



TUGAS AKHIR - TF 181801

**OPTIMISASI *MAINTENANCE COST* PADA
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE
DENGAN ALGORITMA *PARTICLE SWARM*
OPTIMIZATION PADA *OIL TREATING PLANT*
PT. SIPL**

MUHAMMAD IFALDI SHIDDIQ
NRP. 0231154000019

Dosen Pembimbing :
Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes.

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan



FINAL PROJECT - TF 181801

**OPTIMIZATION OF MAINTENANCE COST ON
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE WITH
PARTICLE SWARM OPTIMIZATION
ALGORITHM ON OIL TREATING PLANT IN PT.
SIPL**

MUHAMMAD IFALDI SHIDDIQ
NRP. 02311540000019

Supervisor :
Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes.

ENGINEERING PHYSICS DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2019

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Muhammad Ifaldi Shiddiq
NRP : 0231154000019
Departemen : Teknik Fisika
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Optimisasi *Maintenance Cost* pada *Reliability Centered Maintenance* dengan Algoritma *Particle Swarm Optimization* pada *Oil Treating Plant* PT. SIPL” adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 30 Juli 2019
Yang membuat pernyataan,



Muhammad Ifaldi Shiddiq
NRP. 0231154000019

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

OPTIMISASI MAINTENANCE COST PADA RELIABILITY
CENTERED MAINTENANCE DENGAN ALGORITMA
PARTICLE SWARM OPTIMIZATION PADA OIL
TREATING PLANT PT. SIPL

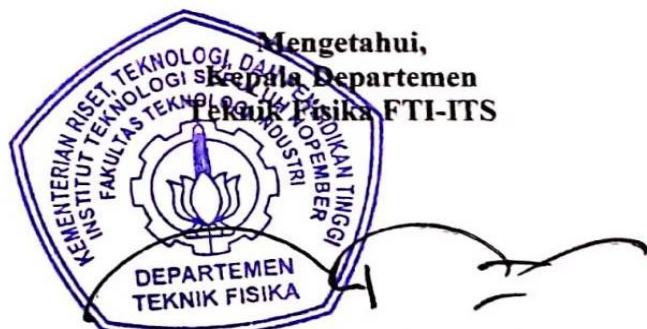
Oleh:

Muhammad Ifaldi Shiddiq
NRP 0231154000019

Surabaya, 30 Juli 2019

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Ronny Dwi Norivati, M.Kes.
NIPN. 19571126 198403 2 002



Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.
NIPN. 19780902 200312 1 002

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

**OPTIMISASI MAINTENANCE COST PADA RELIABILITY
CENTERED MAINTENANCE DENGAN ALGORITMA
PARTICLE SWARM OPTIMIZATION PADA OIL
TREATING PLANT PT. SIPL**

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

MUHAMMAD IFALDI SHIDDIQ
NRP. 0231154000019

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes.....(Pembimbing)
2. Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc.(Ketua Penguji)
3. Dr. Imam Abadi, S.T., M.T.(Penguji 1)

SURABAYA
Juli, 2019

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

**OPTIMISASI MAINTENANCE COST PADA RELIABILITY
CENTERED MAINTENANCE DENGAN ALGORITMA
PARTICLE SWARM OPTIMIZATION PADA OIL
TREATING PLANT PT. SIPL**

Nama : Muhammad Ifaldi Shiddiq
NRP : 0231154000019
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes.

ABSTRAK

Oil treating plant memiliki peran penting dalam mengolah *crude oil* agar sesuai dengan permintaan konsumen. Namun dalam masa operasinya komponen-komponen unit proses pada *oil treating plant* memiliki kemungkinan mengalami kegagalan. Selain itu, perusahaan-perusahaan terutama yang bergerak di bidang minyak bumi dan gas berupaya untuk mendapatkan *maintenance* yang baik dengan biaya *maintenance* serendah mungkin. Dalam tugas akhir ini bertujuan untuk menganalisis *reliability*, *availability*, *maintainability*, *preventive maintenance*, menentukan tindakan pencegahan yang sesuai, dan mendapatkan hasil *maintenance cost* yang optimal pada komponen penyusun *oil treating plant*. Langkah pertama yaitu menganalisis kuantitatif yang dilakukan dengan perhitungan *reliability*, *availability*, *maintainability*, dan *preventive maintenance* dari masing-masing komponen pada *oil treating plant*. Langkah kedua dengan menganalisis kualitatif menggunakan penjabaran FMEA dan dirangkum dalam RCM *decision diagram*. Langkah ketiga yaitu mengoptimisasi menggunakan algoritma *particle swarm optimization* dengan fungsi objektif berupa *maintenance cost*. *Reliability* pada saat mencapai penurunan 97% didapatkan pada komponen terlama yaitu komponen SDV 105 pada saat 29200 jam dan komponen tercepat yaitu pada komponen LT 108 pada saat 2250 jam. Berdasarkan perhitungan RBD pada *oil treating plant*

memiliki *reliability* 0,563237 pada saat 4500 jam operasi. Berdasarkan penjabaran FMEA dan RCM pada 14 komponen pada *oil treating plant*, tindakan pencegahan *scheduled on condition task* dilakukan pada komponen *level transmitter*, *temperature transmitter*, dan *shutdown valve*. Sedangkan tindakan pencegahan *scheduled restoration task* dilakukan pada *level valve* dan *temperature valve*. Optimisasi *maintenance cost* pada komponen-komponen *oil treating plant* dapat menghemat *maintenance cost* sebesar USD 3.496,47 atau dapat menghemat 9,8% dari 5 tahun perhitungan *maintenance cost* aktual.

Kata kunci : *Reliability, FMEA, RCM, maintenance cost, particle swarm optimization*

**OPTIMIZATION OF MAINTENANCE COST ON
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE WITH
PARTICLE SWARM OPTIMIZATION ALGORITHM ON OIL
TREATING PLANT IN PT. SIPL**

Name : **Muhammad Ifaldi Shiddiq**
NRP : **0231154000019**
Department : **Engineering Physics FTI-ITS**
Supervisor : **Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes.**

ABSTRACT

The oil treating plant has an important role in processing crude oil to customize with consumer demand. But in operation period, the process unit components in oil treating plant have possibility to failure. In addition, many companies mainly operated in oil and gas sector strive to get good maintenance with the lowest maintenance costs. The aim of this final project is to analyze reliability, availability, maintainability, preventive maintenance, determine the appropriate precautions, and to obtain optimum maintenance cost results on the components of the oil treating plant. The first step is quantitative analysis which carried out by calculating the reliability, availability, maintainability, and preventive maintenance of each component in the oil treating plant. The second step is qualitative analysis which uses the description of FMEA and is arranged in the RCM decision diagram. The third step is optimization using particle swarm optimization algorithm with objective functions in the form of maintenance costs. Reliability when it reaches a 97% decrease is obtained on the longest component SDV 105 which is 29200 hours, and shortest components is LT 108 which is 2250 hours. Based on calculation of RBD on oil treating plant has a reliability of 0.563237 at 4500 hours of operation. Based on the description of FMEA and RCM on 14 components in the oil treating plant, scheduled on condition task action are carried out on level

transmitter, temperature transmitter, and shutdown valve. While scheduled restoration task action are carried out on level valve and temperatuer valve. Maintenance cost optimization for oil treating plant components can save maintenance costs by USD 3,496.47 or can save 9.8% from 5 years of actual maintenance cost calculations.

Keywords : Reliability, FMEA, RCM, maintenance cost, particle swarm optimization

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, serta shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW, hingga terselesaikannya Tugas Akhir beserta Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Optimisasi Maintenance Cost pada Reliability Centered Maintenance dengan Algoritma Particle Swarm Optimization pada Oil Treating Plant PT. SIPL”**.

Penulis telah banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak dalam penyelesaian Tugas Akhir dan laporan Tugas Akhir ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Fisika.
2. Ibu Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes. selaku Dosen Pembimbing dan Kepala Laboratorium Pengukuran Fisis yang telah memberikan ilmu, petunjuk, dan nasihat.
3. Bapak Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc dan Dr. Imam Abadi, S.T., M.T selaku dosen penguji yang telah membimbing dan memberikan masukan sehingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
4. Ibu Dr. Katherin Indriawati, S.T., M.T. selaku dosen wali penulis yang telah membimbing penulis selama perkuliahan.
5. Seluruh dosen, karyawan dan civitas akademik Teknik Fisika FTI-ITS, terimakasih atas segala bantuan dan kerjasamanya.
6. Ibu Fitri, Bapak Arif Afandy, Bapak Risma, Bapak Rozi, dan segenap karyawan PT. SIPL terimakasih atas bantuan dan bimbingan selama mengambil data di PT. SIPL.
7. Bapak Efrizal dan Ibu Efa selaku orang tua serta keluarga terimakasih atas dukungan moril dan materiil yang telah diberikan.
8. Seluruh teman Tugas Akhir, terima kasih untuk semuanya.
9. Seluruh teman-teman satu angkatan F50 dan HMTF ITS 2016/2017 terimakasih atas kebersamannya selama 4 tahun menjalani perkuliahan.

10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya.

Penulis sadar bahwa penulisan laporan Tugas Akhir ini tidaklah sempurna, namun semoga laporan ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dan menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembaca, keluarga besar Teknik Fisika khususnya, dan civitas akademik ITS pada umumnya. Selain itu juga semoga dapat bermanfaat sebagai referensi pengerjaan laporan Tugas Akhir bagi mahasiswa yang lain.

Surabaya, 30 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK.....	xi
<i>ABSTRACT</i>	xiii
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxiii
DAFTAR NOTASI.....	xxv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Laporan.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 <i>Oil Treating Plant</i>	5
2.2 <i>Reliability</i>	6
2.3 <i>Availability</i>	7
2.4 <i>Maintainability</i>	8
2.5 <i>Failure Rate</i>	9
2.6 <i>Reliability Centered Maintenance</i>	10
2.7 <i>Preventive Maintenance</i>	15
2.8 <i>Reliability Block Diagram (RBD)</i>	16
2.9 <i>Maintenance Cost (Operational Cost)</i>	16
2.10 <i>Particle Swarm Optimization (PSO)</i>	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1 Studi Literatur.....	22
3.2 Identifikasi Sistem <i>Oil Treating Plant</i>	22
3.3 Pengumpulan Data <i>Maintenance Record Unit</i> Proses pada <i>Oil Treating Plant</i>	23
3.4 Penentuan Distribusi Kegagalan.....	23
3.5 Pengolahan Data Kuantitatif dan Kualitatif.....	26
3.6 Perhitungan <i>Maintenance Cost</i>	26

3.7	Optimisasi <i>Maintenance Cost</i> dengan Algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i>	27
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1	Analisis Kuantitatif pada <i>Oil Treating Plant</i>	29
4.2	Analisis Kualitatif pada <i>Oil Treating Plant</i>	80
4.3	Perhitungan <i>Maintenance Cost</i> pada <i>Oil Treating Plant</i>	89
4.4	Optimisasi <i>Maintenance Cost</i> dengan Algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i>	93
4.5	Pembahasan	95
BAB V	PENUTUP	99
5.1	Kesimpulan	99
5.2	Saran	99
DAFTAR PUSTAKA	.....	101
LAMPIRAN A	.....	103
LAMPIRAN B	.....	109
LAMPIRAN C	.....	111
LAMPIRAN D	.....	117
LAMPIRAN E	.....	131
LAMPIRAN F	.....	133
LAMPIRAN G	.....	135

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	<i>PFD Oil Treating Plant</i>	5
Gambar 2. 2	<i>Bathub Curve</i> [7].....	9
Gambar 2. 3	<i>RCM Decision Diagram</i>	11
Gambar 2. 4	Sistem dengan dan tanpa <i>Preventive Maintenance</i> [7].....	15
Gambar 2. 5	<i>Flowchart</i> Algoritma <i>Particle Swarm</i> <i>Optimization</i> Secara Umum.....	17
Gambar 3. 1	Diagram Alir Penelitian.....	21
Gambar 3. 2	Langkah Memasukkan Data TTF dalam Aplikasi Paket Pengolah Data.....	23
Gambar 3. 3	Langkah Memilih Menu <i>Distribution Wizard</i>	24
Gambar 3. 4	Langkah untuk Mendapatkan Peringkat Distribusi	24
Gambar 3. 5	Langkah untuk Mencari Nilai Parameter Distribusi	25
Gambar 3. 6	Hasil Nilai Parameter Distribusi.....	25
Gambar 4. 1	<i>Reliability</i> Komponen LT 108.....	30
Gambar 4. 2	<i>Failure Rate</i> Komponen LT 108	31
Gambar 4. 3	<i>Preventive Maintenance</i> Komponen LT 108.....	32
Gambar 4. 4	<i>Availability</i> Komponen LT 108.....	32
Gambar 4. 5	<i>Maintainability</i> Komponen LT 108.....	33
Gambar 4. 6	<i>Reliability</i> Komponen LT 138.....	33
Gambar 4. 7	<i>Failure Rate</i> Komponen LT 138	34
Gambar 4. 8	<i>Preventive Maintenance</i> Komponen LT 138.....	35
Gambar 4. 9	<i>Availability</i> Komponen LT 138.....	35
Gambar 4. 10	<i>Maintainability</i> Komponen LT 138.....	36
Gambar 4. 11	<i>Reliability</i> Komponen LT 151	37
Gambar 4. 12	<i>Failure Rate</i> Komponen LT 151	37
Gambar 4. 13	<i>Preventive Maintenance</i> Komponen LT 151	38
Gambar 4. 14	<i>Availability</i> Komponen LT 151	39
Gambar 4. 15	<i>Maintainability</i> Komponen LT 151.....	39
Gambar 4. 16	<i>Reliability</i> Komponen TT 121	40
Gambar 4. 17	<i>Failure Rate</i> Komponen TT 121	41

Gambar 4. 18	<i>Preventive Maintenance</i> Komponen TT 121	41
Gambar 4. 19	<i>Availability</i> Komponen TT 121	42
Gambar 4. 20	<i>Maintainability</i> Komponen TT 121	42
Gambar 4. 21	<i>Reliability</i> Komponen TT 221	44
Gambar 4. 22	<i>Failure rate</i> Komponen TT 221	45
Gambar 4. 23	<i>Preventive Maintenance</i> Komponen TT 221	45
Gambar 4. 24	<i>Availability</i> Komponen TT 221	46
Gambar 4. 25	<i>Maintainability</i> Komponen TT 221	46
Gambar 4. 26	<i>Reliability</i> Komponen LV 108 A.....	47
Gambar 4. 27	<i>Failure Rate</i> Komponen LV 108 A.....	48
Gambar 4. 28	<i>Preventive Maintenance</i> Komponen LV 108 A..	49
Gambar 4. 29	<i>Availability</i> Komponen LV 108 A.....	49
Gambar 4. 30	<i>Maintainability</i> Komponen LV 108 A.....	50
Gambar 4. 31	<i>Reliability</i> Komponen LV 108 B	50
Gambar 4. 32	<i>Failure Rate</i> Komponen LV 108 B	51
Gambar 4. 33	<i>Preventive Maintenance</i> Komponen LV 108 B..	52
Gambar 4. 34	<i>Availability</i> Komponen LV 108 B.....	53
Gambar 4. 35	<i>Maintainability</i> Komponen LV 108 B.....	53
Gambar 4. 36	<i>Reliability</i> Komponen LV 138 A.....	54
Gambar 4. 37	<i>Failure Rate</i> Komponen LV 138 A.....	55
Gambar 4. 38	<i>Preventive Maintenance</i> Komponen LV 138 A..	56
Gambar 4. 39	<i>Availability</i> Komponen LV 138 A.....	56
Gambar 4. 40	<i>Maintainability</i> Komponen LV 138 A.....	57
Gambar 4. 41	<i>Reliability</i> Komponen LV 138 B	58
Gambar 4. 42	<i>Failure Kate</i> Komponen LV 138 B	58
Gambar 4. 43	<i>Preventive Maintenance</i> Komponen LV 138 B..	59
Gambar 4. 44	<i>Availability</i> Komponen LV 138 B.....	60
Gambar 4. 45	<i>Maintainability</i> Komponen LV 138 B.....	60
Gambar 4. 46	<i>Reliability</i> Komponen LV 151	61
Gambar 4. 47	<i>Failure Rate</i> Komponen LV 151	62
Gambar 4. 48	<i>Preventive Maintenance</i> Komponen LV 151.....	63
Gambar 4. 49	<i>Availability</i> Komponen LV 151	63
Gambar 4. 50	<i>Maintainability</i> Komponen LV 151	64
Gambar 4. 51	<i>Reliability</i> Komponen TV 121	65
Gambar 4. 52	<i>Failure Rate</i> Komponen TV 121	66
Gambar 4. 53	<i>Preventive Maintenance</i> Komponen TV 121.....	67

Gambar 4. 54	<i>Availability</i> Komponen TV 121	67
Gambar 4. 55	<i>Maintainability</i> Komponen TV 121	68
Gambar 4. 56	<i>Reliability</i> Komponen TV 221	69
Gambar 4. 57	<i>Failure Rate</i> Komponen TV 221.....	70
Gambar 4. 58	<i>Preventive Maintenance</i> Komponen TV 221	71
Gambar 4. 59	<i>Availability</i> Komponen TV 221	71
Gambar 4. 60	<i>Maintainability</i> Komponen TV 221	72
Gambar 4. 61	<i>Reliability</i> Komponen SDV 105.....	73
Gambar 4. 62	<i>Failure Rate</i> Komponen SDV 105	73
Gambar 4. 63	<i>Preventive Maintenance</i> Komponen SDV 105... ..	74
Gambar 4. 64	<i>Availability</i> Komponen SDV 105.....	74
Gambar 4. 65	<i>Maintainability</i> Komponen SDV 105.....	75
Gambar 4. 66	<i>Reliability</i> Komponen SDV 140.....	76
Gambar 4. 67	<i>Failure Rate</i> Komponen SDV 140	77
Gambar 4. 68	<i>Preventive Maintenance</i> Komponen SDV 140... ..	78
Gambar 4. 69	<i>Availability</i> Komponen SDV 140.....	78
Gambar 4. 70	<i>Maintainability</i> Komponen SDV 140.....	79
Gambar 4. 71	<i>Reliability Oil Treating Plant</i>	80
Gambar 4. 72	Hasil Optimisasi <i>Maintenance Cost</i> dengan Algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i>	93

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Contoh Penyusunan Tabel FMEA	12
Tabel 3. 1 Komponen-Komponen pada <i>Oil Treating Plant</i>	22
Tabel 3. 2 Harga C_{CM} dan C_T pada Komponen <i>Oil Treating Plant</i> [13] [15].....	26
Tabel 4. 1 FMEA pada Node HP <i>Flash Separator</i>	81
Tabel 4. 2 RCM <i>Decision Worksheet</i> pada Node HP <i>Flash Separator</i>	82
Tabel 4. 3 FMEA pada Node HP <i>Flash Liquid Heater</i>	83
Tabel 4. 4 RCM <i>Decision Diagram</i> pada Node HP <i>Flash Liquid Heater</i>	85
Tabel 4. 5 FMEA pada Node LP <i>Electrostatic Treater</i>	86
Tabel 4. 6 RCM <i>Decision Diagram</i> pada LP <i>Electrostatic Treater</i>	87
Tabel 4. 7 FMEA pada Node <i>Atmospheric Flash Separator</i>	88
Tabel 4. 8 RCM <i>Decision Diagram</i> pada Node <i>Atmospheric Flash Separator</i>	89
Tabel 4. 9 Perhitungan C_{PM} pada <i>Oil Treating Plant</i>	90
Tabel 4. 10 Perhitungan C_{CM} pada Komponen <i>Oil Treating Plant</i>	90
Tabel 4. 11 Perhitungan C_T pada Komponen <i>Oil Treating Plant</i>	91
Tabel 4. 12 Perhitungan C_{OP} Komponen <i>Oil Treating Plant</i>	92
Tabel 4. 13 Perbandingan Nilai T_i dan M Sebelum dan Sesudah Optimisasi Selama 5 tahun.....	94
Tabel 4. 14 Hasil <i>Maintenance Cost</i> Setelah Dioptimisasi.....	94
Tabel C. 1 <i>Maintenance Record</i> Komponen LT 108.....	111
Tabel C. 2 <i>Maintenance Record</i> Komponen LV 108 A.....	111
Tabel C. 3 <i>Maintenance Record</i> Komponen LV 108 B.....	111
Tabel C. 4 <i>Maintenance Record</i> Komponen SDV 105.....	112
Tabel C. 5 <i>Maintenance Record</i> Komponen TT 121.....	112
Tabel C. 6 <i>Maintenance Record</i> Komponen TV 121.....	112
Tabel C. 7 <i>Maintenance Record</i> Komponen TT 221.....	113
Tabel C. 8 <i>Maintenance Record</i> Komponen TV 221.....	113
Tabel C. 9 <i>Maintenance Record</i> Komponen LT 138.....	113

Tabel C. 10	<i>Maintenance Record</i> Komponen LV 138 A.....	114
Tabel C. 11	<i>Maintenance Record</i> Komponen LV 138 B.....	114
Tabel C. 12	<i>Maintenance Record</i> Komponen SDV 140.....	114
Tabel C. 13	<i>Maintenance Record</i> Komponen LT 151.....	115
Tabel C. 14	<i>Maintenance Record</i> Komponen LV 151.....	115
Tabel D. 1	Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada LT 108.....	117
Tabel D. 2	Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada LV 108 A	117
Tabel D. 3	Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada LV 108 B.....	118
Tabel D. 4	Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada SDV 105.....	119
Tabel D. 5	Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada TT 121	120
Tabel D. 6	Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada TV 121	121
Tabel D. 7	Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada TT 221.....	122
Tabel D. 8	Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada TV 221	123
Tabel D. 9	Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada LT 138.....	124
Tabel D. 10	Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada LV 138 A	125
Tabel D. 11	Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada LV 138 B.....	126
Tabel D. 12	Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada SDV 140.....	126
Tabel D. 13	Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada LT 151.....	127
Tabel D. 14	Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada LV 151	129

DAFTAR NOTASI

$R(t)$	: Reliability function
$F(t)$	: Cumulative Distribution Function (CDF)
$f(t)$	: Probability Density Function (PDF)
$M(t)$	: Maintainability function
$A(t)$	: Availability function
f	: Banyaknya kegagalan dalam satuan waktu operasi
T	: Total waktu operasi
t	: Waktu (variabel)
μ	: Rata-rata
σ	: Simpangan baku
β	: Parameter bentuk (<i>shape</i> parameter)
η	: Parameter skala (<i>scale</i> parameter)
γ	: Parameter lokasi (<i>location</i> parameter)
$R_m(t)$	: Reliability cumulative
C_{PM}	: Preventive maintenance cost
C_T	: Test cost
C_{CM}	: Corrective maintenance cost
C_{OP}	: Operational cost
N	: Jumlah instrumen/peralatan
λ_T	: Total failure rate
M	: Frekuensi maintenance tiap komponen
T_i	: Time interval
R_P	: Reliability paralel
R_S	: Reliability seri
v_i^k	: Kecepatan partikel i pada iterasi k
ω	: Fungsi pemberat (<i>inertia</i>)
$c_{1,2}$	: Faktor pembelajaran kognitif dan sosial
$rand_{1,2}$	: Nilai acak antara nol (0) dan satu (1)
p_{best}	: Nilai terbaik dari partikel i
g_{best}	: Nilai p_{best} terbaik dari kawanan
ω_{max}	: Nilai pemberat (<i>inertia</i>) awal
ω_{min}	: Nilai pemberat (<i>inertia</i>) akhir
$iter_{max}$	: Jumlah iterasi maksimal

$iter$: Jumlah iterasi terakhir
 Si^{k+1} : Posisi partikel terkini
 Si^k : Posisi partikel sebelumnya
 vi^{k+1} : Kecepatan partikel terkini
 W_{max} : *Initial weight*
 W_{min} : *Final weight*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki berbagai macam sumber daya alam. Salah satu kebutuhan sumber daya alam yang vital di Indonesia yaitu bahan bakar minyak. Tercatat pencapaian produksi minyak dan kondensat nasional mencapai 801,39 ribu MBOPD [1]. Salah satu perusahaan yang memproduksi minyak di Indonesia adalah PT. Saka Indonesia Pangkah Limited (PT. SIPL). PT. SIPL merupakan anak perusahaan dari PGN (Perusahaan Gas Negara) yang merupakan operator lapangan minyak dan gas bumi di blok pangkah yang terletak di perairan ujung pangkah, Gresik, Jawa Timur dengan luas wilayah sekitar 784 km². Lingkup operasi PT. SIPL mencakup fasilitas pengolahan darat (*onshore processing facility*) dan anjungan lepas pantai WHP A, WHP B, CPP (*Compression Processing Platform*) dan AUP (*Accommodation Utility Platform*). Fasilitas pengolahan darat terdiri dari fasilitas pengolahan gas, minyak dan LPG, *jetty* dan perpipaan yang berlokasi di kawasan industri maspion dengan luas 30 hektar.

Salah satu fasilitas yang dimiliki PT. SIPL yaitu *oil treating plant*. Pada *oil treating plant*, *crude oil* yang akan dikirimkan ke konsumen terlebih dahulu dibuat agar sesuai dengan spesifikasi yang diminta. Beberapa unit proses yang digunakan dalam pengolahan minyak adalah *HP flash separator*, *HP flash liquid heater*, *LP electrostatic treater*, dan *atmospheric flash separator*. Minyak dan air yang keluar dari *slug catcher* akan dialirkan ke unit-unit proses pada fasilitas pengolahan minyak untuk dipisahkan antara minyak dan *liquid* sehingga didapatkan minyak yang akan dijual ke konsumen.

Oil treating plant memiliki peran penting dalam mengolah *crude oil* agar sesuai dengan permintaan konsumen. Namun dalam masa operasinya komponen-komponen unit proses pada *oil treating plant* memiliki kemungkinan mengalami kegagalan. Beberapa komponen seperti *separator* dapat mengalami kegagalan yang berakibat terjadinya *downtime* pada *oil plant* [2]. Sehingga

dibutuhkan suatu metode untuk mengetahui komponen-komponen unit proses pada *oil treating plant* yang sering mengalami kegagalan dan perbaikan.

Reliability centered maintenance merupakan sebuah proses khusus yang digunakan untuk menentukan kebutuhan *maintenance* suatu aset fisik pada konteks operasi [3]. Pada penelitian sebelumnya, *reliability centered maintenance* telah diterapkan dalam mengembangkan strategi *maintenance* pada sistem transmisi sehingga dapat menganalisis fungsi dan potensi kegagalan pada komponen transmisi [4].

Selain itu, perusahaan-perusahaan terutama yang bergerak di bidang minyak bumi dan gas berupaya untuk mendapatkan *maintenance* yang baik dengan biaya *maintenance* serendah mungkin. Sehingga dibutuhkan teknik optimisasi yang dapat meningkatkan *time interval* sehingga dapat menekan biaya *maintenance*. *Particle Swarm Optimization* (PSO) merupakan sebuah algoritma yang memiliki model matematis berdasarkan perilaku mencari makanan kawanan burung. Burung akan mencari makanannya sendiri dan bekerjasama dengan kawanannya secara acak di suatu area. Burung-burung tersebut tidak dapat mengetahui di mana makanan tersebut namun dapat mengetahui seberapa jauh makanan tersebut pada setiap iterasi. Sehingga cara terbaik untuk menemukan makanan tersebut yaitu dengan mengikuti burung yang terdekat dengan makanan tersebut [5]. Penelitian sebelumnya telah dilakukan optimisasi untuk meminimalkan *maintenance cost* pada sistem *manufacturing* dengan mengevaluasi *interval* PM optimal [6].

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menganalisis *reliability*, *availability*, *maintainability*, dan *preventive maintenance* pada komponen penyusun *oil treating plant*?
2. Bagaimana menentukan tindakan pencegahan yang sesuai pada komponen penyusun *oil treating plant*?

3. Bagaimana mendapatkan hasil *maintenance cost* yang optimal pada komponen penyusun *oil treating plant*?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk menganalisis *reliability, availability, maintainability, dan preventive maintenance* pada komponen penyusun *oil treating plant*.
2. Untuk menentukan tindakan pencegahan yang sesuai pada komponen penyusun *oil treating plant*.
3. Untuk mendapatkan hasil *maintenance cost* yang optimal pada komponen penyusun *oil treating plant*.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. *Plant* yang dijadikan objek penelitian yaitu komponen-komponen pada *oil treating plant* pada PT. SIPL.
2. Metode kualitatif menggunakan teknik observasi, diskusi, dan wawancara dengan narasumber terkait di perusahaan sehingga hasilnya akan dirancang dalam *RCM decision diagram*.
3. Metode kuantitatif menggunakan data *maintenance record* setiap komponen *oil treating plant* pada rentang tahun 2008-2019.
4. Algoritma yang digunakan untuk optimisasi *maintenance cost* yaitu dengan *particle swarm optimization*.

1.5 Sistematika Laporan

Adapun sistematika laporan pada laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Bab I terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika laporan.

BAB II Dasar Teori

Bab II terdiri dari teori-teori yang mendukung tugas akhir ini meliputi *reliability*, *availability*, *maintainability*, RCM, *maintenance cost*, dan *particle swarm optimization*.

BAB III **Metodologi Penelitian**

Bab III terdiri dari langkah-langkah yang dilakukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

BAB IV **Hasil dan Pembahasan**

Bab IV terdiri dari analisis kuantitatif dan kualitatif pada komponen *oil treating plant*, perhitungan *maintenance cost*, dan optimisasi *maintenance cost* dengan algoritma *particle swarm optimization*.

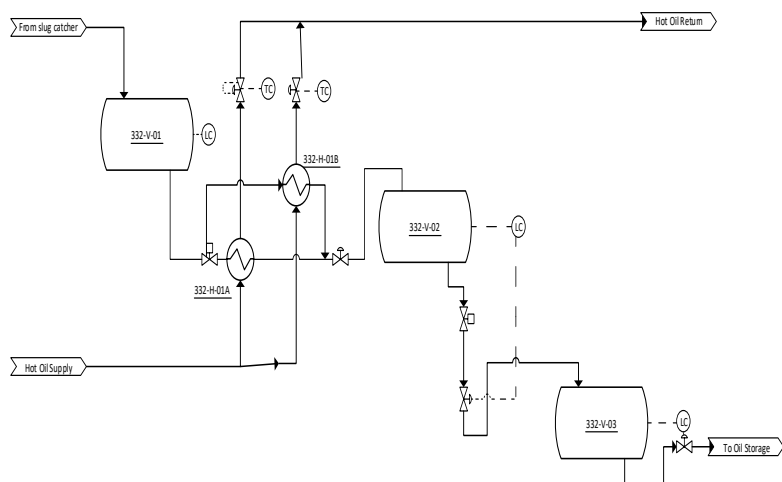
BAB V **Penutup**

Bab V terdiri dari kesimpulan dan saran selama melakukan tugas akhir sehingga untuk penelitian kedepannya agar lebih baik.

BAB II DASAR TEORI

2.1 *Oil Treating Plant*

PT. Saka Indonesia Pangkah Limited (PT. SIPL) didirikan pada 27 Juni 2011 sebagai perusahaan yang berfokus di bidang *upstream oil and gas* yang merupakan anak perusahaan dari PT. Perusahaan Gas Negara (PGN) yang berlokasi di Kawasan Industri Maspion, Gresik, Jawa Timur dengan produksi minyak, gas, dan LPG masing-masing sebesar 4.582 BOPD, 45,23 MMCFD, dan 115,26 MTPD. Fasilitas Pangkah terdiri dari *offshore* dan *onshore*. Fasilitas *offshore* meliputi *Well Head Platform (WHP) A dan B, Central Processing Platform (CPP) dan Accomodation and Utility Platform (AUP)*. Sedangkan fasilitas *onshore* meliputi *Oil Treatment Facility (OTF), Gas Processing Facility (GPF) dan Liquefied Petroleum Gas Facility (LPGF)*.



Gambar 2. 1 PFD *Oil Treating Plant*

Salah satu fasilitas *onshore* yang dimiliki oleh PT. SIPL adalah *oil treatment facility* atau *oil treating plant* yang

ditampilkan pada Gambar 2.1. *Oil treating plant* merupakan fasilitas untuk mengolah *crude oil* yang akan dikirimkan ke konsumen agar sesuai dengan spesifikasi yang diminta. Beberapa unit proses utama yang digunakan dalam pengolahan minyak adalah HP *flash separator*, HP *flash liquid heater*, LP *electrostatic treater*, dan *atmospheric flash separator*. HP *flash separator* berfungsi untuk memisahkan gas, hidrokarbon cair, dan air pada fase cair yang berasal dari *slug catcher* sehingga minyak yang telah terpisahkan dialirkan ke HP *flash liquid heater*. HP *flash separator* beroperasi pada *pressure* 11,7 barg dan *temperature* 63°C. HP *flash liquid heater* yang terdiri dari dua *heat exchanger* berfungsi untuk memanaskan cairan yang akan masuk ke LP *electrostatic treater*. HP *flash liquid heater* beroperasi pada *pressure* 11,7 barg dan *temperature in/out* 57,7/73,3 °C serta *duty* 2 x 1013 kW. LP *electrostatic treater* berfungsi untuk memisahkan gas, hidrokarbon cair, dan air yang berasal dari uap cair yang keluar dari HP *flash liquid heater* sehingga minyak akan diteruskan ke *atmospheric flash separator*. LP *electrostatic treater* beroperasi pada *pressure* 3,4 barg dan *temperature* 67°C. *Atmospheric flash separator* berfungsi untuk memisahkan gas dan hidrokarbon cair dari cairan yang berasal dari LP *electrostatic treater*. *Atmospheric flash separator* beroperasi pada *pressure* ATM barg dan *temperature* 47,1°C.

2.2 Reliability

Reliability atau keandalan merupakan kemungkinan dari suatu komponen atau sistem untuk dapat beroperasi atau melaksanakan fungsinya. Nilai fungsi *reliability* merupakan nilai probabilitas, maka nilai fungsi *reliability* (R) bernilai $0 \leq R(t) \leq 1$. Fungsi *reliability* dinotasikan sebagai R(t) dari sistem jika dipakai selama t satuan waktu. Konsep waktu dalam *reliability* adalah TTF (*time to failure*). TTF sebagai waktu yang dilalui komponen saat mulai beroperasi sampai mengalami kegagalan. Perhitungan nilai keandalan secara umum, menggunakan persamaan berikut ini [7].

$$R(t) = 1 - F(t) = \int_0^{\infty} f(t)dt \quad (2.1)$$

- Distribusi normal

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (2.2)$$

- Distribusi *lognormal*

$$R(t) = 1 - \int_0^t \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right)^2\right] dt \quad (2.3)$$

- Distribusi *weibull*

- Dua parameter :

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right] \quad (2.4)$$

- Tiga parameter

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^\beta\right] \quad (2.5)$$

- Distribusi eksponensial

$$R(t) = e^{-\lambda(t\gamma)} \quad (2.6)$$

2.3 Availability

Availability adalah kemungkinan sebuah komponen untuk menjalankan fungsinya (dengan berbagai aspek keandalan, kemampurawatan, dukungan perawatan). *Availability* juga dapat diartikan sebagai ketersediaan suatu komponen dalam kurun waktu tertentu. *Availability* yang berubah terhadap waktu dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini [7]:

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

2.4 Maintainability

Maintainability merupakan kemungkinan suatu komponen yang rusak untuk diperbaiki pada keandalan semula dalam kurun waktu tertentu, sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan. *Maintainability* mempunyai rumus yang berbeda-beda pada setiap distribusi datanya. Nilai *maintainability* dapat ditulis seperti persamaan berikut ini [7]:

- Distribusi normal

$$M(t) = \varphi \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right) \quad (2.8)$$

- Distribusi *lognormal*

$$M(t) = \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(t-\mu)}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (2.9)$$

- Distribusi *weibull*

- Dua parameter :

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

- Tiga parameter

$$M(t) = 1 - \exp \left[-\left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta \right] \quad (2.11)$$

- Distribusi eksponensial

$$M(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{MTTR} \right)} \quad (2.12)$$

2.5 Failure Rate

Failure rate merupakan banyaknya kegagalan per waktu. *Failure rate* merupakan jumlah total kegagalan dalam suatu populasi dibagi dengan total waktu yang dikeluarkan oleh populasi tersebut sehingga memiliki persamaan [8]:

$$\lambda = \frac{f}{T} \quad (2.13)$$

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} \quad (2.14)$$

- Distribusi normal dan *lognormal*

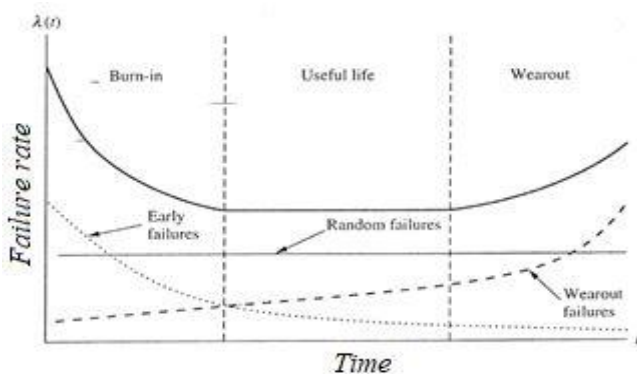
$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.15)$$

- Distribusi eksponensial

$$\lambda(t) = \lambda \quad (2.16)$$

- Distribusi *weibull*

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t-\gamma}{\theta} \right)^{\beta-1} \quad (2.17)$$



Gambar 2. 2 Bathub Curve [7]

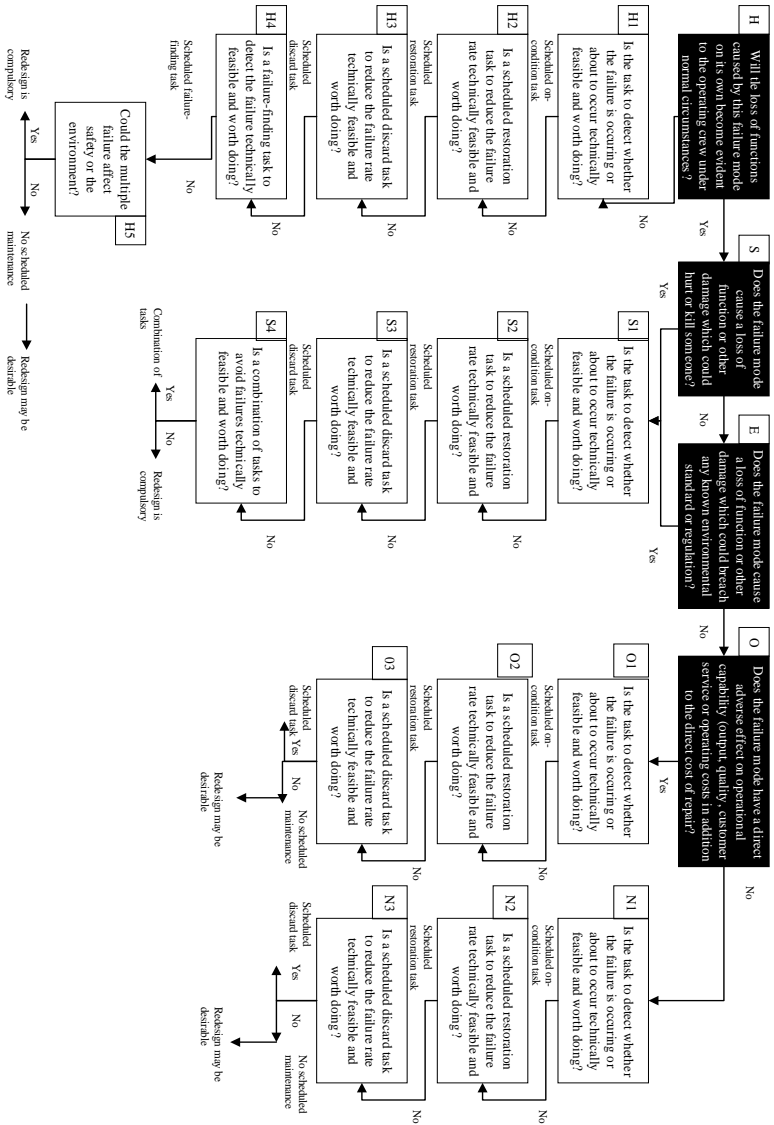
Berdasarkan Gambar 2.2 *failure rate* dapat dikategorikan menjadi *Decrease Failure Rate* (DFR), *Constant Failure Rate* (CFR), dan *Increase Failure Rate* (IFR). Pada distribusi *weibull*, *beta* (β) merupakan *shape parameter*, yang menentukan jenis distribusi. Jika nilai $0 < \beta < 1$, maka bentuk kurva kegagalan termasuk ke dalam kategori *decrease failure rate*. Jika nilai $\beta > 2$ maka bentuk dari kurva kegagalan termasuk ke dalam kategori *increase failure rate* [7].

2.6 *Reliability Centered Maintenance*

Reliability centered maintenance adalah sebuah proses khusus yang digunakan untuk mengidentifikasi kebijakan yang harus diimplementasikan untuk mengatur mode kegagalan yang dapat menyebabkan kegagalan fungsional setiap aset fisik dalam konteks operasi yang diberikan [9].

Terdapat tujuh pertanyaan terkait aset yang sedang diteliti, yaitu [3]:

- Apakah fungsi dan standar kinerja terkait aset dalam konteks operasi saat ini (*system functions*)?
- Bagaimana aset tersebut gagal dalam memenuhi fungsinya (*functional failure*)?
- Apa yang menyebabkan kegagalan fungsi masing-masing aset (*failure modes*)?
- Apa yang terjadi ketika terjadi kegagalan pada masing-masing aset (*failure effect*)?
- Bagaimana masing-masing kerusakan tersebut terjadi (*failure consequences*)?
- Apa yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegah masing-masing kegagalan (*proactive task and task interval*)?
- Apa yang harus dilakukan jika tugas proaktif yang sesuai tidak ditemukan (*default action*)?



Gambar 2.3 RCM Decision Diagram

2.6.1 *Functions and Functional Failure*

Function and functional failure merupakan proses *reliability centered maintenance* yang menentukan fungsi setiap aset dalam konteks operasi yang bersamaan dengan standar kinerja yang diinginkan oleh *users*. *Functional failure* adalah ketidakmampuan aset dalam memenuhi fungsi sesuai standar kinerja yang diterima oleh *user*. Adapun ekspektasi *users* terhadap apa yang dapat dilakukan aset dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu [3]:

- *Primary function*, yaitu meringkas mengapa aset didapatkan pada urutan pertama. Adapun kategori dari fungsi ini meliputi kecepatan, keluaran, kapasitas muat dan penyimpanan, kualitas produk, dan pelayanan pelanggan.
- *Secondary Function*, yaitu mengenali setiap aset yang diharapkan dapat melakukan lebih dari fungsi utamanya, seperti keselamatan, kenyamanan, ekonomi, efisiensi operasi, pemenuhan regulasi lingkungan, dan tampilan dari aset.

2.6.2 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Failure mode merupakan segala peristiwa yang menyebabkan kegagalan fungsional. Sedangkan *failure effect* menjelaskan apa yang terjadi ketika *mode* kegagalan terjadi. Adapun contoh penjabaran FMEA seperti pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Contoh Penyusunan Tabel FMEA

<i>Failure Mode</i>		<i>Failure Effect</i>
1	<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> .

Tabel 2. 1 Contoh Penyusunan Tabel FMEA

<i>Failure Mode</i>		<i>Failure Effect</i>
2	Kemacetan pada <i>gearbox bearing</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. Persiapan penggantian <i>bearing</i> yang baru dilakukan di <i>workshop</i> .
3	<i>Gearbox</i> macet karena kekurangan oli	Motor berhenti dan alarm berbunyi di control room. Dibutuhkan waktu 3 jam (<i>downtime</i>) untuk mengganti <i>gearbox</i> yang macet dengan cadangan. <i>Gearbox</i> yang macet akan dibuang.

2.6.3 *Failure Consequences*

Failure consequences merupakan langkah untuk menganalisis proses *reliability centered maintenance*. *Failure consequences* mengidentifikasi bagaimana setiap *mode* kegagalan penting [10]. Proses *reliability centered maintenance* mengklasifikasikan *consequences* ke dalam empat grup, yaitu [3]:

- *Hidden failure consequences*, di mana kegagalan tersembunyi tidak memiliki dampak langsung namun dapat mengakibatkan kegagalan berlipat.
- *Safety and environmental consequences*, jika dapat melukai dan membunuh manusia dan melanggar standar lingkungan.
- *Operational consequences*, jika akibat mempengaruhi produksi (keluaran, kualitas produk, pelayanan konsumen atau biaya operasional).

- *Non-operational consequences*, jika kegagalan nyata tidak mempengaruhi keselamatan atau produksi sehingga hanya melibatkan biaya perbaikan.

2.6.4 *Proactive Task and Intervals*

Proactive task and intervals merupakan langkah untuk menganalisis proses *reliability centered maintenance*. Dalam *reliability centered maintenance*, *proactive task* terbagi menjadi tiga kategori, yaitu [3]:

- *Scheduled restoration tasks*
Scheduled restoration task memerlukan *remanufacturing* komponen atau *overhauling* tanpa menghiraukan kondisi pada saat itu.
- *Scheduled discard tasks*
Scheduled discard task yang memerlukan penggantian komponen sesaat atau sebelum batas umur tanpa menghiraukan kondisi pada saat itu. Kedua tugas di atas termasuk ke dalam *preventive maintenance*.
- *Scheduled on-condition tasks*
Scheduled on-condition tasks digunakan untuk mendeteksi kegagalan potensial sehingga dapat dilakukan penanganan untuk menghindari akibat kegagalan fungsional dan mendeteksi tanda-tanda kegagalan yang akan terjadi.

2.6.5 *Default Actions*

Default action adalah langkah untuk menganalisis *reliability centered maintenance* apabila *proactive task* tidak dapat ditemukan yang layak digunakan. *Default actions* terbagi menjadi tiga kategori utama, yaitu [3]:

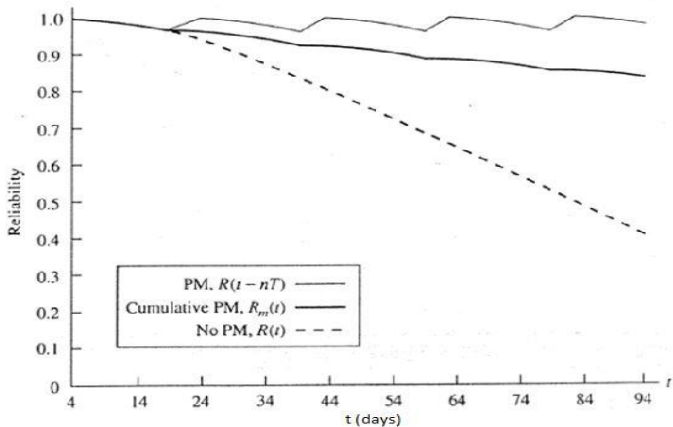
- *Failure-finding*
Pada kategori *failure-finding* memerlukan pemeriksaan fungsi tersembunyi (*hidden function*) secara periodik untuk menentukan apakah komponen tersebut sudah gagal.

- *Redesign*
Pada kategori *redesign* memerlukan membuat ada perubahan untuk kapabilitas sistem.
- *No scheduled maintenance*
Pada kategori ini tidak berusaha untuk mencegah *mode* kegagalan sehingga kegagalan dibiarkan terjadi agar diperbaiki.

2.7 Preventive Maintenance

Preventive maintenance merupakan praktek pemeliharaan perawatan untuk mencegah masalah *maintenance* atau *failure* sebelum terjadi dengan melakukan *maintenance* rutin [11]. Prinsip dasar dari *preventive maintenance* melibatkan tugas *maintenance* yang ditentukan sebelumnya dari fungsionalis dan umur komponen sehingga tugas tersebut direncanakan sebelum terjadi kegagalan [12]. Jika $R(t)$ merupakan sistem tanpa *maintenance*, T merupakan *interval* waktu antara *preventive maintenance*, dan R_m merupakan *reliability* dengan *preventive maintenance*, maka [7]:

$$R_m(t) = R(T)^n R(t - nT) \quad (2.18)$$



Gambar 2. 4 Sistem dengan dan tanpa *Preventive Maintenance* [7]

2.8 *Reliability Block Diagram (RBD)*

Komponen dalam suatu sistem mempunyai dua macam konfigurasi, yaitu konfigurasi seri dan konfigurasi paralel. Suatu konfigurasi dikatakan seri jika memiliki fungsi yang berkaitan dengan sistem lain sehingga jika salah satu komponen mengalami kegagalan, maka sistem tersebut akan gagal. Sedangkan suatu konfigurasi disebut paralel jika dapat berfungsi salah satu dari sistem tersebut (*redundant*). Sehingga persamaan konfigurasi seri dan paralel adalah sebagai berikut [7]:

$$R_s(t) = R_1(t) \times R_2(t) \times \dots \times R_n(t) \quad (2.19)$$

$$R_p(t) = 1 - (1 - R_1)(1 - R_2) \dots (1 - R_n) \quad (2.20)$$

2.9 *Maintenance Cost (Operational Cost)*

Dalam menghitung *maintenance cost*, diperlukan perhitungan biaya *preventive maintenance*, biaya *testing maintenance*, dan biaya *corrective maintenance* [13]. Biaya *preventive maintenance* didapat dari biaya tenaga kerja dan *treatment cost*. Biaya *testing maintenance* didapat dari instrumen yang diuji untuk memastikan apakah masih bekerja pada kinerja yang diinginkan. Sedangkan biaya *corrective maintenance* didapat dari hasil biaya yang dibutuhkan untuk perbaikan komponen saat terjadi kerusakan. Sehingga *maintenance cost* dapat dirumuskan sebagai berikut [13]:

$$C_{OP} = C_{PM} + C_T + C_{CM} \quad (2.21)$$

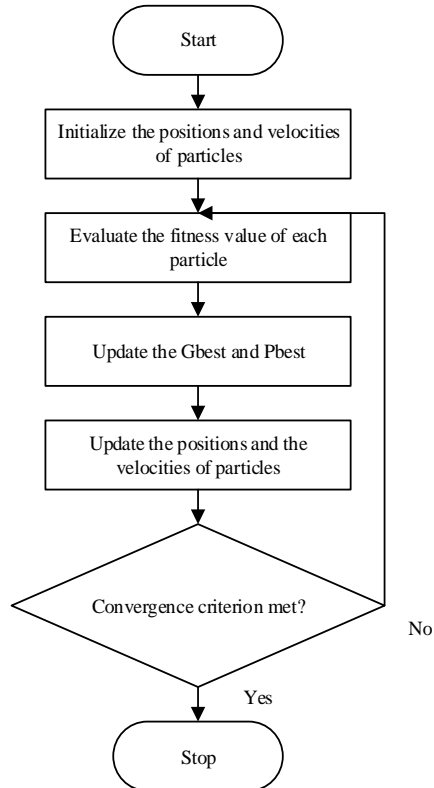
$$C_{PM} = M \times C_{pm} \times N \quad (2.22)$$

$$C_T = \frac{1}{T_i} \times C_t \times N \quad (2.23)$$

$$C_{CM} = \lambda_T \times C_{cm} \times N \quad (2.24)$$

2.10 Particle Swarm Optimization (PSO)

Particle Swarm Optimization (PSO) merupakan algoritma optimisasi stokastik yang memiliki model matematis berdasarkan perilaku mencari makanan kawanan burung. Burung mencari makanan dengan berkelompok sehingga diasumsikan bahwa informasi dimiliki bersama oleh kawanan burung tersebut [4].



Gambar 2.5 Flowchart Algoritma Particle Swarm Optimization Secara Umum

Burung akan mencari makanannya sendiri dan bekerjasama dengan kawannya secara acak di suatu area. Burung-burung tersebut tidak dapat mengetahui di mana makanan tersebut namun

dapat mengetahui seberapa jauh makanan tersebut pada setiap iterasi. Sehingga cara terbaik untuk menemukan makanan yaitu dengan mengikuti burung yang terdekat dengan makanan tersebut. Setiap burung belajar dari pengalamannya sendiri dan burung lain. Burung-burung tersebut diasumsikan sebagai partikel dalam algoritma PSO sehingga setiap partikel mewakili solusi dalam pencarian. Lokasi burung menemukan makanan diwakili dengan *global optimum* (G_{best}). Setiap partikel (burung) mempunyai nilai *fitness* yang dievaluasi oleh fungsi evaluasi. Nilai *fitness* dan *velocity* digunakan untuk mengatur arah terbang sesuai pengalaman terbaik untuk mencari G_{best} dalam ruang pencarian. Setiap partikel (burung) menyimpan jejak koordinat dengan solusi terbaik. Sehingga koordinat terbaik yang dicapai sebuah partikel (burung) saat tercapainya nilai *fitness* terbaik disebut dengan P_{best} [5]. Adapun cara kerja algoritma *particle swarm optimization* sebagaimana pada Gambar 2.5.

Dalam lingkup pencarian dimensi N_c , setiap partikel bergerak menuju titik optimal dengan mengubah posisinya sesuai dengan kecepatannya. Untuk merumuskan N_c terdapat partikel yang memiliki dua vektor yang berkaitan yaitu vektor posisi (P) dan vektor kecepatan (V). Jika P_j adalah partikel dalam total populasi, posisi partikel ke- j yaitu $P_j=(P_{j1}, P_{j2}, P_{j3}, P_{ji}, \dots, P_{jNc})$. Posisi terbaik sebelumnya pada partikel ke- j disimpan dan diwakili $P_{best,j}=P_{best,j1}, P_{best,j2}, \dots, P_{best,ji}, \dots, P_{best,jNc}$. Semua P_{best} dievaluasi dengan *fitness function* dan partikel optimal keseluruhan P_{best} menjadi G_{best} . Kecepatan partikel ke- j dinyatakan dengan $V_j=(V_{j1}, V_{j2}, \dots, V_{ji}, \dots, V_{jNc})$. Kecepatan yang telah diubah dari setiap partikel dihitung dari kecepatan saat ini, jarak antara posisi saat ini dengan P_{best} , dan jarak antara posisi saat ini dengan G_{best} . Sehingga dapat dirumuskan dengan persamaan 2.25 [4]:

$$V_{ji}^{iter+1} = W \times V_{ji}^{(iter)} + c1 \times rand1 \times (P_{best,ji}^{(iter)} - P_{ji}^{(iter)}) + c2 \times rand2 \times (G_{best}^{(iter)} - P_{ji}^{(iter)}) \quad (2.25)$$

$$W = W_{max} - \frac{W_{max} - W_{min}}{iter_{max}} \times iter \quad (2.26)$$

$$P_{ji}^{(iter+1)} = P_{ji}^{iter} + V_{ji}^{(iter+1)} \quad (2.27)$$

$$V_i^{max} = \frac{P_i^{max} - P_i^{min}}{R_a} \quad (2.28)$$

Penggunaan bobot inersia yang menurun secara linear memberikan peningkatan kinerja di semua aplikasi dan dapat memberikan keseimbangan antara eksplorasi global dan lokal dan menghasilkan rata-rata iterasi yang lebih sedikit untuk menemukan solusi yang optimal sehingga dinyatakan dengan persamaan 2.26. Setelah itu posisi partikel ke-j diperbaharui dengan menggunakan persamaan 2.27 dan batas kecepatan maksimal dengan menggunakan persamaan 2.28 dengan R_a merupakan *interval* yang dipilih untuk koordinat ke-i [4]

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Adapun tahapan-tahapan pada penelitian ini yaitu pada Gambar 3.1:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.1 Studi Literatur

Dalam tahap ini peneliti mencari jurnal-jurnal yang cocok untuk mendukung teori dari judul penelitian serta buku tugas akhir dari mahasiswa sebelumnya juga dipelajari untuk lebih mendalami konsep *reliability*, RCM, komponen penyusun *oil treating plant*, tahapan-tahapan dalam mengolah data secara kuantitatif dan kualitatif sehingga bisa mendapatkan data *reliability*, dan optimisasi *maintenance cost* dengan menggunakan algoritma *particle swarm optimization*.

3.2 Identifikasi Sistem *Oil Treating Plant*

Identifikasi sistem *oil treating plant* mengacu kepada P&ID *oil treating plant* yang didapatkan dari PT. SIPL. Adapun komponen yang dianalisis dibatasi hanya *loop* pengendalian dari masing-masing unit proses pada *oil treating plant*. Pada Tabel 3.1 menunjukkan bahwa terdapat 4 *equipment* utama dengan 8 *loop* pengendalian pada *oil treating plant*.

Tabel 3. 1 Komponen-Komponen pada *Oil Treating Plant*

Unit Proses	Komponen
HP <i>Flash Separator</i> (332-V-01)	LT 108
	LV 108 A/B
	SDV 105
HP <i>Flash Liquid Heater A</i> (332-H-01 A)	TT 121
	TV 121
HP <i>Flash Liquid Heater B</i> (332-H-01 B)	TT 221
	TV 221
LP <i>Electrostatic Treater</i> (332-V-02)	LT 138
	LV 138 A/B
	SDV 140
<i>Atmospheric Flash Separator</i> (332-V-03)	LT 151
	LV 151

3.3 Pengumpulan Data *Maintenance Record* Unit Proses pada *Oil Treating Plant*

Data *maintenance record* yang diambil merupakan data *maintenance* masing-masing komponen pada setiap unit proses pada *oil treating plant* pada rentang tahun 2008-2019 sebagaimana pada Lampiran C. Pada data *maintenance record* terdapat waktu mulai perbaikan (*actual start*) dan selesai perbaikan (*actual finish*) sehingga dari data tersebut didapatkan *time to failure* (TTF) dan *time to repair* (TTR).

3.4 Pengolahan dan Penentuan Distribusi

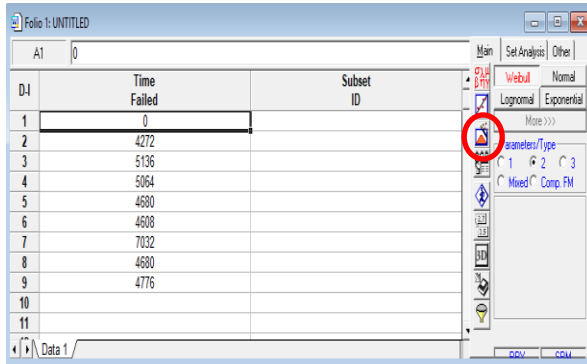
Dalam menentukan distribusi kegagalan bertujuan untuk mengetahui jenis distribusi apa yang digunakan pada masing-masing komponen *oil treating plant* dengan menggunakan aplikasi paket program komputer. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- Dimasukkan data *time to failure* atau *time to repair* pada kolom *time failed* yang diperoleh dari data jam dari *maintenance record* pada setiap komponen seperti pada Gambar 3.2

D1	Time Failed	Subset ID
1	0	
2	4272	
3	5196	
4	5064	
5	4680	
6	4608	
7	7032	
8	4680	
9	4776	
10		
11		

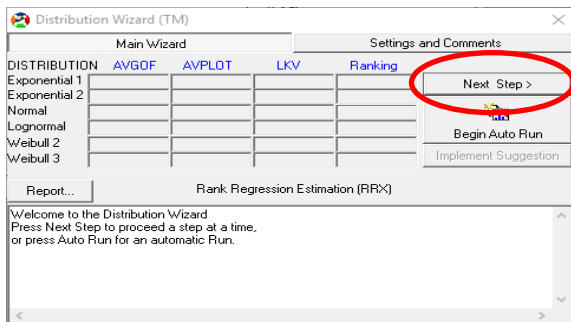
Gambar 3. 2 Langkah Memasukkan Data TTF dalam Aplikasi Paket Pengolah Data

- Setelah itu pilih *distribution wizard* pada pilihan menu di sebelah kanan untuk melakukan pengujian distribusi seperti pada Gambar 3.3



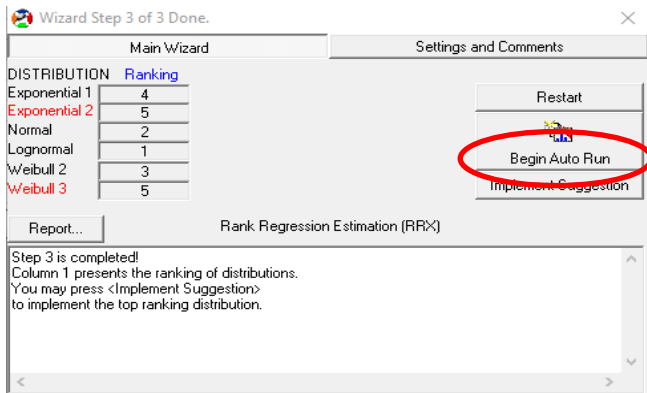
Gambar 3. 3 Langkah Memilih Menu *Distribution Wizard*

- Setelah itu pilih *begin auto run* untuk mendapatkan peringkat distribusi terbaik. Pada *main wizard* terdapat beberapa parameter distribusi diantaranya adalah AVGOG (*average goodness of fit*), AVPLOT (*average of plot fit*), dan LKV (*likelihood function*) sebagaimana dijelaskan pada Gambar 3.4



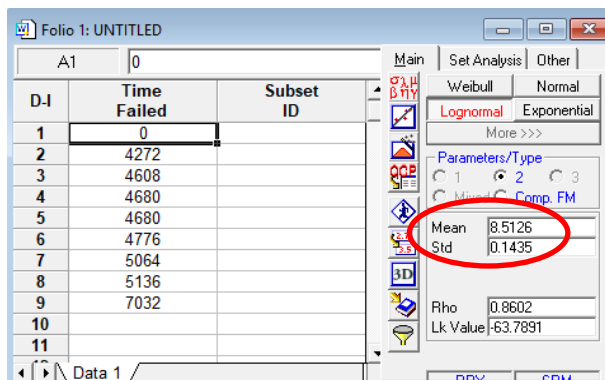
Gambar 3. 4 Langkah untuk Mendapatkan Peringkat Distribusi

- Setelah ditampilkan peringkat distribusi terbaik, pilih *implement suggestion* untuk mendapatkan nilai parameter distribusi seperti dijelaskan pada Gambar 3.5. Semakin kecil peringkat distribusi maka semakin sesuai jenis distribusi yang akan digunakan.



Gambar 3. 5 Langkah untuk Mencari Nilai Parameter Distribusi

- Setelah didapatkan nilai parameter distribusi, dimasukkan ke dalam perhitungan analisis kuantitatif seperti pada contoh Gambar 3.6



Gambar 3. 6 Hasil Nilai Parameter Distribusi

3.5 Pengolahan Data Kuantitatif dan Kualitatif

Untuk pengolahan data kuantitatif dengan melakukan analisis *reliability*, *availability*, dan *maintainability*, *failure rate*, dan *preventive maintenance* dengan menggunakan persamaan (2.1) s/d (2.18) sehingga hasil dari perhitungan ditampilkan pada Lampiran D. Sedangkan untuk pengolahan data kualitatif dengan menggunakan tabel FMEA yang selanjutnya akan diolah menjadi RCM *decision diagram*.

3.6 Perhitungan *Maintenance Cost*

Pada perhitungan *maintenance cost* meliputi *preventive maintenance cost*, *corrective maintenance cost*, dan *test cost* dengan menggunakan persamaan (2.21) s/d (2.24). Pada perhitungan ini menggunakan data harga *preventive maintenance* yang diberikan dari pihak perusahaan. Namun untuk data harga *corrective maintenance cost* dan *test cost* menggunakan referensi dari Jurnal Torres.

Untuk menentukan nilai C_{pm} diperlukan data variabel upah pekerja dan jumlah pekerja. Upah pekerja didapatkan dari data *billing rate* INKINDO 2019 untuk Provinsi Jawa Timur setara dengan IDR 9.416.000,00 [14]. Adapun jam kerja selama 154 jam perbulan. Sedangkan untuk menentukan nilai C_{cm} dan C_t didapatkan dari Jurnal Torres seperti pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Harga C_{CM} dan C_T pada Komponen *Oil Treating Plant* [13] [15]

Komponen	Harga Komponen	C_{cm}	C_t
<i>Level Transmitter</i>	USD 4.844	50/hr + 10% purchase	USD 85
<i>Temperature Valve</i>	USD 2.560		
<i>Valve</i>	USD 6.940	45/hr + 7% purchase	USD 120

3.7 Optimisasi *Maintenance Cost* dengan Algoritma *Particle Swarm Optimization*

Pada optimisasi *maintenance cost* bertujuan untuk mendapatkan harga *maintenance* yang terendah dengan batasan berupa *time interval* ketika *reliability* mengalami penurunan sebesar 97% dan 70% dari masing-masing komponen dengan fungsi objektif berupa *maintenance cost* sebagaimana dipaparkan pada Lampiran G.

Setelah menentukan batas bawah dan atas dari setiap komponen, terdapat parameter-parameter yang perlu ditentukan terlebih dahulu meliputi *inertia weight*, *inertia weight damping ratio*, *personal learning coefficient*, *global learning coefficient*, maksimal iterasi, dan ukuran populasi pencarian.

- **MaxIt**
Parameter MaxIt merupakan iterasi maksimal pada proses optimisasi. Adapun maksimal iterasi yang digunakan pada penelitian ini sebesar 100.
- **nPop**
Parameter nPop merupakan jumlah *swarm* pada proses optimisasi. Semakin besar nilai *swarm* maka semakin besar lingkup pencarian makanan pada proses optimisasi. Pada penelitian ini digunakan nilai nPop sebesar 100.
- **C_1 dan C_2**
Parameter C_1 (konstanta kognitif) dan C_2 (konstanta sosial) merupakan *learning rate* atau bisa disebut koefisien akselerasi. Adapun pada penelitian ini digunakan nilai C_1 dan C_2 sebesar 2.
- **w dan w_{damp}**
Parameter w (*inertia weight*) merupakan parameter yang mempengaruhi kecepatan partikel dalam proses optimisasi. Pada penelitian ini, nilai w ditentukan 1. Sedangkan w_{damp} (*damping ratio*) berpengaruh pada hasil iterasi sehingga akan lebih baik. Nilai w_{damp} pada penelitian ini ditentukan 0,99.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bab IV ini membahas tentang analisis kuantitatif (*reliability, availability, maintainability, dan preventive maintenance*), analisis kualitatif yang meliputi penjabaran FMEA dan RCM *decision diagram*, serta perhitungan dan optimisasi pada *maintenance cost* yang meliputi *preventive maintenance cost, corrective maintenance cost, dan test cost* dengan menggunakan algoritma *particle swarm optimization*.

4.1 Analisis Kuantitatif pada Oil Treating Plant

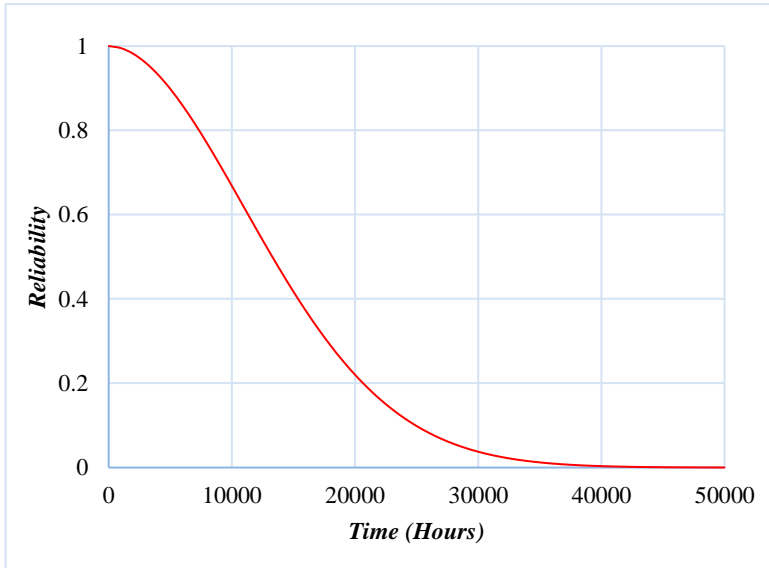
Analisis kuantitatif dilakukan perhitungan *reliability, availability, dan maintainability* pada komponen-komponen setiap unit proses *oil treating plant* berdasarkan *maintenance record* yang diberikan dari pihak PT. SIPL pada Lampiran C. Perhitungan *reliability* dan *availability* didapatkan dengan data *time to failure* sedangkan perhitungan *maintainability* didapatkan dengan data *time to repair* pada masing-masing komponen pada setiap unit proses pada *oil treating plant*. Pada setiap komponen-komponen pada *oil treating plant* menggunakan *maintenance record* pada rentang tahun 2008 sampai dengan tahun 2019.

4.1.1 Analisis Kuantitatif Level Transmitter

Pada *oil treating plant* terdapat 3 *level transmitter* yaitu LT 108 yang terletak pada HP *flash separator*, LT 138 yang terletak pada LP *electrostatic treater*, dan LT 151 yang terletak pada *atmospheric flash separator*.

a. Analisis Kuantitatif LT 108

Berdasarkan *maintenance record* LT 108 pada Lampiran C yang telah dicari distribusinya, didapatkan distribusi TTF yang sesuai yaitu distribusi *weibull 2* dengan nilai β sebesar 1,9087 dan η sebesar 16099. Sedangkan untuk distribusi TTR yang sesuai yaitu distribusi *weibull 3* dengan nilai β sebesar 0,4651, η sebesar 0,66, dan γ sebesar 4,9725.



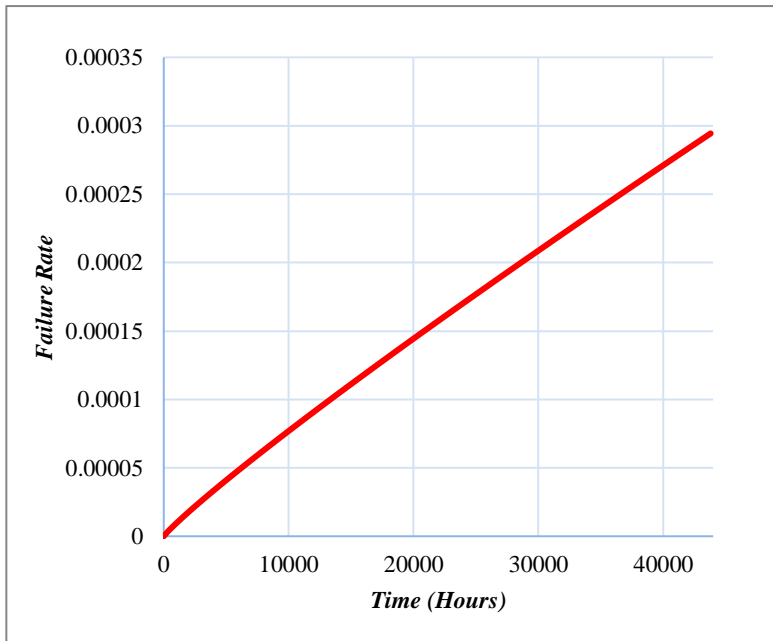
Gambar 4. 1 *Reliability* Komponen LT 108

Dari grafik Gambar 4.1 menjelaskan penurunan *reliability* komponen LT 108 untuk dapat beroperasi atau melaksanakan fungsinya terhadap waktu, sehingga penurunan *reliability* dapat diartikan sebagai penurunan kemungkinan dari komponen LT 108 untuk dapat beroperasi. Diketahui komponen LT 108 mencapai nilai *reliability* 97% pada saat 2250 jam sehingga komponen LT 108 masih dapat beroperasi dengan baik selama 2250 jam operasi.

Pada Gambar 4.2 merupakan grafik *failure rate* yang merupakan perbandingan antara banyaknya kegagalan pada komponen LT 108 terhadap jam operasi tertentu. Didapatkan *failure rate* pada komponen LT 108 terus mengalami kenaikan (*increase failure rate*) dikarenakan komponen LT 108 sedang dalam fase *wear out*.

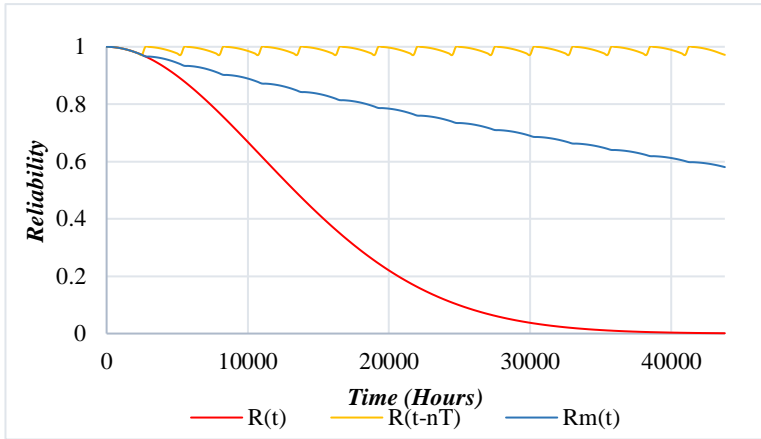
Setelah didapatkan jam operasi ketika *reliability* mencapai 97% maka dapat ditentukan jadwal *preventive maintenance* yang sesuai. Pada Gambar 4.3 menunjukkan grafik *preventive maintenance* yang merupakan kegiatan perbaikan yang dilakukan

pada komponen LT 108 sebelum mengalami kerusakan dalam *time interval* tertentu sehingga *preventive maintenance* dapat dilakukan setiap 2250 jam sekali. Setelah dilakukan *preventive maintenance*, terdapat peningkatan nilai *reliability* secara signifikan. Hal ini berhubungan dengan *failure rate* yang sedang dalam fase *wear out* sehingga menerapkan *preventive maintenance* pada komponen LT 108 sesuai rekomendasi merupakan langkah yang tepat

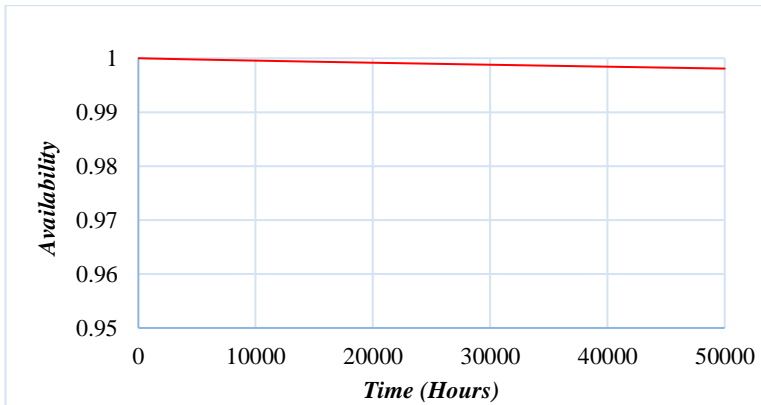


Gambar 4. 2 *Failure Rate* Komponen LT 108

Pada Gambar 4.4 merupakan grafik ketersediaan komponen LT 108 dalam kurun waktu 50000 jam operasi. Penurunan nilai *availability* menjelaskan bahwa ketersediaan komponen LT 108 semakin berkurang. Terlihat pada gambar bahwa komponen LT 108 memiliki *availability* 99% sehingga komponen LT 108 memiliki ketersediaan komponen yang baik.



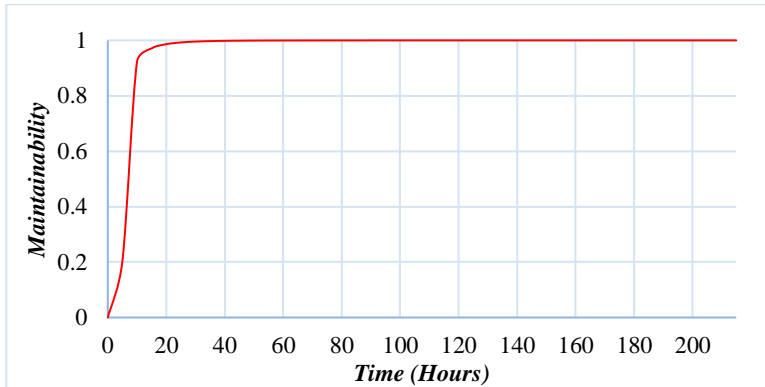
Gambar 4. 3 Preventive Maintenance Komponen LT 108



Gambar 4. 4 Availability Komponen LT 108

Berdasarkan perhitungan *maintainability* pada grafik Gambar 4.5 diketahui komponen LT 108 mencapai nilai *maintainability* sebesar 100% saat 215 jam. Pada grafik *maintainability* tersebut menjelaskan kemungkinan komponen LT 108 yang rusak untuk diperbaiki pada keandalan semula dalam kurun waktu tertentu sehingga kemungkinan komponen yang rusak

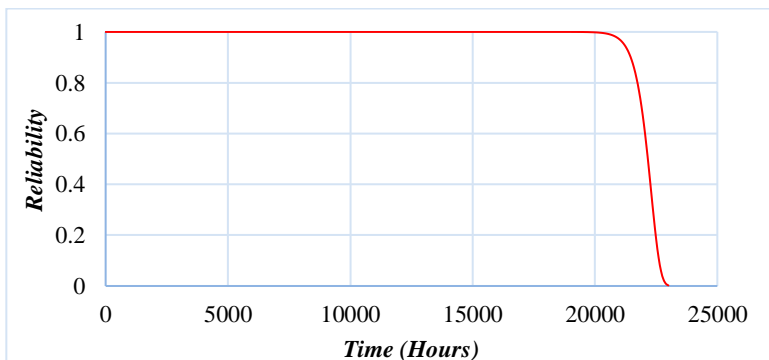
dapat kembali berfungsi kembali dalam kurun waktu 215 jam perbaikan.



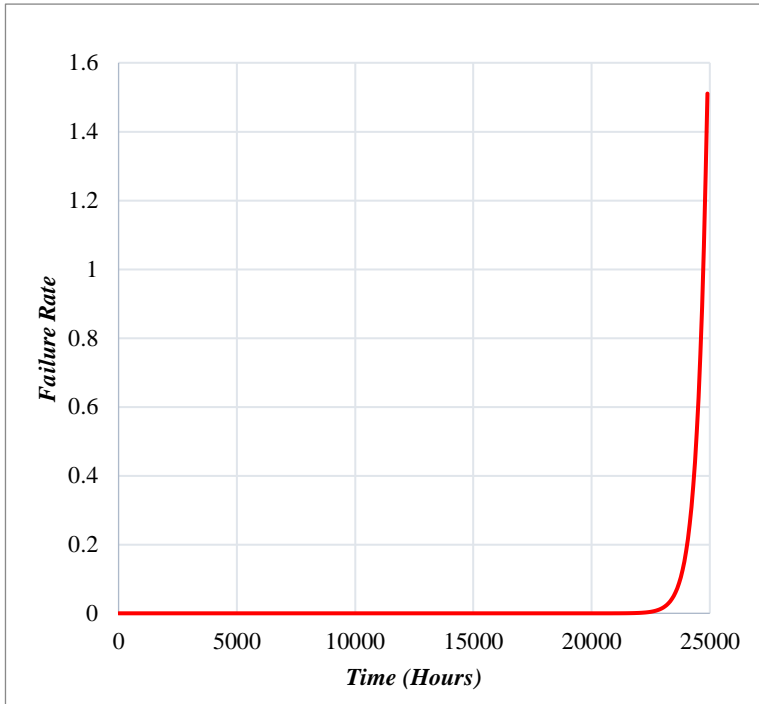
Gambar 4. 5 *Maintainability* Komponen LT 108

b. Analisis Kuantitatif LT 138

Dengan mengacu pada *maintenance record* LT 138 pada Lampiran C diperoleh distribusi TTF yaitu distribusi *weibull 2* dengan nilai β dan η masing-masing sebesar 58,5943 dan 22299. Sedangkan untuk distribusi TTR diperoleh distribusi *weibull 3* dengan nilai β , η , dan γ masing-masing sebesar 2,3886, 12,2238, dan -4,7725.



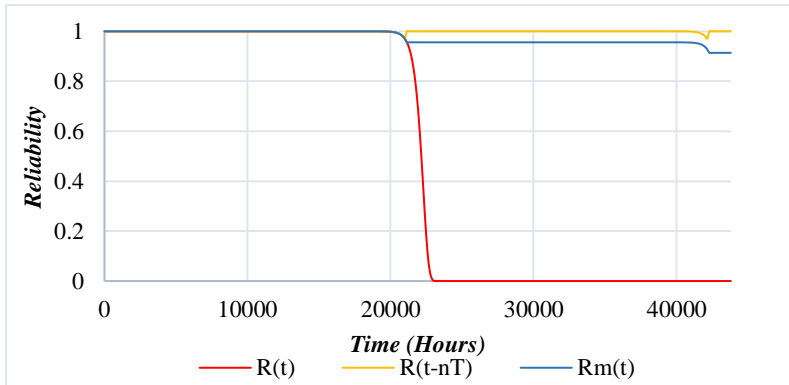
Gambar 4. 6 *Reliability* Komponen LT 138



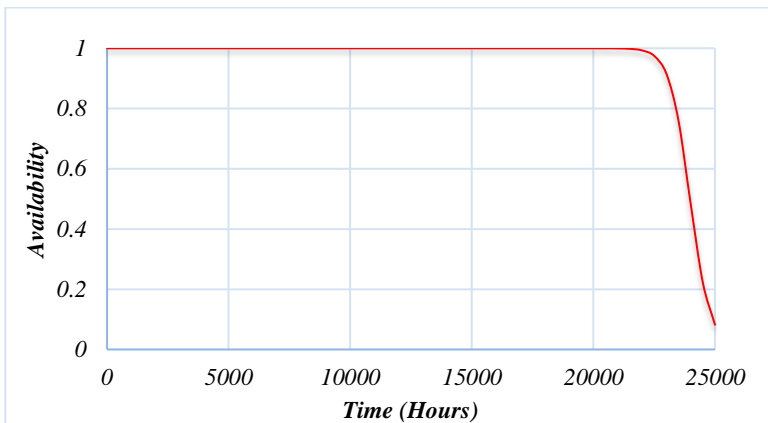
Gambar 4. 7 *Failure Rate* Komponen LT 138

Berdasarkan perhitungan *reliability* yang hasilnya seperti pada grafik Gambar 4.6 didapatkan nilai penurunan *reliability* sebesar 97% pada saat 21000 jam operasi. Pada grafik tersebut menjelaskan kemungkinan dari komponen LT 138 untuk dapat melaksanakan fungsinya terhadap waktu sehingga dinyatakan masih dapat beroperasi dengan baik selama 21000 jam operasi.

Failure rate merupakan perbandingan antara banyaknya kegagalan pada komponen. Diketahui pada Gambar 4.7 menjelaskan grafik *failure rate* yang merupakan perbandingan antara banyaknya kegagalan pada komponen LT 138 terhadap jam operasi tertentu sehingga komponen tersebut sedang dalam fase *wear out* dikarenakan mengalami kenaikan *failure rate*.



Gambar 4. 8 *Preventive Maintenance* Komponen LT 138



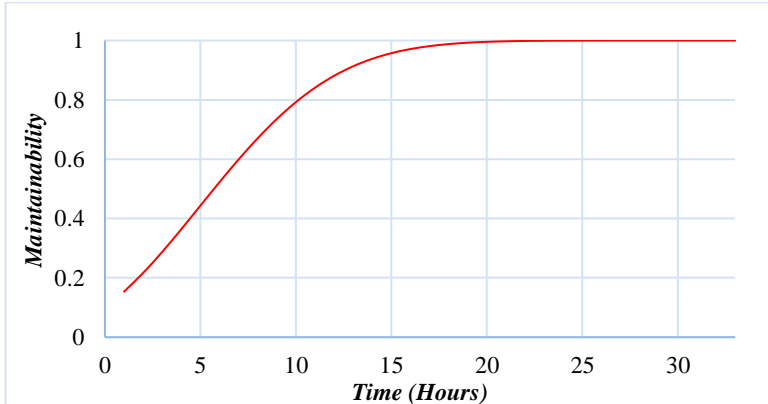
Gambar 4. 9 *Availability* Komponen LT 138

Jadwal *preventive maintenance* komponen LT 138 didapatkan dengan mengacu kepada penurunan nilai *reliability* sebesar 97% sehingga pada Gambar 4.8 didapatkan *preventive maintenance* komponen tersebut dapat dilakukan setiap 21000 jam sekali. Pada gambar tersebut menjelaskan grafik *preventive maintenance* yang merupakan kegiatan perbaikan yang dilakukan pada komponen LT 138 sebelum mengalami kerusakan dalam *time interval* tertentu. Setelah dilakukan *preventive maintenance*, terdapat peningkatan

nilai *reliability* secara signifikan. Hal ini berhubungan dengan *failure rate* yang sedang dalam fase *wear out* sehingga menerapkan *preventive maintenance* pada komponen LT 138 sesuai rekomendasi merupakan langkah yang tepat.

Berdasarkan Gambar 4.9 diketahui grafik ketersediaan komponen LT 138 dalam kurun waktu 25000 jam operasi. Ketika nilai *availability* mengalami penurunan hal tersebut dapat diartikan sebagai ketersediaan komponen LT 138 yang semakin berkurang. Terlihat pada gambar bahwa komponen LT 138 memiliki *availability* 99% sampai pada jam operasi ke-22000. Namun setelah melewati 22000 jam operasi nilai *availability* pada LT 138 berkurang signifikan.

Pada Gambar 4.10 didapatkan grafik *maintainability* komponen LT 138 dapat mencapai nilai *maintainability* sebesar 100% saat 33 jam operasi sehingga pada komponen tersebut memiliki kemungkinan untuk dapat kembali berfungsi setelah dilakukan perbaikan selama jam operasi tersebut.

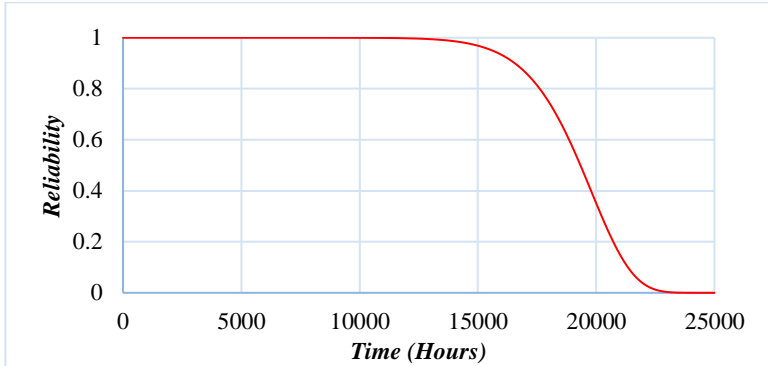


Gambar 4. 10 *Maintainability* Komponen LT 138

c. Analisis Kuantitatif LT 151

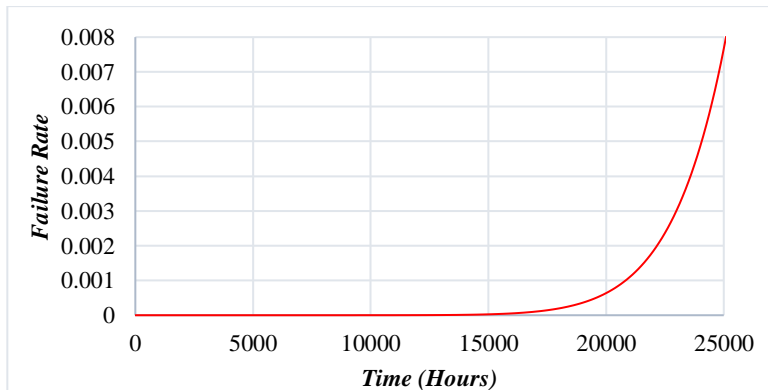
Setelah mendapatkan *maintenance record* pada komponen LT 151 didapatkan distribusi TTF yang sesuai yaitu distribusi *weibull* 2 dengan nilai β sebesar 12,1568 dan η sebesar 19926 serta untuk

distribusi TTR yang sesuai yaitu distribusi eksponensial 2 dengan nilai λ sebesar 0,5304 dan γ sebesar 4,2483.

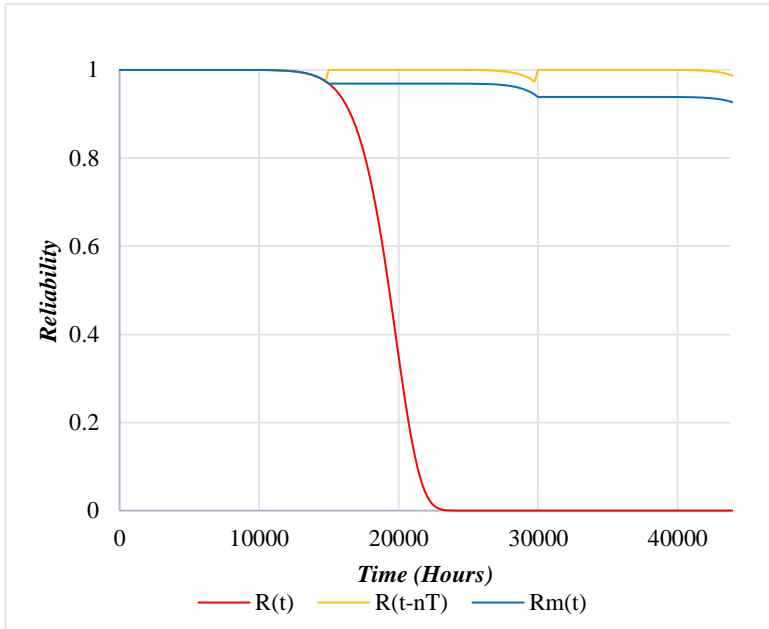


Gambar 4. 11 Reliability Komponen LT 151

Pada Gambar 4.11 merupakan grafik perhitungan *reliability* pada komponen LT 151. Pada grafik tersebut menjelaskan kemungkinan dari komponen LT 151 untuk dapat beroperasi dengan baik pada kurun waktu 14750 jam operasi ketika komponen tersebut mengalami penurunan *reliability* sebesar 97%.



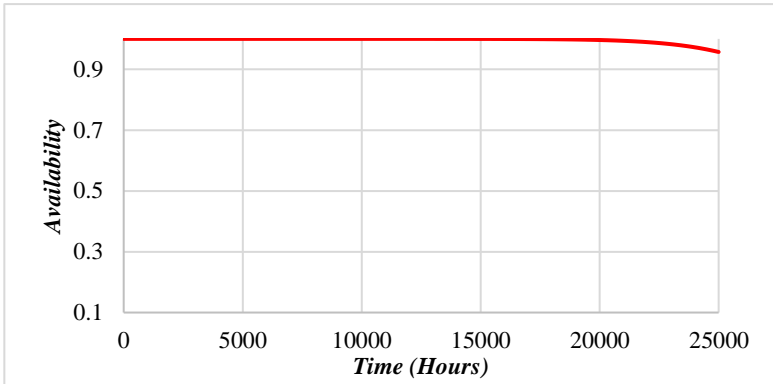
Gambar 4. 12 Failure Rate Komponen LT 151



Gambar 4. 13 Preventive Maintenance Komponen LT 151

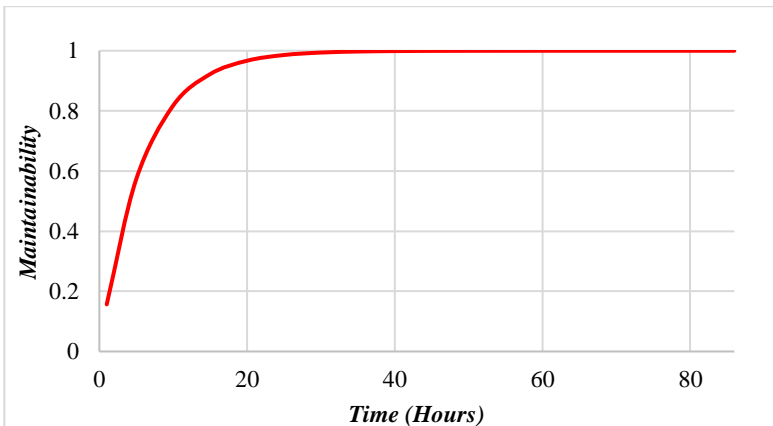
Berdasarkan perhitungan *failure rate* pada grafik Gambar 4.12 menjelaskan perbandingan antara banyaknya kegagalan pada komponen LT 151 terhadap jam operasi tertentu sehingga *failure rate* pada komponen LT 151 terus mengalami kenaikan dikarenakan komponen tersebut sedang dalam fase *wear out*.

Setelah didapatkan jam operasi ketika *reliability* mencapai 97% maka dapat ditentukan jadwal *preventive maintenance* yang sesuai. Pada Gambar 4.13 terdapat peningkatan nilai *reliability* secara signifikan setelah dilakukan *preventive maintenance* dikarenakan *failure rate* pada komponen LT 151 sedang mengalami fase *wear out* sehingga perlu dilakukan *preventive maintenance*. *Preventive maintenance* pada komponen tersebut menunjukkan kegiatan perbaikan yang dilakukan pada interval 14750 sebelum mengalami kerusakan.



Gambar 4. 14 *Availability* Komponen LT 151

Pada Gambar 4.14 menjelaskan bahwa komponen LT 151 memiliki ketersediaan yang baik. Hal tersebut didasari oleh penurunan *availability* sebesar 95% ketika komponen tersebut telah mencapai 25000 jam operasi.



Gambar 4. 15 *Maintainability* Komponen LT 151

Maintainability pada komponen LT 151 menjelaskan kemungkinan komponen LT 151 yang rusak untuk diperbaiki pada

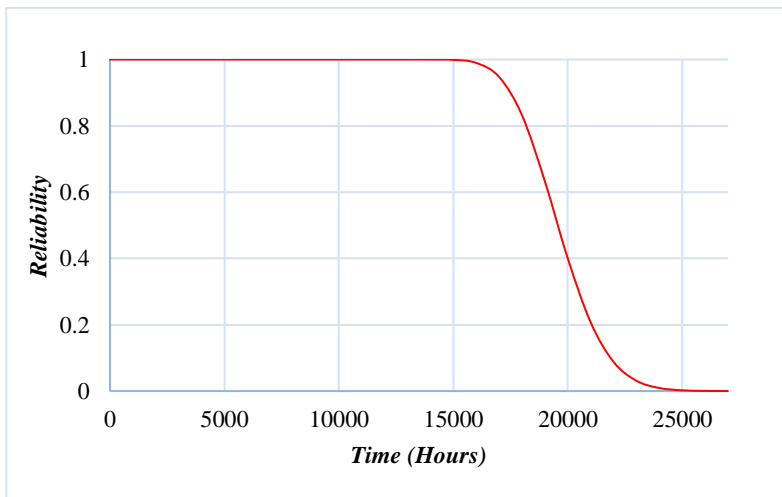
keandalan semula dalam kurun waktu tertentu. Diketahui pada gambar 4.15 komponen LT 151 mencapai nilai *maintainability* sebesar 100% saat 86 jam sehingga kemungkinan komponen yang rusak dapat kembali berfungsi kembali dalam kurun waktu 86 jam perbaikan.

4.1.2 Analisis Kuantitatif *Temperature Transmitter* (TT 121 dan TT 221)

Pada *oil treating plant* terdapat 2 *temperature transmitter*, yaitu TT 121 dan TT 221 yang masing-masing terdapat pada HP *flash liquid heater* A dan B.

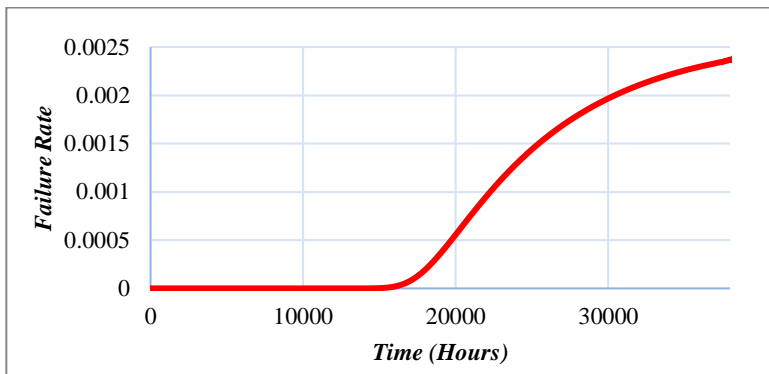
a. Analisis Kuantitatif TT 121

Sebelum melakukan analisis kuantitatif terlebih dahulu mendapatkan *maintenance record* pada TT 121 sehingga diperoleh distribusi TTF yaitu distribusi *lognormal* dengan nilai μ dan σ masing-masing sebesar 9,8817 dan 0,0867. Sedangkan untuk distribusi TTR diperoleh distribusi *lognormal* dengan nilai μ dan σ masing-masing sebesar 2,2506 dan 0,2171.

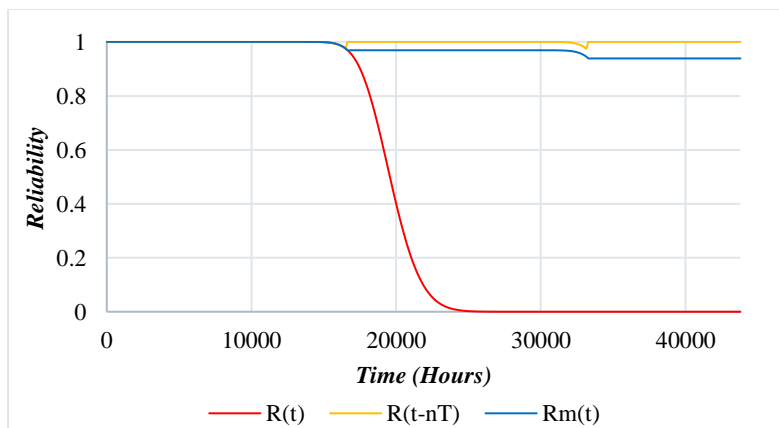


Gambar 4. 16 Reliability Komponen TT 121

Pada perhitungan *reliability* yang ditampilkan pada grafik Gambar 4.16 menjelaskan kemungkinan dari komponen TT 121 untuk dapat beroperasi dengan baik pada kurun waktu 16500 jam operasi ketika komponen tersebut mengalami penurunan *reliability* sebesar 97%.



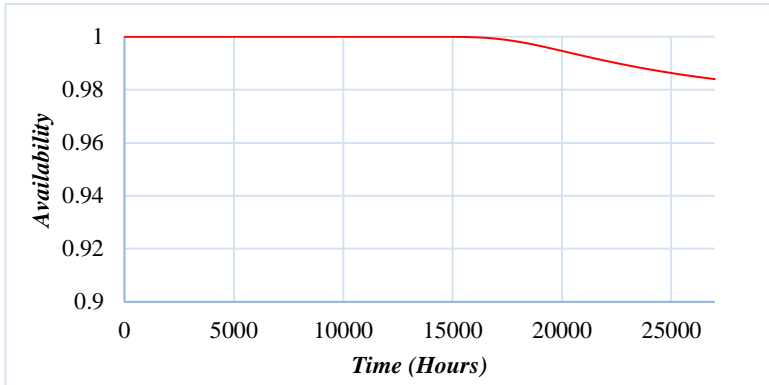
Gambar 4. 17 *Failure Rate* Komponen TT 121



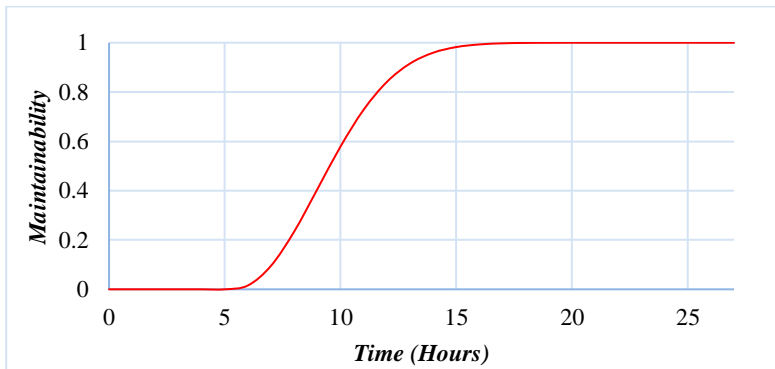
Gambar 4. 18 *Preventive Maintenance* Komponen TT 121

Grafik *failure rate* pada Gambar 4.17 terlihat bahwa komponen TT 121 mengalami kenaikan *failure rate*. Hal tersebut

menjelaskan perbandingan antara banyaknya kegagalan pada komponen TT 121 terhadap jam operasi tertentu sehingga komponen TT 121 sedang dalam fase *wear out*.



Gambar 4. 19 *Availability* Komponen TT 121



Gambar 4. 20 *Maintainability* Komponen TT 121

Jadwal *preventive maintenance* komponen TT 121 didapatkan dengan mengacu kepada penurunan nilai *reliability* sebesar 97% sehingga pada Gambar 4.18 didapatkan *preventive maintenance* komponen tersebut dapat dilakukan setiap 16500 jam sekali. Pada gambar tersebut menjelaskan grafik *preventive*

maintenance yang merupakan kegiatan perbaikan yang dilakukan pada komponen TT 121 sebelum mengalami kerusakan dalam *time interval* tertentu. Setelah dilakukan *preventive maintenance*, terdapat peningkatan nilai *reliability* secara signifikan. Hal ini berhubungan dengan *failure rate* yang sedang dalam fase *wear out* sehingga menerapkan *preventive maintenance* pada komponen tersebut sesuai rekomendasi merupakan langkah yang tepat.

Berdasarkan Gambar 4.19 diketahui grafik ketersediaan komponen TT 121 dalam kurun waktu 22000 jam operasi. Ketika nilai *availability* mengalami penurunan hal tersebut dapat diartikan sebagai ketersediaan komponen TT 121 yang semakin berkurang. Terlihat pada gambar bahwa komponen TT 121 memiliki *availability* 99% sampai pada jam operasi ke-22000. Namun setelah melewati 22000 jam operasi nilai *availability* pada LT 138 berkurang signifikan.

Pada perhitungan *maintainability* seperti pada grafik Gambar 4.20 merupakan kemungkinan komponen TT 121 yang rusak untuk diperbaiki pada keandalan semula dalam kurun waktu tertentu. Didapatkan komponen TT 121 mencapai nilai *maintainability* sebesar 100% saat 27 jam sehingga kemungkinan komponen yang rusak dapat kembali berfungsi kembali dalam kurun waktu 27 jam perbaikan.

b. Analisis Kuantitatif TT 221

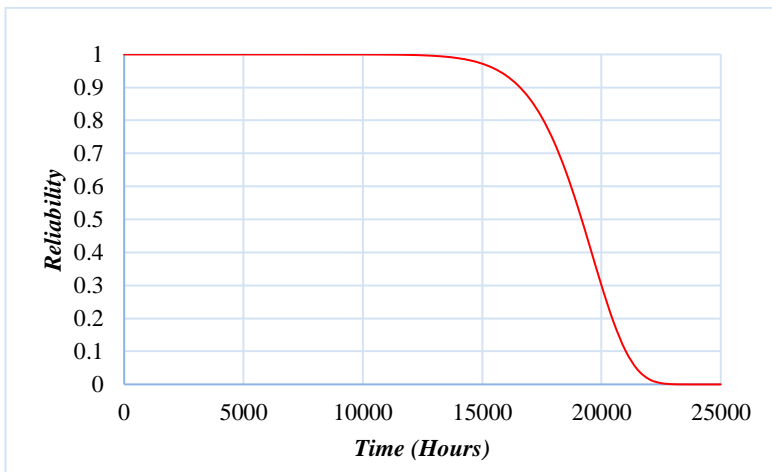
Berdasarkan *maintenance record* TT 221 didapatkan distribusi TTF yang sesuai yaitu distribusi *weibull* 2 dengan nilai β sebesar 13,0216 dan η sebesar 19719. Sedangkan untuk distribusi TTR yang sesuai yaitu distribusi *weibull* 3 dengan nilai β sebesar 1,5305, η sebesar 0,9584, dan γ sebesar 6,5725.

Grafik pada Gambar 4.21 menjelaskan penurunan *reliability* pada komponen TT 221 terhadap waktu. Ketika *reliability* pada komponen TT 221 mengalami penurunan maka semakin kecil peluang komponen TT 221 untuk dapat beroperasi atau melaksanakan fungsinya terhadap waktu. Diketahui komponen TT 221 mencapai nilai *reliability* 97% pada saat 15000 jam sehingga

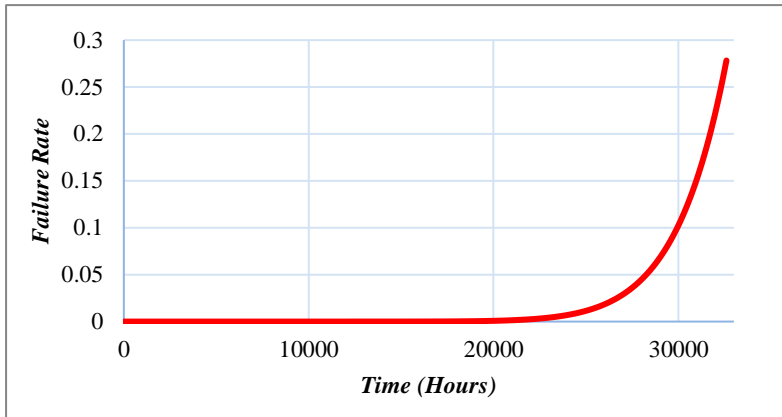
komponen TT 221 masih dapat beroperasi dengan baik selama 15000 jam operasi.

Pada Gambar 4.22 merupakan grafik *failure rate* yang merupakan perbandingan antara banyaknya kegagalan pada komponen TT 221 terhadap jam operasi tertentu. Didapatkan *failure rate* pada komponen TT 221 terus mengalami kenaikan dikarenakan komponen tersebut sedang dalam fase *wear out*.

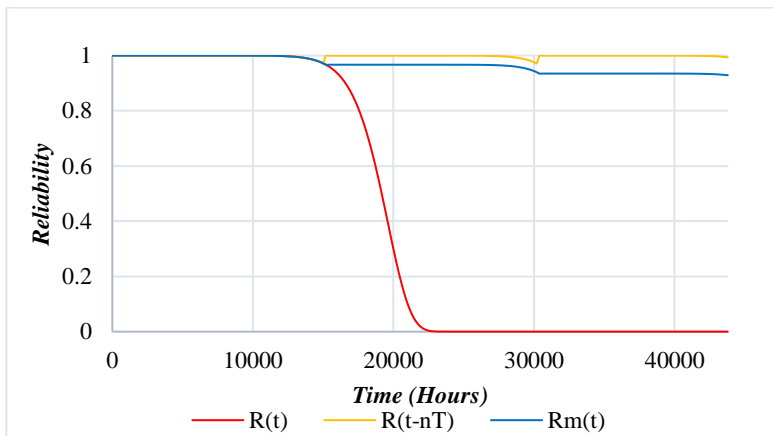
Setelah didapatkan jam operasi ketika *reliability* mencapai 97% maka dapat ditentukan jadwal *preventive maintenance* yang sesuai. Pada Gambar 4.23 merupakan grafik *preventive maintenance* yang merupakan kegiatan perbaikan yang dilakukan pada komponen TT 221 sebelum mengalami kerusakan dalam *time interval* tertentu sehingga *preventive maintenance* dapat dilakukan setiap 15000 jam sekali. Setelah dilakukan *preventive maintenance*, terdapat peningkatan nilai *reliability* secara signifikan. Hal ini berhubungan dengan *failure rate* yang sedang dalam fase *wear out* sehingga menerapkan *preventive maintenance* pada komponen TT 221 sesuai rekomendasi merupakan langkah yang tepat.



Gambar 4. 21 *Reliability* Komponen TT 221

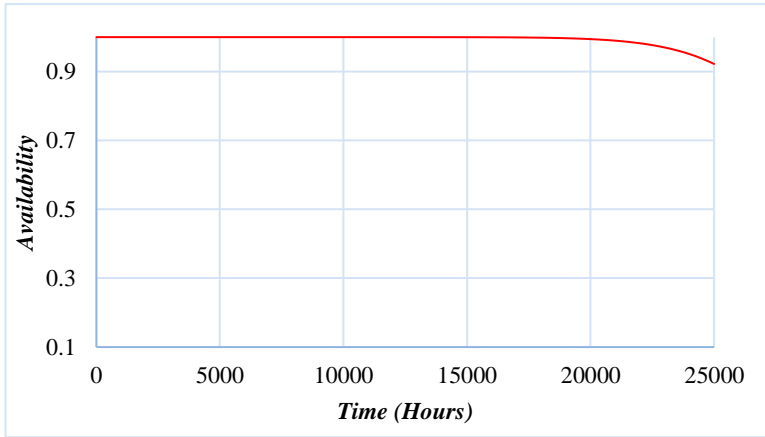


Gambar 4. 22 *Failure Rate* Komponen TT 221

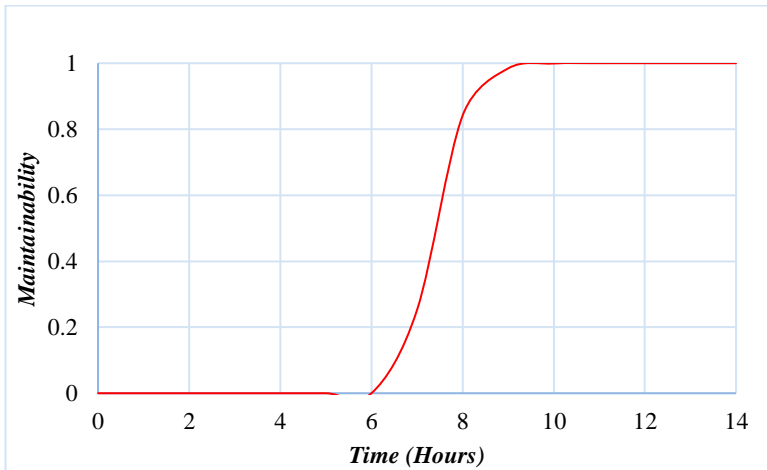


Gambar 4. 23 *Preventive Maintenance* Komponen TT 221

Pada Gambar 4.24 merupakan grafik ketersediaan komponen TT 221 dalam kurun waktu 25000 jam operasi. Penurunan nilai *availability* menjelaskan bahwa ketersediaan komponen TT 221 semakin berkurang. Terlihat pada gambar bahwa komponen TT 221 memiliki *availability* 92% sehingga komponen TT 221 memiliki ketersediaan komponen yang baik.



Gambar 4.24 *Availability* Komponen TT 221



Gambar 4.25 *Maintainability* Komponen TT 221

Berdasarkan perhitungan *maintainability* pada grafik Gambar 4.25 diketahui komponen TT 221 mencapai nilai *maintainability* sebesar 100% saat 14 jam. Pada grafik *maintainability* tersebut menjelaskan kemungkinan komponen TT

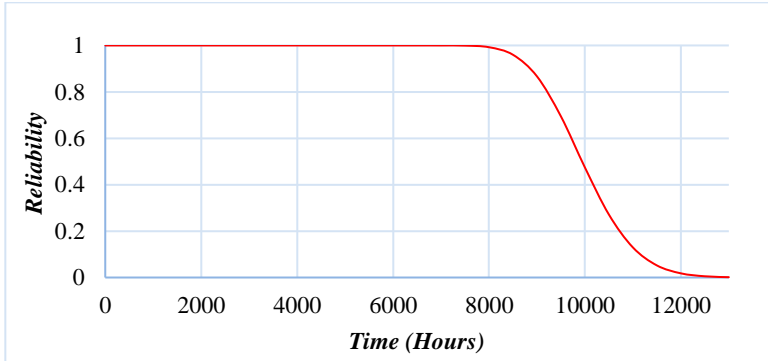
221 yang rusak untuk diperbaiki pada keandalan semula dalam kurun waktu tertentu sehingga kemungkinan komponen yang rusak dapat kembali berfungsi kembali dalam kurun waktu 14 jam perbaikan.

4.1.3 Analisis Kuantitatif Level Valve

Pada *oil treating plant* terdapat 5 level valve, yaitu LV 108 A dan B yang terdapat pada HP *flash separator*, LV 138 A dan B yang terdapat pada LP *electrostatic treater*, dan LV 151 yang terdapat pada *atmospheric flash separator*.

a. Analisis Kuantitatif LV 108 A

Dengan mengacu pada *maintenance record* LV 108 A pada Lampiran C diperoleh distribusi TTF yaitu distribusi *lognormal* dengan nilai μ sebesar 9,2045 dan σ sebesar 0,0896. Sedangkan untuk distribusi TTR yang sesuai yaitu distribusi *weibull 2* dengan nilai β sebesar 7,7097 dan η sebesar 7,3842.



Gambar 4. 26 Reliability Komponen LV 108 A

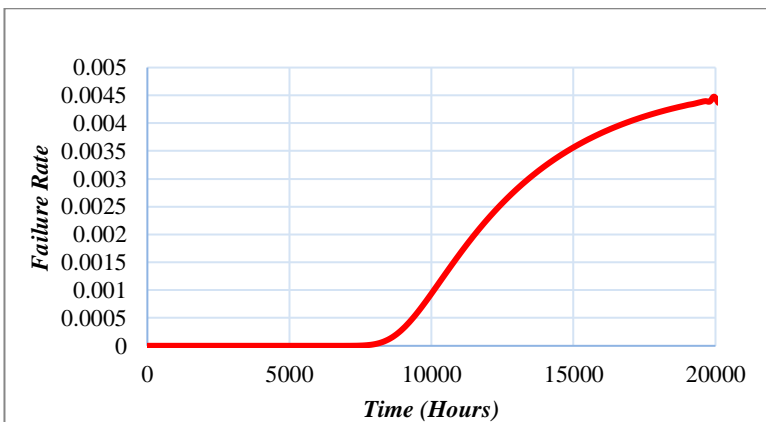
Berdasarkan perhitungan *reliability* yang hasilnya seperti pada grafik Gambar 4.26 didapatkan nilai penurunan *reliability* sebesar 97% pada saat 8300 jam operasi. Pada grafik tersebut menjelaskan kemungkinan dari komponen LV 108 A untuk dapat

melaksanakan fungsinya terhadap waktu sehingga dinyatakan masih dapat beroperasi dengan baik selama 8300 jam operasi.

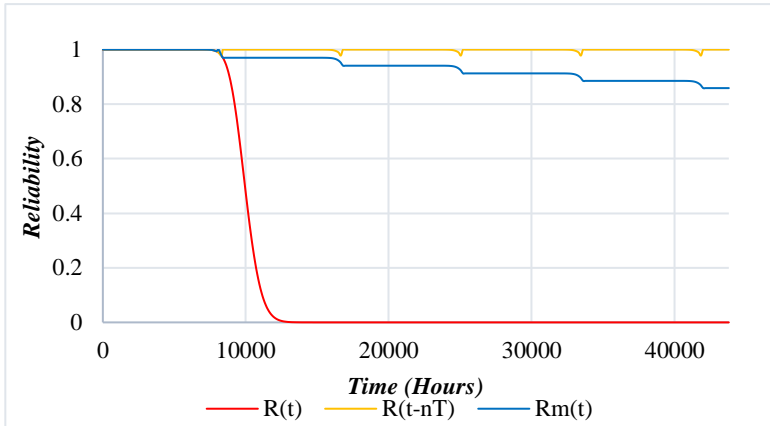
Failure rate merupakan perbandingan antara banyaknya kegagalan pada komponen. Diketahui pada Gambar 4.27 menjelaskan grafik *failure rate* yang merupakan perbandingan antara banyaknya kegagalan pada komponen LV 108 A terhadap jam operasi tertentu sehingga komponen tersebut sedang dalam fase *wear out* dikarenakan mengalami kenaikan *failure rate*.

Setelah didapatkan jam operasi ketika *reliability* mencapai 97% maka dapat ditentukan jadwal *preventive maintenance* yang sesuai. Pada Gambar 4.28 terdapat peningkatan nilai *reliability* secara signifikan setelah dilakukan *preventive maintenance* dikarenakan *failure rate* pada komponen LV 108 A sedang mengalami fase *wear out* sehingga perlu dilakukan *preventive maintenance*. *Preventive maintenance* pada komponen tersebut menunjukkan kegiatan perbaikan yang dilakukan pada interval 8300 jam sebelum mengalami kerusakan.

Pada Gambar 4.29 menjelaskan bahwa komponen LV 108 A memiliki ketersediaan yang baik. Hal tersebut didasari oleh penurunan *availability* sebesar 99% ketika komponen tersebut telah mencapai 15000 jam operasi.

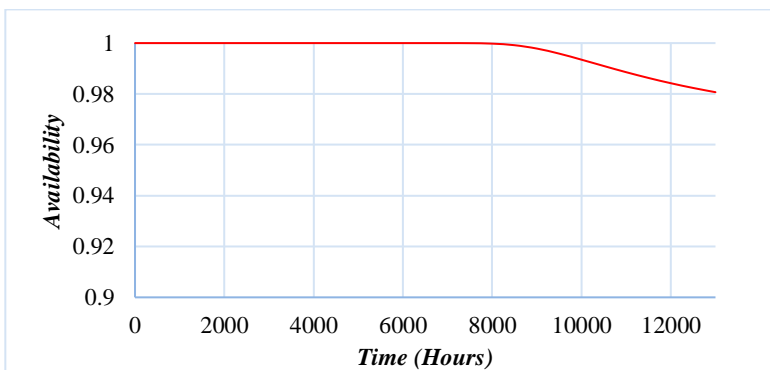


Gambar 4. 27 *Failure Rate* Komponen LV 108 A

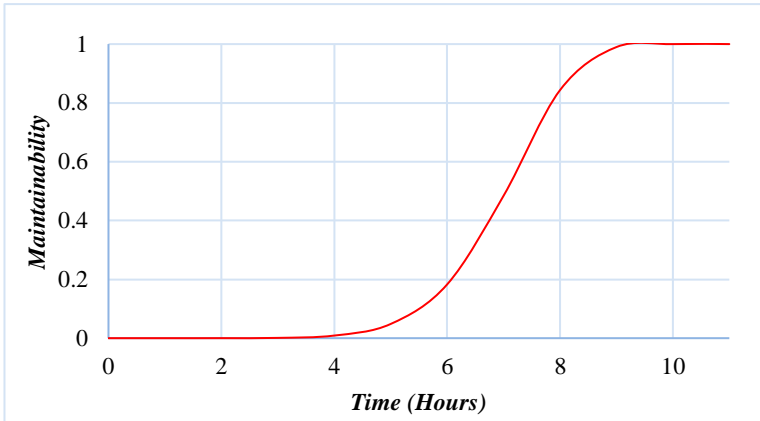


Gambar 4. 28 Preventive Maintenance Komponen LV 108 A

Pada Gambar 4.30 merupakan grafik *maintainability* yang berarti kemungkinan komponen LV 108 yang rusak untuk diperbaiki pada keandalan semula dalam kurun waktu tertentu. Didapatkan komponen tersebut mencapai nilai *maintainability* sebesar 100% saat 11 jam sehingga kemungkinan komponen yang rusak dapat kembali berfungsi kembali dalam kurun waktu 11 jam perbaikan.



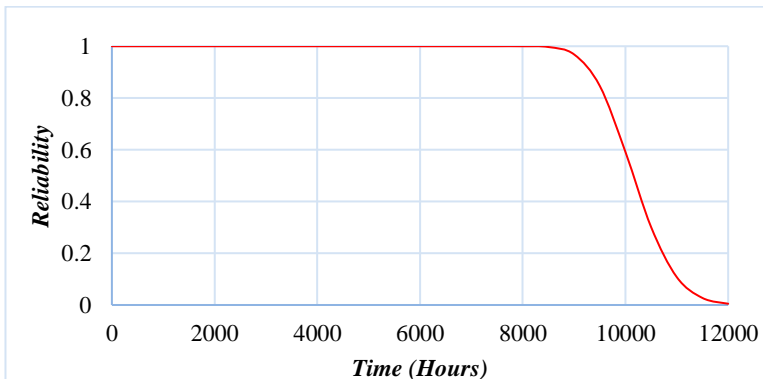
Gambar 4. 29 Availability Komponen LV 108 A



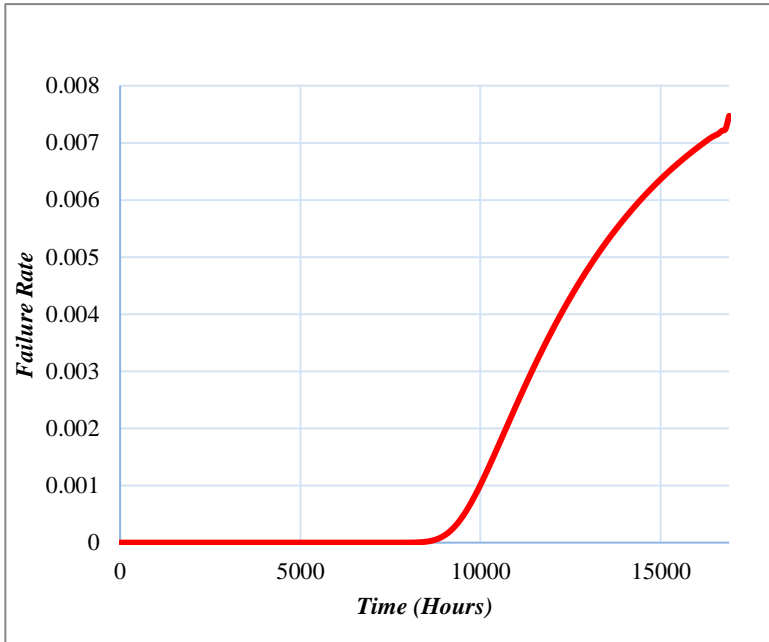
Gambar 4.30 Maintainability Komponen LV 108 A

b. Analisis Kuantitatif LV 108 B

Setelah mendapatkan *maintenance record* pada komponen LT 151 didapatkan distribusi TTF yang sesuai yaitu distribusi *lognormal* dengan nilai μ sebesar 9,2253 dan σ sebesar 0,0648. Sedangkan untuk distribusi TTR yang sesuai yaitu distribusi *weibull 2* dengan nilai β sebesar 7,7097 dan η sebesar 7,3842.



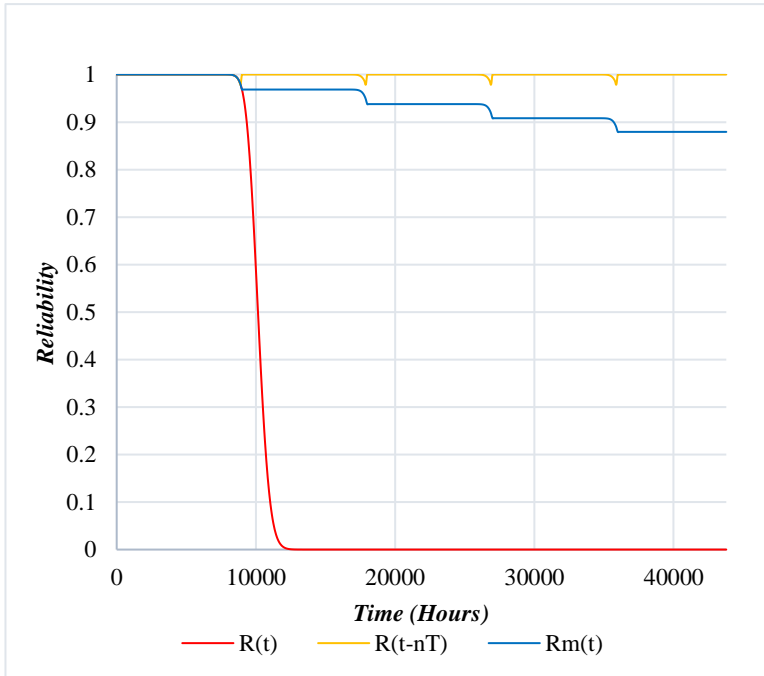
Gambar 4.31 Reliability Komponen LV 108 B



Gambar 4. 32 *Failure Rate* Komponen LV 108 B

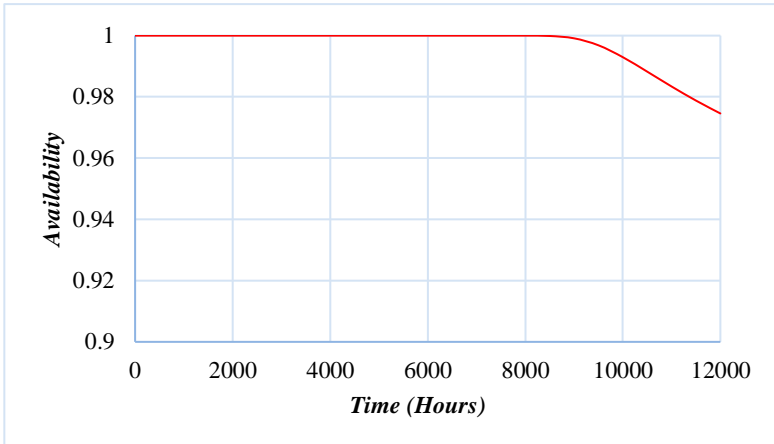
Menurut grafik Gambar 4.31 merupakan grafik penurunan *reliability* terhadap waktu. *Reliability* merupakan kemungkinan dari komponen LV 108 B untuk dapat beroperasi atau melaksanakan fungsinya terhadap waktu sehingga penurunan *reliability* dapat diartikan sebagai penurunan kemungkinan dari komponen LV 108 B untuk dapat beroperasi. Diketahui komponen LV 108 B mencapai nilai *reliability* 97% pada saat 8900 jam sehingga komponen LV 108 B masih dapat beroperasi dengan baik selama 8900 jam operasi.

Berdasarkan perhitungan *failure rate* pada grafik Gambar 4.32 menjelaskan perbandingan antara banyaknya kegagalan pada komponen LV 108 B terhadap jam operasi tertentu sehingga *failure rate* pada komponen LV 108 B terus mengalami kenaikan dikarenakan komponen tersebut sedang dalam fase *wear out*.

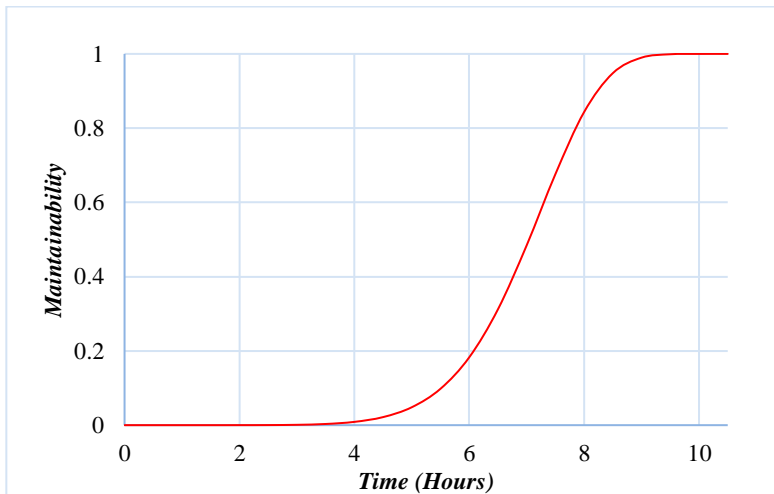


Gambar 4. 33 *Preventive Maintenance* Komponen LV 108 B

Setelah didapatkan jam operasi ketika *reliability* mencapai 97% maka dapat ditentukan jadwal *preventive maintenance* yang sesuai. Pada Gambar 4.33 merupakan grafik *preventive maintenance* yang mengartikan kegiatan perbaikan yang dilakukan pada komponen LV 108 B sebelum mengalami kerusakan dalam *time interval* tertentu sehingga *preventive maintenance* dapat dilakukan setiap 8900 jam sekali. Setelah dilakukan *preventive maintenance*, terdapat peningkatan nilai *reliability* secara signifikan. Hal ini berhubungan dengan *failure rate* yang sedang dalam fase *wear out* sehingga menerapkan *preventive maintenance* pada komponen LV 108 B sesuai rekomendasi merupakan langkah yang tepat.



Gambar 4.34 *Availability* Komponen LV 108 B



Gambar 4.35 *Maintainability* Komponen LV 108 B

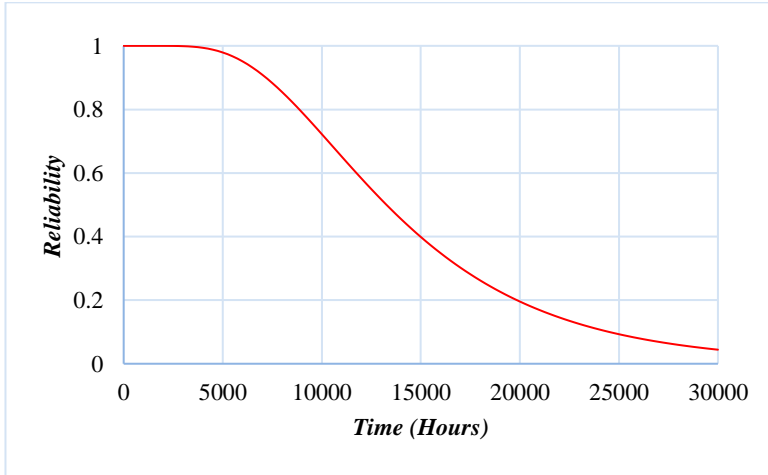
Pada Gambar 4.34 merupakan grafik ketersediaan komponen LV 108 B dalam kurun waktu 15000 jam operasi. Penurunan nilai *availability* menjelaskan bahwa ketersediaan komponen LV 108 B semakin berkurang. Terlihat pada gambar menunjukkan komponen

LV 108 B memiliki *availability* 97% sehingga komponen LV 108 B memiliki ketersediaan komponen yang baik.

Maintainability pada komponen LV 108 B menjelaskan kemungkinan komponen LV 108 B yang rusak untuk diperbaiki pada keandalan semula dalam kurun waktu tertentu. Diketahui pada Gambar 4.35 komponen LV 108 B mencapai nilai *maintainability* sebesar 100% saat 10,5 jam sehingga kemungkinan komponen yang rusak dapat kembali berfungsi kembali dalam kurun waktu 10,5 jam perbaikan.

c. Analisis Kuantitatif LV 138 A

Sebelum melakukan analisis kuantitatif terlebih dahulu mendapatkan *maintenance record* LV 138 A diperoleh distribusi TTF yaitu distribusi *lognormal* dengan nilai μ dan σ masing-masing sebesar 9,493 dan 0,479. Sedangkan untuk distribusi TTR diperoleh distribusi *weibull 2* dengan nilai β dan η masing-masing sebesar 1,3011 dan 10,4775.



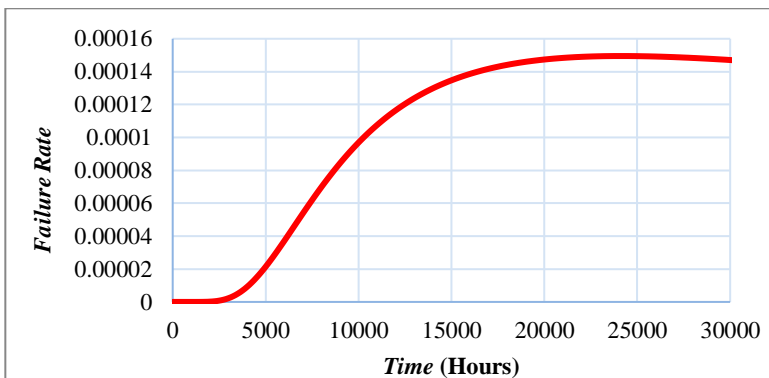
Gambar 4. 36 *Reliability* Komponen LV 138 A

Berdasarkan perhitungan *reliability* yang hasilnya seperti pada grafik Gambar 4.36 didapatkan nilai penurunan *reliability*

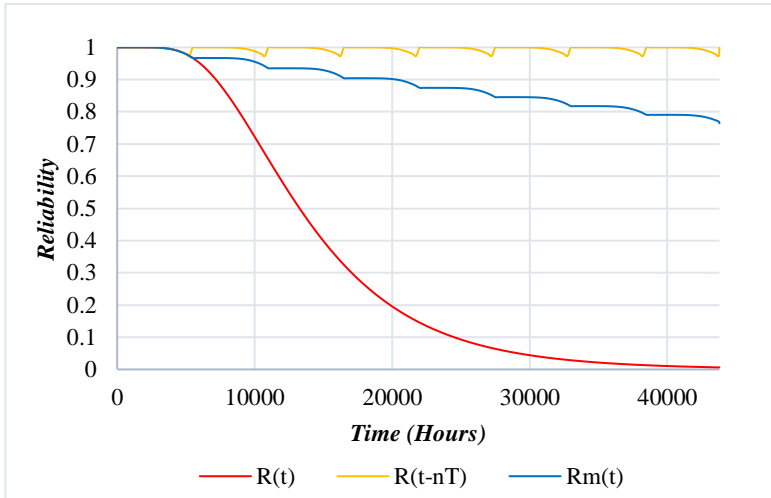
sebesar 97% pada saat 5250 jam operasi. Pada grafik tersebut menjelaskan kemungkinan dari komponen LV 138 A untuk dapat melaksanakan fungsinya terhadap waktu sehingga dinyatakan masih dapat beroperasi dengan baik selama 5250 jam operasi.

Grafik *failure rate* pada Gambar 4.37 terlihat bahwa komponen LV 138 A mengalami kenaikan *failure rate*. Hal tersebut menjelaskan perbandingan antara banyaknya kegagalan pada komponen LV 138 A terhadap jam operasi tertentu sehingga komponen LV 138 A sedang dalam fase *wear out*.

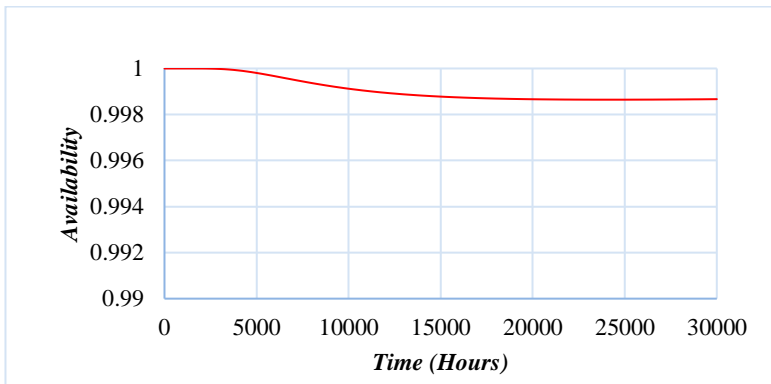
Jadwal *preventive maintenance* komponen LV 138 A didapatkan dengan mengacu kepada penurunan nilai *reliability* sebesar 97% sehingga pada Gambar 4.38 didapatkan *preventive maintenance* komponen tersebut dapat dilakukan setiap 5250 jam sekali. Pada gambar tersebut menjelaskan grafik *preventive maintenance* yang merupakan kegiatan perbaikan yang dilakukan pada komponen LV 138 A sebelum mengalami kerusakan dalam *time interval* tertentu. Setelah dilakukan *preventive maintenance*, terdapat peningkatan nilai *reliability* secara signifikan. Hal ini berhubungan dengan *failure rate* yang sedang dalam fase *wear out* sehingga menerapkan *preventive maintenance* pada komponen LV 138 A sesuai rekomendasi merupakan langkah yang tepat.



Gambar 4. 37 *Failure Rate* Komponen LV 138 A



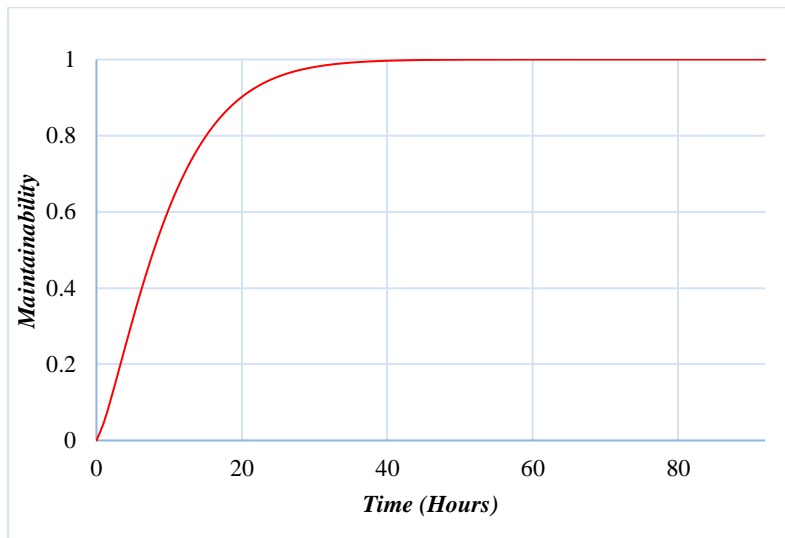
Gambar 4. 38 Preventive Maintenance Komponen LV 138 A



Gambar 4. 39 Availability Komponen LV 138 A

Berdasarkan Gambar 4.39 diketahui grafik ketersediaan komponen LV 138 A dalam kurun waktu 30000 jam operasi. Ketika nilai *availability* mengalami penurunan hal tersebut dapat diartikan sebagai ketersediaan komponen LV 138 A yang semakin

berkurang. Terlihat pada gambar bahwa komponen LV 138 A memiliki *availability* 99,8% sampai pada jam operasi ke-30000.

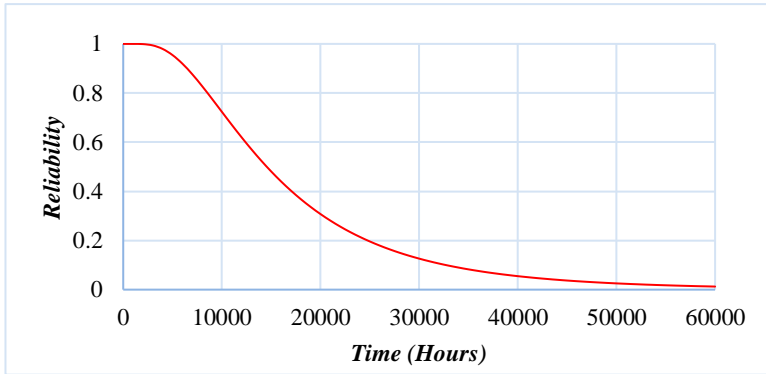


Gambar 4.40 *Maintainability* Komponen LV 138 A

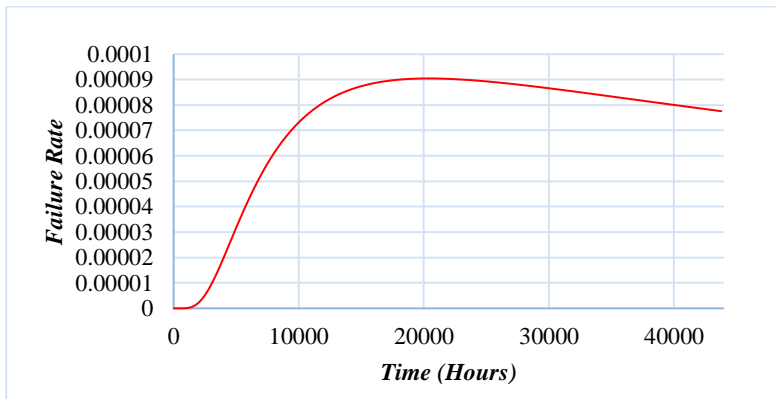
Pada perhitungan *maintainability* seperti pada grafik Gambar 4.40 merupakan kemungkinan komponen LV 138 A yang rusak untuk diperbaiki pada keandalan semula dalam kurun waktu tertentu. Didapatkan komponen LV 138 A mencapai nilai *maintainability* sebesar 100% saat 92 jam sehingga kemungkinan komponen yang rusak dapat kembali berfungsi kembali dalam kurun waktu 92 jam perbaikan.

d. Analisis Kuantitatif LV 138 B

Berdasarkan *maintenance record* LV 138 B pada Lampiran C didapatkan distribusi TTF yang sesuai yaitu distribusi *lognormal* dengan nilai μ sebesar 9,5855 dan σ sebesar 0,6321. Sedangkan untuk distribusi TTR yang sesuai yaitu distribusi normal dengan nilai μ sebesar 7,8 dan σ sebesar 4,5684.

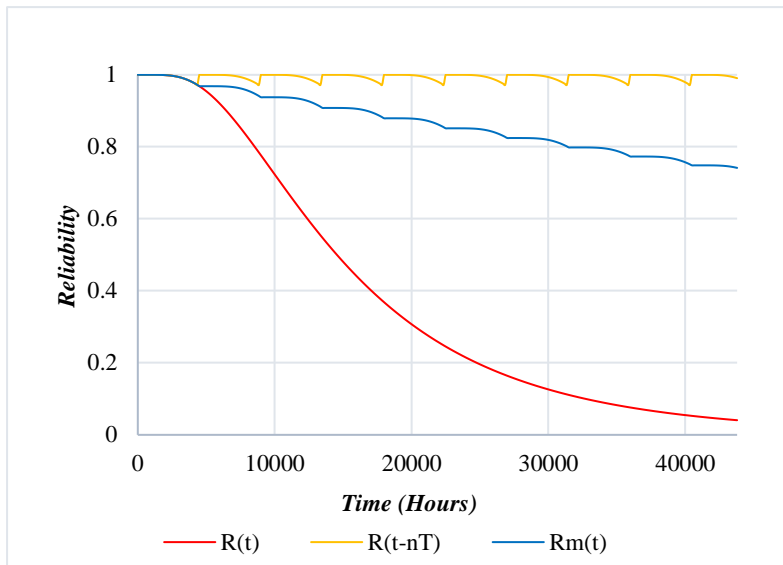


Gambar 4.41 *Reliability* Komponen LV 138 B



Gambar 4.42 *Failure Rate* Komponen LV 138 B

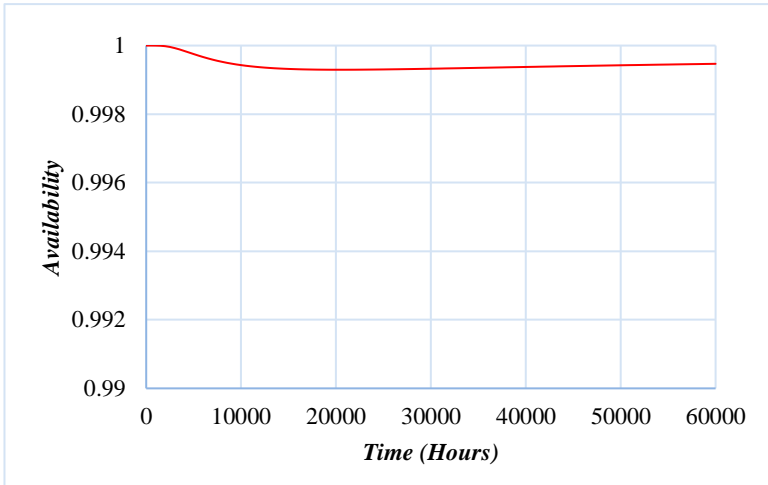
Grafik pada Gambar 4.41 menjelaskan penurunan *reliability* pada komponen LV 138 B terhadap waktu. Ketika *reliability* pada komponen LV 138 B mengalami penurunan maka semakin kecil peluang komponen LV 138 B untuk dapat beroperasi atau melaksanakan fungsinya terhadap waktu. Diketahui komponen LV 138 B mencapai nilai *reliability* 97% pada saat 4350 jam sehingga komponen tersebut masih dapat beroperasi dengan baik selama 4350 jam operasi.



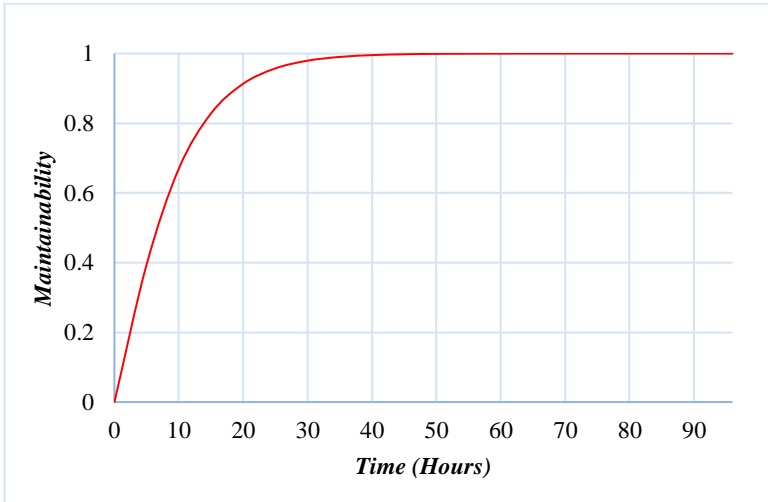
Gambar 4. 43 *Preventive Maintenance* Komponen LV 138 B

Pada Gambar 4.42 merupakan grafik *failure rate* yang mengartikan perbandingan antara banyaknya kegagalan pada komponen LV 138 B terhadap jam operasi tertentu. Didapatkan *failure rate* pada komponen LV 138 B terus mengalami kenaikan dikarenakan komponen tersebut sedang dalam fase *wear out*.

Setelah didapatkan jam operasi ketika *reliability* mencapai 97% maka dapat ditentukan jadwal *preventive maintenance* yang sesuai. Pada Gambar 4.43 merupakan grafik *preventive maintenance* yang mengartikan kegiatan perbaikan yang dilakukan pada komponen LV 138 B sebelum mengalami kerusakan dalam *time interval* tertentu sehingga *preventive maintenance* dapat dilakukan setiap 4350 jam sekali. Setelah dilakukan *preventive maintenance*, terdapat peningkatan nilai *reliability*. Hal ini berhubungan dengan *failure rate* yang sedang dalam fase *wear out* sehingga menerapkan *preventive maintenance* pada komponen LV 138 B sesuai rekomendasi merupakan langkah yang tepat.



Gambar 4. 44 Availability Komponen LV 138 B



Gambar 4. 45 Maintainability Komponen LV 138 B

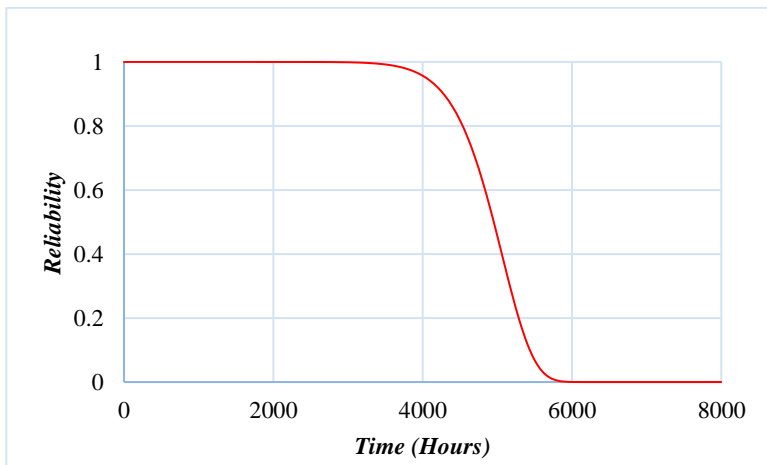
Pada Gambar 4.44 komponen LV 138 B merupakan grafik ketersediaan komponen LV 138 B dalam kurun waktu 60000 jam

operasi. Penurunan nilai *availability* mengartikan bahwa ketersediaan komponen LV 138 B semakin berkurang. Terlihat pada gambar bahwa komponen LV 138 B memiliki *availability* 99,9% sehingga komponen LV 138 B memiliki ketersediaan komponen yang baik.

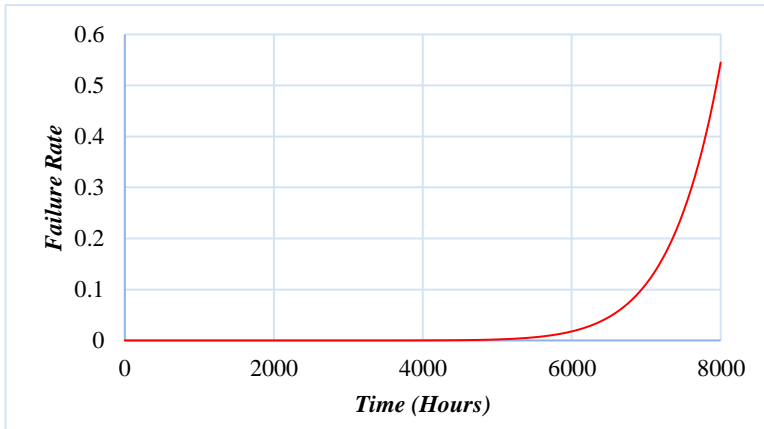
Pada Gambar 4.45 merupakan grafik *maintainability* yang mengartikan kemungkinan komponen LV 138 B yang rusak untuk diperbaiki pada keandalan semula dalam kurun waktu tertentu. Didapatkan komponen LV 138 B mencapai nilai *maintainability* sebesar 100% saat 96 jam sehingga kemungkinan komponen yang rusak dapat kembali berfungsi kembali dalam kurun waktu 96 jam perbaikan.

e. Analisis Kuantitatif LV 151

Dengan mengacu pada *maintenance record* LV 151 pada Lampiran C diperoleh distribusi TTF yaitu distribusi *weibull 2* dengan nilai β sebesar 12,9068 dan η sebesar 5095,376. Sedangkan untuk distribusi TTR yang sesuai yaitu distribusi eksponensial 2 dengan nilai λ sebesar 5,192 dan γ sebesar 4,8966.



Gambar 4. 46 Reliability Komponen LV 151



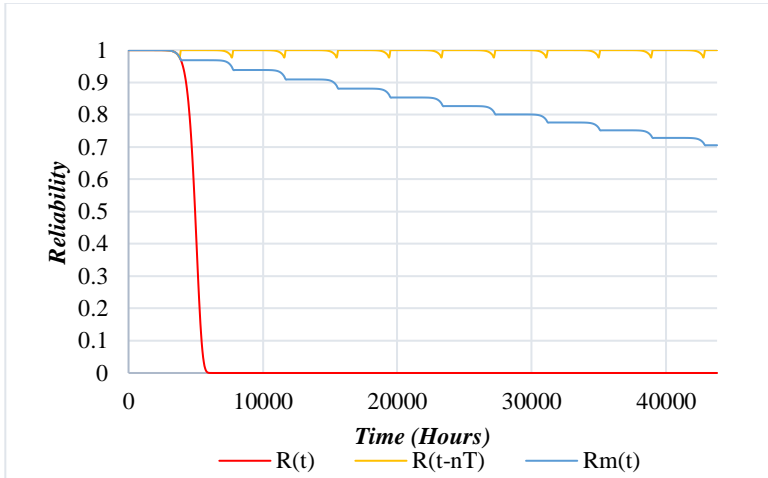
Gambar 4. 47 *Failure Rate* Komponen LV 151

Menurut grafik Gambar 4.46 merupakan grafik penurunan *reliability* terhadap waktu. *Reliability* merupakan kemungkinan dari komponen LV 151 untuk dapat beroperasi atau melaksanakan fungsinya terhadap waktu sehingga penurunan *reliability* dapat diartikan sebagai penurunan kemungkinan dari komponen LV 151 untuk dapat beroperasi. Diketahui komponen LV 151 mencapai nilai *reliability* 97% pada saat 3800 jam sehingga komponen LV 151 masih dapat beroperasi dengan baik selama 3800 jam operasi.

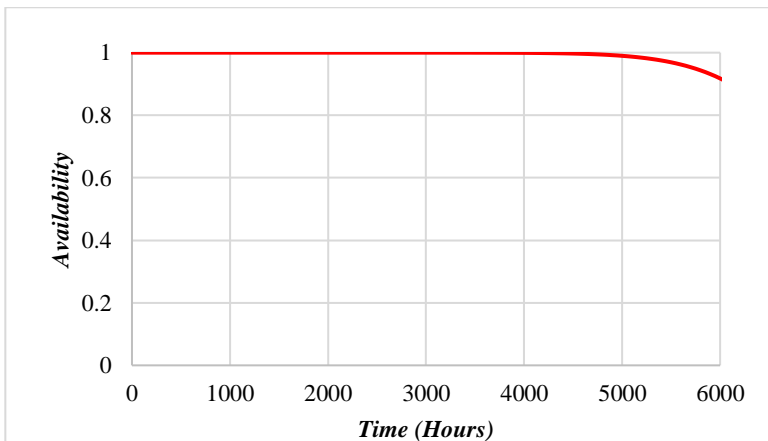
Failure rate merupakan perbandingan antara banyaknya kegagalan pada komponen. Diketahui pada Gambar 4.47 menjelaskan grafik *failure rate* yang merupakan perbandingan antara banyaknya kegagalan pada komponen LV 151 terhadap jam operasi tertentu sehingga komponen tersebut sedang dalam fase *wear out* dikarenakan mengalami kenaikan *failure rate*.

Setelah didapatkan jam operasi ketika *reliability* mencapai 97% maka dapat ditentukan jadwal *preventive maintenance* yang sesuai. Pada Gambar 4.48 merupakan grafik *preventive maintenance* yang mengartikan kegiatan perbaikan yang dilakukan pada komponen LV 151 sebelum mengalami kerusakan dalam *time interval* tertentu sehingga *preventive maintenance* dapat dilakukan setiap 3800 jam sekali. Setelah dilakukan *preventive maintenance*,

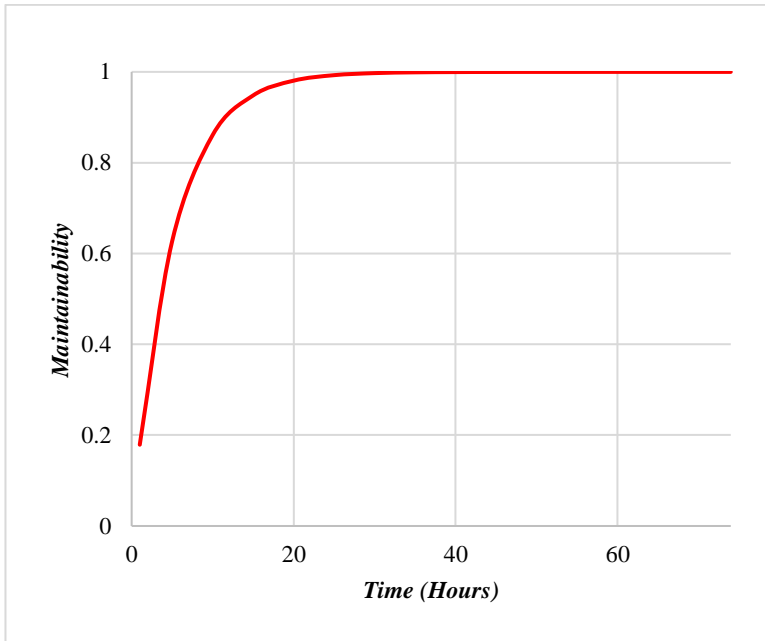
terdapat peningkatan nilai *reliability*. Hal ini berhubungan dengan *failure rate* yang sedang dalam fase *wear out* sehingga menerapkan *preventive maintenance* pada komponen LV 151 sesuai rekomendasi merupakan langkah yang tepat.



Gambar 4. 48 Preventive Maintenance Komponen LV 151



Gambar 4. 49 Availability Komponen LV 151



Gambar 4. 50 *Maintainability* Komponen LV 151

Pada Gambar 4.49 menjelaskan bahwa komponen LV 151 memiliki ketersediaan yang baik. Hal tersebut didasari oleh penurunan *availability* sebesar 91% ketika komponen tersebut telah mencapai 4500 jam operasi. Namun setelah melalui 4500 jam operasi, *availability* pada komponen tersebut berkurang secara signifikan.

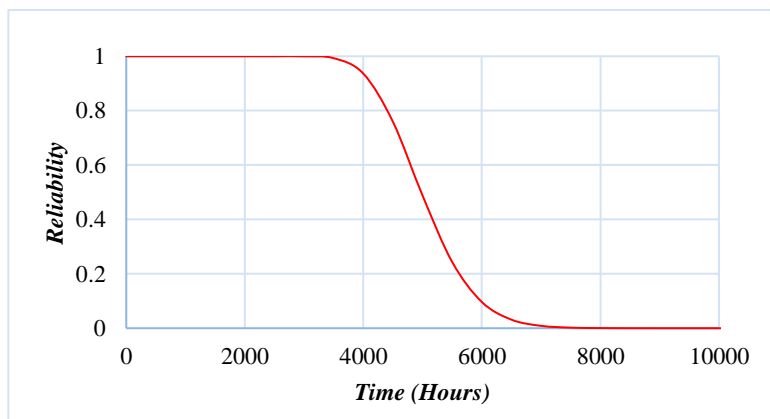
Berdasarkan perhitungan *maintainability* pada grafik Gambar 4.50 diketahui komponen LV 151 mencapai nilai *maintainability* sebesar 100% saat 74 jam. Pada grafik *maintainability* tersebut menjelaskan kemungkinan komponen LV 151 yang rusak untuk diperbaiki pada keandalan semula dalam kurun waktu tertentu sehingga kemungkinan komponen yang rusak dapat kembali berfungsi kembali dalam kurun waktu 74 jam perbaikan.

4.1.4 Analisis Kuantitatif *Temperature Valve*

Pada *oil treating plant* terdapat 2 komponen *temperature valve*, yaitu TV 121 dan TV 221 yang terletak pada HP *flash liquid heater*.

a. Analisis Kuantitatif TV 121

Setelah mendapatkan *maintenance record* TV 121 didapatkan distribusi TTF yang sesuai yaitu distribusi *lognormal* dengan nilai μ sebesar 8,5126 dan σ sebesar 0,1435. Sedangkan untuk distribusi TTR yang sesuai yaitu distribusi eksponensial dengan nilai λ sebesar 0,1818.

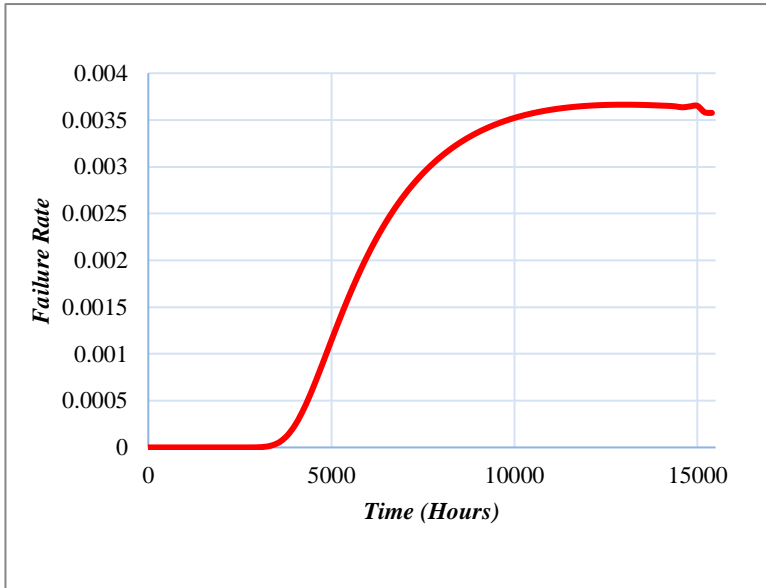


Gambar 4. 51 *Reliability* Komponen TV 121

Pada Gambar 4.51 merupakan grafik penurunan *reliability* terhadap waktu. *Reliability* merupakan kemungkinan dari komponen TV 121 untuk dapat beroperasi atau melaksanakan fungsinya terhadap waktu sehingga penurunan *reliability* dapat diartikan sebagai penurunan kemungkinan dari komponen TV 121 untuk dapat beroperasi. Diketahui komponen TV 121 mencapai nilai *reliability* 97% pada saat 3750 jam sehingga komponen TV 121 masih dapat beroperasi dengan baik selama 3750 jam operasi.

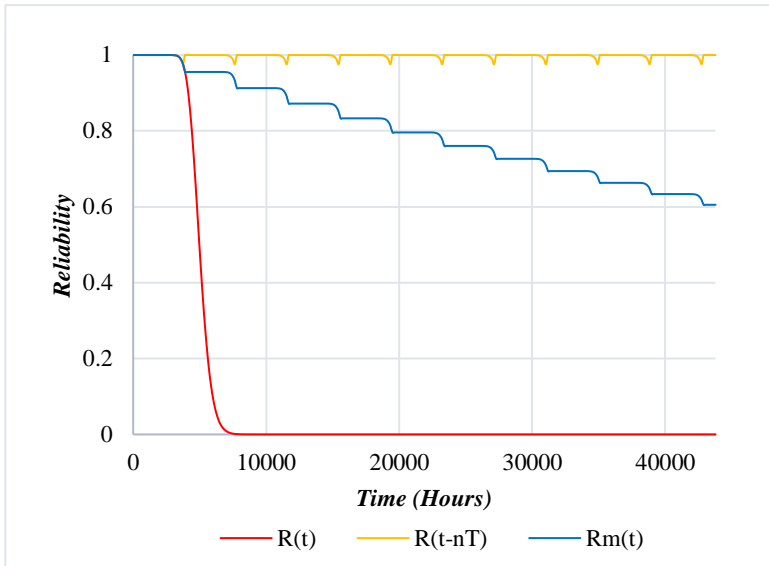
Berdasarkan perhitungan *failure rate* pada grafik Gambar 4.52 menjelaskan perbandingan antara banyaknya kegagalan pada

komponen TV 121 terhadap jam operasi tertentu sehingga *failure rate* pada komponen TV 121 terus mengalami kenaikan dikarenakan komponen tersebut sedang dalam fase *wear out*.

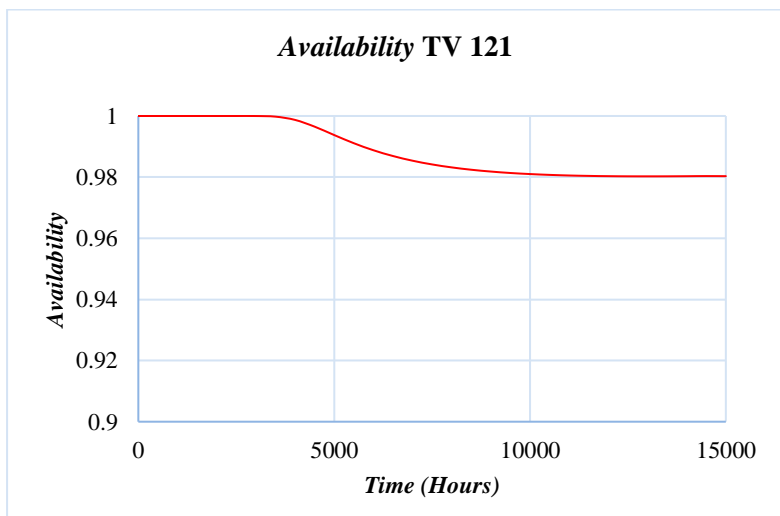


Gambar 4. 52 *Failure Rate* Komponen TV 121

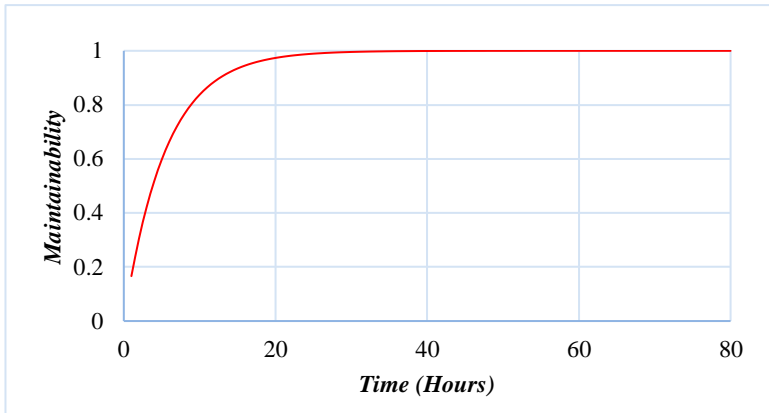
Setelah didapatkan jam operasi ketika *reliability* mencapai 97% maka dapat ditentukan jadwal *preventive maintenance* yang sesuai. Pada Gambar 4.53 merupakan grafik *preventive maintenance* yang mengartikan kegiatan perbaikan yang dilakukan pada komponen TV 121 sebelum mengalami kerusakan dalam *time interval* tertentu sehingga *preventive maintenance* dapat dilakukan setiap 3750 jam sekali. Setelah dilakukan *preventive maintenance*, terdapat peningkatan nilai *reliability*. Hal ini berhubungan dengan *failure rate* yang sedang dalam fase *wear out* sehingga menerapkan *preventive maintenance* pada komponen TV 121 sesuai rekomendasi merupakan langkah yang tepat.



Gambar 4. 53 Preventive Maintenance Komponen TV 121



Gambar 4. 54 Availability Komponen TV 121



Gambar 4.55 *Maintainability* Komponen TV 121

Pada Gambar 4.54 merupakan grafik ketersediaan komponen TV 121 dalam kurun waktu 15000 jam operasi. Penurunan nilai *availability* mengartikan bahwa ketersediaan komponen TV 121 semakin berkurang. Terlihat pada gambar bahwa komponen TV 121 memiliki *availability* 98% sehingga komponen TV 121 memiliki ketersediaan komponen yang baik.

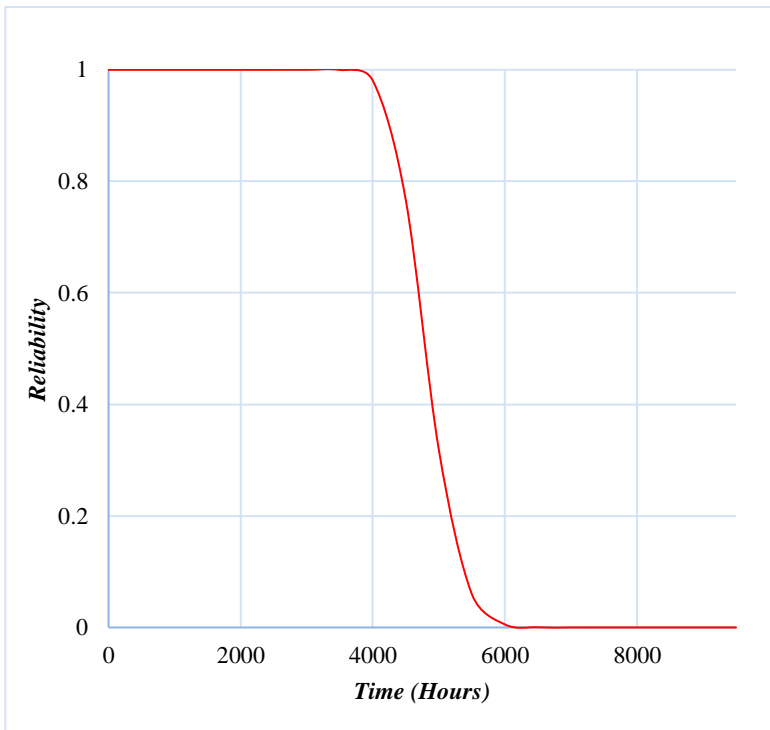
Maintainability pada komponen TV 121 menjelaskan kemungkinan komponen TV 121 yang rusak untuk diperbaiki pada keandalan semula dalam kurun waktu tertentu. Diketahui pada Gambar 4.55 komponen TV 121 mencapai nilai *maintainability* sebesar 100% saat 80 jam sehingga kemungkinan komponen yang rusak dapat kembali berfungsi kembali dalam kurun waktu 80 jam perbaikan.

b. Analisis Kuantitatif TV 221

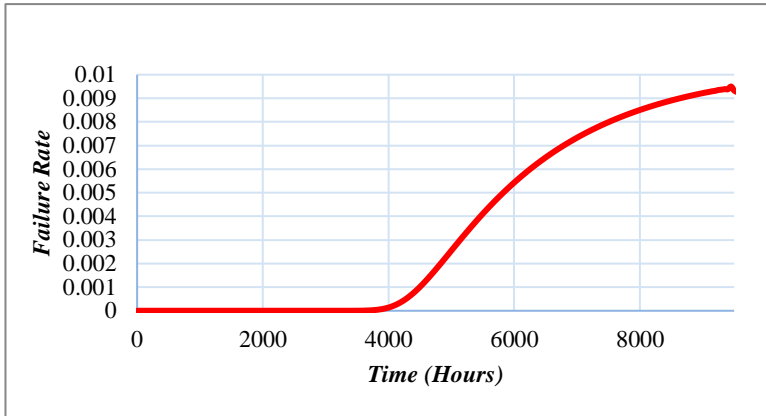
Sebelum melakukan analisis kuantitatif terlebih dahulu mendapatkan *maintenance record* TV 221 didapatkan distribusi TTF yang sesuai yaitu distribusi *lognormal* dengan nilai μ sebesar 8,4758 dan σ sebesar 0,0879. Sedangkan untuk distribusi TTR yang sesuai yaitu distribusi eksponensial 2 dengan nilai λ sebesar 4,3466 dan γ sebesar 4,8987.

Berdasarkan perhitungan *reliability* yang hasilnya seperti pada grafik Gambar 4.56 didapatkan nilai penurunan *reliability* sebesar 97% pada saat 4050 jam operasi. Pada grafik tersebut menjelaskan kemungkinan dari komponen TV 221 untuk dapat melaksanakan fungsinya terhadap waktu sehingga dinyatakan masih dapat beroperasi dengan baik selama 4050 jam operasi.

Grafik *failure rate* pada Gambar 4.57 terlihat bahwa komponen TV 221 mengalami kenaikan *failure rate*. Hal tersebut menjelaskan perbandingan antara banyaknya kegagalan pada komponen TV 221 terhadap jam operasi tertentu sehingga komponen TV 221 sedang dalam fase *wear out*.



Gambar 4. 56 *Reliability* Komponen TV 221



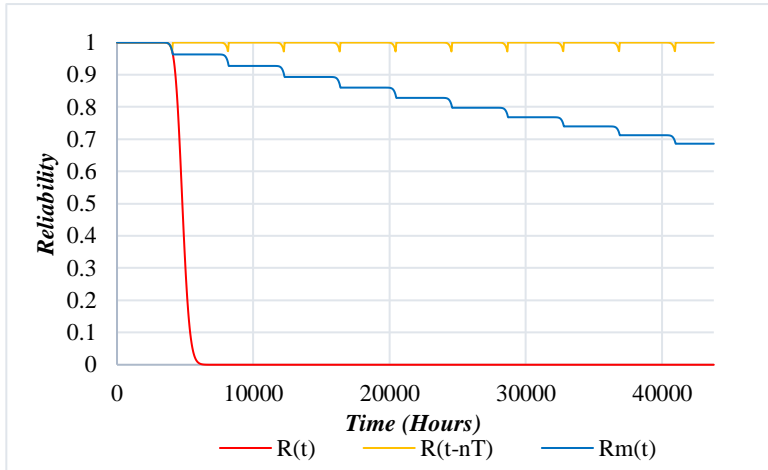
Gambar 4. 57 Failure Rate Komponen TV 221

Setelah didapatkan jam operasi ketika *reliability* mencapai 97% maka dapat ditentukan jadwal *preventive maintenance* yang sesuai. Pada Gambar 4.58 merupakan grafik *preventive maintenance* yang mengartikan kegiatan perbaikan yang dilakukan pada komponen TT 221 sebelum mengalami kerusakan dalam *time interval* tertentu sehingga *preventive maintenance* dapat dilakukan setiap 4050 jam sekali. Setelah dilakukan *preventive maintenance*, terdapat peningkatan nilai *reliability*. Hal ini berhubungan dengan *failure rate* yang sedang dalam fase *wear out* sehingga menerapkan *preventive maintenance* pada komponen TV 221 sesuai rekomendasi merupakan langkah yang tepat.

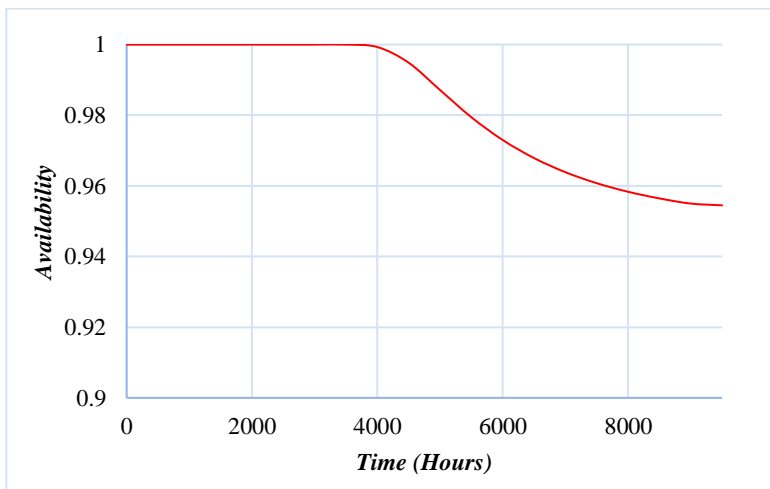
Pada Gambar 4.59 merupakan grafik ketersediaan komponen TV 221 dalam kurun waktu 10000 jam operasi. Penurunan nilai *availability* mengartikan bahwa ketersediaan komponen TV 221 semakin berkurang. Terlihat pada gambar bahwa komponen TV 221 memiliki *availability* 95% sehingga komponen TV 121 memiliki ketersediaan komponen yang baik.

Pada perhitungan *maintainability* seperti pada grafik Gambar 4.60 merupakan kemungkinan komponen TV 221 yang rusak untuk diperbaiki pada keandalan semula dalam kurun waktu tertentu. Didapatkan komponen TV 221 mencapai nilai

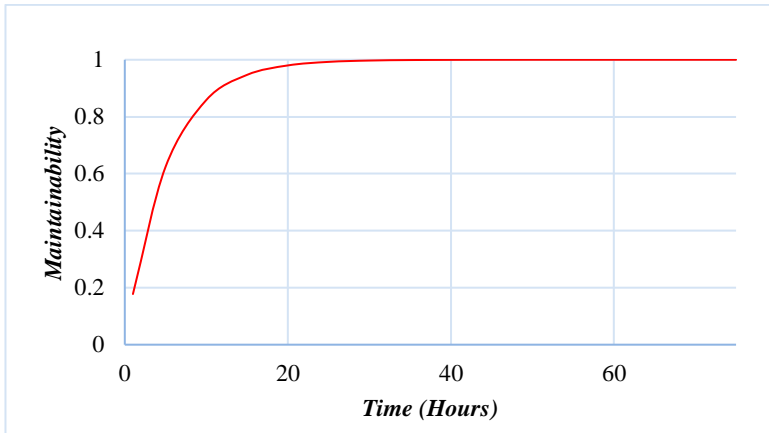
maintainability sebesar 100% saat 75 jam sehingga kemungkinan komponen yang rusak dapat kembali berfungsi kembali dalam kurun waktu 75 jam perbaikan.



Gambar 4. 58 *Preventive Maintenance* Komponen TV 221



Gambar 4. 59 *Availability* Komponen TV 221



Gambar 4. 60 Maintainability Komponen TV 221

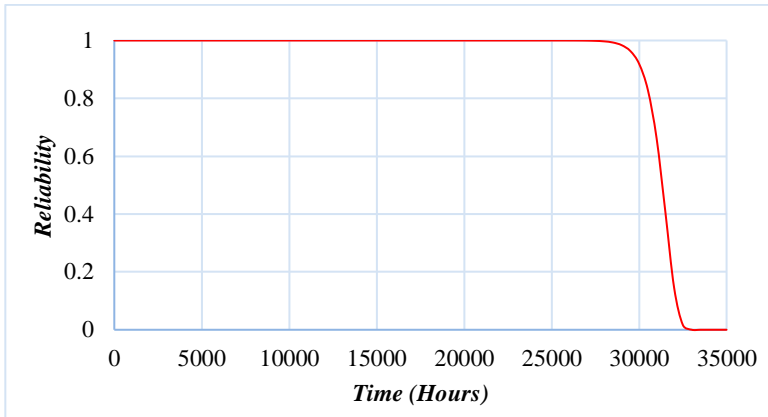
4.1.5 Analisis Kuantitatif *Shutdown Valve*

Pada *oil treating plant* terdapat 2 komponen *shutdown valve* yaitu SDV 105 dan SDV 140 yang masing-masing terdapat pada HP *Flash Separator* dan LP *Electrostatic Treater*.

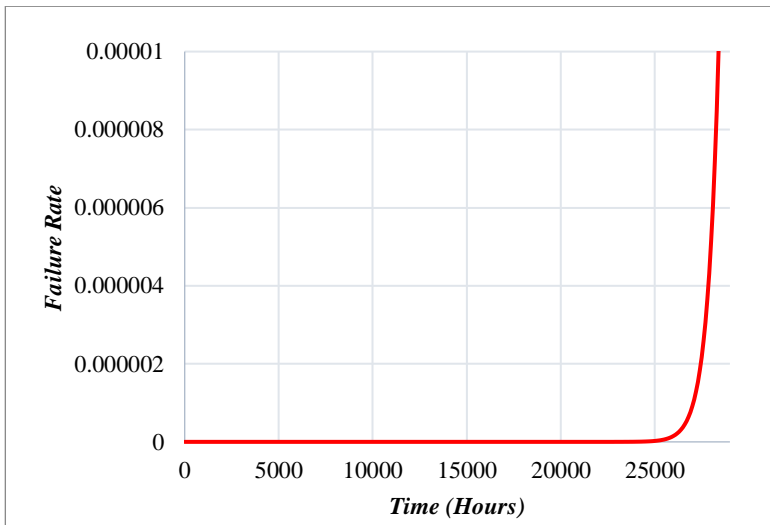
a. Analisis Kuantitatif SDV 105

Berdasarkan *maintenance record* SDV 105 didapatkan distribusi TTF yang sesuai yaitu distribusi *weibull 2* dengan nilai β sebesar 48,5139 dan η sebesar 31570. Sedangkan untuk distribusi TTR yang sesuai yaitu distribusi normal dengan nilai μ sebesar 6,8333 dan σ sebesar 5,1883.

Pada Gambar 4.61 merupakan grafik penurunan *reliability* terhadap waktu. *Reliability* merupakan kemungkinan dari komponen SDV 105 untuk dapat beroperasi atau melaksanakan fungsinya terhadap waktu sehingga penurunan *reliability* dapat diartikan sebagai penurunan kemungkinan dari komponen SDV 105 untuk dapat beroperasi. Diketahui komponen SDV 105 mencapai nilai *reliability* 97% pada saat 29200 jam sehingga komponen SDV 105 masih dapat beroperasi dengan baik selama 29200 jam operasi.



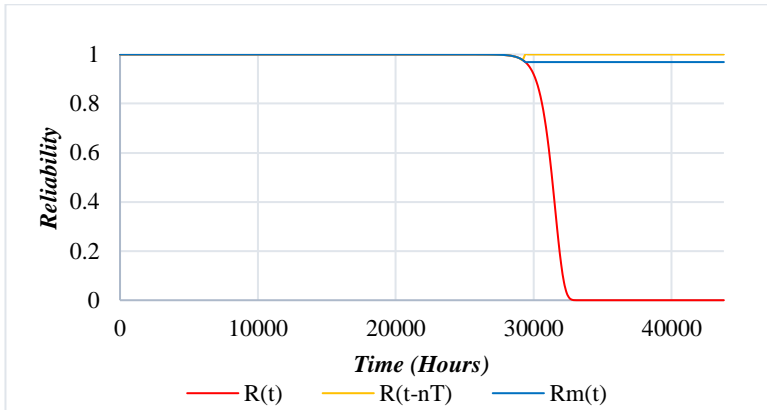
Gambar 4. 61 Reliability Komponen SDV 105



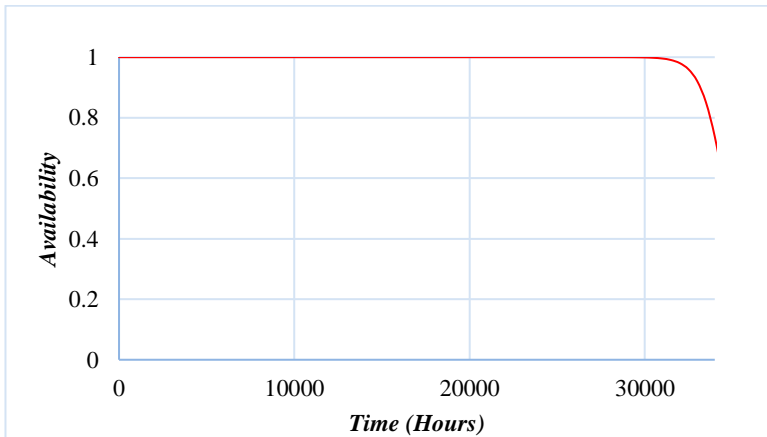
Gambar 4. 62 Failure Rate Komponen SDV 105

Pada Gambar 4.62 merupakan grafik *failure rate* yang mengartikan perbandingan antara banyaknya kegagalan pada komponen SDV 105 terhadap jam operasi tertentu. Didapatkan

failure rate pada komponen SDV 105 terus mengalami kenaikan dikarenakan komponen tersebut sedang dalam fase *wear out*.



Gambar 4. 63 *Preventive Maintenance* Komponen SDV 105

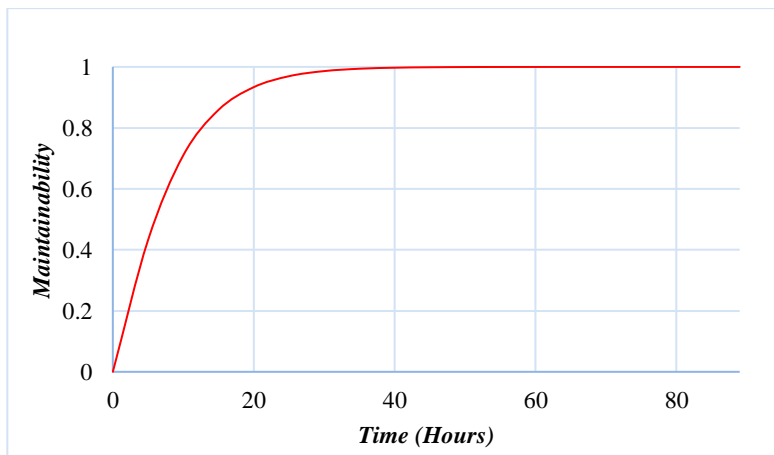


Gambar 4. 64 *Availability* Komponen SDV 105

Setelah didapatkan jam operasi ketika *reliability* mencapai 97% maka dapat ditentukan jadwal *preventive maintenance* yang sesuai. Pada Gambar 4.63 menunjukkan bahwa *preventive*

maintenance dapat dilakukan setiap 29200 jam sekali. Setelah dilakukan *preventive maintenance*, terdapat peningkatan nilai *reliability*. Hal ini berhubungan dengan *failure rate* yang sedang dalam fase *wear out* sehingga menerapkan *preventive maintenance* pada komponen SDV 105 sesuai rekomendasi merupakan langkah yang tepat.

Pada Gambar 4.64 merupakan grafik ketersediaan komponen SDV 105 dalam kurun waktu 35000 jam operasi. Penurunan nilai *availability* mengartikan bahwa ketersediaan komponen SDV 105 semakin berkurang. Terlihat pada gambar bahwa komponen SDV 105 memiliki *availability* 99% sampai pada jam operasi ke-30000 sehingga komponen SDV 105 memiliki ketersediaan komponen yang baik. Namun nilai *availability* setelah melewati 30000 jam operasi mengalami penurunan signifikan.



Gambar 4. 65 *Maintainability* Komponen SDV 105

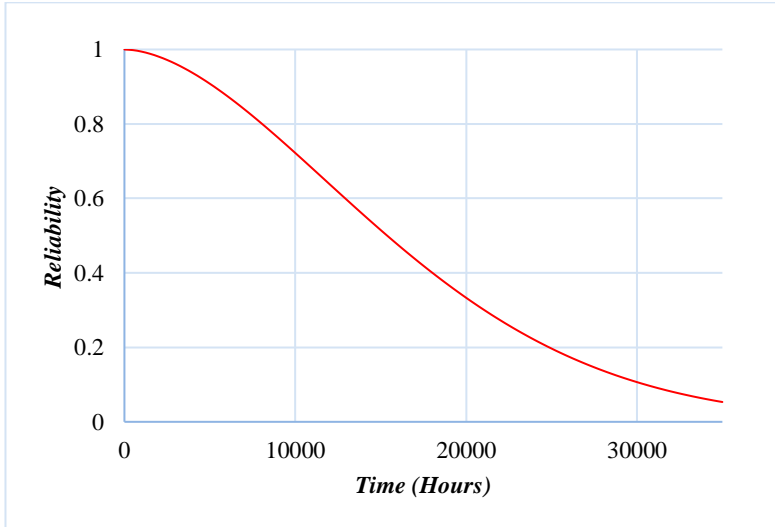
Berdasarkan perhitungan *maintainability* pada grafik Gambar 4.65 diketahui komponen SDV 105 mencapai nilai *maintainability* sebesar 100% saat 89 jam. Pada grafik *maintainability* tersebut menjelaskan kemungkinan komponen SDV 105 yang rusak untuk diperbaiki pada keandalan semula dalam kurun waktu tertentu sehingga kemungkinan komponen

yang rusak dapat kembali berfungsi kembali dalam kurun waktu 89 jam perbaikan.

b. Analisis Kuantitatif SDV 140

Dengan mengacu pada *maintenance record* komponen SDV 140 pada Lampiran C didapatkan distribusi TTF yang sesuai yaitu distribusi *weibull 2* dengan nilai β sebesar 1,7545 dan η sebesar 18953. Sedangkan untuk distribusi TTR yang sesuai yaitu distribusi *weibull 2* dengan nilai β sebesar 3,2431 dan η sebesar 9,5587.

Berdasarkan Gambar 4.66 merupakan grafik penurunan *reliability* terhadap waktu, yang berarti kemungkinan dari komponen SDV 140 untuk dapat beroperasi atau melaksanakan fungsinya terhadap waktu. Penurunan *reliability* pada komponen SDV 140 ketika nilai *reliability* 97% pada saat 2500 jam sehingga komponen SDV 140 masih dapat beroperasi dengan baik selama 2500 jam operasi.

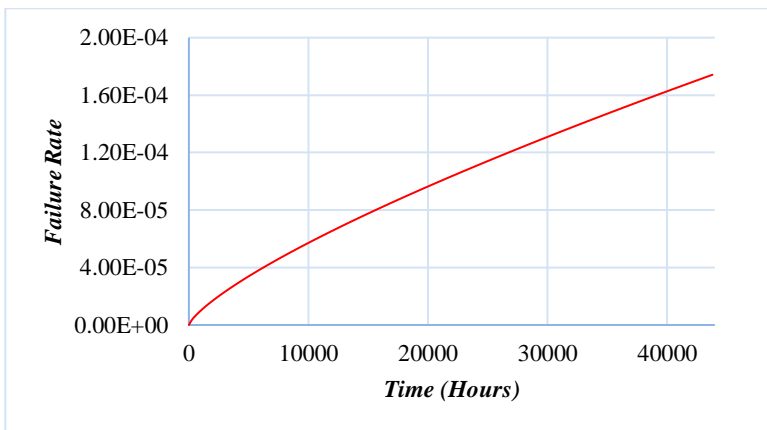


Gambar 4. 66 *Reliability* Komponen SDV 140

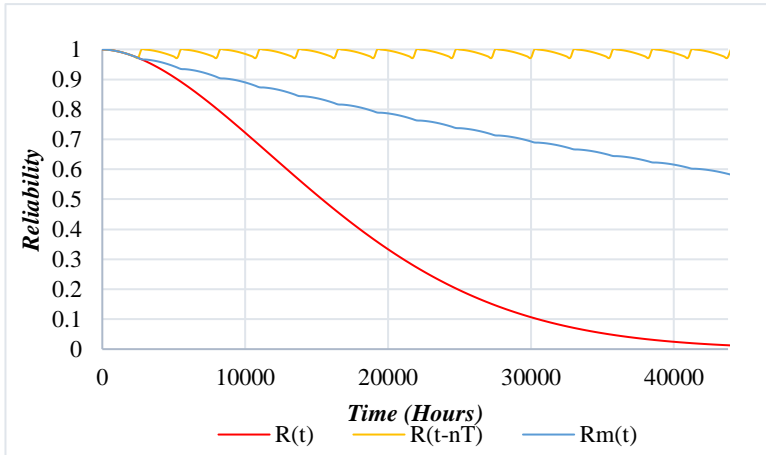
Failure rate merupakan perbandingan antara banyaknya kegagalan pada komponen. Diketahui pada Gambar 4.67 menjelaskan grafik *failure rate* yang merupakan perbandingan antara banyaknya kegagalan pada komponen SDV 140 terhadap jam operasi tertentu sehingga komponen tersebut sedang dalam fase *wear out* dikarenakan mengalami kenaikan *failure rate*.

Setelah didapatkan jam operasi ketika *reliability* mencapai 97% maka dapat ditentukan jadwal *preventive maintenance* yang sesuai. Pada Gambar 4.68 menunjukkan bahwa *preventive maintenance* dapat dilakukan setiap 2500 jam sekali. Setelah dilakukan *preventive maintenance*, terdapat peningkatan nilai *reliability*. Hal ini berhubungan dengan *failure rate* yang sedang dalam fase *wear out* sehingga menerapkan *preventive maintenance* pada komponen SDV 140 sesuai rekomendasi merupakan langkah yang tepat.

Pada Gambar 4.69 merupakan grafik ketersediaan komponen SDV 140 dalam kurun waktu 35000 jam operasi. Penurunan nilai *availability* mengartikan bahwa ketersediaan komponen SDV 140 semakin berkurang. Terlihat pada gambar bahwa komponen SDV 140 memiliki *availability* 99% sehingga komponen SDV 140 memiliki ketersediaan komponen yang baik.

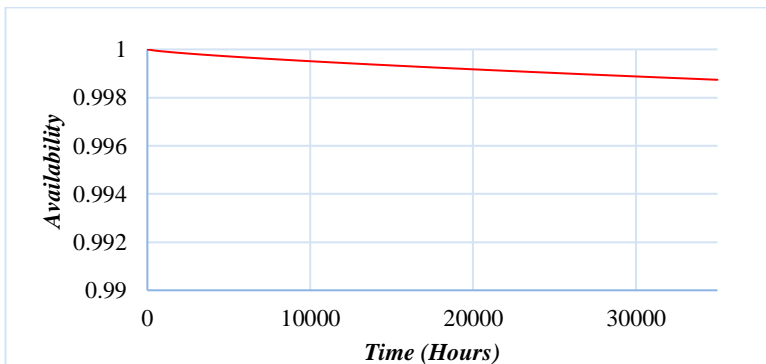


Gambar 4. 67 *Failure Rate* Komponen SDV 140

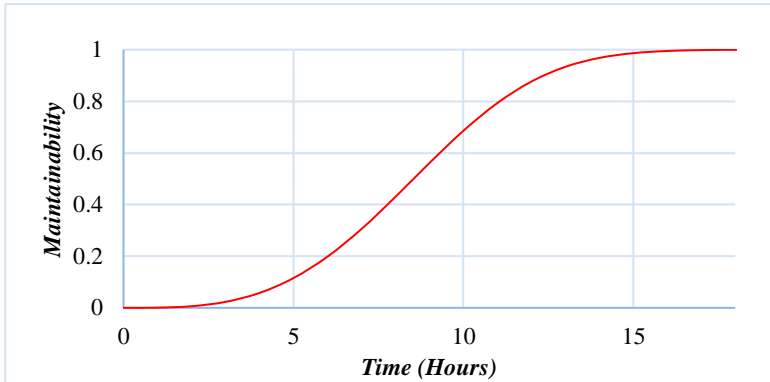


Gambar 4. 68 Preventive Maintenance Komponen SDV 140

Pada Gambar 4.70 merupakan grafik *maintainability* yang mengartikan kemungkinan komponen SDV 140 yang rusak untuk diperbaiki pada keandalan semula dalam kurun waktu tertentu. Didapatkan komponen SDV 140 mencapai nilai *maintainability* sebesar 100% saat 19 jam sehingga kemungkinan komponen yang rusak dapat kembali berfungsi kembali dalam kurun waktu 22 jam perbaikan.



Gambar 4. 69 Availability Komponen SDV 140



Gambar 4.70 Maintainability Komponen SDV 140

4.1.6 Analisis Kuantitatif pada *Oil Treating Plant*

Analisis semua komponen pada *oil treating plant* menggunakan rangkaian seri dan paralel seperti pada Lampiran F dengan menggunakan persamaan (2.19) dan (2.20) sehingga langkah-langkah menghitung *reliability* pada *oil treating plant* diperoleh:

$$R_A = 1 - ((1 - R_{LV108A})(1 - R_{LV108B}))$$

$$R_B = R_{TT121} \times R_{TV121}$$

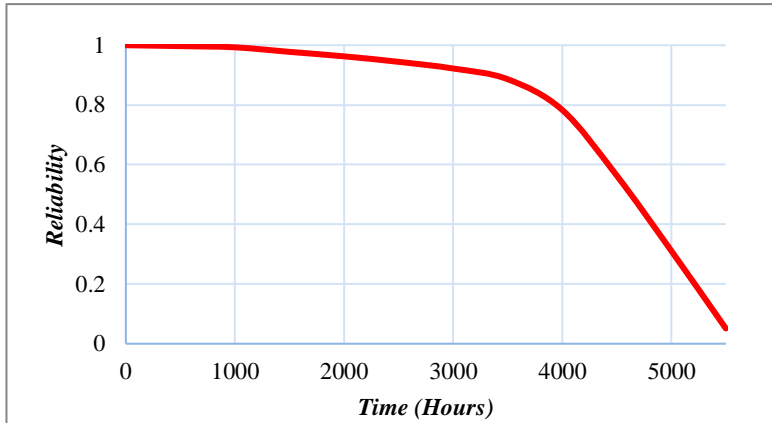
$$R_C = R_{TT221} \times R_{TV221}$$

$$R_D = 1 - ((1 - R_{LV138A})(1 - R_{LV138B}))$$

$$R_{BC} = 1 - ((1 - R_B)(1 - R_C))$$

Sehingga didapatkan R_{OTP} :

$$R_{OTP} = R_{LT108} \times R_A \times R_{SDV105} \times R_{BC} \times R_{LT138} \times R_D \times R_{SDV140} \\ \times R_{LT151} \times R_{LV151}$$



Gambar 4. 71 *Reliability Oil Treating Plant*

Pada Gambar 4.71 merupakan grafik penurunan *reliability* terhadap waktu. *Reliability* merupakan kemungkinan dari *oil treating plant* untuk dapat beroperasi atau melaksanakan fungsinya terhadap waktu sehingga penurunan *reliability* dapat diartikan sebagai penurunan kemungkinan dari *oil treating plant* untuk dapat beroperasi sehingga *oil treating plant* memiliki *reliability* 0,563237 pada saat 4500 jam operasi.

4.2 Analisis Kualitatif pada Oil Treating Plant

Analisis kualitatif pada *oil treating plant* meliputi penjabaran fungsi sistem yang diolah dalam bentuk tabel *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *RCM decision worksheet*. Pada pengambilan data kualitatif dengan melakukan wawancara kepada responden terkait di PT. SIPL.

4.2.1 Analisis Kualitatif Node HP Flash Separator

Penjabaran *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan kegagalan-kegagalan komponen pada *node HP flash separator* dilakukan penyusunan *RCM decision diagram* pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2

Tabel 4. 1 FMEA pada Node HP *Flash Separator*

Komponen	Information Reference				
	Function	Functional Failure	Failure Mode	Failure Cause	Failure Effect
LT 108	Membaca nilai <i>level crude oil</i> pada <i>HP flash separator</i>	Tidak bisa membaca <i>level crude oil</i> pada <i>HP flash separator</i>	<i>Abnormal instrument reading</i>	<i>Life time</i>	Kesalahan pembacaan nilai <i>level crude oil</i> dan penurunan kinerja <i>level transmitter</i>
LV 108 A/B	Sebagai aktuator dari pengendalian <i>level HP flash separator</i>	Tidak bisa mengontrol variabel proses	<i>Fail to regulate</i>	<i>Life time</i>	Unit pada <i>HP flash separator</i> akan kelebihan beban, terjadi <i>water slugging</i> , mengalami <i>trip</i>
SDV 105	Pengaman ketika terjadi kelebihan <i>level</i> pada <i>HP flash separator</i>	Tidak mampu berfungsi sebagai pengaman ketika terjadi kelebihan <i>level</i> pada <i>HP flash separator</i>	<i>Fail to close on demand</i>	<i>Blockage</i>	Tidak dapat memberhentikan aliran <i>crude oil</i> sehingga akan menyebabkan kecelakaan pada sistem

Berdasarkan Tabel 4.1 dan 4.2 terdapat 4 komponen pada *HP flash separator*, yaitu LT 108, LV 108 A, LV 108 B, dan SDV 105. Pada komponen LT 108 memiliki *failure mode* berupa *abnormal instrument reading* yang termasuk dalam *hidden failure consequence* dengan jenis *proactive maintenance* berupa *schedule on-condition task* serta *proposed task* dengan melakukan kalibrasi *level transmitter* secara berkala. Pada komponen LV 108 A/B memiliki *failure mode* berupa *fail to regulate* yang merupakan akibat dari kegagalan dalam mengontrol variabel proses sehingga termasuk ke dalam *operational consequence* dengan jenis

proactive task berupa *scheduled restoration task* serta *proposed task* dengan melakukan tes ulang *level valve* secara berkala. Pada komponen SDV 105 memiliki *failure mode* berupa *fail to close on demand* sehingga termasuk dalam *hidden failure consequence* dengan jenis *proactive maintenance* berupa *schedule on-condition task* serta *proposed task* dengan melakukan tes ulang *shutdown valve* secara berkala.

Tabel 4. 2 RCM Decision Worksheet pada Node HP Flash Separator

Komponen	Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task
					S1	S2	S3				
	O1	O2	O3								
	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	
LT 108	N	-	-	-	Y	-	-	-	-	-	Lakukan kalibrasi <i>level transmitter</i> secara berkala
LV 108 A/B	Y	N	N	Y	N	Y	-				Lakukan tes ulang <i>level valve</i> secara berkala
SDV 105	N	-	-	-	Y	-	-	-	-	-	Lakukan tes ulang <i>shutdown valve</i> secara berkala

4.2.2 Analisis Kualitatif Node HP Flash Liquid Heater A/B

Penjabaran *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan kegagalan-kegagalan komponen pada *node HP flash liquid heater A/B* dilakukan penyusunan RCM *decision diagram* pada Tabel 4.3 dan 4.4.

Tabel 4. 3 FMEA pada *Node HP Flash Liquid Heater*

Komponen	Information Reference				
	<i>Function</i>	<i>Functional Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Cause</i>	<i>Failure Effect</i>
TT 121	Membaca nilai <i>temperature crude oil</i> yang keluar dari <i>HP flash liquid heater A</i>	Tidak bisa membaca nilai <i>temperature crude oil</i> yang keluar dari <i>HP flash liquid heater A</i>	<i>Abnormal instrument reading</i>	<i>Life time</i>	Kesalahan dalam membaca nilai <i>temperature</i>
TV 121	Sebagai aktuator dari pengendalian <i>temperature HP flash liquid heater A</i>	Tidak bisa mengontrol variabel proses	<i>Fail to regulate</i>	<i>Life time</i>	Jika selalu terbuka, <i>temperature</i> pada <i>HP Flash Liquid Heater A</i> akan naik terus menerus. Jika selalu tertutup, <i>temperature</i> akan turun terus menerus
TT 221	Membaca nilai <i>temperature minyak</i> yang keluar dari <i>HP flash liquid heater B</i>	Tidak bisa membaca nilai <i>temperature minyak</i> yang keluar dari <i>HP flash liquid heater B</i>	<i>Abnormal instrument reading</i>	<i>Life time</i>	Kesalahan dalam membaca <i>temperature</i>

Tabel 4. 3 FMEA pada *Node HP Flash Liquid Heater*

Komponen	Information Reference				
	Function	Functional Failure	Failure Mode	Failure Cause	Failure Effect
TV 221	Sebagai aktuator dari pengendalian <i>temperature HP flash liquid heater B</i>	Tidak bisa mengontrol variabel proses	<i>Fail to regulate</i>	<i>Life time</i>	Jika selalu terbuka, <i>temperature</i> pada <i>HP flash liquid heater B</i> akan naik terus menerus. Jika selalu tertutup, <i>temperature</i> akan turun terus menerus

Pada tabel di atas didapatkan komponen TT 121 memiliki *failure mode* berupa *abnormal instrument reading* yang termasuk dalam *hidden failure consequence* dengan jenis *proactive maintenance* berupa *schedule on-condition task* serta *proposed task* dengan melakukan kalibrasi *temperature transmitter* secara berkala. Pada komponen TV 121 memiliki *failure mode* berupa *fail to regulate* yang merupakan akibat dari kegagalan dalam mengontrol variabel proses sehingga termasuk ke dalam *operational consequence* dengan jenis *proactive task* berupa *scheduled restoration task* serta *proposed task* dengan melakukan tes ulang *temperature valve* secara berkala. Pada komponen TT 221 memiliki *failure mode* berupa *abnormal instrument reading* yang termasuk dalam *hidden failure consequence* dengan jenis *proactive maintenance* berupa *schedule on-condition task* serta *proposed task* dengan melakukan kalibrasi *temperature transmitter* secara berkala. Pada komponen TV 221 memiliki *failure mode* berupa *fail to regulate* yang merupakan akibat dari kegagalan dalam mengontrol variabel proses sehingga termasuk ke dalam *operational consequence* dengan jenis *proactive task* berupa *scheduled restoration task* serta *proposed task* dengan melakukan tes ulang *temperature valve* secara berkala.

Tabel 4. 4 RCM *Decision Diagram* pada *Node HP Flash Liquid Heater*

Komponen	Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task
					S1	S2	S3				
	O1	O2	O3								
	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	
TT 121	N	-	-	-	Y	-	-	-	-	-	Lakukan kalibrasi <i>temperature transmitter</i> secara berkala
TV 121	Y	N	N	Y	N	Y	-				Lakukan tes ulang <i>temperature valve</i> secara berkala
TT 221	N	-	-	-	Y	-	-	-	-	-	Lakukan kalibrasi <i>temperature transmitter</i> secara berkala
TV 221	Y	N	N	Y	N	Y	-				Lakukan tes ulang <i>temperature valve</i> secara berkala

4.2.3 Analisis Kualitatif *Node LP Electrostatic Treater*

Penjabaran *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan kegagalan-kegagalan komponen pada *node HP flash liquid heater A/B* dilakukan penyusunan RCM *decision diagram* pada Tabel 4.5 dan 4.6.

Tabel 4. 5 FMEA pada *Node LP Electrostatic Treater*

Komponen	Information Reference				
	Function	Functional Failure	Failure Mode	Failure Cause	Failure Effect
LT 138	Membaca nilai <i>level crude oil</i> pada LP <i>electrostatic treater</i>	Tidak bisa membaca <i>level crude oil</i> pada LP <i>electrostatic treater</i>	<i>Abnormal instrument reading</i>	<i>Life Time</i>	Kesalahan pembacaan nilai <i>level crude oil</i>
LV 138 A/B	Sebagai aktuator dari pengendalian <i>level LP electrostatic treater</i>	Tidak bisa mengontrol variabel proses	<i>Fail to regulate</i>	<i>Life time</i>	Unit pada LP <i>electrostatic treater</i> mengalami <i>high</i> dan <i>low level</i> sehingga akan mengalami <i>trip</i>
SDV 140	Pengaman ketika terjadi kelebihan <i>level</i> pada LP <i>electrostatic treater</i>	Tidak mampu berfungsi sebagai pengaman ketika terjadi kelebihan <i>level</i> pada LP <i>electrostatic treater</i>	<i>Fail to close on demand</i>	<i>Blockage</i>	Tidak dapat memberhentikan <i>crude oil</i> sehingga akan menyebabkan kecelakaan pada sistem

Pada komponen LT 138 memiliki *failure mode* berupa *abnormal instrument reading* yang termasuk dalam *hidden failure consequence* dengan jenis *proactive maintenance* berupa *schedule on-condition task* serta *proposed task* dengan melakukan kalibrasi *level transmitter* secara berkala. Pada komponen LV 138 A/B memiliki *failure mode* berupa *fail to regulate* yang merupakan akibat dari kegagalan dalam mengontrol variabel proses sehingga termasuk ke dalam *operational consequence* dengan jenis *proactive task* berupa *scheduled restoration task* serta *proposed task* dengan melakukan tes ulang *level valve* secara berkala. Pada komponen SDV 140 memiliki *failure mode* berupa *fail to close on*

demand sehingga termasuk dalam *hidden failure consequence* dengan jenis *proactive maintenance berupa schedule on-condition task* serta *proposed task* dengan melakukan tes ulang *shutdown valve* secara berkala.

Tabel 4. 6 RCM *Decision Diagram* pada LP *Electrostatic Treater*

Komponen	Consequence Evaluation				H 1	H 2	H 3	Default Action			Proposed Task
					S1	S2	S3				
	O 1	O 2	O 3	H 4	H 5	S 4					
	N 1	N 2	N 3								
LT 138	N	-	-	-	Y	-	-	-	-	-	Lakukan kalibrasi <i>level transmitter</i> secara berkala
LV 138 A/B	Y	N	N	Y	N	Y	-	-	-	-	Lakukan tes ulang <i>level valve</i> secara berkala
SDV 140	N	-	-	-	Y	-	-	-	-	-	Lakukan tes ulang <i>shutdown valve</i> secara berkala

4.2.4 Analisis Kualitatif Node *Atmospheric Flash Separator*

Penjabaran *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dan kegagalan-kegagalan komponen pada *node atmospheric flash separator* dilakukan penyusunan *RCM decision diagram* pada Tabel 4.7 dan 4.8

Tabel 4. 7 FMEA pada *Node Atmospheric Flash Separator*

Komponen	Information Reference				
	Function	Functional Failure	Failure Mode	Failure Cause	Failure Effect
LT 151	Membaca nilai <i>level crude oil</i> pada <i>atmospheric separator</i>	Tidak dapat membaca nilai <i>level crude oil</i> pada <i>atmospheric separator</i>	<i>Abnormal instrument reading</i>	<i>Life time</i>	Kesalahan pembacaan nilai <i>level crude oil</i>
LV 151	Sebagai aktuator dari pengendalian <i>level atmospheric separator</i>	Tidak bisa mengontrol variabel proses	<i>Fail to regulate</i>	<i>Life time</i>	Jika terbuka maka akan berakibat pompa mati

Pada komponen LT 151 memiliki *failure mode* berupa *abnormal instrument reading* yang termasuk dalam *hidden failure consequence* dengan jenis *proactive maintenance* berupa *schedule on-condition task* serta *proposed task* dengan melakukan kalibrasi *level transmitter* secara berkala. Pada komponen LV 151 memiliki *failure mode* berupa *fail to regulate* yang merupakan akibat dari kegagalan dalam mengontrol variabel proses sehingga termasuk ke dalam *operational consequence* dengan jenis *proactive task* berupa *scheduled restoration task* serta *proposed task* dengan melakukan tes ulang *level valve* secara berkala.

Tabel 4. 8 RCM *Decision Diagram* pada *Node Atmospheric Flash Separator*

Komponen	Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task
					S1	S2	S3					
					O1	O2	O3					
	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4		
LT 151	N	-	-	-	Y	-	-	-	-	-	Lakukan kalibrasi level transmitter secara berkala	
LV 151	Y	N	N	Y	N	Y	-				Lakukan tes ulang level valve secara berkala	

4.3 Perhitungan *Maintenance Cost* pada *Oil Treating Plant*

Pada perhitungan *maintenance cost* terdiri dari perhitungan *preventive maintenance cost* (C_{PM}), *corrective maintenance cost* (C_{CM}) dan *test cost* (C_T).

a. Perhitungan *Preventive Maintenance Cost* (C_{PM})

Dalam menghitung C_{PM} , parameter yang mempengaruhi perhitungan yaitu meliputi biaya pekerja per jam, jumlah pekerja, waktu pengerjaan, frekuensi *maintenance* (M), dan jumlah komponen (N).

Pada Tabel 4.9 merupakan hasil perhitungan C_{PM} dengan menggunakan persamaan (2.22) sehingga total C_{PM} pada 14 komponen *oil treating plant* selama 5 tahun sebesar USD 8.439,61

Tabel 4. 9 Perhitungan C_{PM} pada *Oil Treating Plant*

Komponen	Cpm	Frekuensi Maintenance (M)	Jumlah Komponen (N)	CPM
LT 108	USD 73,95	15	1	USD 1.109,25
LV 108 A	USD 89,25	5	1	USD 446,25
LV 108 B	USD 89,25	4	1	USD 357,00
SDV 105	USD 87,12	1	1	USD 87,12
TT 121	USD 122,72	2	1	USD 245,44
TV 121	USD 70,12	11	1	USD 771,38
TT 221	USD 94,03	2	1	USD 188,06
TV 221	USD 65,17	10	1	USD 651,67
LT 138	USD 74,91	2	1	USD 149,81
LV 138 A	USD 115,81	8	1	USD 926,50
LV 138 B	USD 99,45	9	1	USD 895,05
SDV 140	USD 109,44	16	1	USD 1.751,00
LT 151	USD 74,91	2	1	USD 149,81
LV 151	USD 64,66	11	1	USD 711,27

b. Perhitungan *Corrective Maintenance Cost* (C_{CM})

Dalam menghitung C_{CM} , parameter yang mempengaruhi yaitu harga komponen, MTTR, λ_T , dan jumlah komponen. Harga komponen dan λ_T didapatkan dari jurnal sedangkan nilai MTTR didapatkan dari *maintenance record* pada perusahaan.

Pada Tabel 4.10 merupakan hasil perhitungan C_{CM} selama 5 tahun dengan menggunakan persamaan (2.24). Setelah dilakukan perhitungan didapatkan total C_{CM} untuk 14 komponen pada *oil treating plant* sebesar USD 27.063,72 .

Tabel 4. 10 Perhitungan C_{CM} pada Komponen *Oil Treating Plant*

Komponen	Ccm	λ_T /jam	N	CCM
LT 108	USD 774,40	7,16562E-05	1	USD 2.430,49
LV 108 A	USD 800,80	0,000561876	1	USD 19.707,83
LV 108 B	USD 800,80	0,000767675	1	USD 26.926,22
SDV 105	USD 755,49	0,000554558	1	USD 18.350,80

Tabel 4. 10 Perhitungan C_{CM} pada Komponen *Oil Treating Plant*

Komponen	C _{cm}	$\lambda T/\text{jam}$	N	CCM
TT 121	USD 737,25	0,000289041	1	USD 9.333,58
TV 121	USD 733,30	0,000733655	1	USD 23.563,94
TT 221	USD 624,75	0,000251922	1	USD 6.893,60
TV 221	USD 715,80	0,001145572	1	USD 35.916,02
LT 138	USD 778,15	0,000928875	1	USD 31.658,83
LV 138 A	USD 894,55	9,97104E-05	1	USD 3.906,78
LV 138 B	USD 836,80	7,47884E-05	1	USD 2.741,13
SDV 140	USD 834,25	5,92863E-05	1	USD 2.166,33
LT 151	USD 778,15	0,000228921	1	USD 7.802,32
LV 151	USD 714,01	0,000968213	1	USD 30.279,74

c. Perhitungan *Test Cost* (C_T)

Pada perhitungan C_T diperoleh dari nilai C_i yang didapatkan dari Jurnal Torres, jumlah komponen, dan T_i selama 43800 jam (5 tahun) dengan menggunakan persamaan (2.23). Berdasarkan Tabel 4.11 didapatkan hasil perhitungan C_T selama 5 tahun sehingga total C_T pada 14 komponen *oil treating plant* sebesar USD 0,282109.

Tabel 4. 11 Perhitungan C_T pada Komponen *Oil Treating Plant*

Komponen	T_i	C_i	N	C_T
LT 108	2250	USD 85	1	USD 0,037778
LV 108 A	8300	USD 120	1	USD 0,014458
LV 108 B	8900	USD 120	1	USD 0,013483
SDV 105	29200	USD 120	1	USD 0,004110
TT 121	16500	USD 85	1	USD 0,005152
TV 121	3750	USD 120	1	USD 0,032000
TT 221	15000	USD 85	1	USD 0,005667
TV 221	4050	USD 120	1	USD 0,029630
LT 138	21000	USD 85	1	USD 0,004048

Tabel 4. 11 Perhitungan C_T pada Komponen *Oil Treating Plant*

Komponen	Ti	Ct	N	CT
LV 138 A	5250	USD 120	1	USD 0,022857
LV 138 B	4350	USD 120	1	USD 0,027586
SDV 140	2500	USD 120	1	USD 0,048000
LT 151	14750	USD 85	1	USD 0,005763
LV 151	3800	USD 120	1	USD 0,031579

d. Perhitungan *Operational Cost* (C_{OP})

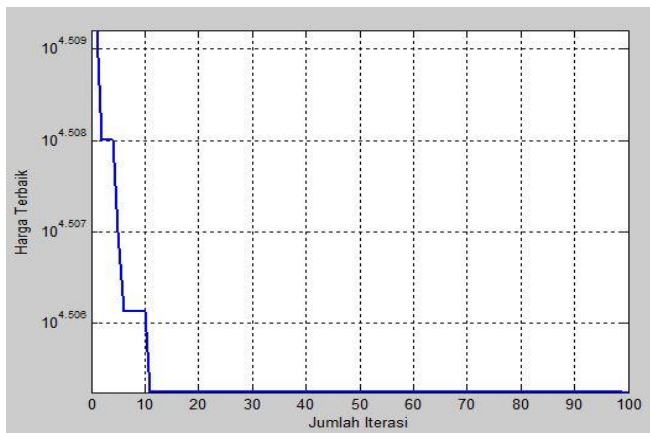
Pada perhitungan C_{OP} merupakan penjumlahan dari C_{PM} , C_{CM} , dan C_T selama 5 tahun dengan menggunakan persamaan (2.21). Pada Tabel 4.12 merupakan hasil perhitungan C_{OP} sehingga total C_{OP} pada 14 komponen *oil treating plant* sebesar USD 35.503,61.

Tabel 4. 12 Perhitungan C_{OP} Komponen *Oil Treating Plant*

Komponen	CPM	CCM	CT	Ctotal
LT 108	USD 1.109,25	USD 740,23	USD 0,03778	USD 1.849,52
LV 108 A	USD 446,25	USD 2.216,59	USD 0,01446	USD 2.662,85
LV 108 B	USD 357,00	USD 3.163,03	USD 0,01348	USD 3.520,04
SDV 105	USD 87,12	USD 1.247,30	USD 0,00411	USD 1.334,43
TT 121	USD 245,44	USD 1.332,56	USD 0,00515	USD 1.578,00
TV 121	USD 771,38	USD 3.486,37	USD 0,03200	USD 4.257,77
TT 221	USD 188,06	USD 674,33	USD 0,00567	USD 862,39
TV 221	USD 651,67	USD 5.647,04	USD 0,02963	USD 6.298,74
LT 138	USD 149,81	USD 2.823,90	USD 0,00405	USD 2.973,71
LV 138 A	USD 926,50	USD 981,37	USD 0,02286	USD 1.907,89
LV 138 B	USD 895,05	USD 882,20	USD 0,02759	USD 1.777,28
SDV 140	USD 1.751,00	USD 733,64	USD 0,04800	USD 2.484,69
LT 151	USD 149,81	USD 725,35	USD 0,00576	USD 875,16
LV 151	USD 711,27	USD 2.409,82	USD 0,03158	USD 3.121,12

4.4 Optimisasi *Maintenance Cost* dengan Algoritma *Particle Swarm Optimization*

Optimisasi *maintenance cost* bertujuan untuk mendapatkan *maintenance cost* optimal berdasarkan optimisasi *time interval* pada masing-masing komponen *oil treating plant*. Pada optimisasi *maintenance cost*, fungsi objektif yang digunakan yaitu *maintenance cost* dengan variabel yang dioptimisasi adalah *time interval* pada masing-masing komponen pada *oil treating plant* sebagaimana pada Lampiran G. Pada fungsi objektif, variabel yang dioptimisasi berupa *time interval* ketika *reliability* mencapai 97% dan 70% sehingga akan mendapatkan *maintenance cost* optimal. Berdasarkan Gambar 4.72 didapatkan hasil optimisasi *operational cost* mengalami konvergen sebesar USD 32.007,16.



Gambar 4. 72 Hasil Optimisasi *Maintenance Cost* dengan Algoritma *Particle Swarm Optimization*

Setelah dilakukan optimisasi, maka didapatkan pula besaran perbandingan T_i optimal dan T_i perhitungan untuk masing-masing komponen seperti pada Tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Perbandingan Nilai Ti dan M Sebelum dan Sesudah Optimisasi Selama 5 tahun

Komponen	Ti		M	
	Perhitungan	Optimal	Perhitungan	Optimal
LT 108	2250	9250	15	4
LV 108 A	8300	9450	5	4
LV 108 B	8900	9800	4	4
SDV 105	29200	30900	1	1
TT 121	16500	18600	2	2
TV 121	3750	4600	11	9
TT 221	15000	18200	2	2
TV 221	4050	4550	10	9
LT 138	21000	21900	2	2
LV 138 A	5250	10250	8	4
LV 138 B	4350	10350	9	4
SDV 140	2500	10500	16	4
LT 151	14750	18250	2	2
LV 151	2500	4600	11	9

Tabel 4. 14 Hasil *Maintenance Cost* Setelah Dioptimisasi

Komponen	CPM	CCM	CT	CTOT
	Optimal	Optimal	Optimal	Optimal
LT 108	USD 295,80	USD 740,23	USD 0,009	USD 1.036,04
LV 108 A	USD 357,00	USD 2.216,59	USD 0,012	USD 2.573,60
LV 108 B	USD 357,00	USD 3.163,03	USD 0,012	USD 3.520,04
SDV 105	USD 87,12	USD 1.247,30	USD 0,003	USD 1.334,43
TT 121	USD 245,44	USD 1.332,56	USD 0,004	USD 1.578,00
TV 121	USD 631,13	USD 3.486,37	USD 0,026	USD 4.117,52
TT 221	USD 188,06	USD 674,33	USD 0,004	USD 862,39

Tabel 4. 14 Hasil *Maintenance Cost* Setelah Dioptimisasi

Komponen	CPM	CCM	CT	CTOT
	Optimal	Optimal	Optimal	Optimal
TV 221	USD 586,50	USD 5.647,04	USD 0,026	USD 6.233,57
LT 138	USD 149,81	USD 2.823,90	USD 0,003	USD 2.973,71
LV 138 A	USD 463,25	USD 981,37	USD 0,011	USD 1.444,63
LV 138 B	USD 397,80	USD 882,20	USD 0,011	USD 1.280,02
SDV 140	USD 437,75	USD 733,64	USD 0,011	USD 1.171,40
LT 151	USD 149,81	USD 725,35	USD 0,004	USD 875,16
LV 151	USD 581,95	USD 2.409,82	USD 0,026	USD 2.991,79
Total	USD 4.928,42	USD 27.063,72	USD 0,169	USD 32.007,16

Berdasarkan Tabel 4.14, optimisasi *operational cost* pada komponen-komponen sistem kontrol *oil treating plant* dapat menghemat *operational cost* sebesar USD 3.496,47 atau dapat menghemat 9,8% dari 5 tahun perhitungan *maintenance cost* aktual.

4.5 Pembahasan

Pada tugas akhir ini bertujuan untuk menganalisis *reliability*, *availability*, *maintainability*, dan *preventive maintenance* pada komponen penyusun *oil treating plant*, menentukan tindakan pencegahan yang sesuai pada komponen penyusun *oil treating plant*, dan mendapatkan hasil *maintenance cost* yang optimum pada komponen penyusun *oil treating plant*. Pada *oil treating plant* terdapat 4 unit proses utama yang terdiri dari 14 komponen. Setelah dilakukan identifikasi sistem kemudian menentukan distribusi kegagalan berdasarkan *maintenance record* yang telah didapatkan dari perusahaan. Jenis distribusi pada setiap komponen pada *oil treating plant* dipengaruhi oleh *time to failure* dan *time to repair*.

Pada analisis kuantitatif telah dilakukan perhitungan *reliability*, *availability*, dan *maintainability* dengan menggunakan persamaan (2.1) s/d (2.17) sesuai dengan jenis distribusi dari masing-masing komponen sehingga hasilnya ditampilkan berupa

grafik pada Gambar 4.1 s/d 4.70. Pada perhitungan *reliability* didapatkan nilai penurunan *reliability* sebesar 97% terhadap *time interval* dari masing-masing komponen. Perbedaan penurunan *reliability* terhadap *time interval* dipengaruhi oleh *maintenance record* dari masing-masing komponen. Jika semakin cepat penurunan *reliability* terhadap *time interval* maka semakin sering dilakukan *maintenance* pada suatu komponen dan sebaliknya ketika semakin lama penurunan *reliability* terhadap *time interval* maka semakin jarang dilakukan *maintenance*. *Preventive maintenance* setiap komponen pada *oil treating plant* dipengaruhi oleh *reliability*. Jika semakin sering dilakukan *preventive maintenance* maka semakin besar biaya *preventive maintenance* yang dikeluarkan dan sebaliknya jika semakin jarang dilakukan *preventive maintenance* maka semakin sedikit biaya *preventive maintenance* yang dikeluarkan sehingga perhitungan *reliability* menjadi pertimbangan utama dalam tugas akhir ini.

Pada analisis kualitatif dilakukan penjabaran fungsi sistem dengan tabel FMEA dan *proposed task* yang dilakukan pada setiap komponen dengan penjabaran RCM pada setiap *node* sehingga hasilnya ditampilkan pada Tabel 4.1 s/d 4.8. Pada setiap komponen memiliki *failure mode* yang disebabkan oleh kegagalan dalam menjalankan fungsinya sehingga perlu dilakukan jenis *proactive maintenance* yang sesuai.

Pada perhitungan *operational cost (maintenance cost)* dilakukan perhitungan *preventive maintenance cost* (C_{PM}), *corrective maintenance cost* (C_{CM}) dan *test cost* (C_T) selama 5 tahun beroperasi sehingga didapatkan *maintenance cost* sebesar USD 35.503,61. Setelah itu dilakukan optimisasi dengan menggunakan algoritma *particle swarm optimization* berdasarkan optimisasi *time interval* pada masing-masing komponen *oil treating plant* dan didapatkan hasil sebesar USD 32.007,16 sehingga mampu menghemat 9,8%. Pertimbangan utama pada *maintenance cost* yaitu *preventive maintenance cost* dikarenakan *preventive maintenance cost* dipengaruhi oleh *time interval*. Semakin besar *time interval* dari suatu komponen maka semakin sedikit C_{PM} yang dikeluarkan, begitu pula sebaliknya. Pada variabel

time interval (T_i) mempengaruhi variabel M . Semakin kecil *time interval* pada suatu komponen maka semakin besar M atau semakin sering dilakukan *preventive maintenance* pada komponen tersebut sehingga semakin besar C_{PM} yang dikeluarkan pada setiap komponen.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. *Reliability* pada saat mencapai penurunan 97% atau 0,97 didapatkan pada komponen terlama pada komponen SDV 105 yaitu pada saat 29200 jam dan komponen tercepat yaitu pada komponen LT 108 yaitu pada saat 2250 jam. Sehingga setiap komponen dilakukan *preventive maintenance* ketika jam operasi mencapai penurunan *reliability* sebesar 97%. Untuk nilai *reliability* keseluruhan dari *oil treating plant* sebesar 0,563237 pada saat 4500 jam operasi. *Availability* ketika mencapai 8760 jam operasi untuk semua komponen pada *oil treating plant* memiliki *availability* sebesar 99% ke atas kecuali pada komponen LV 151 memiliki *availability* sebesar 8,1%. *Maintainability* ketika mencapai 100% untuk komponen terlama yaitu pada komponen LT 108 sebesar 215 jam dan tercepat pada komponen LV 108 B sebesar 10,5 jam.
2. Berdasarkan penjabaran FMEA dan RCM pada 14 komponen pada *oil treating plant*, tindakan pencegahan *scheduled on condition task* dilakukan pada komponen *level transmitter*, *temperature transmitter*, dan *shutdown valve*. Sedangkan tindakan pencegahan *scheduled restoration task* dilakukan pada *level valve* dan *temperature valve*.
3. Setelah dilakukan optimisasi *maintenance cost* dengan menggunakan algoritma *particle swarm optimization* pada komponen-komponen *oil treating plant* dapat menghemat *maintenance cost* sebesar USD 3.496,47 atau dapat menghemat 9,8% dari 5 tahun perhitungan *maintenance cost* aktual.

5.2 Saran

Hal yang dapat penulis sarankan dalam penelitian selanjutnya adalah untuk harga setiap komponen agar dapat

mencari referensi yang lebih banyak agar mendapatkan *maintenance cost* yang lebih baik.

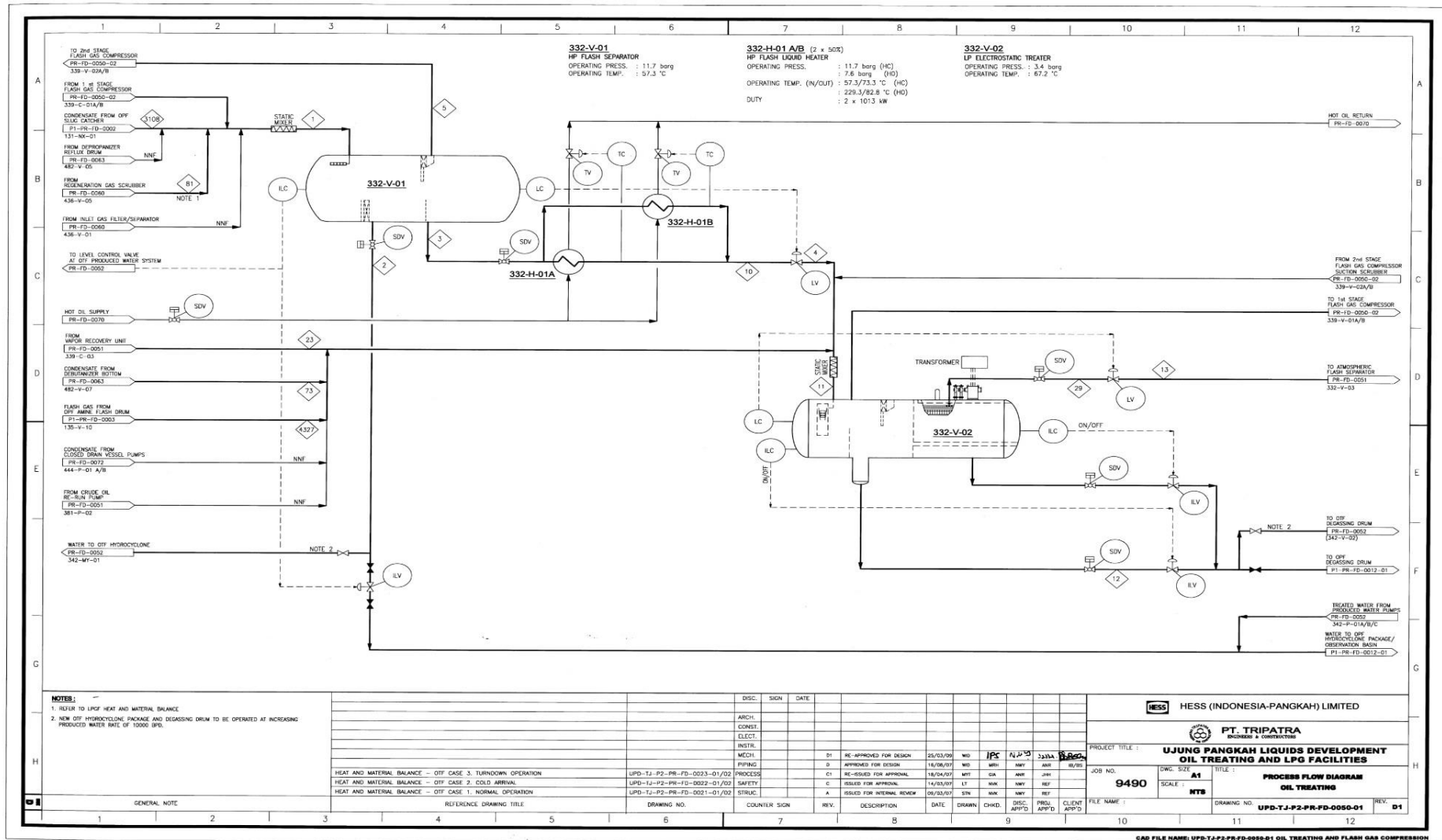
DAFTAR PUSTAKA

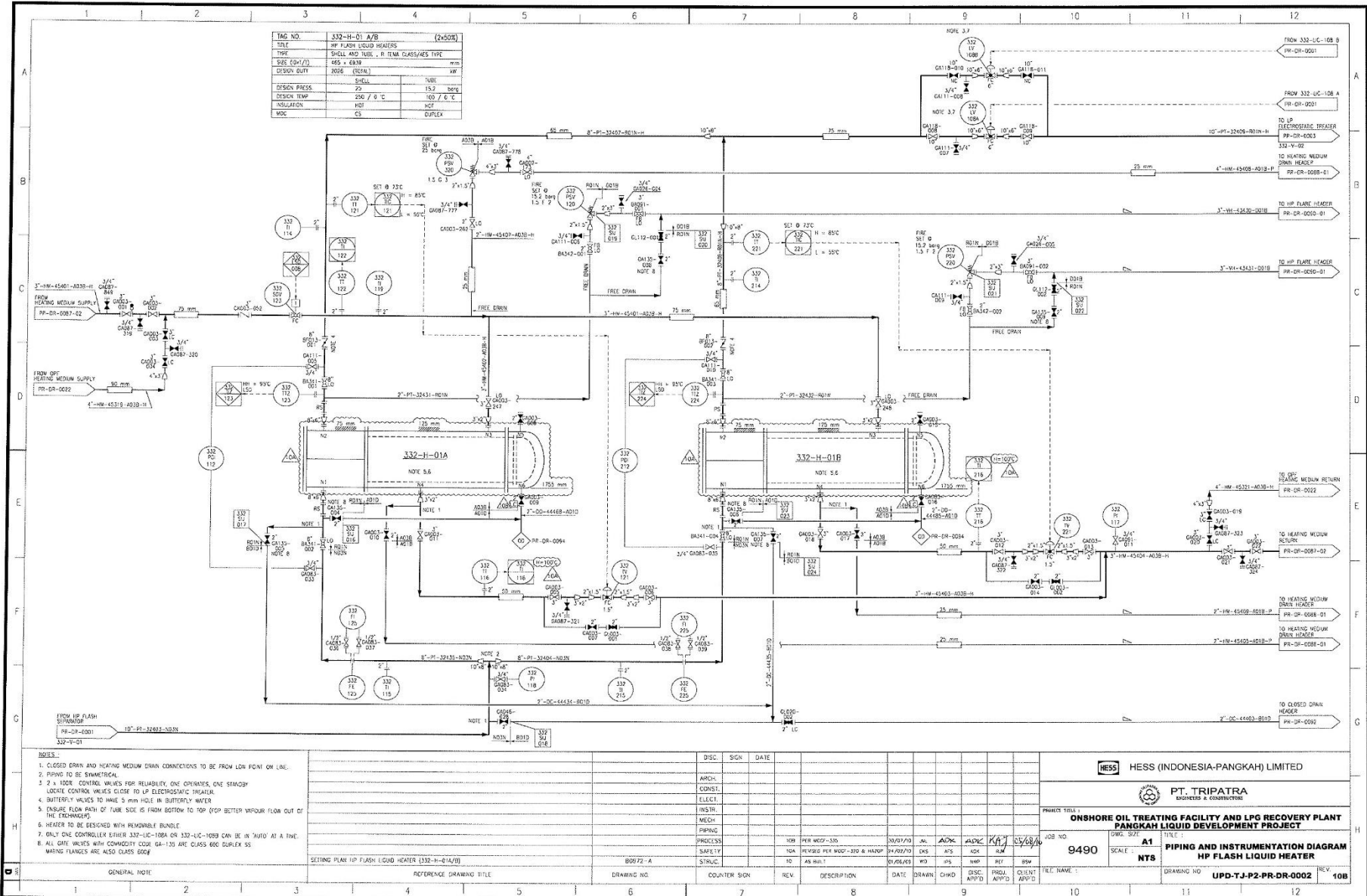
- [1] S. Migas, "Laporan Tahunan 2017," 2017, p. 37.
- [2] M. Vileiniskis, R. Remenyte-Prescott, D. Rama dan J. Andrews, "Fault detection and diagnostics of a three-phase separator," *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2016.
- [3] J. Moubray, *Reliability-Centered Maintenance*, Oxford, 1997.
- [4] J. Heo, M. Kim dan J. Lyu, "Implementation of Reliability-Centered Maintenance for Transmission Components Using Particle Swarm Optimization," *Electrical Power and Energy Systems*, pp. 238-245, 2013.
- [5] B. Allaoua, A. Abderrahmani, B. Gasbaoiu dan A. Nasri, "The Efficiency of Particle Swarm Optimization Applied on Fuzzy Logic DC Motor Speed Control," *Serbian Journal of Electrical Engineering*, pp. Vol.5 No.2 247-262, 2008.
- [6] M. Loganathan dan G. O.P., "Maintenance cost minimization of manufacturing systems using," *Int J Syst Assur Eng Manag*, no. Springer, 2015.
- [7] C. E. Ebeling, *An Introduction to Reliability and*, Singapore: The Mc.Graw-Hill, 1997.
- [8] P. MacDiarmid, S. Morris dan e. al, *Reliability Toolkit (Commercial Practices ed.)*, New York: Reliability Analysis Center and Rome Laboratory.
- [9] SAE JA 1011 AUG 2009, SAE International, 2009.
- [10] H. A. Haiany, *Reliability Centered Maintenance Different Implementation Approaches*, Lulea: Department of Operation and Maintenance Lulea University of Technology, 2016.
- [11] B. o. Reclamation, *Maintenance Scheduling for Mechanical Equipment*, Colorado: Hydroelectric Research and Technical

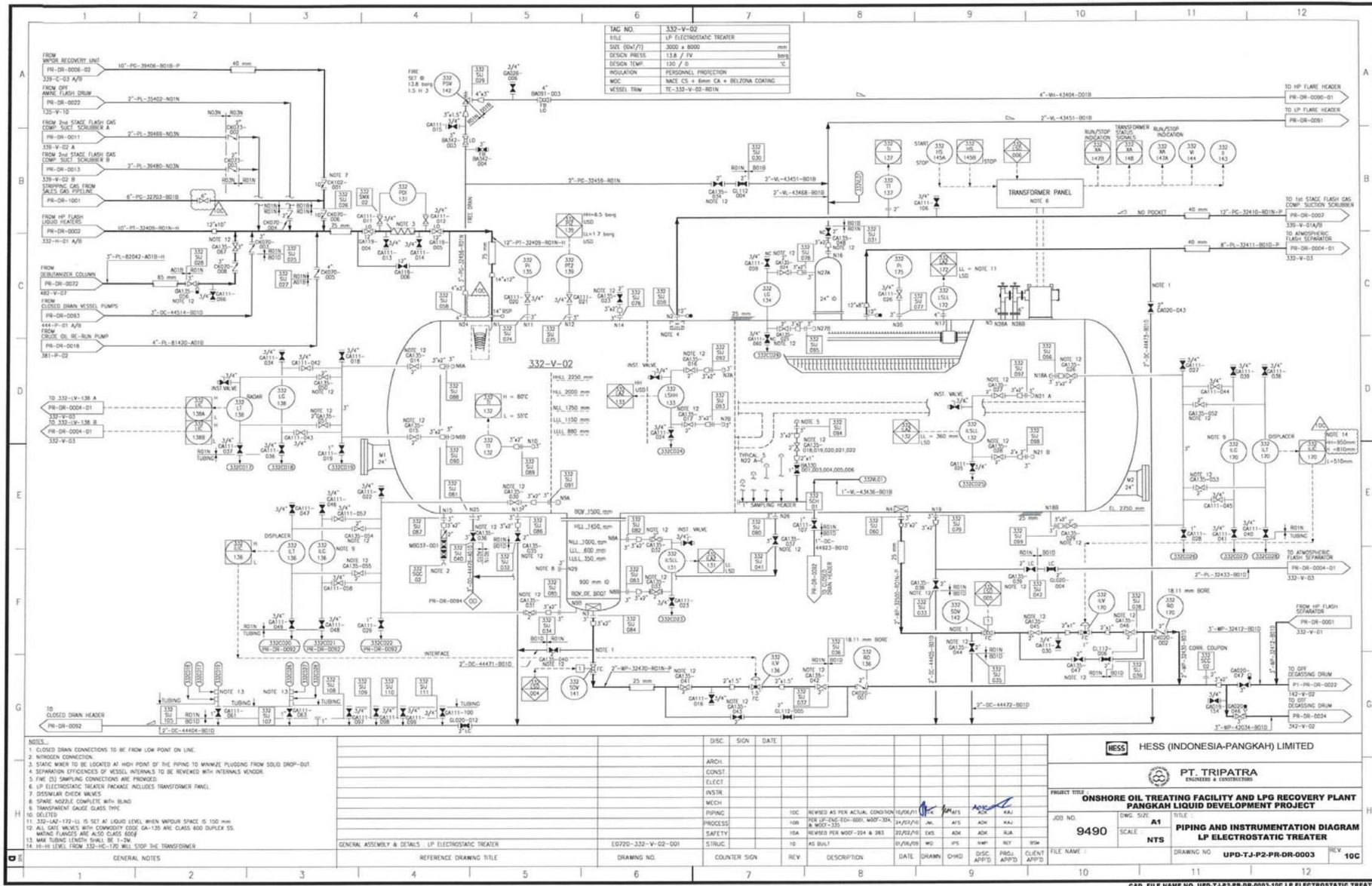
Services Group , 2009.

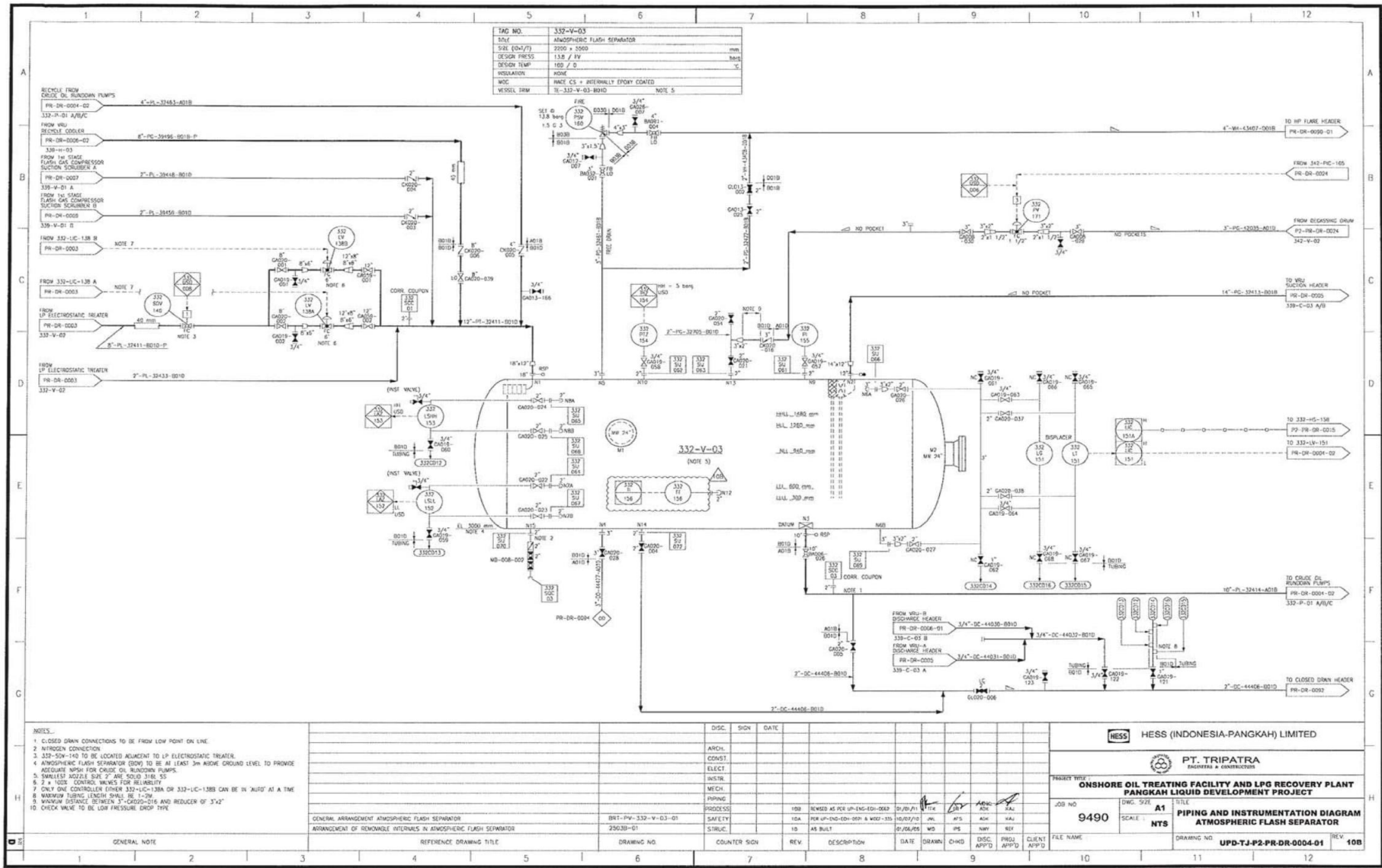
- [12] E. I. B. I. H. A. R. H. A.-S. S. Kamaruddin, "Preventive Maintenance," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, p. Vol. 23 Iss 2 pp, 2017.
- [13] T.-E. S. M. dan H. T. , "Design Optimization of a Safety-Instrumented System Based on RAMS+C Addressing IEC 61508 Requirements and Diverse Redundancy," *Reliability Engineering and System Safety* , pp. 162-179, 2008.
- [14] INKINDO, Pedoman Standar Minimal Tahun 2019, 2019.
- [15] A. C. Torres dan E. , "Modelling and Optimization of Safety Instrumented Systems Based on Dependability and Cost Measures," *Department of Automatic Control and Systems Engineering The University of Sheffield*, 2009.

LAMPIRAN A PFD DAN P&ID OIL TREATING PLANT









LAMPIRAN B

SURAT BALASAN PENGAMBILAN DATA DI PT. SIPL



Gresik, 21 Februari 2019

Nomor : 024/SIPL/PKH-HR/II-19

Perihal : Konfirmasi Tugas Akhir di Saka Indonesia Pangkah Limited

Kepada Yth:

Agus Muhammad Hatta, ST, M. Si, Ph.D
Kepala Departemen Teknik Fisika
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya – Jawa Timur

Dengan Hormat,

Sehubungan dengan surat Saudara mengenai Permohonan Tugas Akhir mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan ini kami sampaikan bahwa permohonan tersebut dapat kami setujui untuk periode **04 Maret – 30 April 2019** untuk mahasiswa berikut ini:

No	No Surat	Nama Mahasiswa	NIM
1	001484/IT2.VI.2.3/PP.05.02/2019	Bella Widya Gunawan Muhammad Ifaldi Shiddiq	02311540000050 02311540000019

Demikian surat pemberitahuan ini kami sampaikan, semoga dapat diterima dengan baik.

Kepada mahasiswa tersebut di atas agar segera menghubungi bagian HR sebelum tanggal pelaksanaan dimulai.

Hormat kami,

Wignyo Suwanda
HR Site Supervisor

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

LAMPIRAN C
MAINTENANCE RECORD PADA OIL TREATING PLANT
PT. SIPL

a. LT 108

Tabel C. 1 *Maintenance Record* Komponen LT 108

No	<i>Actual Start</i>	<i>Actual Finish</i>	<i>TTF (hours)</i>	<i>TTR (hours)</i>
1	11-30-2012	11-30-2012	17664	5.5
2	03-12-2014	03-12-2014	11208	5.5
3	11-24-2014	11-24-2014	6168	5
4	03-15-2017	03-15-2017	20208	5

b. LV 108 A

Tabel C. 2 *Maintenance Record* Komponen LV 108 A

No	<i>Actual Start</i>	<i>Actual Finish</i>	<i>TTF (hours)</i>	<i>TTR (hours)</i>
1	08-01-2016	08-02-2016	9888	7.5
2	10-23-2017	10-23-2017	10728	5.5
3	11-13-2018	11-14-2018	9264	7.5

c. LV 108 B

Tabel C. 3 *Maintenance Record* Komponen LV 108 B

No	<i>Actual Start</i>	<i>Actual Finish</i>	<i>TTF (hours)</i>	<i>TTR (hours)</i>
1	01-19-2016	01-19-2016	10104	7.5
2	04-10-2017	04-11-2017	10728	7.5
3	05-18-2018	05-18-2018	9648	5.5

d. SDV 105

Tabel C. 4 *Maintenance Record* Komponen SDV 105

No	<i>Actual Start</i>	<i>Actual Finish</i>	<i>TTF (hours)</i>	<i>TTR (hours)</i>
1	05-28-2009	06-02-2009	168	2
2	12-10-2012	12-11-2012	30888	10.5
3	07-24-2016	07-26-2016	31704	8

e. TT 121

Tabel C. 5 *Maintenance Record* Komponen TT 121

No	<i>Actual Start</i>	<i>Actual Finish</i>	<i>TTF (hours)</i>	<i>TTR (hours)</i>
1	04-25-2013	04-26-2013	18552	9.5
2	06-22-2015	06-22-2015	18888	7.5
3	11-29-2017	11-30-2017	21384	9.5

f. TV 121

Tabel C. 6 *Maintenance Record* Komponen TV 121

No	<i>Actual Start</i>	<i>Actual Finish</i>	<i>TTF (hours)</i>	<i>TTR (hours)</i>
1	11-20-2014	11-20-2014	4272	5.5
2	06-22-2015	06-22-2015	5136	5.5
3	01-19-2016	01-19-2016	5064	5.5
4	08-01-2016	08-01-2016	4680	5.5
5	02-09-2017	02-09-2017	4608	5.5
6	11-29-2017	11-29-2017	7032	5.5
7	06-12-2018	06-12-2018	4680	5.5
8	12-28-2018	12-28-2018	4776	5.5

g. TT 221

Tabel C. 7 *Maintenance Record* Komponen TT 221

No	<i>Actual Start</i>	<i>Actual Finish</i>	TTF (<i>hours</i>)	TTR (<i>hours</i>)
1	03-18-2013	03-18-2013	17544	7.5
2	06-03-2015	06-03-2015	19368	7
3	09-26-2017	09-26-2017	20304	7

h. TV 221

Tabel C. 8 *Maintenance Record* Komponen TV 221

No	<i>Actual Start</i>	<i>Actual Finish</i>	TTF (<i>hours</i>)	TTR (<i>hours</i>)
1	12-03-2014	12-03-2014	4680	5.5
2	06-03-2015	06-03-2015	4368	5
3	01-11-2016	01-11-2016	5328	5
4	08-01-2016	08-01-2016	4872	5
5	02-09-2017	02-09-2017	4608	5
6	09-26-2017	09-26-2017	5496	5
7	03-29-2018	03-29-2018	4416	5
8	10-12-2018	10-12-2018	4728	5

i. LT 138

Tabel C. 9 *Maintenance Record* Komponen LT 138

No	<i>Actual Start</i>	<i>Actual Finish</i>	TTF(<i>hours</i>)	TTR (<i>hours</i>)
1	01-03-2013	01-04-2013	22368	11
2	07-24-2015	07-24-2015	22344	6.5
3	01-12-2018	01-12-2018	21672	5

j. LV 138 A

Tabel C. 10 *Maintenance Record* Komponen LV 138 A

No	<i>Actual Start</i>	<i>Actual Finish</i>	TTF (hours)	TTR (hours)
1	04-24-2014	04-25-2014	33792	11.5
2	07-31-2015	08-03-2015	11088	11.5
3	10-17-2016	10-18-2016	10584	11.5
4	01-12-2018	01-15-2018	10824	7.5
5	02-18-2019	02-19-2019	9576	11.5

k. LV 138 B

Tabel C. 11 *Maintenance Record* Komponen LV 138 B

No	<i>Actual Start</i>	<i>Actual Finish</i>	TTF (hours)	TTR (hours)
1	12-16-2014	12-17-2014	39456	11.5
2	03-03-2016	03-04-2016	10608	11.5
3	05-22-2017	05-23-2017	10656	7.5
4	07-16-2018	07-17-2018	10056	7.5

l. SDV 140

Tabel C. 12 *Maintenance Record* Komponen SDV 140

No	<i>Actual Start</i>	<i>Actual Finish</i>	TTF (hours)	TTR (hours)
1	05-27-2011	05-27-2011	16056	4
2	01-03-2013	01-04-2013	14088	11
3	10-06-2016	10-06-2016	32904	9.5
4	05-30-2017	05-30-2017	5664	9.5
5	01-16-2019	01-16-2019	14304	9.5

m. LT 151

Tabel C. 13 *Maintenance Record* Komponen LT 151

No	<i>Actual Start</i>	<i>Actual Finish</i>	TTF (<i>hours</i>)	TTR (<i>hours</i>)
1	01-31-2013	01-31-2013	17448	5.5
2	05-29-2015	06-01-2015	20352	5
3	09-07-2017	09-07-2017	19896	5

n. LV 151

Tabel C. 14 *Maintenance Record* Komponen LV 151

No	<i>Actual Start</i>	<i>Actual Finish</i>	TTF (<i>hours</i>)	TTR (<i>hours</i>)
1	05-29-2015	06-01-2015	5208	5
2	12-23-2015	12-23-2015	4920	5
3	06-29-2016	06-29-2016	4536	5
4	01-20-2017	01-20-2017	4920	5
5	09-07-2017	09-07-2017	5520	5
6	03-09-2018	03-09-2018	4392	5

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

LAMPIRAN D
PERHITUNGAN *RELIABILITY* DAN *PREVENTIVE*
MAINTENANCE* PADA *OIL TREATING PLANT

(Untuk mengetahui perhitungan $\lambda(t)$, $A(t)$ dan $M(t)$ dapat menghubungi penulis).

a. LT 108

Tabel D. 1 Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada LT 108

t (hours)	R(t)	R(t-T)	R _m (t)
0	1	1	1
250	0.999647	0.999647	0.999647
500	0.998677	0.998677	0.998677
750	0.997133	0.997133	0.997133
1000	0.99504	0.99504	0.99504
1250	0.992416	0.992416	0.992416
1500	0.989276	0.989276	0.989276
1750	0.985634	0.985634	0.985634
2000	0.981503	0.981503	0.981503
2250	0.976894	0.976894	0.976894
2500	0.97182	0.97182	0.97182

b. LV 108 A

Tabel D. 2 Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada LV 108 A

t (hours)	R(t)	z(T)	z(t-nT)	R(t-T)	R _m (t)
0.001	1	-1.11072	-179.824	1	1
500	1	-1.11072	-33.3693	1	1
...	...	...	-25.6333	...	...
6000	1	-1.11072	-5.636	1	1
6500	0.999999	-1.11072	-4.74266	0.999999	0.999999

Tabel D. 2 Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada LV 108 A

t (hours)	$R(t)$	$z(T)$	$z(t-nT)$	$R(t-T)$	$R_m(t)$
7000	0.999955	-1.11072	-3.91556	0.999955	0.999955
7500	0.999171	-1.11072	-3.14555	0.999171	0.999171
8000	0.992351	-1.11072	-2.42526	0.992351	0.992351

c. LV 108 B

Tabel D. 3 Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada LV 108 B

t (hours)	$R(t)$	$z(T)$	$z(t-nT)$	$R(t-T)$	$R_m(t)$
0.001	1	-1.51761	-248.967	1	1
100	1	-1.51761	-71.2983	1	1
...	...	...	-60.6016	...	...
7300	1	-1.51761	-5.08751	1	1
7400	0.999999	-1.51761	-4.87754	0.999999	0.999999
7500	0.999998	-1.51761	-4.6704	0.999998	0.999998
7600	0.999996	-1.51761	-4.46599	0.999996	0.999996
7700	0.999999	-1.51761	-4.26427	0.999999	0.999999
7800	0.999976	-1.51761	-4.06514	0.999976	0.999976
7900	0.999945	-1.51761	-3.86855	0.999945	0.999945
8000	0.999881	-1.51761	-3.67443	0.999881	0.999881
8100	0.999752	-1.51761	-3.48273	0.999752	0.999752
8200	0.999505	-1.51761	-3.29337	0.999505	0.999505
8300	0.999053	-1.51761	-3.10631	0.999053	0.999053
8400	0.998258	-1.51761	-2.9215	0.998258	0.998258
8500	0.996917	-1.51761	-2.73887	0.996917	0.996917
8600	0.994742	-1.51761	-2.55837	0.994742	0.994742
8700	0.991343	-1.51761	-2.37996	0.991343	0.991343
8800	0.986224	-1.51761	-2.2036	0.986224	0.986224

Tabel D. 3 Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada LV 108 B

t (hours)	$R(t)$	$z(T)$	$z(t-nT)$	$R(t-T)$	$R_m(t)$
8900	0.978782	-1.51761	-2.02922	0.978782	0.978782

d. SDV 105

Tabel D. 4 Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada SDV 105

t (hours)	$R(t)$	$R(t-T)$	$R_m(t)$
0	1	1	1
200	1	1	1
400	1	1	1
...
23400	1	1	1
23600	0.999999	0.999999	0.999999
23800	0.999999	0.999999	0.999999
24000	0.999998	0.999998	0.999998
24200	0.999997	0.999997	0.999997
24400	0.999996	0.999996	0.999996
24600	0.999994	0.999994	0.999994
24800	0.999992	0.999992	0.999992
25000	0.999988	0.999988	0.999988
25200	0.999982	0.999982	0.999982
25400	0.999974	0.999974	0.999974
25600	0.999962	0.999962	0.999962
25800	0.999944	0.999944	0.999944
26000	0.999919	0.999919	0.999919
26200	0.999882	0.999882	0.999882
26400	0.999829	0.999829	0.999829
26600	0.999754	0.999754	0.999754
26800	0.999646	0.999646	0.999646

Tabel D. 4 Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada SDV 105

t (hours)	$R(t)$	$R(t-T)$	$R_m(t)$
27000	0.999493	0.999493	0.999493
27200	0.999274	0.999274	0.999274
27400	0.998965	0.998965	0.998965
27600	0.998527	0.998527	0.998527
27800	0.99791	0.99791	0.99791
28000	0.997042	0.997042	0.997042
28200	0.995825	0.995825	0.995825
28400	0.994122	0.994122	0.994122
28600	0.991748	0.991748	0.991748
28800	0.988448	0.988448	0.988448
29000	0.983877	0.983877	0.983877
29200	0.977568	0.977568	0.977568

e. TT 121

Tabel D. 5 Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada TT 121

t (hours)	$R(t)$	$z(T)$	$z(t-nT)$	$R(t-T)$	$R_m(t)$
0.001	1	-1.55555	-193.65	1	1
150	1	-1.55555	-56.183	1	1
...	...	...	-48.1882	...	...
12750	1	-1.55555	-4.94133	1	1
12900	0.999999	-1.55555	-4.80643	0.999999	0.999999
13050	0.999999	-1.55555	-4.67309	0.999999	0.999999
13200	0.999997	-1.55555	-4.54127	0.999997	0.999997
13350	0.999995	-1.55555	-4.41094	0.999995	0.999995
13500	0.999991	-1.55555	-4.28207	0.999991	0.999991
13650	0.999984	-1.55555	-4.15462	0.999984	0.999984
13800	0.999972	-1.55555	-4.02856	0.999972	0.999972

Tabel D. 5 Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada TT 121

t (hours)	$R(t)$	$z(T)$	$z(t-nT)$	$R(t-T)$	$R_m(t)$
13950	0.999953	-1.55555	-3.90387	0.999953	0.999953
14100	0.999922	-1.55555	-3.78051	0.999922	0.999922
14250	0.999873	-1.55555	-3.65845	0.999873	0.999873
14400	0.999798	-1.55555	-3.53768	0.999798	0.999798
14550	0.999685	-1.55555	-3.41815	0.999685	0.999685
14700	0.999516	-1.55555	-3.29985	0.999516	0.999516
14850	0.999271	-1.55555	-3.18275	0.999271	0.999271
15000	0.998918	-1.55555	-3.06683	0.998918	0.998918
15150	0.998422	-1.55555	-2.95207	0.998422	0.998422
15300	0.997733	-1.55555	-2.83843	0.997733	0.997733
15450	0.996794	-1.55555	-2.7259	0.996794	0.996794
15600	0.995532	-1.55555	-2.61446	0.995532	0.995532
15750	0.993862	-1.55555	-2.50409	0.993862	0.993862
15900	0.991684	-1.55555	-2.39476	0.991684	0.991684
16050	0.988886	-1.55555	-2.28646	0.988886	0.988886
16200	0.98534	-1.55555	-2.17916	0.98534	0.98534
16350	0.980907	-1.55555	-2.07286	0.980907	0.980907
16500	0.975439	-1.55555	-1.96752	0.975439	0.975439
16650	0.968779	-1.55555	-1.86314	0.968779	0.968779
16800	0.960771	-1.55555	-1.7597	0.960771	0.960771
16950	0.951258	-1.55555	-1.65717	0.951258	0.951258

f. TV 121

Tabel D. 6 Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada TV 121

t (hours)	$R(t)$	$z(T)$	$z(t-nT)$	$R(t-T)$	$R_m(t)$
0.001	1	-1.183	-107.459	1	1
300	1	-1.183	-19.5736	1	1

Tabel D. 6 Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada TV 121

t (hours)	$R(t)$	$z(T)$	$z(t-nT)$	$R(t-T)$	$R_m(t)$
...	...	...	-14.7433	...	...
2400	1	-1.183	-5.08276	1	1
2700	0.99999	-1.183	-4.26197	0.99999	0.99999
3000	0.99979	-1.183	-3.52775	0.99979	0.99979
3300	0.997906	-1.183	-2.86357	0.997906	0.997906

g. TT 221

Tabel D. 7 Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada TT 221

t (hours)	$R(t)$	$R(t-T)$	$R_m(t)$
0.001	1	1	1
500	1	1	1
1000	1	1	1
1500	1	1	1
...
6500	0.999999	0.999999	0.999999
7000	0.999999	0.999999	0.999999
7500	0.999997	0.999997	0.999997
8000	0.999992	0.999992	0.999992
8500	0.999983	0.999983	0.999983
9000	0.999963	0.999963	0.999963
9500	0.999926	0.999926	0.999926
10000	0.999855	0.999855	0.999855
10500	0.999727	0.999727	0.999727
11000	0.9995	0.9995	0.9995
11500	0.999108	0.999108	0.999108
12000	0.998448	0.998448	0.998448

Tabel D. 7 Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada TT 221

t (hours)	$R(t)$	$R(t-T)$	$R_m(t)$
12500	0.997361	0.997361	0.997361
13000	0.995606	0.995606	0.995606
13500	0.992827	0.992827	0.992827
14000	0.988507	0.988507	0.988507
14500	0.98191	0.98191	0.98191
15000	0.972012	0.972012	0.972012

h. TV 221

Tabel D. 8 Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada TV 221

t (hours)	$R(t)$	$z(T)$	$z(t-nT)$	$R(t-T)$	$R_m(t)$
0.001	1	-1.51263	-175.012	1	1
50	1	-1.51263	-51.9201	1	1
100	1	-1.51263	-44.0345	1	1
3100	1	-1.51263	-4.96749	1	1
3150	0.999999	-1.51263	-4.78546	0.999999	0.999999
3200	0.999998	-1.51263	-4.6063	0.999998	0.999998
3250	0.999995	-1.51263	-4.42992	0.999995	0.999995
3300	0.99999	-1.51263	-4.25623	0.99999	0.99999
3350	0.999978	-1.51263	-4.08515	0.999978	0.999978
3400	0.999955	-1.51263	-3.9166	0.999955	0.999955
3450	0.999912	-1.51263	-3.75052	0.999912	0.999912
3500	0.999833	-1.51263	-3.58682	0.999833	0.999833
3550	0.999693	-1.51263	-3.42545	0.999693	0.999693
3600	0.999455	-1.51263	-3.26634	0.999455	0.999455
3650	0.999063	-1.51263	-3.10941	0.999063	0.999063
3700	0.998435	-1.51263	-2.95463	0.998435	0.998435
3750	0.99746	-1.51263	-2.80192	0.99746	0.99746

Tabel D. 8 Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada TV 221

t (hours)	$R(t)$	$z(T)$	$z(t-nT)$	$R(t-T)$	$R_m(t)$
3800	0.99599	-1.51263	-2.65124	0.99599	0.99599
3850	0.993834	-1.51263	-2.50252	0.993834	0.993834
3900	0.990757	-1.51263	-2.35572	0.990757	0.990757
3950	0.986475	-1.51263	-2.2108	0.986475	0.986475
4000	0.980666	-1.51263	-2.06769	0.980666	0.980666
4050	0.972971	-1.51263	-1.92637	0.972971	0.972971

i. LT 138

Tabel D. 9 Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada LT 138

t (hours)	$R(t)$	$R(t-T)$	$R_m(t)$
0	1	1	1
150	1	1	1
300	1	1	1
...
17400	1	1	1
17550	0.999999	0.999999	0.999999
17700	0.999999	0.999999	0.999999
17850	0.999998	0.999998	0.999998
18000	0.999996	0.999996	0.999996
18150	0.999994	0.999994	0.999994
18300	0.999991	0.999991	0.999991
18450	0.999985	0.999985	0.999985
18600	0.999976	0.999976	0.999976
18750	0.999961	0.999961	0.999961
18900	0.999938	0.999938	0.999938
19050	0.999902	0.999902	0.999902

Tabel D. 9 Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada LT 138

t (hours)	$R(t)$	$R(t-T)$	$R_m(t)$
19200	0.999844	0.999844	0.999844
19350	0.999754	0.999754	0.999754
19500	0.999614	0.999614	0.999614
19650	0.999395	0.999395	0.999395
19800	0.999056	0.999056	0.999056
19950	0.998531	0.998531	0.998531
20100	0.997722	0.997722	0.997722
20250	0.996481	0.996481	0.996481
20400	0.994582	0.994582	0.994582
20550	0.991689	0.991689	0.991689
20700	0.987302	0.987302	0.987302
20850	0.980679	0.980679	0.980679
21000	0.970742	0.970742	0.970742

j. LV 138 A

Tabel D. 10 Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada LV 138 A

t (hours)	$R(t)$	$z(T)$	$z(t-nT)$	$R(t-T)$	$R_m(t)$
0.001	1	-1.33473	-34.2396	1	1
1000	1	-1.33473	-5.39717	1	1
2000	0.999961	-1.33473	-3.9501	0.999961	0.999961
3000	0.999044	-1.33473	-3.10362	0.999044	0.999044
4000	0.993843	-1.33473	-2.50303	0.993843	0.993843
5000	0.979184	-1.33473	-2.03717	0.979184	0.979184

k. LV 138 B

Tabel D. 11 Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada LV 138 B

t (hours)	$R(t)$	$z(T)$	$z(t-nT)$	$R(t-T)$	$R_m(t)$
0.001	1	-1.53931	-26.0928	1	1
500	1	-1.53931	-5.33285	1	1
1000	0.999989	-1.53931	-4.23627	0.999989	0.999989
1500	0.999838	-1.53931	-3.59481	0.999838	0.999838
2000	0.999154	-1.53931	-3.13969	0.999154	0.999154
2500	0.997337	-1.53931	-2.78667	0.997337	0.997337
3000	0.993759	-1.53931	-2.49823	0.993759	0.993759
3500	0.987913	-1.53931	-2.25436	0.987913	0.987913
4000	0.979479	-1.53931	-2.04311	0.979479	0.979479

l. SDV 140

Tabel D. 12 Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada SDV 140

t (hours)	$R(t)$	$R(t-T)$	$R_m(t)$
0	1	1	1
250	0.999497	0.999497	0.999497
500	0.998303	0.998303	0.998303
750	0.996546	0.996546	0.996546
1000	0.994284	0.994284	0.994284
1250	0.991557	0.991557	0.991557
1500	0.988393	0.988393	0.988393
1750	0.984815	0.984815	0.984815
2000	0.980845	0.980845	0.980845
2250	0.9765	0.9765	0.9765
2500	0.971797	0.971797	0.971797

m. LT 151

Tabel D. 13 Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada LT 151

t (hours)	$R(t)$	$R(t-T)$	$R_m(t)$
0	1	1	1
200	1	1	1
400	1	1	1
...
6000	1	1	1
6200	0.999999	0.999999	0.999999
6400	0.999999	0.999999	0.999999
6600	0.999999	0.999999	0.999999
6800	0.999998	0.999998	0.999998
7000	0.999997	0.999997	0.999997
7200	0.999996	0.999996	0.999996
7400	0.999994	0.999994	0.999994
7600	0.999992	0.999992	0.999992
7800	0.999989	0.999989	0.999989
8000	0.999985	0.999985	0.999985
8200	0.999979	0.999979	0.999979
8400	0.999972	0.999972	0.999972
8600	0.999963	0.999963	0.999963
8800	0.999952	0.999952	0.999952
9000	0.999936	0.999936	0.999936
9200	0.999917	0.999917	0.999917
9400	0.999892	0.999892	0.999892
9600	0.999861	0.999861	0.999861
9800	0.999821	0.999821	0.999821
10000	0.999771	0.999771	0.999771
10200	0.999709	0.999709	0.999709

Tabel D. 13 Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada LT 151

t (hours)	$R(t)$	$R(t-T)$	$R_m(t)$
10400	0.999631	0.999631	0.999631
10600	0.999535	0.999535	0.999535
10800	0.999416	0.999416	0.999416
11000	0.99927	0.99927	0.99927
11200	0.999092	0.999092	0.999092
11400	0.998874	0.998874	0.998874
11600	0.998609	0.998609	0.998609
11800	0.998288	0.998288	0.998288
12000	0.9979	0.9979	0.9979
12200	0.997434	0.997434	0.997434
12400	0.996874	0.996874	0.996874
12600	0.996204	0.996204	0.996204
12800	0.995404	0.995404	0.995404
13000	0.994454	0.994454	0.994454
13200	0.993327	0.993327	0.993327
13400	0.991993	0.991993	0.991993
13600	0.990421	0.990421	0.990421
13800	0.988571	0.988571	0.988571
14000	0.986402	0.986402	0.986402
14200	0.983863	0.983863	0.983863
14400	0.980901	0.980901	0.980901
14600	0.977454	0.977454	0.977454
14800	0.973453	0.973453	0.973453

n. LV 151

Tabel D. 14 Perhitungan $R(t)$ dan $R_m(t)$ pada LV 151

t (hours)	$R(t)$	$R(t-T)$	$R_m(t)$
0	1	1	1
500	1	1	1
1000	1	1	1
1500	1	1	1
2000	0.999994	0.999994	0.999994
2500	0.999898	0.999898	0.999898
3000	0.998927	0.998927	0.998927
3500	0.992182	0.992182	0.992182
4000	0.95697	0.95697	0.95697

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

LAMPIRAN E **VALIDASI PENENTUAN *PREVENTIVE MAINTENANCE***

LAMPIRAN VALIDASI PENENTUAN *PREVENTIVE* ***MAINTENANCE***

Berdasarkan Key Performance Indicator bahwa perusahaan Saka Indonesia Pangkah Limited (SIPL) menentukan target reliability dan availability 97%. Semua kegiatan perawatan peralatan penunjang produksi di fasilitas SIPL harus dilakukan sedemikian rupa untuk mendukung target KPI perusahaan tersebut.

Mengetahui,

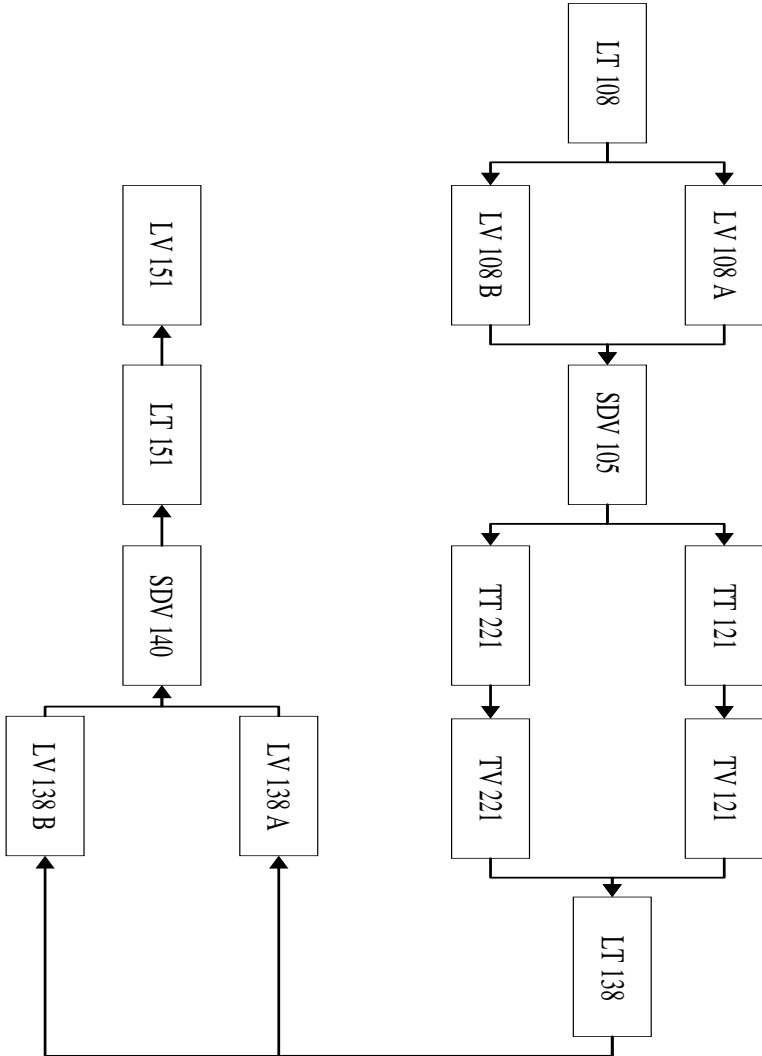


M. Arif Afandy

Sr. Facilities Engineer - SIPL

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

LAMPIRAN F
RELIABILITY BLOCK DIAGRAM (RBD) PADA OIL
TREATING PLANT



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

LAMPIRAN G
KODINGAN ALGORITMA *PARTICLE SWARM*
***OPTIMIZATION* DAN FUNGSI OBJEKTIF**

%PARTICLE SWARM OPTIMIZATION

clc;
clear;
close all;

%% Definisi Masalah

CostFunction=@(x) (fobjotp2(x)); **% Fungsi Objektif**

Dimension=14; **% Jumlah Variabel**

VarSize=[1 Dimension]; **% Besarnya Matriks Variabel Keputusan**

LowBound = [2250 8300 8900 29200 16500 3750 15000 4050
21000 5250 4350 2500 14750 2500]; **% Lower Bounds diganti
sesuai dengan constraint fungsi objektif**

UpBound = [9250 9450 9800 30900 18600 4600 18200 4550
21900 10250 10350 10500 18250 4600]; **% Upper Bounds diganti
sesuai dengan constraint fungsi objektif**

%% Parameter PSO

MaxIt=100; **% Iterasi maksimal**
nPop=100; **% Population Size (Swarm Size)**
w=1; **% Inertia Weight/coefficient**
wdamp=0.99; **% Inertia Weight Damping Ratio**
c1=2; **% Personal Learning Coefficient**
c2=2; **% Global Learning Coefficient**

% Velocity Limits

VelMax=0.1*(UpBound-LowBound);
VelMin=-VelMax;

```
%% Inisialisasi

empty_particle.Position=[];
empty_particle.Velocity=[];
empty_particle.Cost=[];
empty_particle.Best.Position=[];
empty_particle.Best.Cost=[];

% membuat array populasi

particle= repmat(empty_particle,nPop,1);

%Inisialisasi glonal best

GlobalBest.Cost=inf;

%Inisialisasi anggota populasi

for i=1:nPop

    % Inisialisasi Posisi
    particle(i).Position=unifrnd(LowBound,UpBound,VarSize);

    % Inisialisasi Kecepatan
    particle(i).Velocity=zeros(VarSize);

    % Evaluasi
    particle(i).Cost=CostFunction(particle(i).Position);

    % Update Personal Best
    particle(i).Best.Position=particle(i).Position;
    particle(i).Best.Cost=particle(i).Cost;

    % Update Global Best
    if particle(i).Best.Cost<GlobalBest.Cost
```

```

    GlobalBest=particle(i).Best;

end

end

% Array nilai best cost setiap iterasi
BestCost=zeros(MaxIt,1);

%% Loop utama PSO

for it=1:MaxIt

    for i=1:nPop

        % Update kecepatan
        particle(i).Velocity = w*particle(i).Velocity ...
            +c1*rand(VarSize).*(particle(i).Best.Position-
particle(i).Position) ...
            +c2*rand(VarSize).*(GlobalBest.Position-
particle(i).Position);

        % Apply Velocity Limits
        particle(i).Velocity = max(particle(i).Velocity, VelMin);
        particle(i).Velocity = min(particle(i).Velocity, VelMax);

        % Update Posisi
        particle(i).Position = particle(i).Position + particle(i).Velocity;

        % Velocity Mirror Effect
        IsOutside=(particle(i).Position<LowBound |
particle(i).Position>UpBound);
        particle(i).Velocity(IsOutside)=-particle(i).Velocity(IsOutside);

        % Apply Position Limits

```

```
particle(i).Position = max(particle(i).Position,LowBound);
particle(i).Position = min(particle(i).Position,UpBound);
```

```
% Evaluasi
```

```
particle(i).Cost = CostFunction(particle(i).Position);
```

```
% Update Personal Best
```

```
if particle(i).Cost<particle(i).Best.Cost
    particle(i).Best.Position=particle(i).Position;
    particle(i).Best.Cost=particle(i).Cost;
```

```
% Update Global Best
```

```
if particle(i).Best.Cost<GlobalBest.Cost
    GlobalBest=particle(i).Best;
```

```
end
```

```
end
```

```
end
```

```
% menyimpan nilai best cost
```

```
BestCost(it)=GlobalBest.Cost;
```

```
% menampilkan info iterasi
```

```
disp(['Iterasi ' num2str(it) ': Best Cost = ' num2str(BestCost(it))]);
```

```
% koefisien damping ratio
```

```
w=w*wdamp;
```

```
end
```

```
BestSol = GlobalBest;
```

```
%% Results
```

```
figure;
```

```

%plot(BestCost,'LineWidth',2);
semilogy(BestCost,'LineWidth',2);
xlabel('Jumlah Iterasi');
ylabel('Harga Terbaik');
grid on;
save ('PSOalone.mat')

```

- Fungsi Objektif

```

function COPTOT=fobjotp2(x)
%variabel optimisasi

```

```

ti1=x(1);
ti2=x(2);
ti3=x(3);
ti4=x(4);
ti5=x(5);
ti6=x(6);
ti7=x(7);
ti8=x(8);
ti9=x(9);
ti10=x(10);
ti11=x(11);
ti12=x(12);
ti13=x(13);
ti14=x(14);

```

```

M1= 43800/ti1;
M2= 43800/ti2;
M3= 43800/ti3;
M4= 43800/ti4;
M5= 43800/ti5;
M6= 43800/ti6;
M7= 43800/ti7;
M8= 43800/ti8;
M9= 43800/ti9;

```

M10= 43800/ti10;
M11= 43800/ti11;
M12= 43800/ti12;
M13= 43800/ti13;
M14= 43800/ti14;

N1=1;
N2=1;
N3=1;
N4=1;
N5=1;
N6=1;
N7=1;
N8=1;
N9=1;
N10=1;
N11=1;
N12=1;
N13=1;
N14=1;

m1=fix(M1);
m2=fix(M2);
m3=fix(M3);
m4=fix(M4);
m5=fix(M5);
m6=fix(M6);
m7=fix(M7);
m8=fix(M8);
m9=fix(M9);
m10=fix(M10);
m11=fix(M11);
m12=fix(M12);
m13=fix(M13);
m14=fix(M14);

xt1=2.18E-05;
xt2=6.32E-05;
xt3=9.02E-05;
xt4=3.77E-05;
xt5=4.13E-05;
xt6=1.09E-04;
xt7=2.46E-05;
xt8=1.80E-04;
xt9=8.29E-05;
xt10=2.50E-05;
xt11=2.41E-05;
xt12=2.01E-05;
xt13=2.13E-05;
xt14=7.71E-05;

ccm1=774.40;
ccm2=800.80;
ccm3=800.80;
ccm4=755.50;
ccm5=737.25;
ccm6=733.30;
ccm7=624.75;
ccm8=715.80;
ccm9=778.15;
ccm10=894.55;
ccm11=836.80;
ccm12=834.25;
ccm13=778.15;
ccm14=714.01;

cpm1=73.95;
cpm2=89.25;
cpm3=89.25;
cpm4=87.12;
cpm5=122.72;
cpm6=70.13;

cpm7=94.03;
cpm8=65.17;
cpm9=74.91;
cpm10=115.81;
cpm11=99.45;
cpm12=109.44;
cpm13=74.91;
cpm14=64.66;

ct1=85;
ct2=120;
ct3=120;
ct4=120;
ct5=85;
ct6=120;
ct7=85;
ct8=120;
ct9=85;
ct10=120;
ct11=120;
ct12=120;
ct13=85;
ct14=120;

CCM1=xt1*ccm1*N1*43800;
CCM2=xt2*ccm2*N2*43800;
CCM3=xt3*ccm3*N3*43800;
CCM4=xt4*ccm4*N4*43800;
CCM5=xt5*ccm5*N5*43800;
CCM6=xt6*ccm6*N6*43800;
CCM7=xt7*ccm7*N7*43800;
CCM8=xt8*ccm8*N8*43800;
CCM9=xt9*ccm9*N9*43800;
CCM10=xt10*ccm10*N10*43800;
CCM11=xt11*ccm11*N11*43800;
CCM12=xt12*ccm12*N12*43800;

$$\text{CCM13}=\text{xt13}*\text{ccm13}*\text{N13}*43800;$$

$$\text{CCM14}=\text{xt14}*\text{ccm14}*\text{N14}*43800;$$

$$\text{CT1}=(1/\text{ti1})*\text{ct1}*\text{N1};$$

$$\text{CT2}=(1/\text{ti2})*\text{ct2}*\text{N2};$$

$$\text{CT3}=(1/\text{ti3})*\text{ct3}*\text{N3};$$

$$\text{CT4}=(1/\text{ti4})*\text{ct4}*\text{N4};$$

$$\text{CT5}=(1/\text{ti5})*\text{ct5}*\text{N5};$$

$$\text{CT6}=(1/\text{ti6})*\text{ct6}*\text{N6};$$

$$\text{CT7}=(1/\text{ti7})*\text{ct7}*\text{N7};$$

$$\text{CT8}=(1/\text{ti8})*\text{ct8}*\text{N8};$$

$$\text{CT9}=(1/\text{ti9})*\text{ct9}*\text{N9};$$

$$\text{CT10}=(1/\text{ti10})*\text{ct10}*\text{N10};$$

$$\text{CT11}=(1/\text{ti11})*\text{ct11}*\text{N11};$$

$$\text{CT12}=(1/\text{ti12})*\text{ct12}*\text{N12};$$

$$\text{CT13}=(1/\text{ti13})*\text{ct13}*\text{N13};$$

$$\text{CT14}=(1/\text{ti14})*\text{ct14}*\text{N14};$$

$$\text{CPM1}=\text{cpm1}*\text{N1}*m1;$$

$$\text{CPM2}=\text{cpm2}*\text{N2}*m2;$$

$$\text{CPM3}=\text{cpm3}*\text{N3}*m3;$$

$$\text{CPM4}=\text{cpm4}*\text{N4}*m4;$$

$$\text{CPM5}=\text{cpm5}*\text{N5}*m5;$$

$$\text{CPM6}=\text{cpm6}*\text{N6}*m6;$$

$$\text{CPM7}=\text{cpm7}*\text{N7}*m7;$$

$$\text{CPM8}=\text{cpm8}*\text{N8}*m8;$$

$$\text{CPM9}=\text{cpm9}*\text{N9}*m9;$$

$$\text{CPM10}=\text{cpm10}*\text{N10}*m10;$$

$$\text{CPM11}=\text{cpm11}*\text{N11}*m11;$$

$$\text{CPM12}=\text{cpm12}*\text{N12}*m12;$$

$$\text{CPM13}=\text{cpm13}*\text{N13}*m13;$$

$$\text{CPM14}=\text{cpm14}*\text{N14}*m14;$$

$$\text{COP1}=\text{CCM1}+\text{CT1}+\text{CPM1};$$

$$\text{COP2}=\text{CCM2}+\text{CT2}+\text{CPM2};$$

$$\text{COP3}=\text{CCM3}+\text{CT3}+\text{CPM3};$$

COP4=CCM4+CT4+CPM4;

COP5=CCM5+CT5+CPM5;

COP6=CCM6+CT6+CPM6;

COP7=CCM7+CT7+CPM7;

COP8=CCM8+CT8+CPM8;

COP9=CCM9+CT9+CPM9;

COP10=CCM10+CT10+CPM10;

COP11=CCM11+CT11+CPM11;

COP12=CCM12+CT12+CPM12;

COP13=CCM13+CT13+CPM13;

COP14=CCM14+CT14+CPM14;

COPTOT=COP1+COP2+COP3+COP4+COP5+COP6+COP7+COP8+COP9+COP10+COP11+COP12+COP13+COP14;

end

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Muhammad Ifaldi Shiddiq yang akrab disapa Ifaldi. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, terlahir di kota Serang pada tanggal 1 Maret 1997. Penulis menempuh pendidikan di SD Islam Al-Azhar 10 Serang lulus tahun 2009, SMP Islam Al-Azhar 11 Serang lulus tahun 2012, dan SMAN 1 Serang lulus tahun 2015. Pendidikan sarjana ditempuh di Departemen Teknik Fisika ITS melalui jalur SNMPTN 2015. Selama aktif menjadi mahasiswa, penulis bergabung dalam organisasi kemahasiswaan HMTF selama periode 2016-2017 sebagai Staff Departemen Sosial Profesi. Pengalaman *internship program* selama 1 bulan di PT. Asahimas Chemical pada bulan Juli 2018. Bidang minat penulis dalam mengerjakan tugas akhir adalah instrumentasi dan kontrol dengan konsentrasi *reliability and safety*. Penulis dapat dihubungi di *e-mail* m.ifaldi.s@gmail.com.