B* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 37** Grafik *Availability Temperature Valve TV-1011B* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 38** Grafik *Maintainability Temperature Valve TV-1011B* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 39** Grafik *Preventive maintenance Temperature Valve TV-1011B* ... **Error! Bookmark not defined.**

- Gambar 4. 40** Grafik *Reliability HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C2* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 41** Grafik *Availability HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C2* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 42** *Failure Rate Pressure Differential Transmitter PDT-1111* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 43** Grafik *Reliability Pressure Differential Transmitter PDT-1111* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 44** Grafik *Availability Pressure Differential Transmitter PDT-1111* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 45** Grafik *Maintainability Pressure Differential Transmitter PDT-1111* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 46** Grafik *Preventive maintenance Pressure Differential Transmitter PDT-1111*..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 47** *Failure Rate Pressure Transmitter PT-1030* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 48** Grafik *Reliability Pressure Transmitter PT-1030* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 49** Grafik *Availability Pressure Transmitter PT-1030* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 50** Grafik *Maintainability Pressure Transmitter PT-1030*..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 51** Grafik *Preventive maintenance Pressure Transmitter PT-1030* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 52** Grafik *Reliability Pressure Indicator Controller PIC-1030* **Error! Bookmark not defined.**

- Gambar 4. 53** Grafik *Availability Pressure Indicator Controller PIC-1030*..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 54** Grafik *Maintainabilty Pressure Indicator Controller PIC-1030***Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 55** Grafik *Preventive maintenance Pressure Indicator Controller PIC-1030*.**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 56** Grafik *Reliability Pressure Valve PV-1030*.**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 57** Grafik *Availability Pressure Valve PV-1030* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 58** Grafik *Maintainabilty Pressure Valve PV-1030* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 59** Grafik *Preventive maintenance Pressure Valve PV-1030*..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 60** Grafik *Reliability Sistem CO Shift Conversion* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 61** Grafik *Availability Sistem CO Shift Conversion* **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 62** Grafik *Reliability CO Shift Conversion dengan Metode FTA* **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR TABEL

- Tabel 2. 1** *Weibull Shape Parameter***Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 2. 2** Simbol pada *Fault Tree Analysis* (Ebeling C. E., 1997) **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 2. 3** Deskripsi *Failure Mode and Failure Effect*..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 2. 4** *Probability Density Function* (PDF) dari SIL ... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3. 1** Deskripsi fungsi komponen, fungsi kegagalan dan FMEA (Moubray, 2000).....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3. 2** Contoh data HAZOP pada Sistem *CO Shift Conversion* **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3. 3** Deskripsi *system function, functional failure, failure mode, and failure effect* pada *temperature control valve*..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 1** *Data Maintenance* dan Kegagalan *HTS Converter 104-D1* **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 2** *Data Maintenance* dan Kegagalan *HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C1* ... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 3** *Data Maintenance* dan Kegagalan *LTS Converter 104-D2* **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 4** *Data Maintenance* dan Kegagalan *Temperature Indicator TI-1343* **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 5** *Data Maintenance* dan Kegagalan *Temperature Indicator TI-1348* **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 6** *Data Maintenance* dan Kegagalan *Temperature Transmitter TT-1011* . **Error! Bookmark not defined.**

- Tabel 4. 7** *Data Maintenance dan Kegagalan Temperature Valve TV-1011B* **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 8** *Data Maintenance dan Kegagalan Pressure Differential Transmitter PDT-1111* **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 9** *Data Maintenance dan Kegagalan Pressure Transmitter PT-1030 .* **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 10** *Data Reliability Komponen CO Shift Conversion pada Jam ke-8760* **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 11** *FMEA HTS Converter 104-D1.....* **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 12** *FMEA HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C1 &-C2* **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 13** *FMEA LTS Converter 104-D2***Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 14** *FMEA Temperature Transmitter TT-1011***Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 15** *FMEA Temperature Valve TV-1011B***Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 16** *FMEA Pressure Transmitter PT-1030***Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 17** *FMEA Pressure Valve PV-1005 ..* **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 18** *Rekomendasi Maintenance Komponen CO Shift Conversion* **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 19** *Perhitungan SIL CO Shift Conversion pada Kondisi Sekarang (Vooting 1001).....***Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4. 20** *Perhitungan SIL CO Shift Conversion (Vooting 1002)* **Error! Bookmark not defined.**

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT. Petrokimia Gresik adalah sebuah perusahaan milik negara yang memproduksi berbagai jenis pupuk seperti: urea, fosfat, ZA dan nitrogen. Dalam proses pembuatan pupuk diperlukan bahan baku berupa amonia, asam fosfat, dan asam sulfat. Oleh karena itu, PT Petrokimia Gresik mulai memproduksi sendiri amonia di Pabrik I pada tahun 1994. Bahan baku yang dibutuhkan dalam memproduksi amonia adalah gas alam dan nitrogen (N_2). Ada lima tahap proses pembentukan amonia yaitu, penyediaan gas sintesa, pemurnian gas sintesa, sintesa amonia, refrigerasi, dan *purge gas recovery*. Tahap penyediaan gas sintesa terdiri dari berbagai sistem yaitu, desulfurasi bahan baku, *steam reformer* pada *primary* dan *secondary reformer*, dan *CO shift conversion* [CITATION Ano06 \l 1033].

Gas keluaran dari *steam reformer* masih mengandung banyak sekali karbon monoksida (CO). Senyawa ini beracun dan dapat merusak katalis yang ada di dalam *amonia converter*. Oleh karena itu, terdapat sistem *CO shift conversion* yang berfungsi untuk mengubah karbon monoksida (CO) menjadi karbon dioksida (CO_2) dan hidrogen (H_2). Sistem ini bekerja dengan baik apabila gas yang dihasilkan memiliki kadar karbon monoksida $\pm 0,4\%$. Di dalam sistem ini terjadi dua buah reaksi yaitu *High Temperature Shifting* (HTS) dan *Low Temperature Shifting* (LTS). HTS adalah reaksi perubahan gas CO menjadi CO_2 pada temperatur tinggi (sekitar $436^\circ C$), sedangkan LTS reaksinya terjadi saat temperatur rendah (sekitar $227^\circ C$). Kedua reaksi ini terjadi di dalam dua tanki *converter*, yaitu *HTS Converter* (104-D1) dan *LTS Converter* (104-D2). Pada sistem ini variabel yang sangat penting adalah temperatur. Apabila temperatur di dalam tangki terlalu tinggi, maka dapat menyebabkan kerusakan katalis di dalam tanki dan meningkatnya

kadar gas CO₂. Sebaliknya, jika temperatur di dalam tangki terlalu rendah maka tidak akan terjadi reaksi *shifting*. Oleh karena itu, terdapat pengendalian temperatur pada pipa masukan 104-D1. Sistem pengendalian ini adalah *single loop control system*. Sistem pengendalian ini terdiri dari beberapa komponen penting [CITATION Bag06 \l 1033].

Sistem CO *shift conversion* sudah beroperasi dengan waktu yang cukup lama sejak unit amonia ada, yaitu tahun 1994. Sistem ini sudah memiliki waktu operasi yang panjang sehingga performansi sistem menjadi menurun. Saat ini sistem CO *shift conversion* tidak mampu menghasilkan kadar CO sebesar 0,4% sesuai dengan desain awalnya. Hal ini dikarenakan, kegiatan pemeliharaan komponen-komponen penyusun sistem CO *shift conversion* tersebut belum maksimal. Artinya, sistem pemeliharaan yang ada masih kurang memperhatikan faktor kehandalan komponen karena pemeliharaan komponen dilaksanakan ketika komponen mengalami kerusakan, yaitu dengan pergantian komponen. Hal ini tidak baik dilakukan untuk sistem CO *shift conversion* yang memiliki fungsi yang vital. Selain itu biaya pergantian komponen pun relatif mahal dari pada biaya untuk melakukan *preventive maintenance*. Secara umum, sistem perawatan di PT. Petrokimia Gresik juga masih bergantung pada kegiatan *turn around (overhaul)* perusahaan. Antisipasi kegagalan dengan pembuatan jadwal pemeliharaan secara berkala pun belum banyak diterapkan.

Sistem CO *shift conversion* merupakan sistem yang kritis pada unit amoniak. Plant amoniak akan non aktif apabila sistem CO *shift conversion* gagal. Hal ini dikarenakan kadar CO yang lolos pada proses sintesa agas terlalu tinggi dan dapat merusak katalis pada *amonia converter*. Katalis sistem CO *shift conversion* memiliki tingkat kejenuhan sampai lima tahun. Namun, kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa katalis sering diganti sebelum mencapai waktu lima tahun. Kegagalan sistem CO *shift conversion* dapat menghambat kegiatan produksi dan dapat menghasilkan produk yang memiliki kualitas yang kurang baik. Hal ini dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan terutama

kerugian kegiatan produksi. Melihat permasalahan tersebut, maka diperlukan analisa *reliability* dan *safety integrity level* pada sistem *CO shift conversion* di PT. Petrokimia Gresik. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi kegagalan dalam proses produksi [CITATION Rah13 \l 1033].

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan analisa *reliability* dan *safety integrity level* pada komponen-komponen dari sistem *CO shift conversion*. Metode yang digunakan adalah metode kuantitatif dan kualitatif (FTA dan FMEA). Sehingga, dapat diketahui nilai *reliability* dan *safety integrity level* dari sistem. Setelah mengetahui nilai *reliability* dapat direkomendasikan jadwal *maintenance* dari setiap komponen.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, permasalahan yang bisa diangkat dalam penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana *reliability* sistem *CO Shift Conversion* ?
- b. Apa rekomendasi penjadwalan dan perawatan yang dapat diberikan pada komponen di *CO Shift Conversion* ?
- c. Bagaimana tingkatan *safety integrity level* (SIL) pada sistem *CO Shift Conversion* ?

1.3. Lingkup Pengerjaan

Hal hal yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

- a. Menganalisa *reliability*, *availability*, dan *maintainability* *CO Shift Conversion* di PT. Petrokimia Gresik
- b. Data *maintanace record* yang digunakan dari tahun 2008-Maret 2016
- c. Menentukan pendekatan pola distribusi dengan menggunakan perangkat lunak *Reliasoft Weibull++6*

1.4. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui *reliability* sistem *CO Shift Conversion*
- b. Memberikan rekomendasi penjadwalan dan perawatan pada komponen-komponen sistem *CO Shift Conversion*

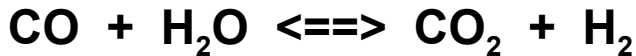
4

- c. Menghitung tingkatan *safety integrity level* (SIL) pada CO *Shift Conversion*

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

1. *CO Shift Covertion*

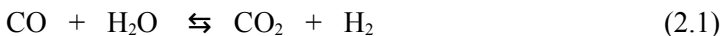
CO Shift Conversion adalah sebuah sistem yang sangat vital karena memiliki fungsi untuk mengubah gas karbon monoksida (CO) keluaran dari *steam reformer* menjadi karbon dioksida (CO₂) dan hidrogen (H₂). Gas karbon dioksida (CO) tidak diinginkan dalam proses pembentukan ammonia karena dapat bersifat racun bagi katalis *ammonia converter*.



Gambar 2. 1 *Process Flow Diagram (PFD) sistem CO shift conversion [CITATION Bag06 \l 1033]*

Proses perubahan gas CO menjadi gas CO₂ ini terjadi dalam dua buah tingkatan, yaitu HTS (*High Temperature Shifting*) dan LTS (*Low Temperature Shifting*). HTS terjadi di dalam tangki *HTS Converter* 104-D1. HTS adalah reaksi yang merubah sebageaian besar CO menjadi CO₂. Reaksi ini terjadi pada suhu tinggi sekitar (400-425°C) dengan bantuan katalis besi Fe₂O₃ atau disebut juga ferioksida. Sedangkan LTS adalah reaksi yang mengubah sisa CO menjadi CO₂, agar kadar CO bisa diterima diproses methanasi di metanator. Reaksi ini dilakukan pada suhu rendah sekitar (200-225°C) dengan bantuan katalis tembaga (Cu).

Gas dari *reboiler* 102 C pada temperatur 371°C masuk bagian atas HTS 104 D1 melewati internal gas distributor. Gas turun melewati *bed* katalis dan keluar dari bagian bawah tanki. HTS 104-D1 dilengkapi dengan instrumentasi untuk memonitor temperatur katalis dan perbedaan tekanan *bed* katalis. Hal ini dikarenakan temperatur katalis sangat mempengaruhi reaksi *CO shifting conversion*, jika temperatur melebihi suhu 450°C maka gas CO tidak akan berubah menjadi CO₂ namun akan kembali lagi menjadi CO. Selain itu, temperatur yang terlalu tinggi menyebabkan kadar CO meningkat dan membuat beban kerja pada proses metanasi di methanator semakin tinggi, sehingga temperatur keluran gas terlalu tinggi juga. Sebaliknya, temperatur yang terlalu rendah menyebabkan *steam* berada pada kondisi *saturated steam*, hal ini menyebabkan steam dapat berubah menjadi air kondensat di dalam tanki. Air kondensat ini dapat merusak keaktifan katalis yang terdapat di dalam tanki. Selain karena hal itu, temperatur yang terlalu tinggi juga dapat merusak keaktifan katalis. Perbedaan tekanan di dalam tanki juga dimonitoring untuk mengerti keaktifan katalis. Keaktifan katalis merupakan suatu hal yang penting dalam sistem ini karena keaktifan katalis menentukan reaksi yang berlangsung. Jika katalis di dalam *bed* tidak aktif maka tidak terjadi reaksi *shifting* CO ke CO₂. Reaksi di HTS 104-D1 adalah eksotermis dengan temperatur keluaran 104-D1 sekitar 436°C. Reaksi yang terjadi adalah :



Reaksi ini adalah *reversible* dan bergantung pada temperatur, rasio *stream* dan keaktifan katalis. Aliran keluaran 104-D1 proses gas didinginkan menjadi 203 °C di *heat exchanger* 103-C1 atau 103-C2. Di 103-C1, panas di alirkan gas proses diberikan pada air *boiler* yang melewati *tube exchanger*. Kemudian kadar gas CO diukur dengan AT 1020 dan ditampilkan di *control room* dalam bentuk persen.

LTS 104-D2 *converter* terdiri dari gas *inlet* distributor dan katalis. Reaksi di LTS *converter* adalah reaksi eksotermis. Gas proses meninggalkan tangki ini pada temperatur sekitar 227 °C. LTS *converter* akan berjalan dengan normal bila inlet temperatur adalah 200 °C (mendekati titik embun) dan temperatur maksimum yang diperbolehkan adalah sebesar 260 °C. Temperatur masukan LTS dikontrol dengan *heat exchanger* 103 C1 dan 103 C2. Selain itu juga terdapat pengendalian tekanan pada gas dijaga pada 33,46

Å agar steam di dalam tanki tidak terkondensasi. Jika terjadi kondensasi maka keaktifan katalis dapat berkurang. Kemudian kadar gas CO diukur dengan AT-1030 dan ditampilkan di *control room* dalam bentuk persen.

Gas sisa LTS di dinginkan untuk mengkodensasikan seluruh uap air dan mendinginkan proses gas ke CO₂ *absorber*. Sistem ini terdiri dari 5 *heat exchanger* dan sebuah gas separator. Proses gas panas bertemperatur 227 °C yang meninggalkan LTS 104-D2 didinginkan oleh BFW (*Boiler Feed Water*) di 131 C (LTS *efluen/BFW exchanger*) hingga 213 °C [CITATION PTP12 \l 1033].

2. **Kehandalan (*Reliability*)**

Keandalan atau disebut juga *reliability* atau reliabilitas dapat didefinisikan sebagai probabilitas suatu komponen atau sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsinya pada jangka waktu tertentu ketika kondisi operasi [CITATION Cha97 \t \l 1033]. Keandalan merupakan suatu hal yang sangat penting karena akan mempengaruhi biaya pemeliharaan komponen atau sistem yang pada akhirnya akan mempengaruhi profitabilitas perusahaan tersebut. Selain itu, reliabilitas juga mempengaruhi hasil produksi suatu produk. Nilai reliabilitas yang rendah menyebabkan hasil produksi yang buruk, dan sebaliknya. Analisis keandalan dapat

membantu untuk menentukan peluang suatu komponen atau sistem mengalami kegagalan dalam melakukan fungsinya dalam jangka waktu tertentu. Analisa keandalan dapat dilakukan dengan dua buah cara yaitu metode kuantitatif dan metode kualitatif.

Metode kuantitatif merupakan metode perhitungan matematik yang dilakukan dengan pendekatan atau distribusi numerik. Metode ini dilakukan terhadap data *maintenance (equipment record)* terhadap waktu kegagalan (*time to failure*) dan waktu perbaikan (*time to repair*). Waktu kegagalan (TTF) adalah waktu yang dilalui komponen atau sistem mulai beroperasi sampai mengalami kegagalan. Sedangkan waktu perbaikan (TTR) adalah waktu perbaikan yang diperlukan oleh komponen supaya dapat berfungsi kembali sebagai mana mestinya. Data TTF dan TTR dari komponen dapat didekati dengan beberapa distribusi kegagalan yang telah ada seperti distribusi normal, lognormal, eksponensial, dan weibull [CITATION Ari15 \l 1033]. Metode kualitatif adalah metode analisa *quality* melalui perspektif praktis dari suatu masalah, dilakukan dengan pengumpulan data dengan teknik kualitatif. Terdapat berbagai macam metode kualitatif seperti metode FTA (*Fault Tree Analysis*), FMEA (*Failure Mode Effect and Analysis*), dan RCM (*Reliability Centered Maintenance*), FMECA (*Failure Mode Effect and Criticality Analysis*). Analisa kualitatif ini digunakan untuk menganalisa sistem untuk mencari jenis kegiatan *maintenance* yang paling efektif ditinjau dari bentuk keagalannya.

Reliability juga dapat diartikan sebagai perilaku dari kegagalan sistem atau peralatan. Oleh karena itu, untuk melakukan analisa *reliability* hal pertama yang dilakukan adalah mengumpulkan data *failure*/data kegagalan dari peralatan atau sistem.[CITATION Ang16 \l 1033]

Fungsi keandalan atau *reliability* dapat dinotasikan sebagai $R(t)$ dari sistem jika dipakai selama satuan waktu tertentu (t). Seperti yang telah diketahui *reliability* adalah peluang berhasilnya peralatan menjalani fungsinya untuk suatu periode waktu tertentu. Jadi secara matematik *reliability* dirumuskan penjumlahan peluang berhasil dan peluang kumulatif fungsi kegagalan sama dengan 1

$$R(t) + F(t) = 1 \quad (2.2)$$

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (2.3)$$

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt \quad (2.4)$$

dimana:

$R(t)$ = fungsi keandalan

$F(t)$ = kumulatif fungsi kegagalan

$f(t)$ = fungsi kegagalan

3. Keterawatan (*Maintainability*)

Maintainability adalah probabilitas komponen atau sistem untuk diperbaiki ke kondisi yang sudah ditentukan dalam jangka waktu pemerliharaan dengan prosedur dan sumber daya yang sudah ditentukan [CITATION Cha97 \t \l 1033]. Nilai *maintainability* didapatkan dari distribusi data TTR (*time to repair*). *Maintainability* memiliki rumus yang berbeda-beda bergantung dengan jenis distribusi data perawatannya. Secara matematis, distribusi waktu perbaikan dapat dituliskan sebagai berikut :

$$MTTR = \int_0^{\infty} (1 - H(t)) dt \quad (2.5)$$

dimana :

$MTTR$ = rata-rata waktu perbaikan kegagalan

$H(t)$ = kumulatif fungsi perbaikan

4. **Ketersediaan (*Availability*)**

Availability didefinisikan sebagai probabilitas sebuah komponen atau sistem untuk menjalankan fungsinya dalam jangka waktu yang telah ditentukan ketika digunakan saat kondisi operasi. [CITATION Cha97 \t \l 1033]. *Availability* juga dapat diartikan sebagai kemampuan suatu komponen untuk menjalankan fungsinya dalam jangka waktu tertentu. *Availability* lebih sering digunakan sebagai parameter berhasilnya suatu peralatan dalam menjalankan fungsinya dari pada *reliability*. Hal ini dikarenakan *availability* merupakan ketersediaan peralatan dalam jangka waktu tertentu, berbeda dengan *reliability* yang merupakan peluang berhasilnya peralatan dalam waktu tertentu [CITATION Ang16 \l 1033]. Secara matematis, *availability* dapat dituliskan dalam persamaan sebagai berikut [CITATION Cha97 \t \l 1033] :

$$A(i) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (2.6)$$

dimana :

$MTBF$ = rata-rata waktu antar kegagalan (jam)

$MTTR$ = rata-rata waktu perbaikan kegagalan (jam)

Nilai *availability* yang berubah terhadap waktu, dituliskan dalam persamaan [CITATION Ari15 \l 1033] :

$$A(t) = \left[\left(\frac{\mu}{\lambda + \mu} \right) + \left(\left(\frac{\lambda}{\lambda + \mu} \right) \exp(-(\lambda + \mu)t) \right) \right] \quad (2.7)$$

dimana :

t = waktu (jam)

μ = rata-rata data

λ = laju kegagalan (*failure rate*)

5. Laju Kegagalan (*Failure Rate*)

Laju kegagalan dapat disebut sebagai *failure rate* atau *hazard rate function*. Laju kegagalan (λ) merupakan jumlah kegagalan yang terjadi dalam satuan waktu tertentu. Laju kegagalan juga dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu tertentu. Waktu yang digunakan adalah total waktu operasi komponen, subsistem, atau sistem. Laju kegagalan dapat dirumuskan sebagai berikut :

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

dimana:

f = banyaknya kegagalan (kali)

T = total waktu operasi (jam)

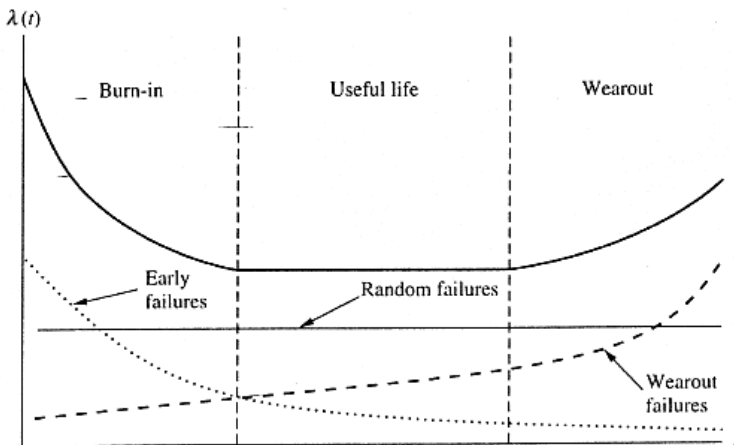
$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.9)$$

dimana:

$f(t)$ = fungsi kegagalan

$R(t)$ = fungsi kehandalan

Laju kegagalan adalah salah satu indikator yang dipakai dalam menganalisa *reliability*. Laju kegagalan memiliki tiga karakteristik, yaitu DFR (*Decreasing Failure Rate*), CFR (*Constant Failure Rate*) dan IFR (*Increase Failure Rate*) yang digambarkan dalam *Bathup Curve* pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Bathup Curve [CITATION Cha97 \t \l 1033]

Pada *bathup curve*, terbagi menjadi tiga daerah yaitu :

- Daerah I

Daerah I adalah daerah pada masa *burn in* atau disebut juga fase pemanasan. Pada daerah ini terjadi penurunan laju kegagalan dari waktu ke 0 hingga t_1 . Kurva

pada daerah I ini disebut juga DFR (*Decreasing Failure Rate*) dari komponen yang disebabkan oleh cacat pabrik. Kecacatan dari pabrik yang biasanya terjadi adalah pengelasan yang kurang sempurna, keretakan, kerusakan pada komponen, kontrol kualitas yang buruk, pencemaran, dan kualitas pekerja yang buruk.

- Daerah II

Daerah II adalah masa *usefull life* yang berarti masa berguna dari suatu komponen. Pada daerah ini laju kegagalannya kecil dan cenderung konstan dalam waktu t_1 sampai dengan t_2 . Kurva ini disebut juga CFR (*Constant Failure Rate*).

- Daerah III

Daerah III dinamakan fase *wear out* atau masa aus suatu komponen atau sistem. Pada daerah ini laju kegagalannya mengalami peningkatan dari t_2 ke t_3 dan besar laju kegagalannya pun cukup besar. Kurva ini disebut juga IFR (*Increasing Failure Rate*) [CITATION Cha97 \t \l 1033].

6. Distribusi Data

Ada empat jenis distribusi data, yaitu : distribusi weibull, eksponensial, normal, dan lognormal.

2.6.1. Distribusi Weibull

Distribusi weibull memiliki tiga parameter, yaitu *scale parameter* (θ), *shape parameter* (β) dan *location parameter* (γ). Distribusi Weibull dapat digunakan untuk mempresentasikan laju kegagalan yang meningkat dan menurun.

Perilaku *shape parameter* (β) terhadap distribusi weibull di jelaskan sebagai berikut.

Tabel 2. 1 *Weibull Shape Parameter*

$0 < (\beta) < 1$	Lognormal distribusi (DFR)
$(\beta) = 1$	Eksponensial distribusi (CFR)
$1 < (\beta) < 2$	IFR
$(\beta) > 2$	Normal distribusi (IFR)

Beberapa fungsi matematis dalam distribusi weibull:

Fungsi distribusi kegagalan:

$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left[\frac{t-\gamma}{\theta} \right]^{\beta-1} \exp \left[- \left(\frac{t-\gamma}{\theta} \right)^\beta \right] \quad (2.10)$$

Fungsi keandalan:

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t - \gamma}{\theta} \right)^\beta \right] \quad (2.11)$$

Fungsi Laju kegagalan:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t - \gamma}{\theta} \right)^{\beta - 1} \quad (2.12)$$

Maintainability:

$$M(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t - \gamma}{\theta} \right)^\beta \right] \quad (2.13)$$

Mean Time to Failure :

$$MTTF = \gamma + \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (2.14)$$

Apabila *location parameter* (γ) bernilai 0, maka distribusi menjadi distribusi *weibull* 2 parameter.

2.6.2. Distribusi Exponensial

Distribusi eksponensial digunakan untuk nilai laju kegagalan yang konstan (CFR). Terdapat dua parameter dalam distribusi eksponensial, yaitu t (fungsi waktu) dan t_0 (parameter lokasi). Apabila t_0 bernilai 0, maka menjadi distribusi eksponensial satu parameter [CITATION Rya15 \l 1033].

Distribusi eksponensial merepresentasikan kejadian kegagalan yang terjadi secara acak/random. Distribusi eksponensial biasanya fit/cocok dengan peralatan elektronik dan instrument. Namun distribusi eksponensial juga dapat merepresentasikan peralatan lain yang kejadian kegagalannya terjadi secara acak. Beberapa fungsi matematis dalam distribusi eksponensial:

Fungsi distribusi kegagalan :

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda(t-t_0)} \quad (2.15)$$

Fungsi keandalan:

$$R(t) = e^{-\lambda(t-t_0)} \quad (2.16)$$

Fungsi laju kegagalan:

$$\lambda(t) = \lambda \quad (2.17)$$

Maintainability:

$$M(t) = 1 - \exp(-\lambda(t-t_0)) \quad (2.18)$$

Mean Time to Failure :

$$MTTF = \gamma + \frac{1}{\lambda} \quad (2.19)$$

2.6.3. Distribusi Normal

Distribusi normal digunakan untuk nilai laju kegagalan yang naik dari waktu ke waktu (IFR). Distribusi normal merepresentasikan karakteristik peralatan yang *wear-out*/peralatan yang masa pakainya hampir habis. Sebelum peralatan memasuki masa *wear-out*, peralatan pasti berada pada masa *usefull life* nya. Oleh karena itu, agar peralatan tetap memiliki karakter *usefull life*, maka dapat dilakukan *preventif maintenance* untuk menghindari masa *wear-out*. Dengan kata lain, *preventif maintenance* cocok untuk peralatan yang memiliki karakteristik *wear-out* (IFR).

Pada distribusi normal, digunakan dua parameter yaitu μ (rata-rata) dan σ (standart deviasi). Beberapa fungsi matematis dalam distribusi normal:

Fungsi distribusi kegagalan:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad (2.20)$$

Fungsi keandalan:

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) \quad (2.21)$$

Fungsi laju kegagalan:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.22)$$

Maintainability :

$$M(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[\frac{-1}{2}\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad (2.23)$$

Mean Time to Failure :

$$MTTF = \mu \quad (2.24)$$

2.6.4. Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal digunakan untuk nilai laju kegagalan yang turun dari waktu ke waktu (DFR). Distribusi lognormal merepresentasikan kegagalan-kegagalan peralatan yang terjadi di awal *life cycle* nya (*burn-in*). Kegagalan fungsi tersebut terjadi karena kegagalan yang diakibatkan oleh bawaan *manufaktur* pabrik alat tersebut, *startup equipment* yang kurang baik, atau kesalahan penggunaan dari peralatan tersebut. Untuk mengatasi kegagalan-kegagalan tersebut, langkah-langkah yang dapat dilakukan adalah melakukan *burn-in testing/acceptance testing*, dan *quality control*.

Pada distribusi *lognormal* parameter yang digunakan sama dengan distribusi normal, yaitu μ (rata-rata) dan σ (standart deviasi). Beberapa fungsi matematis dalam distribusi lognormal:

Fungsi distribusi kegagalan:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp \left[\frac{-1}{2} \left(\frac{\ln(t - \mu)}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (2.25)$$

Fungsi keandalan:

$$R(t) = 1 - \Phi \left(\frac{\ln(t) - \mu}{\sigma} \right) \quad (2.26)$$

Fungsi laju kegagalan:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.27)$$

Maintainability:

$$M(t) = \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp \left[\frac{-1}{2} \left(\frac{\ln(t - \mu)}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (2.28)$$

Mean Time to Failure :

$$MTTF = \exp \left(\mu + \frac{\sigma^2}{2} \right) \quad (2.29)$$

7. Perawatan (*Maintenance*)

Maintenance adalah kegiatan yang dilakukan untuk memperbaiki peralatan yang rusak agar kemudian dapat menjalankan fungsi dan tugasnya kembali. Selain melakukan perbaikan peralatan, *maintenance* juga adalah suatu aktifitas untuk mempertahankan kualitas dari peralatan agar tetap terjaga baik seperti kondisi awalnya. Secara umum, *maintenance* dibagi menjadi tiga macam yaitu:

a. *Corrective Maintenance*

Corrective maintenance adalah kegiatan *maintenance* yang dilakukan ketika komponen/peralatan tersebut mengalami kerusakan. *Corrective maintenance* cocok diaplikasikan untuk komponen/peralatan yang memiliki distribusi eksponensial. Hal ini dikarenakan distribusi eksponensial memiliki karakteristik kejadian kegagalan yang acak terhadap waktu.

b. *Preventive Maintenance*

Preventive Maintenance adalah kegiatan *maintenance* yang dilakukan sebelum komponen/peralatan tersebut mengalami kerusakan. Hal ini dilakukan karena komponen/peralatan tersebut merupakan bagian vital dan memiliki peranan yang penting pada sebuah sistem, dimana jika komponen/peralatan tersebut rusak, maka dapat mengganggu jalannya kegiatan produksi. *Preventive maintenance* diaplikasikan untuk peralatan/komponen yang mengalami fase *wear-out* atau dengan kata lain peralatan/komponen yang memiliki distribusi normal. Hal ini dilakukan untuk merawat komponen/peralatan tersebut agar tetap menjalankan fungsinya dengan baik, bahkan jika bisa agar komponen/peralatan tersebut dapat kembali pada fase *usefull life* nya.

Secara matematis, *preventive maintenance* dirumuskan sebagai berikut.

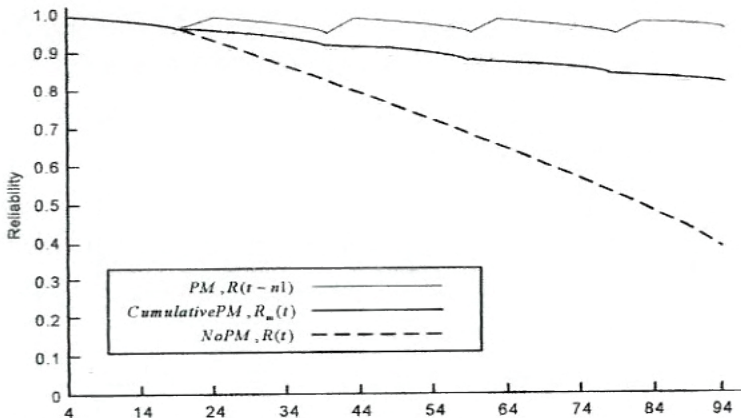
$$R_m(t) = R(T)^n R(t - nT) \quad (2.30)$$

dimana :

$R(T)^n$ = 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/peralatan dengan *preventive maintenance* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. 3 Grafik keandalan sistem dengan *preventive maintenance*

c. Inspeksi

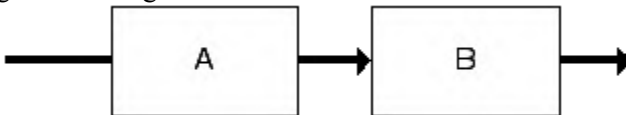
Inspeksi adalah kegiatan *maintenance* yang dilakukan untuk menemukan kejadian kegagalan-kegagalan yang tersembunyi atau belum terdeteksi. Jika menemukan kejadian kegagalan dalam proses inspeksi, maka *corrective maintenance* akan dilakukan.

8. *Reliability Block Diagram (RBD)*

Reliability Block Diagram (RBD) adalah sebuah analisis dengan menggunakan grafik blok, dimana blok-blok tersebut merepresentasikan hubungan antara sistem dengan komponen-komponen subsistem berdasarkan logika *reliability*-nya. Komponen-komponen yang dipasang secara seri memiliki logika “And” dan komponen-komponen yang dipasang secara paralel memiliki logika “Or”. *Reliability Block Diagram (RBD)* merupakan jalur berhasilnya sebuah sistem. Sistem dikatakan berhasil menjalankan fungsinya jika terdapat jalur berhasilnya komponen subsistem dari *node* blok paling kiri sampai *node* blok paling kanan. Sehingga *Reliability Block Diagram (RBD)* dapat digunakan untuk menghitung nilai *reliability* sistem.

a. Konfigurasi Seri

Blok komponen-komponen yang dipasang seri ditunjukkan pada gambar sebagai berikut



Gambar 2. 4 Konfigurasi Sistem Seri pada RBD

Untuk konfigurasi seri, rumus untuk menghitung *reliability* sistem adalah sebagai berikut.

$$R_s(t) = R_a(t) \times R_b(t) \quad (2.31)$$

$R_s(t)$ = Reliability sistem

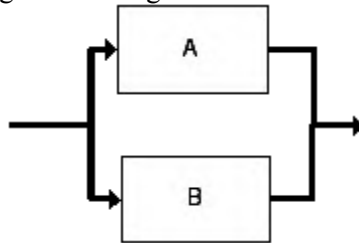
Begitu pula untuk menghitung *availability* yang memiliki konfigurasi seri adalah sebagai berikut.

$$A_s(i) = A_a(i) \times A_b(i) \quad (2.32)$$

$A_s(i)$ = Availaibility sistem

b. Konfigurasi Pararel

Blok komponen-komponen yang dipasang pararel ditunjukkan pada gambar sebagai berikut



Gambar 2. 5 Konfigurasi Sistem Pararel pada RBD

Untuk konfigurasi pararel, rumus untuk menghitung *reliability* sistem adalah sebagai berikut.

$$R_s(t) = 1 - \left[(1 - R_a(t)) \times (1 - R_b(t)) \right] \quad (2.33)$$

$R_s(t)$ = Reliability sistem

Begitu pula untuk menghitung *availability* yang memiliki konfigurasi seri adalah sebagai berikut.

$$A_s(i) = [1 - (1 - A_a(t)) \times (1 - A_b(t))] \quad (2.34)$$



$A_s(i)$ = *Availability* sistem

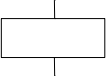





9. **Fault Tree Analysis (FTA)**

Fault Tree Analysis adalah suatu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab-penyebab kegagalan dari suatu peralatan atau sistem. FTA juga dapat diartikan sebagai sebuah metode deduktif (dari atas ke bawah) untuk menentukan penyebab potensial dari sebuah kegagalan sistem [CITATION Bou13 \l 1033].

Fault Tree Analysis akan memudahkan operator dan *engineer* dalam melakukan *troubleshooting*. *Fault Tree Analysis* mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab kegagalan dan ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan yang melibatkan gerbang logika sederhana. Berikut adalah penjelasan simbol-simbol yang terdapat pada *fault tree analysis* :

Tabel 2. 2 Simbol pada *Fault Tree Analysis* [CITATION Ebe97 \l 1033]

Simbol	Nama	Fungsi
	<i>AND Gate</i>	<i>ouput event</i> akan terjadi jika kedua <i>input event</i> terjadi
	<i>OR Gate</i>	<i>ouput event</i> akan terjadi jika salah satu <i>input event</i> terjadi

	<i>Resultan Event</i>	Kejadian yang terjadi diantara dua atau lebih kejadian
	<i>Basic Event</i>	Kejadian yang menunjukkan kesalahan dasar pada sistem atau komponen
	<i>Incomplete Event / Undeveloped Event</i>	Kejadian dengan informasi yang kurang cukup memadai
	<i>Transfer-in and Transfer-out</i>	Sebagai penanda untuk melanjutkan ke halaman selanjutnya
	<i>Conditional Event</i>	Kondisi / batasan yang berkaitan pada sebuah gerbang logika
	<i>Normal Event</i>	Kejadian yang diharapkan untuk terjadi

Event merupakan kejadian yang akan diteliti lebih lanjut ke kejadian dasar untuk mengetahui penyebab-penyebab terjadinya kegagalan. *Basic Event* adalah kejadian yang tidak diharapkan terjadi dan merupakan penyebab dasar kegagalan terjadi. *Logic Event* merupakan hubungan antar event yang dinyatakan dengan logika AND dan OR. *Transferred Event* menandakan uraian mengenai lanjutan kejadian berada di halaman lain. *Undeveloped Event* merupakan kejadian dasar (*Basic Event*) yang tidak dikembangkan lebih lanjut karena kurangnya informasi.

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

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan suatu teknik manajemen kegagalan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan suatu aset yang tidak mampu melaksanakan fungsinya sesuai dengan yang diharapkan oleh pengguna. *Failure mode* bertujuan untuk menentukan akar permasalahan dari kegagalan yang terjadi, sedangkan *failure effect* menjelaskan dampak yang diakibatkan apabila *failure mode* telah terjadi. Proses identifikasi terhadap fungsi, *failure mode*, dan *failure effect* sangat penting untuk dilakukan karena dapat menentukan perbaikan performansi suatu aset .

Mode kegagalan yang terjadi selanjutnya akan ditelaah, apakah memberikan efek kegagalan pada tingkat lokal, sistem, atau *plant*. Efek kegagalan pada tingkat lokal akan menyebabkan komponen tidak dapat memenuhi fungsinya dengan baik. Efek kegagalan pada tingkat sistem akan menyebabkan fungsi dari sistem terganggu, atau tidak dapat bekerja sama sekali. Sedangkan, efek kegagalan pada tingkat fasilitas atau *plant* akan menyebabkan kegagalan pada fasilitas tersebut.

Pada kenyataannya suatu komponen dapat memiliki lebih dari satu kegagalan fungsional yang berpengaruh terhadap kinerja suatu subsistem maupun sistem secara keseluruhan. Deskripsi *failure mode* dan *failure effect* dijelaskan pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Deskripsi *Failure Mode and Failure Effect*

	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>
1	Kemacetan pada	Motor berhenti dan alarm berbunyi di

	<i>gearbox bearing</i>	<i>control room</i> . Dibutuhkan waktu 3 jam (<i>downtime</i>) untuk mengganti <i>gearbox</i> yang macet dengan cadangan. Persiapan penggantian <i>bearing</i> yang baru dilakukan di <i>workshop</i> .
2	<i>Gear teeth stripped</i>	Motor tidak berhenti tetapi mesin berhenti. Dibutuhkan waktu 3 jam (<i>downtime</i>) untuk mengganti <i>gearbox</i> yang macet dengan cadangan. Persiapan penggantian <i>gear</i> yang baru dilakukan di <i>workshop</i> .
3	<i>Gearbox macet karena kekurangan oli</i>	Motor berhenti dan alarm berbunyi di <i>control room</i> . Dibutuhkan waktu 3 jam (<i>downtime</i>) untuk mengganti <i>gearbox</i> yang macet dengan cadangan. <i>Gearbox</i> yang macet akan dibuang.

11. ***Safety Integrity Level (SIL)***

Safety Integrity Level (SIL) adalah tingkat keamanan dari komponen *safety* pada sistem, yang sangat berkaitan dengan *safety function failure probability*. Semakin tinggi kebutuhan komponen *safety* maka semakin tinggi biaya yang dibutuhkan. Terdapat empat tingkatan SIL, yaitu SIL 1,2,3,4. Semakin tinggi level SIL maka keamanan dari *Safety Instrument System* semakin baik. Kinerja SIS yang lebih baik dicapai dengan ketersediaan keamanan yang lebih tinggi [CITATION Ang16 \l 1033].

Standart internasional yang mengatur mengenai SIL adalah IEC 60189. Ada dua buah cara menganalisa SIL, yaitu secara kuantitatif dan kualitatif.

Tabel 2. 4 *Probability Density Function (PDF)* dari SIL

DEMAND MODE OF OPERATION

Safety Integrity Level (SIL)	Target average probability of failure on demand	Target risk reduction
4	$\geq 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$	> 10.000 to ≤ 100.000
3	$\geq 10^{-4}$ to $< 10^{-3}$	> 1.000 to ≤ 10.000
2	$\geq 10^{-3}$ to $< 10^{-2}$	> 100 to ≤ 1.000
1	$\geq 10^{-2}$ to $< 10^{-1}$	> 10 to ≤ 100

Penentuan nilai SIL sangat penting dalam tahapan pembuatan *life cycle* SIL. Metode dalam perhitungan SIL menggunakan metode kuantitatif dengan menggunakan persamaan:

$$PFD_{sys} = PFD_s + PFD_l + PFD_{fe} \quad (2.35)$$

dimana :

PFD_{sys} : PFD rata-rata dari fungsi pengamanan *safety-related system*

PFD_s : PFD dari sensor *subsystem*

PFD_l : PFD dari *logic subsystem*

PFD_{fe} : PFD dari *final element subsystem*

Untuk *single-channel* (1001) rumus yang digunakan untuk menghitung PFD (*Probability Failure on Demand*) adalah :

$$PFD_{1001} = \frac{\lambda_{du} \times T_1}{2} \quad (2.36)$$

Dimana :

PFD_{1001} = *Probability Failure on Demand*
Average 1001

λ_{du} = Laju kegagalan (*failure rate*)

T_1 = *Interval time / test function (hour)*

Safety integrity level (SIL) ditentukan dengan menghitung probabilitas suatu kegagalan akan terjadi dengan menggunakan persamaan:

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} \quad (2.37)$$

dimana :

λ = *failure rate* (laju kegagalan)

MTTF = *Mean Time To Failure*

Langkah terakhir adalah mencocokkan nilai PFD *average* dengan kriteria SIL pada tabel 2.3. Dari PFD selanjutnya dapat diketahui nilai *risk reduction factor* (RRF). *Risk reduction factor* merupakan tingkat penurunan risiko suatu equipment mengalami kegagalan. RRF dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$RRF = \frac{1}{PFD} \quad (2.38)$$

dimana :

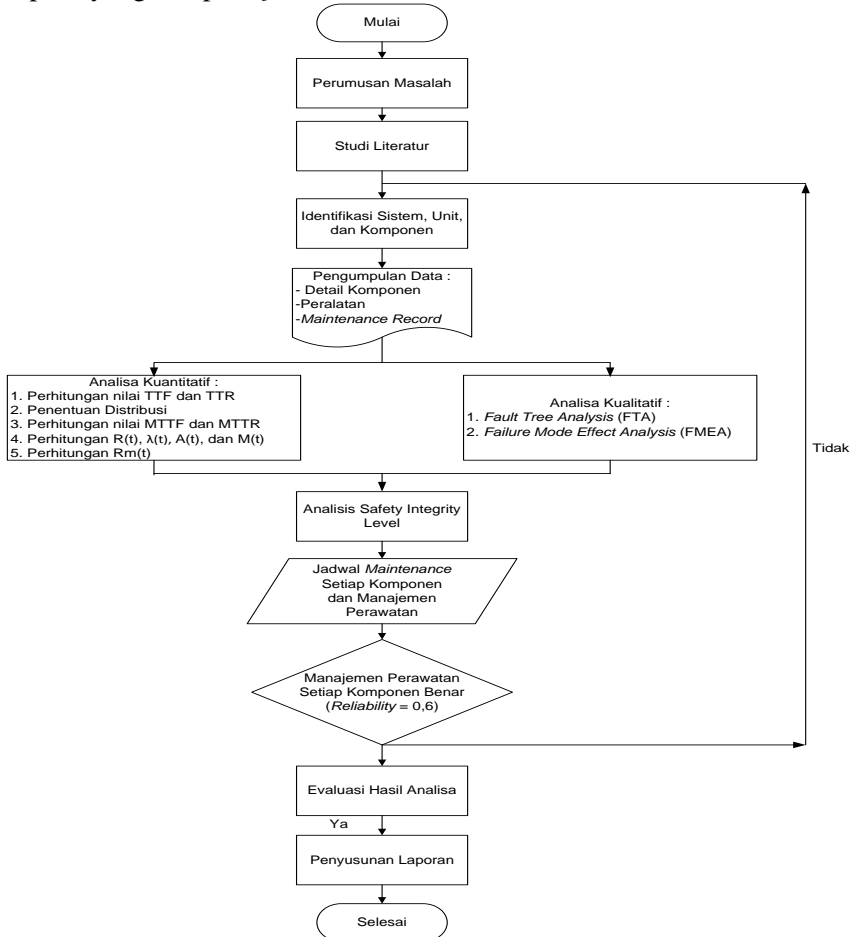
λ = *failure rate* (laju kegagalan)

MTTF = *Mean Time To Failure*

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu seperti yang ada pada *flowchart* di bawah ini :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah disini merupakan tahap pertama dalam pengerjaan tugas akhir dengan tujuan untuk menentukan permasalahan yang akan diangkat dengan topik mengenai analisis *reliability* dan *safety integrity level (SIL)*. Pengerjaan tugas akhir juga dimulai meninjau langsung ke Pabrik untuk melihat *plant* secara keseluruhan dengan mencatat berbagai permasalahan yang nantinya akan dianalisis.

3.3. Studi Literatur

Studi literatur berkaitan dengan analisis keandalan dan *safety integrity level* komponen ataupun sistem secara teoritis. Studi lapangan berupa identifikasi komponen dan pengamatan langsung pada proses reaksi CO *shift conversion* di Pabrik Ammonia dengan penyusun sistem antara lain: *High Temperature Shifting Converter* 104-D1, *Low Temperature Shifting Converter* 104-D2, *HTS Effluent Waste Heat Boiler* 103 C1, dan 103-C2.

3.4. Identifikasi Sistem, Unit, dan Komponen

Setelah data lengkap, tahap selanjutnya adalah identifikasi masing-masing unit dan komponen yang menyusun sistem CO *shift conversion*. Tahap identifikasi sistem menjadi tahap analisis pertama, di mana tahap ini bertujuan untuk mengetahui fungsi dan prinsip kerja masing-masing unit dan komponen pada sistem, serta bagaimana unit dan komponen tersebut saling berkaitan dan membentuk suatu proses utuh pada sistem.

Penjelasan proses *shifting* yang terjadi pada sistem CO *shift conversion* telah dijelaskan sebelumnya pada sub-bab 2.1. Kemudian, dalam hal ini akan dijelaskan setiap unit dan komponen yang menyusun sistem CO *shift conversion* di mana P&ID CO *Shift Conversion System* terdapat pada lampiran A.

3.4.1. High Temperature Shifting Converter 104-D1

Unit ini merupakan sebuah tangki yang berisi katalis besi ferioksida (Fe_2O_3) yang berfungsi untuk mengkonversi gas CO

menjadi CO₂ pada suhu tinggi (proses metanasi telah dijelaskan pada subbab 2.1 sebelumnya). Dalam proses *shifting* di unit *HTS Converter* 104-D1 tidak terdapat komponen pengendalian, tetapi hanya terdapat serangkaian indikator yang dengan kontinyu memonitor temperatur input (dimulai dari bagian atas *vessel*) hingga menjadi output (bagian *vessel* semakin ke bawah) secara berurutan sebagai berikut:

- a. *Temperature Indicator* (TI) 1341
- b. *Temperature Indicator* (TI) 1342
- c. *Temperature Indicator* (TI) 1343
- d. *Temperature Indicator* (TI) 1344
- e. *Temperature Indicator* (TI) 1657

Semakin ke bawah, temperatur fluida kerja akan semakin tinggi. Keluaran proses dari tangki *HTS Converter* 104-D1 pada akhirnya adalah sebesar 436°C. Selain itu juga terdapat dua buah *pressure indicator* (PI 1813 & PI 1612) yang tersambung dengan *pressure differential transmitter* (PDT 1110). PDT 1110 ini digunakan sebagai indikator keaktifan katalis, jika perbedaan tekanan terlalu tinggi maka katalis di dalam tangki ini akan rusak.

3.4.2. HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C1 & 103-C2

Unit ini adalah penukar panas (*heat exchanger*) yang berfungsi untuk menurunkan temperatur gas keluaran dari *HTS Converter* 104-D1 dengan cara menukar panas (*transfer energy* panas) gas keluaran 104-D1 dengan air pendingin yang ada di dalam pipa-pipa kecil. Panas yang ditransfer ke input gas dingin tersebut akan menurunkan temperatur output gas panas yang akan memasuki unit *Low Temperature Shifting Converter* 104-D1.

Exchanger 103-C1 & 103-C2 ini bertipe *tubular* dengan jenis *shell and tube*, yang memungkinkan unit untuk dapat bekerja pada tekanan tinggi, baik tekanan yang berasal dari lingkungan kerja maupun perbedaan tekanan antar fluida kerjanya. *Exchanger* bertipe *tubular* untuk fluida kerja gas-gas pada sistem ini juga merupakan tipe yang paling mampu untuk bekerja pada kondisi temperatur yang sangat tinggi. Pada tipe *tubular*, *exchanger* jenis *shell and tube* melibatkan *tube* (berupa pipa-pipa)

sebagai komponen utama yang di dalamnya mengalir salah satu fluida kerja. Fluida kerja yang lainnya mengalir di luar *tube*, yang disebut sebagai *shell*. Jadi, *shell* merupakan suatu ruang berbentuk silinder dengan pipa-pipa *tube* yang berada di dalamnya yang sejajar dengan sumbu *shell*.

Sistem pengendalian pada unit *Exchanger* 103-C1 & C2 ini terdiri dari pengendalian temperatur (*temperature control*). Komponen-komponen kritis penyusun unit *Exchanger* 103-C1 & C2 antara lain:

- a. *Temperature Transmitter* (TT) 1011
- b. *Temperature Indicator Controller* (TIC) 1010
- c. *Temperature Valve* (TV) 1010 A
- d. *Temperature Valve* (TV) 1010 B

3.4.3. *Low Temperature Shifting Converter* 104-D2

Unit ini merupakan sebuah tangki yang berisi katalis tembaga yang berfungsi untuk mengkonversi gas CO menjadi CO₂ pada suhu rendah (proses metanasi telah dijelaskan pada subbab 2.1 sebelumnya). Dalam proses *shifting* di unit *LTS Converter* 104-D2 tidak terdapat komponen pengendalian, tetapi hanya terdapat serangkaian indikator yang dengan kontinyu memonitor temperatur input (dimulai dari bagian atas *vessel*) hingga menjadi output (bagian *vessel* semakin ke bawah) secara berurutan sebagai berikut:

- a. *Temperature Indicator* (TI) 1346
- b. *Temperature Indicator* (TI) 1347
- c. *Temperature Indicator* (TI) 1348
- d. *Temperature Indicator* (TI) 1349
- e. *Temperature Indicator* (TI) 1350

Semakin ke bawah, temperatur fluida kerja akan semakin tinggi. Keluaran proses dari tangki *LTS Converter* 104-D2 pada akhirnya adalah sebesar 227 °C. Selain itu juga terdapat dua buah *pressure indicator* (PI 1613 & PI 1614) yang tersambung dengan *pressure differential transmitter* (PDT 1111). PDT 1111 ini digunakan sebagai indikator keaktifan katalis, jika perbedaan tekanan terlalu tinggi maka katalis di dalam tangki ini akan rusak.

3.5. Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian tugas akhir kali ini adalah dengan cara mengacu pada data *maintenance record* atau data *history* dari semua sistem dan komponen penyusun yang ada pada *plant* sistem *CO Shift Conversion* yang berjalan selama kurang lebih 7 tahun operasi lamanya.

3.6. Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini data yang diperoleh setelah dilakukan pengumpulan data akan dilakukan pengolahan data dengan metode kualitatif dan kuantitatif.

3.6.1. Analisa Kuantitatif

Pada tahap analisa kuantitatif ini dilakukan dalam beberapa tahap untuk beberapa nilai dari perhitungan *reliability*, *availability*, *maintainability*, dan juga *preventive maintenance*. Nilai-nilai perhitungan dalam analisa kuantitatif tersebut ada beberapa tahap yaitu :

a. Penentuan Nilai *Time To Failure*

Cara menentukan nilai TTF ini adalah mengambil dari data *maintenance record* dari tiap komponen yang ada pada *CO Shift Conversion* yang beroperasi kurang lebih selama 7 tahun, yaitu dari tahun 2008 sampai dengan Maret 2016.

b. Penentuan Nilai *Mean Time To Failure*

Setelah menentukan nilai TTF, maka selanjutnya menghitung nilai MTTF dengan menggunakan persamaan yang sesuai dengan distribusinya di bab 2.

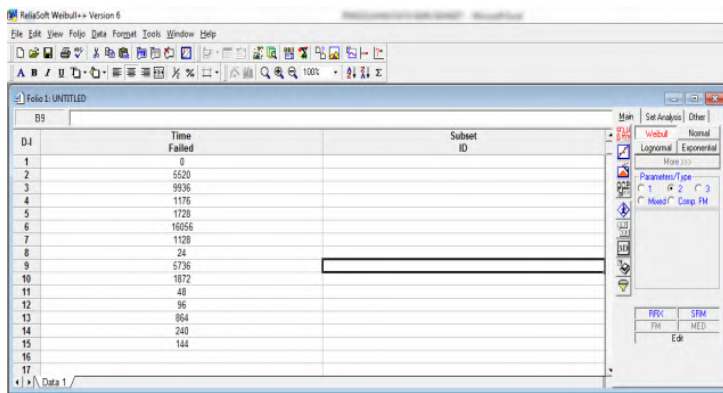
c. Penentuan Laju Distribusi *Time To Failure*

Setelah menentukan nilai TTF dan nilai MTTF dari data kegagalan masing-masing komponen maka selanjutnya adalah menentukan laju distribusi waktu antar kegagalan yang bertujuan

untuk mendapatkan nilai kemungkinan terjadinya kerusakan pada waktu tertentu. Penentuan distribusi ini dapat dilakukan dengan menggunakan *software reliasoft weibull++6*. *Software* ini dapat menentukan berbagai jenis laju distribusi data baik itu data distribusi normal, distribusi lognormal, distribusi weibull 1, weibull 2, weibull 3 parameter, dan distribusi eksponensial.

Berikut ini langkah-langkah untuk menentukan distribusi waktu antar kegagalan:

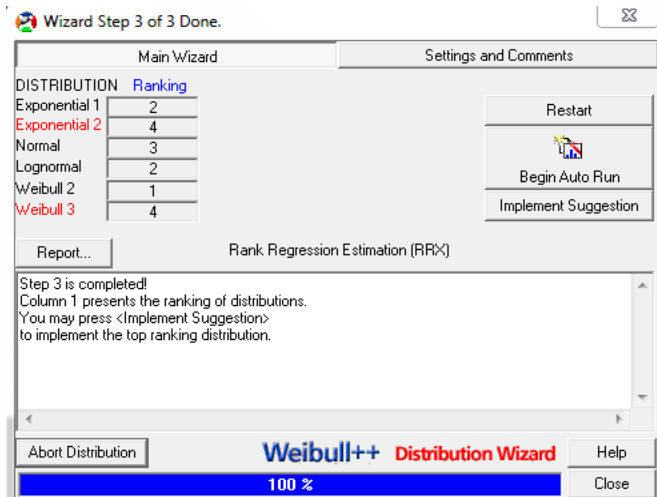
Setelah dilakukan perhitungan data TTF (*time to failure*) maka selanjutnya dilakukan uji distribusi dengan menggunakan *toolbox* yang ada pada *software* yaitu *option distribution wizard* untuk mendapatkan parameter uji *average goodness of fit* (AVGOF) yang menunjukkan bahwa semakin besar nilai pada kolom ini menunjukkan hasil distribusi mengenai ketidaksesuaian hasil distribusi. Tampak seperti gambar 3.2 di bawah ini untuk menentukan distribusi.



Gambar 3. 2 Tampilan *software* untuk menentukan distribusi

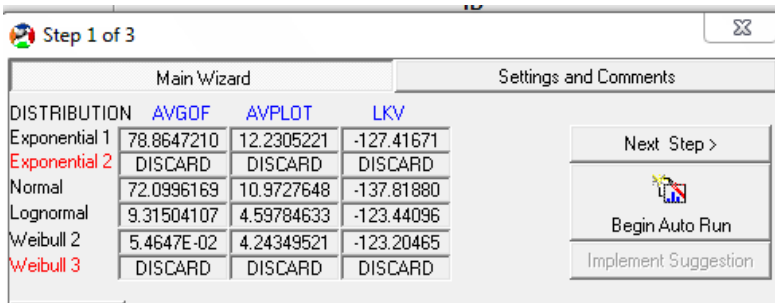
Setelah dilakukan pengujian ditribusi, tahap terakhir adalah menentukan hasil ditribusi dari data yang digunakan. Hasil dari

distribusi antara lain adalah normal, lognormal, eksponensial 1, eksponensial 2, lognormal, weibull 1, weibull 2, dan weibull 3. Setelah tampil hasil distribusi akan di *ranking* yang menunjukkan hasil distribusi yang terbaik untuk data yang di uji.



Gambar 3.3 Tampilan *software* pengujian distribusi *Time To Failure*

Penentuan jenis distribusi pada *software reliasoft weibull 6++* dapat diketahui dengan memilih *ranking* terbaik dari hasil distribusi. Tampilan keluaran *software* dapat dilihat pada Gambar 3.4 di bawah ini.



Gambar 3. 4 Contoh tampilan *software* menunjukkan rangking hasil distribusi

Setelah diketahui *rangking* yang terbaik maka langkah selanjutnya adalah memilih parameter yang sesuai dengan hasil *rangking*. Setelah menentukan jenis distribusinya kemudian menentukan parameter yang digunakan untuk menghitung nilai keandalan komponen. Hasil penentuan parameter distribusi dapat dilihat pada Gambar 3.5 di bawah ini



Gambar 3. 5 Parameter yang didapatkan dari uji distribusi

d. Penentuan Nilai *Time To Repair*

Data yang digunakan untuk menentukan nilai *Time To Repair (TTR)* ini adalah data kerusakan yang ada pada komponen-komponen CO *Shift Conversion*, yang berupa data waktu perbaikan yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan terhadap suatu komponen-komponen yang mengalami kerusakan.

e. Penentuan Nilai Mean *Time To Repair*

Setelah menentukan nilai TTR, maka selanjutnya menghitung nilai MTTR dengan menjumlahkan nilai TTR dibagi dengan banyaknya *maintenance record* yang beroperasi selama selama 7 tahun, yaitu dari tahun 2008 sampai dengan Maret 2016.

f. Penentuan Laju Distribusi *Time To Repair*

Penentuan distribusi *Time To Repair (TTR)* ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kemungkinan lamanya waktu perbaikan pada suatu system pada penelitian ini. Penentuan distribusi *TTR* dapat dilakukan dengan menggunakan *software reliasoft weibull++6*. Langkah-langkah untuk menentukan distribusi TTR sama dengan langkah-langkah penentuan distribusi TTF.

g. Analisa *Reliability R(t)*

Berdasarkan ujiparameter yang telah ditentukan oleh *software reliasoft weibull++6*, maka dapat dihitung nilai suatu keandalan (*reliability*) yang ada pada komponen ini dengan menggunakan rumus yang ada. Hasil dari suatu perhitungan tersebut maka dapat dibuat suatu grafik yaitu hubungan antara nilai *reliability* dengan waktu operasional.

h. Analisa *Maintainability M(t)*

Untuk menentukan nilai *maintaibility* dapat menggunakan persamaan-persamaan yang ada dengan berdasarkan hasil yang didapatkan dari uji parameter dengan menggunakan *software reliasoft weibull++6*.

i. Analisa *Availability A(t)*

Untuk menentukan nilai *availability* dapat menggunakan persamaan-persamaan yang ada dengan berdasarkan hasil yang didapatkan dari uji parameter dengan menggunakan *software reliasoft weibull++6*.

j. Analisa *Preventive Maintenance Reliability* pada Komponen Sistem CO *Shift Conversion*

Pada penelitian ini, analisa *preventive maintenance reliability* merupakan perbandingan nilai kehandalan komponen sebelum dilakukan *preventive maintenance* dengan nilai kehandalan setelah dilakukan *preventive maintenace* dengan

acuan nilai keandalan sebesar 60 % atau 0,60 yang menjadi standar dari Perusahaan dalam menentukan *Preventive Maintenance* pada setiap komponen. Hasil dari perbandingan nilai tersebut dapat di plot dalam sebuah grafik hubungan antara nilai kehandalan dengan waktu operasional.

3.6.2. Analisa Kualitatif

Analisa kualitatif berupa analisa FTA (*fault tree analysis*) dan analisa FMEA (*failure mode and effects analysis*). Berikut merupakan penjelasan dari analisa kualitatif antara lain:

- a. FTA (*fault tree analysis*), mendefinisikan berbagai macam kombinasi kejadian yang akan menyebabkan kegagalan utama terjadi.
- b. FMEA (*failure mode and effect analysis*), mendefinisikan bentuk kegagalan dan dampak yang ditimbulkan ketika kegagalan tersebut terjadi. FMEA dapat dituliskan seperti tabel dibawah ini. (Moubray, 2000)

Tabel 3. 1 Deskripsi fungsi komponen, fungsi kegagalan dan FMEA (Moubray, 2000)

<i>System Function</i>	<i>Functional Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>
1. <i>To reduce exhaust noise level to ISO noise rating 30 at 50 meters</i>	A <i>Noise level exceeds ISO noise rating 30 at 50 m.</i>	1. <i>Silencer material retaining mesh corroded away</i>	<i>Most of the material would be blow ou, but some might fall to the bottom of stack and obstruct the turbine outlet, causing high EGT and possible turbine shutdown. Noise levels would rise gradually. Downtime to repair about 2 weeks.</i>
		2. <i>Duct leaks outside turbine hall</i>	<i>.... etc</i>

a. *Fault Tree Analysis (FTA)*

Fault Tree Analysis adalah suatu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab-penyebab kegagalan dari suatu peralatan atau sistem. FTA juga dapat diartikan sebagai sebuah

metode deduktif (dari atas ke bawah) untuk menentukan penyebab potensial dari sebuah kegagalan sistem (Bourouni, 2013).

Ada empat tahapan dalam *fault tree analysis*, yaitu (Ebeling C. E., 1997) :

- Mendefinisikan sistem, batasan sistem, dan *top event*nya
- Membuat pohon kesalahan, dengan simbol yang merepresentasikan sistem dan kejadian yang relevan
- Menunjukkan evaluasi performansi secara kualitatif dengan mengidentifikasi kombinasi kejadian-kejadian yang akan menyebabkan *top event* terjadi
- Menunjukkan evaluasi performansi secara kualitatif dengan menilai probabilitas kegagalan pada *basic event* dan menghitung probabilitas dari *top event*

b. *Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan suatu teknik manajemen kegagalan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan dengan menggunakan dua sumber yaitu didapatkan dari data *Hazard and Operability Analysis (HAZOP)* dan dari wawancara langsung dengan operator di lapangan atau narasumber seperti ahli atau pakar dalam bidang keandalan (*reliability*). Dari data HAZOP nantinya akan didapatkan *failure cause* dan *failure effect* dimana masing-masing kegagalan di dapatkan pada bagian *deviation* dan *cause* serta *consequences*.

Failure mode merupakan klasifikasi jenis-jenis kegagalan apa saja yang terdapat pada komponen. Metode *Failure Mode and Effect Analisis (FMEA)* pada tugas akhir ini digunakan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan setiap komponen penyusun sistem dan mengidentifikasi dampak yang diakibatkan apabila komponen tersebut mengalami kegagalan dalam melaksanakan fungsinya. Deskripsi dari FMEA ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Contoh data HAZOP pada Sistem *CO Shift Conversion*

<i>Node</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguards</i>
18	<i>Shift Converters</i>			
18	<i>No Flow of Process Gas to 104-D2</i>	<i>MOV-1008 is closed</i>	<i>Over pressure in upstream of MOV-1008</i>	<i>PIC-1030 to control PV-1030; RV-102CA (Set : 39 kg/cm²); RV-102CB (Set : 41kg/cm²);</i>
18	<i>No Flow of Process Gas to 104-D2</i>	<i>MOV-1008 is closed</i>	<i>101-B tube skin temperatire and coile temperature increase, and primary reformer catalyst damage by carbon deposit</i>	<i>TI-1313; TI-1315; TI-1318; FAL-1002 (Set : 8000 kg/hr); FFAL-1201 (Set : 2,8) leads to feed stock, air cut, and minimum firing of arch burner; FFALL-1201 (Set : 2,25) leads to Primary Reformer shutdown</i>
18	<i>No Flow of Process Gas to 104-D2</i>	<i>PV-1030 Wide opened</i>	<i>No flow of synthesis gas to 103-J, resulting in compressor surge and damage</i>	<i>Handjack on PV-1030; FI-1074; FIC-1007 to control FV-1007</i>

Tabel 3.2 (Lanjutan)

<i>Node</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguards</i>
18	<i>Shift Converters</i>			
18	<i>Less Flow of Process Gas</i>	<i>Catalyst breakage in 104-D1</i>	<i>Potential higher pressure drop across 104-D1, and less synthesis gas to 103-J, potential compressor surge and damage</i>	<i>PDT-1110; FI-1074; FIC-1007 to control FV-1007</i>
18	<i>Less Flow of Process Gas</i>	<i>Catalyst breakage in 104-D2</i>	<i>Potential higher pressure drop across 104-D2, and less synthesis gas to 103-J, potential compressor surge and damage</i>	<i>PDT-1111; FI-1074; FIC-1007 to control FV-1007</i>

Table 3. 3 Deskripsi *system function, functional failure, failure mode, and failure effect* pada *temperature control valve*

<i>System Function</i>	<i>Functional Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>
<i>To control gas temperature in 103-C1</i>	<i>Unable to control gas temperature in 103-C1</i>	<i>Fail to regulate</i>	<i>Temperature process gas that flowed is not as expected</i>
		<i>Packing, Set a rings</i>	<i>Inaccurated Flowrate</i>
		<i>Stem, i/p breakage</i>	<i>Fluid losses, Fire in eviroment</i>
		<i>Closure Member (Ball/Gate/Disc/etc)</i>	<i>Valve/pipeline explotion</i>

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Kuantitatif

Analisa kuantitatif dilakukan dengan perhitungan nilai *reability* berdasarkan probabilitas fungsi kegagalannya. Dari data *maintenance*, didapatkan data TTR (*Time to Repair*) dari setiap komponen. Kemudian, dicari data TBF (*Time Between Failure*) dan TTF (*Time To Failure*). Setelah didapatkan data TTF dalam bentuk jam, data tersebut dimasukkan ke *software Reliasoft Weibull ++6* untuk mengetahui jenis dan parameter distribusinya. Selanjutnya dapat dihitung nilai *reability*, *availability*, *maintainability* setiap komponen. Setelah didapatkan nilai *reability* per komponen, maka dapat dicari nilai *reability* dari sistem CO *Shift Conversion*.

4.1.1. HTS Conveter 104-D1

Data *maintenance* dan data kegagalan HTS Converter 104-D1 yang didapat pada tahun 2008-Maret 2016 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 1 *Data Maintenance dan Kegagalan HTS Converter 104-D1*

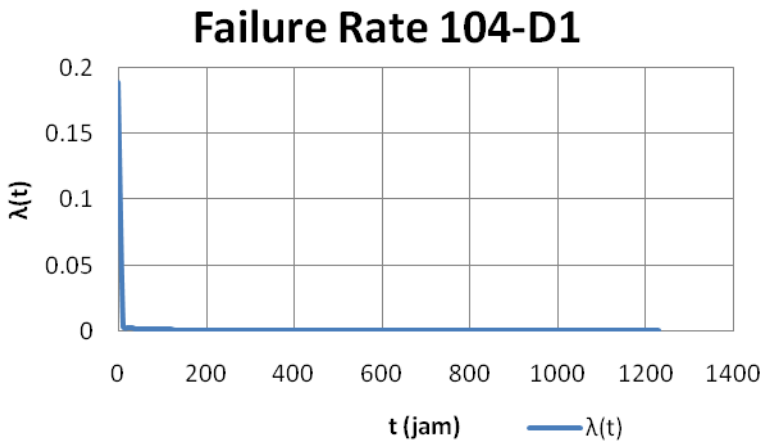
<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	TTF (jam)	TTR (jam)	TBF (jam)
11/13/2008	11/13/2008	0	0	0
11/20/2008	11/21/2008	164	4	168
11/28/2008	11/29/2008	187	5	192
3/29/2010	3/29/2010	11663	1	11664
4/28/2010	5/4/2010	719	1	720
6/4/2010	6/4/2010	887	1	888
6/10/2010	6/10/2010	143,50	0,50	144
6/15/2010	6/15/2010	119,50	0,50	120

Tabel 4.1 (Lanjutan)

<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	TTF (jam)	TTR (jam)	TBF (jam)
6/19/2010	6/19/2010	95	1	96
6/29/2010	6/29/2010	237	3	240
11/8/2010	11/9/2010	3144	24	3168
11/22/2010	11/22/2010	335	1	336
3/16/2011	3/16/2011	2734	2	2736
3/18/2011	3/18/2011	44	4	48
3/19/2011	3/19/2011	22	2	24
3/24/2011	3/24/2011	115	5	120
5/26/2011	5/27/2011	1488	24	1512
2/28/2012	2/28/2012	6671	1	6672
4/5/2012	4/5/2012	887	1	888
4/26/2012	4/26/2012	501	3	504
8/10/2012	8/10/2012	2536	8	2544
11/2/2012	11/5/2012	1991	25	2016
11/8/2012	11/8/2012	143,70	0,30	144
1/28/2013	1/28/2013	1936,50	7,50	1944
2/14/2014	2/14/2014	9164	4	9168
4/16/2014	4/16/2014	1463	1	1464
4/16/2014	4/16/2014	23	1	24
4/16/2014	4/16/2014	23	1	24
11/6/2015	11/6/2015	13655	1	13656
11/12/2015	11/12/2015	143,50	0,50	144
12/23/2015	12/23/2015	958	26	984
1/1/2016	1/1/2016	213	3	216
1/1/2016	1/1/2016	0,50	23,50	24
1/13/2016	1/13/2016	286	2	288
2/26/2016	2/26/2016	1055	1	1056

Dari hasil uji distribusi oleh *software Reliasoft Weibull ++6*, *HTS Converter 104-D1* mempunyai distribusi data kegagalan yang paling sesuai yaitu distribusi weibull 2. Parameter distribusi weibull 2 didapatkan nilai beta (β) sebesar 0,577700 dan nilai eta (θ) sebesar 1076,689900. Grafik laju kegagalan atau *failure rate* dari *HTS Converter 104-D1* dapat dilihat pada gambar 4.1.

a. Failure Rate

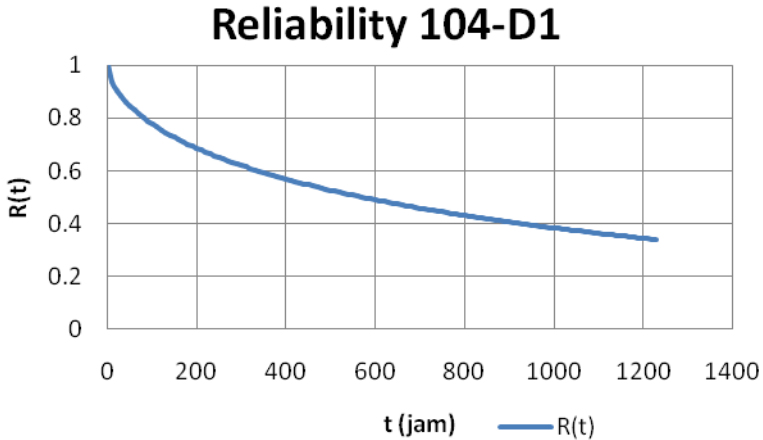


Gambar 4. 1 Failure rate HTS converter 104-D1

Pada grafik *failure rate* pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa laju kegagalan *HTS Converter 104-D1* adalah DFR (*Decreasing Failure Rate*), maka *HTS Converter 104-D1* sedang berada pada fase *burn in* atau fase pemanasan. Nilai MTTF didapat menggunakan persamaan (2.14) adalah sebesar 1703,72.

b. Reliability

HTS Converter 104-D1 mempunyai distribusi weibull 2, maka untuk mendapatkan fungsi keandalannya menggunakan persamaan (2.11). Perhitungan fungsi keandalan dapat dilihat di lampiran B. Dari perhitungan tersebut, didapatkan grafik fungsi keandalan terhadap waktu sebagai berikut :

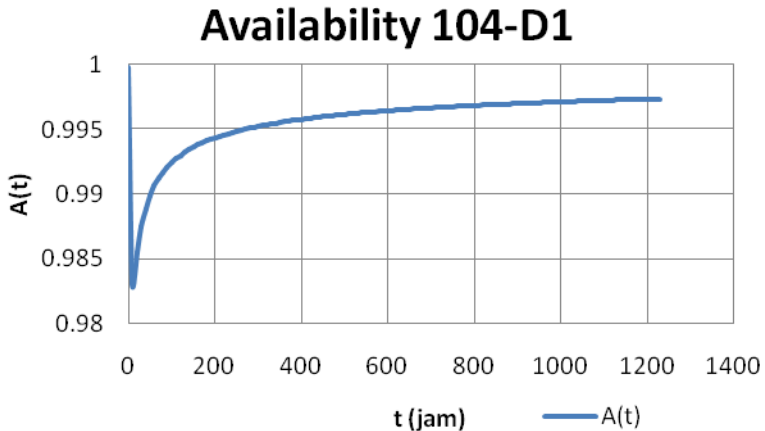


Gambar 4. 2 Grafik *reliability HTS converter 104-D1*

Berdasarkan grafik pada gambar 4.2 di atas, dapat dilihat bahwa keandalan dari komponen *HTS Converter 104-D1* semakin menurun. *HTS Converter 104-D1* dapat mencapai nilai keandalan 0,6 pada rentang waktu 330 jam. Sehingga, *HTS Converter 104-D1* dapat menjalankan fungsinya dengan probabilitas keberhasilan 60% adalah pada 330 jam.

c. *Availability*

Nilai *availability* $A(i)$ dapat didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.7), untuk itu harus dicari terlebih dahulu nilai $MTTF$, $MTTR$, dan $MTBF$. Berdasarkan hasil uji distribusi, data TBF memiliki jenis distribusi lognormal dengan parameter mean (μ) sebesar 6,147300 dan standar deviasi (σ) sebesar 1,869800. Dengan menggunakan persamaan (2.29) didapatkan nilai $MTBF$ sebesar 2684,83. Perhitungan fungsi ketersediaan terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan fungsi ketersediaan terhadap waktu sebagai berikut :

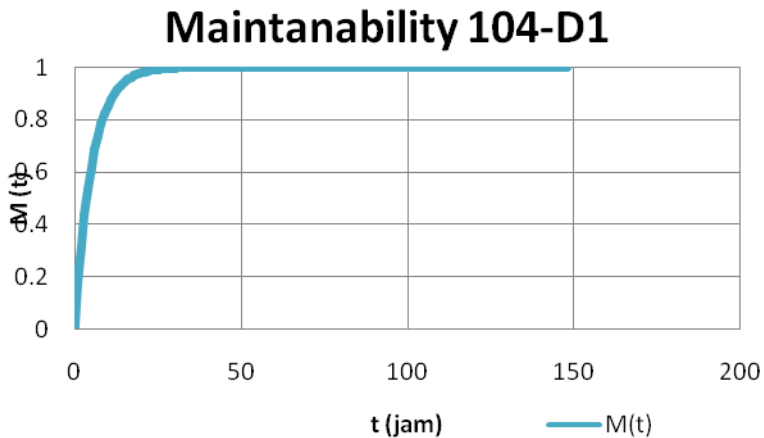


Gambar 4. 3 Grafik *availability HTS converter 104-D1*

Berdasarkan grafik pada gambar 4.3 di atas, dapat dilihat bahwa ketersediaan dari komponen *HTS Converter 104-D1* cukup besar. *HTS Converter 104-D1* memiliki ketersediaan sebesar 0,995253 setelah 330 jam beroperasi. Sehingga, kemampuan *HTS Converter 104-D1* menjalankan fungsinya dalam interval waktu tertentu adalah sebesar 99,52%.

d. Maintainability

Perhitungan *maintainability* dapat didapatkan dengan menggunakan data dari TTR. Distribusi yang paling sesuai dengan data TTR adalah distribusi lognormal dengan nilai mean (μ) = 0,869200 dan nilai standar deviasi (σ) = 1,248200. Nilai MTTR dihitung dengan menggunakan persamaan (2.29) dan didapatkan nilai MTTR sebesar 5,39. Nilai *maintainability* dapat didapatkan dengan persamaan (2.28). Perhitungan untuk *maintainability* terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan fungsi keterawatan terhadap waktu sebagai berikut :

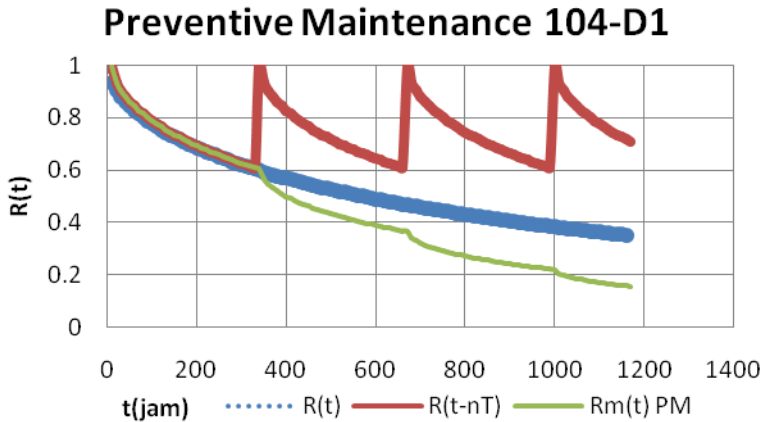


Gambar 4. 4 Grafik *maintainability* HTS converter 104-D1

Dari grafik *maintainability* pada gambar 4.4, waktu yang diperlukan untuk perawatan dan perbaikan agar nilai *maintainability* mencapai 100% adalah selama 76 jam. Sehingga, kemampuan komponen HTS Converter 104-D1 untuk diberi *maintenance* adalah selama 76 jam. Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan nilai $M(t)$ untuk HTS Converter 104-D1 pada 330 jam operasi sebesar 1.

e. *Preventive Maintenance*

Rentang waktu untuk melakukan *preventive maintenance* pada HTS Converter 104-D1 adalah 330 jam. Hal ini dikarenakan pada 330 jam pertama didapatkan nilai *reliability* sebesar 0,603494. Perhitungan *preventive maintenance* dapat dilihat pada lampiran B. Grafik *preventive maintenance* dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4. 5 Grafik *preventive maintenance* HTS converter 104-D1

Dari grafik *preventive maintenance* pada gambar 4.5 dapat dilihat garis biru adalah garis nilai *reliability* dari HTS Converter 104-D1 dan garis hijau adalah garis *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance*. Setelah dilakukan *preventive maintenance*, nilai *reliability* HTS Converter 104-D1 semakin menurun. Hal ini menunjukkan bahwa *preventive maintenance* tidak cocok untuk diterapkan pada HTS Converter 104-D1.

4.1.2. HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C1

Data *maintenance* dan data kegagalan HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C1 yang didapat pada tahun 2008-Maret 2016 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 2 *Data Maintenance dan Kegagalan HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C1*

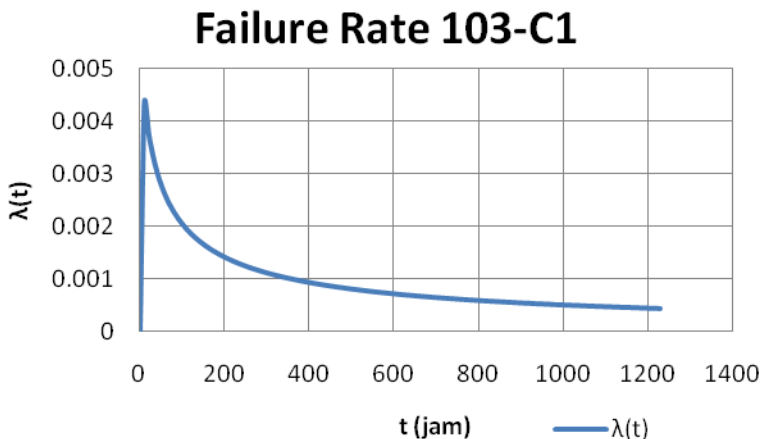
<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	TTF (jam)	TTR (jam)	TBF (jam)
4/22/2008	5/8/2008	0	0	0
4/30/2008	4/30/2008	165	27	192
5/5/2008	5/5/2008	116,50	3,50	120
5/14/2008	5/14/2008	213	3	216
5/14/2008	5/14/2008	22	2	24
5/20/2008	5/20/2008	141	3	144
5/28/2008	5/28/2008	180	12	192
7/21/2008	7/21/2008	1294	2	1296
9/23/2008	9/24/2008	1532	4	1536
11/22/2008	11/27/2008	1427,50	12,50	1440
11/28/2008	11/30/2008	141	3	144
11/29/2008	11/30/2008	23,50	0,50	24
12/3/2008	12/3/2008	91	5	96
6/15/2010	6/15/2010	13414	2	13416
10/4/2011	10/4/2011	11423	1	11424
4/7/2012	4/7/2012	4462	2	4464
4/7/2012	4/7/2012	22	2	24
4/9/2012	4/9/2012	47	1	48
7/23/2012	8/28/2012	2519,50	0,50	2520
8/13/2012	8/28/2012	502	2	504
8/13/2012	8/13/2012	22	2	24
8/24/2012	8/24/2012	261,50	2,50	264
8/24/2012	8/24/2012	21	3	24
8/24/2012	8/24/2012	21,50	2,50	24
10/19/2012	10/22/2012	1341	3	1344
12/31/2012	12/31/2012	1748	4	1752

Tabel 4.2 (Lanjutan)

<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	TTF (jam)	TTR (jam)	TBF (jam)
3/10/2014	3/10/2014	10411	5	10416
8/27/2014	8/27/2014	4079	1	4080
3/10/2015	3/10/2015	4679	1	4680
4/28/2015	4/28/2015	1175	1	1176
5/18/2015	5/18/2015	479,50	0,50	480

Dari hasil uji distribusi oleh *software Reliasoft Weibull ++6*, *HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C1* mempunyai distribusi data kegagalan yang paling sesuai yaitu distribusi lognormal. Parameter distribusi lognormal didapatkan nilai mean (μ) sebesar 5,992500 dan nilai standar deviasi (σ) sebesar 2,124000. Grafik laju kegagalan atau *failure rate* dari *HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C1* dapat dilihat pada gambar 4.6.

a. Failure Rate

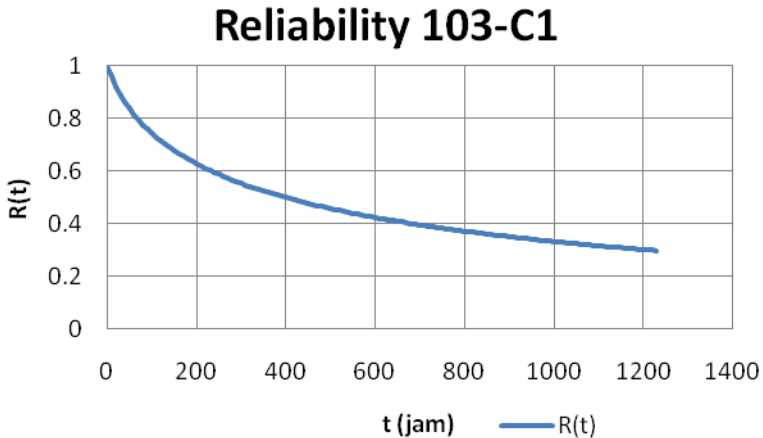
**Gambar 4.6** Failure rate HTS effluent waste heat boiler 103-C1

Pada grafik *failure rate* pada gambar 4.6 dapat dilihat bahwa laju kegagalan *HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C1* adalah DFR (*Decreasing Failure Rate*), maka *HTS Effluent Waste Heat*

Boiler 103-C1 sedang berada pada fase *burn in* atau fase pemanasan. Nilai MTTF didapat menggunakan persamaan (2.29) adalah sebesar 3820,69.

b. *Reliability*

HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C1 mempunyai distribusi lognormal, maka untuk mendapatkan fungsi keandalannya menggunakan persamaan (2.26). Perhitungan fungsi keandalan dapat dilihat di lampiran B. Dari perhitungan tersebut, didapatkan grafik fungsi keandalan terhadap waktu sebagai berikut :

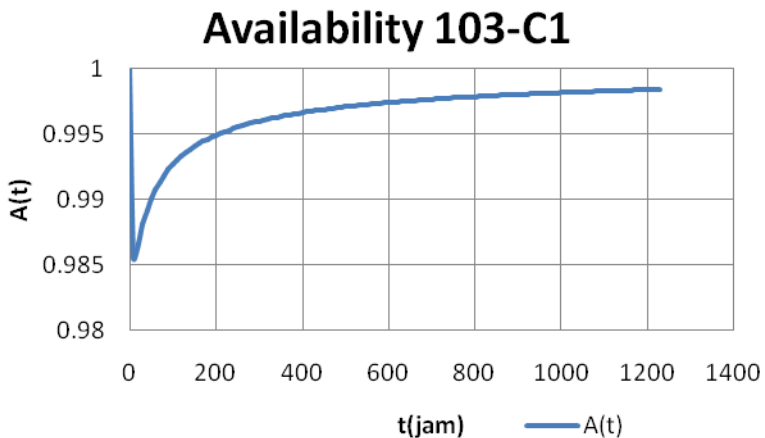


Gambar 4. 7 Grafik *reliability HTS effluent waste heat boiler 103-C1*

Berdasarkan grafik pada gambar 4.7 di atas, dapat dilihat bahwa keandalan dari komponen *HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C1* semakin menurun. *HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C1* dapat mencapai nilai keandalan 0,6 pada rentang waktu 230 jam. Sehingga, *HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C1* dapat menjalankan fungsinya dengan probabilitas keberhasilan 60% adalah pada 230 jam.

c. *Availability*

Nilai *availability* $A(t)$ dapat didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.7), untuk itu harus dicari terlebih dahulu nilai MTTF, MTTR, dan MTBF. Berdasarkan hasil uji distribusi, data TBF memiliki jenis distribusi lognormal dengan parameter mean (μ) sebesar 6,023700 dan standar deviasi (σ) sebesar 2,090400. Dengan menggunakan persamaan (2.29) didapatkan nilai MTBF sebesar 3672,34. Perhitungan fungsi ketersediaan terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan fungsi ketersediaan terhadap waktu sebagai berikut :



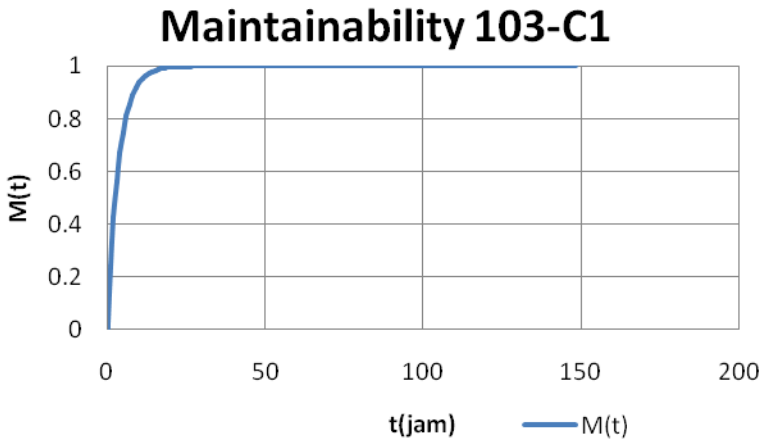
Gambar 4. 8 Grafik *availability* HTS effluent waste heat boiler 103-C1

Berdasarkan grafik pada gambar 4.8 di atas, dapat dilihat bahwa ketersediaan dari komponen *HTS Effluent Waste Heat Boiler* 103-C1 cukup besar. *HTS Effluent Waste Heat Boiler* 103-C1 memiliki ketersediaan sebesar 0,995229 setelah 230 jam beroperasi. Sehingga, kemampuan *HTS Effluent Waste Heat*

Boiler 103-C1 menjalankan fungsinya dalam interval waktu tertentu adalah sebesar 99,52%.

d. *Maintainability*

Perhitungan *maintainability* dapat didapatkan dengan menggunakan data dari TTR. Distribusi yang paling sesuai dengan data TTR adalah distribusi lognormal dengan nilai mean (μ) = 0,855000 dan nilai standar deviasi (σ) = 0,925600. Nilai MTTR dihitung dengan menggunakan persamaan (2.29) dan didapatkan nilai MTTR sebesar 3,60. Nilai *maintainability* dapat didapatkan dengan persamaan (2.28). Perhitungan untuk *maintainability* terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan fungsi keterawatan terhadap waktu sebagai berikut :



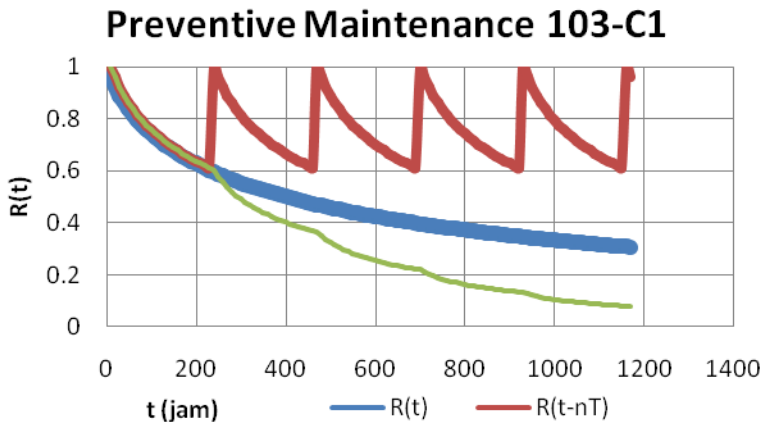
Gambar 4. 9 Grafik *maintainability HTS effluent waste heat boiler 103-C1*

Dari grafik *maintainability* pada gambar 4.9, waktu yang diperlukan untuk perawatan dan perbaikan agar nilai *maintainability* mencapai 100% adalah selama 53 jam. Sehingga, kemampuan komponen *HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C1* untuk diberi *maintenance* adalah selama 53 jam. Setelah

dilakukan perhitungan, didapatkan nilai $M(t)$ untuk *HTS Effluent Waste Heat Boiler* 103-C1 pada 230 jam operasi sebesar 1.

e. Preventive Maintenance

Rentang waktu untuk melakukan *preventive maintenance* pada *HTS Effluent Waste Heat Boiler* 103-C1 adalah 230 jam. Hal ini dikarenakan pada 230 jam pertama didapatkan nilai *reliability* sebesar 0,602964. Pehitungan *preventive maintenance* dapat dilihat pada lampiran B. Grafik *preventive maintenance* dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4. 10 Grafik *preventive maintenance HTS effluent waste heat boiler* 103-C1

Dari grafik *preventive maintenance* pada gambar 4.10 dapat dilihat garis biru adalah garis nilai *reliability* dari *HTS Effluent Waste Heat Boiler* 103-C1 dan garis hijau adalah garis *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance*. Setelah dilakukan *preventive maintenance*, nilai *reliability* *HTS Effluent Waste Heat Boiler* 103-C1 mengalami kenaikan. Hal ini

menunjukkan bahwa *preventive maintenance* tidak cocok untuk diterapkan pada *HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C1*.

4.1.3. *LTS Converter 104-D2*

Data *maintenance* dan data kegagalan *LTS Converter 104-D2* yang didapat pada tahun 2008-Maret 2016 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 3 *Data Maintenance dan Kegagalan LTS Converter 104-D2*

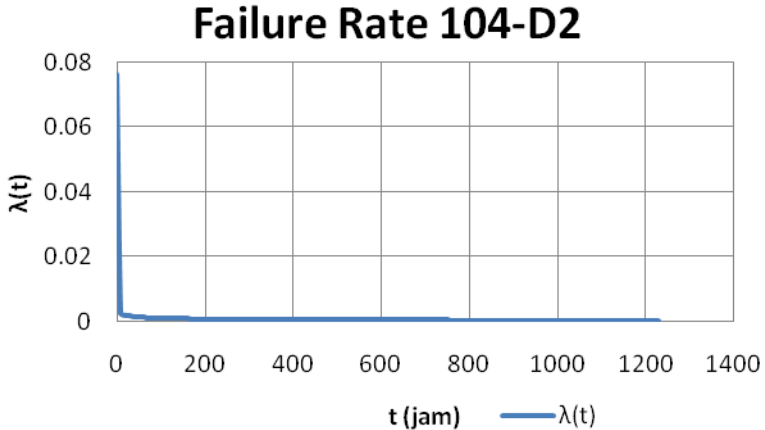
<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	TTF (jam)	TTR (jam)	TBF (jam)
10/15/2008	10/15/2008	0	0	0
11/12/2008	11/12/2008	671,80	0,20	672
11/13/2008	11/13/2008	21	3	24
11/15/2008	11/16/2008	43	5	48
1/15/2009	1/15/2009	1463	1	1464
1/21/2009	1/21/2009	143	1	144
4/23/2009	4/23/2009	2207	1	2208
12/1/2009	12/1/2009	5327	1	5328
3/13/2010	3/13/2010	2446	2	2448
4/6/2010	4/6/2010	575	1	576
6/1/2010	6/1/2010	1343	1	1344
6/15/2010	6/20/2010	332	4	336
6/16/2010	6/24/2010	19	5	24
9/21/2010	9/21/2010	2323	5	2328
11/5/2010	11/5/2010	1079	1	1080
12/8/2010	12/8/2010	789	3	792
12/14/2010	12/14/2010	141	3	144
12/16/2010	12/16/2010	45	3	48
1/4/2011	1/4/2011	454	2	456

Tabel 4.3 (Lanjutan)

<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	TTF (jam)	TTR (jam)	TBF (jam)
1/24/2011	1/24/2011	478	2	480
2/11/2011	2/11/2011	431	1	432
2/11/2011	2/11/2011	-1	1	0
2/18/2011	2/18/2011	167	1	168
3/16/2011	3/17/2011	621	3	624
4/4/2011	4/4/2011	452	4	456
10/24/2011	10/24/2011	4871	1	4872
2/1/2012	2/1/2012	2397	3	2400
4/5/2012	4/5/2012	1535	1	1536
8/10/2012	8/10/2012	3040	8	3048
11/22/2012	11/22/2012	2470	26	2496
1/17/2014	1/17/2014	10092	12	10104
3/28/2014	3/28/2014	1679	1	1680
10/10/2014	10/10/2014	4703	1	4704
10/31/2014	10/31/2014	502	2	504
1/14/2015	1/14/2015	1799	1	1800
6/16/2015	6/16/2015	3668	4	3672
3/15/2016	3/15/2016	6551	1	6552

Dari hasil uji distribusi oleh *software Reliasoft Weibull ++6*, *LTS Converter* 104-D2 mempunyai distribusi data kegagalan yang paling sesuai yaitu distribusi weibull 2. Parameter distribusi weibull 2 didapatkan nilai beta (β) sebesar 0,632300 dan nilai eta (θ) sebesar 1578,222400. Grafik laju kegagalan atau *failure rate* dari *LTS Converter* 104-D2 dapat dilihat pada gambar 4.11.

a. *Failure Rate*

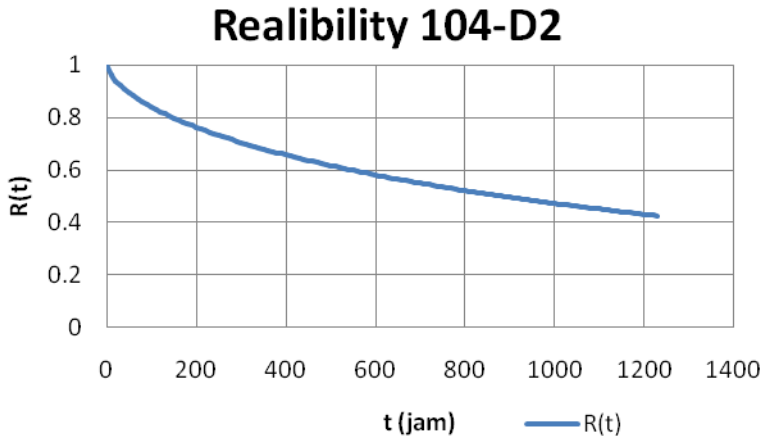


Gambar 4. 11 Failure rate LTS converter 104-D2

Pada grafik *failure rate* pada gambar 4.11 dapat dilihat bahwa laju kegagalan LTS Converter 104-D2 adalah DFR (*Decreasing Failure Rate*), maka LTS Converter 104-D2 sedang berada pada fase *burn in* atau fase pemanasan. Nilai MTTF didapat menggunakan persamaan (2.29) adalah sebesar 2222,83.

b. *Reliability*

LTS Converter 104-D2 mempunyai distribusi weibull 2, maka untuk mendapatkan fungsi keandalannya menggunakan persamaan (2.11). Perhitungan fungsi keandalan dapat dilihat di lampiran B. Dari perhitungan tersebut, didapatkan grafik fungsi keandalan terhadap waktu sebagai berikut :

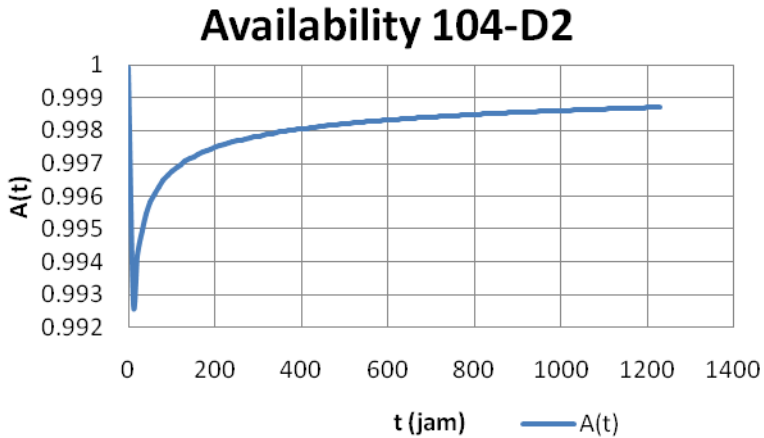


Gambar 4. 12 Grafik *reliability LTS converter 104-D2*

Berdasarkan grafik pada gambar 4.12 di atas, dapat dilihat bahwa keandalan dari komponen *LTS Converter 104-D2* semakin menurun. *LTS Converter 104-D2* dapat mencapai nilai keandalan 0,6 pada rentang waktu 540 jam. Sehingga, *LTS Converter 104-D2* dapat menjalankan fungsinya dengan probabilitas keberhasilan 60% adalah pada 540 jam.

c. *Availability*

Nilai *availability* $A(i)$ dapat didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.7), untuk itu harus dicari terlebih dahulu nilai MTTF, MTTR, dan MTBF. Berdasarkan hasil uji distribusi, data TBF memiliki jenis distribusi weibull 2 dengan parameter beta (β) sebesar 0,775600 dan eta (θ) sebesar 1643,153800. Dengan menggunakan persamaan (2.14) didapatkan nilai MTBF sebesar 1905,66. Perhitungan fungsi ketersediaan terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan fungsi ketersediaan terhadap waktu sebagai berikut :

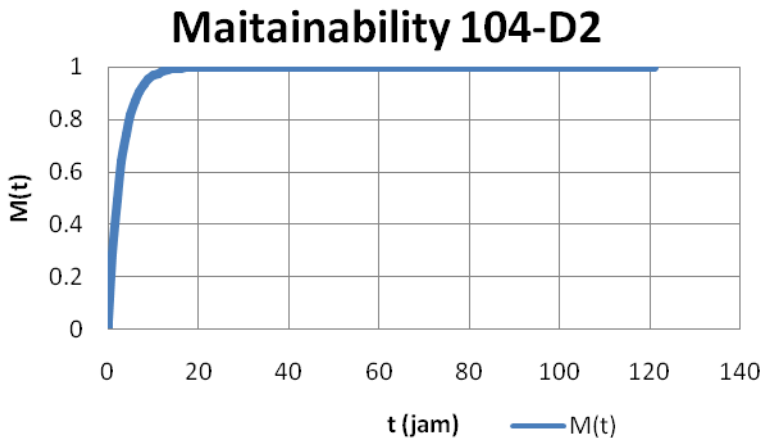


Gambar 4. 13 Grafik *availability LTS converter 104-D2*

Berdasarkan grafik pada gambar 4.13 di atas, dapat dilihat bahwa ketersediaan dari komponen *LTS Converter 104-D2* cukup besar. *LTS Converter 104-D2* memiliki ketersediaan sebesar 0,998153 setelah 540 jam beroperasi. Sehingga, kemampuan *LTS Converter 104-D2* menjalankan fungsinya dalam interval waktu tertentu adalah sebesar 99,81%.

d. Maintainability

Perhitungan *maintainability* dapat didapatkan dengan menggunakan data dari TTR. Distribusi yang paling sesuai dengan data TTR adalah distribusi lognormal dengan nilai mean (μ) = 0,682300 dan nilai standar deviasi (σ) = 0,890200. Nilai MTTR dihitung dengan menggunakan persamaan (2.29) dan didapatkan nilai MTTR sebesar 2,94. Nilai *maintainability* dapat didapatkan dengan persamaan (2.28). Perhitungan untuk *maintainability* terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan fungsi keterawatan terhadap waktu sebagai berikut :

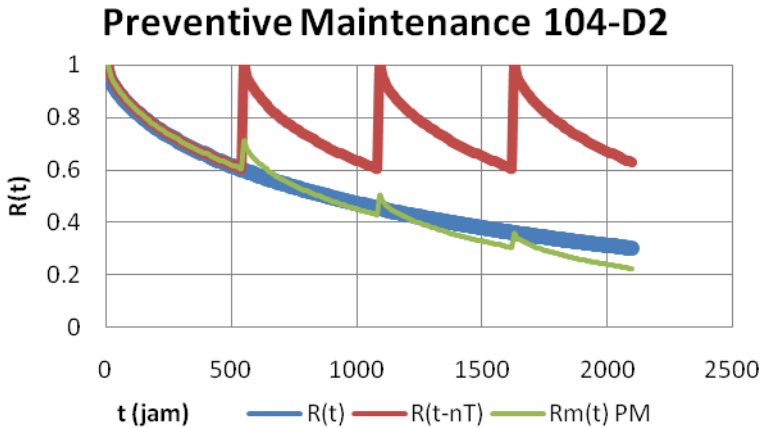


Gambar 4. 14 Grafik *Maintainability LTS Converter 104-D2*

Dari grafik *maintainability* pada gambar 4.14, waktu yang diperlukan untuk perawatan dan perbaikan agar nilai *maintainability* mencapai 100% adalah selama 43 jam. Sehingga, kemampuan komponen *LTS Converter 104-D2* untuk diberi *maintenance* adalah selama 43 jam. Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan nilai $M(t)$ untuk *LTS Converter 104-D2* pada 540 jam operasi sebesar 1.

e. *Preventive Maintenance*

Rentang waktu untuk melakukan *preventive maintenance* pada *LTS Converter 104-D2* adalah 540 jam. Hal ini dikarenakan pada 540 jam pertama didapatkan nilai *reliability* sebesar 0,601960. Perhitungan *preventive maintenance* dapat dilihat pada lampiran B. Grafik *preventive maintenance* dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4. 15 Grafik *preventive maintenance* LTS Converter 104-D2

Dari grafik *preventive maintenance* pada gambar 4.15 dapat dilihat garis biru adalah garis nilai *reliability* dari LTS Converter 104-D2 dan garis hijau adalah garis *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance*. Setelah dilakukan *preventive maintenance*, nilai *reliability* LTS Converter 104-D2 mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa *preventive maintenance* tidak cocok untuk diterapkan pada LTS Converter 104-D2.

4.1.4. Temperature Indicator TI-1343

Data *maintenance* dan data kegagalan *Temperature Indicator* TI-1343 yang didapat pada tahun 2008-Maret 2016 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 4 *Data Maintenance dan Kegagalan Temperature Indicator TI-1343*

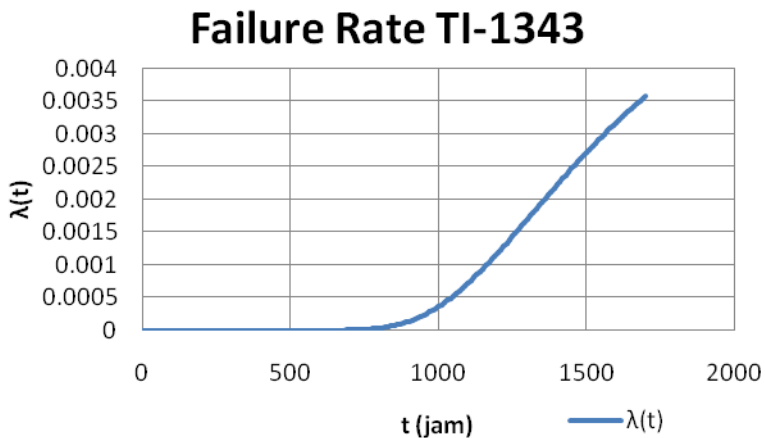
<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	TTF (jam)	TTR (jam)	TBF (jam)
3/4/2008	3/11/2008	0	0	0
6/24/2008	6/30/2008	2686,50	1,50	2688
8/25/2008	9/1/2008	1486,50	1,50	1488
11/11/2008	11/19/2008	1871	1	1872
12/22/2008	12/30/2008	983	1	984
1/5/2009	1/12/2009	334,50	1,50	336
3/4/2009	3/11/2009	1391	1	1392
5/4/2009	5/11/2009	1462,50	1,50	1464
7/6/2009	7/13/2009	1511	1	1512
9/4/2009	9/11/2009	1438,50	1,50	1440
11/4/2009	11/11/2009	1463	1	1464
1/4/2010	1/11/2010	1462,50	1,50	1464
3/4/2010	3/11/2010	1415	1	1416
5/4/2010	5/11/2010	1463	1	1464
7/5/2010	7/12/2010	1486,50	1,50	1488
9/6/2010	9/13/2010	1511	1	1512
11/4/2010	11/11/2010	1414,50	1,50	1416
1/4/2011	1/11/2011	1463	1	1464
3/4/2011	3/11/2011	1414,50	1,50	1416
5/4/2011	5/11/2011	1463	1	1464
7/4/2011	7/11/2011	1462,50	1,50	1464
9/5/2011	9/12/2011	1511	1	1512
11/4/2011	11/11/2011	1439	1	1440
1/4/2012	1/11/2012	1462,50	1,50	1464
5/4/2012	5/11/2012	2903	1	2904

Tabel 4.4 (Lanjutan)

<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	TTF (jam)	TTR (jam)	TBF (jam)
7/4/2012	7/11/2012	1462,50	1,50	1464
9/4/2012	9/11/2012	1487	1	1488
11/5/2012	11/12/2012	1486,50	1,50	1488
1/4/2013	1/11/2013	1439	1	1440
3/4/2013	3/11/2013	1414,50	1,50	1416
7/4/2013	7/11/2013	2927	1	2928
9/4/2013	9/11/2013	1487	1	1488
11/4/2013	11/11/2013	1462,50	1,50	1464
1/6/2014	1/13/2014	1511	1	1512
3/4/2014	3/11/2014	1366,50	1,50	1368
5/5/2014	5/12/2014	1487	1	1488
7/4/2014	7/11/2014	1438,50	1,50	1440
9/4/2014	9/11/2014	1487	1	1488
11/4/2014	11/11/2014	1462,50	1,50	1464
1/5/2015	1/12/2015	1487	1	1488
3/4/2015	3/11/2015	1391	1	1392
5/4/2015	5/11/2015	1462,50	1,50	1464
7/6/2015	7/13/2015	1511	1	1512
9/4/2015	9/11/2015	1438,50	1,50	1440
11/4/2015	11/11/2015	1463	1	1464

Dari hasil uji distribusi oleh *software Reliasoft Weibull ++6*, *Temperature Indicator* TI-1343 mempunyai distribusi data kegagalan yang paling sesuai yaitu distribusi lognormal. Parameter distribusi lognormal didapatkan nilai mean (μ) sebesar 7,294100 dan nilai standar deviasi (σ) sebesar 0,210300. Grafik laju kegagalan atau *failure rate* dari *Temperature Indicator* TI-1343 dapat dilihat pada gambar 4.16.

a. *Failure Rate*

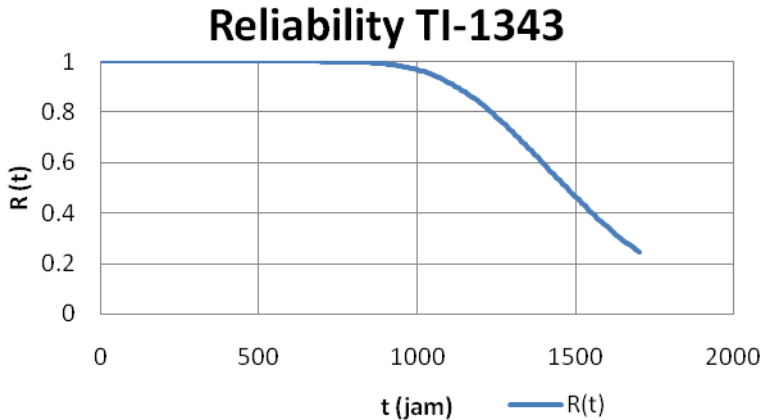


Gambar 4.16 *Failure rate Temperature Indicator TI-1343*

Pada grafik *failure rate* pada gambar 4.16 dapat dilihat bahwa laju kegagalan *Temperature Indicator* TI-1343 adalah IFR (*Increasing Failure Rate*), maka *Temperature Indicator* TI-1343 sedang berada pada fase *wear out* atau masa aus. Nilai MTTF didapat menggunakan persamaan (2.29) adalah sebesar 1504,50.

b. *Reliability*

Temperature Indicator TI-1343 mempunyai distribusi lognormal, maka untuk mendapatkan fungsi keandalannya menggunakan persamaan (2.26). Perhitungan fungsi keandalan dapat dilihat di lampiran B. Dari perhitungan tersebut, didapatkan grafik fungsi keandalan terhadap waktu sebagai berikut :

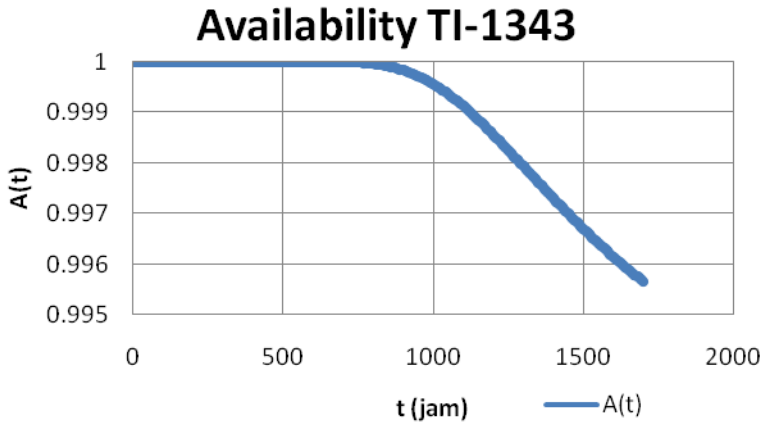


Gambar 4. 17 Grafik *Reliability Temperature Indicator* TI-1343

Berdasarkan grafik pada gambar 4.17 di atas, dapat dilihat bahwa keandalan dari komponen *Temperature Indicator* TI-1343 semakin menurun. *Temperature Indicator* TI-1343 dapat mencapai nilai keandalan 0,6 pada rentang waktu 1390 jam. Sehingga, *Temperature Indicator* TI-1343 dapat menjalankan fungsi nya dengan probabilitas keberhasilan 60% adalah pada 1390 jam.

c. *Availability*

Nilai *availability* $A(i)$ dapat didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.7), untuk itu harus dicari terlebih dahulu nilai MTTF, MTTR, dan MTBF. Berdasarkan hasil uji distribusi, data TBF memiliki jenis distribusi lognormal dengan parameter mean (μ) sebesar 7,295000 dan standar deviasi (σ) sebesar 0,210000. Dengan menggunakan persamaan (2.29) didapatkan nilai MTBF sebesar 1505,76. Perhitungan fungsi ketersediaan terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan fungsi ketersediaan terhadap waktu sebagai berikut :

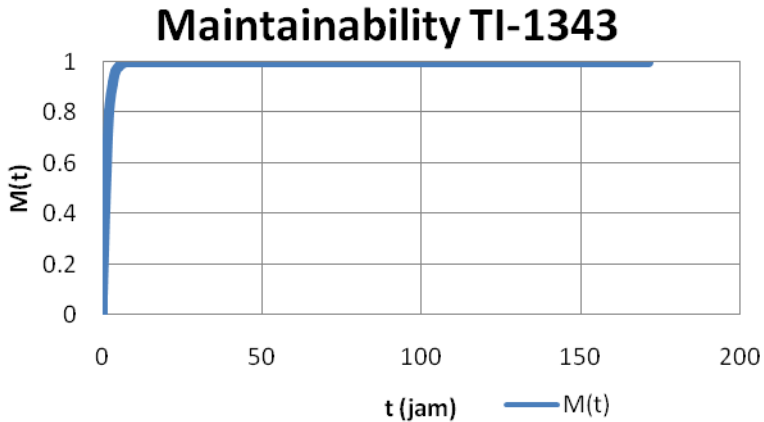


Gambar 4. 18 Grafik *Availability Temperature Indicator TI-1343*

Berdasarkan grafik pada gambar 4.18 di atas, dapat dilihat bahwa ketersediaan dari komponen *Temperature Indicator TI-1343* semakin menurun. *Temperature Indicator TI-1343* memiliki ketersediaan sebesar 0,997362 setelah 1390 jam beroperasi. Sehingga, kemampuan *Temperature Indicator TI-1343* menjalankan fungsinya dalam interval waktu tertentu adalah sebesar 99,74 %.

d. Maintainability

Perhitungan *maintainability* dapat didapatkan dengan menggunakan data dari TTR. Distribusi yang paling sesuai dengan data TTR adalah distribusi lognormal dengan nilai mean (μ) = 0,184300 dan nilai standar deviasi (σ) = 0,169600. Nilai MTTR dihitung dengan menggunakan persamaan 2.29 dan didapatkan nilai MTTR sebesar 1,21. Nilai *maintainability* dapat didapatkan dengan persamaan (2.28). Perhitungan untuk *maintainability* terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan fungsi keterawatan terhadap waktu sebagai berikut :

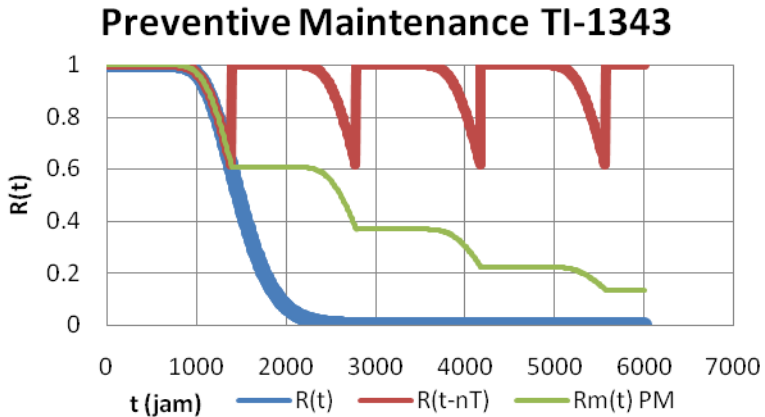


Gambar 4. 19 Grafik *Maintainability Temperature Indicator TI-1343*

Dari grafik *maintainability* pada gambar 4.19, waktu yang diperlukan untuk perawatan dan perbaikan agar nilai *maintainability* mencapai 100% adalah selama 18 jam. Sehingga, kemampuan komponen *HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C1* untuk diberi *maintenance* adalah selama 43 jam. Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan nilai $M(t)$ untuk *Temperature Indicator TI-1343* pada 540 jam operasi sebesar 1.

e. *Preventive Maintenance*

Rentang waktu untuk melakukan *preventive maintenance* pada *Temperature Indicator TI-1343* adalah 540 jam. Hal ini dikarenakan pada 540 jam pertama didapatkan nilai *reliability* sebesar 0,601960. Pehitungan *preventive maintenance* dapat dilihat pada lampiran B. Grafik *preventive maintenance* dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4. 20 Grafik *Preventive maintenance Temperature Indicator TI-1343*

Dari grafik *preventive maintenance* pada gambar 4.20 dapat dilihat garis biru adalah garis nilai *reliability* dari *Temperature Indicator TI-1343* dan garis hijau adalah garis *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance*. Setelah dilakukan *preventive maintenance*, nilai *reliability* *Temperature Indicator TI-1343* mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa *preventive maintenance* tidak cocok untuk diterapkan pada *Temperature Indicator TI-1343*.

4.1.5. Temperature Indicator TI-1348

Data *maintenance* dan data kegagalan *Temperature Indicator TI-1348* yang didapat pada tahun 2008-Maret 2016 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 5 *Data Maintenance dan Kegagalan Temperature Indicator TI-1348*

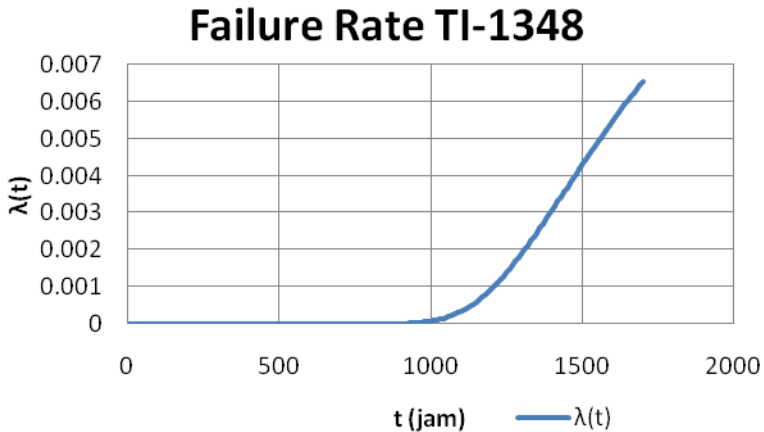
<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	TTF (jam)	TTR (jam)	TBF (jam)
1/8/2008	1/17/2008	0	0	0
3/6/2008	3/17/2008	1390,50	1,50	1392
6/26/2008	7/1/2008	2687	1	2688
8/25/2008	9/1/2008	1438,50	1,50	1440
10/24/2008	10/31/2008	1439	1	1440
12/23/2008	12/31/2008	1438,50	1,50	1440
1/12/2009	1/19/2009	479	1	480
3/10/2009	3/17/2009	1366,50	1,50	1368
5/11/2009	5/18/2009	1487	1	1488
7/10/2009	7/17/2009	1438,50	1,50	1440
9/10/2009	9/17/2009	1487	1	1488
11/10/2009	11/17/2009	1462,50	1,50	1464
1/11/2010	1/18/2010	1487	1	1488
3/10/2010	3/17/2010	1390,50	1,50	1392
5/10/2010	5/17/2010	1463	1	1464
7/12/2010	7/19/2010	1510,50	1,50	1512
9/8/2010	9/17/2010	1391	1	1392
11/10/2010	11/17/2010	1510,50	1,50	1512
1/10/2011	1/17/2011	1463	1	1464
3/10/2011	3/17/2011	1414,50	1,50	1416
5/10/2011	5/17/2011	1463	1	1464
7/11/2011	7/18/2011	1487	1	1488
9/12/2011	9/19/2011	1510,50	1,50	1512
11/10/2011	11/17/2011	1415	1	1416
1/16/2012	1/23/2012	1606,50	1,50	1608
5/14/2012	5/21/2012	2854,80	1,20	2856

Tabel 4.5 (Lanjutan)

<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	TTF (jam)	TTR (jam)	TBF (jam)
7/16/2012	7/23/2012	1510,50	1,50	1512
9/14/2012	9/21/2012	1439	1	1440
11/14/2012	11/21/2012	1463	1	1464
1/14/2013	1/21/2013	1462,50	1,50	1464
3/14/2013	3/21/2013	1414,80	1,20	1416
5/14/2013	5/21/2013	1462,50	1,50	1464
7/15/2013	7/22/2013	1487	1	1488
9/16/2013	9/23/2013	1511	1	1512
11/14/2013	11/21/2013	1415	1	1416
1/15/2014	1/22/2014	1486,50	1,50	1488
3/14/2014	3/21/2014	1391	1	1392
5/14/2014	5/21/2014	1462,50	1,50	1464
7/14/2014	7/21/2014	1463	1	1464
9/15/2014	9/22/2014	1511	1	1512
11/14/2014	11/21/2014	1439	1	1440
1/14/2015	1/21/2015	1462,50	1,50	1464
3/16/2015	3/23/2015	1463	1	1464
5/15/2015	5/22/2015	1439	1	1440
7/14/2015	7/21/2015	1439	1	1440
9/14/2015	9/21/2015	1486,50	1,50	1488
11/16/2015	11/23/2015	1511	1	1512

Dari hasil uji distribusi oleh *software Reliasoft Weibull ++6*, *Temperature Indicator TI-1348* mempunyai distribusi data kegagalan yang paling sesuai yaitu distribusi lognormal. Parameter distribusi lognormal didapatkan nilai mean (μ) sebesar 7,289400 dan nilai standar deviasi (σ) sebesar 0,141100. Grafik laju kegagalan atau *failure rate* dari *Temperature Indicator TI-1348* dapat dilihat pada gambar 4.21.

a. *Failure Rate*

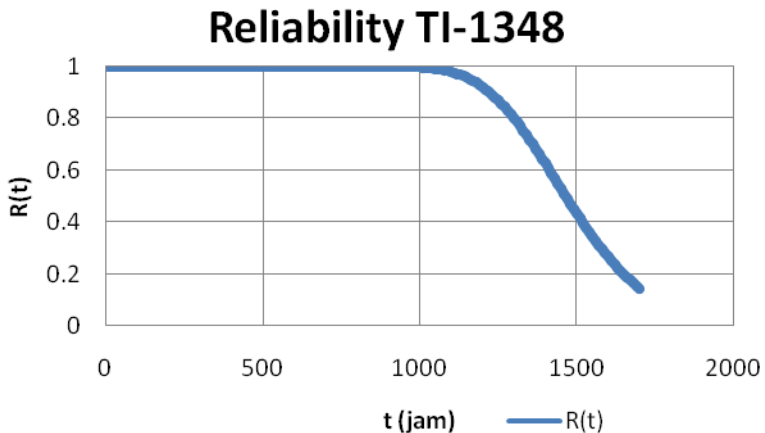


Gambar 4. 21 *Failure Rate Temperature Indicator TI-1348*

Pada grafik *failure rate* pada gambar 4.21 dapat dilihat bahwa laju kegagalan *Temperature Indicator TI-1348* adalah IFR (*Increasing Failure Rate*), maka *Temperature Indicator TI-1348* sedang berada pada fase *wear out* atau masa aus. Nilai MTTF didapat menggunakan persamaan (2.29) adalah sebesar 1479,34.

b. *Reliability*

Temperature Indicator TI-1348 mempunyai distribusi lognormal, maka untuk mendapatkan fungsi keandalannya menggunakan persamaan (2.26). Perhitungan fungsi keandalan dapat dilihat di lampiran B. Dari perhitungan tersebut, didapatkan grafik fungsi keandalan terhadap waktu sebagai berikut :

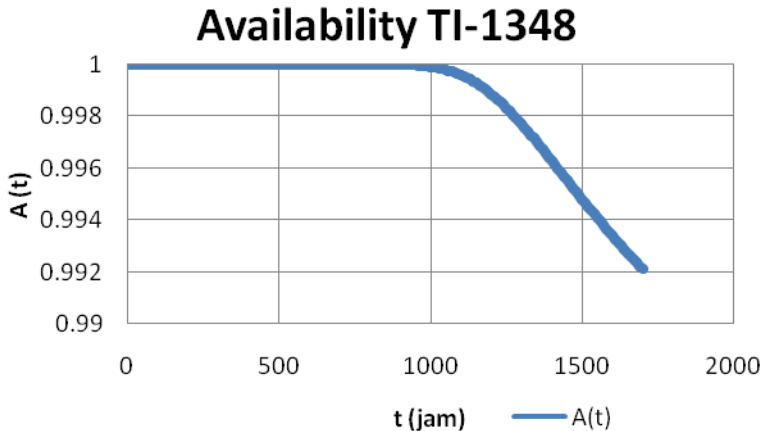


Gambar 4. 22 Grafik *Reliability Temperature Indicator TI-1348*

Berdasarkan grafik pada gambar 4.22 di atas, dapat dilihat bahwa keandalan dari komponen *Temperature Indicator TI-1348* semakin menurun. *Temperature Indicator TI-1348* dapat mencapai nilai keandalan 0,6 pada rentang waktu 1410 jam. Sehingga, *Temperature Indicator TI-1348* dapat menjalankan fungsinya dengan probabilitas keberhasilan 60% adalah pada 1410 jam.

c. *Availability*

Nilai *availability* $A(i)$ dapat didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.7), untuk itu harus dicari terlebih dahulu nilai MTTF, MTTR, dan MTBF. Berdasarkan hasil uji distribusi, data TBF memiliki jenis distribusi lognormal dengan parameter mean (μ) sebesar 7,290200 dan standar deviasi (σ) sebesar 0,141000. Dengan menggunakan persamaan (2.29) didapatkan nilai MTBF sebesar 1480,51. Perhitungan fungsi ketersediaan terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan fungsi ketersediaan terhadap waktu sebagai berikut :

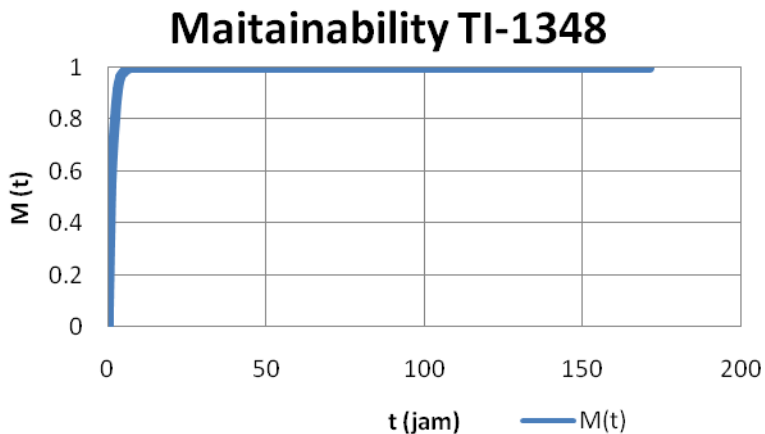


Gambar 4. 23 Grafik *Availability Temperature Indicator TI-1348*

Berdasarkan grafik pada gambar 4.23 di atas, dapat dilihat bahwa ketersediaan dari komponen *Temperature Indicator TI-1348* semakin menurun. *Temperature Indicator TI-1348* memiliki ketersediaan sebesar 0,996139 setelah 1410 jam beroperasi. Sehingga, kemampuan *Temperature Indicator TI-1348* menjalankan fungsinya dalam interval waktu tertentu adalah sebesar 99,61 %.

d. Maintainability

Perhitungan *maintainability* dapat didapatkan dengan menggunakan data dari TTR. Distribusi yang paling sesuai dengan data TTR adalah distribusi lognormal dengan nilai mean (μ) = 1,215200 dan nilai standar deviasi (σ) = 0,206600. Nilai MTTR dihitung dengan menggunakan persamaan (2.29) dan didapatkan nilai MTTR sebesar 1,21. Nilai *maintainability* dapat didapatkan dengan persamaan (2.28). Perhitungan untuk *maintainability* terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan fungsi keterawatan terhadap waktu sebagai berikut :

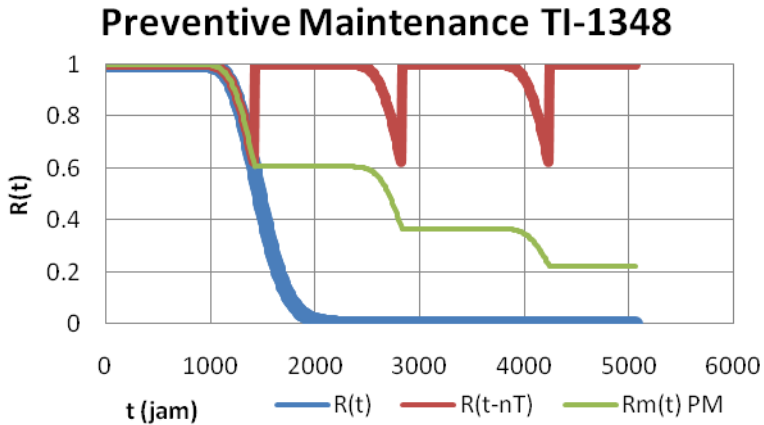


Gambar 4. 24 Grafik *Maintainability Temperature Indicator TI-1348*

Dari grafik *maintainability* pada gambar 4.24, waktu yang diperlukan untuk perawatan dan perbaikan agar nilai *maintainability* mencapai 100% adalah selama 18 jam. Sehingga, kemampuan komponen *Temperature Indicator TI-1348* untuk diberi *maintenance* adalah selama 43 jam. Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan nilai $M(t)$ untuk *Temperature Indicator TI-1348* pada 1410 jam operasi sebesar 1.

e. *Preventive Maintenance*

Rentang waktu untuk melakukan *preventive maintenance* pada *Temperature Indicator TI-1348* adalah 1410 jam. Hal ini dikarenakan pada 1410 jam pertama didapatkan nilai *reliability* sebesar 0,606305. Pehitungan *preventive maintenance* dapat dilihat pada lampiran B. Grafik *preventive maintenance* dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4. 25 Grafik *Preventive maintenance Temperature Indicator TI-1348*

Dari grafik *preventive maintenance* pada gambar 4.25 dapat dilihat garis biru adalah garis nilai *reliability* dari *Temperature Indicator TI-1348* dan garis hijau adalah garis *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance*. Setelah dilakukan *preventive maintenance*, nilai *reliability Temperature Indicator TI-1348* mengalami kenaikan. Hal ini menunjukkan bahwa *preventive maintenance* cocok untuk diterapkan pada *Temperature Indicator TI-1348*.

4.1.6. *Temperature Transmitter TT-1011*

Data *maintenance* dan data kegagalan *Temperature Transmitter TT-1011* yang didapat pada tahun 2008-Maret 2016 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 6 *Data Maintenance dan Kegagalan Temperature Transmitter TT-1011*

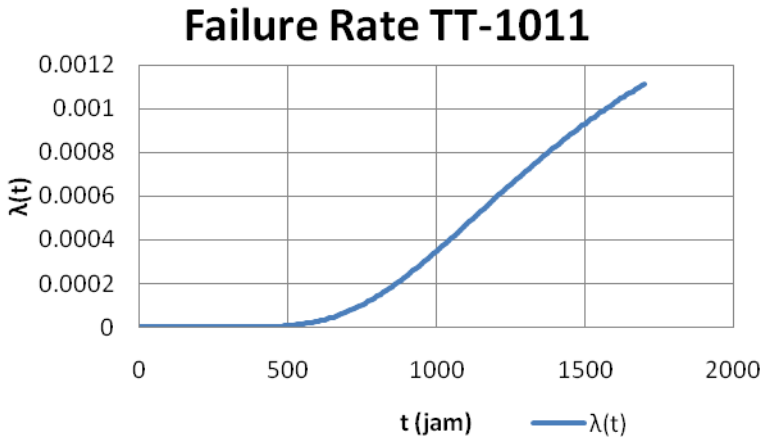
<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	TTF (jam)	TTR (jam)	TBF (jam)
3/25/2008	3/31/2008	0	0	0
6/12/2008	6/19/2008	1895	1	1896
8/12/2008	8/19/2008	1462,50	1,50	1464
10/13/2008	10/20/2008	1487	1	1488
12/12/2008	12/19/2008	1439	1	1440
1/27/2009	2/3/2009	1103	1	1104
3/24/2009	3/31/2009	1342,50	1,50	1344
5/25/2009	6/1/2009	1487	1	1488
7/24/2009	7/31/2009	1439	1	1440
9/24/2009	10/1/2009	1487	1	1488
11/24/2009	12/1/2009	1462,50	1,50	1464
1/25/2010	2/1/2010	1486,50	1,50	1488
3/24/2010	3/31/2010	1391	1	1392
5/24/2010	5/31/2010	1463	1	1464
7/26/2010	8/2/2010	1510,50	1,50	1512
9/24/2010	10/1/2010	1439	1	1440
11/24/2010	12/1/2010	1463	1	1464
3/24/2011	3/31/2011	2876	4	2880
5/24/2011	5/31/2011	1459	5	1464
7/25/2011	8/1/2011	1487	1	1488
9/26/2011	10/3/2011	1511	1	1512
1/24/2012	1/31/2012	2876	4	2880
3/26/2012	4/2/2012	1484	4	1488
5/24/2012	5/31/2012	1411	5	1416
7/24/2012	7/31/2012	1463	1	1464

Tabel 4.6 (Lanjutan)

<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	TTF (jam)	TTR (jam)	TBF (jam)
9/24/2012	10/1/2012	1486,50	1,50	1488
11/26/2012	12/3/2012	1511	1	1512
3/25/2013	4/1/2013	2852	4	2856
5/24/2013	5/31/2013	1439	1	1440
7/24/2013	7/31/2013	1463	1	1464
9/24/2013	10/1/2013	1487	1	1488
11/25/2013	12/2/2013	1487	1	1488
1/24/2014	1/31/2014	1436	4	1440
3/24/2014	3/31/2014	1412	4	1416
5/26/2014	6/2/2014	1510,50	1,50	1512
7/24/2014	7/31/2014	1415	1	1416
9/24/2014	10/1/2014	1486,50	1,50	1488
11/24/2014	12/1/2014	1462,50	1,50	1464
1/26/2015	2/2/2015	1508	4	1512
3/25/2015	4/1/2015	1388	4	1392
5/25/2015	6/1/2015	1459	5	1464
7/27/2015	8/3/2015	1508	4	1512
9/25/2015	10/2/2015	1436	4	1440
11/25/2015	12/2/2015	1459	5	1464

Dari hasil uji distribusi oleh *software Reliasoft Weibull ++6*, *Temperature Transmitter TT-1011* mempunyai distribusi data kegagalan yang paling sesuai yaitu distribusi lognormal. Parameter distribusi lognormal didapatkan nilai mean (μ) sebesar 7,487600 dan nilai standar deviasi (σ) sebesar 0,379100. Grafik laju kegagalan atau *failure rate* dari *Temperature Transmitter TT-1011* dapat dilihat pada gambar 4.21.

a. *Failure Rate*

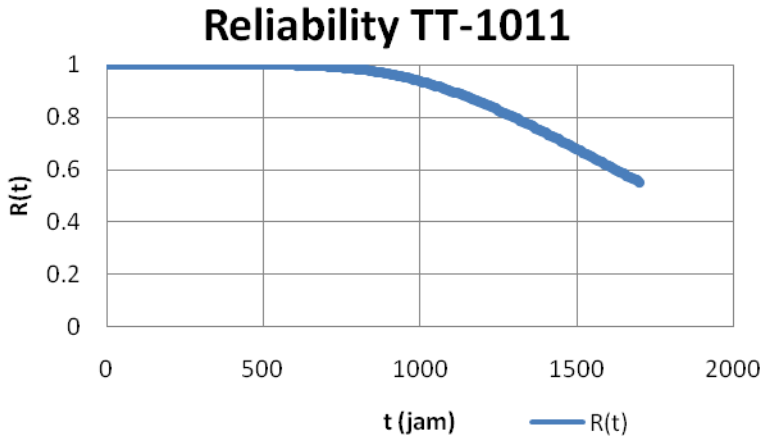


Gambar 4. 26 *Failure Rate Temperature Transmitter TT-1011*

Pada grafik *failure rate* pada gambar 4.26 dapat dilihat bahwa laju kegagalan *Temperature Transmitter TT-1011* adalah IFR (*Increasing Failure Rate*), maka *Temperature Transmitter TT-1011* sedang berada pada fase *wear out* atau masa aus. Nilai MTTF didapat menggunakan persamaan (2.29) adalah sebesar 1918,81.

b. *Reliability*

Temperature Transmitter TT-1011 mempunyai distribusi lognormal, maka untuk mendapatkan fungsi keandalannya menggunakan persamaan (2.26). Perhitungan fungsi keandalan dapat dilihat di lampiran B. Dari perhitungan tersebut, didapatkan grafik fungsi keandalan terhadap waktu sebagai berikut :

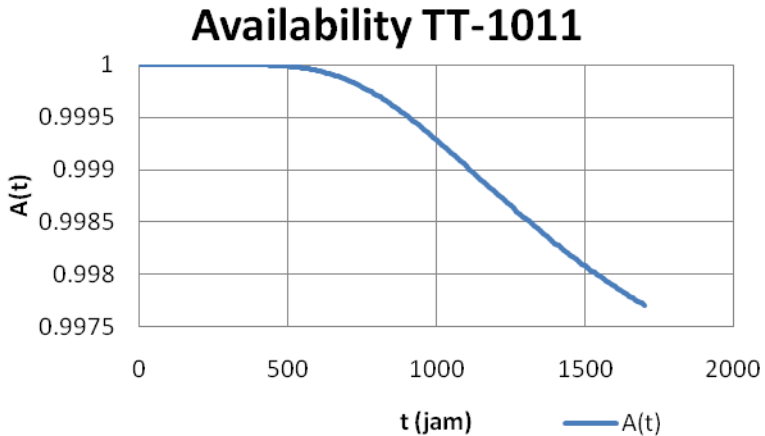


Gambar 4. 27 Grafik *Reliability Temperature Transmitter TT-1011*

Berdasarkan grafik pada gambar 4.27 di atas, dapat dilihat bahwa keandalan dari komponen *Temperature Transmitter TT-1011* semakin menurun. *Temperature Transmitter TT-1011* dapat mencapai nilai keandalan 0,6 pada rentang waktu 1620 jam. Sehingga, *Temperature Transmitter TT-1011* dapat menjalankan fungsinya dengan probabilitas keberhasilan 60% adalah pada 1620 jam.

c. *Availability*

Nilai *availability* $A(i)$ dapat didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.7), untuk itu harus dicari terlebih dahulu nilai MTTF, MTTR, dan MTBF. Berdasarkan hasil uji distribusi, data TBF memiliki jenis distribusi lognormal dengan parameter mean (μ) sebesar 7,334700 dan standar deviasi (σ) sebesar 0,135500. Dengan menggunakan persamaan (2.29) didapatkan nilai MTBF sebesar 1546,70. Perhitungan fungsi ketersediaan terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan fungsi ketersediaan terhadap waktu sebagai berikut :

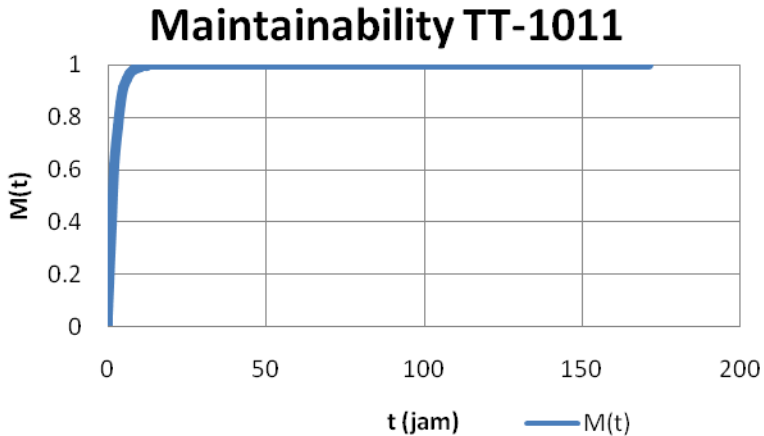


Gambar 4. 28 Grafik *Availability Temperature Transmitter TT-1011*

Berdasarkan grafik pada gambar 4.28 di atas, dapat dilihat bahwa ketersediaan dari komponen *Temperature Transmitter TT-1011* semakin menurun. *Temperature Transmitter TT-1011* memiliki ketersediaan sebesar 0,997784 setelah 1620 jam beroperasi. Sehingga, kemampuan *Temperature Transmitter TT-1011* menjalankan fungsinya dalam interval waktu tertentu adalah sebesar 99,77 %.

d. Maintainability

Perhitungan *maintainability* dapat didapatkan dengan menggunakan data dari TTR. Distribusi yang paling sesuai dengan data TTR adalah distribusi lognormal dengan nilai mean (μ) = 0,557000 dan nilai standar deviasi (σ) = 0,581300. Nilai MTTR dihitung dengan menggunakan persamaan (2.29) dan didapatkan nilai MTTR sebesar 1,21. Nilai *maintainability* dapat didapatkan dengan persamaan (2.7). Perhitungan untuk *maintainability* terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan fungsi keterawatan terhadap waktu sebagai berikut :

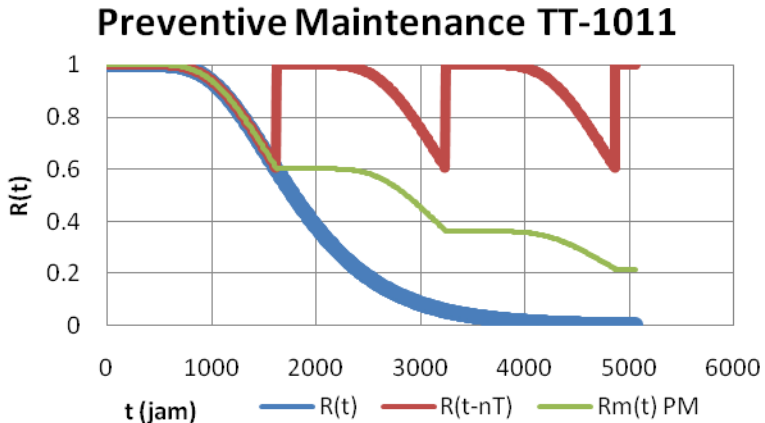


Gambar 4. 29 Grafik *Maintainability Temperature Transmitter TT-1011*

Dari grafik *maintainability* pada gambar 4.29, waktu yang diperlukan untuk perawatan dan perbaikan agar nilai *maintainability* mencapai 100% adalah selama 30 jam. Sehingga, kemampuan komponen *Temperature Transmitter TT-1011* untuk diberi *maintenance* adalah selama 30 jam. Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan nilai $M(t)$ untuk *Temperature Transmitter TT-1011* pada 1620 jam operasi sebesar 1.

e. *Preventive Maintenance*

Rentang waktu untuk melakukan *preventive maintenance* pada *Temperature Transmitter TT-1011* adalah 1620 jam. Hal ini dikarenakan pada 1620 jam pertama didapatkan nilai *reliability* sebesar 0,601400. Pehitungan *preventive maintenance* dapat dilihat pada lampiran B. Grafik *preventive maintenance* dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4. 30 Grafik *Preventive maintenance Temperature Transmitter TT-1011*

Dari grafik *preventive maintenance* pada gambar 4.30 dapat dilihat garis biru adalah garis nilai *reliability* dari *Temperature Transmitter TT-1011* dan garis hijau adalah garis *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance*. Setelah dilakukan *preventive maintenance*, nilai *reliability* *Temperature Transmitter TT-1011* mengalami kenaikan. Hal ini menunjukkan bahwa *preventive maintenance* cocok untuk diterapkan pada *Temperature Transmitter TT-1011*.

4.1.7. Temperature Indicator Controller TIC-1011

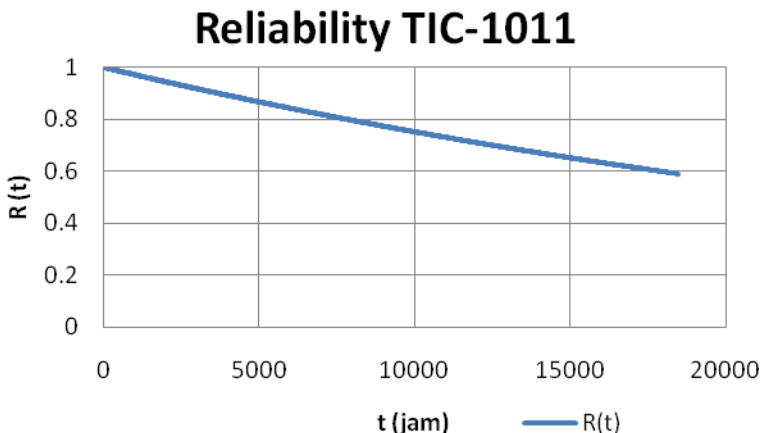
Data *maintenance Temperature Indicator Controller TIC-1011* yang didapatkan dari perusahaan tidak ada, maka data untuk *failure rate* diambil dari OREDA (*Offshore Reliability Data*) 2009.

a. *Failure Rate*

Failure rate untuk *Temperature Indicator Controller* TIC-1011 dapat dihitung dengan mengambil data mean dan interval waktu dari *Control Logic Unit*. Masing-masing nilai mean dan interval waktu adalah 28,54 dan per 10^6 jam. Maka didapatkan nilai $\lambda=0,000028$. Nilai *failure rate* *Temperature Indicator Controller* TIC-1011 adalah 0,000030. Laju kegagalan *Temperature Indicator Controller* TIC-1011 adalah konstan atau CFR, maka dari itu *Temperature Indicator Controller* TIC-1011 berada pada fase *useful life*. Nilai MTTF didapat menggunakan persamaan (2.19) adalah sebesar 35038,54.

b. *Reliability*

Nilai fungsi keandalannya dapat didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.16). Perhitungan fungsi keandalan dapat dilihat di lampiran B. Dari perhitungan tersebut, didapatkan grafik fungsi keandalan terhadap waktu sebagai berikut :



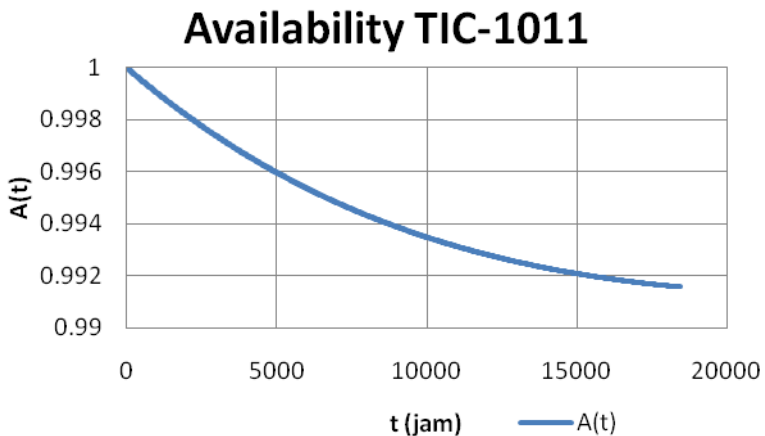
Gambar 4. 31 Grafik *Reliability Temperature Indicator Controller* TIC-1011

Berdasarkan grafik pada gambar 4.31 di atas, dapat dilihat bahwa keandalan dari komponen *Temperature Transmitter* TT-

1011 semakin menurun. *Temperature Transmitter TT-1011* dapat mencapai nilai keandalan 0,6 pada rentang waktu 17890 jam. Sehingga, *Temperature Transmitter TT-1011* dapat menjalankan fungsinya dengan probabilitas keberhasilan 60% adalah pada 17890 jam.

c. *Availability*

Nilai *availability* $A(t)$ dapat didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.7). Perhitungan fungsi ketersediaan terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan fungsi ketersediaan terhadap waktu sebagai berikut :

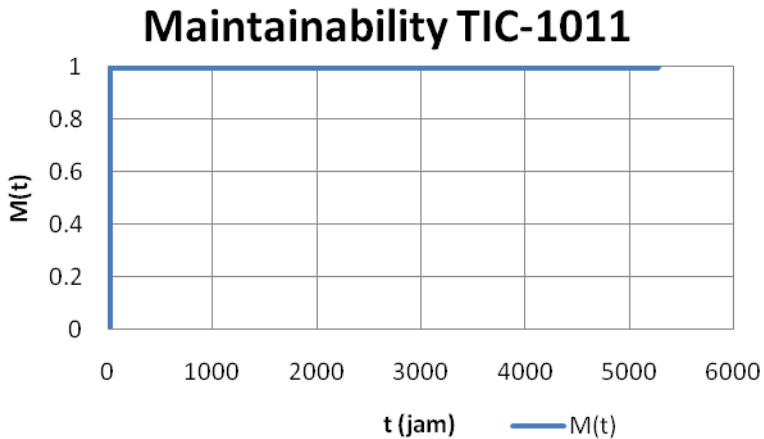


Gambar 4. 32 Grafik *Availability Temperature Transmitter TT-1011*

Berdasarkan grafik pada gambar 4.32 di atas, dapat dilihat bahwa ketersediaan dari komponen *Temperature Transmitter TT-1011* semakin menurun. *Temperature Transmitter TT-1011* memiliki ketersediaan sebesar 0,991633 setelah 17890 jam beroperasi. Sehingga, kemampuan *Temperature Transmitter TT-1011* menjalankan fungsinya dalam interval waktu tertentu adalah sebesar 99,16 %.

d. *Maintainability*

Untuk perhitungan *maintainability* digunakan data dari OREDA 2009 dengan mengambil nilai mean *active repair hours* pada *Control Logic Unit*, yaitu sebesar 1. Maka nilai lamda (λ) pun adalah 1,000000. Nilai $M(t)$ dihitung dengan menggunakan persamaan (2.18). Perhitungan untuk *maintainability* terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B.

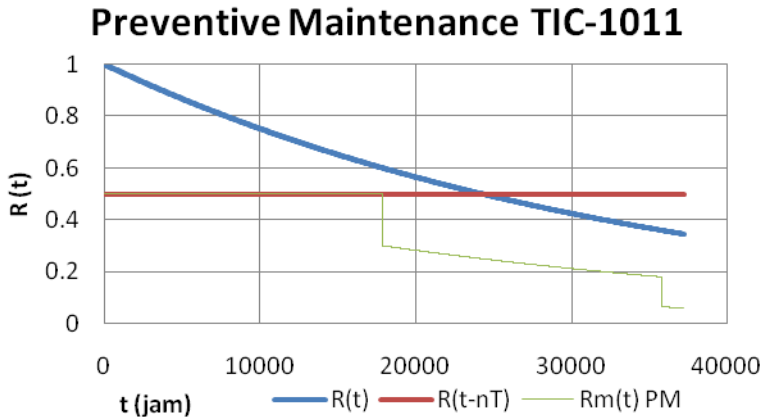


Gambar 4. 33 Grafik *Maintainabilty Temperature Indicator Controller T IC-1011*

Dari grafik *maintainability* pada gambar 4.33, waktu yang diperlukan untuk perawatan dan perbaikan agar nilai *maintainability* mencapai 100% adalah selama 15 jam. Maka kemampuan komponen *Temperature Indicator Controller TIC-1011* untuk diberi *maintenance* adalah selama 15 jam.

e. *Preventive Maintenance*

Rentang waktu untuk melakukan *preventive maintenance* pada *Temperature Indicator Controller TIC-1011* adalah 17890 jam. Karena pada 17890 jam pertama didapatkan nilai *reliability* sebesar 0,600147. Grafik *preventive maintenance* dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4. 34 *Preventive maintenance Temperature Indicator Controller TIC-1011.*

Dari grafik *preventive maintenance* pada gambar 4.34 dapat dilihat garis biru adalah garis nilai *reliability* dari *Temperature Indicator Controller TIC-1011* dan garis hijau adalah garis *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance*. Setelah dilakukan *preventive maintenance*, nilai *reliability Temperature Indicator Controller TIC-1011* mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa *preventive maintenance* tidak cocok untuk diterapkan pada *Temperature Transmitter TT-1011*.

4.1.8. *Temperature Valve TV-1011B*

Data *maintenance* dan data kegagalan *Temperature Valve TV-1011B* yang didapat pada tahun 2008-Maret 2016 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 7 *Data Maintenance dan Kegagalan Temperature Valve TV-1011B*

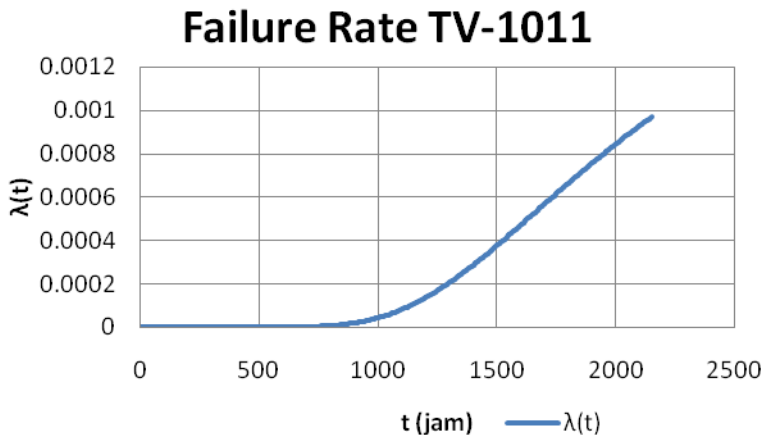
<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	TTF (jam)	TTR (jam)	TBF (jam)
2/27/2008	2/27/2008	0	0	0
2/27/2009	2/27/2009	8781	3	8784
5/27/2009	5/27/2009	2133	3	2136
8/27/2009	8/27/2009	2205	3	2208
11/30/2009	11/30/2009	2277	3	2280
3/1/2010	3/1/2010	2181	3	2184
5/27/2010	5/27/2010	2085	3	2088
8/27/2010	8/27/2010	2205	3	2208
11/29/2010	11/29/2010	2250	6	2256
2/28/2011	2/28/2011	2181	3	2184
5/31/2011	5/31/2011	2205	3	2208
9/5/2011	9/5/2011	2325	3	2328
2/27/2012	2/27/2012	4197	3	4200
5/28/2012	5/28/2012	2181	3	2184
8/27/2012	8/27/2012	2181	3	2184
11/27/2012	11/27/2012	2205	3	2208
12/28/2012	12/28/2012	742	2	744
2/28/2013	2/28/2013	1485	3	1488
5/31/2013	5/31/2013	2205	3	2208
9/2/2013	9/2/2013	2253	3	2256
12/3/2013	12/3/2013	2205	3	2208
2/28/2014	2/28/2014	2085	3	2088
6/3/2014	6/3/2014	2277	3	2280
9/3/2014	9/3/2014	2205	3	2208
12/1/2014	12/1/2014	2133	3	2136

Tabel 4.7 (Lanjutan)

<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	TTF (jam)	TTR (jam)	TBF (jam)
3/4/2015	3/4/2015	2229	3	2232
6/1/2015	6/4/2015	2133	3	2136
11/30/2015	11/30/2015	4365	3	4368

Dari hasil uji distribusi oleh *software Reliasoft Weibull ++6*, *Temperature Valve TV-1011B* mempunyai distribusi data kegagalan yang paling sesuai yaitu distribusi lognormal. Parameter distribusi lognormal didapatkan nilai mean (μ) sebesar 7,740600 dan nilai standar deviasi (σ) sebesar 0,321900. Grafik laju kegagalan atau *failure rate* dari *Temperature Valve TV-1011B* dapat dilihat pada gambar 4.35.

a. Failure Rate

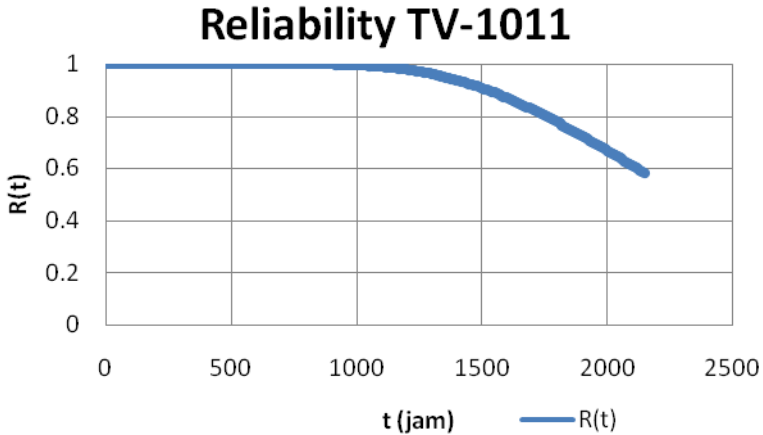
**Gambar 4. 35** *Failure Rate Temperature Valve TV-1011B*

Pada grafik *failure rate* pada gambar 4.35 dapat dilihat bahwa laju kegagalan *Temperature Valve TV-1011B* adalah IFR (*Increasing Failure Rate*), maka *Temperature Valve TV-1011B*

sedang berada pada fase *wear out* atau masa aus. Nilai MTTF didapat menggunakan persamaan (2.29) adalah sebesar 2425,54.

b. Reliability

Temperature Valve TV-1011B mempunyai distribusi lognormal, maka untuk mendapatkan fungsi keandalannya menggunakan persamaan (2.26). Perhitungan fungsi keandalan dapat dilihat di lampiran B. Dari perhitungan tersebut, didapatkan grafik fungsi keandalan terhadap waktu sebagai berikut :



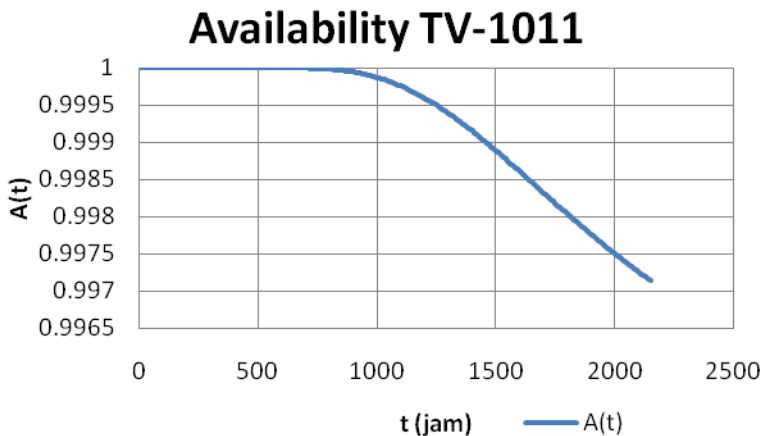
Gambar 4. 36 Grafik Reliability Temperature Valve TV-1011B

Berdasarkan grafik pada gambar 4.36 di atas, dapat dilihat bahwa keandalan dari komponen *Temperature Valve TV-1011B* semakin menurun. *Temperature Valve TV-1011B* dapat mencapai nilai keandalan 0,6 pada rentang waktu 2110 jam. Sehingga, *Temperature Valve TV-1011B* dapat menjalankan fungsinya dengan probabilitas keberhasilan 60% adalah pada 2110 jam.

c. Availability

Nilai *availability* $A(i)$ dapat didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.7), untuk itu harus dicari terlebih dahulu nilai MTTF, MTTR, dan MTBF. Berdasarkan hasil uji

distribusi, data TBF memiliki jenis distribusi lognormal dengan parameter mean (μ) sebesar 7,742000 dan standar deviasi (σ) sebesar 0,321600. Dengan menggunakan persamaan (2.29) didapatkan nilai MTBF sebesar 2425,31. Perhitungan fungsi ketersediaan terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan fungsi ketersediaan terhadap waktu sebagai berikut :



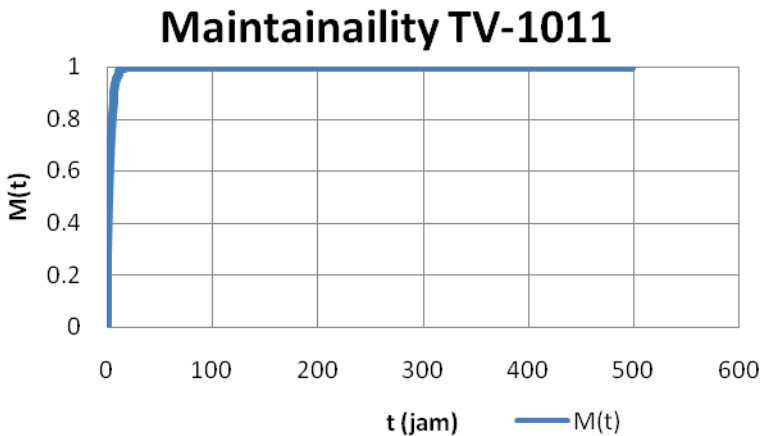
Gambar 4. 37 Grafik Availability Temperature Valve TV-1011B

Berdasarkan grafik pada gambar 4.37 di atas, dapat dilihat bahwa ketersediaan dari komponen *Temperature Valve TV-1011B* semakin menurun. *Temperature Valve TV-1011B* memiliki ketersediaan sebesar 0,997233 setelah 2110 jam beroperasi. Sehingga, kemampuan *Temperature Valve TV-1011B* menjalankan fungsinya dalam interval waktu tertentu adalah sebesar 99,72 %.

d. Maintainability

Perhitungan *maintainability* dapat didapatkan dengan menggunakan data dari TTR. Distribusi yang paling sesuai dengan data TTR adalah distribusi lognormal dengan nilai mean (μ) = 1,109300 dan nilai standar deviasi (σ) = 0,089700. Nilai

MTTR dihitung dengan menggunakan persamaan (2.29) dan didapatkan nilai MTTR sebesar 2,96. Nilai *maintainability* dapat didapatkan dengan persamaan (2.27). Perhitungan untuk *maintainability* terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan fungsi keterawatan terhadap waktu sebagai berikut :



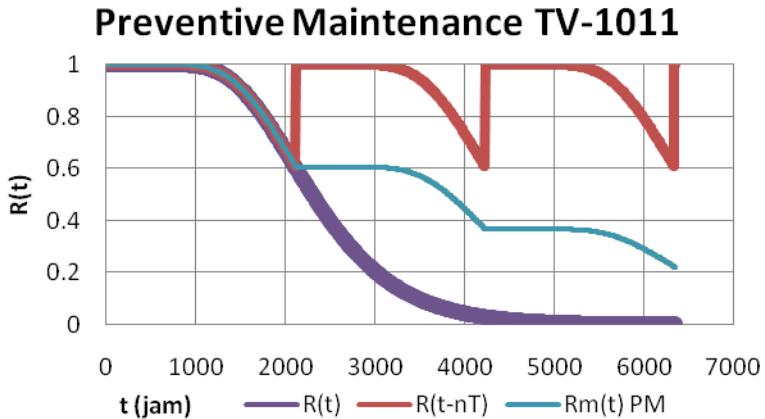
Gambar 4. 38 Grafik *Maintainability Temperature Valve TV-1011B*

Dari grafik *maintainability* pada gambar 4.38, waktu yang diperlukan untuk perawatan dan perbaikan agar nilai *maintainability* mencapai 100% adalah selama 44 jam. Sehingga, kemampuan komponen *Temperature Valve TV-1011B* diberi *maintenance* adalah selama 44 jam. Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan nilai $M(t)$ untuk *Temperature Valve TV-1011B* pada 2110 jam operasi sebesar 1.

e. *Preventive Maintenance*

Rentang waktu untuk melakukan *preventive maintenance* pada *Temperature Valve TV-1011B* adalah 2110 jam. Hal ini dikarenakan pada 2110 jam pertama didapatkan nilai *reliability* sebesar 0,605515. Perhitungan *preventive maintenance* dapat

dilihat pada lampiran B. Grafik *preventive maintenance* dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4. 39 Grafik *Preventive maintenance Temperature Valve TV-1011B*

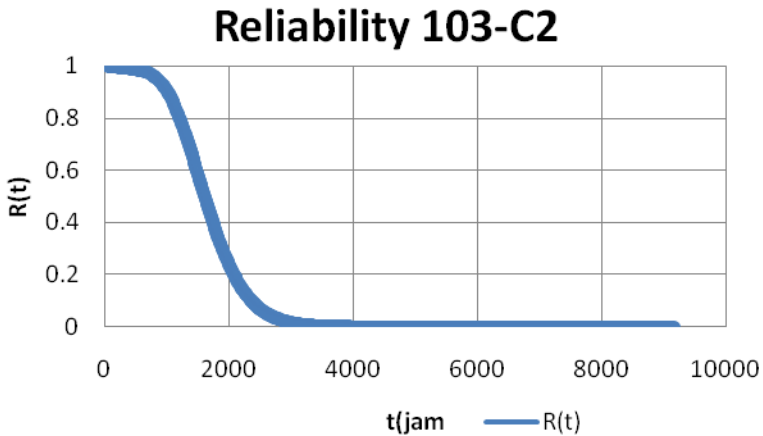
Dari grafik *preventive maintenance* pada gambar 4.39 dapat dilihat garis ungu adalah garis nilai *reliability* dari *Temperature Valve TV-1011B* dan garis biru adalah garis *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance*. Setelah dilakukan *preventive maintenance*, nilai *reliability* *Temperature Valve TV-1011B* mengalami kenaikan. Hal ini menunjukkan bahwa *preventive maintenance* cocok untuk diterapkan pada *Temperature Valve TV-1011B*.

4.1.9. HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C2

Analisa kuantitatif untuk *HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C2* dihitung dengan menggunakan metode RBD (*Reliability Block Diagram*). Konfigurasi RBD untuk *HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C2* dapat dilihat pada lampiran E. Dengan menggunakan metode RBD, didapatkan *reliability* atau keandalan

serta *availability* dari *HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C2*. *Reliability* dan *availability* dihitung dengan persamaan masing-masing, yaitu persamaan (2.31) dan persamaan (2.32) untuk konfigurasi seri, persamaan (2.33) dan persamaan (2.34) untuk konfigurasi paralel. Berikut adalah hasil *HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C2*:

a. *Reliability*



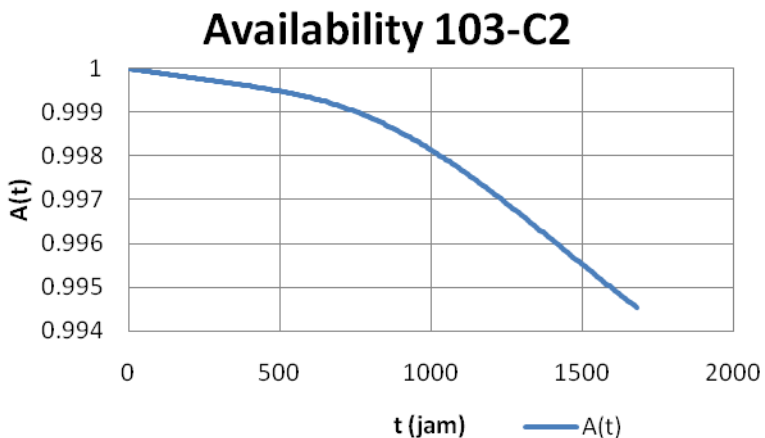
Gambar 4. 39 Grafik *Reliability HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C2*

Dari grafik *reliability* yang dihasilkan oleh *HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C2* pada gambar 4.40, *HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C2* dapat mencapai nilai keandalan 0,6 pada rentang waktu 540 jam. Maka *HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C2* dapat menjalankan fungsinya dengan probabilitas keberhasilan 60% adalah pada 540 jam. Namun saat di 8760 jam, nilai keandalan *HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C2* menjadi 0,019060. Nilai ini cukup kecil bila dibandingkan dengan komponen *Temperature Indicator Controller TIC-1011* dimana saat 8760 jam nilai keandalannya masih 0,778793. Hal ini dikarenakan keandalan dari *HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C2* bergantung pada komponen-komponen yang ada didalamnya,

seperti yang telah dijelaskan pada konfigurasi RBD pada lampiran E. Hal ini juga dikarenakan *HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C2* telah beroperasi dengan waktu yang sangat lama dari tahun 1994, maka semakin lama nilai keandalan akan semakin kecil karena adanya kegagalan-kegagalan yang pernah terjadi selama unit beroperasi.

b. *Availability*

Nilai *availability* $A(i)$ atau ketersediaan dari *HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C2* dihitung dengan menggunakan persamaan (2.32) untuk konfigurasi seri dan persamaan (2.34) untuk konfigurasi paralel.



Gambar 4. 40 Grafik *Availability HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C2*

Berdasarkan grafik *availability* pada gambar 4.42, nilai *availability* dari *HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C2* didapatkan sebesar 0.998311. *HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C2* memiliki ketersediaan yang tinggi yaitu sebesar 99,83 %.

4.1.10. Pressure Differential Transmitter PDT-1111

Data *maintenance* dan data kegagalan *Pressure Differential Transmitter PDT-1111* yang didapat pada tahun 2008-Maret 2016 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 8 *Data Maintenance dan Kegagalan Pressure Differential Transmitter PDT-1111*

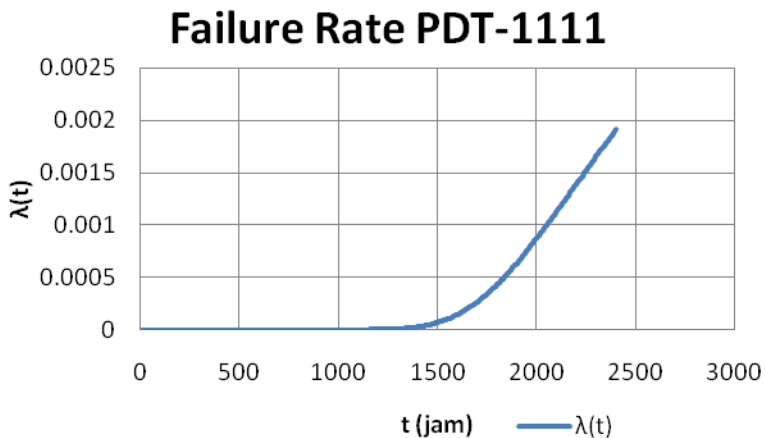
<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	TTF (jam)	TTR (jam)	TBF (jam)
04/02/2008	04/02/2008	0	0	0
18/02/2009	18/02/2009	9115	5	9120
18/05/2009	18/05/2009	2131	5	2136
18/08/2009	18/08/2009	2204	4	2208
18/11/2009	18/11/2009	2204	4	2208
18/02/2010	18/02/2010	2203	5	2208
18/05/2010	18/05/2010	2131	5	2136
18/08/2010	18/08/2010	2203	5	2208
18/11/2010	18/11/2010	2203	5	2208
18/02/2011	18/02/2011	2204	4	2208
18/05/2011	18/05/2011	2131	5	2136
18/08/2011	18/08/2011	2202	6	2208
20/02/2012	20/02/2012	4459	5	4464
18/05/2012	18/05/2012	2108	4	2112
20/08/2012	20/08/2012	2251	5	2256
19/11/2012	19/11/2012	2179	5	2184
18/02/2013	18/02/2013	2180	4	2184
20/05/2013	20/05/2013	2180	4	2184
19/08/2013	19/08/2013	2179	5	2184
19/11/2013	19/11/2013	2204	4	2208
24/02/2014	24/02/2014	2323	5	2328
26/05/2014	26/05/2014	2179	5	2184

Tabel 4.8 (Lanjutan)

<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	TTF (jam)	TTR (jam)	TBF (jam)
22/08/2014	22/08/2014	2107	5	2112
27/11/2014	27/11/2014	2324	4	2328
23/02/2015	23/02/2015	2107	5	2112
21/05/2015	21/05/2015	2084	4	2088
24/08/2015	24/08/2015	2275	5	2280
23/11/2015	24/11/2015	2179,50	4,50	2184

Dari hasil uji distribusi oleh *software Reliasoft Weibull ++6*, *Pressure Differential Transmitter PDT-1111* mempunyai distribusi data kegagalan yang paling sesuai yaitu distribusi lognormal. Parameter distribusi lognormal didapatkan nilai mean (μ) sebesar 7,7692 dan nilai standar deviasi (σ) sebesar 0,1849. Grafik laju kegagalan atau *failure rate* dari *Pressure Differential Transmitter PDT-1111* dapat dilihat pada gambar 4.21.

a. Failure Rate

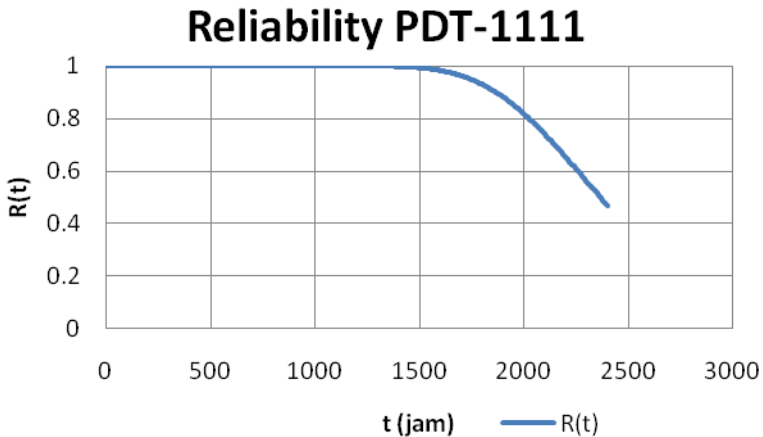


Gambar 4. 41 Failure Rate Pressure Differential Transmitter PDT-1111

Pada grafik *failure rate* pada gambar 4.42 dapat dilihat bahwa laju kegagalan *Pressure Differential Transmitter PDT-1111* adalah IFR (*Increasing Failure Rate*), maka *Pressure Differential Transmitter PDT-1111* sedang berada pada fase *wear out* atau masa aus. Nilai MTTF didapat menggunakan persamaan (2.29) adalah sebesar 2412,06

b. *Reliability*

Pressure Differential Transmitter PDT-1111 mempunyai distribusi lognormal, maka untuk mendapatkan fungsi keandalannya menggunakan persamaan (2.26). Perhitungan fungsi keandalan dapat dilihat di lampiran B. Dari perhitungan tersebut, didapatkan grafik fungsi keandalan terhadap waktu sebagai berikut :



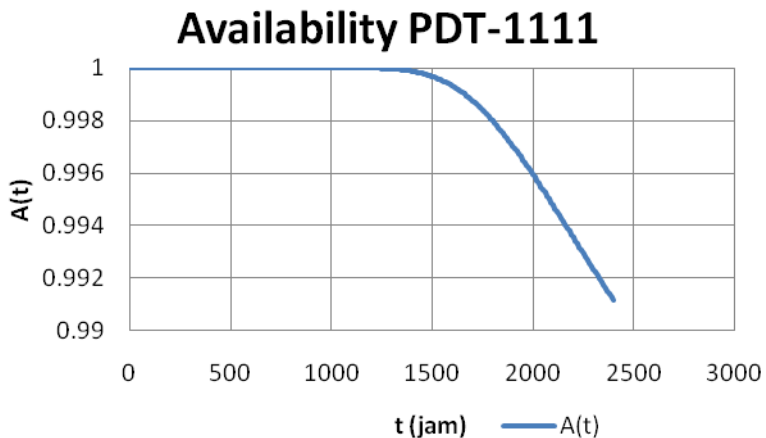
Gambar 4. 42 Grafik *Reliability Pressure Differential Transmitter PDT-1111*

Berdasarkan grafik pada gambar 4.43 di atas, dapat dilihat bahwa keandalan dari komponen *Pressure Differential Transmitter PDT-1111* semakin menurun. *Pressure Differential Transmitter PDT-1111* dapat mencapai nilai keandalan 0,6 pada

rentang waktu 2250 jam. Sehingga, *Pressure Differential Transmitter PDT-1111* dapat menjalankan fungsinya dengan probabilitas keberhasilan 60% adalah pada 2250 jam.

c. *Availability*

Nilai *availability* $A(t)$ dapat didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.7), untuk itu harus dicari terlebih dahulu nilai MTTF, MTTR, dan MTBF. Berdasarkan hasil uji distribusi, data TBF memiliki jenis distribusi lognormal dengan parameter mean (μ) sebesar 7,771200 dan standar deviasi (σ) sebesar 0,184600. Dengan menggunakan persamaan (2.29) didapatkan nilai MTBF sebesar 2412,07. Perhitungan fungsi ketersediaan terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan fungsi ketersediaan terhadap waktu sebagai berikut :



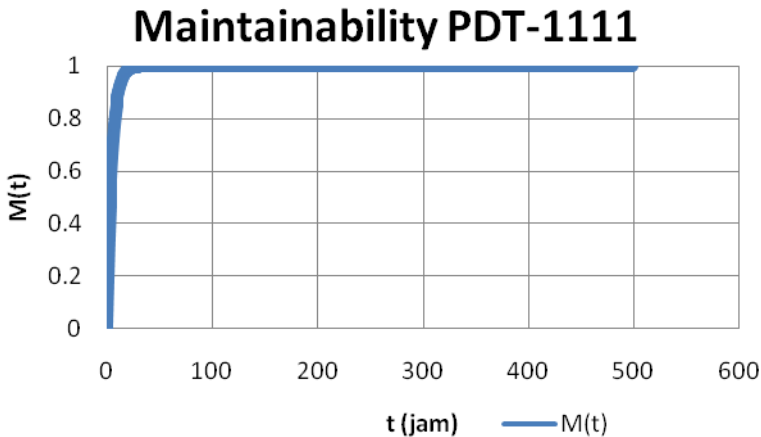
Gambar 4. 43 Grafik *Availability Pressure Differential Transmitter PDT-1111*

Berdasarkan grafik pada gambar 4.44 di atas, dapat dilihat bahwa ketersediaan dari komponen *Pressure Differential Transmitter PDT-1111* semakin menurun. *Pressure Differential Transmitter PDT-1111* memiliki ketersediaan sebesar 0,992932

setelah 2250 jam beroperasi. Sehingga, kemampuan *Pressure Differential Transmitter PDT-1111* menjalankan fungsinya dalam interval waktu tertentu adalah sebesar 99,29 %.

d. *Maintainability*

Perhitungan *maintainability* dapat didapatkan dengan menggunakan data dari TTR. Distribusi yang paling sesuai dengan data TTR adalah distribusi lognormal dengan nilai mean (μ) = 4,685200 dan nilai standar deviasi (σ) = 0,482500. Nilai MTTR dihitung dengan menggunakan persamaan 2.29 dan didapatkan nilai MTTR sebesar 4,68. Nilai *maintainability* dapat didapatkan dengan persamaan (2.7). Perhitungan untuk *maintainability* terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan fungsi keterawatan terhadap waktu sebagai berikut :



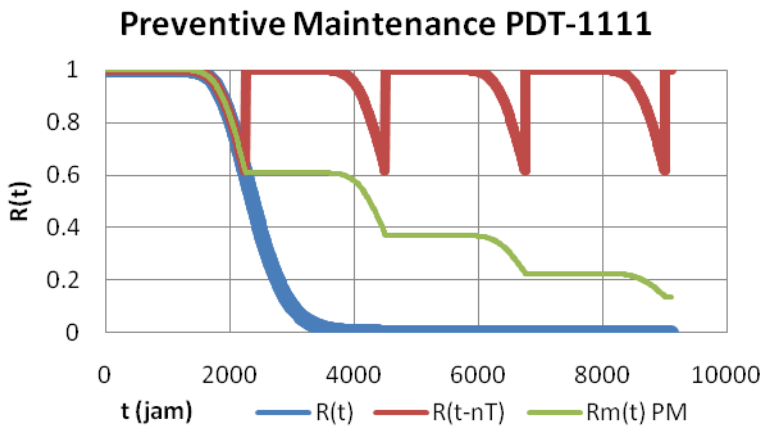
Gambar 4. 44 Grafik *Maintainability Pressure Differential Transmitter PDT-1111*

Dari grafik *maintainability* pada gambar 4.45, waktu yang diperlukan untuk perawatan dan perbaikan agar nilai *maintainability* mencapai 100% adalah selama 68 jam. Sehingga, kemampuan komponen *Pressure Differential Transmitter PDT-*

1111 untuk diberi *maintenance* adalah selama 68 jam. Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan nilai $M(t)$ untuk *Pressure Differential Transmitter PDT-1111* pada 1620 jam operasi sebesar 1.

e. **Preventive Maintenance**

Rentang waktu untuk melakukan *preventive maintenance* pada *Pressure Differential Transmitter PDT-1111* adalah 1620 jam. Hal ini dikarenakan pada 2250 jam pertama didapatkan nilai *reliability* sebesar 0,607650. Pehitungan *preventive maintenance* dapat dilihat pada lampiran B. Grafik *preventive maintenance* dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4. 45 Grafik *Preventive maintenance Pressure Differential Transmitter PDT-1111*

Dari grafik *preventive maintenance* pada gambar 4.46 dapat dilihat garis biru adalah garis nilai *reliability* dari *Pressure Differential Transmitter PDT-1111* dan garis hijau adalah garis *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance*. Setelah dilakukan *preventive maintenance*, nilai *reliability Pressure*

Differential Transmitter PDT-1111 mengalami kenaikan. Hal ini menunjukkan bahwa *preventive maintenance* cocok untuk diterapkan pada *Pressure Differential Transmitter PDT-1111*.

4.1.11. Pressure Trasmmitter PT-1030

Data *maintenance* dan data kegagalan *Pressure Transmitter PT-1030* yang didapat pada tahun 2008-Maret 2016 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 9 *Data Maintenance dan Kegagalan Pressure Transmitter PT-1030*

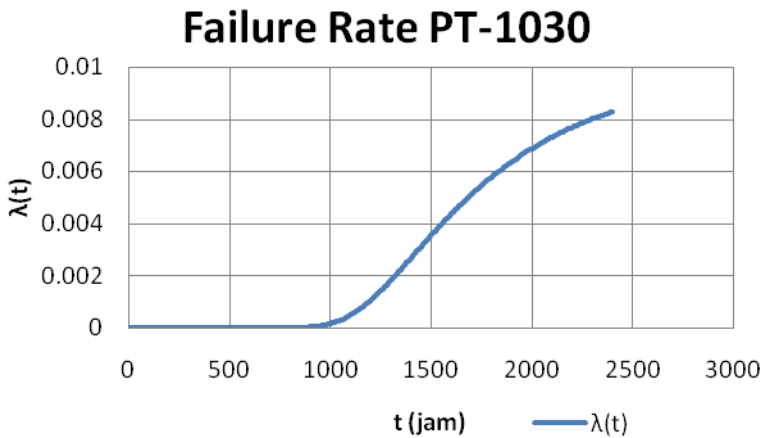
<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	TTF (jam)	TTR (jam)	TBF (jam)
06/03/2008	06/03/2008	0	0	0
31/03/2008	31/03/2008	599	1	600
04/08/2008	04/08/2008	3023	1	3024
06/10/2008	06/10/2008	1511	1	1512
02/12/2008	02/12/2008	1366,50	1,50	1368
02/02/2009	02/02/2009	1487	1	1488
31/03/2009	31/03/2009	1367	1	1368
01/06/2009	01/06/2009	1487	1	1488
31/07/2009	31/07/2009	1438,50	1,50	1440
30/09/2009	30/09/2009	1463	1	1464
30/11/2009	30/11/2009	1463	1	1464
01/02/2010	01/02/2010	1510,50	1,50	1512
31/03/2010	31/03/2010	1391	1	1392
31/05/2010	31/05/2010	1463	1	1464
02/08/2010	02/08/2010	1510,50	1,50	1512
30/09/2010	30/09/2010	1415	1	1416
30/11/2010	30/11/2010	1463	1	1464
01/02/2011	01/02/2011	1511	1	1512
16/03/2011	16/03/2011	1030,50	1,50	1032

Tabel 4.9 (Lanjutan)

<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	TTF (jam)	TTR (jam)	TBF (jam)
01/06/2011	01/06/2011	1846,50	1,50	1848
01/08/2011	01/08/2011	1463	1	1464
03/10/2011	03/10/2011	1511	1	1512
01/02/2012	01/02/2012	2902,50	1,50	2904
02/04/2012	02/04/2012	1462,50	1,50	1464
01/06/2012	01/06/2012	1439	1	1440
01/08/2012	01/08/2012	1463	1	1464
01/10/2012	01/10/2012	1462,50	1,50	1464
03/12/2012	03/12/2012	1510,50	1,50	1512
01/02/2013	01/02/2013	1439	1	1440
01/04/2013	01/04/2013	1415	1	1416
03/06/2013	03/06/2013	1510,50	1,50	1512
01/08/2013	01/08/2013	1415	1	1416
01/10/2013	01/10/2013	1463	1	1464
02/12/2013	02/12/2013	1487	1	1488
03/02/2014	03/02/2014	1511	1	1512
01/04/2014	01/04/2014	1366,50	1,50	1368
03/06/2014	03/06/2014	1511	1	1512
05/08/2014	05/08/2014	1511	1	1512
03/10/2014	03/10/2014	1414,50	1,50	1416
01/12/2014	01/12/2014	1415	1	1416
06/02/2015	06/02/2015	1607	1	1608
01/04/2015	01/04/2015	1295	1	1296
01/06/2015	01/06/2015	1462,50	1,50	1464
03/08/2015	03/08/2015	1510,50	1,50	1512
01/10/2015	01/10/2015	1415	1	1416
01/12/2015	01/12/2015	1463	1	1464

Dari hasil uji distribusi oleh *software Reliasoft Weibull ++6*, *Pressure Transmitter PT-1030* mempunyai distribusi data kegagalan yang paling sesuai yaitu distribusi lognormal. Parameter distribusi lognormal didapatkan nilai mean (μ) sebesar 7,769290 dan nilai standar deviasi (σ) sebesar 0,184900. Grafik laju kegagalan atau *failure rate* dari *Pressure Transmitter PT-1030* dapat dilihat pada gambar 4.47.

a. Failure Rate



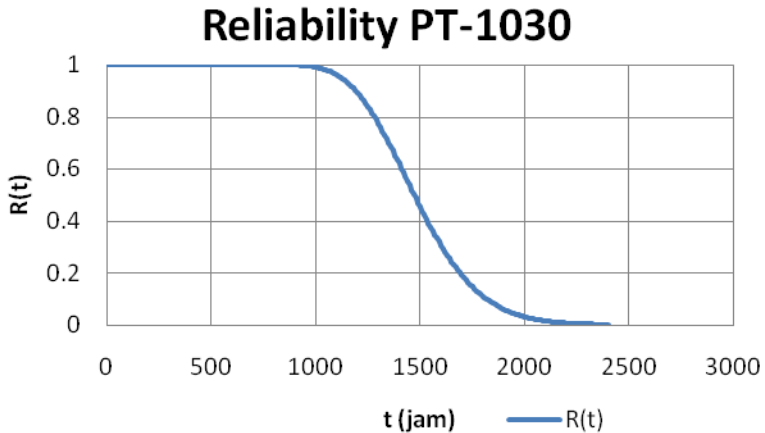
Gambar 4. 46 Failure Rate Pressure Transmitter PT-1030

Pada grafik *failure rate* pada gambar 4.47 dapat dilihat bahwa laju kegagalan *Pressure Transmitter PT-1030* adalah IFR (*Increasing Failure Rate*), maka *Pressure Transmitter PT-1030* sedang berada pada fase *wear out* atau masa aus. Nilai MTTF didapat menggunakan persamaan (2.29) adalah sebesar 2412,06.

b. Reliability

Pressure Transmitter PT-1030 mempunyai distribusi lognormal, maka untuk mendapatkan fungsi keandalannya menggunakan persamaan (2.26). Perhitungan fungsi kehandalan

dapat dilihat di lampiran B. Dari perhitungan tersebut, didapatkan grafik fungsi keandalan terhadap waktu sebagai berikut :

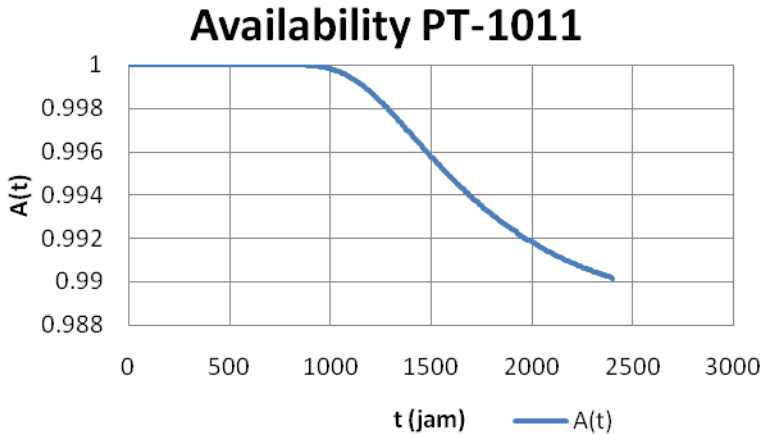


Gambar 4. 47 Grafik *Reliability Pressure Transmitter PT-1030*

Berdasarkan grafik pada gambar 4.48 di atas, dapat dilihat bahwa keandalan dari komponen *Pressure Transmitter PT-1030* semakin menurun. *Pressure Transmitter PT-1030* dapat mencapai nilai keandalan 0,6 pada rentang waktu 2250 jam. Sehingga, *Pressure Transmitter PT-1030* dapat menjalankan fungsi nya dengan probabilitas keberhasilan 60% adalah pada 2250 jam.

c. *Availability*

Nilai *availability* $A(i)$ dapat didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.7), untuk itu harus dicari terlebih dahulu nilai MTTF, MTTR, dan MTBF. Berdasarkan hasil uji distribusi, data TBF memiliki jenis distribusi lognormal dengan parameter mean (μ) sebesar 7,771200 dan standar deviasi (σ) sebesar 0,184600. Dengan menggunakan persamaan (2.29) didapatkan nilai MTBF sebesar 2412,07. Perhitungan fungsi ketersediaan terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan fungsi ketersediaan terhadap waktu sebagai berikut :

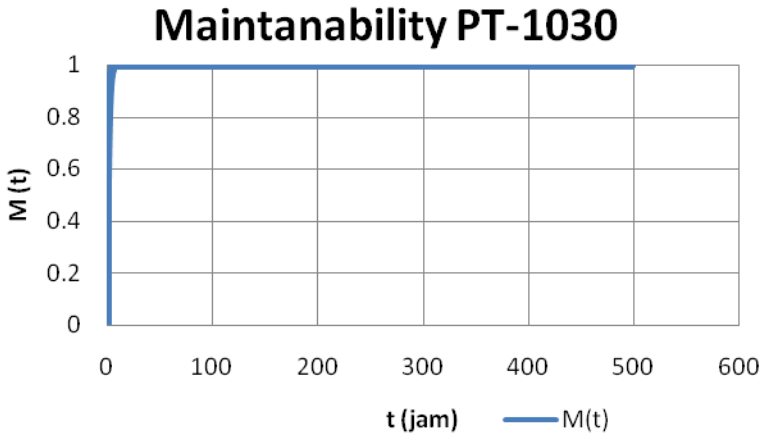


Gambar 4. 49 Grafik *Availability Pressure Transmitter PT-1030*

Berdasarkan grafik pada gambar 4.49 di atas, dapat dilihat bahwa ketersediaan dari komponen *Pressure Transmitter PT-1030* semakin menurun. *Pressure Transmitter PT-1030* memiliki ketersediaan sebesar 0,992932 setelah 2250 jam beroperasi. Sehingga, kemampuan *Pressure Transmitter PT-1030* menjalankan fungsinya dalam interval waktu tertentu adalah sebesar 99,29 %.

d. *Maintainability*

Perhitungan *maintainability* dapat didapatkan dengan menggunakan data dari TTR. Distribusi yang paling sesuai dengan data TTR adalah distribusi lognormal dengan nilai mean (μ) = 4,685200 dan nilai standar deviasi (σ) = 0,485200. Nilai MTTR dihitung dengan menggunakan persamaan (2.29) dan didapatkan nilai MTTR sebesar 4,68. Nilai *maintainability* dapat didapatkan dengan persamaan (2.7). Perhitungan untuk *maintainability* terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan fungsi keterawatan terhadap waktu sebagai berikut :

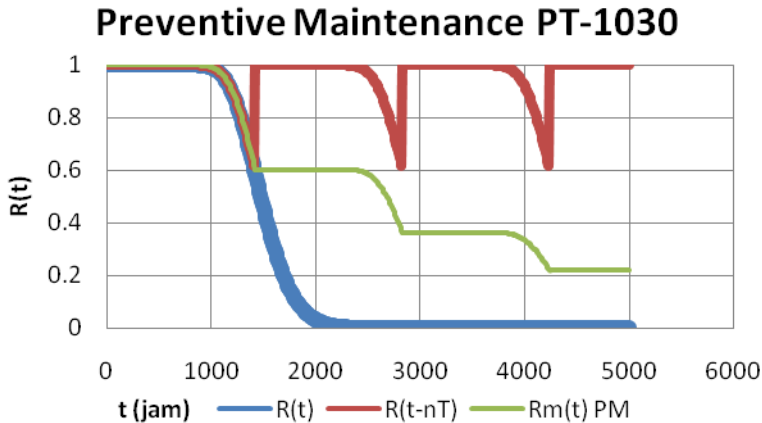


Gambar 4. 48 Grafik *Maintainability Pressure Transmitter PT-1030*

Dari grafik *maintainability* pada gambar 4.50, waktu yang diperlukan untuk perawatan dan perbaikan agar nilai *maintainability* mencapai 100% adalah selama 68 jam. Sehingga, kemampuan komponen *Pressure Transmitter PT-1030* untuk diberi *maintenance* adalah selama 68 jam. Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan nilai $M(t)$ untuk *Pressure Transmitter PT-1030* pada 1620 jam operasi sebesar 1.

e. *Preventive Maintenance*

Rentang waktu untuk melakukan *preventive maintenance* pada *Pressure Transmitter PT-1030* adalah 2250 jam. Hal ini dikarenakan pada 2250 jam pertama didapatkan nilai *reliability* sebesar 0,60765. Perhitungan *preventive maintenance* dapat dilihat pada lampiran B. Grafik *preventive maintenance* dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4. 49 Grafik *Preventive maintenance Pressure Transmitter PT-1030*

Dari grafik *preventive maintenance* pada gambar 4.51 dapat dilihat garis hitam adalah garis nilai *reliability* dari *Pressure Transmitter PT-1030* dan garis abu-abu adalah garis *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance*. Setelah dilakukan *preventive maintenance*, nilai *reliability* *Pressure Transmitter PT-1030* mengalami kenaikan. Hal ini menunjukkan bahwa *preventive maintenance* cocok untuk diterapkan pada *Pressure Transmitter PT-1030*.

4.1.12. *Pressure Indicator Controller PIC-1030*

Data *maintenance Pressure Indicator Controller PIC-1030* yang didapatkan dari perusahaan tidak ada, maka data untuk *failure rate* diambil dari OREDA (*Offshore Reliability Data*) 2009.

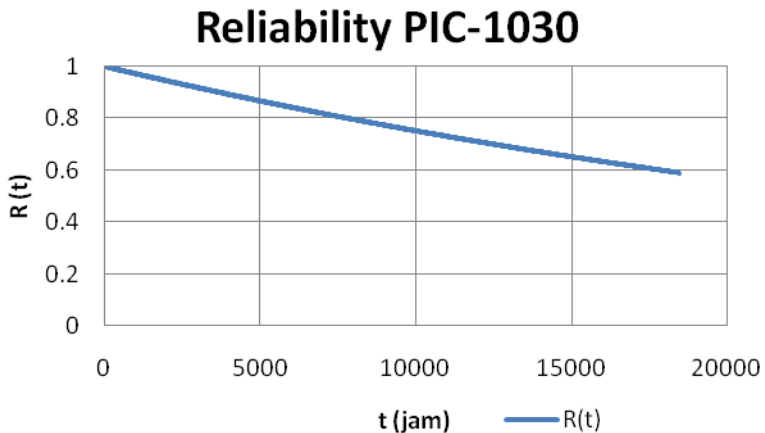
a. *Failure Rate*

Failure rate untuk *Pressure Indicator Controller PIC-1030* dapat dihitung dengan mengambil data mean dan interval waktu dari *Control Logic Unit*. Masing-masing nilai mean dan interval

waktu adalah 28,54 dan per 10^6 jam. Maka didapatkan nilai lamda(λ)=0,000028. Nilai *failure rate Pressure Indicator Controller PIC-1030* adalah 0,000030. Laju kegagalan *Pressure Indicator Controller PIC-1030* adalah konstan atau CFR, maka dari itu *Pressure Indicator Controller PIC-1030* berada pada fase *useful life*. Nilai MTTF didapat menggunakan persamaan (2.19) adalah sebesar 35038,54.

b. Reliability

Nilai fungsi keandalannya dapat didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.16). Perhitungan fungsi keandalan dapat dilihat di lampiran B. Dari perhitungan tersebut, didapatkan grafik fungsi keandalan terhadap waktu sebagai berikut :



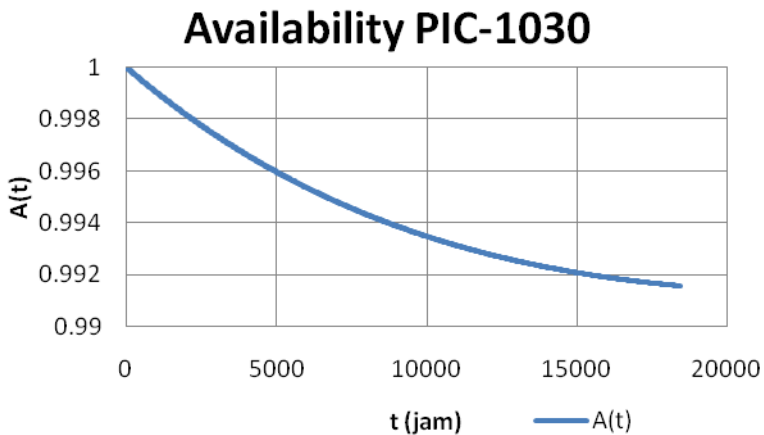
Gambar 4. 50 Grafik Reliability Pressure Indicator Controller PIC-1030

Berdasarkan grafik pada gambar 4.54 di atas, dapat dilihat bahwa keandalan dari komponen *Temperature Transmitter TT-1011* semakin menurun. *Temperature Transmitter TT-1011* dapat mencapai nilai keandalan 0,6 pada rentang waktu 17890 jam. Sehingga, *Temperature Transmitter TT-1011* dapat menjalankan

fungsi nya dengan probabilitas keberhasilan 60% adalah pada 17890 jam.

c. *Availability*

Nilai *availability* $A(t)$ dapat didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.7). Perhitungan fungsi ketersediaan terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan fungsi ketersediaan terhadap waktu sebagai berikut :



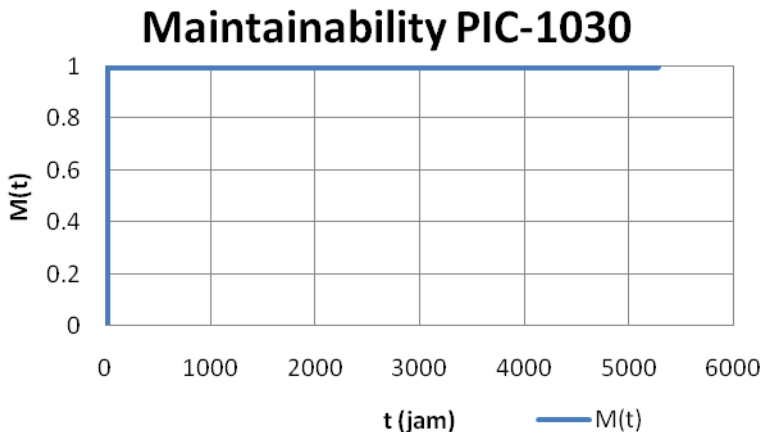
Gambar 4. 51 Grafik *Availability Pressure Indicator Controller PIC-1030*

Berdasarkan grafik pada gambar 4.53 di atas, dapat dilihat bahwa ketersediaan dari komponen *Temperature Transmitter TT-1011* semakin menurun. *Temperature Transmitter TT-1011* memiliki ketersediaan sebesar 0,991633 setelah 17890 jam beroperasi. Sehingga, kemampuan *Temperature Transmitter TT-1011* menjalankan fungsinya dalam interval waktu tertentu adalah sebesar 99,16 %.

d. *Maintainability*

Untuk perhitungan *maintainability* digunakan data dari OREDA 2009 dengan mengambil nilai mean *active repair hours*

pada *Control Logic Unit*, yaitu sebesar 1. Maka nilai lamda(λ) pun adalah 1. Nilai $M(t)$ dihitung dengan menggunakan persamaan (2.18). Perhitungan untuk *maintainability* terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B.

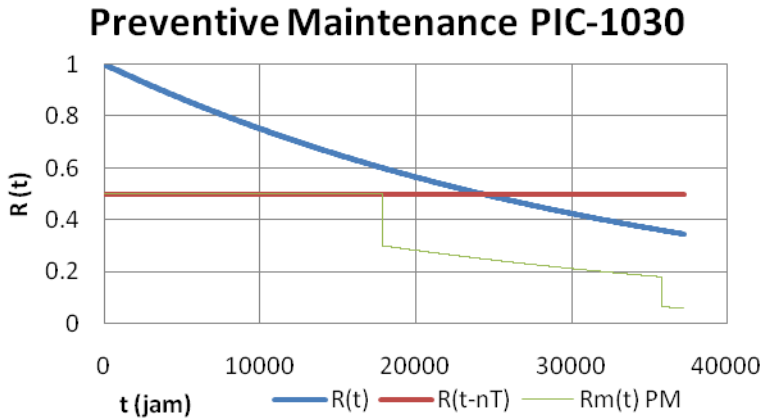


Gambar 4. 52 Grafik *Maintainabilty Pressure Indicator Controller PIC-1030*

Dari grafik *maintainability* pada gambar 4.54, waktu yang diperlukan untuk perawatan dan perbaikan agar nilai *maintainability* mencapai 100% adalah selama 15 jam. Maka kemampuan komponen *Pressure Indicator Controller PIC-1030* untuk diberi *maintenance* adalah selama 15 jam.

e. *Preventive Maintenance*

Rentang waktu untuk melakukan *preventive maintenance* pada *Pressure Indicator Controller PIC-1030* adalah 17890 jam. Karena pada 17890 jam pertama didapatkan nilai *reliability* sebesar 0,600147. Grafik *preventive maintenance* dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4. 53 Grafik *Preventive maintenance Pressure Indicator Controller PIC-1030*.

Dari grafik *preventive maintenance* pada gambar 4.57 dapat dilihat garis biru adalah garis nilai *reliability* dari *Pressure Indicator Controller PIC-1030* dan garis hijau adalah garis *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance*. Setelah dilakukan *preventive maintenance*, nilai *reliability Pressure Indicator Controller PIC-1030* mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa *preventive maintenance* tidak cocok untuk diterapkan pada *Pressure Indicator Controller PIC-1030*.

4.1.13. *Pressure Valve PV-1030*

Data *maintenance Pressure Valve PV-1030* yang didapatkan dari perusahaan tidak ada, maka data untuk *failure rate* diambil dari OREDA (*Offshore Reliability Data*) 2009.

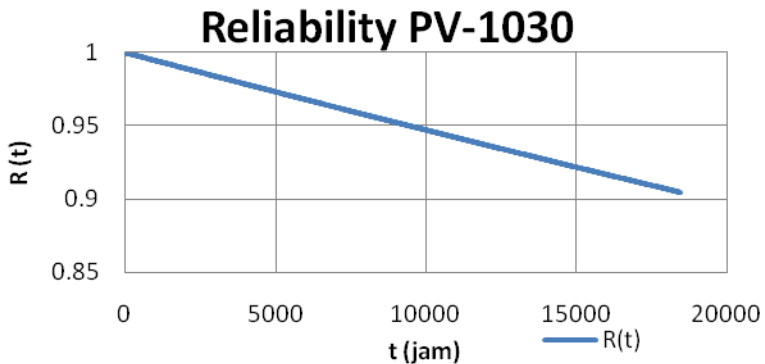
a. *Failure Rate*

Failure rate untuk *Pressure Valve PV-1030* dapat dihitung dengan mengambil data mean dan interval waktu dari *Control Logic Unit*. Masing-masing nilai mean dan interval waktu adalah 5,44 dan per 10^6 jam. Maka didapatkan nilai $\lambda(\lambda)=0,000005$. Nilai *failure rate Pressure Indicator Controller PIC-1030* adalah

0,000006. Laju kegagalan *Pressure Valve PV-1030* adalah konstan atau CFR, maka dari itu *Pressure Valve PV-1030* berada pada fase *useful life*. Nilai MTTF didapat menggunakan persamaan (2.19) adalah sebesar 183823,52.

b. *Reliability*

Nilai fungsi keandalannya dapat didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.16). Perhitungan fungsi keandalan dapat dilihat di lampiran B. Dari perhitungan tersebut, didapatkan grafik fungsi keandalan terhadap waktu sebagai berikut :

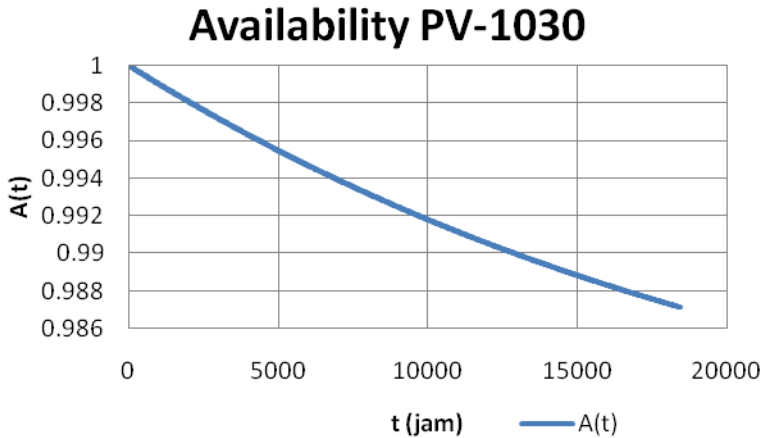


Gambar 4. 54 Grafik *Reliability Pressure Valve PV-1030*

Berdasarkan grafik pada gambar 4.56 di atas, dapat dilihat bahwa keandalan dari komponen *Pressure Valve PV-1030* semakin menurun. *Pressure Valve PV-1030* dapat mencapai nilai keandalan 0,6 pada rentang waktu 93890 jam. Sehingga, *Pressure Valve PV-1030* dapat menjalankan fungsinya dengan probabilitas keberhasilan 60% adalah pada 93890 jam.

c. *Availability*

Nilai *availability* $A(i)$ dapat didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.7). Perhitungan fungsi ketersediaan terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B. Dari perhitungan, didapatkan fungsi ketersediaan terhadap waktu sebagai berikut :

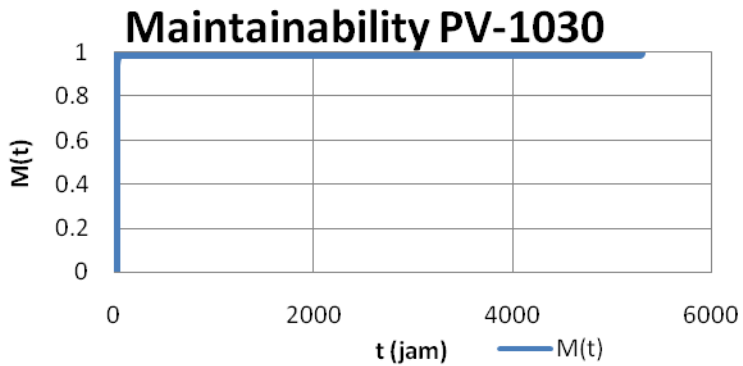


Gambar 4. 57 Grafik *Availability Pressure Valve PV-1030*

Berdasarkan grafik pada gambar 4.57 di atas, dapat dilihat bahwa ketersediaan dari komponen *Pressure Valve PV-1030* semakin menurun. *Pressure Valve PV-1030* memiliki ketersediaan sebesar 0,97122 setelah 93890 jam beroperasi. Sehingga, kemampuan *Temperature Transmitter TT-1011* menjalankan fungsinya dalam interval waktu tertentu adalah sebesar 99,16 %.

d. Maintainability

Untuk perhitungan *maintainability* digunakan data dari OREDA 2009 dengan mengambil nilai mean *active repair hours* pada *Control Logic Unit*, yaitu sebesar 1. Maka nilai lamda(λ) pun adalah 1. Nilai $M(t)$ dihitung dengan menggunakan persamaan (2.18). Perhitungan untuk *maintainability* terhadap waktu dapat dilihat pada lampiran B.

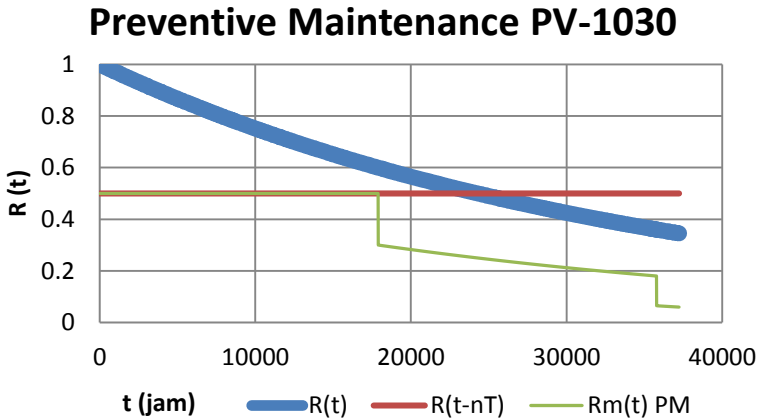


Gambar 4. 58 Grafik *Maintainability Pressure Valve PV-1030*

Dari grafik *maintainability* pada gambar 4.58, waktu yang diperlukan untuk perawatan dan perbaikan agar nilai *maintainability* mencapai 100% adalah selama 15 jam. Maka kemampuan komponen *Pressure Valve PV-1030* untuk diberi *maintenancex* adalah selama 15 jam.

e. Preventive Maintenance

Rentang waktu untuk melakukan *preventive maintenance* pada *Pressure Valve PV-1030* adalah 93890 jam. Karena pada 93890 jam pertama didapatkan nilai *reliability* sebesar 0,600147. Grafik *preventive maintenance* dapat dilihat sebagai berikut:



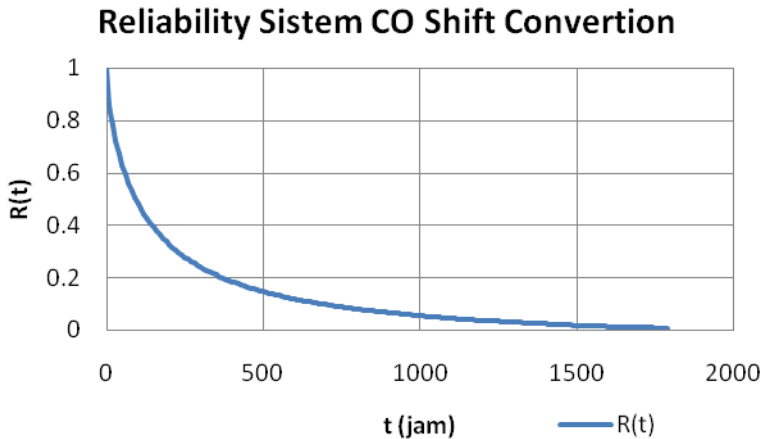
Gambar 4. 59 Grafik *Preventive maintenance Pressure Valve PV-1030*.

Dari grafik *preventive maintenance* pada gambar 4.59 dapat dilihat garis hitam adalah garis nilai *reliability* dari *Pressure Valve PV-1030* dan garis abu-abu adalah garis *reliability* setelah dilakukan *preventive maintenance*. Setelah dilakukan *preventive maintenance*, nilai *reliability* *Pressure Valve PV-1030* mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa *preventive maintenance* tidak cocok untuk diterapkan pada *Pressure Valve PV-1030*.

4.1.14. Sistem CO Shift Conversion

Analisa kuantitatif untuk sistem CO *Shift Conversion* dihitung dengan menggunakan metode RBD (*Reliability Block Diagram*). Konfigurasi RBD untuk sistem CO *Shift Conversion* dapat dilihat pada lampiran E. Dengan menggunakan metode RBD, didapatkan *reliability* atau keandalan serta *availability* dari sistem CO *Shift Conversion*. *Reliability* dan *availability* dihitung dengan persamaan (2.31) dan perasamaan (2.32) untuk konfigurasi seri, persamaan (2.33) dan persamaan (2.34) untuk konfigurasi paralel. Berikut adalah hasil CO *Shift Conversion*:

a. *Reliability*

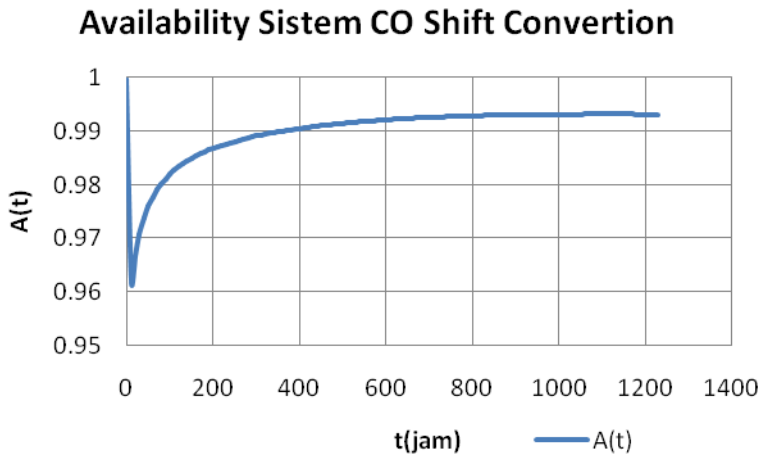


Gambar 4. 55 Grafik *Reliability* Sistem *CO Shift Conversion*

Dari grafik *reliability* yang dihasilkan oleh *CO Shift Conversion* pada gambar 4.60, *CO Shift Conversion* dapat mencapai nilai keandalan 0,6 pada rentang waktu 50 jam. Maka *CO Shift Conversion* dapat menjalankan fungsi nya dengan probabilitas keberhasilan 60% adalah pada 540 jam. Namun saat di 8760 jam, nilai keandalan *CO Shift Conversion* menjadi 8,41E-15. Nilai ini cukup kecil bila dibandingkan dengan komponen *Temperature Indicator Controller* TIC-1011 dimana saat 8760 jam nilai keandalannya masih 0,778793. Hal ini dikarenakan keandalan dari *CO Shift Conversion* bergantung pada komponen-komponen yang ada didalamnya, seperti yang telah dijelaskan pada konfigurasi RBD pada lampiran E. Hal ini juga dikarenakan *CO Shift Conversion* telah beroperasi dengan waktu yang sangat lama dari tahun 1994, maka semakin lama nilai keandalan akan semakin kecil karena adanya kegagalan-kegagalan yang pernah terjadi selama sistem beroperasi.

b. *Availability*

Nilai *availability* $A(t)$ atau ketersediaan dari *CO Shift Conversion* dihitung dengan menggunakan persamaan (2.32) untuk konfigurasi seri dan persamaan (2.34) untuk konfigurasi paralel.



Gambar 4. 56 Grafik *Availability* Sistem *CO Shift Conversion*

Berdasarkan grafik *availability* pada gambar 4.61, nilai *availability* dari *CO Shift Conversion* didapatkan sebesar 0,975982. *CO Shift Conversion* memiliki keterserdian yang tinggi yaitu sebesar 99,83 %.

4.2. Analisa Kualitatif

Analisa data secara kualitatif bertujuan untuk mendapatkan parameter kualitatif dengan dua metode, yaitu : FTA (*Fault Tree Analysis*) dan FMEA (*Failure Mode Effect And Analysis*) dari setiap komponen penyusun sistem *CO shift conversion*. Analisa kualitatif ini berkaitan dengan analisa kuantitatif, dimana dalam melakukan analisa maka yang perlu diketahui adalah fungsi, mode kegagalan, penyebab kegagalan, dan efek dari kegagalan tersebut, sehingga dari analisa tersebut dapat diketahui jenis perawatan yang dilakukan demi kelancaran sebuah sistem Berikut

merupakan hasil analisa data secara kualitatif dari setiap komponen dan bagian penyusun sistem.

4.2.1.FTA (*Fault Tree Analysis*)

Analisa kualitatif *reliability CO Shift Conversion* dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), didapatkan *top event* dan *basic event* dari BPCS yang dapat menyebabkan sistem *CO Shift Conversion* gagal. FTA dari *CO Shift Conversion* dapat dilihat pada lampiran D. Dengan menggunakan metode FTA dapat dihitung *reliability* dari *CO Shift Conversion* dengan menggunakan logika yang ada. Untuk logika AND menggunakan persamaan seperti pada konfigurasi paralel. Namun untuk logika OR menggunakan persamaan seperti pada konfigurasi seri.

Tabel 4.10 Data *Reliability* Komponen *CO Shift Conversion* pada Jam ke-8760

Komponen	<i>Reliability</i>
<i>HTS Converter</i> 104-D1	0,0348
<i>LTS Converter</i> 104-D2	0,0191
<i>HTS Effluent Waste Heat Boiler</i> 103-C1	0,0732
<i>Temperature Transmitter</i> TT-1011	1,36393E-05
<i>Temperature Indicator Controller</i> TIC-1011	0,7788
<i>Temperature Valve</i> TV-1011B	1,62961E-05
<i>Pressure Transmitter</i> PT-1030	0,9546
<i>Pressure Indicator Controller</i> PIC-1030	0,7788
<i>Pressure Valve</i> PV-1030	0,9535

Dengan menggunakan data pada tabel 4.10 di atas, dapat menjadi contoh perhitungan *reliability* menggunakan analisa kualitatif dengan FTA. Komponen-komponen tersebut memiliki logika OR dan AND semua, maka perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.31) dan persamaan (2.330).

$$R(8760) = (R_{104-D1} \cup R_{104-D2}) \cup (R_{103-C1} \cap (R_{TT-1011} \cap R_{TIC-1011} \cap R_{TV-1011})) \cup (R_{104-D1} \cap (R_{PT-1011} \cap R_{PIC-1011} \cap R_{PV-1011}))$$

$$R(8760) = (R_{104-D1} \times R_{104-D2}) \times (R_{103-C1} \cap (R_{TT-1011} \times R_{TIC-1011} \times R_{TV-1011})) \times (R_{104-D1} \cap (R_{PT-1011} \times R_{PIC-1011} \times R_{PV-1011}))$$

$$R(8760) = (R_{104-D1} \times R_{104-D2}) \times (R_{103-C1} \cap R_1) \times (R_{104-D1} \cap R_2)$$

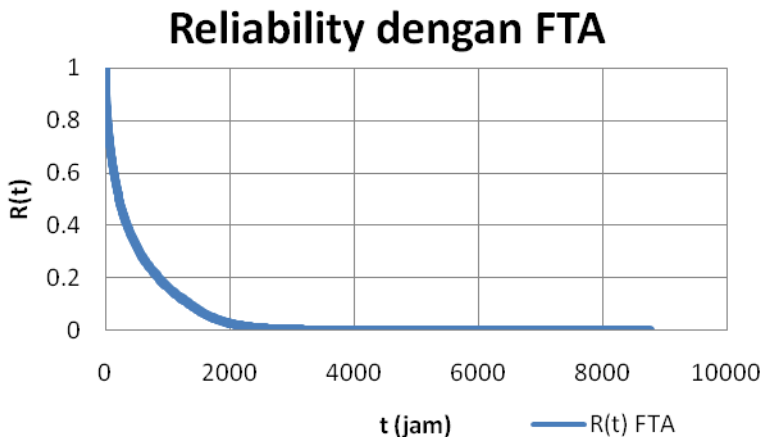
$$R(8760) = (R_{104-D1} \times R_{104-D2}) \times [1 - (1 - R_{103-C1}) \times (1 - R_1)] \times [1 - (1 - R_{104-D1}) \times (1 - R_2)]$$

$$R(8760) = (0,0348 \times 0,0191) \times [1 - (1 - 0,0732) \times (1 - R_1)] \times [1 - (1 - 0,0348) \times (1 - R_2)]$$

$$R(8760) = (0,0348 \times 0,0191) \times [1 - (1 - 0,0732) \times (1 - 1,73102e^{-10})] \times [1 - (1 - 0,0348) \times (1 - 0,708872405)]$$

$$R(8760) = 3,49828e^{-5}$$

Untuk perhitungan *reliability* selengkapnya dapat dilihat pada lampiran C. Nilai *reliability* pada *CO shift conversion* adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 57 Grafik *Reliability CO Shift Conversion* dengan Metode FTA

Dari grafik *reliability* yang dihasilkan oleh *CO Shift Conversion* pada gambar 4.62, *CO Shift Conversion* dapat mencapai nilai keandalan 0,6 pada rentang waktu 1480 jam. Maka

CO Shift Conversion dapat menjalankan fungsinya dengan probabilitas keberhasilan 60% adalah pada 1480 jam. Namun saat di 8760 jam, nilai keandalan *CO Shift Conversion* menjadi $3,49828e^{-5}$. Nilai ini tidak jauh berbeda dengan nilai *reliability CO Shift Conversion* yang menggunakan metode RBD. *Reliability CO Shift Conversion* dengan metode RBD dan FTA hanya memiliki selisih sebesar 0,218116.

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

Informasi yang dapat dihasilkan dari analisa kualitatif dengan metode FMEA adalah mengenai kegagalan fungsi, dampak atau efek yang ditimbulkan, dan penyebab kegagalan tersebut terjadi. Dalam melakukan analisa FMEA, dasar dalam mengisi kolom *failure mode*, *failure effect* dan *failure cause* adalah mengacu pada (Raharjo, et al., 2014) di PT Petrokimia Gresik dan wawancara dengan para staf di PT. Petrokimia Gresik.

Hubungan antara analisa kuantitatif dan analisa kualitatif yaitu terdapat *life cycle* dari tiap komponen pada kolom *recommended action* FMEA. *Life cycle* didapat dari hasil perhitungan kuantitatif pada waktu dimana *reliability* komponen tersebut berada pada 0,6, yang sesuai dengan target *reliability* perusahaan. Dengan adanya *life cycle*, perusahaan dapat mengetahui waktu kapan harus dilakukan *maintenance* atau inspeksi. Waktu *life cycle* tiap komponen berbeda-beda berdasarkan hasil perhitungan dari analisa kuantitatifnya.

a. *HTS Converter 104-D1*

Gas keluaran dari *steam reformer* mengandung gas karbon monoksida (CO) dengan konsentrasi yang besar. Gas karbon monoksida ini tidak diinginkan dalam proses karena gas ini dapat bersifat racun pada amonia *converter*. Oleh karena itu, *HTS Converter 104-D1* berfungsi untuk mengubah gas karbon monoksida (CO) menjadi gas karbon dioksida (CO₂). *HTS Converter* ini mengandung katalis besi (Fe₃O₂) yang dibutuhkan untuk reaksi shifting karbon monoksida (CO) menjadi karbon dioksida (CO₂). Aliran proses dari *High Pressure Steam*

Superheater 102-C pada suhu 371°C masuk ke bagian atas 104-D1, reaksi di dalam tangki adalah reaksi eksotermis dan aliran proses meninggalkan tangki pada temperatur sekitar 436°C. Dalam proses shifting di unit *High Pressure Steam Superheater* 102-C tidak terdapat komponen pengendalian, tetapi hanya terdapat serangkaian *indicator* yang dengan kontinyu memonitor temperatur input.

Function failure dari *HTS Converter* 104-D1 adalah kadar CO yang dihasilkan melebihi $\pm 0,4\%$ yang dapat mengakibatkan inert gas dari methanator akan naik, temperatur keluaran dari 104-D1 dan methanator akan naik. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada methanator dan penurunan kualitas gas proses. Terdapat beberapa *failure mode* yang dapat mempengaruhi *function failure* pada komponen ini.

Tabel 4. 10 FMEA HTS Converter 104-D1

<i>Failure Modes (FM)</i>	<i>Maintainable Item</i>	<i>Failure Causes</i>	<i>Failure Effect</i>
1 <i>Less Flow of Process Gas</i>	<i>HTS Converter 104-D1</i>	<i>Catalyst breakage in 104-D1</i>	<i>Potential higher pressure drop across 104-D1, and less synthesis gas to 103-J, potential compressor surge and damage</i>
2 <i>Higher Temperature of 104-D1 outlet</i>	<i>HTS Converter 104-D1</i>	<i>Higher CO or H₂O in process gas to 104-D1</i>	<i>Potential mechanical damage in 104-D1 due to high temperature</i>
3 <i>Lower Temperature of 104-D1 outlet</i>	<i>HTS Converter 104-D1</i>	<i>Lower CO or H₂O in process gas to 104-D1</i>	<i>Possible lower temperature in 104-D2 inlet leads to less reaction</i>

Tabel 4. 11 (Lanjutan)

<i>Failure Modes (FM)</i>	<i>Maintainable Item</i>	<i>Failure Causes</i>	<i>Failure Effect</i>
4 <i>Lower Temperature of 104-D1 outlet</i>	<i>HTS Converter 104-D1</i>	<i>Lower CO or H₂O in process gas to 104-D1</i>	<i>Less heat recovery in 103C1 and 103C2 leads to less steam generation in long term, resulting less SM export</i>

b. HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C1 & 103-C2

Aliran proses dari 104-D1 didinginkan ke temperatur 203°C dengan melewati gas proses melalui bagian shell dari HTS effluent waste heat boiler 103-C1 & 103-C2, panas dari aliran proses diberikan kepada boiler water circulating melalui pipa-pipa penukar kecil. Kemudian, gas dialirkan LTS 104-D2.

Tabel 4. 11 FMEA HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C1 & -C2

<i>Failure Modes (FM)</i>	<i>Maintainable Item</i>	<i>Failure Causes</i>	<i>Failure Effect</i>
1 <i>Misdirected flow of Boiler Feed Water/ Steam</i>	<i>HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C2</i>	<i>Tube failure in 103-C2</i>	<i>BFW/Steam leaks to process gas side, causing over pressure</i>
2 <i>Misdirected flow of Boiler Feed Water/ Steam</i>	<i>HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C2</i>	<i>Tube failure in 103-C2</i>	<i>BFW leaks to process gas side, causing over pressure</i>
3 <i>Higher Temperature of 104-D2 inlet</i>	<i>HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C1 & 103-C2</i>	<i>Less heat recovery in 103-C1 or 103-C2</i>	<i>Diatasi dengan</i>
4 <i>Lower temperature of 104-D2 outlet</i>	<i>HTS Effluent Waste Heat Boiler 103-C1 & 103-C2</i>	<i>More heat recovery in 103-C1 & 103-C2</i>	

Tabel 4.12 (Lanjutan)

5	<i>Internal Leakage (INL)</i>	<i>Piping, Plates, Valves</i>	<i>Misdirected flow because of tube failure in 103C1 & 103-C2 such as leakage in a tube so that fluids from tube and shell are mixed</i>	<i>Process gas leaks from LTS Converter 104-D1 inlet side to LTS Converter 104-D1 outlet side, leads to higher CO content and resulting in higher load in methanator, potential less performance in 105-D catalyst</i>
6	<i>Abnormal instrument reading</i>	<i>TT-1011, TIC 1011, TV 1011B</i>	<p>1. Control surge malfunction mengalami kerusakan pada Temperature Transmitter (TT 1011) (upper) akibat pembacaan instrument yang tidak tepat.</p> <p>2. Temperature Valve TV-1011B gagal menutup sesuai persentasi yang dibutuhkan (Upper) karena kesalahan pembacaan pada instrument Temperauter Transmitter TT-1011</p>	<p>1. MOV 1008 closed and MOV 1009 open</p> <p>3. Naiknya temperatur pada 104-D2 yang mengakibatkan rusaknya produk (kadar CO yang lolos banyak >0,4%) akan menyebabkan kenaikan suhu dan beban kerja pada methanator.</p>

c. LTS Converter 104-D2

Gas keluaran dari *HTS Effluent Waste Heat Boiler* 103-C1 & 103-C2 dialirkan ke *LTS Converter* 104-D2. Reaksi di dalam

tangki *LTS Converter* 104-D2 adalah rekasi eksotermis dan aliran proses meninggalkan tangki pada temperatur sekitar 227°C. Kemudian, kadar CO dalam aliran gas dianalisis dengan AT 1030 yang kemudian ditampilkan di *control room* oleh AI 1030. Aliran buangan dari LTS didinginkan ke temperatur 93°C dengan melewati lima rangkaian penukar panas (*heat exchanger*) dan *Raw Gas Separator* 102-F1 sebelum memasuki sistem *synthesis gas purification*. Lima penukar panas horizontal tersebut terangkai secara berurutan : *LTS effluent/BFW changer* 131-C mendinginkan aliran proses menjadi 213°C dengan menukar panas ke sebuah BFW, *CO₂ stripper ejector steam generation* 111-C mendinginkan aliran proses menjadi 158°C dengan memberikan panas ke *stripper reflux condensate*, 105-C *CO₂ stripper process gas reboiler* mendinginkan aliran proses menjadi 103°C dengan memberikan panas ke larutan *benfield* yang terkandung dalam *shell*. *CO₂ stripper condensate reboiler* 113-C mendinginkan aliran proses menjadi 125°C dengan memberikan panas ke *stouripper reflux condensate* yang terkandung di dalam *shell*. *LTS Effluent/LP BFW Exchanger* mendinginkan aliran proses menjadi 93°C dengan menukar panas ke *low pressure demineralized water stream* melalui *exchanger shell*.

Tabel 4. 12 FMEA *LTS Converter* 104-D2

Failure Modes (FM)	Maintainable Item	Failure Causes	Failure Effect
1 No flow of process gas to 104-D2	<i>LTS Converter</i> 104-D2	<i>MOV-1008</i> closed	Overpressure in upstream of <i>MOV-1008</i>
2 No flow of process gas to 104-D2	<i>LTS Converter</i> 104-D2	<i>MOV-1008</i> closed	101-B tubes skin temperature and coil temperature increase, and primary reformer catalyst damage by carbon deposit

Tabel 4.13 (Lanjutan)

<i>Failure Modes (FM)</i>	<i>Maintainable Item</i>	<i>Failure Causes</i>	<i>Failure Effect</i>
3 <i>No flow of process gas to 104-D2</i>	<i>PV-1030</i>	<i>PV-1030 wide opened</i>	<i>No flow of synthesis gas to 103-J, resulting in compressor surge and damage</i>
4 <i>Less flow of process gas</i>	<i>LTS Converter 104-D2</i>	<i>Catalyst breakage in 104-D2</i>	<i>Potential higher pressure drop across 104-D2, and less synthesis gas to 103-J, potential compressor surge and damage</i>
5 <i>Other than flow of process gas</i>	<i>MOV-1009</i>	<i>MOV-1009 is opened</i>	<i>Process gas through bypass leads to higher CO in 104-D2 outlet, possible overheat in 106-D</i>
6 <i>Higher temperature of 104-D2 outlet</i>	<i>LTS Converter 104-D2</i>	<i>Higher CO/H₂O in process gas to 104-D2</i>	<i>Potential mechanical damage in 104-D2 due to high temperature, potential higher temperature of process gas at 113-C outlet leads to higher temperature of process gas to 101-E. This will cause CO₂ leakage from 101-E</i>
7 <i>Lower temperature of 104-D2 outlet</i>	<i>LTS Converter 104-D2</i>	<i>Lower CO or H₂O in process gas to 104-D2</i>	<i>No significant problem</i>

d. *Temperature Transmitter TT-1011*

Fungsi dari *Temperature Transmitter* TT-1011 ini berfungsi sebagai sensor tekanan dan juga mentransmisikan data pembacaan ke DCS. PT-1030 menggunakan *thermocouple resistance 2 wire* jenis *smart transmitter* .

Tabel 4. 13 FMEA *Temperature Transmitter* TT-1011

<i>Failure Modes (FM)</i>	<i>Maintainable Item</i>	<i>Failure Causes</i>	<i>Failure Effect</i>	
1	<i>Temperature transmitter</i> tidak dapat mentransmisikan sinyal pembacaan data <i>temperature</i> ke DCS (<i>degraded</i>)	Sensor rusak	DCS tidak dapat memproses sinyal dari <i>transmitter</i> , tidak ada data <i>record</i> , tidak ada aksi kontrol <i>Trouble shooting</i> pada <i>power supply</i>	
<i>Loss of power supply</i>				
<i>Loss of cable connection</i>				
2	<i>Temperature transmitter</i> mentransmisikan sinyal pembacaan data <i>pressure</i> yang salah ke DCS (<i>failed to function in demand</i>)	<i>TT-1011</i>	Setting temperatur mengalami pergeseran (<i>shift</i>)	Proses kontrol tekanan yang tidak sesuai dengan desain kontrol, <i>plant</i> bisa <i>trip</i>

e. *Temperature Valve TV-1011B*

Fungsi dari *Temperature Valve* TV-1011-B ini berfungsi untuk menjaga agar temperatur yang dikembalikan masuk ke unit *HTS Effluent Waste Boiler* 103-C2 sebesar 0,2-0,6 kg/cm². TV-1011-B ini adalah jenis aktuator pada sistem instrumentasi berjenis *potential globe valve*, yang bekerja berdasarkan dari sinyal TT-1011B atas perintah dari pengendali (*controller*) TIC-1010B.

Tabel 4. 14 FMEA *Temperature Valve* TV-1011B

<i>Failure Modes (FM)</i>	<i>Maintainable Item</i>	<i>Failure Causes</i>	<i>Failure Effect</i>
1 <i>Fail to close on demand (FTC)</i>	<i>Closure member, Indicator, Other valve components, Packing, Pistons, Positioner, Seals, Seat rings, Subunit, Valve body</i>	<i>TV-1011B fails closed</i>	<i>Higher temperature of process gas at LTS Converter 104-D2 inlet or 104-D2 possible mechanical damage</i>
2 <i>Fail to regulate (FTR)</i>	<i>Actuating device, Control unit, Diaphragm, Gear, Indicator, Internal power supply, Monitoring, Other valve components, Pistons, Positioner, Seals, Spring, Stem, Subunit, Unknown, Valve body</i>	<i>Higher temperature of process gas in 104-D2inlet because TV-1012 wide open</i>	

f. Pressure Transmitter PT-1030

Fungsi dari *Pressure Transmitter* PT-1030 ini berfungsi sebagai sensor tekanan dan juga mentransmisikan data pembacaan ke DCS.

Tabel 4. 15 FMEA *Pressure Transmitter* PT-1030

<i>Failure Modes (FM)</i>	<i>Maintainable Item</i>	<i>Failure Causes</i>	<i>Failure Effect</i>
1 <i>Pressure transmitter tidak dapat mentransmisikan sinyal pembacaan data pressure ke DCS (degraded)</i>	<i>TT-1011</i>	<i>Sensor rusak</i>	<i>DCS tidak dapat memproses sinyal dari transmitter, tidak ada data record, tidak ada aksi kontrol Trouble shooting pada power supply</i>
		<i>Loss of power supply</i>	
		<i>Loss of cable connection</i>	

Tabel 4.16 (Lanjutan)

	<i>Failure Modes (FM)</i>	<i>Maintainable Item</i>	<i>Failure Causes</i>	<i>Failure Effect</i>
2	<i>Pressure transmitter mentransmisikan sinyal pembacaan data pressure yang salah ke DCS (failed to function in demand)</i>	<i>TT-1011</i>	<i>Settingpressure mengalami pergeseran (shift)</i>	<i>Proses kontrol tekanan yang tidak sesuai dengan desain kontrol, plant bisa trip</i>

g. Pressure Valve PV-1030

Fungsi dari *Pressure Valve* PV 1039 ini adalah untuk menjaga agar tekanan input yang akan masuk ke unit *LTS Converter* 104-D2. PV-1030 ini adalah jenis aktuator pada sistem instrumentasi berjenis *globe valve*, yang bekerja berdasarkan sinyal dari PT-1030 atas perintah dari pengendali (*controller*) PIC-1030.

Tabel 4. 16 FMEA Pressure Valve PV-1005

	<i>Failure Modes (FM)</i>	<i>Maintainable Item</i>	<i>Failure Causes</i>	<i>Failure Effect</i>
1	<i>Valve Leakage in Closed Position (LCP)</i>	<i>Packing, Seat rings, Subunit, Unknown</i>	<i>PV-1030 is not perfectly closed</i>	<i>Input gas expelled in vain</i>
2	<i>Fail To Close on Demand (FTC)</i>	<i>Indicator, Other valve components, Packing, Pistons, Positioner, Seals, Seat rings, Subunit, Valve body</i>	<i>No flow of process gas to LTS Converter because MOV-1008 is closed and MOV 1009 is open</i>	<i>Higher pressure in upstream of valves</i>
3	<i>Fail To Regulate (FTR)</i>	<i>Diaphragm, Gear, Indicator, Monitoring, Pistons, Positioner, Seals, Spring, Stem, Subunit, Valve body</i>	<i>Less flow of process gas to Methanator 106-D because PV-1005 wide open</i>	<i>Compressor surge and damage</i>
4	<i>Fail to open on demand (FTO)</i>	<i>Actuating device, Control unit, Diaphragm, Pistons, Positioner, Spring, Subunit</i>	<i>Higher pressure of process gas because PV-1030 doesn't open when required</i>	<i>Overpressure in feed line to LTS Converter 104-D2</i>

4.3. Rekomendasi *Maintenance* Komponen Sistem *CO Shift Conversion*

Berdasarkan analisa kuantitatif yang telah dilakukan, dapat dibuat rekomendasi *maintenance* atau perawatan yang tepat dan sesuai pada komponen-komponen instrumentasi *CO Shift Conversion*. Rekomendasi *maintenance* disesuaikan berdasarkan nilai *failure rate* atau laju kegagalan dari setiap komponen.

Tabel 4. 17 Rekomendasi *Maintenance* Komponen *CO Shift Conversion*

Komponen	Distribusi Data	HTS Converter 104-D1	Weibull 2 parameter	HTS Effluent Heat Exchanger1 03-C1	Lognormal	LTS Converter 104-D2	Weibull 2 parameter	Temperature Indicator TI-1343	Lognormal				
Karakteristik <i>failure rate</i>		DFR ($\beta=0,577700$, $\theta=1076,6900$ 00)		DFR ($\mu=5,992500$, $\sigma=2,124000$)		DFR ($\beta=0,632300$, $\theta=1578,2200$ 00)		IFR ($\mu=7,294100$, $\sigma=0,210300$)					
R(t) pada 8760 jam		0,034841		0,073159		0,052048		0					
M(t) jam		76		53		43		43					
A(t) jam		0,995253		0,995229		0,998153		0,997362					
Rekomendasi <i>maintenance</i>		<i>Corrective maintenance</i>		<i>Corrective maintenance</i>		<i>Corrective maintenance</i>		<i>Preventive maintenance</i>					
<i>Life cycle</i>		330		230		54		1390					

Tabel 4.18 (Lanjutan)

Komponen									
Distribusi Data	Lognormal	Lognormal	Lognormal	Lognormal	Exponential	Lognormal	Lognormal	Lognormal	
Karakteristik <i>failure rate</i>	IFR ($\mu=7,294200$, $\sigma=0,164200$)	IFR ($\mu=7,769200$, $\sigma=0,184900$)	IFR ($\mu=7,740600$, $\sigma=0,379100$)	IFR ($\mu=7,487600$, $\sigma=0,379100$)	CFR ($\lambda=$ 0,00000544)	IFR ($\mu=7,487600$, $\sigma=0,379100$)	IFR ($\mu=7,289400$, $\sigma=0,141100$)		
R(t) pada 8760 jam	0	7,3E-13	1,63E-05	0,778793		1,36E-05	0		
M(t) jam	68	68	44	15		30	43		
A(t) jam	0,992932	0,992932	0,997233	0,991633		0,997784	0,996139		
Rekomendasi <i>maintenance</i>	<i>Preventive maintenance</i>	<i>Preventive maintenance</i>	<i>Preventive maintenance</i>	<i>Preventive maintenance</i>	<i>Corrective maintenance</i>	<i>Preventive maintenance</i>	<i>Preventive maintenance</i>		
<i>Life cycle</i>	2250	2250	2110	17890		1620	1410		

Tabel 4.18 (Lanjutan)

Pressure Indicator Controller PIC-1030	Exponential	CFR ($\lambda=0,000005$)	0,778793	15	0,991633	Corrective maintenance	17890
Pressure Valve PV-1030	Exponensial	CFR ($\lambda=0,000005$)	0,953463	15	0,971220	Corrective maintenance	93890
Komponen	Distribusi Data	Karakteristik failure rate	R(t) pada 8760 jam	M(t) jam	A(t) jam	Rekomendasi maintenance	Life cycle

Dari hasil analisa kuantitatif pada tabel 4.18 yang ada di atas, dapat dilihat rekomendasi *maintenance* yang diberikan pada setiap komponen *CO Shift Conversion*. *Preventive maintenance* diberikan untuk komponen yang memiliki *failure rate* IFR dan DFR. Hal ini dikarenakan komponen yang laju kegagalannya meningkat dan menurun memiliki resiko kegagalan yang tinggi, sehingga perlu dilakukan perawatan terjadwal untuk menghindari terjadinya kerusakan. *Corrective maintenance* diberikan pada komponen yang memiliki karakteristik *failure rate* CFR. Hal ini dikarenakan komponen yang laju kegagalan konstan masih dalam kondisi yang baik dan memiliki resiko kegagalan yang rendah, sehingga hanya perlu perbaikan jika komponen rusak. Apabila dilakukan *preventive maintenance* akan membuang tenaga dan biaya *maintenance* yang banyak. Hal ini dikarenakan adanya *preventive maintenance* pada komponen dengan laju kegagalan *constant failure rate* tidak mempengaruhi nilai *reliability*, namun menyebabkan penurunan nilai *reliability* komponen.

4.4. Analisa Safety Integrity Level (SIL)

Analisa *safety integrity level* (SIL) pada *CO shift conversion* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.36). Nilai $\lambda(t)$ dapat dicari dengan persamaan (2.37). Untuk menentukan nilai

SIL dengan menghitung *Probability of Failure on Demand* (PFD) dari masing-masing komponen. PFD masing-masing komponen dihitung dengan 3 *test interval*, yaitu 720 jam atau 1 bulan, 4380 jam atau 6 bulan dan 8760 jam atau 1 tahun. Setelah itu dihitung PFD_{sys} dengan menggunakan persamaan (2.36). Untuk menghitung nilai *Risk Reduction Function* (RRF) dengan menggunakan persamaan (2.38).

Tabel 4. 18 Perhitungan SIL *CO Shift Conversion* pada Kondisi Sekarang (*Voting* 1001)

No	Komponen	MTTF	$\lambda(t)$	$\lambda(t)$	$\lambda(t)$	PFD (Ti=jam)		
			failure rate 720 jam	failure rate 4380 jam	failure rate 8760 jam	720	4320	8760
1	104D1	1703,7 2	0,0006 36	0,000 297	0,000 221	0,229	0,64 1	0, 97 0
2	103 C1	3820,7 0	0,0006 42	0,000 175	0,000 102	0,231	0,37 8	0, 44 7
3	104 D- 2	2222,8 3	0,0005 35	0,000 275	0,000 213	0,192	0,59 5	0, 93 4
4	TI 1343	1504,5 0	8,17E- 06	0,005 828	0	0,003	12,5 89	0
5	TI 1348	1479,3 4	1,24E- 08	0,012 857	0	4,47E -06	27,7 71	0
6	TT 1011	1918,8 1	8,35E- 05	0,001 627	0,001 329	0,030 1	3,51 5	5, 82 0
7	TV 1011 B	2425,5 4	2,57E- 06	0,001 684	0,001 551	0,000 9	3,63 8	6, 79 4
8	PDT 1111	2412,0 7	3,04E- 12	0,004 435	0,004 455	1,09E -09	9,58 0	19 ,5 14
9	PT 1030	1492,8 6	2,58E- 07	0,009 438	0	9,29E -05	20,3 87	0

Tabel 4. 19 (Lanjutan)

No	Komponen	MTTF	$\lambda(t)$ failure rate 720 jam	$\lambda(t)$ failure rate 4380 jam	$\lambda(t)$ failure rate 8760 jam	PFD (Ti=jam) No Komponen		
						720	4320	8760
10	PV103 0	183823 ,53	0,0000 054	0,000 005	0,000 005	0,002 0	0,01 2	0, 02 4
12	TIC 1011	35038, 54	0,0000 285	0,000 029	0,000 029	0,010 3	0,06 2	0, 12 5
13	PIC 1030	35038, 54	0,0000 285	0,000 029	0,000 029	0,010 3	0,06 2	0, 12 5
PFD						0,709	79,2 29	34 ,7 54
RRF						1,410	0,01 3	0, 02 9
SIL						0	0	0

Berdasarkan perhitungan PFD dan RRF yang telah dilakukan seperti pada tabel 4.18 di atas, didapatkan nilai PFD dari masing-masing komponen dan PFD dari sistem *CO shift conversion*. Dengan *tes interval* sebesar 720 jam, 4320, jam dan 8760 jam, *CO shift conversion* memiliki tingkatan SIL 0 dengan nilai PFD masing-masing 0,709, 79,229 dan 34,754. Nilai RRF untuk masing-masing *test interval* adalah 1,410, 0,013 dan 0,029

Berdasarkan tingkatan SIL yang telah didapatkan, SIL 0 merupakan tingkatan SIL yang paling rendah dan memiliki nilai RRF yang sangat kecil. Nilai SIL dan RRF dapat ditingkatkan agar sistem *CO shift conversion* mempunyai tingkatan *safety* yang lebih baik. Untuk meningkatkan nilai SIL dan RRF dapat

menggunakan metode dengan mengganti laju kegagalan komponen yang lebih kecil, dengan merubah *test interval* (T_i) dan mendesain arsitektur dari sistem *CO shift conversion*. Untuk mengganti nilai *failure rate* yang lebih kecil, sesuaikan dahulu dengan target SIL yang diinginkan. Target SIL yang diinginkan adalah SIL 1 dengan rentang nilai PFD adalah 0,1-0,01.

Tabel 4. 20 Perhitungan SIL *CO Shift Conversion* (Voting 1002)

No	Komponen	MTTF	$\lambda(8760)$	PFD (T_i =jam) (1002)		
				720	4320	8760
1	104D1	1703,72	0,000587	0,045	1,607	6,609
2	103 C1	3820,70	0,000262	0,009	0,320	1,314
3	104 D- 2	2222,83	0,000450	0,026	0,944	3,883
4	TI 1343	1504,50	0,000665	0,057	2,061	8,476
5	TI 1348	1479,34	0,000676	0,059	2,132	8,766
6	TT 1011	1918,81	0,000521	0,035	1,267	5,211
7	TV 1011 B	2425,54	0,000412	0,029	1,057	4,348
8	PDT 1111	2412,07	0,000415	0,022	0,802	3,297
9	PT 1030	1492,86	0,000670	0,058	2,093	8,608
10	PV1030	183823,53	5,44E-06	5,11377E-06	0,000184	0,000757
12	TIC 1011	35038,54	2,85E-05	0,0005	0,0005	0,0005
13	PIC 1030	35038,54	2,85E-05	0,0005	0,0005	0,0005
PFD				0,342	12,286	50,514
RRF				2,922	0,0814	0,0198
SIL				0	0	0

SIL dari sistem CO *shift conversion* tetap menjadi SIL 1. Meskipun, setiap komponen dari CO *shift conversion* mempunyai laju kegagalan yang sesuai dengan tabel 4.19 di atas. Maka dengan kata lain, meskipun komponen tersebut diganti dengan laju kegagalan yang sesuai tabel 4.19 sistem tetap menjadi SIL 0.

Sistem CO *shift conversion* memiliki arsitektur 1001. Nilai SIL dan RRF dapat ditingkatkan dengan arsitektur 1002. Arsitektur 1002 memiliki persamaan untuk menghitung PFD dari masing-masing komponen, yaitu:

$$PFD = \frac{\lambda^2(Ti^2)}{4} \quad (4.2)$$

$$PFD = \frac{\lambda^2(Ti^2)}{3} \quad (4.3)$$

Persamaan (4.2) digunakan untuk menghitung PFD komponen sebelum *logic solver* atau sensor dan persamaan (4.3) digunakan untuk menghitung komponen setelah *logic solver* atau *final element*. Perhitungan nilai SIL dan RRF untuk arsitektur 1002 dapat dilihat pada tabel 4.19.

Lampiran A P&ID

Lampiran B Tabel Maintenance, $R(t)$, $M(t)$, $A(t)$, $\lambda(t)$

Tabel 1. Hasil Perhitungan *HTS Converter* 104-D1

Reliability					Maintainability	
t (jam)	R(t)	$\lambda(t)$	f(t)	A(t)	t	M(t)
0,001	0,999673	0,189218	0,189156	0,999810	1	0,175020
10	0,935197	0,003870	0,003619	0,983049	10	0,853972
50	0,843860	0,001961	0,001655	0,989908	20	0,978676
100	0,776178	0,001463	0,001136	0,992449	30	0,996886
150	0,725968	0,001233	0,000895	0,993630	40	0,999545
200	0,685126	0,001092	0,000748	0,994354	50	0,999934
250	0,650391	0,000994	0,000646	0,994859	60	0,999990
260	0,644011	0,000977	0,000629	0,994943	70	0,999999
270	0,637795	0,000962	0,000613	0,995023	71	0,999999
280	0,631734	0,000947	0,000598	0,995098	72	0,999999
290	0,625820	0,000933	0,000584	0,995170	73	0,999999
300	0,620045	0,000920	0,000570	0,995238	74	0,999999
310	0,614404	0,000907	0,000557	0,995304	75	0,999999
320	0,608889	0,000895 651	0,00054535 2	0,995366	76	1,000000
330	0,603495	0,000884 087	0,00053354 2	0,995425	77	1,000000
340	0,598216	0,000873 012	0,00052225	0,9954829	78	1,000000
350	0,593048	0,000862 39	0,00051143 9	0,9955376	79	1,000000

Tabel 2. Hasil Perhitungan *HTS Effluent Waste Boiler 103-C1*

<i>Reliability</i>				<i>Availability</i>	<i>Maintainability</i>	
<i>t (jam)</i>	<i>R(t)</i>	$\lambda(t)$	<i>f(t)</i>	<i>A(t)</i>	<i>t</i>	<i>M(t)</i>
0,001	1	1,84E-06	1,84E-06	1	0,001	0,000277
10	0,958828	0,004333	0,004154	0,985528	0,01	0,002767
20	0,920864	0,00377	0,003472	0,986625	0,1	0,027330
30	0,88877	0,003348	0,002975	0,988066	1	0,242023
40	0,860943	0,00303	0,002608	0,989185	5	0,749805
50	0,836336	0,002781	0,002326	0,990064	10	0,937402
60	0,814251	0,002579	0,0021	0,990777	15	0,984338
70	0,794204	0,002412	0,001916	0,99137	20	0,996082
80	0,775842	0,002271	0,001762	0,991872	25	0,999020
90	0,758901	0,002149	0,001631	0,992305	30	0,999755
100	0,743176	0,002042	0,001518	0,992684	35	0,999939
110	0,728504	0,001948	0,001419	0,993018	40	0,999985
120	0,714755	0,001865	0,001333	0,993315	43	0,999993
130	0,701821	0,00179	0,001256	0,993583	44	0,999995
140	0,689613	0,001722	0,001187	0,993825	45	0,999996
150	0,678057	0,00166	0,001126	0,994045	46	0,999997
160	0,667088	0,001603	0,00107	0,994247	47	0,999998
170	0,656652	0,001552	0,001019	0,994432	48	0,999998
180	0,646702	0,001504	0,000972	0,994603	49	0,999999
190	0,637197	0,001459	0,00093	0,994762	50	0,999999
200	0,628101	0,001418	0,000891	0,99491	51	0,999999
210	0,619382	0,001379	0,000854	0,995047	52	0,999999
220	0,611011	0,001343	0,000821	0,995176	53	1,000000
230	0,602964	0,001309	0,000789	0,995297	54	1,000000
240	0,595218	0,001278	0,00076	0,995411	55	1,000000

Tabel 3. Hasil Perhitungan *LTS Converter 104-D2*

Reliability					Maintainability	
t (jam)	R(t)	$\lambda(t)$	f(t)	A(t)	t	M(t)
0,001	0,999879	0,076176	0,076167	0,999924	0,1	0,033438
10	0,96007	0,002576	0,002474	0,992726	1	0,288298
50	0,893387	0,001425	0,001274	0,995826	10	0,966659
100	0,839673	0,001104	0,000928	0,996762	20	0,998888
200	0,762725	0,000856	0,000653	0,997488	30	0,999963
250	0,732054	0,000788	0,000577	0,997686	35	0,999993
300	0,704680	0,000737	0,00052	0,997836	36	0,999995
350	0,679876	0,000697	0,000474	0,997955	37	0,999997
400	0,657153	0,000663	0,000436	0,998052	38	0,999998
450	0,636164	0,000635	0,000404	0,998135	39	0,999998
500	0,616648	0,000611	0,000377	0,998206	40	0,999999
510	0,612903	0,000606	0,000372	0,998219	41	0,999999
520	0,609208	0,000602	0,000367	0,998231	42	0,999999
530	0,605560	0,000598	0,000362	0,998244	43	1,000000
540	0,601960	0,000594	0,000358	0,998256	44	1,000000
550	0,598405	0,000590	0,000353	0,998267	45	1,000000

Tabel 4. Hasil Perhitungan *Temperature Indicator* TI-1343

Reliability					Maintainability	
t (jam)	R(t)	$\lambda(t)$	f(t)	A(t)	t	M(t)
0,001	1	0	0	1	0,001	0,000819
10	1	8,832E-124	8,832E-124	1	0,01	0,008165
100	1	5,99324E-38	5,99324E-38	1	0,1	0,078711
500	0,999999	7,20526E-09	7,20526E-09	0,99999991	4	0,962343
1100	0,916805	0,000722161	0,000662081	0,999119888	10	0,999725
1200	0,834014	0,001184261	0,000987692	0,998557529	11	0,999879
1300	0,722250	0,001698549	0,001226779	0,997932403	12	0,999947
1310	0,709903	0,001750975	0,001243023	0,997868723	13	0,999976
1320	0,697401	0,001803415	0,001257705	0,997805033	14	0,999990
1330	0,684761	0,001855835	0,001270804	0,997741376	15	0,999995
1340	0,671997506	0,001908199	0,001282305	0,997677795	16	0,999998
1350	0,659126899	0,001960474	0,001292201	0,99761433	17	0,999999
1360	0,646165384	0,00201263	0,001300492	0,997551018	18	1,000000
1370	0,633128996	0,002064636	0,001307181	0,997487896	19	1,000000
1380	0,620033697	0,002116464	0,001312279	0,997424997	20	1,000000
1390	0,606895316	0,002168088	0,001315803	0,997362354	21	1,000000
1400	0,593729492	0,002219484	0,001317773	0,997299997	22	1,000000

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Temperature Indicator* TI-1348

Reliability					Maintainability	
t (jam)	R(t)	$\lambda(t)$	f(t)	A(t)	t	M(t)
0,001	1	0	0	1	0,00 1	0,00082 3
10	1	1,6437E- 272	1,6437E- 272	1	0,01	0,00819 5
500	1	1,42281E- 15	1,42281E- 15	1	4	0,96280 7
600	1	9,68235E- 12	9,68235E- 12	1	5	0,98366 7
700	1	4,5802E-09	4,5802E-09	1	6	0,99282 7
900	0,99972 1	8,13849E- 06	8,13622E- 06	0,99999	7	0,99685 0
1000	0,99658 3	7,31753E- 05	7,29252E- 05	0,99991 1	8	0,99861 7
1100	0,97878 6	0,00033510 9	0,000328	0,99959 3	9	0,99939 3
1200	0,92111 9	0,00094334 2	0,00086893	0,99885 5	10	0,99973 3
1300	0,80104 5	0,00189981 6	0,00152183 9	0,99769 7	11	0,99988 3
1330	0,75290 8	0,00223565 1	0,00168324	0,99729 1	14	0,99999 0
1340	0,73584 3	0,00235103	0,00172998 9	0,99715 1	15	0,99999 6
1350	0,71833	0,00246784 3	0,00177272 7	0,99701	16	0,99999 8
1360	0,70041 2	0,00258592 7	0,00181121 3	0,99686 7	17	0,99999 9
1370	0,68213	0,00270512 1	0,00184524 5	0,99672 4	18	1,00000 0
1380	0,66353 2	0,00282527	0,00187465 6	0,99657 8	19	1,00000 0
1390	0,64466 2	0,00294622 4	0,00189932	0,99643 3	20	1,00000 0
1400	0,62557 1	0,00306783 9	0,00191915 1	0,99628 6	21	1,00000 0
1410	0,60630 5	0,00318997 6	0,0019341	0,99613 9	22	1,00000 0

Tabel 6. Hasil Perhitungan *Temperature Transmitter* TT-1011

Reliability					Maintainability	
t (jam)	R(t)	$\lambda(t)$	f(t)	A(t)	t	M(t)
0,001	1	0	0	1	0,001	0,000484
10	1	2,52E-42	2,52E-42	1	0,01	0,004827
100	1	2,94E-15	2,94E-15	1	0,1	0,047234
200	1	3,02E-10	3,02E-10	1	1	0,383602
300	0,999999	5,46E-08	5,46E-08	1	5	0,911017
400	0,99996	1,09E-06	1,09E-06	0,999998	10	0,992082
500	0,999607	7,5E-06	7,5E-06	0,999985	11	0,995119
600	0,997993	2,8E-05	2,8E-05	0,999942	12	0,996992
700	0,993251	7,16E-05	7,11E-05	0,999852	13	0,998146
800	0,982919	0,000142	0,00014	0,999707	14	0,998857
900	0,964654	0,000237	0,000228	0,999511	15	0,999295
1000	0,936933	0,000349	0,000327	0,99928	16	0,999566
1100	0,899396	0,00047	0,000423	0,999029	17	0,999732
1200	0,852818	0,000594	0,000506	0,998775	18	0,999835
1300	0,798833	0,000714	0,00057	0,998527	19	0,999898
1400	0,739555	0,000827	0,000612	0,998293	20	0,999937
1500	0,677236	0,000932	0,000631	0,998077	21	0,999961
1600	0,613993	0,001027	0,000631	0,997881	22	0,999976
1610	0,607691	0,001036	0,00063	0,997863	23	0,999985
1620	0,6014	0,001045	0,000629	0,997844	24	0,999991
1630	0,595122	0,001054	0,000627	0,997826	25	0,999994
1640	0,588857	0,001063	0,000626	0,997808	26	0,999997
1650	0,582609	0,001071	0,000624	0,997791	27	0,999998
1660	0,576377	0,00108	0,000622	0,997773	28	0,999999
1670	0,570163	0,001088	0,000621	0,997756	29	0,999999

Tabel 7. Hasil Perhitungan *Temperature Valve* TV-1011B

Reliability					Maintainability	
t (jam)	R(t)	$\lambda(t)$	f(t)	A(t)	t	M(t)
0,001	1	0	0	1	0,001	0,000337
10	1	1,32E-63	1,32E-63	1	0,01	0,003368
100	1	3,1E-23	3,1E-23	1	0,1	0,033172
200	1	1,96E-15	1,96E-15	1	1	0,286341
300	1	8,36E-12	8,36E-12	1	5	0,814879
400	1	1,2E-09	1,2E-09	1	10	0,965730
500	0,9999989	3,27E-08	3,27E-08	1	15	0,993656
600	0,999985	3,4E-07	3,4E-07	0,999999	20	0,998826
700	0,9998902	1,92E-06	1,92E-06	0,999994	25	0,999783
800	0,9994819	7,14E-06	7,13E-06	0,999979	30	0,999960
900	0,9982192	1,97E-05	1,97E-05	0,999942	31	0,999971
1000	0,9951631	4,38E-05	4,36E-05	0,99987	32	0,999980
1100	0,9890238	8,26E-05	8,17E-05	0,999755	33	0,999985
1200	0,9783542	0,000137	0,000134	0,999594	34	0,999990
1300	0,9618217	0,000206	0,000198	0,999389	35	0,999993
1400	0,9384642	0,000287	0,00027	0,999149	36	0,999995
1500	0,9078578	0,000377	0,000342	0,998884	37	0,999996
1600	0,870168	0,000472	0,00041	0,998604	38	0,999997
1700	0,8260966	0,000568	0,000469	0,998319	39	0,999998
1800	0,776757	0,000664	0,000515	0,998037	40	0,999999
1900	0,7235177	0,000756	0,000547	0,997763	41	0,999999
2100	0,6111849	0,000928	0,000567	0,997256	42	0,999999
2110	0,6055159	0,000936	0,000567	0,997233	43	0,999999
2120	0,5998514	0,000944	0,000566	0,997209	44	1,000000
2130	0,5941926	0,000952	0,000566	0,997186	45	1,000000
2140	0,5885407	0,00096	0,000565	0,997163	46	1,000000

Tabel 8. Hasil Perhitungan *Pressure Differential Transmitter* PDT-1111

Reliability					Maintainability	
t (jam)	R(t)	$\lambda(t)$	f(t)	A(t)	t	M(t)
0,001	1	0	0	1	0,001	0,000214
100	1	5,6E-66	5,6E-66	1	0,01	0,002134
300	1	5,77E-30	5,77E-30	1	1	0,192363
500	1	1,93E-18	1,93E-18	1	20	0,986058
600	1	3,94E-15	3,94E-15	1	30	0,998354
700	1	1,16E-12	1,16E-12	1	40	0,999806
800	1	9,11E-11	9,11E-11	1	50	0,999977
900	1	2,77E-09	2,77E-09	1	51	0,999981
1100	0,999983	3,67E-07	3,67E-07	0,999998	52	0,999985
1200	0,999988	2,12E-06	2,12E-06	0,999999	53	0,999988
1300	0,999402	8,73E-06	8,72E-06	0,999959	54	0,999990
1400	0,997739	2,74E-05	2,74E-05	0,999872	55	0,999992
1500	0,99317	6,92E-05	6,88E-05	0,999676	56	0,999994
1600	0,982872	0,000146	0,000143	0,999317	57	0,999995
1700	0,963206	0,000266	0,000256	0,998757	58	0,999996
1800	0,930568	0,000431	0,000401	0,997987	59	0,999997
1900	0,882508	0,000636	0,000561	0,997033	60	0,999997
2000	0,818644	0,000871	0,000713	0,995939	61	0,999998
2100	0,740969	0,001126	0,000834	0,994759	62	0,999998
2200	0,653482	0,001389	0,000907	0,993542	63	0,999999
2210	0,644388	0,001415	0,000912	0,99342	64	0,999999
2220	0,635252	0,001442	0,000916	0,993298	65	0,999999
2230	0,62608	0,001468	0,000919	0,993176	66	0,999999
2240	0,616877	0,001494	0,000922	0,993054	67	0,999999
2250	0,60765	0,001521	0,000924	0,992932	68	1,000000

Tabel 9. Hasil Perhitungan *Pressure Transmitter* PT-1030

Reliability					Maintainability	
t (jam)	R(t)	$\lambda(t)$	f(t)	A(t)	t	M(t)
0,001	1	0	0	1	0,00 1	0,00083 3
90	1	3,48E-65	3,48E-65	1	0,01	0,00829 9
500	1	1,99E-12	1,99E-12	1	3	0,91791 5
1000	0,99070119 9	0,00015 4	0,00015 2	0,99981 5	8	0,99872 7
1100	0,96188965 3	0,00047 7	0,00045 9	0,99942 8	9	0,99944 7
1200	0,89309140 1	0,00104 7	0,00093 5	0,99874 5	10	0,99976 0
1300	0,77507544 4	0,00181 3	0,00140 5	0,99782 9	11	0,99989 6
1310	0,76083735 3	0,00189 6	0,00144 3	0,99772 9	12	0,99995 5
1320	0,74623405	0,00198 1	0,00147 8	0,99762 9	13	0,99998 0
1330	0,73129099 9	0,00206 6	0,00151 1	0,99752 7	14	0,99999 1
1340	0,71603507 6	0,00215 2	0,00154 1	0,99742 5	15	0,99999 6
1350	0,70049438 7	0,00223 8	0,00156 8	0,99732 2	16	0,99999 8
1360	0,68469807 9	0,00232 5	0,00159 2	0,99721 8	17	0,99999 9
1370	0,66867614 7	0,00241 2	0,00161 3	0,99711 4	18	1,00000 0
1380	0,65245924 3	0,00249 9	0,00163 1	0,99701	19	1,00000 0
1390	0,63607847 6	0,00258 7	0,00164 6	0,99690 5	20	1,00000 0
1400	0,61956523	0,00267 5	0,00165 7	0,9968	21	1,00000 0
1410	0,60295096 8	0,00276 3	0,00166 6	0,99669 6	22	1,00000 0
1420	0,58626705 5	0,00285 1	0,00167 1	0,99659 1	23	1,00000 0

Tabel 10. Hasil Perhitungan *Pressure Valve* PV-1030

Reliability					Maintainability	
t (jam)	R(t)	$\lambda(t)$	f(t)	A(t)	t	M(t)
0	1	0,0000054 4	0,0000054 4	1	0,00 1	0,00100 0
10000	0,94705320 9	0,0000054 4	5,15197E- 06	0,99179 8	2	0,86466 5
90000	0,61287149 4	0,0000054 4	3,33402E- 06	0,98050 2	7	0,99908 8
92000	0,60623959 5	0,0000054 4	3,29794E- 06	0,98062 4	9	0,99987 7
93000	0,60295060 6	0,0000054 4	3,28005E- 06	0,98068 7	10	0,99995 5
93100	0,60262269 4	0,0000054 4	3,27827E- 06	0,98069 3	11	0,99998 3
93200	0,60229495 2	0,0000054 4	3,27648E- 06	0,98069 9	12	0,99999 4
93300	0,60196739 3	0,0000054 4	3,2747E-06	0,98070 6	13	0,99999 8
93500	0,60131280 8	0,0000054 4	3,27114E- 06	0,98071 9	14	0,99999 9
93600	0,60098578 3	0,0000054 4	3,26936E- 06	0,98072 5	15	1,00000 0
93700	0,60065893 6	0,0000054 4	3,26758E- 06	0,98073 1	16	1,00000 0
93800	0,60033226 6	0,0000054 4	3,26581E- 06	0,98073 8	17	1,00000 0
93810	0,60029960 9	0,0000054 4	3,26563E- 06	0,98073 8	18	1,00000 0
93850	0,60016899 8	0,0000054 4	3,26492E- 06	0,98074 1	19	1,00000 0
93860	0,60013635 4	0,0000054 4	3,26474E- 06	0,98074 2	20	1,00000 0
93870	0,60010370 3	0,0000054 4	3,26456E- 06	0,98074 2	21	1,00000 0
93880	0,60007105 8	0,0000054 4	3,26439E- 06	0,98074 3	22	1,00000 0
93890	0,60003841 5	0,0000054 4	3,26421E- 06	0,98074 3	23	1,00000 0

Tabel 12. Hasil Perhitungan *Temperature Indicator Controller* TIC-1011

Reliability					Maintainability	
t (jam)	R(t)	$\lambda(t)$	f(t)	A(t)	t	M(t)
0	1	2,85E-05	2,85E-05	1	0,001	0,001000
5	0,999857	2,85E-05	2,85E-05	0,999995	0,1	0,095163
10	0,999715	2,85E-05	2,85E-05	0,999999	1	0,632121
50	0,998574	2,85E-05	2,85E-05	0,99995	2	0,864665
100	0,99715	2,85E-05	2,85E-05	0,9999	3	0,950213
500	0,985831	2,85E-05	2,81E-05	0,999511	4	0,981684
1000	0,971863	2,85E-05	2,77E-05	0,999042	5	0,993262
5000	0,867014	2,85E-05	2,47E-05	0,995969	6	0,997521
10000	0,751714	2,85E-05	2,15E-05	0,993484	7	0,999088
11000	0,730563	2,85E-05	2,09E-05	0,993129	8	0,999665
15000	0,651746	2,85E-05	1,86E-05	0,992083	9	0,999877
16000	0,633408	2,85E-05	1,81E-05	0,991902	10	0,999955
17000	0,615586	2,85E-05	1,76E-05	0,991748	11	0,999983
17100	0,613832	2,85E-05	1,75E-05	0,991734	12	0,999994
17500	0,606864	2,85E-05	1,73E-05	0,991681	13	0,999998
17600	0,605135	2,85E-05	1,73E-05	0,991668	14	0,999999
17700	0,60341	2,85E-05	1,72E-05	0,991656	15	1,000000
17800	0,601691	2,85E-05	1,72E-05	0,991644	16	1,000000
17810	0,601519	2,85E-05	1,72E-05	0,991643	17	1,000000
17850	0,600833	2,85E-05	1,71E-05	0,991638	18	1,000000
17860	0,600661	2,85E-05	1,71E-05	0,991637	19	1,000000
17870	0,60049	2,85E-05	1,71E-05	0,991635	20	1,000000
17880	0,600318	2,85E-05	1,71E-05	0,991634	21	1,000000
17890	0,600147	2,85E-05	1,71E-05	0,991633	22	1,000000
18000	0,598266	2,85E-05	1,71E-05	0,99162	23	1,000000

Tabel 13. Hasil Perhitungan *Pressure Indicator Controller* PIC-1030

Reliability					Maintainability	
t (jam)	R(t)	$\lambda(t)$	f(t)	A(t)	t	M(t)
0	1	2,85E-05	2,85E-05	1	0,001	0,001000
5	0,999857	2,85E-05	2,85E-05	0,999995	0,1	0,095163
10	0,999715	2,85E-05	2,85E-05	0,99999	1	0,632121
50	0,998574	2,85E-05	2,85E-05	0,99995	2	0,864665
100	0,99715	2,85E-05	2,85E-05	0,9999	3	0,950213
500	0,985831	2,85E-05	2,81E-05	0,999511	4	0,981684
1000	0,971863	2,85E-05	2,77E-05	0,999042	5	0,993262
5000	0,867014	2,85E-05	2,47E-05	0,995969	6	0,997521
10000	0,751714	2,85E-05	2,15E-05	0,993484	7	0,999088
11000	0,730563	2,85E-05	2,09E-05	0,993129	8	0,999665
15000	0,651746	2,85E-05	1,86E-05	0,992083	9	0,999877
16000	0,633408	2,85E-05	1,81E-05	0,991902	10	0,999955
17000	0,615586	2,85E-05	1,76E-05	0,991748	11	0,999983
17100	0,613832	2,85E-05	1,75E-05	0,991734	12	0,999994
17500	0,606864	2,85E-05	1,73E-05	0,991681	13	0,999998
17600	0,605135	2,85E-05	1,73E-05	0,991668	14	0,999999
17700	0,60341	2,85E-05	1,72E-05	0,991656	15	1,000000
17800	0,601691	2,85E-05	1,72E-05	0,991644	16	1,000000
17810	0,601519	2,85E-05	1,72E-05	0,991643	17	1,000000
17850	0,600833	2,85E-05	1,71E-05	0,991638	18	1,000000
17860	0,600661	2,85E-05	1,71E-05	0,991637	19	1,000000
17870	0,60049	2,85E-05	1,71E-05	0,991635	20	1,000000
17880	0,600318	2,85E-05	1,71E-05	0,991634	21	1,000000
17890	0,600147	2,85E-05	1,71E-05	0,991633	22	1,000000
18000	0,598266	2,85E-05	1,71E-05	0,99162	23	1,000000

Lampiran C Perhitungan Analisa Kualitatif dengan FTA

Tabel 14. Nilai Reliabiitiy TT 1011, TIC 1011, TV 1011B

t (jam)	R(t) TT 1011	R(t) TIC 1011	R(t) TV 1011B
100	1	0,997150069	1
500	0,99960736	0,985831334	0,999998934
1000	0,936933413	0,971863419	0,995163122
1500	0,677235843	0,958093411	0,907857781
2000	0,382518771	0,944518505	0,667847817
2500	0,187408602	0,931135938	0,397729044
3000	0,085590511	0,917942983	0,204509412
3500	0,037945514	0,904936956	0,09603174
4000	0,016698655	0,892115206	0,04277791
4500	0,007385094	0,879475124	0,018524617
5000	0,003304912	0,867014134	0,007921131
5500	0,001502139	0,8547297	0,003378228
6000	0,000694756	0,842619321	0,001446326
6500	0,000327253	0,830680529	0,000624214
7000	0,000157015	0,818910894	0,000272304
7500	7,67201E-05	0,807308019	0,000120269
8000	3,81592E-05	0,795869541	5,38355E-05
8500	1,93092E-05	0,784593131	2,44362E-05
8600	1,68838E-05	0,782357095	2,09008E-05
8700	1,47728E-05	0,780127431	1,78871E-05
8720	1,43845E-05	0,779682261	1,73398E-05
8730	1,41943E-05	0,779459771	1,70726E-05
8740	1,40068E-05	0,779237345	1,68096E-05
8750	1,38218E-05	0,779014983	1,65508E-05
8760	1,36393E-05	0,778792684	1,62961E-05

Tabel 15. Nilai Reliability PT 1030, PIC 1030, PV 1030

t (jam)	R(t) PT 1030	R(t) PIC 1030	R(t) PV 1030
100	0,99947014	0,997150069	0,999456148
500	0,997353508	0,985831334	0,997283696
1000	0,99471402	0,971863419	0,99457477
1500	0,992081518	0,958093411	0,991873202
2000	0,989455982	0,944518505	0,989178973
2500	0,986837395	0,931135938	0,986492062
3000	0,984225738	0,917942983	0,98381245
3500	0,981620992	0,904936956	0,981140116
4000	0,97902314	0,892115206	0,978475041
4500	0,976432164	0,879475124	0,975817205
5000	0,973848044	0,867014134	0,973166589
5500	0,971270763	0,8547297	0,970523172
6000	0,968700303	0,842619321	0,967886936
6500	0,966136645	0,830680529	0,965257861
7000	0,963579773	0,818910894	0,962635927
7500	0,961029667	0,807308019	0,960021115
8000	0,958486309	0,795869541	0,957413406
8500	0,955949683	0,784593131	0,95481278
8600	0,955443164	0,782357095	0,954293503
8700	0,954936913	0,780127431	0,953774508
8710	0,954886303	0,779904814	0,953722624
8720	0,954835695	0,779682261	0,953670743
8730	0,95478509	0,779459771	0,953618865
8740	0,954734488	0,779237345	0,953566989
8750	0,954683889	0,779014983	0,953515117
8760	0,954633292	0,778792684	0,953463247

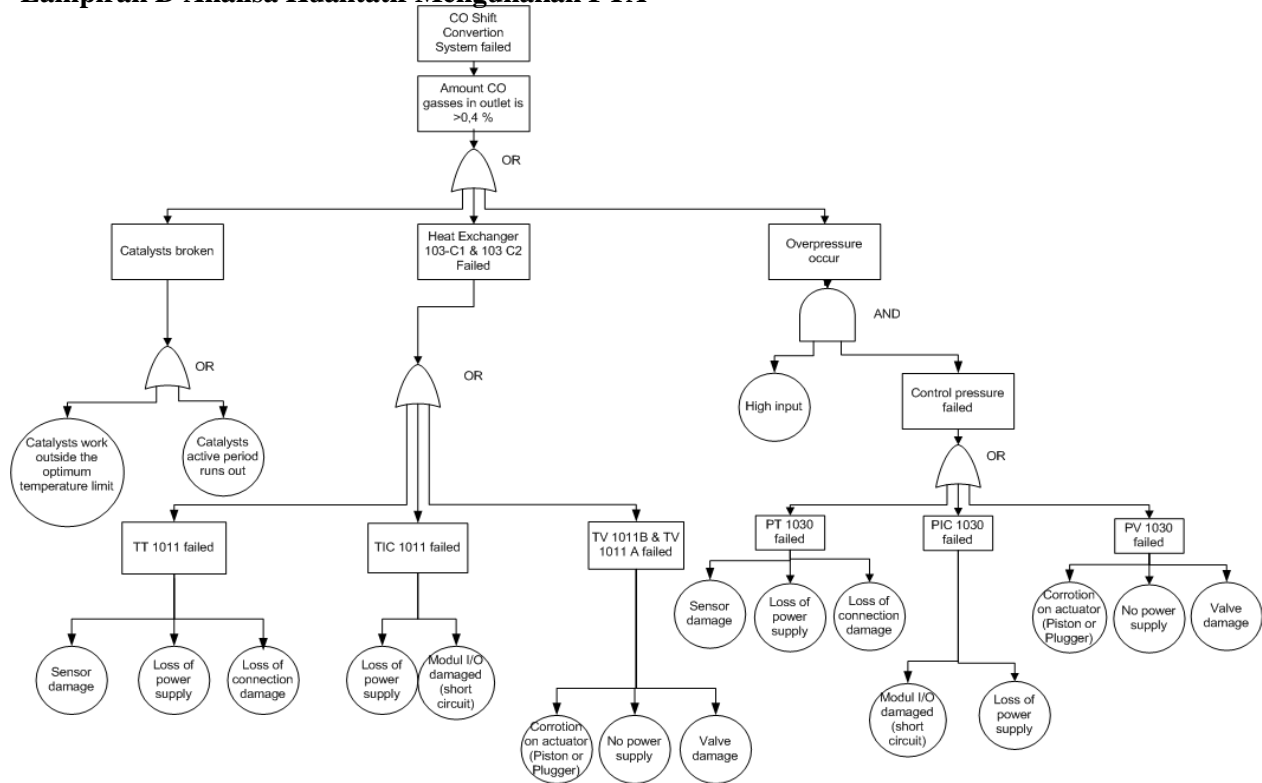
Tabel 16. Nilai Reliability 104-D1, 103-C1, 103-C2, 104-D2

t (jam)	R(t) 104-D1	R(t) 103-C1	R(t) 103-C2	R(t) 104-D2
100	0,776177904	0,74317616	0,997150069	0,83967331
500	0,522349534	0,458358245	0,985443207	0,616648551
1000	0,383578422	0,333266489	0,906166987	0,472662653
1500	0,297861839	0,267034032	0,589068241	0,386644847
2000	0,239285103	0,224449562	0,241290783	0,301438492
2500	0,196545024	0,194258531	0,069404865	0,237787613
3000	0,164052941	0,171526912	0,016067734	0,189266015
3500	0,138633717	0,153692558	0,003297567	0,15173315
4000	0,118318185	0,139272845	0,000637268	0,122372653
4500	0,101808388	0,127342085	0,000120318	0,099197389
5000	0,08820937	0,117288657	2,26973E-05	0,08076759
5500	0,07688221	0,108690305	4,33738E-06	0,066018793
6000	0,067357936	0,101245075	8,46701E-07	0,054151348
6500	0,05928442	0,094730726	1,69688E-07	0,044556698
7000	0,052392213	0,088979698	3,50131E-08	0,036766699
7500	0,046471789	0,083863049	7,44908E-09	0,03041791
8000	0,041357952	0,079279794	1,63497E-09	0,025225958
8500	0,036918881	0,075149627	3,70206E-10	0,020966801
8600	0,036102305	0,074372038	2,76082E-10	0,020210588
8700	0,035307659	0,073609492	2,06142E-10	0,019483238
8710	0,035229372	0,073534047	2,00221E-10	0,019412045
8720	0,035151297	0,073458749	1,94472E-10	0,019341127
8730	0,035073433	0,073383595	1,8889E-10	0,019270484
8740	0,034995779	0,073308586	1,83471E-10	0,019200115
8750	0,034918334	0,073233722	1,78209E-10	0,019130018
8760	0,034841097	0,073159001	1,73101E-10	0,019060191

Hasil Perhitungan FTA

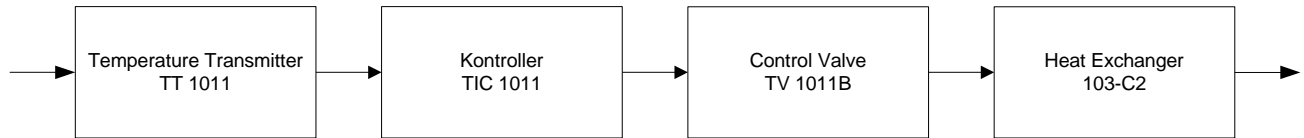
t (jam)	R_{TT-1010} x R_{TIC-1010} x R_{TV1010}	R_{PT-1030} x R_{PIC-1030} x R_{PV1030}	R(t) FTA
100	0,99715	0,9960797	0,650687398
500	0,985443	0,98055161	0,314537097
1000	0,906167	0,96148146	0,165925088
1500	0,589068	0,94278219	0,077245423
2000	0,241291	0,92444659	0,027981087
2500	0,069405	0,90646759	0,010813771
3000	0,016068	0,88883826	0,005205858
3500	0,003298	0,87155178	0,002927484
4000	0,000637	0,8546015	0,001764935
4500	0,00012	0,83798088	0,001099799
5000	2,27E-05	0,8216835	0,000699877
5500	4,34E-06	0,80570307	0,000452744
6000	8,47E-07	0,79003344	0,00029698
6500	1,7E-07	0,77466856	0,000197191
7000	3,5E-08	0,75960251	0,000132355
7500	7,45E-09	0,74482946	8,97028E-05
8000	1,63E-09	0,73034372	6,13307E-05
8500	3,7E-10	0,71613971	4,22683E-05
8600	2,76E-10	0,71333223	3,92709E-05
8700	2,06E-10	0,71053576	3,64966E-05
8710	2E-10	0,71025672	3,62307E-05
8720	1,94E-10	0,70997778	3,59669E-05
8730	1,89E-10	0,70969896	3,57051E-05
8740	1,83E-10	0,70942024	3,54453E-05
8750	1,78E-10	0,70914164	3,51875E-05
8760	1,73E-10	0,70886314	3,49317E-05

Lampiran D Analisa Kualitatif Menggunakan FTA

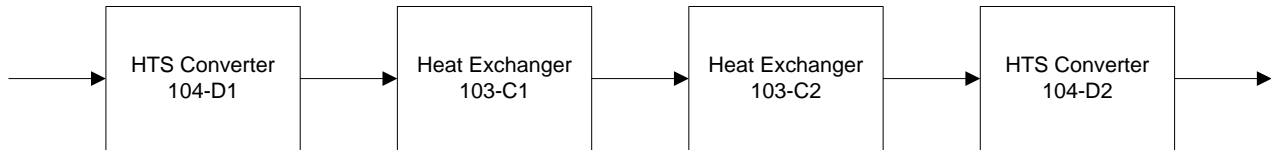


Lampiran E Konfigurasi RBD

Reliability sistem HTS Effluent Waste Boiler 103-C2



Reliability sistem CO Shift Conversion





LEMBAR VALIDASI DATA TUGAS AKHIR PT. PETROKIMIA GRESIK

Lampiran F Lembar Validasi Data

Yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa data yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir :

Nama : Esther Luciane Marzuki
NRP : 2412,100,073
Fakultas / Jurusan : Fakultas Teknologi Industri (FTI) /
S1 Teknik Fisika
Universitas : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Judul Tugas Akhir : Analisis *Reliability* dan *Safety Integrity*
Level pada *CO Shift Conversion* di PT,
Petrokimia Gresik

merupakan data tahun 2008 hingga Maret 2016 yang bersumber dari bagian *Reliability*, Departemen Pemeliharaan Pabrik I, PT, Petrokimia Gresik, Jawa Timur, Adapun dalam hal ini acuan nilai *Reliability* ($R(t)$) yang digunakan PT, Petrokimia Gresik adalah sebesar 0,6 di mana setiap komponen akan di-*maintain* sebelum mencapai nilai keandalan tersebut,

Demikian surat pernyataan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya,

Gresik, 21 April 2016
Pembimbing Lapangan

Angga Saputra, ST,
Divisi *Reliability*, Pemeliharaan
Pabrik I, PT, Petrokimia Gresik

BIODATA PENULIS



Penulis mempunyai nama lengkap **Esther Luciane Marzuki** yang akrab dipanggil Esther adalah anak ketiga dari lima bersaudara, terlahir di Kota Surabaya pada tanggal 2 Januari 1995, Penulis melewati masa kecil tepatnya di Kota Surabaya dengan menempuh pendidikan di SD MIMI Surabaya, SMK Kristen Dharma Mulya, SMA Negeri 15 Surabaya, yang kemudian melanjutkan pendidikannya di ITS Jurusan Teknik Fisika pada tahun 2012 melalui jalur SNMPTN Tulis reguler dengan NRP, 2412100073, Saat belajar di jenjang sarjana ITS penulis aktif di berbagai organisasi dengan menjadi staf Divisi Pemuridan Persekutuan Mahasiswa Kristen ITS (PMK-ITS) dan staf Sie Pembinaan di Pembinaan Kerohanian Mahasiswa Baru Kristen ITS (PKMBK-ITS), Pada awal tahun ketiga penulis menjalankan tanggungjawab sebagai Staf Ahli Sie Pembinaan Pembinaan di Pembinaan Kerohanian Mahasiswa Baru Kristen ITS (PKMBK-ITS) dalam tahun 2014, Akhir ketiga penulis menjalankan tanggungjawab sebagai Koordinator Divisi Pemuridan Persekutuan Mahasiswa Kristen ITS (PMK-ITS) dalam tahun kepengurusan 2015/2016, Hingga pada akhir tahun 2016 penulis akhirnya melaksanakan Tugas Akhir sebagai syarat untuk menyelesaikan studi S1 di Jurusan Teknik Fisika ITS dengan judul **“Analisa *Reliability dan Safety Integrity Level (SIL)* pada Sistem CO Shift Conversion di PT, Petrokimia Gresik”**, Bagi pembaca yang memiliki kritik dan saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut tentang Tugas Akhir ini atau hal lainnya, maka dapat menghubungi penulis melalui estherluciane@gmail.com

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat pada tugas akhir mengenai “Analisis *Reliability* dan *Safety Integrity Level (SIL)* pada Sistem CO *Shift Conversion* di Pabrik I PT Petrokimia Gresik” kali ini adalah:

- a. Nilai *reliability* dalam jangka waktu 8760 jam atau 1 tahun untuk komponen *HTS Converter* 104-D1 adalah sebesar 0,034841, *HTS effluent heat exchanger* adalah sebesar 0,073159, *LTS Converter* 104-D2 adalah sebesar 0,052048, *Temperature Indicator* TI-1343 adalah sebesar 0,9973625, *Temperature Indicator* TI-1343 adalah sebesar 0,996139, *Temperature Transmitter* TT-1011 adalah sebesar 0,997784, *Temperature Indicator Controller* TIC-1011 sebesar 0,991633, *Temperature Valve* TV-1011B sebesar 0,997233, *Pressure Differential Transmitter* PDT-1111 sebesar 0,992932, *Pressure Transmitter* PT-1030 sebesar 0,992932, *Pressure Indicator Controller* PIC-1030 sebesar 0,991633, dan *Pressure Valve* PV-1030 adalah sebesar 0,97122. Semua komponen CO *shift conversion* memiliki nilai *availability* yang tinggi sebesar 97 %.
- b. Sistem CO *Shift Conversion* mencapai nilai *reliability* 0,6 pada 540 jam, maka Sistem CO *shift conversion* dapat melakukan fungsinya dengan probabilitas keberhasilan 60% pada 540 jam. Sistem CO *shift conversion* memiliki ketersediaan 93%. Nilai *reliability* pada 8760 jam adalah 0,3.
- c. Analisa kualitatif dengan FTA didapatkan *top event* dan *basic event* yang dapat menyebabkan sistem CO *Shift Conversion* gagal. Dengan menggunakan FTA, nilai *reliability* CO *Shift Conversion* pada 8760 jam atau 1 tahun adalah 0,1.

- d. Berdasarkan hasil analisa kuantitatif, komponen yang mendapat *preventive maintenance* adalah komponen yg memiliki laju kegagalan DFR dan IFR, *Temperature Indicator* TI-1343, *Temperature Indicator* TI-1343, *Temperature Transmitter* TT-1011, *Temperature Valve* TV-1011B, *Pressure Differential Transmitter* PDT-1111, *Pressure Transmitter* PT-1030 sebesar 0,992932, , dan *Pressure Valve* PV-1030. Sedangkan komponen yang mendapat *corrective maintenance* adalah komponen yang memiliki laju kegagalan CFR, yaitu *HTS Converter* 104-D1, *HTS effluent heat exchanger*, *LTS Converter* 104-D2 *Temperature Indicator Controller* TIC-1011, dan *Pressure Indicator Controller* PIC-1030.
- e. *CO Shift Conversion* memiliki tingkatan SIL 0 dengan PFD 0.709 pada 720 jam 79.229 pada 4320 jam, dan 34.754 pada 8760. Nilai SIL dapat ditingkatkan dengan menggunakan metode mendesain arsitektur sistem *CO Shift Conversion* menjadi arsitektur 1002 namun SIL tetap menjadi SIL 0 dengan PFD 0.342 pada 720 jam 0,6296 pada 4320 jam, dan 50,514 pada 8760 jam.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

- a. Dapat dikembangkan analisa kualitatif *CO Shift Conversion* dengan menggunakan *Reliability Centered Maintenance* (RCM), *Failure Cause Analysis* (FCA).
- b. Dapat dikembangkan dengan menganalisis SIL dengan metode LOPA (Layer of Protection Analysis) agar dapat mengetahui bahaya dan konsekuensi yang bisa terjadi pada sistem *CO Shift Conversion*

DAFTAR PUSTAKA

- B, K. (2012). Availability Assessment Of Reverse Osmosis Plant. *omparison between Reliability Block Diagram and Fault Tree Analysis Methods* .
- B., D. (2002). *Engineering Maintenance : A Modern Approach*. United States of America: CRC Press LLC.
- Bourouni, K. (2013). Availability assessment of a reverse osmosis plant: Comparison between Reliability. (313).
- C., E. (2012). Gas and Oil Reliability Engineering.
- Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: McGraw-Hill Book Co.
- Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New York, USA: The McGraw – Hill Companies, Inc.
- Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapura: Mc-Grow Hill Book.co.
- G.A., D. (2013). *Performance of Internals in Three-Phase Separator*. Norwegian: Departement of Petroleum Engineering and Applied Geophysics.
- Haitao G. , Xianhui Y. (2006). A Simple Reliability Block Diagram Method for Safety Integrity Verification.
- Hermawan, A. R. (2015). *Implementasi Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Proses Pemurnian Gas (Gas Sweetening System)*. Surabaya: Jurusan Teknik Fisika ITS.
- Moubray, J. (2000). *Reliability Centered Maintenance II* (2nd Edition ed.). North Carolina, United States of America: Industrial Press Inc.
- Pradipto, R. (2015). *Analisa Reliability dari Basic Process Control System (BPCS) dan Safety Instrumented System (SIS) pada Separator PV 9700 di JOB Pertamina-Petrocina Tuban*. Surabaya: Jurusan Teknik Fiska ITS.

- PT Petrokimia Gresik. *Bagian Pabrik Amonia*. Gresik: PT Petrokimia Gresik.
- PT Petrokimia Gresik. (2006). *Filosofi Operasi dan Troubleshooting*. Gresik: Bagian Produksi I Departemen Produksi I PT Petrokimia Gresik.
- PT Petrokimia Gresik. (2006). *Proses Pembuatan Amonia*. Gresik: Bagian Amonia, Departemen Produksi I.
- PT PETROKIMIA GRESIK. (2012). *Unit Amonia*. Gresik.
- Raharjo, J., Ardianto, R. E., Solikan, Muhadjar, N., Istiadji, Utomo, E., et al. (2014). *HAZOP Study Report 1350 MTPD Ammonia Plant*. Gresik: PT PETROKIMIA GRESIK.
- Rahmawati, D. N. (2013). Evaluasi Reliability dan Safety pada Sistem Pengendalian Level Syn Gas 2ND Interstage Separator di PT Petrokimia Gresik. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- W, H. (2013). Analisa Keandalan Safety Instrumented System Dengan Menggunakan Metode Discrete Markov Chain Pada Steam Generator Di Ladang Minyak Duri.
- Widariono, A. I. (2016). *Analisis Reliability dan Safety Integrity Level (SIL) pada Sythesis Gas Compressor 103-J di Pabrik I PT Petrokimia Gresik*. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri Institiut Teknologi Sepuluh Nopember.

BIODATA PENULIS



Penulis mempunyai nama lengkap **Esther Luciane Marzuki** yang akrab dipanggil Esther adalah anak ketiga dari lima bersaudara, terlahir di Kota Surabaya pada tanggal 2 Januari 1995, Penulis melewati masa kecil tepatnya di Kota Surabaya dengan menempuh pendidikan di SD MIMI Surabaya, SMK Kristen Dharma Mulya, SMA Negeri 15 Surabaya, yang kemudian melanjutkan pendidikannya di ITS Jurusan Teknik Fisika pada tahun 2012 melalui jalur SNMPTN Tulis regular dengan NRP, 2412100073, Saat belajar di jenjang sarjana ITS penulis aktif di berbagai organisasi dengan menjadi staf Divisi Pemuridan Persekutuan Mahasiswa Kristen ITS (PMK-ITS) dan staf Sie Pembinaan di Pembinaan Kerohanian Mahasiswa Baru Kristen ITS (PKMBK-ITS), Pada awal tahun ketiga penulis menjalankan tanggungjawab sebagai Staf Ahli Sie Pembinaan Pembinaan di Pembinaan Kerohanian Mahasiswa Baru Kristen ITS (PKMBK-ITS) dalam tahun 2014, Akhir ketiga penulis menjalankan tanggungjawab sebagai Koordinator Divisi Pemuridan Persekutuan Mahasiswa Kristen ITS (PMK-ITS) dalam tahun kepengurusan 2015/2016, Hingga pada akhir tahun 2016 penulis akhirnya melaksanakan Tugas Akhir sebagai syarat untuk menyelesaikan studi S1 di Jurusan Teknik Fisika ITS dengan judul **“Analisa *Reliability dan Safety Integrity Level (SIL)* pada Sistem CO Shift Conversion di PT, Petrokimia Gresik”**, Bagi pembaca yang memiliki kritik dan saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut tentang Tugas Akhir ini atau hal lainnya, maka dapat menghubungi penulis melalui estherluciane@gmail.com