



TUGAS AKHIR - TF181801

**STUDI HAZOP (*HAZARD AND OPERABILITY*)
BERBASIS RAMS+C DENGAN OPTIMASI
GENETIC ALGORITHM PADA UNIT *FURNACE-
TATORAY* KILANG *PARAXYLENE*
DI PT. PERTAMINA (PERSERO) RU IV CILACAP**

WIDURI NUR AFIFAH
NRP. 0231154000048

Dosen Pembimbing:

1. Ir. Harsono Hadi, M.T., Ph.D.
2. Dr. Ir. Ali Musyafa', M. Sc.

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



TUGAS AKHIR - TF181801

**STUDI HAZOP (*HAZARD AND OPERABILITY*)
BERBASIS RAMS+C DENGAN OPTIMASI
GENETIC ALGORITHM PADA UNIT *FURNACE-
TATORAY* KILANG *PARAXYLENE*
DI PT. PERTAMINA (PERSERO) RU IV CILACAP**

**WIDURI NUR AFIFAH
NRP. 0231154000048**

Dosen Pembimbing:

- 1. Ir. Harsono Hadi, M.T., Ph.D.**
- 2. Dr. Ir. Ali Musyafa', M. Sc.**

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



FINAL PROJECT - TF181801

***HAZOP (HAZARD AND OPERABILITY) STUDY
BASED ON RAMS+C WITH GENETIC
ALGORITHM OPTIMIZATION IN KILANG
PARAXYLENE UNIT FURNACE-TATORAY
PT. PERTAMINA (PERSERO) RU IV CILACAP***

WIDURI NUR AFIFAH
NRP. 0231154000048

Supervisor:

1. Ir. Harsono Hadi, M.T., Ph.D.
2. Dr. Ir. Ali Musyafa', M. Sc.

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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Widuri Nur Afifah

NRP : 0231154000048

Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul **“Studi HAZOP (*Hazard and Operability*) Berbasis RAMS+C dengan Optimasi *Genetic Algorithm* pada Unit *Furnace-Tatoray* Kilang *Paraxylene* di PT. Pertamina (Persero) RU IV Cilacap”** adalah bebas plagiasi. Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 19 Juli 2019

Yang membuat pernyataan,



Widuri Nur Afifah

Halaman ini sengaja dikosongkan

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

STUDI HAZOP (*HAZARD AND OPERABILITY*) BERBASIS
RAMS+C DENGAN OPTIMASI *GENETIC ALGORITHM*
PADA UNIT *FURNACE-TATORAY* KILANG *PARAXYLENE*
DI PT. PERTAMINA (PERSERO) RU IV CILACAP

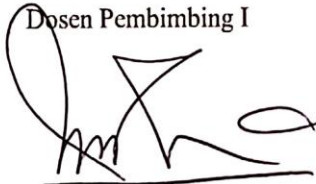
Oleh:

Widuri Nur Afifah
NRP. 0231154000048

Surabaya, 19 Juli 2019

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



Ir. Harsono Hadi, M.T., Ph.D.
NIPN. 19600119 198611 1 001

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc
NIPN. 19600901 198701 1 001

Mengetahui,

Kepala Departemen Teknik Fisika FTI-ITS



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

Halaman ini sengaja dikosongkan

**STUDI HAZOP (*HAZARD AND OPERABILITY*) BERBASIS
RAMS+C DENGAN OPTIMASI *GENETIC ALGORITHM*
PADA UNIT *FURNACE-TATORAY* KILANG
PARAXYLENE DI PT. PERTAMINA (PERSERO) RU IV
CILACAP**

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:

Widuri Nur Afifah
NRP. 02311540000048

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Harsono Hadi, M.T., Ph.D.(Pembimbing I)
2. Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc.(Pembimbing II)
3. Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes.(Ketua Penguji)
4. Dr. Imam Abadi, S.T., M.T.(Penguji I)

SURABAYA
JULI, 2019

Halaman ini sengaja dikosongkan

**STUDI HAZOP (*HAZARD AND OPERABILITY*) BERBASIS
RAMS+C DENGAN OPTIMASI *GENETIC ALGORITHM*
PADA UNIT *FURNACE-TATORAY* KILANG
PARAXYLENE DI PT. PERTAMINA (PERSERO)
RU IV CILACAP**

Nama : Widuri Nur Afifah
NRP : 0231154000048
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Harsono Hadi, M.T., Ph.D.
2. Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc.

ABSTRAK

PT. Pertamina RU IV Cilacap merupakan salah satu Unit Operasi Direktorat Pengolahan Pertamina dengan produk terbesar dan terlengkap di Indonesia, yang membawahi Kilang I, II, dan Kilang *Paraxylene* Cilacap. Unit Tatoray merupakan salah satu unit yang memiliki *furnace* dengan potensi bahaya yang cukup tinggi. Apabila terjadi kegagalan proses pada *furnace* dapat berpotensi terjadinya ledakan yang berpengaruh terhadap lingkungan sekitar kilang, untuk itu diperlukan tingkat pengamanan dan analisis potensi bahaya yang tepat untuk menghindari kegagalan pada proses operasi. Analisis potensi bahaya dilakukan dengan metode HAZOP dan tinjauan tingkat keamanan dilakukan dengan evaluasi SIS. Evaluasi SIS dilakukan dengan cara membandingkan nilai SIL aktual dan rancangan serta dilakukan optimisasi nilai LCC. Hasil dari evaluasi SIS yaitu pada *furnace* 86-F-201 dan 86-F-202 terdapat peningkatan nilai SIL dari SIL 0 menjadi SIL 2 (mencapai target SIL) dengan nilai LCC *minimum* seharga USD 323800 untuk 86-F-201 dan USD 535700 untuk 86-F-202. Sehingga evaluasi SIS adalah mengurangi nilai *failure rate* dengan melakukan perawatan *instrument* secara rutin dan mengganti *vote* arsitektur pada tiap – tiap SIS. Hal ini berdampak pada peningkatan nilai SIL dari SIL 0 menjadi SIL 2.

Kata kunci: HAZOP, SIL, *Furnace*, LCC

Halaman ini sengaja dikosongkan

**HAZOP (HAZARD AND OPERABILITY) STUDY BASED ON
RAMS+C WITH GENETIC ALGORITHM OPTIMIZATION
IN KILANG PARAXYLENE UNIT FURNACE-TATORAY
PT. PERTAMINA (PERSERO) RU IV CILACAP**

Name : Widuri Nur Afifah
NRP : 0231154000048
Department : *Engineering Physics FTI-ITS*
Supervisor : 1. Ir. Harsono Hadi, M.T., Ph.D.
2. Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc.

ABSTRACT

PT. Pertamina RU IV Cilacap is one of the Pertamina's Processing Directorate Operations Unit with the largest and most complete product in Indonesia, which oversees the I, II Refinery, and Cilacap Paraxylene Refinery. The Tatoray Unit is one of the units that has a furnace with highly potential hazard. If there is a failure of the process in the furnace, it can potentially cause an explosion which affects the environment around the refinery, so that the appropriate level of security and analysis of hazardous potential is needed to avoid the failure of the operation process. Hazard potential analysis was carried out by the HAZOP method and a safety level review was carried out with SIS evaluation. SIS evaluation is done by comparing the actual SIL values and design and then optimizing the LCC value. The results of the SIS evaluation in furnaces 86-F-201 and 86-F-202 are an increase in the value of SIL from SIL 0 to SIL 2 (achieving SIL target) with a minimum LCC value of USD 323800 for 86-F-201 and USD 535700 for 86-F-202. So that the SIS evaluation is to reduce the value of the failure rate by routinely maintaining the instrument and changing the vote architecture for each SIS. This has an impact on increasing the value of SIL from SIL 0 to SIL 2.

Keywords: *HAZOP, SIL, Furnace, LCC*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga dapat terselesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Agus Muhammad Hatta, S.T, M.Si, Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Fisika beserta dosen, karyawan dan civitas akademika Teknik Fisika FTI-ITS atas segala bantuan dan kerjasamanya.
2. Bapak Ir. Harsono Hadi, M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing pertama dan Bapak Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan bantuan dan bimbingan pada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Ibu Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M. Kes. selaku ketua penguji dan Bapak Dr. Imam Abadi, S.T., M.T. selaku penguji tugas akhir ini yang telah memberikan masukan untuk penulis mengenai konten dari tugas akhir.
4. Bapak Hendra Cordova, S.T, M.T. selaku dosen wali yang telah membimbing selama masa perkuliahan.
5. Bapak Darwin dan Bapak Agung dari Divisi *Reliability*, Bapak Burhan dari Divisi *Process Engineering*, Bapak Sisyani dan Bapak Kusnan dari *Maintenance Area 4*, Bapak Rehan dari Divisi EIIE serta pegawai PT. Pertamina (Persero) RU IV Cilacap yang telah membimbing dan membantu dalam pengambilan data.
6. Kedua orang tua, kedua adik serta keluarga besar penulis yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dan dukungan yang telah diberikan.
7. Mayang, Wita, Nabil, Zaga, dan Ullqy serta Niken Kurnia selaku sahabat penulis yang senantiasa menemani, memberikan semangat dan doa kepada penulis.
8. Abi Rafdi Zhafiri yang telah banyak membantu penulis, memberikan semangat, dan doa dari awal pengerjaan tugas akhir hingga selesai.

9. Aulia Rizka dan Fadiyah Indah sebagai *partner* pengerjaan tugas akhir, Kartika Rahmawati dan Atak yang selalu memberi semangat dan hiburan disaat sedih.
10. Seluruh Asisten Laboratorium Rekayasa Bahan atas segala bantuan, doa, dan semangatnya serta seluruh teman-teman angkatan 2015 yang telah menemani selama menempuh perkuliahan di Teknik Fisika.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu terimakasih atas bantuannya.

Penulis sadar bahwa penulisan laporan tugas akhir ini tidak sempurna, semoga laporan ini dapat memberikan wawasan yang bermanfaat bagi pembaca dan dapat bermanfaat sebagai referensi pengerjaan laporan tugas akhir bagi mahasiswa lainnya.

Surabaya, 19 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN AWAL	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR NOTASI.....	xxiii
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 Manfaat	4
1.6 Sistematika Laporan	4
BAB II DASAR TEORI.....	7
2.1 <i>Tatoray Unit (86)</i>	7
2.2 <i>Furnace 86-F-201 dan 86-F-202</i>	8
2.3 <i>HAZOP (Hazard and Operability)</i>	11
2.4 <i>Control Chart x-s</i>	13
2.5 <i>Safety Instrumented System</i>	14
2.6 <i>RAMS+C</i>	18
2.7 Teknik Optimisasi.....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Identifikasi Permasalahan	24
3.2 Studi Literatur.....	25
3.3 Pengumpulan Data	25
3.4 Analisis Bahaya pada <i>Furnace-Tatoray</i> menggunakan Metode HAZOP.....	25

3.4.1	Penentuan <i>Node</i> dan <i>Loop</i> Pengendalian	26
3.4.2	Penentuan <i>Guideword</i>	28
3.4.3	Penentuan Nilai <i>Likelihood</i> dan <i>Severity</i>	40
3.4.4	Penentuan <i>Risk Ranking</i>	45
3.5	Perhitungan SIL Aktual <i>Furnace-Tatoray</i>	47
3.6	Perancangan SIS <i>Furnace-Tatoray</i>	47
3.7	Optimisasi Perancangan SIS <i>Furnace-Tatoray</i>	50
3.8	Analisis Data Hasil Perancangan SIS <i>Furnace-Tatoray</i>	51
3.9	Kesimpulan	51
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN		53
4.1	HAZOP <i>Furnace Tatoray Unit</i>	53
4.1.1	<i>Node</i> 1	53
4.1.2	<i>Node</i> 2	54
4.1.3	<i>Node</i> 3	56
4.1.4	<i>Node</i> 4	56
4.1.5	<i>Node</i> 5	57
4.1.6	<i>Node</i> 6	60
4.1.7	<i>Node</i> 7	61
4.1.8	<i>Node</i> 8	61
4.2	Nilai SIL Aktual	62
4.3	Analisis Hasil Optimisasi SIL dan LCC Rancangan	69
4.4	Pembahasan	76
BAB V PENUTUP		79
5.1	Kesimpulan	79
5.2	Saran	80
DAFTAR PUSTAKA		81
LAMPIRAN A PFD DAN P&ID		83
LAMPIRAN B <i>CONTROL CHART S</i> DAN DATA PROSES		90
LAMPIRAN C DATA <i>MAINTENANCE</i>		97
LAMPIRAN D <i>HAZOP WORKSHEET</i>		109
LAMPIRAN E VALIDASI HASIL WAWANCARA		129
LAMPIRAN F <i>MATLAB SYNTAX</i>		130
BIODATA PENULIS		145

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	<i>Furnace 86-F-201</i>	9
Gambar 2. 2	<i>Furnace 86-F-202</i>	10
Gambar 2. 3	<i>Flowchart HAZOP</i>	11
Gambar 2. 4	<i>Control Chart</i>	13
Gambar 2. 5	Arsitektur 1001	16
Gambar 2. 6	Arsitektur 1002	16
Gambar 2. 7	Arsitektur 1003	16
Gambar 2. 8	Arsitektur 2002	17
Gambar 2. 9	<i>Flowchart Genetic Algorithm</i>	20
Gambar 3. 1	(a) dan (b) <i>Flowchart Metodologi Penelitian</i>	24
Gambar 3. 2	<i>Control Chart X Bar FIC-201</i>	29
Gambar 3. 3	<i>Control Chart X Bar TIC-215</i>	30
Gambar 3. 4	<i>Control Chart X Bar TIC-202</i>	30
Gambar 3. 5	<i>Control Chart X Bar PIC-257</i>	31
Gambar 3. 6	<i>Control Chart X Bar PIC-256</i>	32
Gambar 3. 7	<i>Control Chart X Bar PDIC-254</i>	32
Gambar 3. 8	<i>Control Chart X Bar FIC-207A</i>	33
Gambar 3. 9	<i>Control Chart X Bar FIC-207B</i>	34
Gambar 3. 10	<i>Control Chart X Bar FIC-207C</i>	34
Gambar 3. 11	<i>Control Chart X Bar FIC-207D</i>	35
Gambar 3. 12	<i>Control Chart X Bar LIC-205</i>	36
Gambar 3. 13	<i>Control Chart X Bar LIC-203</i>	36
Gambar 3. 14	<i>Control Chart X Bar PDIC-233</i>	37
Gambar 3. 15	<i>Control Chart X Bar PIC-271</i>	38
Gambar 3. 16	<i>Control Chart X Bar PIC-269</i>	38
Gambar 3. 17	<i>Control Chart X Bar PDIC-267</i>	39
Gambar 4. 1	Optimisasi PFDavg Rancangan 86-F-201	70
Gambar 4. 2	Optimisasi PFDavg Rancangan 86-F-202	70
Gambar 4. 3	Optimisasi LCC Rancangan 86-F-201	71
Gambar 4. 4	Optimisasi LCC Rancangan 86-F-202	71

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	HAZOP <i>Worksheet</i>	13
Tabel 2. 2	<i>Safety Integrity Level</i> Keadaan <i>Low Demand Mode</i> ..	15
Tabel 3. 1	<i>Node</i> dan <i>Loop</i> Pengendalian <i>Furnace F201</i>	26
Tabel 3. 2	<i>Node</i> dan <i>Loop</i> Pengendalian <i>Furnace F202</i>	27
Tabel 3. 3	Standar <i>Guideword</i>	28
Tabel 3. 4	Korelasi Antara Parameter dan <i>Guideword</i>	28
Tabel 3. 5	<i>Guideword Loop</i> Pengendalian.....	40
Tabel 3. 6	Nilai <i>Likelihood</i>	41
Tabel 3. 7	Nilai <i>Severity</i>	41
Tabel 3. 8	Hasil Perhitungan <i>Likelihood</i>	42
Tabel 3. 9	Estimasi Nilai <i>Likelihood</i>	43
Tabel 3. 10	Estimasi Nilai <i>Severity</i>	44
Tabel 3. 11	<i>Risk Ranking Matrix</i>	45
Tabel 3. 12	Penentuan <i>Risk Ranking</i>	46
Tabel 3. 13	Fraksi Kegagalan	47
Tabel 3. 14	Data <i>Level/Pressure/Flow Transmitter</i>	48
Tabel 3. 15	Data <i>Temperature Transmitter</i>	48
Tabel 3. 16	Data <i>Final Element</i>	49
Tabel 3. 17	Data <i>Logic Solver</i>	49
Tabel 3. 18	Data Pendukung <i>Life Cycle Cost</i>	50
Tabel 4. 1	HAZOP <i>Worksheet Node 1</i>	54
Tabel 4. 2	HAZOP <i>Worksheet Node 2</i>	55
Tabel 4. 3	HAZOP <i>Worksheet Node 3</i>	56
Tabel 4. 4	HAZOP <i>Worksheet Node 4</i>	57
Tabel 4. 5	HAZOP <i>Worksheet Node 5</i>	58
Tabel 4. 6	HAZOP <i>Worksheet Node 6</i>	60
Tabel 4. 7	HAZOP <i>Worksheet Node 7</i>	61
Tabel 4. 8	HAZOP <i>Worksheet Node 8</i>	62
Tabel 4. 9	Perhitungan PFD SIS <i>Inlet Furnace F201 86-FSLL-202A</i>	62

Tabel 4. 10	Perhitungan PFD SIS <i>Inlet Furnace</i> F201 86-FSLL-202B.....	63
Tabel 4. 11	Perhitungan PFD SIS <i>Fuel Gas System Furnace</i> F201 86-PT-257 <i>Low Alarm</i>	63
Tabel 4. 12	Perhitungan PFD SIS <i>Fuel Gas System Furnace</i> F201 86-PT-257 <i>High Alarm</i>	63
Tabel 4. 13	Perhitungan PFD SIS <i>Fuel Oil System Furnace</i> F201 86-PT-256.....	64
Tabel 4. 14	Perhitungan PFD SIS <i>MP Steam System Furnace</i> F201 86-PSLL-252	64
Tabel 4. 15	Perhitungan PFD SIS <i>MP Steam System Furnace</i> F201 86-PSL-252.....	65
Tabel 4. 16	Perhitungan PFD SIS <i>Inlet Furnace</i> F202 86-FSLL-207A	65
Tabel 4. 17	Perhitungan PFD SIS <i>Inlet Furnace</i> F202 86-FSL-207A	65
Tabel 4. 18	Perhitungan PFD SIS <i>Inlet Furnace</i> F202 86-FSL-207B.....	66
Tabel 4. 19	Perhitungan PFD SIS <i>Inlet Furnace</i> F202 86-FSLL-207C.....	66
Tabel 4. 20	Perhitungan PFD SIS <i>Inlet Furnace</i> F202 86-FSL-207C.....	67
Tabel 4. 21	Perhitungan PFD SIS <i>Inlet Furnace</i> F202 86-FSL-207D	67
Tabel 4. 22	Perhitungan PFD SIS <i>Fuel Gas System Furnace</i> F202 86-PT-271 <i>Low Alarm</i>	67
Tabel 4. 23	Perhitungan PFD SIS <i>Fuel Gas System Furnace</i> F202 86-PT-271 <i>High Alarm</i>	68
Tabel 4. 24	Perhitungan PFD SIS <i>Fuel Oil System Furnace</i> F202 86-PT-269	68
Tabel 4. 25	Perhitungan PFD SIS <i>MP Steam System Furnace</i> F202 86-PSLL-265	68
Tabel 4. 26	Perhitungan PFD SIS <i>MP Steam System Furnace</i> F202 86-PSL-265.....	69

Tabel 4. 27 Hasil Keragaman Arsitektur dan Teknologi 86-F-201	72
Tabel 4. 28 Hasil Keragaman Arsitektur dan Teknologi 86-F-202	72
Tabel 4. 29 Optimisasi PFDavg dan LCC Rancangan 86-F-201.	73
Tabel 4. 30 Optimisasi PFDavg dan LCC Rancangan 86-F-202.	74
Tabel 4. 31 Hasil Perancangan Potensi Bahaya pada <i>Furnace</i> (86-F-201)	74
Tabel 4. 32 Hasil Perancangan Potensi Bahaya pada <i>Furnace</i> (86-F-202)	74

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR NOTASI

\bar{x}	= Rata-rata
$\bar{\bar{x}}$	= Rata-rata dari <i>mean</i> (\bar{x})
\bar{s}	= Rata-rata dari standar deviasi (s)
A_3, B_3, B_4	= Konstanta
T/D	= <i>Tonne/Day</i>
PFD_{MooN}	= <i>Probability Failure on Demand MooN</i>
PFD_{avg}	= <i>Probability Failure on Demand Average</i>
PFD_{LS}	= <i>Probability Failure on Demand Logic Solver</i>
PFD_{FE}	= <i>Probability Failure on Demand Final Element</i>
PFD_{SE}	= <i>Probability Failure on Demand Sensor Element</i>
C_{MooN}	= Fraksi kegagalan <i>vote MooN</i>
T_i	= <i>Time interval</i> atau <i>test function (hour)</i>
λ	= Laju kegagalan (<i>failure rate</i>)
λ_{dd}	= Laju kegagalan <i>dangerous detected failures (/hour)</i>
λ_{du}	= Laju kegagalan <i>dangerous undetected failures (/hour)</i>
λ_t	= Laju kegagalan total komponen (<i>/hour</i>)
λ_{sd}	= Laju kegagalan <i>safe detected failures (/hour)</i>
λ_{su}	= Laju kegagalan <i>safe undetected failures (/hour)</i>
β_{dd}	= Fraksi kegagalan <i>dangerous detected failures (/hour)</i>
β_{du}	= Fraksi kegagalan <i>dangerous undetected failures (/hour)</i>
β_{sd}	= Fraksi kegagalan <i>safe detected failures (/hour)</i>
β_{su}	= Fraksi kegagalan <i>safe undetected failures (/hour)</i>
T_r	= <i>Repair time (/hour)</i>
$C_{proctot}$	= Biaya <i>procurement</i> per tahun (\$)
$C_{risktot}$	= Biaya risiko per tahun (\$)
C_{optot}	= Biaya pengoperasian per tahun (\$)
$C_{designSIS}$	= Biaya desain SIS (\$)
$C_{purchase}$	= Biaya pembelian (\$)
$C_{inst/comm}$	= Biaya instalasi dan pelaksanaan (\$)

N	= Jumlah komponen
C_{pm}	= Biaya <i>preventive maintenance</i> (\$)
C_t	= Biaya <i>functional test</i> (\$)
C_{cm}	= Biaya <i>corrective maintenance</i> (perbaikan) (\$)
C_{SD}	= Biaya akibat <i>spurious shutdown</i> (\$)
SD_{time}	= Waktu <i>shutdown plant</i> (/day)
SD_{loss}	= Biaya kerugian akibat <i>shutdown plant</i> (\$)
C_{ACC}	= Biaya akibat kecelakaan (hilangnya aset) (\$)
$F(ACC PFD_{avg})$	= Frekuensi kecelakaan tanpa SIS (/year)
LCC	= <i>Life Cycle Cost</i> (\$)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Pertamina RU IV Cilacap merupakan salah satu Unit Operasi Direktorat Pengolahan Pertamina dengan produk terbesar dan terlengkap di Indonesia, yang membawahi Kilang I, II, dan Kilang *Paraxylene* Cilacap. Kilang ini didirikan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri terhadap produk Bahan Bakar Minyak (BBM) dan produk non-BBM yang terus meningkat dan sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap suplai dari luar negeri [1]. Salah satu proses yang terdapat di PT. Pertamina (Persero) *Refinery Unit IV* Cilacap adalah proses reaksi kimia yaitu *transalkylasi* dari *methyl group* di dalam *methyl-substituted aromatic* untuk memperoleh produk – produk aromatik yang dikehendaki dari senyawa aromatik yang tidak dikehendaki. Proses tersebut terdapat pada Unit Tatoray Kilang *Paraxylene* Cilacap. Unit Tatoray merupakan unit yang prosesnya tidak sepenuhnya aman. Terdapat potensi bahaya pada *Furnace* 86-F-201 dan 86-F-202 yang apabila terjadi kegagalan atau penyimpangan proses dapat mengakibatkan ledakan yang akan berpengaruh terhadap lingkungan sekitar kilang. Kegagalan atau penyimpangan proses tersebut juga dapat menyebabkan *downtime* untuk pabrik [2]. Kegagalan proses yang mengakibatkan terjadinya bahaya dapat dianalisa menggunakan metode yang disebut HAZOP. Studi HAZOP adalah sebuah metode untuk mengidentifikasi bagaimana suatu proses dapat menyimpang dari *design intent equipment* atau *plant* tersebut [3]. Untuk mencegah terjadinya bahaya yang disebabkan oleh penyimpangan tersebut diperlukan komponen pengendali untuk menjaga setiap variabel proses pada titik operasinya. Fungsi kerja komponen pengendali perlu dilapisi dengan komponen pengaman (*Safety Instrumented System*) yang dapat melakukan tindakan keselamatan seperti *shutdown*, *alarm*, atau mengaktifkan *safety valve* bila masih terjadi penyimpangan agar *equipment* atau *plant* tersebut tetap aman dan tetap beroperasi. *Safety Instrumented System* (SIS) adalah sistem instrumentasi yang digunakan untuk

menerapkan satu atau lebih *Safety Instrumented Function* (SIF) [4]. SIS merupakan kombinasi *sensor*, *logic solver*, dan *final element*. Dalam mendesain suatu SIS harus memenuhi tingkat integritas keamanan (SIL) seperti yang diisyaratkan IEC 61508 [5]. Faktor – faktor yang mempengaruhi desain SIS yaitu *Reliability*, *Availability*, *Maintainability*, *Safety*, dan *Cost* (RAMS+C). Perhitungan PFDavg dan STR merupakan cara untuk menentukan tingkat *dependability* untuk analisa RAMS. Sedangkan perhitungan LCC merupakan faktor C (*cost*) atau total biaya yang digunakan dalam suatu SIS [6]. Hasil perancangan yang terbaik diperoleh dengan melakukan optimisasi pada variabel objektif. Variabel yang dioptimisasi antara lain PFDavg dan LCC. Teknik optimisasi yang digunakan adalah *genetic algorithm*. Sehingga dari hasil optimisasi didapatkan hasil yang terbaik pada setiap variabel. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk menganalisis potensi bahaya menggunakan metode HAZOP dan melakukan evaluasi terhadap SIS pada *Furnace 86-F-201* dan *86-F-202* Unit Tatoray Kilang *Paraxylene* PT. Pertamina (Persero) RU IV Cilacap serta merancang SIS dengan mempertimbangkan faktor keandalan, keamanan, dan biaya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka permasalahan yang didapat antara lain:

- a. Bagaimana menganalisis potensi bahaya yang terjadi pada *Furnace Tatoray Unit* di PT. Pertamina (Persero) RU IV Cilacap dengan menggunakan metode HAZOP?
- b. Bagaimana evaluasi *Safety Instrumented System* (SIS) pada *Furnace Tatoray Unit* di PT. Pertamina (Persero) RU IV Cilacap?
- c. Bagaimana merancang *Safety Instrumented System* (SIS) dan rekomendasi yang dapat diberikan berdasarkan metode perhitungan RAMS+C pada *Furnace Tatoray Unit* di PT. Pertamina (Persero) RU IV Cilacap?

- d. Bagaimana hasil optimisasi *cost* pada *Furnace Tatoray Unit* dengan menggunakan *genetic algorithm* di PT. Pertamina (Persero) RU IV Cilacap?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Menganalisis potensi bahaya yang terjadi pada *Furnace Tatoray Unit* di PT. Pertamina (Persero) RU IV Cilacap dengan menggunakan metode HAZOP.
- b. Mengevaluasi *Safety Instrumented System* (SIS) pada *Furnace Tatoray Unit* di PT. Pertamina (Persero) RU IV Cilacap.
- c. Merancang *Safety Instrumented System* (SIS) berdasarkan metode perhitungan RAMS+C pada *Furnace Tatoray Unit* di PT. Pertamina (Persero) RU IV Cilacap.
- d. Mengoptimisasi *cost* pada *Furnace Tatoray Unit* dengan menggunakan *genetic algorithm* di PT. Pertamina (Persero) RU IV Cilacap.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang dikaji yaitu sebagai berikut:

- a. *Plant* yang digunakan adalah *Furnace 86-F-201* dan *Furnace 86-F-202 Tatoray Unit* di PT. Pertamina (Persero) RU IV Cilacap.
- b. Analisis bahaya pada *Furnace 86-F-201* dan *Furnace 86-F-202 Tatoray Unit* menggunakan metode HAZOP.
- c. Perancangan *Safety Instrumented System* beroperasi dalam keadaan *low demand mode*.
- d. Parameter dalam penentuan SIL berdasarkan standar IEC 61508.
- e. Konfigurasi SIS menggunakan acuan standar ISA-TR84.00.02.2002.
- f. Metode teknik optimisasi yang digunakan adalah *genetic algorithm* dengan menggunakan *software* MATLAB.

1.5 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini yaitu sebagai bahan pertimbangan bagi PT. Pertamina (Persero) RU IV Cilacap untuk sistem *safety* yang lebih baik serta sebagai bentuk pemberian rekomendasi sehingga probabilitas bahaya yang dapat terjadi pada *Furnace 86-F-201* dan *Furnace 86-F-202 Tatoray Unit* dapat dikurangi dengan mempertimbangkan faktor keandalan, keamanan, dan biaya pada *instrument* yang digunakan.

1.6 Sistematika Laporan

Sistematika penulisan laporan pada tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika laporan.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini menjelaskan tentang landasan teori yang berkaitan dengan topik tugas akhir yang terdiri dari *Tatoray Unit (86)*, *Furnace 86-F201 dan 86-F-202*, HAZOP, *Control Chart x*, *Safety Instrumented System*, RAMS+C, dan Teknik Optimisasi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai langkah - langkah pengerjaan tugas akhir dari awal hingga selesai dilaksanakan.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai hasil pengolahan data tugas akhir berupa analisis bahaya menggunakan metode HAZOP, perhitungan SIL aktual, serta perancangan SIS berdasarkan perhitungan RAMS+C dan hasil optimisasi dengan *software* MATLAB.

BAB V PENUTUP

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan tugas akhir serta pemberian saran sebagai pengembangan penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II DASAR TEORI

2.1 *Tatoray Unit (86)*

Tatoray Unit atau bisa disebut unit 86 merupakan salah satu unit proses yang berada pada Kilang *Paraxylene* PT. Pertamina (Persero) Cilacap. Unit *Tatoray* dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu *Reactor Section* dan *Fractionation Section*. Dalam suatu *Aromatic Complex*, *feedstock* untuk Unit *Tatoray* dapat berupa *toluene* dari *Benzene Toluene Fractionation Unit* di *Sulfolane Unit* dan C_9 aromatik dari *heavy aromatic column* di *Xylene Fractionation Unit*. *Liquid* produk dari Unit *Tatoray* dialirkan kembali ke *Benzene* atau *Toluene Fractionation Unit*. *Overhead benzene column* pada Unit *Tatoray* dialirkan ke *Extraction Section* pada *Sulfolane Unit*, sedangkan *bottom benzene column* dialirkan ke *toluene column* pada *Sulfolane Unit* [7].

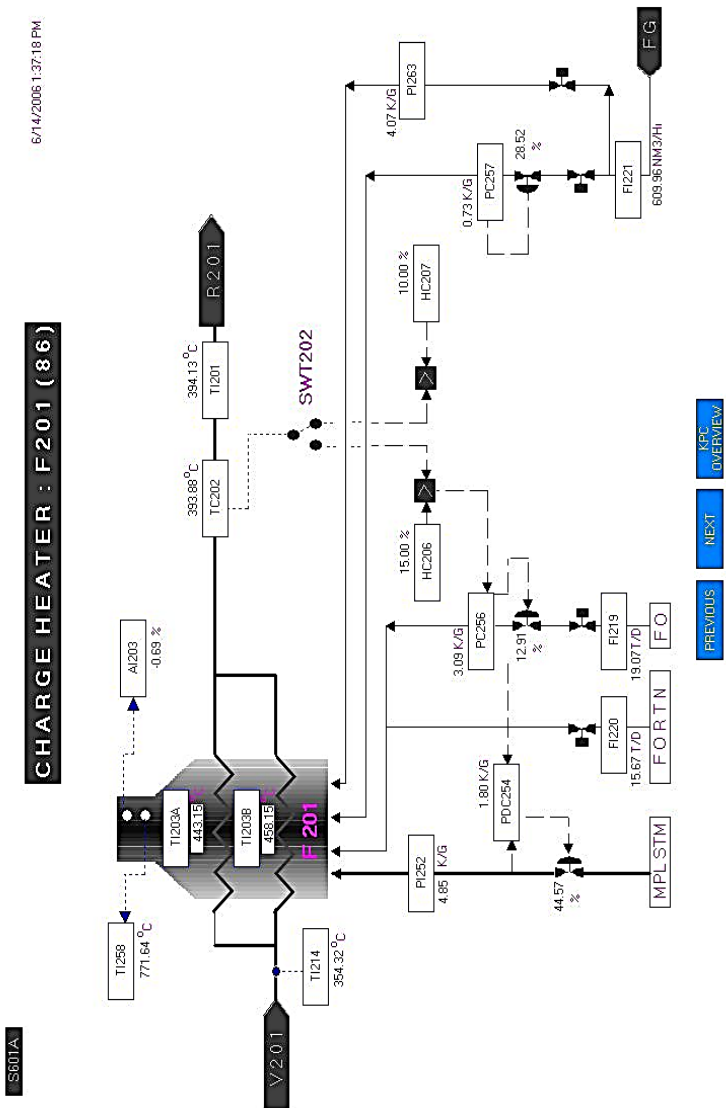
Reactor Section terdiri dari *fixed catalyst bed reactor* (86-R-201) dilengkapi dengan *heat exchanger* dan *heater* (86-F-201) tempat *feedstock* dan aliran *hydrogen recycle* akan dipanaskan terlebih dahulu sebelum masuk ke reaktor. Reaktor *Tatoray* merupakan *down flow-type reactor*. Gas ringan dalam reaktor *effluent* dipisahkan dari *liquid product* di *Reactor Product Separator* (86-V-202). *Recycle gas* dialirkan kembali ke reaktor oleh *Recycle Gas Compressor* (86-R-201). *Hydrogen purity* di dalam *recycle gas* dijaga dengan *make-up hydrogen gas* dari *Platforming Unit* secara tetap. *Fractionation Section* terdiri dari *Stripper Column* (86-C-201) dan *feed* ke *Stripper* ini adalah *liquid product* dari *Reactor Product Separator*. *Bottom product* dari *Stripper* dipakai untuk memanaskan *feed* ke *Stripper* kemudian dialirkan ke *Benzene Column* (86-C-202). *Overhead vapor* dari *Stripper* dikondensasi di *Overhead Condenser* kemudian dialirkan ke *Receiver* (86-V-203). *Overhead liquid product* dari *Stripper* dialirkan ke *Debutanizer Column* di *Platforming Unit*. Tujuan utamanya adalah untuk mengambil kembali *benzene* yang terdapat dalam *stream* ini.

2.2 Furnace 86-F-201 dan 86-F-202

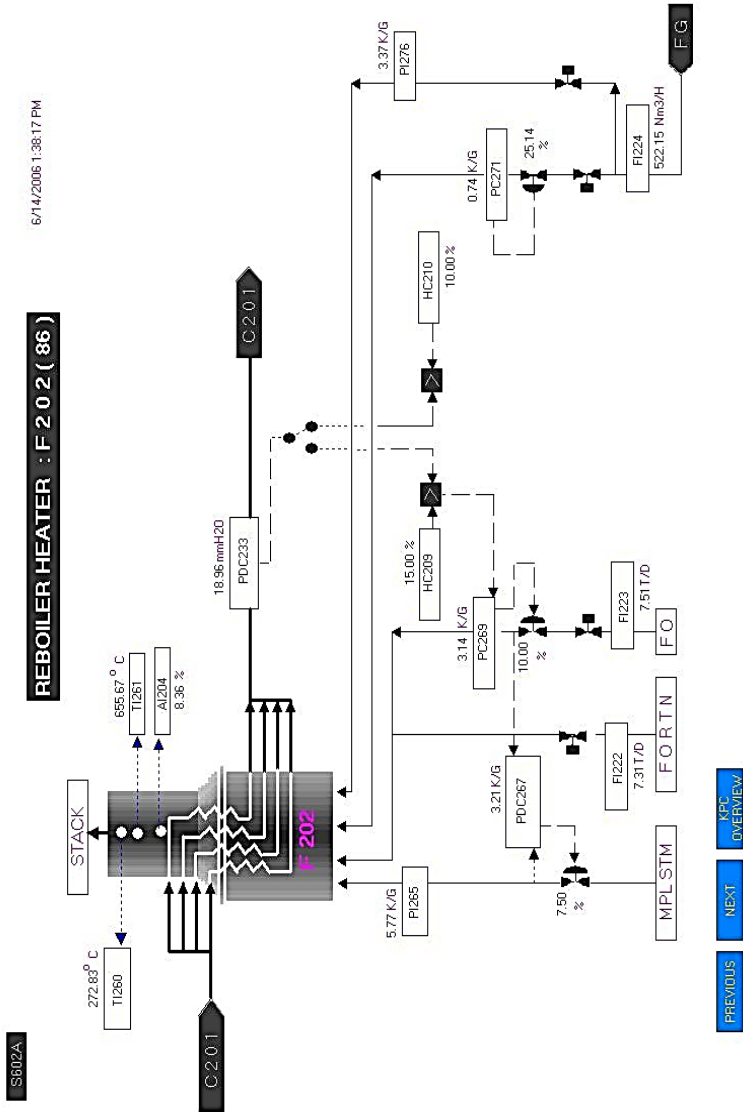
Furnace atau *heater* adalah *instrument* proses yang digunakan untuk menaikkan *temperature* suatu fluida dengan menggunakan panas hasil pembakaran dari bahan bakar cair maupun bahan bakar gas yang menyala di dalam *burner*. Tujuan utama *furnace* yaitu memanaskan fluida sesuai dengan *temperature* yang ditentukan, agar dapat diolah pada proses selanjutnya [8]. *Furnace* yang ditinjau berada pada unit 86 yaitu *Tatoray Unit*. Terdapat dua buah *furnace* yaitu *charge heater* 86-F-201 dan *stripper column reboiler heater* 86-F-202.

Reactor Charge Heater (86-F-201) biasanya mempunyai tipe *radiant convection*. Campuran *feed* ke reaktor dipanaskan di dalam *Radiant Tube Bank* [7]. *Furnace outlet temperature* dikontrol dengan *temperature controller* (86-TIC-202) yang akan mengatur *firing rate* di *furnace*. *Selector switch* biasanya ditempatkan di *control board* untuk memilih apakah *fuel gas* (86-PIC-257) atau *fuel oil* (86-PIC-256) yang akan dipakai sebagai bahan bakar. Bila *fuel oil* yang dipakai sebagai bahan bakar, *steam* dipergunakan untuk *fuel oil atomization* di *burner head*. Hal ini dilaksanakan dengan menggunakan *pressure differential controller* (86-PDIC-254). Apabila tekanan *fuel oil* bertambah tinggi, maka lebih banyak *steam* yang dialirkan untuk membantu *atomization fuel oil*.

Reboiler dari *stripper* berupa *fire heater* (86-F-202). Jumlah aliran diatur oleh *flow controller* (86-FIC-207 A/B/C/D). Tiap *pass* dilengkapi oleh *flow controller* yang berguna untuk menyeimbangkan aliran sehingga kerusakan *furnace* dapat dihindari. Tekanan *fuel gas* ke *burner* diatur oleh *pressure controller* (86-PIC-271) yang mana *controller* ini *cascade* dengan (86-PDIC-233). Untuk menjaga tekanan *minimum* dari *fuel gas* maka dilengkapi dengan pengaturan tekanan *fuel oil* oleh *pressure controller* (86-PIC-269) yang di-*cascade* dengan (86-PDIC-233). *Fuel oil system* dilengkapi dengan *fuel oil return line* agar *temperature* atau viskositas *fuel oil* relatif konstan. Beda tekanan antara *steam atomizing* dan tekanan *fuel oil* ke *burner* diatur oleh (86-PDIC-267).

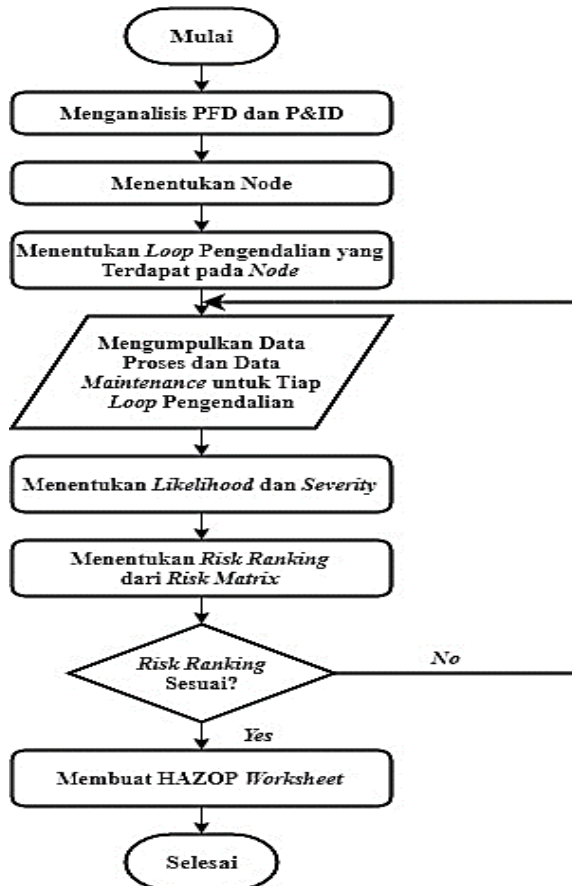


Gambar 2. 1 Furnace 86-F-201



Gambar 2. 2 Furnace 86-F-202

2.3 HAZOP (*Hazard and Operability*)



Gambar 2. 3 *Flowchart HAZOP*

HAZOP atau *Hazard and Operability* merupakan sebuah metode untuk mengidentifikasi bagaimana suatu proses dapat menyimpang dari *design intent*-nya. Konsep studi HAZOP pertama kali muncul dengan tujuan mengidentifikasi kemungkinan bahaya yang ada pada suatu proses. Tujuannya adalah untuk menghilangkan atau meminimalisir sumber apa pun yang

menyebabkan kecelakaan besar, seperti pelepasan racun, ledakan, dan kebakaran. Namun selama bertahun - tahun, aplikasi HAZOP dengan mudah diperluas karena keberhasilannya dalam mengidentifikasi tidak hanya bahaya, tetapi juga masalah operasional [3]. Sesuai Gambar 2.3, langkah - langkah yang harus dilakukan dalam melaksanakan HAZOP yaitu:

- a. Menganalisis PFD dan P&ID
Analisis dilakukan untuk memahami alur proses dari suatu sistem (jalur pipa, *transmitter*, *valve*, *controller*, dan lain sebagainya).
- b. Menentukan *Node*
Node ditentukan dan dibagi berdasarkan bagian - bagian yang memiliki peluang bahaya pada sistem tersebut.
- c. Menentukan *Loop* Pengendalian yang Terdapat pada *Node*
Dari tiap - tiap *node* ditentukan jenis *loop* pengendaliannya. Contoh pengendalian *level*, pengendalian tekanan, dan lain sebagainya.
- d. Mengumpulkan Data Proses dan Data *Maintenance* untuk Tiap *Loop* Pengendalian
Untuk menentukan kriteria nilai *likelihood* menggunakan data *maintenance* dan data proses diolah menjadi *control chart \bar{x} -s* yang digunakan untuk mengetahui penyimpangan atau deviasi agar dapat menentukan *guidewords*.
- e. Menentukan Nilai *Likelihood* dan *Severity*
Nilai *likelihood* merupakan intensitas atau seberapa sering komponen mengalami kegagalan operasi dalam kurun waktu tertentu. Nilai *severity* merupakan tingkat keparahan pada beberapa aspek yang diakibatkan oleh kegagalan atau bahaya yang terjadi.
- f. Menentukan *Risk Ranking* dari *Risk Matrix*
Risk ranking didapatkan dari hasil perkalian nilai *likelihood* dan nilai *severity*.

g. Membuat HAZOP *Worksheet*

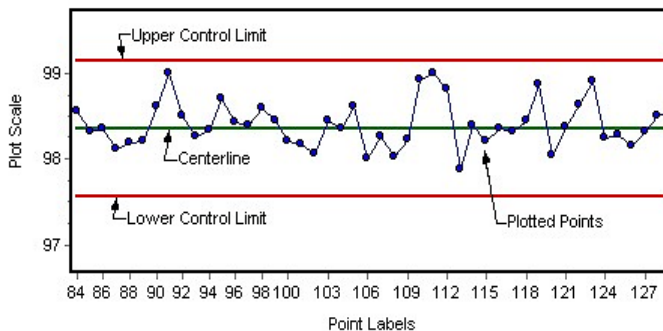
Hasil dari analisis bahaya menggunakan HAZOP akan dibuat menjadi HAZOP *Worksheet*. Fungsi HAZOP *Worksheet* yaitu untuk mempermudah pembacaan hasil analisis bahaya yang sudah dilakukan. Bentuk HAZOP *Worksheet* yaitu seperti Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 HAZOP *Worksheet*

<i>Ins.</i>	<i>GW</i>	<i>Dev.</i>	<i>Causes</i>	<i>Cons.</i>	<i>Safeguard</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>	<i>Recommend</i>

2.4 Control Chart \bar{x} -s

Control chart merupakan metode grafik yang digunakan untuk mengevaluasi suatu proses secara statistik apakah sudah berada dalam kendali atau tidak, memantau proses secara terus - menerus agar proses tersebut tetap stabil, dan menentukan *process capability*. *Control chart* menggambarkan batas kendali dari suatu proses yang terdiri dari 3 garis yaitu batas atas (*Upper Control Limit*), batas pusat (*Center Line*), dan batas bawah (*Lower Control Limit*) yang disingkat menjadi UCL, CL, dan LCL. Gambar 2.4 merupakan salah satu contoh dari *control chart*.



Gambar 2. 4 Control Chart [9]

Berikut persamaan yang digunakan untuk menentukan batas kendali pada *control chart* \bar{x} :

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_3\bar{s} \quad (2.1)$$

$$CL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} \quad (2.2)$$

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_3\bar{s} \quad (2.3)$$

Dimana:

$\bar{\bar{x}}$ = Rata - rata dari *mean* (\bar{x})

\bar{s} = Rata - rata dari standar deviasi (s)

A_3 = Konstanta (*tables of constant for control chart*) [10]

Control chart s digunakan untuk validasi yaitu mengukur keakurasian data dari suatu proses. Berikut persamaan yang digunakan untuk menentukan batas kendali *control chart s*:

$$UCL_s = B_4\bar{s} \quad (2.4)$$

$$CL_s = \bar{s} \quad (2.5)$$

$$LCL_s = B_3\bar{s} \quad (2.6)$$

Dimana:

\bar{s} = Rata - rata dari standar deviasi (s)

B_3, B_4 = Konstanta (*tables of constant for control charts*) [10]

Control chart digunakan untuk melihat deviasi atau penyimpangan yang terjadi dalam suatu proses. Dalam HAZOP, metode ini dapat digunakan untuk menentukan *guidewords* dan mengeliminasi *guidewords* yang tidak sesuai sehingga yang dianalisis hanya yang terjadi sesuai data proses yang didapatkan. Walaupun kurang direkomendasikan penggunaannya, metode ini dapat mempersingkat waktu analisis [11].

2.5 Safety Instrumented System

Safety Instrumented System (SIS) merupakan sistem instrumentasi yang digunakan untuk mengimplementasikan satu

atau lebih *Safety Instrumented Function* (SIF) [4]. Kombinasi *sensor, logic solver, dan final element* merupakan komponen penyusun SIS. SIS memiliki fungsi yaitu memantau variabel proses pada sistem dan akan melakukan tindakan keamanan jika diperlukan oleh sistem tersebut.

Tingkat keamanan dari suatu komponen *instrument* yang terdapat pada SIS disebut SIL (*Safety Integrity Level*). Terdapat dua kriteria perhitungan SIL yaitu *low demand operation* dan *high demand operation*. *Low demand operation* digunakan untuk analisis sistem proteksi yaitu sistem dianggap beroperasi kurang atau sama dengan sekali dalam setahun. *High demand operation* digunakan untuk analisis sistem pengendalian yaitu sistem beroperasi lebih dari sekali dalam setahun.

Tabel 2. 2 *Safety Integrity Level Keadaan Low Demand Mode* [4]

<i>Safety Integrity Level (SIL)</i>	<i>Risk Reduction Factor (RRF)</i>	<i>Probability of Failure on Demand (PFD)</i>
4	>10.000 to ≤100.000	≥0.00001 to <0,0001
3	>1.000 to ≤10. 000	≥0,0001 to <0,001
2	>100 to ≤1. 000	≥0,001 to <0,01
1	>10 to ≤100	≥0,01 to <0,1

Nilai SIL dari suatu *instrument* dapat ditentukan dengan menggunakan nilai *Probability of Failure on Demand* (PFD) atau dengan *Risk Reduction Factor* (RRF). Nilai SIL dihitung dari data *maintenance* tiap *instrument* yang telah diambil dari perusahaan. Dari data *maintenance* dapat ditentukan nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *failure rate* (λ). Nilai MTTF diperoleh dari rata - rata *Time to Failure* (TTF). Nilai *failure rate* diperoleh dari persamaan 2.7.

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} \quad (2.7)$$

Dimana:

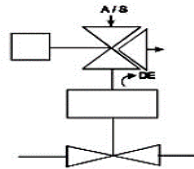
λ = laju kegagalan (*failure rate*)

MTTF = *Mean Time to Failure*

Setelah *failure rate* diketahui, maka akan dihitung nilai PFD berdasarkan arsitektur SIF. Terdapat 21 tipe arsitektur SIF, 6 diantaranya yang tercantum pada ISA-TR84.00.02.2002 sebagai berikut [12].

a. 1oo1 artinya *one out of one*, terdapat 1 keluaran dari 1 SIF.

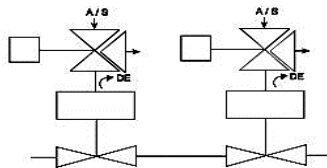
$$PFD_{1oo1} = \frac{(\lambda \times Ti)}{2} \quad (2.8)$$



Gambar 2. 5 Arsitektur 1oo1 [13]

b. 1oo2 artinya *one out of two*, terdapat 1 keluaran dari 2 SIF.

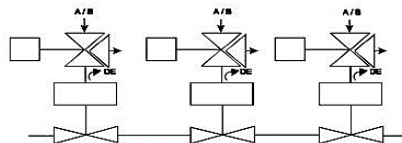
$$PFD_{1oo2} = \frac{(\lambda^2 \times Ti^2)}{4} \quad (2.9)$$



Gambar 2. 6 Arsitektur 1oo2 [13]

c. 1oo3 artinya *one out of three*, terdapat 1 keluaran dari 3 SIF.

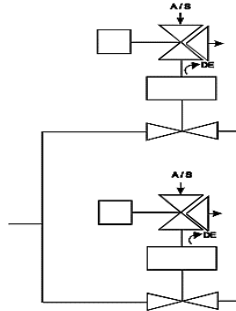
$$PFD_{1oo3} = \frac{(\lambda^3 \times Ti^3)}{8} \quad (2.10)$$



Gambar 2. 7 Arsitektur 1oo3 [13]

d. 2oo2 artinya *two out of two*, terdapat 2 keluaran dari 2 SIF.

$$PFD_{2oo2} = \lambda \times Ti \quad (2.11)$$



Gambar 2. 8 Arsitektur 2oo2 [13]

e. 2oo3 artinya *two out of three*, terdapat 2 keluaran dari 3 SIF.

$$PFD_{2oo3} = \lambda^2 \times Ti^2 \quad (2.12)$$

f. 2oo4 artinya *two out of four*, terdapat 2 keluaran dari 4 SIF.

$$PFD_{2oo4} = \lambda^3 \times Ti^3 \quad (2.13)$$

Selanjutnya nilai PFD_{avg} dihitung dengan menjumlahkan nilai PFD dari masing - masing komponen yaitu *sensor*, *logic solver*, dan *final element* seperti pada persamaan 2.14.

$$PFD_{avg} = PFD_{LS} + PFD_{FE} + PFD_{SE} \quad (2.14)$$

Nilai SIL bukan hanya ditentukan oleh nilai PFD atau RRF namun juga ditentukan oleh kombinasi tipe subsistem. Tipe subsistem ini dapat diketahui berdasarkan jenis teknologi yang digunakan pada komponen tersebut misalnya pada *transmitter* dibagi menjadi tiga tipe yaitu *smart transmitter*, *conventional transmitter*, dan *switch*.

2.6 RAMS+C

RAMS+C adalah singkatan dari *Reliability*, *Availability*, *Maintainability*, *Safety*, dan *Cost*. Keandalan (*reliability*) yaitu probabilitas suatu komponen atau sistem untuk melakukan fungsi yang dimaksudkan selama periode waktu tertentu dan di bawah serangkaian kondisi tertentu [6]. Ketersediaan (*availability*) yaitu kemampuan sistem untuk berada dalam keadaan melakukan fungsi yang dimaksud dalam kondisi yang ditentukan tanpa kegagalan selama periode tertentu (tidak *out of service* atau gagal) [14]. *Maintainability* yaitu kemampuan peralatan atau sistem untuk dipelihara di bawah kondisi tertentu selama periode tertentu, yang tergantung pada karakteristik fisik atau desain dan berbagai faktor lainnya. Keselamatan (*safety*) yaitu perkiraan bahwa suatu sistem tidak dalam kondisi yang stabil dan dapat mengarah pada kerugian seperti membahayakan orang, lingkungan, atau aset sehingga perlu dijaga keamanannya. Pengukuran ini bertujuan untuk melihat tingkat *dependability* terhadap suatu sistem. Jika komponen tidak bersifat *dependable*, maka tidak perlu menggunakan komponen tersebut sehingga tidak menimbulkan bahaya.

RAMS+C dapat dihitung menggunakan persamaan perhitungan *Probability Failure on Demand average* (PFDavg), *Spurious Trip Rate* (STR), dan *Life Cycle Cost* [6]. PFDavg merupakan probabilitas terjadinya kegagalan pada suatu sistem untuk penentuan SIL. STR merupakan kejadian palsu yang terjadi pada suatu sistem. *Life Cycle Cost* merupakan perhitungan biaya total dari keseluruhan sistem yang meliputi biaya *procurement*, *operation*, dan *risk*.

Adapun persamaan (2.15) berikut digunakan untuk menghitung PFD *average dangerous independent failure basic event*.

$$PFD_{avg} = (1 - C_{MooN} \times \beta_{dd}) \times \lambda_{dd} \times T_r + (1 - C_{MooN} \times \beta_{du}) \times \lambda_{du} \times \left(\frac{T_i}{2} + T_r \right) \quad (2.15)$$

Dimana:

$$PFD_{avg} = \sum PFD_{SE} + \sum PFD_{LS} + \sum PFD_{FE} \quad (2.16)$$

Kemudian untuk menghitung STR dan STR *average* digunakan persamaan (2.17) dan (2.18).

$$STR = (1 - C_{Moon} \times \beta_{sd}) \times \lambda_{sd} \times T_r + (1 - C_{Moon} \times \beta_{su}) \times \lambda_{su} \quad (2.17)$$

$$STR_{avg} = \sum STR_{SE} + \sum STR_{LS} + \sum STR_{FE} \quad (2.18)$$

Setelah perhitungan STR maka dihitunglah nilai LCC dengan persamaan (2. 19).

$$LCC = C_{proctot} + C_{optot} + C_{risktot} \quad (2.19)$$

Biaya *procurement*, *operational*, dan *risk* diperoleh dari persamaan (2.20), (2.21), dan (2.22).

$$C_{proctot} = C_{designsis} + C_{startup,SE} + C_{startup,LS} + C_{startup,FE} \quad (2.20)$$

$$C_{optot} = C_{opSE} + C_{opLS} + C_{opFE} \quad (2.21)$$

$$C_{risktot} = C_{STR} + C_{hazard} \quad (2.22)$$

Dimana:

$$C_{startup} = (C_{purchase} + C_{inst/com}) \times N \quad (2.23)$$

$$C_{op(SE/LS/FE)} = C_{pmtot} + C_{testtot} + C_{cmtot} \quad (2.24)$$

$$C_{pmtot} = \frac{1}{M} \times C_{pm} \times N \quad (2.25)$$

$$C_{testtot} = \frac{1}{T_i} \times C_t \times N \quad (2.26)$$

$$C_{cmtot} = \lambda_{tot} \times C_{cm} \times N \quad (2.27)$$

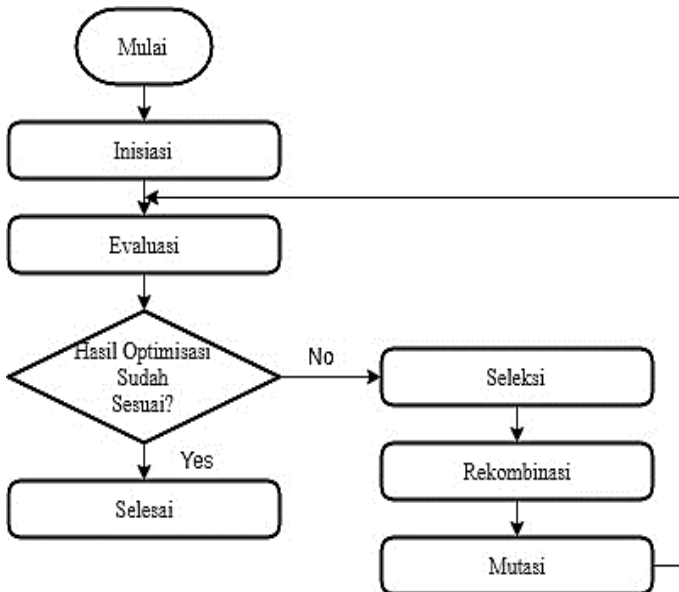
$$C_{STR} = STR_{avg} \times C_{SD} \quad (2.28)$$

$$C_{SD} = SD_{time} \times SD_{loss} \quad (2.29)$$

$$C_{hazard} = C_{acc} \times F(ACC|PFD_{avg}) \times PFD_{avg} \quad (2.30)$$

2.7 Teknik Optimisasi

Optimisasi adalah proses seleksi nilai - nilai variabel *input* dari suatu masalah untuk menemukan solusi yang optimal. Variabel *input* ialah variabel yang dapat dikontrol atau dimodifikasi oleh pengoptimisasi. Optimisasi bertujuan meminimalkan atau memaksimalkan *output* dari masalah tersebut [6]. Teknik optimisasi yang digunakan adalah *genetic algorithm*. Secara umum *genetic algorithm* merupakan teknik pencarian solusi atau perkiraan solusi secara komputasi dengan cara mengkodekan permasalahan menjadi kromosom.



Gambar 2. 9 Flowchart Genetic Algorithm [15]

Genetic algorithm memiliki beberapa tahapan dalam prosesnya seperti pada Gambar 2.9, yaitu:

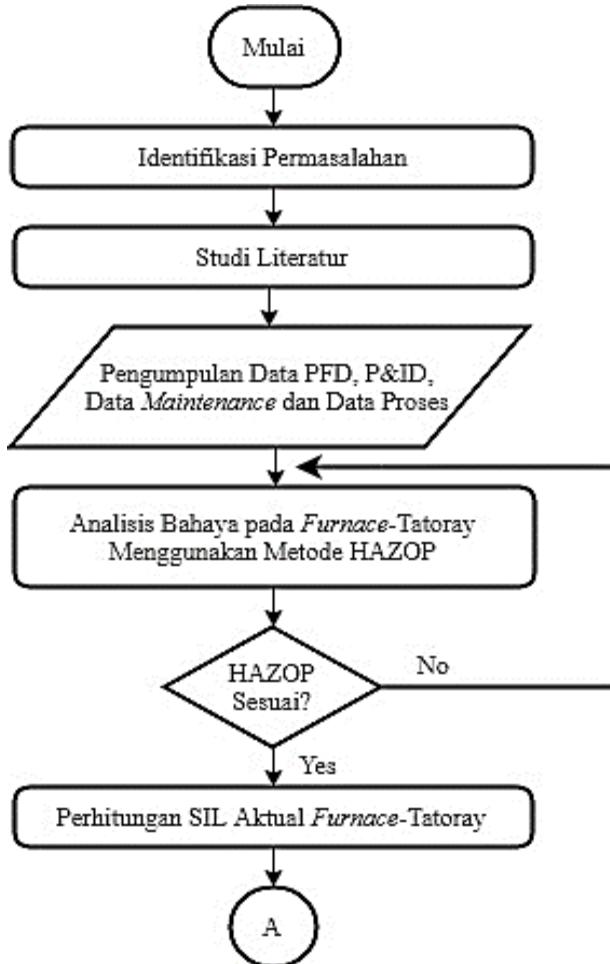
- a. Inisiasi
Tahap awal dari kandidat solusi yang dicari secara acak dalam seluruh ruang pencarian dan berupa pengkodean kromosom dari pembentukan populasi awal yang telah ditentukan.
- b. Evaluasi
Apabila populasi keturunan atau individu telah terbentuk maka tiap individu akan dievaluasi sehingga nilai *fitness*/kemampuan solusi untuk bertahan dapat diketahui.
- c. Seleksi
Tahap untuk memilih dan mengurutkan solusi dari yang terbaik hingga terburuk agar mendapatkan solusi terbaik dari generasi yang terburuk dari populasi induk.
- d. Rekombinasi
Tahap dimana dua bagian atau lebih solusi induk dikombinasikan (*crossover*) untuk membentuk individu baru dengan kemungkinan akan menjadi solusi yang lebih baik dari sebelumnya yang terdapat pada populasi induk di tahap awal.
- e. Mutasi
Tahap ketika rekombinasi beroperasi terhadap dua atau lebih kromosom sehingga akan memodifikasi sebuah solusi agar mendapatkan solusi terbaik. Proses ini akan menghasilkan suatu generasi baru dimana kromosomnya berbeda dengan generasi sebelumnya. Secara umum rata - rata nilai kecocokannya (*fitness*) akan meningkat melalui prosedur ini, karena hanya individu - individu terbaik yang dipilih dalam pembentukan populasi selanjutnya.
- f. Penggantian
Ketika keturunan hasil seleksi, rekombinasi dan mutasi menggantikan urutan solusi terbaik sebelumnya (yang akan menggantikan populasi induk).

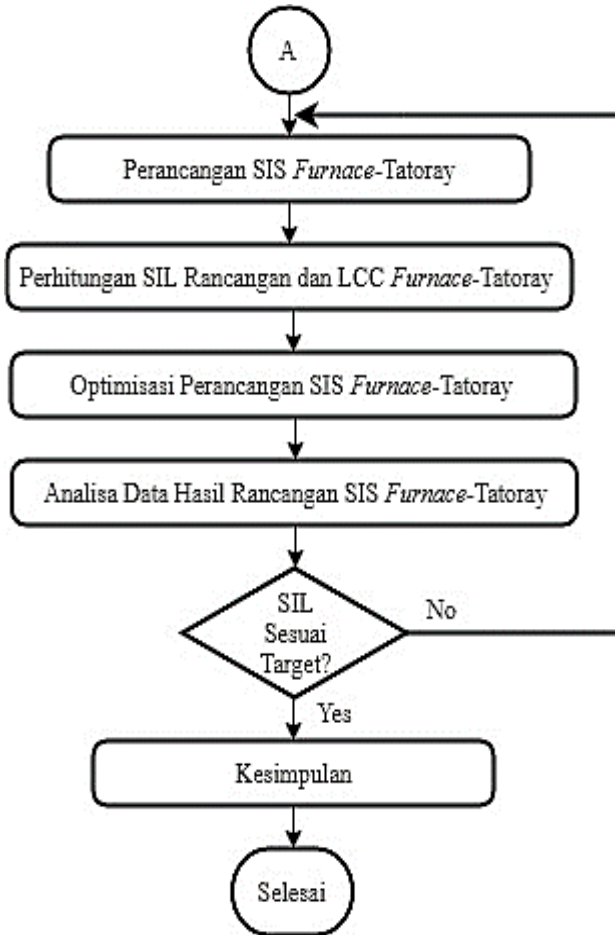
Genetic algorithm [15] memiliki beberapa keunggulan – keunggulan jika dibandingkan dengan metode optimisasi yang lain, yaitu sebagai berikut:

- a. *Genetic algorithm* menyelesaikan masalah dengan mengkodekan permasalahan menjadi kromosom, bukan dengan menyelesaikan permasalahan itu sendiri. Sehingga probabilitas solusi yang muncul lebih banyak karena terjadi *crossover* dan mutasi antar kromosom yang menimbulkan lahirnya individu baru atau bisa disebut solusi baru dengan kualitas yang lebih baik dari sebelumnya sehingga hasilnya lebih optimal.
- b. *Genetic algorithm* memulai prosesnya dengan sekumpulan *initial solutions*, berbeda dengan *metaheuristic* lain yang memulai proses dengan sebuah solusi tunggal, dan berlanjut ke solusi lainnya melalui suatu transisi. Karenanya GA melakukan pencarian *multi-directional* dalam *solution space* yang memperkecil kemungkinan berhentinya pencarian pada *local optimum condition*.
- c. Hanya diperlukan sebuah fungsi evaluasi tunggal yang berbeda untuk tiap permasalahan dalam mencari hasil terbaik dalam proses optimisasinya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian pada tugas akhir ini dirancang menjadi beberapa tahapan yang digambarkan dengan *flowchart* berikut ini.





(b)

Gambar 3. 1 (a) dan (b) *Flowchart* Metodologi Penelitian

3.1 Identifikasi Permasalahan

Permasalahan diidentifikasi dari dasar dilakukannya penelitian ini yaitu menganalisis potensi bahaya dan sistem *safety furnace* pada *Tatoray Unit* di PT. Pertamina (Persero) RU IV

Cilacap. Proses identifikasi masalah menghasilkan rumusan masalah serta tujuan yang ingin dicapai pada pelaksanaan penelitian tugas akhir ini.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari referensi yang digunakan sebagai pedoman dalam penyusunan tugas akhir. Studi literatur ini meliputi proses yang terdapat pada *furnace* serta metode HAZOP yang digunakan untuk menganalisis potensi bahaya yang terjadi, metode RAMS+C dan teknik optimisasi dengan *genetic algorithm* yang diterapkan pada penelitian ini.

3.3 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan akan digunakan untuk membuat HAZOP *worksheet* adalah P&ID, data proses, dan data *maintenance* untuk menentukan *node* dan deviasi yang terjadi, serta menentukan nilai *likelihood* dan nilai *severity*. Data yang digunakan untuk menghitung nilai PFDavg aktual merupakan data *maintenance instrument*. Data nilai PFD yang digunakan sebagai rancangan berasal dari data sekunder yang berupa data laju kegagalan (λ) yaitu λ_{dd} , λ_{du} , λ_{sd} , λ_{su} , dan λ_t , serta fraksi kegagalan (β) yaitu β_{dd} , β_{du} , β_{sd} , dan β_{su} dari *sensing element*, *logic solver*, dan *final control element* pada tiap teknologi. Untuk data nilai LCC yang digunakan sebagai rancangan berasal dari data sekunder yang berupa biaya pembelian *instrument*, biaya operasional, dan total biaya akibat terjadinya kegagalan.

3.4 Analisis Bahaya pada *Furnace-Tatoray* Menggunakan Metode HAZOP

Potensi bahaya pada *Furnace-Tatoray* diperoleh karena adanya penyimpangan pada data proses *furnace* tersebut. Potensi bahaya dapat dijelaskan menggunakan metode HAZOP. Berikut merupakan langkah - langkah yang digunakan dalam metode HAZOP.

3.4.1 Penentuan *Node* dan *Loop* Pengendalian

Penentuan *node* dan *loop* pengendalian dilakukan dengan menganalisis PFD dan P&ID *Furnace* 86-F-201 dan 86-F-202 yang merupakan bagian dari *Tatoray Unit*. Berikut merupakan tabel penentuan *node* dan *loop* pengendalian.

Tabel 3. 1 *Node* dan *Loop* Pengendalian *Furnace* F201

SECTION	NODE	NODE NUMBER	EQUIPMENT	INSTRUMENT
CHARGE HEATER 86-F-201	<i>Aromatic Feed Surge Drum 86-V-201 to inlet line product separator 86-V-202 and to line stripper column feed bottom exchanger 86-E-204 through 86-P-201 A/B, 86-E-201, 86-E-202, 86-E-203, 86-F-201, 86-R-201</i>	1	86-E-201	86-FIC-201
				86-FT-201
				86-FV-201
				86-TIC-215
				86-TT-215
				86-TV-215
	<i>Fuel Gas Header to 86-F-201</i>	2	86-F-201	86-TIC-202
				86-TT-202
				86-PIC-257
				86-PT-257
				86-PV-257
	<i>Fuel Oil Header to 86-F-201</i>	3	86-F-201	86-TIC-202
				86-TT-202
				86-PIC-256
				86-PT-256
	<i>MP Steam for Atomizing 86-F-201</i>	4	86-F-201	86-PV-256
86-PDIC-254				
86-PDT-254				
				86-PDV-254

Tabel 3. 2 Node dan Loop Pengendalian Furnace F202

SECTION	NODE	NODE NUMBER	EQUIPMENT	INSTRUMENT
STRIPPER COLUMN REBOILER HEATER 86-F-202	<i>Product separator 86-V-202 to inlet tatoray benzene column 86-C-202 through 86-E-204, 86-C-201, 86-F-202, 86-P-202 A/B</i>	5	86-F-202	86-FIC-207A
				86-FT-207A
				86-FV-207A
				86-FIC-207B
				86-FT-207B
				86-FV-207B
				86-FIC-207C
				86-FT-207C
				86-FV-207C
				86-FIC-207D
			86-FT-207D	
			86-FV-207D	
			86-C-201/ 86-C-202	86-LIC-205
	86-LT-205			
	86-LV-205			
	86-V-202	86-LIC-203		
		86-LT-203		
		86-LV-203		
	<i>Fuel Gas Header to 86-F-202</i>	6	86-F-202	86-PDIC-233
				86-PDT-233
86-PIC-271				
86-PT-271				
86-PV-271				
<i>Fuel Oil Header to 86-F-202</i>	7	86-F-202	86-PDIC-233	
			86-PDT-233	
			86-PIC-269	
			86-PT-269	
<i>MP Steam for Atomizing 86-F-202</i>	8	86-F-202	86-PV-269	
			86-PDIC-267	
			86-PDT-267	
			86-PDV-267	

3.4.2 Penentuan *Guideword*

Setelah didapatkan *node* dan *loop* pengendalian, langkah selanjutnya adalah menentukan deviasi yang terjadi pada masing - masing *loop* pengendalian menggunakan analisis data proses yang ditampilkan pada grafik *control chart*. Deviasi tersebut digambarkan dengan parameter dan *guideword*. Parameter digunakan untuk menentukan jenis variabel proses. *Guideword* digunakan untuk menentukan jenis penyimpangan yang terjadi pada parameter tersebut. Parameter dan *guideword* sesuai referensi HAZOP PT. Pertamina RU IV Cilacap. Berikut merupakan standar *guideword* yang digunakan oleh perusahaan.

Tabel 3. 3 Standar *Guideword*

<i>Guideword</i>	<i>Meaning</i>
<i>No (not, none, empty)</i>	Tidak ada tujuan parameter yang tercapai
<i>More (more of, higher)</i>	Kenaikan kuantitatif pada parameter
<i>Less (less of, lower)</i>	Penurunan kuantitatif pada parameter
<i>As well as (more than)</i>	Terjadi kenaikan kualitatif pada parameter
<i>Part of</i>	Terjadi penurunan kualitatif pada parameter
<i>Reverse</i>	Terjadi kebalikan dari tujuan parameter
<i>Other than (other)</i>	Adanya perubahan aktivitas pada parameter

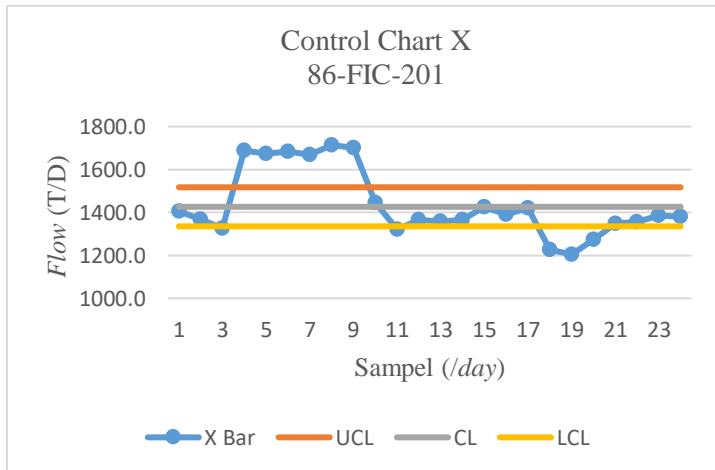
Tabel 3. 4 Korelasi Antara Parameter dan *Guideword*

Parameter	<i>Guideword</i>
<i>Flow</i>	<i>High; Low; None; Reverse</i>
<i>Level</i>	<i>High; Low; Empty</i>
<i>Pressure</i>	<i>High; Low</i>
<i>Temperature</i>	<i>High; Low</i>
<i>Composition</i>	<i>Change in Concentration</i>

Penentuan deviasi dengan mengamati adanya *point* yang melampaui *upper control limit* ataupun *lower control limit*. Pada *loop level* dan *loop temperature* apabila melampaui *upper limit* maka *guideword* yang digunakan adalah *high*, dan apabila

melampaui *lower control limit* maka *guideword* yang digunakan adalah *low*. Nilai CL, LCL, UCL ditentukan berdasarkan persamaan (2.1-2.3). Adapun hasil *plot* grafik *control chart x* pada masing - masing *loop* adalah sebagai berikut.

a. Deviasi Data Proses *Node 1 FIC-201*

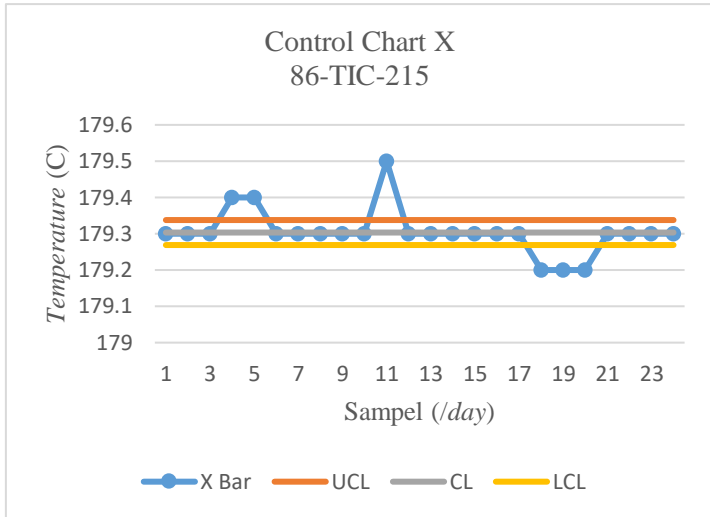


Gambar 3. 2 *Control Chart X Bar FIC-201*

Berdasarkan Gambar 3.2 *plot* data pada grafik diketahui bahwa nilai CL adalah 1426,2 (T/D) sedangkan untuk nilai UCL dan LCL masing - masing adalah 1517,142 (T/D) dan 1335,3 (T/D). Pada grafik didapatkan beberapa *point* melampaui nilai *upper* dan *lower*, sehingga disimpulkan pada FIC-201 terdapat deviasi *Low* dan *High*.

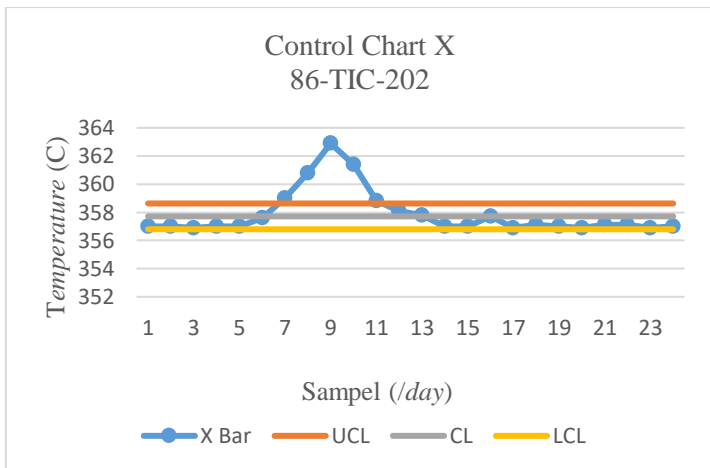
b. Deviasi Data Proses *Node 1 TIC-215*

Pada Gambar 3.3 *plot* data pada grafik diketahui bahwa nilai CL adalah 179,3 °C sedangkan untuk nilai UCL dan LCL masing - masing adalah 179,3378 °C dan 179,2689 °C. Pada grafik didapatkan beberapa *point* melampaui nilai *upper* dan *lower*, sehingga disimpulkan pada TIC-215 terdapat deviasi *Low* dan *High*.



Gambar 3. 3 Control Chart X Bar TIC-215

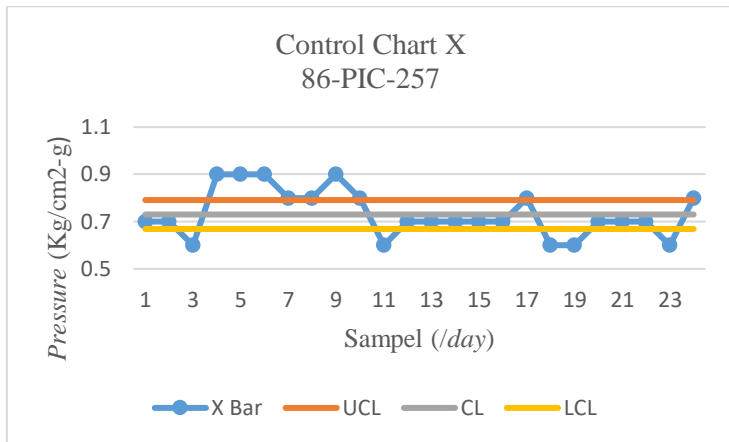
c. Deviasi Data Proses Node 2 TIC-202



Gambar 3. 4 Control Chart X Bar TIC-202

Seperti pada Gambar 3.4 *plot* data pada grafik diketahui bahwa nilai CL adalah $357,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ sedangkan untuk nilai UCL dan LCL masing - masing adalah $358,6291\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $356,7976\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pada grafik didapatkan beberapa *point* melampaui nilai *upper*, sehingga disimpulkan pada *loop temperature 202* terdapat deviasi *High*.

d. Deviasi Data Proses *Node 2 PIC-257*



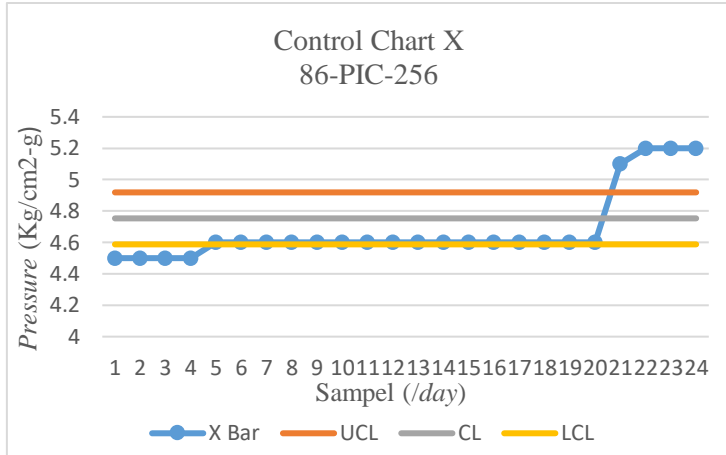
Gambar 3. 5 *Control Chart X Bar PIC-257*

Merujuk pada Gambar 3.5 *plot* data pada grafik diketahui bahwa nilai CL adalah $0,7\text{ Kg/cm}^2\text{-g}$ sedangkan untuk nilai UCL dan LCL masing - masing adalah $0,791148\text{ Kg/cm}^2\text{-g}$ dan $0,668852\text{ Kg/cm}^2\text{-g}$. Pada grafik didapatkan beberapa *point* melampaui nilai *upper* dan *lower*, sehingga disimpulkan pada *loop pressure 257* terdapat deviasi *Low* dan *High*.

e. Deviasi Data Proses *Node 3 PIC-256*

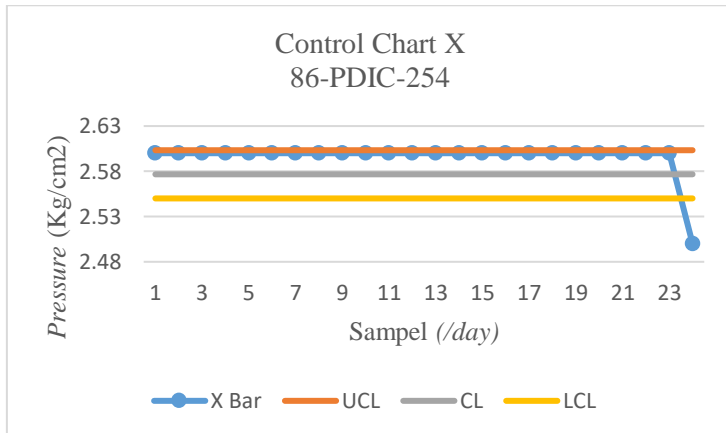
Menurut Gambar 3.6 *plot* data pada grafik dapat diketahui bahwa nilai CL adalah $4,7\text{ Kg/cm}^2\text{-g}$ sedangkan untuk nilai UCL dan LCL masing - masing adalah $4,816441\text{ Kg/cm}^2\text{-g}$ dan $4,556892\text{ Kg/cm}^2\text{-g}$. Pada grafik didapatkan

beberapa *point* melampaui nilai *upper* dan *lower*, sehingga disimpulkan pada PIC-256 terdapat deviasi *Low* dan *High*.



Gambar 3. 6 Control Chart X Bar PIC-256

f. Deviasi Data Proses *Node* 4 PDIC-254

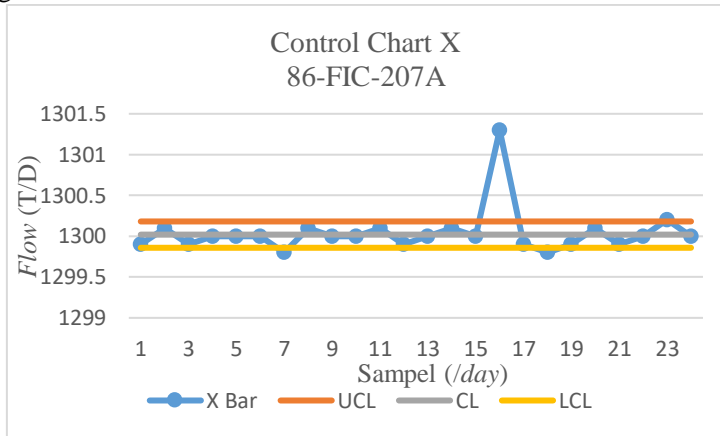


Gambar 3. 7 Control Chart X Bar PDIC-254

Sebagaimana terlihat pada Gambar 3.7 *plot* data pada grafik diketahui bahwa nilai CL adalah 2,6 Kg/cm²

sedangkan untuk nilai UCL dan LCL masing - masing adalah 2,603295 Kg/cm² dan 2,55 Kg/cm². Pada grafik didapatkan beberapa *point* melampaui nilai *lower*, sehingga disimpulkan pada PDIC-254 terdapat deviasi *Low*.

g. Deviasi Data Proses *Node 5 FIC-207A*

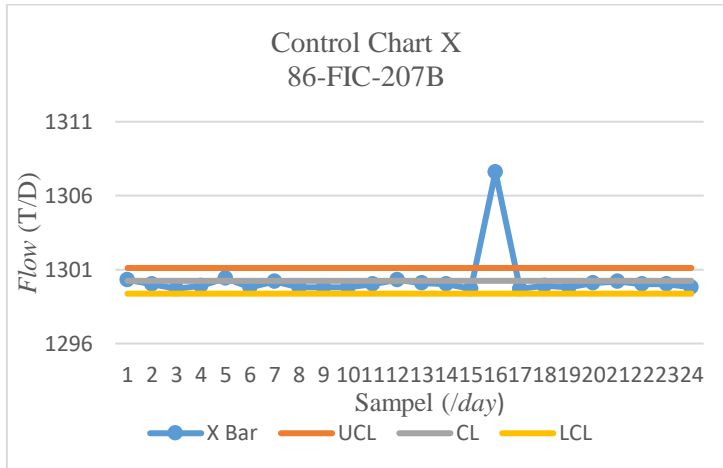


Gambar 3. 8 *Control Chart X Bar FIC-207A*

Dari Gambar 3.8 *plot* data pada grafik diketahui bahwa nilai CL adalah 1300 (T/D) sedangkan untuk nilai UCL dan LCL masing - masing adalah 1300,181 (T/D) dan 1299,859 (T/D). Pada grafik didapatkan beberapa *point* melampaui nilai *upper* dan *lower*, sehingga disimpulkan pada FIC-207A terdapat deviasi *Low* dan *High*.

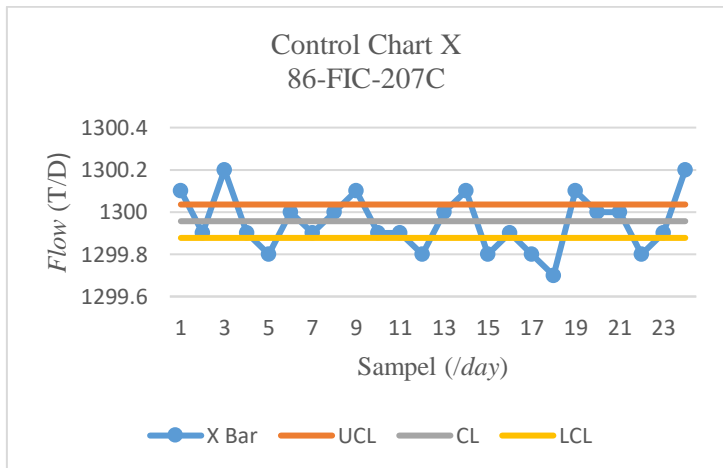
h. Deviasi Data Proses *Node 5 FIC-207B*

Melalui Gambar 3.9 *plot* data pada grafik diketahui bahwa nilai CL adalah 1300,2 (T/D) sedangkan untuk nilai UCL dan LCL masing - masing adalah 1301,108 (T/D) dan 1299,372 (T/D). Pada grafik didapatkan beberapa *point* melampaui nilai *upper*, sehingga disimpulkan pada FIC-207B terdapat deviasi *High*.



Gambar 3. 9 Control Chart X Bar FIC-207B

i. Deviasi Data Proses Node 5 FIC-207C

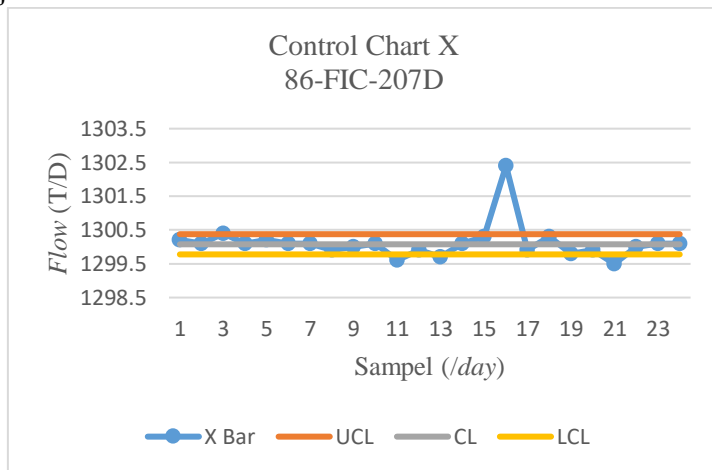


Gambar 3. 10 Control Chart X Bar FIC-207C

Ditinjau dari Gambar 3.10 *plot* data pada grafik diketahui bahwa nilai CL adalah 1300 (T/D) sedangkan untuk nilai

UCL dan LCL masing - masing adalah 1300,036 (T/D) dan 1299,878 (T/D). Pada grafik didapatkan beberapa *point* melampaui nilai *upper* dan *lower*, sehingga disimpulkan pada FIC-207C terdapat deviasi *Low* dan *High*.

j. Deviasi Data Proses *Node 5 FIC-207D*

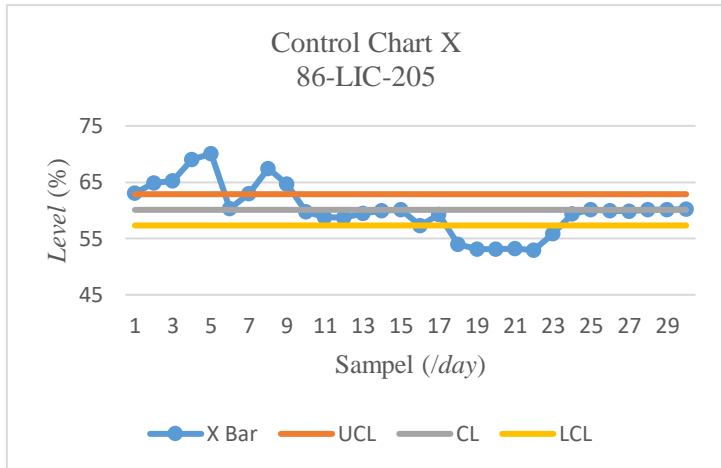


Gambar 3. 11 *Control Chart X Bar FIC-207D*

Berdasarkan Gambar 3.11 *plot* data pada grafik diketahui bahwa nilai CL adalah 1300,1 (T/D) sedangkan untuk nilai UCL dan LCL masing - masing adalah 1300,376 (T/D) dan 1299,778 (T/D). Pada grafik didapatkan beberapa *point* melampaui nilai *upper* dan *lower*, sehingga disimpulkan pada FIC-207D terdapat deviasi *Low* dan *High*.

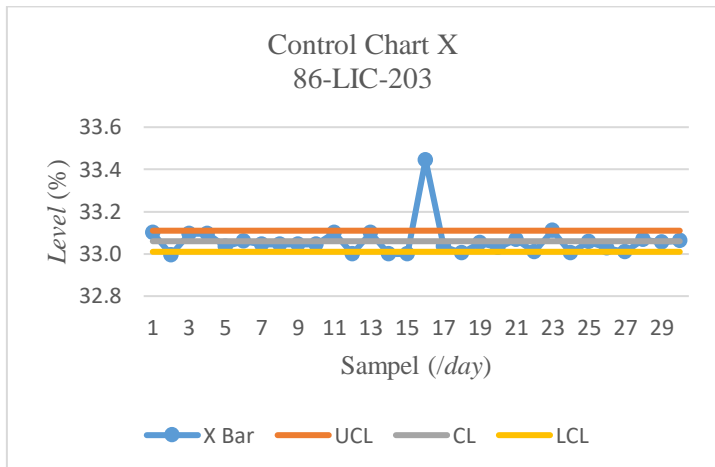
k. Deviasi Data Proses *Node 5 LIC-205*

Dapat dilihat dari Gambar 3.12 *plot* data pada grafik diketahui bahwa nilai CL adalah 60,1% sedangkan untuk nilai UCL dan LCL masing - masing adalah 62,8712% dan 57,31135%. Pada grafik didapatkan beberapa *point* melampaui nilai *upper* dan *lower*, sehingga disimpulkan pada LIC-205 terdapat deviasi *Low* dan *High*.



Gambar 3. 12 Control Chart X Bar LIC-205

1. Deviasi Data Proses *Node 5* LIC-203

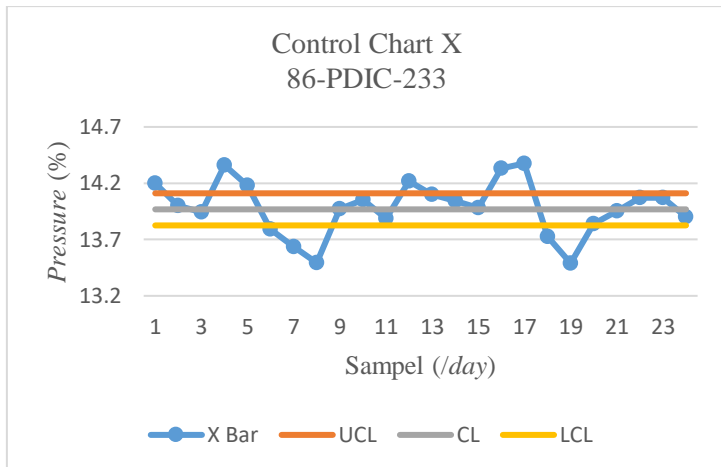


Gambar 3. 13 Control Chart X Bar LIC-203

Sesuai Gambar 3.13 *plot* data pada grafik diketahui bahwa nilai CL adalah 33,1% sedangkan untuk nilai UCL dan LCL masing - masing adalah 33,10984% dan 33,00995%.

Pada grafik didapatkan beberapa *point* melampaui nilai *upper*, sehingga disimpulkan pada LIC-203 terdapat deviasi *High*.

m. Deviasi Data Proses *Node* 6 PDIC-233

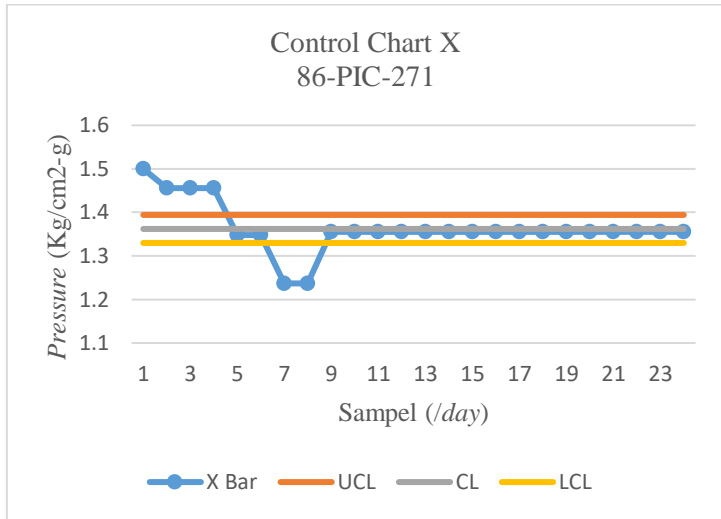


Gambar 3. 14 Control Chart X Bar PDIC-233

Tampak pada Gambar 3.14 *plot* data pada grafik diketahui bahwa nilai CL adalah 14% sedangkan untuk nilai UCL dan LCL masing - masing adalah 14,11064% dan 13,82554%. Pada grafik didapatkan beberapa poin melampaui nilai *upper* dan *lower*, sehingga disimpulkan pada PDIC-233 terdapat deviasi *Low* dan *High*.

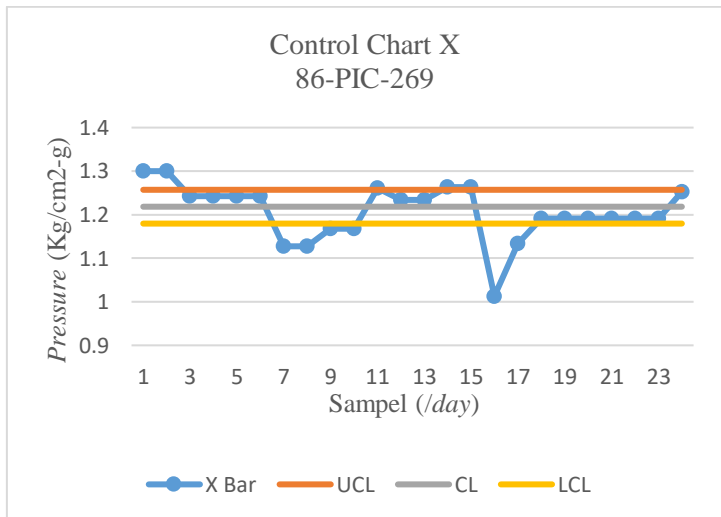
n. Deviasi Data Proses *Node* 6 PIC-271

Dari *plot* data pada Gambar 3.15 diketahui bahwa nilai CL adalah 1.4 Kg/cm²-g sedangkan untuk nilai UCL dan LCL masing - masing adalah 1,394134 Kg/cm²-g dan 1,329824 Kg/cm²-g. Pada grafik didapatkan beberapa *point* melampaui nilai *upper* dan *lower*, sehingga disimpulkan pada PIC-271 terdapat deviasi *Low* dan *High*.



Gambar 3. 15 Control Chart X Bar PIC-271

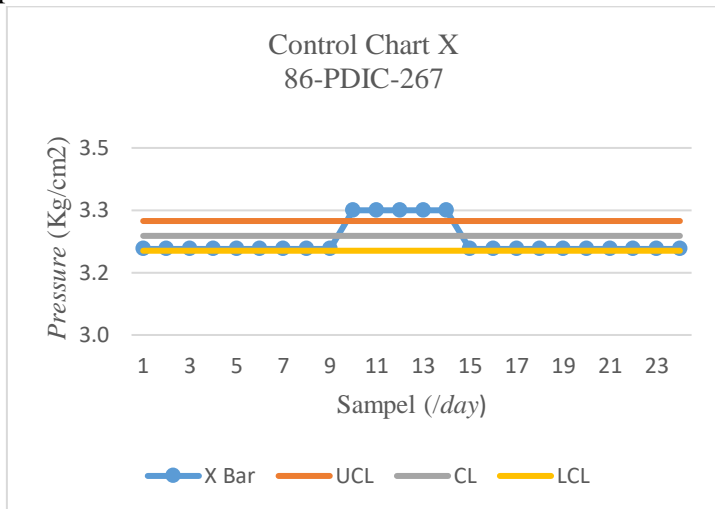
o. Deviasi Data Proses Node 7 PIC-269



Gambar 3. 16 Control Chart X Bar PIC-269

Menurut Gambar 3.16 *plot* data pada grafik diketahui bahwa nilai CL adalah $1,2 \text{ Kg/cm}^2\text{-g}$ sedangkan untuk nilai UCL dan LCL masing - masing adalah $1,257178 \text{ Kg/cm}^2\text{-g}$ dan $11,179564 \text{ Kg/cm}^2\text{-g}$. Pada grafik didapatkan beberapa *point* melampaui nilai *upper* dan *lower*, sehingga disimpulkan pada PIC-269 terdapat deviasi *Low* dan *High*.

p. Deviasi Data Proses *Node 8* PDIC-267



Gambar 3. 17 Control Chart X Bar PDIC-267

Melalui Gambar 3.17 *plot* data pada grafik diketahui bahwa nilai CL adalah $3,2 \text{ Kg/cm}^2$ sedangkan untuk nilai UCL dan LCL masing - masing adalah $3,274209 \text{ Kg/cm}^2$ dan $3,202725 \text{ Kg/cm}^2$. Pada grafik didapatkan beberapa *point* melampaui nilai *upper*, sehingga disimpulkan pada PDIC-267 terdapat deviasi *High*.

Hasil penentuan *guideword* pada masing - masing *loop* pengendalian dijelaskan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 3. 5 *Guideword Loop Pengendalian*

<i>Node Number</i>	<i>Loop</i>	<i>Guideword</i>
1	<i>Flow 201</i>	<i>High Flow</i>
		<i>Low Flow</i>
	<i>Temperature 215</i>	<i>High Temperature</i>
		<i>Low Temperature</i>
2	<i>Temperature 202</i>	<i>High Temperature</i>
	<i>Pressure 257</i>	<i>High Pressure</i>
		<i>Low Pressure</i>
3	<i>Temperature 202</i>	<i>High Temperature</i>
	<i>Pressure 256</i>	<i>High Pressure</i>
		<i>Low Pressure</i>
4	<i>Pressure Differential 254</i>	<i>Low Pressure</i>
5	<i>Flow 207A</i>	<i>High Flow</i>
		<i>Low Flow</i>
	<i>Flow 207B</i>	<i>High Flow</i>
		<i>Low Flow</i>
	<i>Flow 207C</i>	<i>High Flow</i>
		<i>Low Flow</i>
	<i>Flow 207D</i>	<i>High Flow</i>
<i>Low Flow</i>		
6	<i>Pressure Differential 233</i>	<i>High Pressure</i>
		<i>Low Pressure</i>
	<i>Pressure 271</i>	<i>High Pressure</i>
<i>Low Pressure</i>		
7	<i>Pressure Differential 233</i>	<i>High Pressure</i>
		<i>Low Pressure</i>
	<i>Pressure 269</i>	<i>High Pressure</i>
		<i>Low Pressure</i>
8	<i>Pressure Differential 267</i>	<i>High Pressure</i>

3.4.3 Penentuan Nilai *Likelihood* dan *Severity*

Pada masing - masing *guideword* memiliki nilai *severity* dan nilai *likelihood* yang berbeda berdasarkan jenis *plant*. Nilai *severity*

dan nilai *likelihood* diperoleh berdasarkan estimasi terhadap referensi atau standar milik perusahaan. Berdasarkan referensi HAZOP PT. Pertamina RU IV Cilacap, didapatkan nilai *likelihood* dan nilai *severity* sebagai berikut.

Tabel 3. 6 Nilai Likelihood

<i>Level</i>	<i>Descriptor</i>	<i>Description</i>	<i>Final Consequences</i>
A	<i>Negligible</i>	Tidak pernah terdengar terjadi di industri ini	USD <10k
B	<i>Low</i>	Pernah terdengar terjadi di industri ini	USD 10k<100k
C	<i>Medium</i>	Pernah terjadi di unit pengolahan atau lebih dari satu kali per tahun di industri ini	USD 0.1M<1M
D	<i>High</i>	Pernah terjadi di RU IV atau lebih dari satu kali per tahun di unit pengolahan	USD 1M<10M

Tabel 3. 7 Nilai Severity

<i>LEVEL</i>		<i>Decision Issue</i>		
		<i>Economics</i>	<i>Safety</i>	<i>Environment</i>
<i>5</i>	<i>EXTREME</i>	<i>Extensive</i>	<i>Multiple</i>	<i>Massive</i>
<i>4</i>	<i>HIGH</i>	<i>Major damage</i>	<i>Single fatality</i>	<i>Major effect</i>
<i>3</i>	<i>MEDIUM</i>	<i>Local damage</i>	<i>Mojar injury</i>	<i>Local effect</i>
<i>2</i>	<i>LOW</i>	<i>Minor damage</i>	<i>Minor injury</i>	<i>Minor effect</i>
<i>1</i>	<i>NEGLIGIBLE</i>	<i>No damage</i>	<i>No injury</i>	<i>No effect</i>

Nilai *likelihood* didapatkan dengan mengestimasi hasil perhitungan *likelihood* dengan referensi perusahaan. Rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung nilai *likelihood* adalah sebagai berikut.

$$Likelihood = \frac{Time\ Interval}{MTTF} \quad (3.1)$$

Nilai *time interval* didapatkan dari waktu antara kegagalan pertama dan kegagalan terakhir. Data MTTF didapatkan dari hasil rata - rata TTF atau waktu kegagalan. Masing - masing data tersebut secara detail dijelaskan pada lampiran tentang data *maintenance*. Berikut merupakan hasil perhitungan nilai *likelihood* pada masing - masing *instrument* pengukuran.

Tabel 3. 8 Hasil Perhitungan *Likelihood*

<i>Instrument</i>	TI	MTTF	<i>Likelihood</i>
86-FT-201	93384	31128	3
86-TT-215	79464	39732	2
86-TT-202	79368	39684	2
86-PT-257	79392	39696	2
86-PT-256	79392	39696	2
86-PDT-254	79608	39804	2
86-FT-207A	81576	27192	3
86-FT-207B	79560	39780	2
86-FT-207C	79560	39780	2
86-FT-207D	79560	39780	2
86-LT-205	79536	39768	2
86-LT-203	79536	39768	2
86-PDT-233	79560	39780	2
86-PT-271	79536	39768	2
86-PT-269	79536	39768	2
86-PDT-267	79560	39780	2

Tahapan berikutnya adalah melakukan estimasi nilai *likelihood* hasil perhitungan terhadap nilai *likelihood* standar

perusahaan. Estimasi tersebut juga divalidasi dengan wawancara dengan salah satu *engineer* PT. Pertamina RU IV Cilacap.

Tabel 3. 9 Estimasi Nilai *Likelihood*

<i>Instrument</i>	<i>Likelihood</i>	Estimasi <i>Likelihood</i>
86-FT-201	3	C
86-TT-215	2	C
86-TT-202	2	C
86-PT-257	2	C
86-PT-256	2	C
86-PDT-254	2	B
86-FT-207A	3	D
86-FT-207B	2	C
86-FT-207C	2	D
86-FT-207D	2	C
86-LT-205	2	C
86-LT-203	2	C
86-PDT-233	2	B
86-PT-271	2	C
86-PT-269	2	C
86-PDT-267	2	C

Berikutnya adalah estimasi nilai *severity* dengan menggunakan HAZOP *Worksheet* yang telah dimiliki oleh perusahaan yang telah dilampirkan pada lampiran D. Beberapa nilai *severity* pada deviasi yang berbeda memiliki nilai yang berbeda pula sehingga nilai *severity* pada suatu *instrument* dibedakan menurut deviasinya. Berikut merupakan estimasi nilai *severity* yang tertera pada Tabel 3.10.

Tabel 3. 10 Estimasi Nilai *Severity*

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	Estimasi Severity
86-FT-201	<i>High Flow</i>	2
	<i>Low Flow</i>	2
86-TT-215	<i>High Temperature</i>	2
	<i>Low Temperature</i>	2
86-TT-202	<i>High Temperature</i>	2
86-PT-257	<i>High Pressure</i>	2
	<i>Low Pressure</i>	2
86-TT-202	<i>High Temperature</i>	2
86-PT-256	<i>High Pressure</i>	2
	<i>Low Pressure</i>	2
86-PDT-254	<i>Low Pressure</i>	2
86-FT-207A	<i>High Flow</i>	2
	<i>Low Flow</i>	3
86-FT-207B	<i>High Flow</i>	2
86-FT-207C	<i>High Flow</i>	2
	<i>Low Flow</i>	3
86-FT-207D	<i>High Flow</i>	2
	<i>Low Flow</i>	3
86-LT-205	<i>High Level</i>	2
	<i>Low Level</i>	2
86-LT-203	<i>High Level</i>	3
86-PDT-233	<i>High Pressure</i>	2
	<i>Low Pressure</i>	2
86-PT-271	<i>High Pressure</i>	2
	<i>Low Pressure</i>	2
86-PDT-233	<i>High Pressure</i>	2
	<i>Low Pressure</i>	2
86-PT-269	<i>High Pressure</i>	2
	<i>Low Pressure</i>	2
86-PDT-267	<i>High Pressure</i>	2

3.4.4 Penentuan Risk Ranking

Tahapan sebelum membuat HAZOP *worksheet* adalah menentukan nilai *risk ranking* dari setiap *guideword instrument*. *Risk ranking* diperoleh dengan cara seperti berikut.

$$\text{Risk Ranking} = \text{Likelihood} \times \text{Severity} \quad (3.2)$$

Hasil perkalian akan dimasukkan kedalam kriteria *risk matrix* standar perusahaan untuk menentukan kategori risiko termasuk kedalam *high*, *medium*, atau *low*. Berikut merupakan *risk matrix* referensi atau standar milik perusahaan.

Tabel 3. 11 Risk Ranking Matrix

Likelihood	Severity				
	1	2	3	4	5
	(Kecil)	(Minor)	(Moderate)	(Major)	(Massive)
D (High)	L	MH	H	E	E
C (Medium)	L	M	MH	H	E
B (Low)	N	L	M	MH	H
A (Negligible)	N	N	L	M	MH

Keterangan:

E = *Extreme Risk*

H = *High Risk*

MH = *Medium High Risk*

M = *Medium Risk*

L = *Low Risk*

N = *Negligible Risk*

Hasil *risk ranking* pada masing - masing *guideword instrument* tertera pada tabel sebagai berikut.

Tabel 3. 12 Penentuan *Risk Ranking*

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>
86-FT-201	<i>High Flow</i>	C	2	C2
	<i>Low Flow</i>	C	2	C2
86-TT-215	<i>High Temperature</i>	C	2	C2
	<i>Low Temperature</i>	C	2	C2
86-TT-202	<i>High Temperature</i>	C	2	C2
86-PT-257	<i>High Pressure</i>	C	2	C2
	<i>Low Pressure</i>	C	2	C2
86-TT-202	<i>High Temperature</i>	C	2	C2
86-PT-256	<i>High Pressure</i>	C	2	C2
	<i>Low Pressure</i>	C	2	C2
86-PDT-254	<i>Low Pressure</i>	B	2	B2
86-FT-207A	<i>High Flow</i>	D	2	D2
	<i>Low Flow</i>	D	3	D3
86-FT-207B	<i>High Flow</i>	C	2	C2
86-FT-207C	<i>High Flow</i>	D	2	D2
	<i>Low Flow</i>	D	3	D3
86-FT-207D	<i>High Flow</i>	C	2	C2
	<i>Low Flow</i>	C	3	C3
86-LT-205	<i>High Level</i>	C	2	C2
	<i>Low Level</i>	C	2	C2
86-LT-203	<i>High Level</i>	C	3	C3
86-PDT-233	<i>High Pressure</i>	B	2	B2
	<i>Low Pressure</i>	B	2	B2
86-PT-271	<i>High Pressure</i>	C	2	C2
	<i>Low Pressure</i>	C	2	C2
86-PDT-233	<i>High Pressure</i>	B	2	B2
	<i>Low Pressure</i>	B	2	B2
86-PT-269	<i>High Pressure</i>	C	2	C2
	<i>Low Pressure</i>	C	2	C2
86-PDT-267	<i>High Pressure</i>	C	2	C2

3.5 Perhitungan SIL Aktual *Furnace-Tatoray*

Perhitungan nilai SIL digunakan untuk membantu mengevaluasi sistem pengamanan (SIS) pada proses atau *plant*. Perhitungan nilai SIL aktual diperoleh dengan perhitungan menggunakan persamaan (2.7 – 2.14). Nilai SIL dapat diketahui dari perhitungan PFD_{avg} .

3.6 Perancangan SIS *Furnace-Tatoray*

Komposisi komponen dipengaruhi oleh konfigurasi SIS dan jenis teknologi yang digunakan. Konfigurasi SIS yang digunakan menggunakan acuan standar ISA-TR84.00.02-2002. Yang perlu diperhatikan adalah bagaimana cara untuk mendapatkan hasil rancangan yang paling optimal. Berikut merupakan macam - macam konfigurasi SIS beserta fraksi kegagalannya.

Tabel 3. 13 Fraksi Kegagalan [5]

MooN	Jumlah Komponen (N)	Fraksi Kegagalan (CMooN)
1oo1	1	0
1oo2	2	1
1oo3	3	0,3
2oo2	2	0
2oo3	3	2,4
2oo4	4	0,75
3oo3	3	0
3oo4	4	4
3oo5	5	1,2
4oo4	4	0
4oo5	5	6
4oo6	6	1,6
5oo5	5	0
5oo6	6	8,1
6oo6	6	0

Perancangan SIS menggunakan data sekunder yang meliputi data *sensing element*, *logic solver*, *final element*, serta biaya yang digunakan pada sistem. Jenis *sensing element* yang digunakan adalah *smart transmitter*, *conventional electronic transmitter*, dan *switch*. Jenis *logic solver* yang digunakan adalah *safety PLC*. Jenis

final element yang digunakan adalah *air operated*, *hydraulic operated*, dan *motor operated*. Rincian data yang digunakan dijelaskan pada tabel berikut.

Tabel 3. 14 Data *Level/Pressure/Flow Transmitter* [16]

<i>Level/Pressure/Flow Transmitter</i>			
Data	1	2	3
	<i>Smart Transmitter</i>	<i>Conventional Electronic Transmitter</i>	<i>Switch</i>
λ_{dd} (10-6/h)	0.048	0.97	0.41
λ_{sd} (10-6/h)	0.265	1.21	0.68
λ_{su} (10-6/h)	0.118	0.95	6.13
λ_t (10-6/h)	0.534	4.06	10.92
β_{dd}	0.1	0.1	0.1
β_{du}	0.1	0.1	0.1
β_{sd}	0.05	0.1	0.1
β_{su}	0.1	0.1	0.1
SFF (%)	80.7	77.09	66.12
<i>Type</i>	B	A	A
<i>Cpurchase</i> (\$)	4844	2306	500

Tabel 3. 15 Data *Temperature Transmitter* [16]

<i>Temperature Transmitter</i>			
Data	1	2	3
	<i>Smart Transmitter</i>	<i>Conventional Electronic Transmitter</i>	<i>Switch</i>
λ_{dd} (10-6/h)	0.026	1.57	0.76
λ_{du} (10-6/h)	0.322	1.88	6.84
λ_{sd} (10-6/h)	5.05	6.5	0.92
λ_{su} (10-6/h)	0.11	0.98	8.3
λ_t (10-6/h)	5.508	10.93	16.82
β_{dd}	0.1	0.1	0.1
β_{du}	0.1	0.1	0.1
β_{sd}	0.05	0.02	0.1
β_{su}	0.1	0.1	0.1
SFF (%)	94.15	82.79	59.33
<i>Type</i>	B	A	A
<i>Cpurchase</i> (\$)	2560	1406	500

Tabel 3. 16 Data *Final Element* [16]

<i>Final Element</i>			
Data	1	2	3
	<i>Air Operated</i>	<i>Hydraulic Operated</i>	<i>Motor Operated</i>
λ_{dd} (10-6/h)	0.84	1.09	0.79
λ_{du} (10-6/h)	2.51	4.35	7.11
λ_{sd} (10-6/h)	0	0	0
λ_{su} (10-6/h)	3.94	3.17	9.17
λ_t (10-6/h)	7.29	8.61	17.07
β_{dd}	0.1	0.1	0.1
β_{du}	0.1	0.1	0.1
β_{sd}	0.1	0.1	0.1
β_{su}	0.1	0.1	0.1
SFF (%)	65.57	49.48	58.35
<i>Type</i>	A	A	A
<i>Cpurchase</i> (\$)	6940	6400	6200

Tabel 3. 17 Data *Logic Solver* [16]

<i>Logic Solver</i>	
λ_{dd} (10-6/h)	0.026
λ_{du} (10-6/h)	0.006
λ_{sd} (10-6/h)	1.73
λ_{su} (10-6/h)	1.73
β_{dd}	0.1
β_{du}	0.1
β_{sd}	0.1
β_{su}	0.1
SFF (%)	99.83
<i>Type</i>	B
<i>Cpurchase</i> (\$)	40000

Tabel 3. 18 Data Pendukung *Life Cycle Cost* [16]

<i>Data Life Cycle</i>	<i>Unit</i>	Harga
Desain/install/commisioning PLC	\$	10320
<i>Repair PLC</i>	<i>\$/event</i>	8000
<i>Maintenance PLC</i>	<i>\$/event</i>	960
<i>Test PLC</i>	<i>\$/event</i>	240
<i>Design overall instrumentation</i>	\$	3060
<i>Installation/commisioning per instrument</i>	\$	600
<i>Maintenance per instrument</i>	<i>\$/event</i>	240
<i>Test per instrument</i>	<i>\$/event</i>	60
<i>Repair per instrument</i>	<i>\$/event</i>	480
<i>Start up cost</i>	\$	1800
<i>Catstrophic cost</i>	\$	150000000
<i>Discount rate</i>	-	0.05
<i>Cost shutdown</i>	\$	1000000

3.7 Optimisasi Perancangan SIS *Furnace-Tatoray*

Sebelum melakukan optimisasi, beberapa tahapan harus ditentukan terlebih dahulu. Tahapan proses optimisasi adalah menentukan fungsi tujuan optimisasi, menentukan variabel optimisasi, dan menentukan *properties* optimisasi. Berikut merupakan penjelasan lebih lanjut mengenai proses optimisasi.

a. Penentuan Fungsi Tujuan

Sesuai permasalahan yang diangkat pada tugas akhir kali ini maka fungsi tujuan optimisasi adalah *life cycle cost* yang *minimum*.

b. Penentuan Variabel Optimisasi

Variabel yang mempengaruhi *life cycle cost* adalah PFDavg, jenis teknologi, dan *vote* arsitektur.

c. Penentuan *Properties* Optimisasi

Properties yang dibutuhkan dalam optimisasi antara lain:

1. Jumlah populasi
Populasi menentukan jumlah kromosom yang terlibat dalam proses optimisasi. Jumlah populasi yang digunakan adalah 100.
2. Jumlah variabel yang dioptimisasi
Variabel yang mempengaruhi fungsi tujuan yakni PFDavg, jenis teknologi dan *vote* arsitektur, maka jumlah variabel yang dioptimisasi adalah 3.
3. Batas atas dan batas bawah optimisasi
Batas yang digunakan sebagai jangkauan untuk mengacak nilai variabel optimisasi agar memenuhi fungsi tujuan.
4. Iterasi
Iterasi menentukan jumlah perputaran proses optimisasi. Pada tugas akhir ini menggunakan iterasi 200.

3.8 Analisis Data Hasil Perancangan SIS *Furnace-Tatoray*

Analisis hasil perancangan SIS dilakukan untuk mengetahui sistem proteksi dan *safety* yang dirancang dapat berjalan optimal atau tidak pada *plant*, sehingga dari analisis tersebut dapat dilakukan rekomendasi ke perusahaan dari metode yang telah dilakukan.

3.9 Kesimpulan

Pengambilan kesimpulan merupakan tahap akhir dari metodologi. Analisis dari potensi bahaya dan hasil perancangan SIS yang telah dilakukan pada penelitian ini akan diambil kesimpulannya berdasarkan tujuan dilaksanakannya penelitian ini.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 HAZOP *Furnace Tatoray Unit*

Pengidentifikasi bahaya serta penentuan nilai pada *plant* dapat menggunakan berbagai macam metode, salah satunya yang digunakan pada tugas akhir ini adalah metode HAZOP. Identifikasi bahaya meliputi penentuan *node*, pendefinisian sebab - akibat yang ditimbulkan, *instrument* yang digunakan, penentuan tingkat risiko, dan rekomendasi aksi pengamanan. Pada *Furnace Tatoray Unit* yang terdiri dari *furnace* 86-F-201 dan 86-F-202 terdapat 8 *node* seperti pada Tabel 3.1. Berikut merupakan evaluasi dan pendefinisian bahaya pada masing - masing *instrument* yang ada pada tiap *node*.

4.1.1 *Node 1*

Node 1 merupakan *node* dimana proses *feed* yang masuk pada unit ini yaitu *toluene* beserta campurannya atau metil *benzene* akan masuk ke *Aromatic Feed Surge Drum* (86-V-201) dan melewati beberapa *equipment* lain seperti *inlet line product separator* (86-V-202) dan menuju *line stripper column feed bottom exchanger* (86-E-204) yang melalui pompa 86-P-201, *exchanger* 86-E-201, 86-E-202, dan 86-E-203 lalu *feed* masuk ke *furnace* 201 setelah itu menuju *reactor* (86-R-201) dalam bentuk *benzene* dan *mix-xylene* (*Aromatic Feed Surge Drum* 86-V-201 to *inlet line product separator* 86-V-202 and to *line stripper column feed bottom exchanger* 86-E-204 through 86-P-201 A/B, 86-E-201, 86-E-202, 86-E-203, 86-F-201, 86-R-201). *Node* ini merupakan salah satu tinjauan *inlet* dari *furnace* 201. Pada *node* ini dikendalikan laju aliran serta *temperature feed* agar tidak melebihi batas yang diizinkan yaitu dengan menggunakan 86-FT-201 dan 86-TT-215. *Flow* dan *temperature* dikendalikan salah satunya agar meminimalisir terjadinya deviasi yang menimbulkan *over duty* pada *furnace* 201 atau kerusakan pada pompa. Berikut merupakan tabel HAZOP dari *node* 1.

Tabel 4. 1 HAZOP Worksheet Node 1

<i>Instrument</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>
<i>86-FT-201</i>	<i>High Flow</i>	<i>86FV-201 stuck open</i>	<i>1. Low level at 86V-201 lead to 86P-201 A/B cavitation</i>	<i>C</i>	<i>2</i>	<i>C2</i>
			<i>2. Low temperature at inlet 86F-201 lead to over duty 86F-201</i>	<i>C</i>	<i>2</i>	<i>C2</i>
			<i>3. Low H2/HC ratio lead to poor reaction and coke formation at 86R-201 resulting decrease life time catalyst</i>	<i>C</i>	<i>2</i>	<i>C2</i>
	<i>Low Flow</i>	<i>86-FV-201 open less than required</i>	<i>1. Potential high level at 86-V-201 lead to potential high pressure resulting in hydrocarbon carry over to KO Drum Flare</i>	<i>C</i>	<i>2</i>	<i>C2</i>
			<i>2. Potential Loss product C6A, C7A+</i>	<i>C</i>	<i>2</i>	<i>C2</i>
			<i>3. Potential high temperature at 86P-201 A/B lead to pump damage</i>	<i>C</i>	<i>2</i>	<i>C2</i>
<i>86-TT-215</i>	<i>High Temperature</i>	<i>86TV-215 open less than required</i>	<i>1. High COT at 86F-201 resulting increase coke formation at 86R-201</i>	<i>C</i>	<i>2</i>	<i>C2</i>
	<i>Low Temperature</i>	<i>86TV-215 malfunction full open</i>	<i>1. Potential over duty at 86F-201</i>	<i>C</i>	<i>2</i>	<i>C2</i>

4.1.2 Node 2

Node 2 merupakan node yang meninjau salah satu inlet dari furnace 201 yaitu Fuel Gas System dari F201 (Fuel Gas Header to

86F201). *Fuel gas system* ini mengatur masukan bahan bakar gas untuk *furnace* 201 dan dalam hal ini yang perlu dikendalikan adalah *temperature* dan *pressure* bahan bakar yang masuk. *Temperature* dikendalikan oleh 86-TT-202 dan *pressure* dikendalikan oleh 86-PT-257. Pengendalian ini dilakukan agar meminimalisir terjadinya deviasi yang menimbulkan terjadinya proses reaksi yang buruk pada *reactor* dan berlebihnya konsumsi bahan bakar minyak pada *furnace* 201 yang mana dapat mempengaruhi biaya produksi dari perusahaan. Semakin banyak bahan bakar minyak yang terpakai maka perusahaan akan mengeluarkan dana yang lebih besar. Tabel HAZOP dari *node* 2 dapat dilihat pada Tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4. 2 HAZOP Worksheet Node 2

<i>Instrument</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	L	S	RR
86-TT-202	<i>High Temperature</i>	<i>Steam trace open</i>	<i>1. Potential increase COT 86-F-201</i>	C	2	C2
86-PT-256	<i>High Pressure</i>	<i>86PV-256 stuck open</i>	<i>1. Potential high pressure fuel oil to burner 86F-201 lead to increase COT 86F-201 resulting in increase coke formation at 86R-201 and potential tube burst at 86F-201</i>	C	2	C2
	<i>Low Pressure</i>	<i>86PV-256 open less than required</i>	<i>1. Potential decrease COT 86F-201 lead to poor reaction at 86R-201</i>	C	2	C2
			<i>2. Potential increase fuel gas consumption at 86F-201</i>	C	2	C2

4.1.3 Node 3

Pada *node 3* juga meninjau *inlet* atau masukan pada *furnace 201* yaitu *Fuel Oil System* pada F201 (*Fuel Oil Header to F201*). *Fuel oil system* ini mengatur dan mengendalikan masuknya bahan bakar minyak pada *furnace 201*. Pada *node* ini yang dikendalikan sama seperti halnya *fuel gas system* yaitu *temperature* dan *pressure* yang dikendalikan oleh 86-TT-202 dan 86-PT-256. Pengendalian ini dimaksudkan agar meminimalisir terjadinya deviasi yang menimbulkan hal yang tidak diinginkan oleh perusahaan salah satunya yaitu bahaya meledaknya *tube* pada F201 jika *pressure* terlalu tinggi dan meningkatnya konsumsi bahan bakar gas jika *pressure* terlalu rendah sehingga mempengaruhi biaya produksi perusahaan. Berikut merupakan tabel HAZOP pada *node 3*.

Tabel 4. 3 HAZOP Worksheet Node 3

<i>Instrument</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	L	S	RR
86-TT-202	High Temperature	Steam trace open	1. Potential increase COT 86-F-201	C	2	C2
86-PT-257	High Pressure	86PV-257 failed close	1. Higher fuel gas pressure resulting in potential fire/explosion leading to injury/fatality	C	2	C2
	Low Pressure	886PV-257 open less than required	1. Potential decrease COT 86F-201 lead to poor reaction at 86R-201 2. Potential increase fuel oil consumption	C	2	C2

4.1.4 Node 4

Sama seperti halnya *node 2* dan *3*, pada *node 4* ini juga meninjau *inlet* dari *furnace 201* yaitu *MP Steam for Atomizing F201* yang fungsinya yaitu menambahkan bantuan *steam* pada *inlet* bahan bakar F201 agar *temperature* tetap terjaga sehingga dapat mengurangi konsumsi bahan bakar gas dan minyak agar lebih efisien. Pada *node* ini yang dikendalikan yaitu *pressure* menggunakan *pressure differential transmitter* yaitu 86-PDT-254.

Pada observasi yang dilakukan dengan data proses pada *node* ini didapatkan hasil deviasi yang paling memungkinkan terjadi yaitu rendahnya *pressure* yang akan berakibat tidak amannya kondisi *furnace* 201 yang ditandai dengan *oil dripping* sehingga dapat menimbulkan terjadinya percikan api. Berikut merupakan tabel HAZOP *node* 4.

Tabel 4. 4 HAZOP Worksheet Node 4

<i>Instrument</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	L	S	RR
86-PDT-254	Low Pressure	86PDV-254 open less than required	1. Potential poor atomizing at 86F-201 lead to incomplete combustion resulting in unsafe furnace condition (oil dripping lead to potential flash at 86F-201)	B	2	B2

4.1.5 Node 5

Pada *node* 5 yang ditinjau bukan *inlet furnace* 201 melainkan *furnace* 202. Pada *node* ini dilihat dari *line product separator* 86-V-202 menuju *inlet tatoray benzene column* 86-C-202 yang melewati *exchanger* 86-E-204, *stripper column* 86-C-201, *furnace* 202, dan pompa 86-P-202 (*Product separator* 86-V-202 to *inlet tatoray benzene column* 86-C-202 through 86-E-204, 86-C-201, 86-F-202, 86-P-202 A/B). *Node* ini terdapat 4 masukan *feed* yang dioperasikan secara bersama - sama menuju *furnace* 202 sehingga terdapat 4 pengendalian laju aliran yaitu 86-FT-207A, 86-FT-207B, 86-FT-207C, dan 86-FT-207D. Pengendalian laju aliran dimaksudkan agar meminimalisir terjadinya deviasi yang dapat menimbulkan bahaya seperti *tube* yang meledak akibat *flow* yang terlalu rendah atau meningkatnya konsumsi bahan bakar akibat *flow* yang tinggi. Selain laju aliran terdapat 2 pengendalian *level* pada *node* ini yaitu 86-LT-205 dan 86-LT-203. Pengendalian *level* ini dilakukan agar meminimalisir terjadinya deviasi yang dapat mengakibatkan terjadinya *carry over* pada *overhead product separator* maupun *stripper column*. Berikut tabel HAZOP *node* 5.

Tabel 4. 5 HAZOP Worksheet Node 5

<i>Instrument</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>
86-FT-207A	<i>High Flow</i>	86FV-207A fail open	1. Decrease COT at 86F-202 lead to higher fuel consumption	D	2	D2
	<i>Low Flow</i>	86FV-207A open less than required	1. Potential tube burst at line pass A 86F-202	D	3	D3
86-FT-207B	<i>High Flow</i>	86FV-207B fail open	1. Decrease COT at 86F-202 lead to higher fuel consumption	C	2	C2
86-FT-207C	<i>High Flow</i>	86FV-207C fail open	1. Decrease COT at 86F-202 lead to higher fuel consumption	D	2	D2
	<i>Low Flow</i>	86FV-207C open less than required	1. Potential tube burst at line pass C 86F-202	D	3	D3
86-FT-207D	<i>High Flow</i>	86FV-207D fail open	1. Decrease COT at 86F-202 lead to higher fuel consumption	C	2	C2
	<i>Low Flow</i>	86FV-207D open less than required	1. Potential tube burst at line pass D 86F-202	C	3	C3
86-LT-205	<i>High Level</i>	86LV-205 fail close	1. High level stripper column 86C-201 lead to poor separation resulting in benzene carry over to overhead product stripper column 86C-201	C	2	C2

Tabel 4. 6 HAZOP Worksheet Node 5 (Lanjutan)

<i>Instrument</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>
		<i>86LV-205 open less than required</i>	<i>1. Potential high level stripper column 86C-201 lead to poor separation resulting in benzene carry over to overhead product stripper column 86C-201</i>	C	2	C2
		<i>86LV-205 stuck open</i>	<i>1. High level at Tatoray Benzene Column 86C-202 lead to bottom product carry over to overhead Tatoray Benzene Column 86C-202</i>	C	2	C2
	<i>Low Level</i>	<i>86LV-205 fail close</i>	<i>1. Low level at 86C-202 lead to cavitation at 86P-205 and loss product C6A+</i>	C	2	C2
		<i>86LV-205 open less than required</i>	<i>1. Potential low level at 86C-202 lead to cavitation at 86P-205 and loss product C6A+</i>	C	2	C2
		<i>86LV-205 stuck open</i>	<i>1. Low level stripper column 86C-201 lead to cavitation at 86P-202 A/B</i>	C	2	C2
	<i>86-LT-203</i>	<i>High Level</i>	<i>86LV-203 fail close</i>	<i>1. High level at 86V-202 lead to hydrocarbon carryover to overhead product separator (86V-202)</i>	C	3
<i>86LV-203 open less than required</i>			<i>1. Potential high level at 86V-202 lead to hydrocarbon carryover to overhead product separator (86V-202)</i>	C	3	C3

4.1.6 Node 6

Pada *node* ini ditinjau masukan atau *inlet* bahan bakar dari *furnace* 202 yaitu *Fuel Gas System* F202 (*Fuel Gas Header to F202*). Pada sistem bahan bakar gas ini yang dikendalikan hanyalah *pressure*. Pengendalian *pressure* ini dilakukan agar meminimalisir terjadinya deviasi yang mengakibatkan *carry over overhead product* ke *bottom product stripper column* dan meningkatnya konsumsi bahan bakar minyak.

Tabel 4. 6 HAZOP Worksheet Node 6

<i>Instrument</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	L	S	RR
86-PDT-233	<i>High Pressure</i>	<i>Strainer line pilot burner 86-F202 unplugged</i>	<i>1. Potential pilot burner light off leading to unsafe condition furnace 86-F-202</i>	B	2	B2
	<i>Low Pressure</i>	<i>Strainer line pilot burner 86-F202 plugged</i>	<i>1. Potential pilot burner light off leading to unsafe condition furnace 86-F-202</i>	B	2	B2
86-PT-271	<i>High Pressure</i>	<i>86PV-271 failed close</i>	<i>1. Higher fuel gas pressure resulting in potential fire/explosion leading to injury/fatality</i>	C	2	C2
	<i>Low Pressure</i>	<i>86PV-271 open less than required</i>	<i>1. Potential decrease COT 86F-202 lead to poor separation at 86C-201 resulting in overhead product carry over to bottom product</i>	C	2	C2
			<i>2. Potential increase fuel oil consumption</i>	C	2	C2

4.1.7 Node 7

Tabel HAZOP *Worksheet* dari *node 7* dapat diamati, yaitu sebagai berikut.

Tabel 4. 7 HAZOP *Worksheet Node 7*

<i>Instrument</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>
86-PDT-233	<i>High Pressure</i>	<i>Strainer line pilot burner 86-F202 unplugged</i>	<i>1. Potential pilot burner light off leading to unsafe condition furnace 86-F-202</i>	B	2	B2
	<i>Low Pressure</i>	<i>Strainer line pilot burner 86-F202 plugged</i>	<i>1. Potential pilot burner light off leading to unsafe condition furnace 86-F-202</i>	B	2	B2
86-PT-269	<i>High Pressure</i>	<i>86PV-269 stuck open</i>	<i>1. Potential high pressure fuel oil to burner 86F-202 lead to increase COT 86F-202 resulting in poor separation at 86C-202 and potential tube burst at 86F-202</i>	C	2	C2
	<i>Low Pressure</i>	<i>86PV-269 open less than required</i>	<i>1. Potential decrease COT 86F-202 lead to poor separation at 86C-201 resulting in overhead product carry over to bottom product</i>	C	2	C2
			<i>2. Potential increase fuel gas consumption at 86F-202</i>	C	2	C2

Pada *node 7* meninjau inlet bahan bakar *furnace 202* yaitu *Fuel Oil System F202 (Fuel Oil Header to F202)*. Pengendalian *pressure* dilakukan agar meminimalisir terjadinya proses

separation pada kolom yang buruk dan potensi meledaknya *tube* pada F202 saat *pressure* terlalu tinggi. Sedangkan pada saat *pressure* terlalu rendah dapat mengakibatkan *carry over overhead product* kepada *bottom product* dan meningkatnya konsumsi bahan bakar gas.

4.1.8 Node 8

Pada *node* ini juga meninjau *inlet* bahan bakar dari *furnace* 202 yaitu *MP Steam for Atomizing* F202 yang fungsinya hampir sama dengan yang ada pada *node* 4 namun berbeda *equipment*. Pada *node* ini juga hanya terdapat 1 pengendalian saja yaitu *pressure* dengan menggunakan 86-PDT-267. Pada *instrument* ini telah ditinjau dari data prosesnya bahwa yang paling memungkinkan untuk terjadi yaitu deviasi *pressure* yang terlalu tinggi. Deviasi ini dapat mengakibatkan buruknya proses *separation* yang dilakukan pada *stripper column* 86-C-201. Berikut merupakan tabel HAZOP *node* 8.

Tabel 4. 8 HAZOP Worksheet Node 8

<i>Instrument</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	L	S	RR
86-PDT-267	High Pressure	86PDV-267 stuck open	1. Potential flame off at 86F-202 lead to decrease COT resulting in poor separation at 86C-201	C	2	C2

4.2 Nilai SIL Aktual

Perhitungan SIL ini diperoleh dari perhitungan PFDavg. Nilai PFDavg pada masing - masing *section* dalam menentukan kriteria nilai SIL berdasarkan keadaan *low demand mode*. Berikut merupakan perhitungan PFDavg aktual pada *plant furnace* F201.

Tabel 4. 9 Perhitungan PFD SIS *Inlet Furnace* F201 86-FSLL 202A

No.	Instrument	MooN	MTTF	Lambda (λ)	PFD	PFD total	SIL
1	86-FSLL-202A	1001	39708	2.51838E-05	0.027199	0.139307	0
2	86-FT-202A	1001	39708	2.51838E-05	0.027199		
3	86-UV-202	1001	35376	2.82678E-05	0.030529		
4	86-UV-201A	1001	39720	2.51762E-05	0.02719		
5	86-UV-201B	1001	39720	2.51762E-05	0.02719		

Berdasarkan Tabel 4.9 diperoleh hasil perhitungan SIL aktual untuk *inlet furnace* 201 pada 86-FSLL-202A yaitu dengan PFD total 0.139307 sehingga memiliki nilai SIL 0.

Tabel 4. 10 Perhitungan PFD SIS *Inlet Furnace* F201 86-FSLL-202B

No.	Instrument	MooN	MTTF	Lambda (λ)	PFD	PFD total	SIL
1	86-FSLL-202B	1001	39708	2.51838E-05	0.02719855	0.13930694	0
2	86-FT-202B	1001	39708	2.51838E-05	0.02719855		
3	86-UV-202	1001	35376	2.82678E-05	0.03052917		
4	86-UV-201A	1001	39720	2.51762E-05	0.02719033		
5	86-UV-201B	1001	39720	2.51762E-05	0.02719033		

Tabel 4.10 diperoleh hasil perhitungan SIL aktual untuk *inlet furnace* 201 pada 86-FSLL-202B yaitu dengan PFD total 0.139306 sehingga memiliki nilai SIL 0.

Tabel 4. 11 Perhitungan PFD SIS *Fuel Gas System Furnace* F201 86-PT-257 *Low Alarm*

No.	Instrument	MooN	MTTF	Lambda (λ)	PFD	PFD total	SIL
1	86-PT-257	1001	39696	2.51915E-05	0.027207	0.110473	0
2	86-PIC-257	-	0	0.00000624	0.006739		
3	86-PV-257	1001	25368	3.94197E-05	0.042573		
4	86-TT-202	1001	39684	2.51991E-05	0.027215		
5	86-TIC-202	-	0	0.00000624	0.006739		

Merujuk pada Tabel 4.11 diperoleh hasil perhitungan SIL aktual untuk *fuel gas system furnace* 201 *low alarm pressure* yaitu dengan PFD total 0.1104 sehingga memiliki nilai SIL 0.

Tabel 4. 12 Perhitungan PFD SIS *Fuel Gas System Furnace* F201

86-PT-257 High Alarm

No.	Instrument	MooN	MTTF	Lambda (λ)	PFD	PFD total	SIL
1	86-PT-257	1ool	39696	2.51915E-05	0.02720677	0.11047349	0
2	86-PIC-257	-	0	0.00000624	0.0067392		
3	86-PV-257	1ool	25368	3.94197E-05	0.04257332		
4	86-TT-202	1ool	39684	2.51991E-05	0.027215		
5	86-TIC-202	-	0	0.00000624	0.0067392		

Melalui Tabel 4.12 maka diperoleh hasil perhitungan SIL aktual untuk *fuel gas system furnace 201 high alarm pressure* yaitu dengan PFD total 0.1104 sehingga memiliki nilai SIL 0.

Tabel 4. 13 Perhitungan PFD SIS *Fuel Oil System Furnace F201*
86-PT-256

No.	Instrument	MooN	MTTF	Lambda (λ)	PFD	PFD total	SIL
1	86-PT-256	1ool	39696	2.51915E-05	0.027207	0.1058	0
2	86-PIC-256	-	0	0.00000624	0.006739		
3	86-PV-256	1ool	28496	3.50926E-05	0.0379		
4	86-TT-202	1ool	39684	2.51991E-05	0.027215		
5	86-TIC-202	-	0	0.00000624	0.006739		

Sebagaimana tercantum pada Tabel 4.13 diperoleh hasil perhitungan SIL aktual untuk *fuel oil system furnace 201* yaitu dengan PFD total 0.1058 sehingga memiliki nilai SIL 0.

Tabel 4. 14 Perhitungan PFD SIS *MP Steam System Furnace F201*
86-PSLL-252

No.	Instrument	MooN	MTTF	Lambda (λ)	PFD	PFD total	SIL
1	86-PSLL-252	1ool	39804	2.51231E-05	0.027133	0.108647	0
2	86-PT-252	1ool	39804	2.51231E-05	0.027133		
3	86-UV-201A	1ool	39720	2.51762E-05	0.02719		
4	86-UV-201B	1ool	39720	2.51762E-05	0.02719		

Menurut Tabel 4.14 diperoleh hasil perhitungan SIL aktual untuk *MP steam system furnace 201* pada 86-PSLL-252 yaitu dengan PFD total 0.1086 sehingga memiliki nilai SIL 0.

Tabel 4. 15 Perhitungan PFD SIS *MP Steam System Furnace F201* 86-PSL-252

No.	Instrument	MooN	MTTF	Lambda (λ)	PFD	PFD total	SIL
1	86-PSL-252	1001	39804	2.51231E-05	0.02713295	0.10864657	0
2	86-PT-252	1001	39804	2.51231E-05	0.02713295		
3	86-UV-201A	1001	39720	2.51762E-05	0.02719033		
4	86-UV-201B	1001	39720	2.51762E-05	0.02719033		

Dapat diamati pada Tabel 4.15 diperoleh hasil perhitungan SIL aktual untuk *MP steam system furnace* 201 pada 86-PSL-252 yaitu dengan PFD total 0.1086 sehingga memiliki nilai SIL 0.

Sesuai dengan tabel – tabel di atas, nilai PFD dapat dirata – rata sehingga menghasilkan nilai sebesar 0.1175 maka diketahui bahwa *furnace* 201 memiliki nilai SIL sebesar 0. Selanjutnya merupakan perhitungan nilai SIL untuk *furnace* 202 yaitu pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4. 16 Perhitungan PFD SIS *Inlet Furnace F202* 86-FSLL-207A

No.	Instrument	MooN	MTTF	Lambda (λ)	PFD	PFD total	SIL
1	86-FSLL-207A	1001	39780	2.51383E-05	0.027149321	0.15835102	0
2	86-FT-207A	1001	27192	3.67755E-05	0.039717564		
3	86-UV-205	1001	35376	2.82678E-05	0.030529172		
4	86-UV-204A	1001	35436	2.82199E-05	0.030477481		
5	86-UV-204B	1001	35436	2.82199E-05	0.030477481		

Berdasarkan Tabel 4.16 diperoleh hasil perhitungan SIL aktual untuk *inlet furnace* 202 pada 86-FSLL-207A yaitu dengan PFD total 0.15835 sehingga memiliki nilai SIL 0.

Tabel 4. 17 Perhitungan PFD SIS *Inlet Furnace F202* 86-FSL-207A

No.	Instrument	MooN	MTTF	Lambda (λ)	PFD	PFD total	SIL
1	86-FSL-207A	1001	39780	2.51383E-05	0.027149321	0.10413526	0
2	86-FIC-207A	-	0	0.00000624	0.0067392		
3	86-FT-207A	1001	27192	3.67755E-05	0.039717564		
4	86-FV-207A	1001	35376	2.82678E-05	0.030529172		

Seperti pada Tabel 4.17 diperoleh hasil perhitungan SIL aktual untuk *inlet furnace* 202 pada 86-FSL-207A yaitu dengan PFD total 0.1041 sehingga memiliki nilai SIL 0. Selanjutnya untuk perhitungan PFD SIS *Inlet Furnace* F202 86-FSL-207B yaitu sebagai berikut.

Tabel 4. 18 Perhitungan PFD SIS *Inlet Furnace* F202 86-FSL-207B

No.	Instrument	MooN	MTTF	Lambda (λ)	PFD	PFD total	SIL
1	86-FSL-207B	1001	39780	2.51383E-05	0.027149	0.091526	1
2	86-FIC-207B	-	0	0.00000624	0.006739		
3	86-FT-207B	1001	39780	2.51383E-05	0.027149		
4	86-FV-207B	1001	35424	2.82294E-05	0.030488		

Melalui Tabel 4.18 maka diperoleh hasil perhitungan SIL aktual untuk *inlet furnace* 202 pada 86-FSL-207B yaitu dengan PFD total 0.09152 sehingga memiliki nilai SIL 1.

Tabel 4. 19 Perhitungan PFD SIS *Inlet Furnace* F202 86-FSLL-207C

No.	Instrument	MooN	MTTF	Lambda (λ)	PFD	PFD total	SIL
1	86-FSLL-207C	1001	39780	2.51383E-05	0.027149321	0.15252198	0
2	86-FIC-207C	-	0	0.00000624	0.0067392		
3	86-FT-207C	1001	39780	2.51383E-05	0.027149321		
4	86-UV-205	1001	35376	2.82678E-05	0.030529172		
5	86-UV-204A	1001	35436	2.82199E-05	0.030477481		
6	86-UV-204B	1001	35436	2.82199E-05	0.030477481		

Ditinjau dari Tabel 4.19 diketahui hasil perhitungan SIL aktual untuk *inlet furnace* 202 pada 86-FSLL-207C yaitu dengan PFD total 0.15252 sehingga memiliki nilai SIL 0.

Tabel 4. 20 Perhitungan PFD SIS *Inlet Furnace* F202 86-FSL-207C

No.	Instrument	MooN	MTTF	Lambda (λ)	PFD	PFD total	SIL
1	86-FSL-207C	1001	39780	2.51383E-05	0.027149321	0.09152565	1
2	86-FIC-207C	-	0	0.00000624	0.0067392		
3	86-FT-207C	1001	39780	2.51383E-05	0.027149321		
4	86-FV-207C	1001	35424	2.82294E-05	0.030487805		

Menurut Tabel 4.20 diperoleh hasil perhitungan SIL aktual untuk *inlet furnace* 202 pada 86-FSL-207C yaitu dengan PFD total 0.09152 sehingga memiliki nilai SIL 1.

Tabel 4. 21 Perhitungan PFD SIS *Inlet Furnace* F202 86-FSL-207D

No.	Instrument	MooN	MTTF	Lambda (λ)	PFD	PFD total	SIL
1	86-FSL-207D	1001	39780	2.51383E-05	0.027149	0.091526	1
2	86-FIC-207D	-	0	0.00000624	0.006739		
3	86-FT-207D	1001	39780	2.51383E-05	0.027149		
4	86-FV-207D	1001	35424	2.82294E-05	0.030488		

Tampak pada Tabel 4.21 yaitu hasil perhitungan SIL aktual untuk *inlet furnace* 202 pada 86-FSL-207D yaitu dengan PFD total 0.091526 sehingga memiliki nilai SIL 1.

Tabel 4. 22 Perhitungan PFD SIS *Fuel Gas System Furnace* F202 86-PT-271 *Low Alarm*

No.	Instrument	MooN	MTTF	Lambda (λ)	PFD	PFD total	SIL
1	86-PT-271	1001	39768	2.51458E-05	0.027157514	0.09831441	1
2	86-PIC-271	-	0	0.00000624	0.0067392		
3	86-PV-271	1001	35376	2.82678E-05	0.030529172		
4	86-PDT-233	1001	39780	2.51383E-05	0.027149321		
5	86-PDIC-233	-	0	0.00000624	0.0067392		

Merujuk pada Tabel 4.22 diketahui hasil perhitungan SIL aktual untuk *fuel gas system furnace 202 low alarm pressure* yaitu dengan PFD total 0.09831 sehingga memiliki nilai SIL 1.

Tabel 4. 23 Perhitungan PFD SIS *Fuel Gas System Furnace F202 86-PT-271 High Alarm*

No.	Instrument	MooN	MTTF	Lambda (λ)	PFD	PFD total	SIL
1	86-PT-271	1001	39768	2.51458E-05	0.027158	0.098314	1
2	86-PIC-271	-	0	0.00000624	0.006739		
3	86-PV-271	1001	35376	2.82678E-05	0.030529		
4	86-PDT-233	1001	39780	2.51383E-05	0.027149		
5	86-PDIC-233	-	0	0.00000624	0.006739		

Berdasarkan Tabel 4.23 diperoleh hasil perhitungan SIL aktual untuk *fuel gas system furnace 202 high alarm pressure* yaitu dengan PFD total 0.09831 sehingga memiliki nilai SIL 1.

Tabel 4. 24 Perhitungan PFD SIS *Fuel Oil System Furnace F202 86-PT-269*

No.	Instrument	MooN	MTTF	Lambda (λ)	PFD	PFD total	SIL
1	86-PT-269	1001	39768	2.51458E-05	0.027157514	0.09831441	1
2	86-PIC-269	-	0	0.00000624	0.0067392		
3	86-PV-269	1001	35376	2.82678E-05	0.030529172		
4	86-PDT-233	1001	39780	2.51383E-05	0.027149321		
5	86-PDIC-233	-	0	0.00000624	0.0067392		

Sesuai dengan Tabel 4.24 diperoleh hasil perhitungan SIL aktual untuk *fuel oil system furnace 202* yaitu dengan PFD total 0.09831 sehingga memiliki nilai SIL 1.

Tabel 4. 25 Perhitungan PFD SIS *MP Steam System Furnace F202 86-PSLL-265*

No.	Instrument	MooN	MTTF	Lambda (λ)	PFDF	PFDF total	SIL
1	86-PSLL-265	1001	39780	2.51383E-05	0.027149321	0.1152536	0
2	86-PT-265	1001	39780	2.51383E-05	0.027149321		
3	86-UV-204A	1001	35436	2.82199E-05	0.030477481		
4	86-UV-204B	1001	35436	2.82199E-05	0.030477481		

Pada Tabel 4.25 diperoleh hasil perhitungan SIL aktual untuk *MP steam system furnace 202* pada 86-PSLL-265 yaitu dengan PFD total 0.1152 sehingga memiliki nilai SIL 0.

Tabel 4. 26 Perhitungan PFD SIS *MP Steam System Furnace F202*
86-PSL-265

No.	Instrument	MooN	MTTF	Lambda (λ)	PFDF	PFDF total	SIL
1	86-PSL-265	1001	39780	2.51383E-05	0.027149	0.115254	0
2	86-PT-265	1001	39780	2.51383E-05	0.027149		
3	86-UV-204A	1001	35436	2.82199E-05	0.030477		
4	86-UV-204B	1001	35436	2.82199E-05	0.030477		

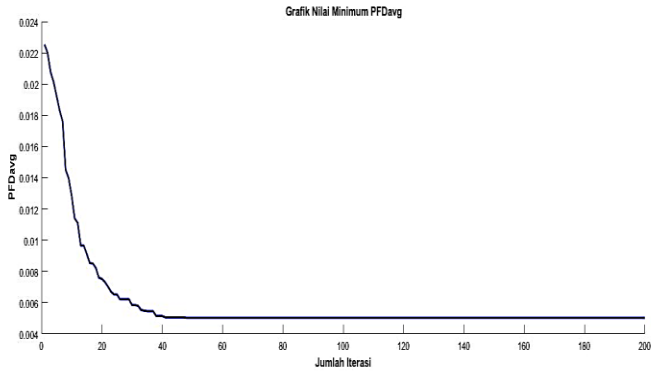
Terlihat pada Tabel 4.26 diperoleh hasil perhitungan SIL aktual untuk *MP steam system furnace 202* pada 86-PSLL-265 yaitu dengan PFD total 0.1152 sehingga memiliki nilai SIL 0.

Berdasarkan tabel – tabel di atas, dapat diketahui bahwa terdapat 2 (dua) nilai SIL yaitu SIL 0 dan SIL 1. Setelah nilai PFD dirata – rata hasilnya yaitu sebesar 0.1104 sehingga *furnace 202* memiliki nilai SIL sebesar 0. Nilai *time interval* dan MTTF didapatkan dari data *maintenance* perusahaan. Pada *furnace 201* dan *furnace 202* memiliki nilai SIL 0, dengan demikian pada *furnace 201* dan *furnace 202* berpotensi mengalami kegagalan kurang dari sekali dalam 10 tahun.

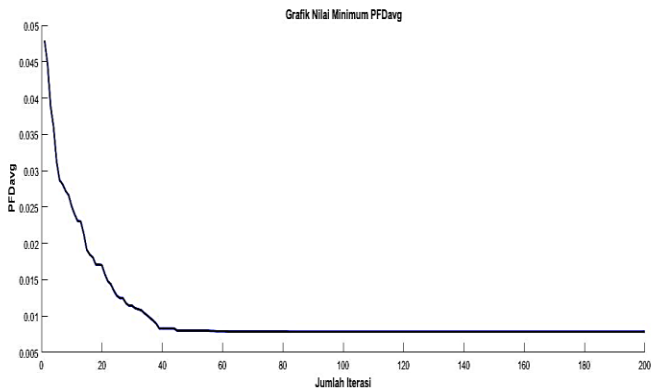
4.3 Analisis Hasil Optimisasi SIL dan LCC Rancangan

Optimisasi dilakukan untuk mengetahui nilai PFDavg dan LCC rancangan yang paling *minimum*. Dalam hal ini fungsi objektif yang digunakan yaitu LCC sedangkan PFDavg merupakan salah satu variabel yang mempengaruhi fungsi tujuan atau objektif

namun nilai rancangan PFD ini harus dirancang agar memenuhi target SIL dari perusahaan yaitu SIL 2. Pada *furnace* 201 dan *furnace* 202 memiliki nilai optimisasi PFDavg dan LCC yang berbeda. Berikut merupakan hasil *plot* grafik optimisasi PFDavg pada masing - masing *furnace* dengan jumlah populasi 100 dan iterasi 200.



Gambar 4. 1 Optimisasi PFDavg Rancangan 86-F-201

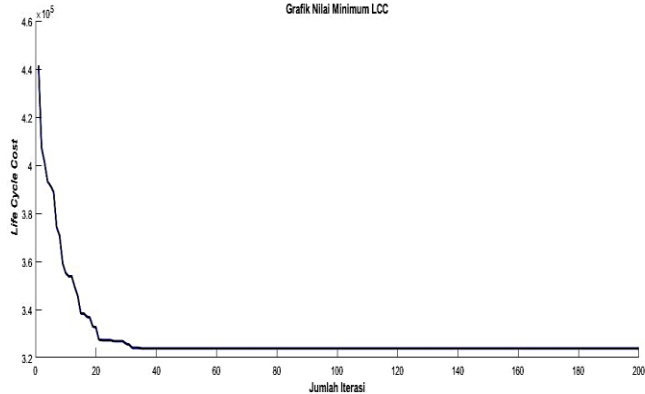


Gambar 4. 2 Optimisasi PFDavg Rancangan 86-F-202

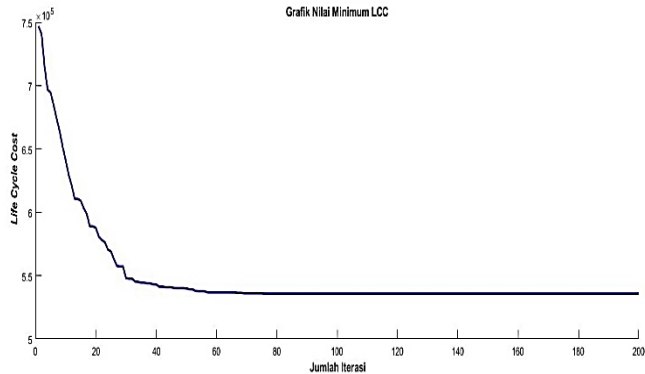
Dari Gambar 4.1 diperoleh hasil rancangan nilai PFDavg *minimum* untuk *furnace* 201 sebesar 0.005. Sedangkan hasil rancangan nilai PFDavg pada Gambar 4.2 *furnace* 202 sebesar

0,0078. Dengan menggunakan kriteria nilai SIL berdasarkan keadaan *low demand mode* maka pada *furnace 201* dan *furnace 202* memiliki nilai SIL 2.

Kemudian dilakukan optimisasi nilai LCC yang diperoleh grafik seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4. 3 Optimisasi LCC Rancangan 86-F-201



Gambar 4. 4 Optimisasi LCC Rancangan 86-F-202

Berdasarkan Gambar 4.3 diperoleh hasil LCC *minimum furnace 201* sebesar USD 323800 sedangkan pada Gambar 4.4 nilai LCC *furnace 202* sebesar USD 535700. Tidak hanya

dipengaruhi oleh PFDavg, nilai LCC juga dipengaruhi oleh keragaman jenis teknologi dan *vote* arsitektur SIS. Dari hasil optimasi diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 4. 27 Hasil Keragaman Arsitektur dan Teknologi 86-F-201

<i>Instrument</i>	Moon	Jenis Teknologi		
		1 (/unit)	2 (/unit)	3 (/unit)
86-FT-201	1002	2	0	0
86-FV-201	1002	1	1	0
86-TT-215	1004	4	0	0
86-TV-215	1001	1	0	0
86-TT-202	1002	2	0	0
86-PT-257	1001	1	0	0
86-PV-257	1001	1	0	0
86-PT-256	1003	3	0	0
86-PV-256	1003	2	1	0
86-PDT-254	1003	2	1	0
86-PDV-254	1002	2	0	0

Dari Tabel 4.27 dapat diketahui bahwa terdapat berbagai macam jenis *vote* untuk mendapatkan hasil SIS yang optimal yaitu *vote* 1001, 1002, 1003, dan 1004 dengan jenis teknologinya yaitu mayoritas menggunakan *smart transmitter* dan untuk *sensing element* mayoritas yaitu menggunakan *air operated control valve* untuk *final element*.

Tabel 4. 28 Hasil Keragaman Arsitektur dan Teknologi 86-F-202

<i>Instrument</i>	Moon	Jenis Teknologi		
		1 (/unit)	2 (/unit)	3 (/unit)
86-FT-207A	1001	1	0	0
86-FV-207A	1001	1	0	0
86-FT-207B	1003	3	0	0
86-FV-207B	1003	3	0	0
86-FT-207C	1001	1	0	0

86-FV-207C	1002	2	0	0
86-FT-207D	1004	4	0	0
86-FV-207D	1002	2	0	0
86-LT-205	1001	1	0	0
86-LV-205	1004	3	1	0
86-LT-203	1001	1	0	0
86-LV-203	1001	1	0	0
86-PDT-233	1003	3	0	0
86-PT-271	1002	2	0	0
86-PV-271	1003	3	0	0
86-PT-269	1005	4	1	0
86-PV-269	1003	2	1	0
86-PDT-267	1005	4	1	0
86-PDV-267	1001	1	0	0

Dari Tabel 4.28 didapatkan hasil yang hampir sama dengan yang ada pada Tabel 4.27 yaitu dapat diketahui bahwa terdapat berbagai macam jenis *vote* untuk mendapatkan hasil SIS yang optimal yaitu *vote* 1001, 1002, 1003, 1004, dan 1005 dengan jenis teknologinya yaitu mayoritas *smart transmitter* dan untuk *sensing element* mayoritas yaitu *air operated control valve* untuk *final element*. Dengan demikian dapat diketahui hasil rancangan optimal sebagai berikut.

Tabel 4. 29 Optimisasi PFDavg dan LCC Rancangan 86-F-201

FURNACE(86-F-201)			
	Aktual	Rancangan	SIL Target
PFDavg	0.1175	0.005	2
SIL	0	2 (tercapai)	
LCC Rancangan (\$)	323800		

Tabel 4. 30 Optimisasi PFDavg dan LCC Rancangan 86-F-202

FURNACE(86-F-202)			
	Aktual	Rancangan	SIL Target
PFDavg	0.1104	0.0078	2
SIL	0	2 (tercapai)	
LCC Rancangan (\$)	535700		

Pada Tabel 4.29 dan 4.30 diketahui hasil dari perancangan yaitu dapat menurunkan nilai PFDavg diikuti dengan peningkatan SIL yaitu dari SIL 0 menjadi SIL 2 (sesuai target) serta didapatkan hasil optimisasi LCC pada *Furnace* 201 yaitu USD 323800 dan pada *Furnace* 202 yaitu USD 535700. Dari hasil perancangan yang telah diperoleh berdasarkan optimisasi *genetic algorithm*, dapat menurunkan potensi risiko pada *plant*. Berikut merupakan penurunan potensi bahaya rancangan pada *plant* yang terdapat pada Tabel 4.31 dan 4.32.

Tabel 4. 31 Hasil Perancangan Potensi Bahaya pada *Furnace* (86-F-201)

<i>Instrument</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>
86-FT-201	A	2	A2
	A	2	A2
86-TT-215	A	2	A2
	A	2	A2
86-TT-202	A	2	A2
86-PT-257	A	2	A2
	A	2	A2
86-TT-202	A	2	A2
86-PT-256	A	2	A2
	A	2	A2
86-PDT-254	A	2	A2

Tabel 4. 32 Hasil Perancangan Potensi Bahaya pada *Furnace* (86-F-202)

<i>Instrument</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>
86-FT-207A	A	2	A2
	A	3	A3
86-FT-207B	A	2	A2
86-FT-207C	A	2	A2
	A	3	A3
86-FT-207D	A	2	A2
	A	3	A3
86-LT-205	A	2	A2
	A	2	A2
86-LT-203	A	3	A3
86-PDT-233	A	2	A2
	A	2	A2
86-PT-271	A	2	A2

Tabel 4. 32 Hasil Perancangan Potensi Bahaya pada *Furnace* (86-F-202) (Lanjutan)

<i>Instrument</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>
	A	2	A2
86-PDT-233	A	2	A2
	A	2	A2
86-PT-269	A	2	A2
	A	2	A2
86-PDT-267	A	2	A2

Pada Tabel 4.31 dan 4.32 dapat diketahui terjadi penurunan potensi risiko pada *furnace* 201 menjadi 100% *negligible risk*. Hal yang sama terjadi penurunan potensi risiko pada *furnace* 202 menjadi 84.21% *negligible risk* dan 15.79% *low risk*.

4.4 Pembahasan

Pada tugas akhir ini bertujuan untuk menganalisis potensi bahaya, evaluasi komponen pengamanan dari *plant* serta perancangan dan *cost*. Dalam menganalisis potensi bahaya pada *furnace* 201 dan *furnace* 202 dibagi masing - masing menjadi 4 *node*. Pada *furnace* 201 terdapat 7 *loop* pengendalian sedangkan *furnace* 202 memiliki 11 *loop* pengendalian. Pada masing - masing *loop*, akan ditentukan deviasi dari data proses yang di-*plot* ke dalam grafik *control chart*. Setelah itu menentukan *risk ranking* dengan mengestimasi nilai *severity* dan nilai *likelihood*. Hasil yang diperoleh dari *risk ranking* menunjukkan bahwa *loop* pada *furnace* 201 tidak ada yang memiliki kategori *high risk* melainkan kategori *medium risk* dan terdapat satu kategori *low risk* yaitu pada pengendalian *pressure* dengan *tag* 86-PDT-254. Adapun *risk ranking* pada *loop* pengendalian *furnace* 202 untuk kategori *high risk* terdapat pada pengendalian *flow tag* 86-207A/C. Selain itu, *loop* pengendalian lainnya memiliki kategori 21.05% *medium high risk*, *medium risk* sebesar 47.36% dan *low risk* sebesar 21.05%. Nilai *risk ranking* dapat digunakan untuk mengestimasi biaya dari potensi bahaya. Apabila dari hasil HAZOP menunjukkan potensi bahaya dan kerugian yang besar, maka *plant* tersebut membutuhkan sistem keselamatan yang lebih baik serta membutuhkan estimasi biaya yang lebih besar.

Kemudian dilakukan perhitungan data *maintenance* terkait tingkat keamanan pada *plant*. Dari data *maintenance* atau data kegagalan tiap *instrument* yang mempengaruhi *furnace* 201 dan *furnace* 202 akan diperoleh nilai PFDavg. Sehingga dari nilai kemungkinan terjadinya kegagalan atau PFDavg akan dapat diketahui tingkat keamanan atau SIL dari tiap *furnace*. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan bahwa nilai PFDavg aktual pada *furnace* 201 sebesar 0.1175 dengan nilai SIL 0 berdasarkan standar yang digunakan. Sedangkan PFDavg aktual pada *furnace* 202 sebesar 0,1104 atau berarti setara dengan SIL 0. Setelah itu dilakukan perancangan SIS yang bertujuan untuk mencapai SIL target dari perusahaan yaitu SIL 2 dan mengetahui *life cycle cost* dari rancangan SIS. Pada perancangan tugas akhir

ini menggunakan perhitungan RAMS+C. Agar memperoleh hasil rancangan yang baik, maka dilakukan optimisasi menggunakan *genetic algorithm*. Pada penentuan fungsi objektif menggunakan nilai *life cycle cost* (LCC) dan PFDavg. Hasil dari perancangan diperoleh bahwa *vote* arsitektur untuk seluruh *instrument final element control* dan *transmitter* pada *furnace* 201 beragam yaitu 86-TV-215, 86-PT-257, dan 86-PV-257 dengan *vote* arsitektur 1001, 86-FT-201, 86-FV-201, 86-TT-202, dan 86-PDV-254 dengan *vote* arsitektur 1002, 86-PT-256, 86-PV-256, dan 86-PDT-254 dengan *vote* arsitektur 1003, 86-TT-215 dengan *vote* arsitektur 1004 mayoritas menggunakan jenis teknologi *smart transmitter* dan *air operated control valve*. Untuk seluruh *instrument final element control* dan *transmitter* pada *furnace* 202 juga beragam yaitu 86-FT-207A, 86-FV-207A, 86-FT-207C, 86-LT-205, 86-LT-203, 86-LV-203, dan 86-PDV-267 dengan *vote* arsitektur 1001, 86-FV-207C, 86-FV-207D, dan 86-PT-271 dengan *vote* arsitektur 1002, 86-FT-207B, 86-FV-207B, 86-PDT-233, 86-PV-271, dan 86-PV-269 dengan *vote* arsitektur 1003, 86-FT-207D dan 86-LV-205 dengan *vote* arsitektur 1004, 86-PT-269 dan 86-PDT-267 dengan *vote* arsitektur 1005 mayoritas menggunakan jenis teknologi *smart transmitter* dan *air operated control valve*. Adapun nilai PFDavg hasil rancangan untuk *furnace* 201 dan *furnace* 202 masing - masing sebesar 0,005 dan 0,0078 dengan tingkat keamanan SIL 2. Hasil SIL rancangan yang didapat sudah sesuai dengan SIL target dengan mengganti *test interval* menjadi satu bulan yang artinya *maintenance* perlu dilakukan tiap sebulan sekali untuk mencapai tingkat keamanan yang sesuai dengan target perusahaan. Sedangkan nilai LCC hasil rancangan *furnace* 201 sebesar USD 323800, dan *furnace* 202 sebesar USD 535700. Dengan demikian perancangan dapat mengurangi potensi bahaya *furnace* 201 menjadi 100% *negligible risk*, adapun pada *furnace* 202 menjadi 15.79% *low risk* dan 84.21% *negligible risk*.

Peningkatan SIL yang terjadi antara SIL aktual dan rancangan disebabkan oleh *vote* arsitektur pada SIS yang berbeda dan *test interval* yang berbeda. Sedangkan nilai LCC yang didapatkan dipengaruhi oleh jenis teknologi yang dipilih untuk tiap *instrument*

sehingga mempengaruhi *cost procurement*, *cost operational* dan *cost risk* yang idealnya dapat mencapai nilai *minimum*. Hal yang dapat dilakukan untuk meningkatkan SIL yaitu dengan mengurangi nilai *failure rate* dengan melakukan perawatan *instrument* secara rutin dan mengganti *vote* arsitektur pada tiap – tiap SIS. Dalam memperbaiki tingkat keamanan *plant* dapat dilakukan evaluasi dengan mempertimbangkan penggunaan biaya yang dibutuhkan dalam menghadapi potensi risiko yang akan terjadi pada *plant*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diperoleh pada penelitian tugas akhir ini sebagai berikut:

- a. Kajian awal potensi bahaya yang terjadi pada *furnace* 201 (86-F-201) memiliki persentase 90.9% *medium risk* dan 9.1% *low risk*. Selain itu persentase potensi bahaya yang terjadi pada *furnace* 202 (86-F-202) adalah 10.52% *high risk*, 21.05% *medium high risk*, *medium risk* sebesar 47.36% dan *low risk* sebesar 21.05%. Setelah dilakukan peningkatan SIL maka didapatkan penurunan potensi bahaya yaitu pada *furnace* 201 (86-F-201) menjadi 100% *negligible risk*, adapun pada *furnace* 202 (82-F-202) menjadi 15.79% *low risk*, 84.21% *negligible risk*.
- b. Evaluasi SIS aktual pada *furnace* 201 (86-F-201) adalah SIS memiliki nilai SIL 0 dengan PFD sebesar 0.1175 dan evaluasi SIS aktual pada *furnace* 202 (86-F-202) adalah SIS memiliki nilai SIL 0 dengan PFD 0.1104.
- c. Nilai SIL rancangan pada *furnace* 201 (86-F-201) adalah SIL 2 dengan nilai PFD 0.005. Kemudian pada *furnace* 202 (86-F-202) juga memiliki nilai SIL 2 dengan nilai PFD 0.0078. Kedua hasil rancangan tersebut sudah mencapai nilai SIL target dari perusahaan. Rancangan SIS menghasilkan *vote* arsitektur beragam yaitu 1001, 1002, 1003, 1004, dan 1005 dengan mayoritas menggunakan jenis teknologi *smart transmitter* serta *air operated* untuk keseluruhan *instrument*.
- d. Hasil optimisasi rancangan *cost* menggunakan *genetic algorithm* menghasilkan nilai *Life Cycle Cost* (LCC) untuk *furnace* 201 (86-F-201) sebesar USD 323800, sedangkan untuk *furnace* 202 (86-F-202) sebesar USD 535700.

5.2 Saran

Adapun saran pada penelitian tugas akhir ini untuk penelitian selanjutnya adalah perancangan sebaiknya dilakukan pada keadaan *high demand mode* agar memiliki tingkat pengamanan yang lebih tinggi dari tinjauan menggunakan *low demand mode*.

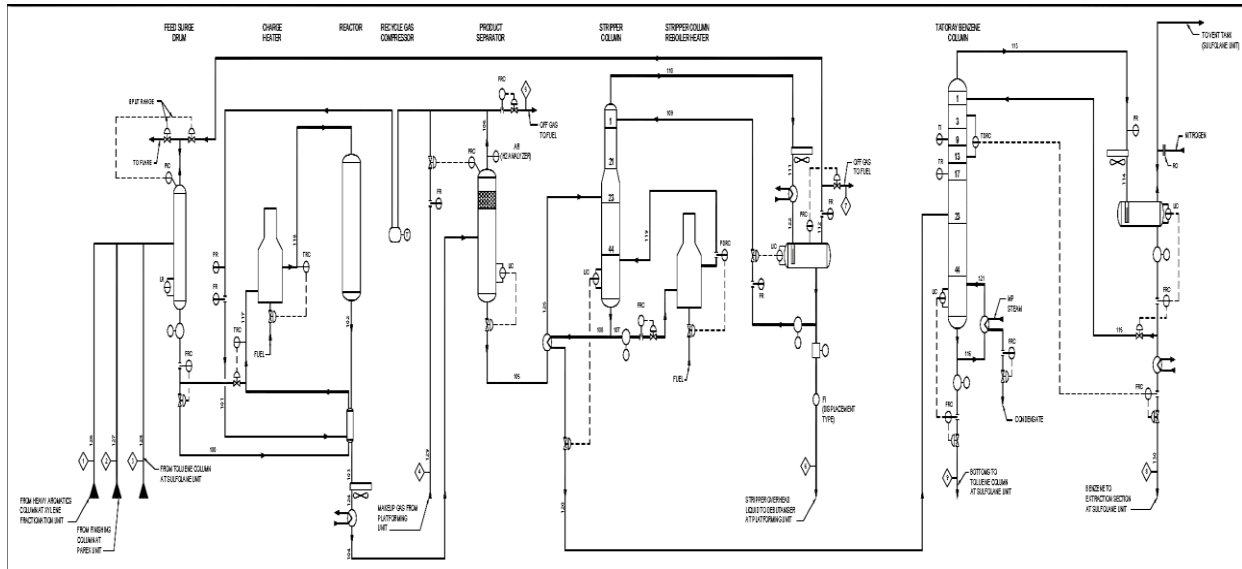
DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Oginawati and D. Indrawan, "Analisis Paparan Btx Terhadap Pekerja di PT. Pertamina RU IV Cilacap," *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 20, no. 2, 2014.
- [2] M. Vileiniskis, R. Remenyte-Prescott, D. Rama and J. Andrews, "Fault Detection and Diagnostics of a three-phase separator," *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, pp. 215-230, 2016.
- [3] J. Dunjo, V. Fthenakis, J. A. Vilchez and J. Arnaldos, "Hazard and Operability (HAZOP) Analysis. A Literature Review," *Journal of Hazardous Material*, vol. 173, pp. 19-32, 2010.
- [4] IEC 61511 Functional Safety - Safety Instrumented Systems for The Process Industry Sector Parts 1-3, Switzerland: British Standards Institution, 2003.
- [5] S. Da Costa, G. F. Sasanti, A. Musyafa, A. Soeprijanto and T. R. Biyanto, "Duelist Algorithm for Optimisation of Safety Instrumented System at Distillation Column Based on RAMS + C," *Safety and Reliability*, vol. 37, no. 2-3, pp. 177-193, 2018.
- [6] A. C. Torres-Echeverria, "Modelling and Optimization of Safety Instrumented Systems Based on Dependability and Cost Measures," The University of Sheffield, 2009.
- [7] Anonim, Operation Manual for 86 Tatoray Unit, Cilacap: JGC Corporation, 1989.
- [8] G. D. Cahya, "Safeguard System pada Furnace 31-F-103 di Unit Naphta Hydrotreating Process PT. Pertamina (Persero) Refinery Unit VI Balongan," Malang, 2015.
- [9] B. Manning, "AcqNotes Defense Acquisitions Made Easy," AcqNotes, 6 12 2018. [Online]. Available:

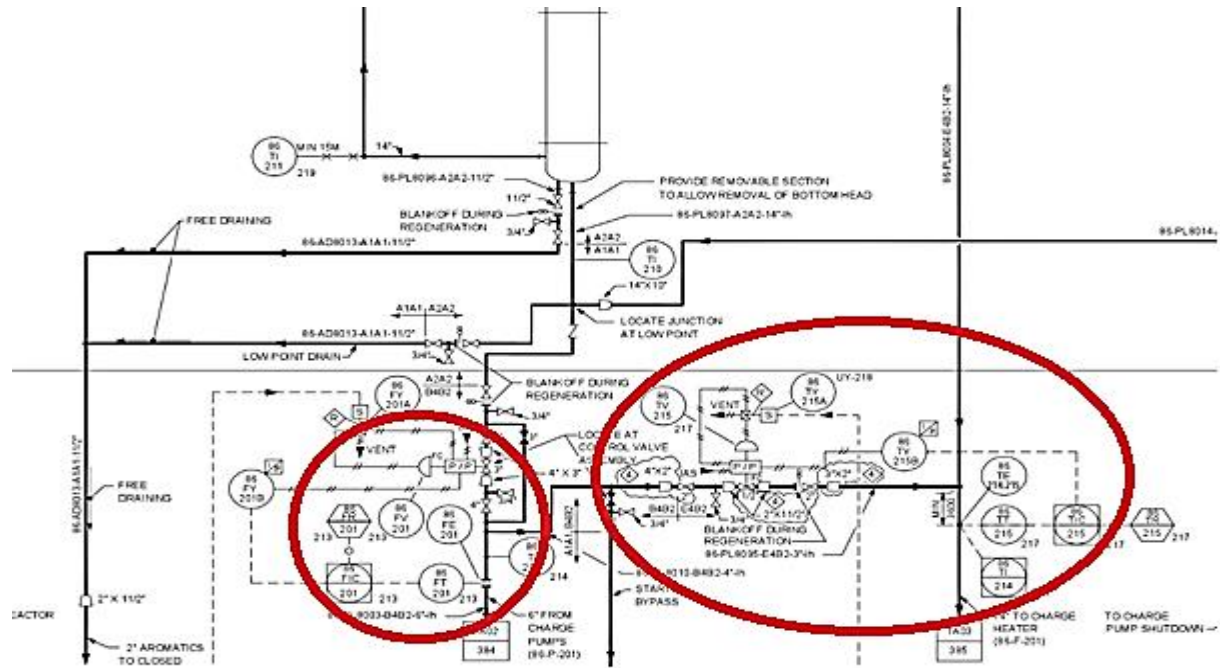
- <http://acqnotes.com/acqnote/careerfields/control-chart>.
[Accessed 16 7 2019].
- [10] KG, "R-BAR," 10 1 2019. [Online]. Available: <https://r-bar.net/control-chart-constants-tables-explanations/>.
[Accessed 15 7 2019].
- [11] N. Hyatt, *Guidelines for Process Hazards Analysis, Hazards Identification & Risk Analysis*, Boca Aton, London, New York, Washington D.C: CRC Press, 2003.
- [12] S. Sikumbang, "Desain Engineering Safety Instrumented System (SIS) pada Furnace 5 (F05) Kilang Pusdiklat Migas," *Forum Teknologi*, vol. 3, no. 1, pp. 15-25, 2013.
- [13] ISA, "ISA-TR84.00.02-2002 - Part 2," in *Safety Instrumented Functions (SIF) - Safety Integrity Level (SIL) Evaluation Techniques Part 2: Determining the SIL of a SIF via Simplified Equations*, North Carolina, ISA, 2002.
- [14] S. Martorell, J. Villanueva, S. Carlos, Y. Nebot, A. Sanchez, J. Pitarch and V. Serradel, "RAMS+C Informed Decision-making with Application to Multi-objective Optimization of Technical Specifications and Maintenance Using Genetic Algorithms," *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 87, pp. 65-75, 2005.
- [15] C. G. Gutierrez-Arriaga and e. al, "Multi-objective Optimization of Steam Power Plants for Sustainable," *Clean Techn Environ Policy*, vol. 15, pp. 551-566, 2013.
- [16] A. C. Torres-Echeverria, S. Martorell and H. A. Thompson, "Design Optimization of A Safety Instrumented System Based on RAMS+C Addressing IEC 61508 Requirements and Diverse Redundancy," *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 94, pp. 162-179, 2009.

LAMPIRAN A PFD DAN P&ID FURNACE (82-F-201) DAN FURNACE (82-F-202)

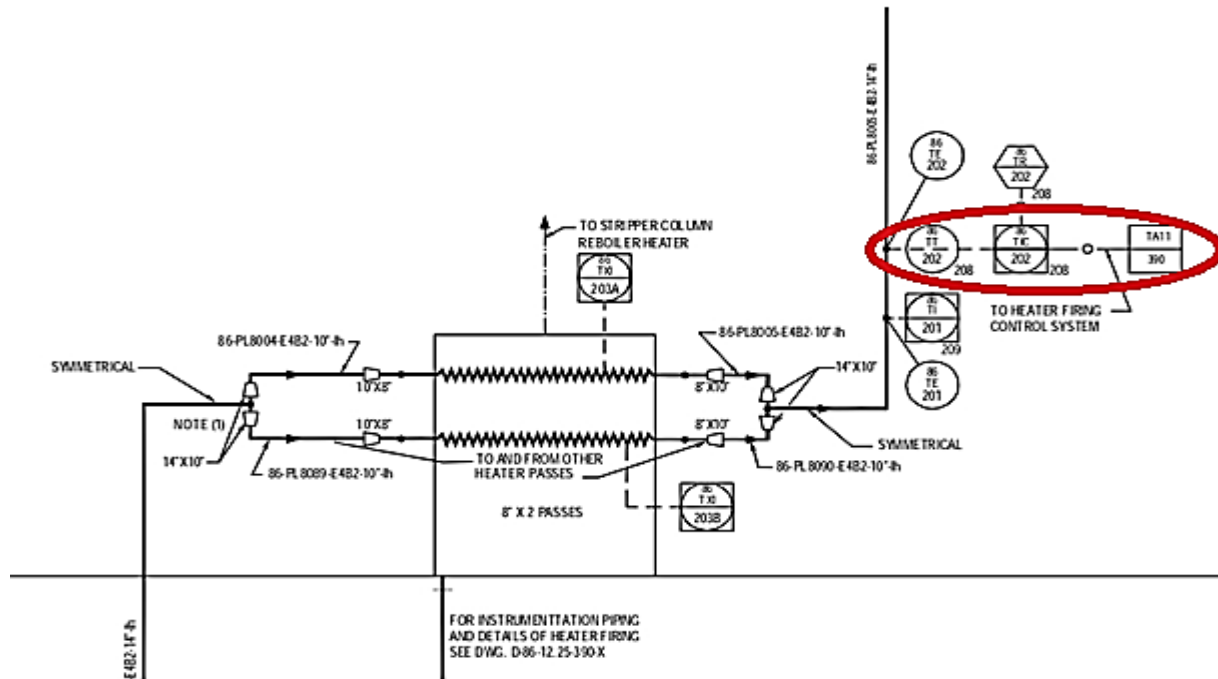
a. PFD Tatoray Unit



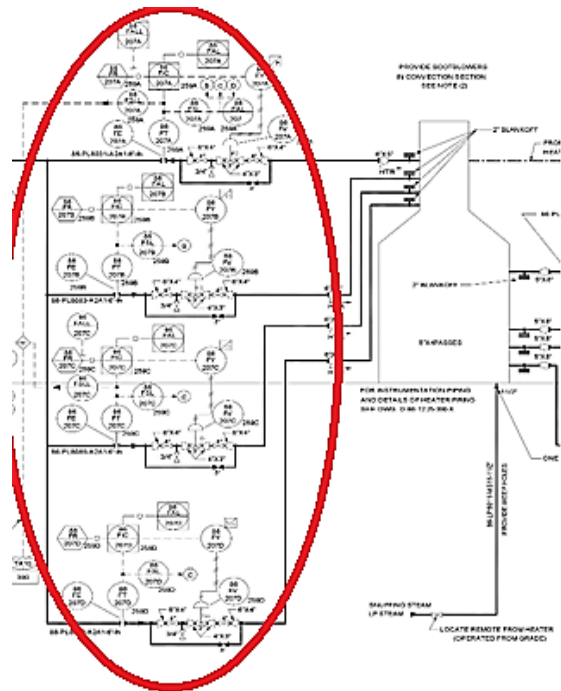
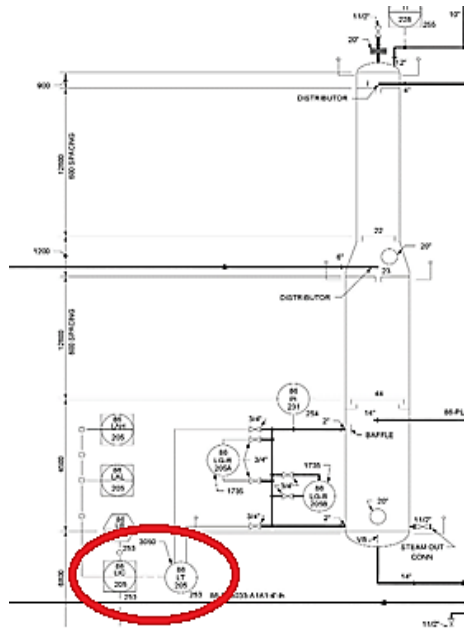
b. P&ID Node 1 Furnace-Tatory Unit



c. P&ID Node 2, 3, dan 4 Furnace-Tatoray Unit



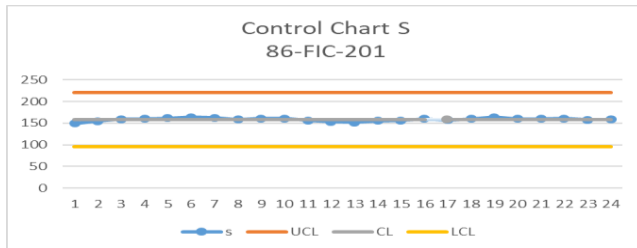
d. P&ID Node 5 Furnace-Tatoray Unit



LAMPIRAN B CONTROL CHART S DAN DATA PROSES

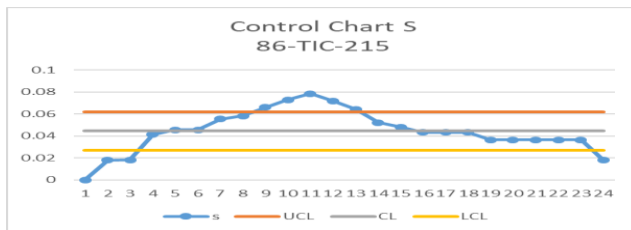
Control chart s bertujuan untuk validasi data proses yang telah di *plot* pada grafik *control chart x*. Hal ini untuk mengetahui *deviasi* data proses yang diamati.

a. Control Chart s FIC-201



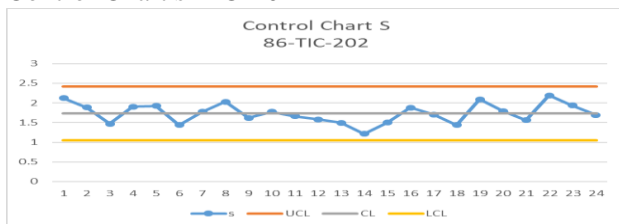
Grafik di atas menunjukkan bahwa distribusi data proses pada FIC-201 sudah akurat karena tidak terdapat banyak deviasi.

b. Control Chart s TIC-215



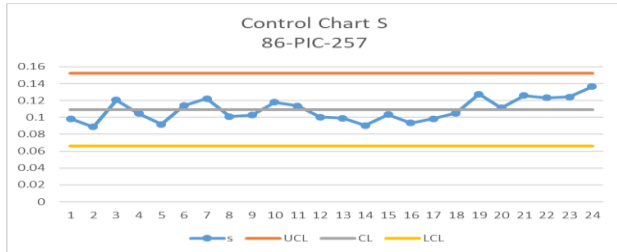
Grafik di atas menunjukkan bahwa distribusi data proses pada TIC-215 kurang akurat dan terdapat banyak deviasi.

c. Control Chart s TIC-202



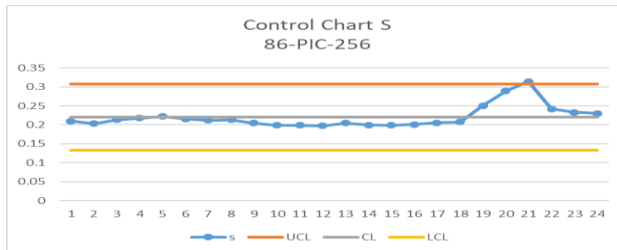
Grafik di atas menunjukkan bahwa distribusi data proses pada TIC-202 cukup akurat dan masih terdapat banyak deviasi.

d. Control Chart s PIC-257



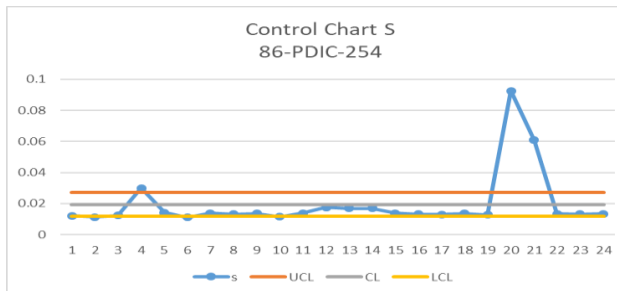
Grafik di atas menunjukkan bahwa distribusi data proses pada PIC-257 cukup akurat dan masih terdapat banyak deviasi.

e. Control Chart s PIC-256



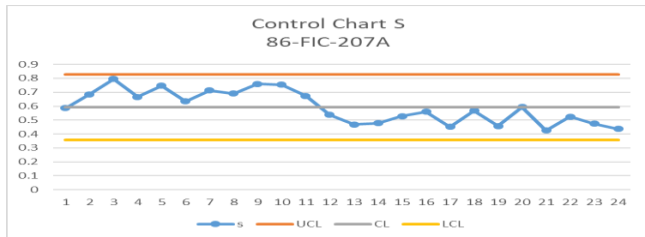
Grafik di atas menunjukkan bahwa distribusi data proses pada PIC-256 cukup akurat karena tidak terdapat banyak deviasi.

f. Control Chart s PDIC-254



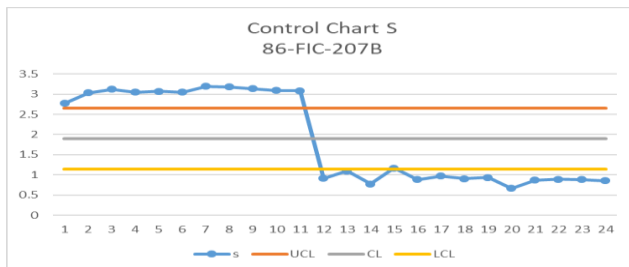
Grafik di atas menunjukkan bahwa distribusi data proses pada PDIC-254 kurang akurat dan tidak terdapat banyak deviasi.

g. Control Chart s FIC-207A



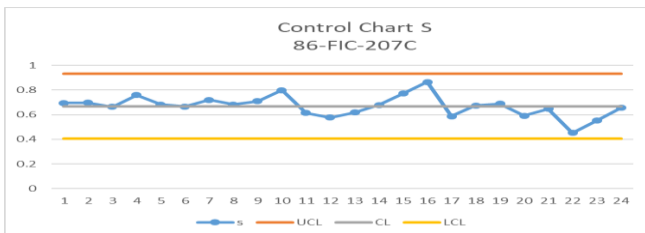
Grafik di atas menunjukkan bahwa distribusi data proses pada FIC-207A cukup akurat dan masih terdapat banyak deviasi.

h. Control Chart s FIC-207B



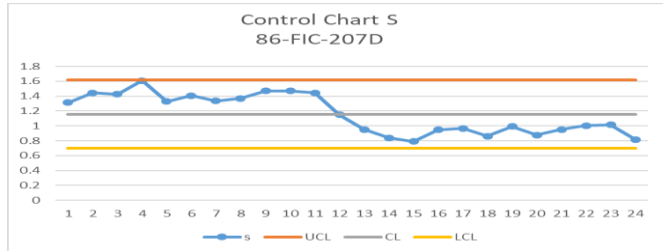
Grafik di atas menunjukkan bahwa distribusi data proses pada FIC-207B kurang akurat dan terdapat banyak deviasi.

i. Control Chart s FIC-207C



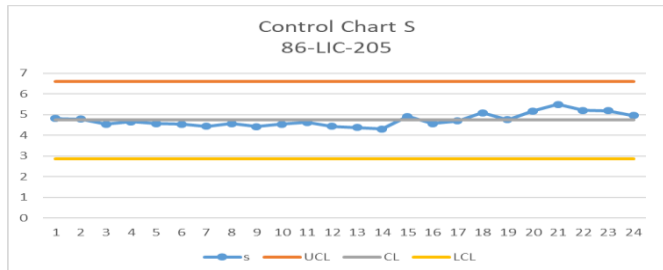
Grafik di atas menunjukkan bahwa distribusi data proses pada FIC-207C cukup akurat dan masih terdapat banyak deviasi.

j. Control Chart s FIC-207D



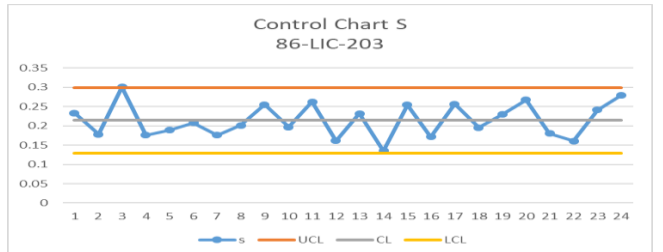
Grafik di atas menunjukkan bahwa distribusi data proses pada FIC-207D cukup akurat dan masih terdapat banyak deviasi.

k. Control Chart s LIC-205



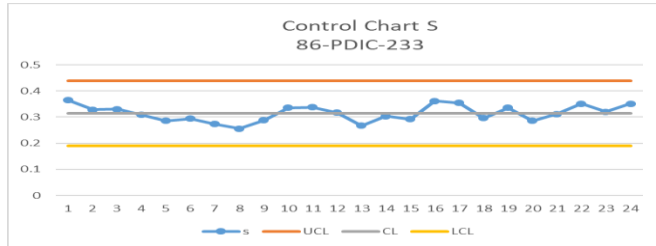
Grafik di atas menunjukkan bahwa distribusi data proses pada LIC-205 sudah akurat karena tidak terdapat banyak deviasi.

l. Control Chart s LIC-203



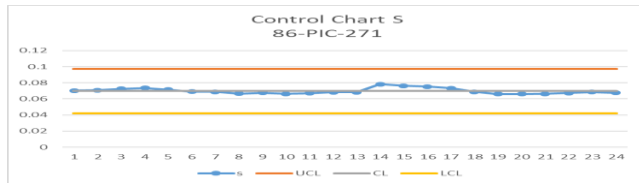
Grafik di atas menunjukkan bahwa distribusi data proses pada LIC-203 cukup akurat dan masih terdapat banyak deviasi.

m. Control Chart s PDIC-233



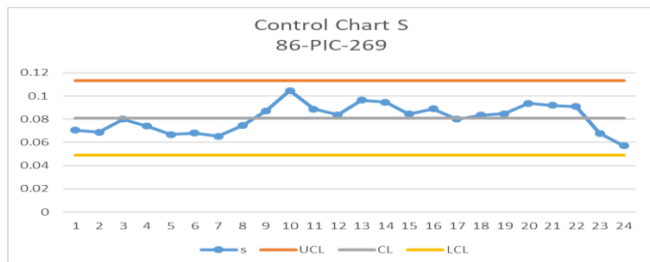
Grafik di atas menunjukkan bahwa distribusi data proses pada PDIC-233 cukup akurat dan masih terdapat banyak deviasi.

n. Control Chart s PIC-271



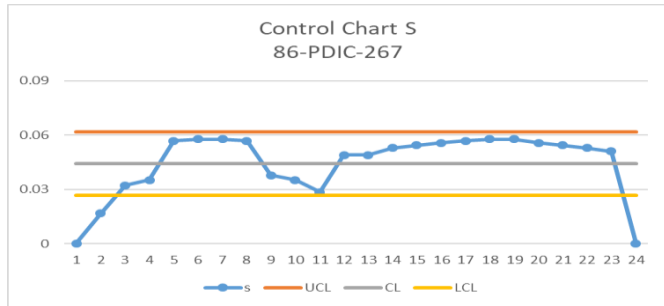
Grafik di atas menunjukkan bahwa distribusi data proses pada PIC-271 sudah akurat karena tidak terdapat banyak deviasi.

o. Control Chart s PIC-269



Grafik di atas menunjukkan bahwa distribusi data proses pada PIC-269 cukup akurat dan masih terdapat banyak deviasi.

p. Control Chart s PDIC-267



Grafik di atas menunjukkan bahwa distribusi data proses pada PDIC-267 kurang akurat dan masih terdapat banyak deviasi.

Data Proses Salah Satu Instrument (FIC-201)

Date	Measurement/Time																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1/1/2019	1399.8	1399.8	1390.4	1390.5	1418.4	1464.0	1480.3	1448.3	1420.3	1384.8	1359.6	1359.8	1369.5	1369.7	1359.9	1359.8	1360.2	1361.4	1406.4	1472.4	1454.5	1440.0	1420.0	1426.5
1/2/2019	1450.1	1450.4	1450.0	1449.8	1450.3	1426.1	1400.2	1400.0	1400.1	1400.3	1391.4	1369.9	1370.2	1370.3	1363.9	1347.5	1329.1	1297.7	1279.9	1280.1	1280.4	1280.1	1286.6	1300.1
1/3/2019	1299.9	1299.7	1299.9	1299.9	1299.8	1318.8	1348.0	1382.1	1389.7	1371.9	1315.5	1292.4	1280.2	1290.3	1300.5	1300.0	1300.1	1299.8	1299.9	1300.1	1299.7	1329.4	1427.7	1489.1
1/4/2019	1508.1	1569.6	1609.8	1641.6	1690.8	1699.8	1700.0	1699.8	1711.7	1734.5	1735.1	1734.9	1735.1	1734.8	1734.7	1736.2	1749.9	1712.4	1700.1	1711.5	1700.0	1700.5	1658.4	1626.3
1/5/2019	1578.9	1636.3	1700.0	1699.9	1697.4	1650.1	1650.7	1690.3	1704.7	1700.3	1700.9	1699.9	1700.1	1695.8	1679.9	1680.1	1669.8	1662.9	1660.1	1659.4	1659.9	1660.1	1660.1	1659.8
1/6/2019	1621.9	1600.4	1600.3	1600.3	1600.4	1671.9	1707.9	1729.7	1715.7	1699.8	1700.0	1708.6	1709.3	1719.7	1720.0	1719.9	1707.9	1702.9	1705.1	1699.7	1700.2	1700.3	1697.0	1691.8
1/7/2019	1679.7	1685.5	1678.5	1670.4	1677.0	1673.4	1689.9	1681.2	1690.1	1617.6	1552.4	1549.5	1544.2	1617.9	1679.9	1680.0	1680.1	1679.9	1695.0	1710.4	1734.8	1734.7	1735.0	1734.9
1/8/2019	1737.1	1742.3	1743.3	1736.1	1734.8	1745.0	1750.0	1750.1	1748.6	1719.5	1700.3	1699.7	1700.3	1700.1	1673.2	1681.5	1632.0	1699.6	1696.3	1700.3	1700.1	1699.8	1709.4	1729.8
1/9/2019	1730.2	1733.2	1732.6	1730.0	1730.0	1735.2	1734.6	1734.9	1735.0	1734.8	1735.1	1731.3	1694.3	1690.9	1692.2	1700.1	1680.0	1680.3	1675.2	1657.6	1632.2	1629.9	1643.7	1662.9
1/10/2019	1632.7	1665.1	1700.0	1691.2	1653.6	1638.2	1601.7	1565.8	1474.8	1401.8	1365.5	1313.0	1310.0	1310.4	1310.0	1309.7	1301.4	1304.3	1346.3	1378.7	1371.1	1369.8	1363.3	1321.8
1/11/2019	1309.6	1309.7	1294.2	1279.5	1254.1	1187.7	1219.9	1291.3	1300.2	1300.0	1300.1	1300.4	1299.3	1300.4	1300.1	1300.2	1330.5	1399.7	1377.8	1371.6	1395.5	1408.9	1410.1	1449.2
1/12/2019	1488.1	1492.9	1420.7	1400.2	1400.4	1399.7	1416.8	1429.8	1474.6	1500.3	1485.8	1409.7	1309.8	1300.0	1300.2	1299.8	1300.0	1300.3	1286.7	1240.4	1242.5	1261.3	1294.0	1290.9
1/13/2019	1280.0	1280.1	1279.7	1297.9	1299.8	1300.0	1299.9	1326.0	1374.7	1395.2	1396.1	1321.4	1345.5	1358.7	1390.1	1398.9	1409.8	1400.4	1400.5	1399.7	1400.2	1403.1	1420.3	1419.8
1/14/2019	1399.6	1379.1	1375.8	1365.2	1364.9	1364.9	1365.0	1364.8	1364.8	1365.1	1364.7	1365.4	1362.3	1360.5	1359.6	1359.9	1360.2	1360.1	1360.2	1360.1	1359.6	1359.8	1359.6	1360.2
1/15/2019	1391.0	1451.7	1475.0	1474.6	1489.5	1500.2	1494.7	1500.2	1499.8	1454.6	1426.5	1410.1	1410.1	1406.8	1380.3	1370.0	1370.3	1369.9	1370.1	1369.9	1370.2	1369.9	1407.5	1423.9

LAMPIRAN C DATA MAINTENANCE

Tabel C.1 Data Maintenance 86-FT-201

Equipment: 86-E-201

Service Description: Flow Transmitter

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	29/4/2016	29/4/2016	0	31128
2	25/9/2014	29/9/2014	13968	
3	14/7/2010	21/7/2010	36912	
4	14/9/2005	22/9/2005	42504	

Tabel C.2 Data Maintenance 86-FV-201

Equipment: 86-E-201

Service Description: Flow Valve

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	27/9/2014	0	39660
2	15/7/2010	20/7/2010	36840	
3	14/9/2005	21/9/2005	42480	

Tabel C.3 Data Maintenance 86-TT-215

Equipment: 86-E-201

Service Description: *Temperature* Transmitter

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	29/9/2014	0	39732
2	14/7/2010	23/7/2010	36912	
3	14/9/2005	21/9/2005	42552	

Tabel C.4 Data Maintenance 86-TV-215

Equipment: 86-E-201

Service Description: *Temperature* Valve

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	27/9/2014	0	39684
2	15/7/2010	22/7/2010	36840	
3	14/9/2005	20/9/2005	42528	

Tabel C.4 Data Maintenance 86-FT-202A

Equipment: 86-F-202

Service Description: Flow Transmitter

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	29/9/2014	0	39708
2	14/7/2010	21/7/2010	36912	
3	14/9/2005	22/9/2005	42504	

Tabel C.5 Data Maintenance 86-FT-202B

Equipment: 86-F-202

Service Description: Flow Transmitter

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	29/9/2014	0	39708
2	14/7/2010	21/7/2010	36912	
3	14/9/2005	22/9/2005	42504	

Tabel C.6 Data Maintenance 86-TT-202

Equipment: 86-F-201

Service Description: *Temperature* Transmitter

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	29/9/2014	0	39684
2	14/7/2010	19/7/2010	36912	
3	14/9/2005	19/9/2005	42456	

Tabel C.7 Data Maintenance 86-PT-257

Equipment: 86-F-201

Service Description: Pressure Transmitter

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	29/9/2014	0	39696
2	14/7/2010	20/7/2010	36912	
3	14/9/2005	20/9/2005	42480	

Tabel C.8 Data Maintenance 86-PV-257

Equipment: 86-F-201

Service Description: Pressure Valve

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	3/3/2017	3/3/2017	0	25368
2	25/9/2014	27/9/2014	21360	
3	2/3/2012	2/4/2012	22536	
4	15/7/2010	22/7/2010	15048	
5	14/9/2005	19/9/2005	42528	

Tabel C.9 Data Maintenance 86-PT-256

Equipment: 86-F-201

Service Description: Pressure Transmitter

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	29/9/2014	0	39696
2	14/7/2010	20/7/2010	36912	
3	14/9/2005	20/9/2005	42480	

Tabel C.10 Data Maintenance 86-PV-256

Equipment: 86-F-201

Service Description: Pressure Valve

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	27/9/2014	0	28496
2	2/3/2012	12/11/2012	22536	
3	15/7/2010	22/7/2010	20424	
4	14/9/2005	19/9/2005	42528	

Tabel C.11 Data Maintenance 86-PDT-254

Equipment: 86-F-201

Service Description: Pressure Differential Transmitter

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	5/10/2014	0	39804
2	14/7/2010	24/7/2010	37032	
3	14/9/2005	20/9/2005	42576	

Tabel C.12 Data Maintenance 86-PDV-254

Equipment: 86-F-201

Service Description: Pressure Differential Valve

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	27/9/2014	0	39720
2	15/7/2010	25/7/2010	36840	
3	14/9/2005	19/9/2005	42600	

Tabel C.13 Data Maintenance 86-FT-207A

Equipment: 86-F-202

Service Description: Flow Transmitter

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	29/9/2014	0	27192
2	24/5/2013	16/8/2013	11832	
3	14/7/2010	27/7/2010	27096	
4	14/9/2005	25/9/2005	42648	

Tabel C.14 Data Maintenance 86-FV-207A

Equipment: 86-F-202

Service Description: Flow Valve

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	2/10/2014	0	35424
2	15/7/2010	27/7/2010	28200	
3	14/9/2005	28/9/2005	42648	

Tabel C.15 Data Maintenance 86-FT-207B

Equipment: 86-F-202

Service Description: Flow Transmitter

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	29/9/2014	0	39780
2	14/7/2010	27/7/2010	36912	
3	14/9/2005	25/9/2005	42648	

Tabel C.16 Data Maintenance 86-FV-207B

Equipment: 86-F-202

Service Description: Flow Valve

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	2/10/2014	0	35424
2	15/7/2010	27/7/2010	28200	
3	14/9/2005	28/9/2005	42648	

Tabel C.17 Data Maintenance 86-FT-207C

Equipment: 86-F-202

Service Description: Flow Transmitter

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	29/9/2014	0	39780
2	14/7/2010	27/7/2010	36912	
3	14/9/2005	25/9/2005	42648	

Tabel C.18 Data Maintenance 86-FV-207C

Equipment: 86-F-202

Service Description: Flow Valve

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	2/10/2014	0	35424
2	15/7/2010	27/7/2010	28200	
3	14/9/2005	28/9/2005	42648	

Tabel C.19 Data Maintenance 86-FT-207D

Equipment: 86-F-202

Service Description: Flow Transmitter

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	29/9/2014	0	39780
2	14/7/2010	27/7/2010	36912	
3	14/9/2005	25/9/2005	42648	

Tabel C.20 Data Maintenance 86-FV-207D

Equipment: 86-F-202

Service Description: Flow Valve

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	2/10/2014	0	35424
2	15/7/2010	27/7/2010	28200	
3	14/9/2005	28/9/2005	42648	

Tabel C.21 Data Maintenance 86-LT-205

Equipment: 86-C-201/86-C-202

Service Description: Level Transmitter

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	27/9/2014	0	39768
2	14/7/2010	28/7/2010	36864	
3	14/9/2005	27/9/2005	42672	

Tabel C.22 Data Maintenance 86-LV-205

Equipment: 86-C-201/86-C-202

Service Description: Level Valve

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	2/10/2014	0	35388
2	15/7/2010	24/7/2010	28200	
3	14/9/2005	23/9/2005	42576	

Tabel C.23 Data Maintenance 86-LT-203

Equipment: 86-V-202

Service Description: Level Transmitter

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	27/9/2014	0	39768
2	14/7/2010	28/7/2010	36864	
3	14/9/2005	27/9/2005	42672	

Tabel C.24 Data Maintenance 86-LV-203

Equipment: 86-V-202

Service Description: Level Valve

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	2/10/2014	0	35388
2	15/7/2010	24/7/2010	28200	
3	14/9/2005	23/9/2005	42576	

Tabel C.25 Data Maintenance 86-PDT-233

Equipment: 86-F-202

Service Description: Pressure Differential Transmitter

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	5/10/2014	0	39780
2	14/7/2010	22/7/2010	37032	
3	14/9/2005	21/9/2005	42528	

Tabel C.26 Data Maintenance 86-PT-271

Equipment: 86-F-202

Service Description: Pressure Transmitter

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	29/9/2014	0	39768
2	14/7/2010	26/7/2010	36912	
3	14/9/2005	25/9/2005	42624	

Tabel C.27 Data Maintenance 86-PV-271

Equipment: 86-F-202

Service Description: Pressure Valve

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	2/10/2014	0	35376
2	15/7/2010	23/7/2010	28200	
3	14/9/2005	29/9/2005	42552	

Tabel C.28 Data Maintenance 86-PT-269

Equipment: 86-F-202

Service Description: Pressure Transmitter

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	29/9/2014	0	39768
2	14/7/2010	26/7/2010	36912	
3	14/9/2005	25/9/2005	42624	

Tabel C.29 Data Maintenance 86-PV-256

Equipment: 86-F-202

Service Description: Pressure Valve

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	2/10/2014	0	35376
2	15/7/2010	23/7/2010	28200	
3	14/9/2005	29/9/2005	42552	

Tabel C.30 Data Maintenance 86-PDT-267

Equipment: 86-F-202

Service Description: Pressure Differential Transmitter

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	5/10/2014	0	39780
2	14/7/2010	22/7/2010	37032	
3	14/9/2005	21/9/2005	42528	

Tabel C.31 Data Maintenance 86-PDT-267

Equipment: 86-F-202

Service Description: Pressure Differential Valve

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	4/10/2014	0	35436
2	15/7/2010	26/7/2010	28248	
3	14/9/2005	19/9/2005	42624	

Tabel C.32 Data Maintenance 86-PT-265

Equipment: 86-F-202

Service Description: Pressure Transmitter

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	5/10/2014	0	39780
2	14/7/2010	22/7/2010	37032	
3	14/9/2005	21/9/2005	42528	

Tabel C.33 Data Maintenance 86-FSLL-207A

Equipment: 86-F-202

Service Description: Flow Switch Low Low

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	29/9/2014	0	39780
2	14/7/2010	27/7/2010	36912	
3	14/9/2005	25/9/2005	42648	

Tabel C.34 Data Maintenance 86-FSL-207A

Equipment: 86-F-202

Service Description: Flow Switch Low

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	29/9/2014	0	39780
2	14/7/2010	27/7/2010	36912	
3	14/9/2005	25/9/2005	42648	

Tabel C.35 Data Maintenance 86-FSL-207B

Equipment: 86-F-202

Service Description: Flow Switch Low

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	29/9/2014	0	39780
2	14/7/2010	27/7/2010	36912	
3	14/9/2005	25/9/2005	42648	

Tabel C.36 Data Maintenance 86-UV-205

Equipment: 86-F-202

Service Description: Solenoid Valve

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	2/10/2014	0	35376
2	15/7/2010	23/7/2010	28200	
3	14/9/2005	29/9/2005	42552	

Tabel C.37 Data Maintenance 86-FSLL-207C

Equipment: 86-F-202

Service Description: Flow Switch Low Low

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	29/9/2014	0	39780
2	14/7/2010	27/7/2010	36912	
3	14/9/2005	25/9/2005	42648	

Tabel C.38 Data Maintenance 86-FSL-207C

Equipment: 86-F-202

Service Description: Flow Switch Low

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	29/9/2014	0	39780
2	14/7/2010	27/7/2010	36912	
3	14/9/2005	25/9/2005	42648	

Tabel C.39 Data Maintenance 86-FSL-207D

Equipment: 86-F-202

Service Description: Flow Switch Low

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	29/9/2014	0	39780
2	14/7/2010	27/7/2010	36912	
3	14/9/2005	25/9/2005	42648	

Tabel C.40 Data Maintenance 86-UV-204A/B

Equipment: 86-F-202

Service Description: Solenoid Valve

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	4/10/2014	0	35436
2	15/7/2010	26/7/2010	28248	
3	14/9/2005	19/9/2005	42624	

Tabel C.41 Data Maintenance 86-PSLL-265

Equipment: 86-F-202

Service Description: Pressure Switch Low Low

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	5/10/2014	0	39780
2	14/7/2010	22/7/2010	37032	
3	14/9/2005	21/9/2005	42528	

Tabel C.42 Data Maintenance 86-PSL-265

Equipment: 86-F-202

Service Description: Pressure Switch Low

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	5/10/2014	0	39780
2	14/7/2010	22/7/2010	37032	
3	14/9/2005	21/9/2005	42528	

Tabel C.43 Data Maintenance 86-FSLL-202A

Equipment: 86-F-201

Service Description: Flow Switch Low Low

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	29/9/2014	0	39708
2	14/7/2010	21/7/2010	36912	
3	14/9/2005	22/9/2005	42504	

Tabel C.44 Data Maintenance 86-FSLL-202B

Equipment: 86-F-201

Service Description: Flow Switch Low Low

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	29/9/2014	0	39708
2	14/7/2010	21/7/2010	36912	
3	14/9/2005	22/9/2005	42504	

Tabel C.45 Data Maintenance 86-UV-202

Equipment: 86-F-201

Service Description: Solenoid Valve

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	2/10/2014	0	35376
2	15/7/2010	23/7/2010	28200	
3	14/9/2005	29/9/2005	42552	

Tabel C.46 Data Maintenance 86-UV-201A/B

Equipment: 86-F-201

Service Description: Solenoid Valve

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	27/9/2014	0	39720
2	15/7/2010	25/7/2010	36840	
3	14/9/2005	19/9/2005	42600	

Tabel C.47 Data Maintenance 86-PSLL-252

Equipment: 86-F-201

Service Description: Pressure Switch Low Low

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	5/10/2014	0	39804
2	14/7/2010	24/7/2010	37032	
3	14/9/2005	20/9/2005	42576	

Tabel C.48 Data Maintenance 86-PSL-252

Equipment: 86-F-201

Service Description: Pressure Switch Low

No.	Start	Completion	TTF (/h)	MTTF (/h)
1	25/9/2014	5/10/2014	0	39804
2	14/7/2010	24/7/2010	37032	
3	14/9/2005	20/9/2005	42576	

LAMPIRAN D HAZOP WORKSHEET

Section: Furnace 86-F-201

Node: Aromatic Feed Surge Drum 86-V-201 to inlet line product separator 86-V-202 and to line stripper column feed bottom exchanger 86-E-204 through 86-P-201 A/B, 86-E-201, 86-E-202, 86-E-203, 86-F-201, 86-R-201

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>	<i>Recommendation</i>
86-FT-201	High	High Flow	86FV-201 stuck open	1. Low level at 86V-201 lead to 86P-201 A/B cavitation	1. 86LI-201	C	2	C2	Activation Alarm
					9. 86LAL-201				
86-FT-201	High	High Flow	86FV-201 stuck open	2. Low temperature at inlet 86F-201 lead to over duty 86F-201	10. 86TI-214	C	2	C2	
					11. 86TIC-202				
					13. 86TI-213				
					14. 86PIC-256				
					15. 86PIC-257				

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>	<i>Recommendation</i>
					16. 86PAH-257				
				3. Low H2/HC ratio lead to poor reaction and coke formation at 86R-201 resulting decrease life time catalyst	12. Adjust local valve 4" 86FV-201 (mitigative)	C	2	C2	Adjusting local valve FV-201
	<i>Low</i>	<i>Low Flow</i>	86-FV-201 open less than required	1. Potential high level at 86-V-201 lead to potential high pressure resulting in hydrocarbon carry over to KO Drum Flare	1. 86LI-201	C	1	C1	Using spare pump
2. 86PSV-201A/B									
3. 86PIC-201									
4. Spare pump 86P-201									
				2. Potential Loss product C6A, C7A+	4. Spare pump 86P-201	C	1	C1	

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>	<i>Recommendation</i>
					8. 86FIC-201 (to be confirmed operation)				
				3. Potential high temperature at 86P-201 A/B lead to pump damage	6. SOP Operation	C	2	C2	
					7. SOP Maintenance				
86-TT-215	High	High Temperature	86TV-215 open less than required	1. High COT at 86F-201 resulting increase coke formation at 86R-201	20. 86TIC-215	C	2	C2	Tuning loop control for actuator
					11. 86TIC-202				
					14. 86PIC-256				
					15. 86PIC-257				
	Low	Low Temperature	86TV-215 malfunction full open	1. Potential over duty at 86F-201	20. 86TIC-215	C	2	C2	
					11. 86TIC-202				
					14. 86PIC-256				
					15. 86PIC-257				

Section: Furnace 86-F-201

Node: Fuel Gas Header to 86-F-201

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>	<i>Recommendation</i>
86-TT-202	<i>High</i>	<i>High Temperature</i>	Steam trace open	1. Potential increase COT 86-F-201	6. SOP Operation	C	2	C2	
	<i>Low</i>	<i>Low Temperature</i>	Steam trace fail	1. Uncomplete combustion leading to potential decrease COT furnace 86-F-201	10. 86TI-214	C	2	C2	
					11. 86TIC-202				
					13. 86TI-213				
					6. SOP Operation				
7. SOP Maintenance									
86-PT-257	<i>High</i>	<i>High Pressure</i>	86PV-257 failed close	1. Higher fuel gas pressure resulting in potential fire/explosion leading to injury/fatality	142. Fire hydrant	C	2	C2	
					53. Fire extinguisher				

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>	<i>Recommendation</i>
	<i>Low</i>	<i>Low Pressure</i>	86PV-257 open less than required	1. Potential decrease COT 86F-201 lead to poor reaction at 86R-201	109. 86PI-259	C	2	C2	Tuning loop control for actuator
110. 86FI-221									
11. 86TIC-202									
					2. Potential increase fuel oil consumption	111. 86UV-201A	C	2	C2
	14. 86PIC-256								
	11. 86TIC-202								
	112. 86FI-219								

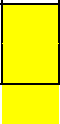
Section: Furnace 86-F-201

Node: Fuel Oil Header to 86-F-201

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>	<i>Recommendation</i>
86-TT-202	<i>High</i>	<i>High Temperature</i>	Steam trace open	Potential increase COT 86-F-201	6. SOP Operation	C	2	C2	
	<i>Low</i>	<i>Low Temperature</i>	Steam trace fail	1. Potential Oil drip at tip burner fuel oil 86-F-201 lead to potential unsafe condition	6. SOP Operation	C	2	C2	
					13. 86TI-213				
				2. Potential decrease COT 86-F-201	10. 86TI-214	C	2	C2	
					11. 86TIC-202				
					13. 86TI-213				
6. SOP Operation									
7. SOP Maintenance									
86-PT-256	<i>High</i>	<i>High Pressure</i>	86PV-256 stuck open	1. Potential high pressure fuel oil to	14. 86PIC-256	C	2	C2	Activation Alarm System
139. 86PDIC-254									

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>	<i>Recommendation</i>
				burner 86F-201 lead to increase COT 86F-201 resulting in increase coke formation at 86R-201 and potential tube burst at 86F-201	140. 86AI-203 141. 86AAL-203 143. 86TI-203 A/B 11. 86TIC-202 118. 86TI-201 6. SOP Operation 142. Fire hydrant 53. Fire extinguisher 54. Fire brigade				
	<i>Low</i>	<i>Low Pressure</i>	86PV-256 open less than required	1. Potential decrease COT 86F-201 lead to poor reaction at 86R-201	137. 86FI-220	C	2	C2	
11. 86TIC-202									
138. 86PI-255A									
118. 86TI-201									
				2. Potential increase fuel gas	11. 86TIC-202	C	2	C2	
					15. 86PIC-257				

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>	<i>Recommendation</i>
				consumption at 86F-201	118. 86TI-201				
					110. 86FI-221				



Section: Furnace 86-F-201

Node: MP Steam for Atomizing 86-F-201

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>	<i>Recommendation</i>
86-PDT-254	<i>High</i>	<i>High Pressure</i>	86PDV-254 stuck open	1. Potential flame off at 86F-201 lead to decrease COT resulting in poor reaction at 86R-201	11. 86TIC-202	B	2	B2	Activation Alarm System
					118. 86TI-201				
					15. 86PIC-257				
					148. 86PI-252				
	<i>Low</i>	<i>Low Pressure</i>	86PDV-254 open less than required	1. Potential poor atomizing at 86F-201 lead to incomplete combustion resulting in unsafe furnace condition (oil dripping lead to potential flash at 86F-201)	148. 86PI-252	B	2	B2	
					149. 86PAL-252				
					150. 86PALL-252				
					151. 86PSL-252				
					152. 86PSLL-252				
					140. 86AI-203				
141. 86AAL-203									
6. SOP Operation									
142. Fire hydrant									
53. Fire extinguisher									

Section: Furnace 86-F-202

Node: Product separator 86-V-202 to inlet tatoray benzene column 86-C-202 through 86-E-204, 86-C-201, 86-F-202, 86-P-202 A/B

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>	<i>Recommendation</i>
86-FT-207A	<i>High</i>	<i>High Flow</i>	86FV-207A fail open	1. Decrease COT at 86F-202 lead to higher fuel consumption	67. 86TI-230A	D	2	D2	Tuning loop control for actuator
					68. 86TI-233				
					69. 86PIC-269				
					70. 86PIC-271				
					71. 86PDIC-267				
					72. 86PDIC-233				
86-FT-207A	<i>Low</i>	<i>Low Flow</i>	86FV-207A open less than required	1. Potential tube burst at line pass A 86F-202	56. 86FAL-207A	D	3	D3	Activation Alarm System
					53. Fire extinguisher				
					54. Fire brigade				
					55. Fire Truck				
86-FT-207B	<i>High</i>	<i>High Flow</i>	86FV-207B fail open	1. Decrease COT at 86F-202 lead to	73. 86TI-230B	C	2	C2	Tuning loop control for actuator
					68. 86TI-233				
					69. 86PIC-269				

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>	<i>Recommendation</i>
				higher fuel consumption	70. 86PIC-271				
					71. 86PDIC-267				
					72. 86PDIC-233				
	<i>Low</i>	<i>Low Flow</i>	86FV-207B open less than required	1. Potential tube burst at line pass B 86F-202	52. 86FAL-207B	C	3	C3	Activation Alarm System
					53. Fire extinguisher				
					54. Fire brigade 55. Fire Truck				
86-FT-207C	<i>High</i>	<i>High Flow</i>	86FV-207C fail open	1. Decrease COT at 86F-202 lead to higher fuel consumption	74. 86TI-230C	D	2	D2	Tuning loop control for actuator
					68. 86TI-233				
					69. 86PIC-269				
					70. 86PIC-271				
					71. 86PDIC-267				
	72. 86PDIC-233								
	<i>Low</i>	<i>Low Flow</i>	86FV-207C open less	1. Potential tube burst at line pass C 86F-202	57. 86FAL-207C	D	3	D3	Activation Alarm System
53. Fire extinguisher									

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>	<i>Recommendation</i>
			than required		54. Fire brigade 55. Fire Truck				
86-FT-207D	<i>High</i>	<i>High Flow</i>	86FV-207D fail open	1. Decrease COT at 86F-202 lead to higher fuel consumption	75. 86TI-230D	C	2	C2	Tuning loop control for actuator
					68. 86TI-233				
					69. 86PIC-269				
					70. 86PIC-271				
					71. 86PDIC-267				
	72. 86PDIC-233								
<i>Low</i>	<i>Low Flow</i>	86FV-207D open less than required	1. Potential tube burst at line pass D 86F-202	58. 86FAL-207D	C	3	C3	Activation Alarm System	
				53. Fire extinguisher					
				54. Fire brigade 55. Fire Truck					
86-LT-205	<i>High</i>	<i>High Level</i>	86LV-205 fail close	1. High level stripper column 86C-201 lead to poor separation resulting in benzene carry over	40. 86LIC-205	C	2	C2	Activation Alarm System
					42. 86LAH-205				

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>	<i>Recommendation</i>
				to overhead product stripper column 86C-201					
			86LV-205 open less than required	1. Potential high level stripper column 86C-201 lead to poor separation resulting in benzene carry over to overhead product stripper column 86C-201	40. 86LIC-205 42. 86LAH-205	C	2	C2	
			86LV-205 stuck open	1. High level at Tatoray Benzene Column 86C-202 lead to bottom product carry over to overhead Tatoray Benzene Column 86C-202	64. 86LIC-209 65. 86LAH-209 Adjust local valve 4" 86LV-205 (mitigative)	C	2	C2	Adjusting local valve LV-205
	<i>Low</i>	<i>Low Level</i>	86LV-205 fail close	1. Low level at 86C-202 lead to cavitation at 86P-	43. 86LIC-209 44. 86LAL-209	C	2	C2	

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>	<i>Recommendation</i>
				205 and loss product C6A+					
			86LV-205 open less than required	1. Potential low level at 86C-202 lead to cavitation at 86P-205 and loss product C6A+	43. 86LIC-209 44. 86LAL-209	C	2	C2	
			86LV-205 stuck open	1. Low level stripper column 86C-201 lead to cavitation at 86P-202 A/B	40. 86LIC-205 41. 86LAL-205	C	2	C2	Activation Alarm System
			86LV-203 fail close	1. High level at 86V-202 lead to hydrocarbon carryover to overhead product separator (86V-202)	38. 86LIC-203 39. 86LAH-203 18. 86AT-202	C	3	C3	
86-LT-203	High	High Level	86LV-203 open less than required	1. Potential high level at 86V-202 lead to hydrocarbon carryover to overhead product separator (86V-202)	38. 86LIC-203 39. 86LAH-203 18. 86AT-202	C	3	C3	

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>	<i>Recommendation</i>
	<i>Low</i>	<i>Low Level</i>	86LV-203 fail close	1. Low level stripper column 86C-201 lead to cavitation at 86P-202 A/B	40. 86LIC-205	C	2	C2	
					41. 86LAL-205				
			86LV-203 open less than required	1. Potential low level stripper column 86C-201 lead to cavitation at 86P-202 A/B	40. 86LIC-205	C	2	C2	
					41. 86LAL-205				
			86LV-203 stuck open	1. Low level at 86V-202 lead to hydrogen carry over to Stripper Column 86C-201	59. 86LIC-203	C	2	C2	
					60. 86LAL-203				
61. Adjust local valve 4" 86LV-203 (mitigative)									
Adjusting local valve LV-203									

Section: Furnace 86-F-202

Node: Fuel Gas Header to 86-F-202

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>	<i>Recommendation</i>
86-PDT-233	<i>High</i>	<i>High Pressure</i>	Strainer line pilot burner 86-F202 unplugged	1. Potential pilot burner light off leading to unsafe condition furnace 86-F-202	6. SOP Operation 142. Fire hydrant 53. Fire extinguisher	B	2	B2	
	<i>Low</i>	<i>Low Pressure</i>	Strainer line pilot burner 86-F202 plugged	1. Potential pilot burner light off leading to unsafe condition furnace 86-F-202	6. SOP Operation 142. Fire hydrant 53. Fire extinguisher	B	2	B2	
86-PT-271	<i>High</i>	<i>High Pressure</i>	86PV-271 failed close	1. Higher fuel gas pressure resulting in potential fire/explosion leading to injury/fatality	6. SOP Operation 142. Fire hydrant 53. Fire extinguisher 54. Fire brigade	C	2	C2	Tuning loop control for actuator

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>	<i>Recommendation</i>
	<i>Low</i>	<i>Low Pressure</i>	86PV-271 open less than required	1. Potential decrease COT 86F-202 lead to poor separation at 86C-201 resulting in overhead product carry over to bottom product	70. 86PIC-271	C	2	C2	
121. 86PAL-271									
68. 86TI-233									
72. 86PDIC-233									
122. 86PDAL-233			C	2	C2				
122. 86PDAL-233									
72. 86PDIC-233									
69. 86PIC-269									
123. 86FI-223									

Section: Furnace 86-F-202

Node: Fuel Oil Header to 86-F-202

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>	<i>Recommendation</i>
86-PDT-233	<i>High</i>	<i>High Pressure</i>	Strainer line pilot burner 86-F202 unplugged	1. Potential pilot burner light off leading to unsafe condition furnace 86-F-202	6. SOP Operation 142. Fire hydrant 53. Fire extinguisher	B	2	B2	
	<i>Low</i>	<i>Low Pressure</i>	Strainer line pilot burner 86-F202 plugged	1. Potential pilot burner light off leading to unsafe condition furnace 86-F-202	6. SOP Operation 142. Fire hydrant 53. Fire extinguisher	B	2	B2	
86-PT-269	<i>High</i>	<i>High Pressure</i>	86PV-269 stuck open	1. Potential high pressure fuel oil to burner 86F-202 lead to increase COT 86F-202 resulting in poor	69. 86PIC-269 72. 86PDIC-233 145. 86AI-204 146. 86AAL-204 68. 86TI-233 6. SOP Operation	C	2	C2	Activation Alarm System

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>	<i>Recommendation</i>
				separation at 86C-202 and potential tube burst at 86F-202	142. Fire hydrant 53. Fire extinguisher 54. Fire brigade				
	<i>Low</i>	<i>Low Pressure</i>	86PV-269 open less than required	1. Potential decrease COT 86F-202 lead to poor separation at 86C-201 resulting in overhead product carry over to bottom product 2. Potential increase fuel gas consumption at 86F-202	68. 86TI-233 72. 86PDIC-233 69. 86PIC-269 144. 86PAL-269 71. 86PDIC-267 70. 86PIC-271	C	2	C2	Tuning loop control for actuator

Section: Furnace 86-F-202

Node: MP Steam for Atomizing 86-F-202

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>	<i>Recommendation</i>
86-PDT-267	<i>High</i>	<i>High Pressure</i>	86PDV-267 stuck open	1. Potential flame off at 86F-202 lead to decrease COT resulting in poor separation at 86C-201	68. 86TI-233 72. 86PDIC-233 70. 86PIC-271	C	2	C2	
	<i>Low</i>	<i>Low Pressure</i>	86PDV-267 open less than required	1. Potential poor atomizing at 86F-202 lead to incomplete combustion resulting in unsafe furnace condition (oil dripping lead to potential flash at 86F-202)	153. 86PI-265 154. 86PAL-265 155. 86PALL-265 156. 86PSL-265 157. 86PSLL-265 145. 86AI-204 6. SOP Operation 142. Fire hydrant 53. Fire extinguisher	C	2	C2	Activation Alarm System

LAMPIRAN E VALIDASI HASIL WAWANCARA

Wawancara dilakukan dengan Bapak Khusnan selaku salah satu engineer PT. Pertamina (Persero) RU IV Cilacap. Wawancara ini membahas mengenai validasi data untuk kategori *likelihood* dan *severity* untuk Unit Tatoray. Adapun hasil mengenai *likelihood* dan *severity* telah dicantumkan seperti pada lampiran D HAZOP *Worksheet*.

Cilacap, 30 April 2019

Mengetahui,

A handwritten signature in black ink on a light-colored rectangular background. The signature is stylized and appears to read 'Kusnan A.'.

Kusnan A.
(Instrument Technician I)

No. Peg. 754363

LAMPIRAN F MATLAB SYNTAX

Fungsi Objektif Furnace 201

```
function [PFDavg, LCC]=objf_newwiduri(x)
%variabel optimisasi instrument
TT215a=round(x(1));
TT215b=round(x(2));
TT215c=round(x(3));
TT215d=round(x(4));
TT215e=round(x(5));
TT215f=round(x(6));
TV215a=round(x(31));
TV215b=round(x(32));
TV215c=round(x(33));
TV215d=round(x(34));
TV215e=round(x(35));
TV215f=round(x(36));
%permisalan loop pengendalian
i1=round(x(67));
i6=round(x(72));
%inisiiasi variabel
Ti = 720;
Tr = 8;
Csd = 1000000;
Cacc = 150000000;
Facc = 8.55*(10)^(-3);
Cinscomm = 600;
Cpm=240;
Ct=60;
%beberapa inisiiasi Cmoon instrument
%inisiiasi Cmoon (TT215)
if i1==1
    Cx=0;
    Nx=1;
    Ctest1=Ct*Nx;
    Cpml=Cpm*Nx;
elseif i1==2
    Cx=1;
    Nx=2;
    Ctest1=Ct*Nx;
    Cpml=Cpm*Nx;
elseif i1==3
    Cx=0.3;
    Nx=3;
    Ctest1=Ct*Nx;
    Cpml=Cpm*Nx;
elseif i1==4
    Cx=0.15;
    Nx=4;
    Ctest1=Ct*Nx;
    Cpml=Cpm*Nx;
```

```

elseif i1==5
    Cx=0.08;
    Nx=5;
    Ctest1=Ct*Nx;
    Cpm1=Cpm*Nx;
elseif i1==6
    Cx=0.04;
    Nx=6;
    Ctest1=Ct*Nx;
    Cpm1=Cpm*Nx;
end

%inisiiasi Cmoon (TV215)
if i6==1
    Cx=0;
    Nx=1;
    Ctest6=Ct*Nx;
    Cpm6=Cpm*Nx;
elseif i6==2
    Cx=1;
    Nx=2;
    Ctest6=Ct*Nx;
    Cpm6=Cpm*Nx;
elseif i6==3
    Cx=0.3;
    Nx=3;
    Ctest6=Ct*Nx;
    Cpm6=Cpm*Nx;
elseif i6==4
    Cx=0.65;
    Nx=4;
    Ctest6=Ct*Nx;
    Cpm6=Cpm*Nx;
elseif i6==5
    Cx=0.08;
    Nx=5;
    Ctest6=Ct*Nx;
    Cpm6=Cpm*Nx;
elseif i6==6
    Cx=0.04;
    Nx=6;
    Ctest6=Ct*Nx;
    Cpm6=Cpm*Nx;
end

%teknologi level/flow/presuure transmitter jenis A (Smart
Transmitter)
Xdd1a = 0.048*(10)^(-6);
Xdula = 0.103*(10)^(-6);
Xsdl1a = 0.265*(10)^(-6);
Xsula = 0.118*(10)^(-6);
Xt1a = 0.534*(10)^(-6);

```

```

Bdd1a = 0.1;
Bdula = 0.1;
Bsula = 0.1;
Bsd1a = 0.05;
PFD1a = ((1-(Cx*Bdd1a))*Xdd1a*Tr)+((1-
(Cx*Bdula))*Xdula*((Ti/2)+Tr));
STR1a = ((1-(Cx*Bsd1a))*Xsd1a*Tr)+((1-(Cx*Bsula))*Xsula);
Cpurchasela = 4844;
Ccm1a = Xt1a*480;
Cpro1a = (Cpurchasela+Cinscomm);

%teknologi level/flow/pressure transmitter jenis B
(Conventional Electronic Transmitter)
Xdd1b = 0.97*(10)^(-6);
Xdulb = 0.93*(10)^(-6);
Xsd1b = 1.21*(10)^(-6);
Xsulb = 0.95*(10)^(-6);
Xt1b = 4.06*(10)^(-6);
Bdd1b = 0.1;
Bdulb = 0.1;
Bsulb = 0.1;
Bsd1b = 0.1;
PFD1b = ((1-(Cx*Bdd1b))*Xdd1b*Tr)+((1-
(Cx*Bdulb))*Xdulb*((Ti/2)+Tr));
STR1b = ((1-(Cx*Bsd1b))*Xsd1b*Tr)+((1-(Cx*Bsulb))*Xsulb);
Cpurchaselb = 3206;
Ccm1b = Xt1b*480;
Cpro1b = (Cpurchaselb+Cinscomm);

%teknologi level/flow/pressure transmitter jenis C (Switch)
Xdd1c = 0.41*(10)^(-6);
Xdulc = 3.70*(10)^(-6);
Xsd1c = 0.68*(10)^(-6);
Xsulc = 6.13*(10)^(-6);
Xt1c = 10.92*(10)^(-6);
Bdd1c = 0.1;
Bdulc = 0.1;
Bsulc = 0.1;
Bsd1c = 0.1;
PFD1c = ((1-(Cx*Bdd1c))*Xdd1c*Tr)+((1-
(Cx*Bdulc))*Xdulc*((Ti/2)+Tr));
STR1c = ((1-(Cx*Bsd1c))*Xsd1c*Tr)+((1-(Cx*Bsulc))*Xsulc);
Cpurchaselc = 500;
Ccm1c = Xt1c*480;
Cpro1c = (Cpurchaselc+Cinscomm);

%teknologi temperature transmitter jenis A (Smart
Transmitter)
Xdd2a = 0.026*(10)^(-6);
Xdu2a = 0.322*(10)^(-6);
Xsd2a = 5.05*(10)^(-6);

```

```

Xsu2a = 0.11*(10)^(-6);
Xt2a = 5.508*(10)^(-6);
Bdd2a = 0.1;
Bdu2a = 0.1;
Bsu2a = 0.1;
Bsd2a = 0.05;
PFD2a = ((1-(Cx*Bdd2a))*Xdd2a*Tr)+((1-
(Cx*Bdu2a))*Xdu2a*((Ti/2)+Tr));
STR2a = ((1-(Cx*Bsd2a))*Xsd2a*Tr)+((1-(Cx*Bsu2a))*Xsu2a);
Cpurchase2a = 2560;
Ccm2a = Xt2a*480;
Cpro2a =(Cpurchase2a+Cinscomm);

```

```

%teknologi temperature transmitter jenis B (Conventional
Electronic Transmitter)

```

```

Xdd2b = 1.57*(10)^(-6);
Xdu2b = 1.88*(10)^(-6);
Xsd2b = 6.5*(10)^(-6);
Xsu2b = 0.98*(10)^(-6);
Xt2b = 10.92*(10)^(-6);
Bdd2b = 0.1;
Bdu2b = 0.1;
Bsu2b = 0.1;
Bsd2b = 0.1;
PFD2b = ((1-(Cx*Bdd2b))*Xdd2b*Tr)+((1-
(Cx*Bdu2b))*Xdu2b*((Ti/2)+Tr));
STR2b = ((1-(Cx*Bsd2b))*Xsd2b*Tr)+((1-(Cx*Bsu2b))*Xsu2b);
Cpurchase2b =1406;
Ccm2b = Xt2b*480;
Cpro2b =(Cpurchase2b+Cinscomm);

```

```

%teknologi temperature transmitter jenis C (Switch)

```

```

Xdd2c = 0.76*(10)^(-6);
Xdu2c = 6.84*(10)^(-6);
Xsd2c = 0.92*(10)^(-6);
Xsu2c = 8.30*(10)^(-6);
Xt2c = 16.82*(10)^(-6);
Bdd2c = 0.1;
Bdu2c = 0.1;
Bsu2c = 0.1;
Bsd2c = 0.1;
PFD2c = ((1-(Cx*Bdd2c))*Xdd2c*Tr)+((1-
(Cx*Bdu2c))*Xdu2c*((Ti/2)+Tr));
STR2c = ((1-(Cx*Bsd2c))*Xsd2c*Tr)+((1-(Cx*Bsu2c))*Xsu2c);
Cpurchase2c =500;
Ccm2c = Xt2c*480;
Cpro2c =(Cpurchase2c+Cinscomm);

```

```

%teknologi valve jenis A (Air Operated)

```

```

Xdd3a = 0.084*(10)^(-6);
Xdu3a = 2.51*(10)^(-6);

```

```

Xsd3a = 0;
Xsu3a = 3.94*(10)^(-6);
Xt3a = 7.29*(10)^(-6);
Bdd3a = 0.1;
Bdu3a = 0.1;
Bsu3a = 0.1;
Bsd3a = 0.1;
PFD3a = ((1-(Cx*Bdd3a))*Xdd3a*Tr)+((1-
(Cx*Bdu3a))*Xdu3a*((Ti/2)+Tr));
STR3a = ((1-(Cx*Bsd3a))*Xsd3a*Tr)+((1-(Cx*Bsu3a))*Xsu3a);
Cpurchase3a = 6940;
Ccm3a = Xt3a*480;
Cpro3a = (Cpurchase3a+Cinscomm);

```

```

%teknologi valve jenis B (Hydraulic Operated)

```

```

Xdd3b = 1.09*(10)^(-6);
Xdu3b = 4.35*(10)^(-6);
Xsd3b = 0;
Xsu3b = 3.17*(10)^(-6);
Xt3b = 8.61*(10)^(-6);
Bdd3b = 0.1;
Bdu3b = 0.1;
Bsu3b = 0.1;
Bsd3b = 0.1;
PFD3b = ((1-(Cx*Bdd3b))*Xdd3b*Tr)+((1-
(Cx*Bdu3b))*Xdu3b*((Ti/2)+Tr));
STR3b = ((1-(Cx*Bsd3b))*Xsd3b*Tr)+((1-(Cx*Bsu3b))*Xsu3b);
Cpurchase3b = 6400;
Ccm3b = Xt3b*480;
Cpro3b = (Cpurchase3b+Cinscomm);

```

```

%teknologi valve jenis C (Motor Operated)

```

```

Xdd3c = 0.79*(10)^(-6);
Xdu3c = 7.11*(10)^(-6);
Xsd3c = 0;
Xsu3c = 9.17*(10)^(-6);
Xt3c = 17.07*(10)^(-6);
Bsd3c = 0.1;
Bdd3c = 0.1;
Bdu3c = 0.1;
Bsu3c = 0.1;
PFD3c = ((1-(Cx*Bdd3c))*Xdd3c*Tr)+((1-
(Cx*Bdu3c))*Xdu3c*((Ti/2)+Tr));
STR3c = ((1-(Cx*Bsd3c))*Xsd3c*Tr)+((1-(Cx*Bsu3c))*Xsu3c);
Cpurchase3c = 6200;
Ccm3c = Xt3c*480;
Cpro3c = (Cpurchase3c+Cinscomm);

```

```

%pemilihan jenis teknologi salah satu instrument (TT215)

```

```

if TT215a==1
    PFDTT215a=PFD2a;

```



```

        STRTT215a=STR2a;
        CproTT215a=Cpro2a;
        CcmTT215a=Ccm2a;
elseif TT215a==2
        PFDTT215a=PFD2b;
        STRTT215a=STR2b;
        CproTT215a=Cpro2b;
        CcmTT215a=Ccm2b;
elseif TT215a==3
        PFDTT215a=PFD2c;
        STRTT215a=STR2c;
        CproTT215a=Cpro2c;
        CcmTT215a=Ccm2c;
end

if TT215b==1
        PFDTT215b=PFD2a;
        STRTT215b=STR2a;
        CproTT215b=Cpro2a;
        CcmTT215b=Ccm2a;
elseif TT215b==2
        PFDTT215b=PFD2b;
        STRTT215b=STR2b;
        CproTT215b=Cpro2b;
        CcmTT215b=Ccm2b;
elseif TT215b==3
        PFDTT215b=PFD2c;
        STRTT215b=STR2c;
        CproTT215b=Cpro2c;
        CcmTT215b=Ccm2c;
end

if TT215c==1
        PFDTT215c=PFD2a;
        STRTT215c=STR2a;
        CproTT215c=Cpro2a;
        CcmTT215c=Ccm2a;
elseif TT215c==2
        PFDTT215c=PFD2b;
        STRTT215c=STR2b;
        CproTT215c=Cpro2b;
        CcmTT215c=Ccm2b;
elseif TT215c==3
        PFDTT215c=PFD2c;
        STRTT215c=STR2c;
        CproTT215c=Cpro2c;
        CcmTT215c=Ccm2c;
end

if TT215d==1
        PFDTT215d=PFD2a;

```

```

        STRTT215d=STR2a;
        CproTT215d=Cpro2a;
        CcmTT215d=Ccm2a;
elseif TT215d==2
    PFDTT215d=PFD2b;
    STRTT215d=STR2b;
    CproTT215d=Cpro2b;
    CcmTT215d=Ccm2b;
elseif TT215d==3
    PFDTT215d=PFD2c;
    STRTT215d=STR2c;
    CproTT215d=Cpro2c;
    CcmTT215d=Ccm2c;
end
if TT215e==1
    PFDTT215e=PFD2a;
    STRTT215e=STR2a;
    CproTT215e=Cpro2a;
    CcmTT215e=Ccm2a;
elseif TT215e==2
    PFDTT215e=PFD2b;
    STRTT215e=STR2b;
    CproTT215e=Cpro2b;
    CcmTT215e=Ccm2b;
elseif TT215e==3
    PFDTT215e=PFD2c;
    STRTT215e=STR2c;
    CproTT215e=Cpro2c;
    CcmTT215e=Ccm2c;
end
if TT215f==1
    PFDTT215f=PFD2a;
    STRTT215f=STR2a;
    CproTT215f=Cpro2a;
    CcmTT215f=Ccm2a;
elseif TT215f==2
    PFDTT215f=PFD2b;
    STRTT215f=STR2b;
    CproTT215f=Cpro2b;
    CcmTT215f=Ccm2b;
elseif TT215f==3
    PFDTT215f=PFD2c;
    STRTT215f=STR2c;
    CproTT215f=Cpro2c;
    CcmTT215f=Ccm2c;
end

%pemilihan jenis teknologi salah satu instrument (TV215)
if TV215a==1
    PFDTV215a=PFD3a;
    STRTV215a=STR3a;

```

```
CproTV215a=Cpro3a;
CcmTV215a=Ccm3a;
elseif TV215a==2
PFDTV215a=PF3b;
STRTV215a=STR3b;
CproTV215a=Cpro3b;
CcmTV215a=Ccm3b;
elseif TV215a==3
PFDTV215a=PF3c;
STRTV215a=STR3c;
CproTV215a=Cpro3c;
CcmTV215a=Ccm3c;
end

if TV215b==1
PFDTV215b=PF3a;
STRTV215b=STR3a;
CproTV215b=Cpro3a;
CcmTV215b=Ccm3a;
elseif TV215b==2
PFDTV215b=PF3b;
STRTV215b=STR3b;
CproTV215b=Cpro3b;
CcmTV215b=Ccm3b;
elseif TV215b==3
PFDTV215b=PF3c;
STRTV215b=STR3c;
CproTV215b=Cpro3c;
CcmTV215b=Ccm3c;
end

if TV215c==1
PFDTV215c=PF3a;
STRTV215c=STR3a;
CproTV215c=Cpro3a;
CcmTV215c=Ccm3a;
elseif TV215c==2
PFDTV215c=PF3b;
STRTV215c=STR3b;
CproTV215c=Cpro3b;
CcmTV215c=Ccm3b;
elseif TV215c==3
PFDTV215c=PF3c;
STRTV215c=STR3c;
CproTV215c=Cpro3c;
CcmTV215c=Ccm3c;
end

if TV215d==1
PFDTV215d=PF3a;
STRTV215d=STR3a;
```

```

        CproTV215d=Cpro3a;
        CcmTV215d=Ccm3a;
elseif TV215d==2
    PFDTV215d=PF3b;
    STRTV215d=STR3b;
    CproTV215d=Cpro3b;
    CcmTV215d=Ccm3b;
elseif TV215d==3
    PFDTV215d=PF3c;
    STRTV215d=STR3c;
    CproTV215d=Cpro3c;
    CcmTV215d=Ccm3c;
end
if TV215e==1
    PFDTV215e=PF3a;
    STRTV215e=STR3a;
    CproTV215e=Cpro3a;
    CcmTV215e=Ccm3a;
elseif TV215e==2
    PFDTV215e=PF3b;
    STRTV215e=STR3b;
    CproTV215e=Cpro3b;
    CcmTV215e=Ccm3b;
elseif TV215e==3
    PFDTV215e=PF3c;
    STRTV215e=STR3c;
    CproTV215e=Cpro3c;
    CcmTV215e=Ccm3c;
end
if TV215f==1
    PFDTV215f=PF3a;
    STRTV215f=STR3a;
    CproTV215f=Cpro3a;
    CcmTV215f=Ccm3a;
elseif TV215f==2
    PFDTV215f=PF3b;
    STRTV215f=STR3b;
    CproTV215f=Cpro3b;
    CcmTV215f=Ccm3b;
elseif TV215f==3
    PFDTV215f=PF3c;
    STRTV215f=STR3c;
    CproTV215f=Cpro3c;
    CcmTV215f=Ccm3c;
end
%inisiasi PFD dan STR untuk salah satu loop pengendalian il
(TT215)
if il==1
    PFDTT215=PFDTT215a;
    STRTT215=STRTT215a;
    CproTT215=CproTT215a;

```

```

    CcmTT215=CcmTT215a;
elseif i1==2
    PFDTT215=PFDTT215a+PFDTT215b;
    STRTT215=STRTT215a+STRTT215b;
    CproTT215=CproTT215a+CproTT215b;
    CcmTT215=CcmTT215a+CcmTT215b;
elseif i1==3
    PFDTT215=PFDTT215a+PFDTT215b+PFDTT215c;
    STRTT215=STRTT215a+STRTT215b+STRTT215c;
    CproTT215=CproTT215a+CproTT215b+CproTT215c;
    CcmTT215=CcmTT215a+CcmTT215b+CcmTT215c;
elseif i1==4
    PFDTT215=PFDTT215a+PFDTT215b+PFDTT215c+PFDTT215d;
    STRTT215=STRTT215a+STRTT215b+STRTT215c+STRTT215d;
    CproTT215=CproTT215a+CproTT215b+CproTT215c+CproTT215d;
    CcmTT215=CcmTT215a+CcmTT215b+CcmTT215c+CcmTT215d;
elseif i1==5
    PFDTT215=PFDTT215a+PFDTT215b+PFDTT215c+PFDTT215d+PFDTT215e;
    STRTT215=STRTT215a+STRTT215b+STRTT215c+STRTT215d+STRTT215e;
    CproTT215=CproTT215a+CproTT215b+CproTT215c+CproTT215d+CproTT
    215e;
    CcmTT215=CcmTT215a+CcmTT215b+CcmTT215c+CcmTT215d+CcmTT215e;
elseif i1==6
    PFDTT215=PFDTT215a+PFDTT215b+PFDTT215c+PFDTT215d+PFDTT215e+P
    FDTT215f;
    STRTT215=STRTT215a+STRTT215b+STRTT215c+STRTT215d+STRTT215e+S
    TRTT215f;
    CproTT215=CproTT215a+CproTT215b+CproTT215c+CproTT215d+CproTT
    215e+CproTT215f;
    CcmTT215=CcmTT215a+CcmTT215b+CcmTT215c+CcmTT215d+CcmTT215e+C
    cmTT215f;
end
%inisiasi PFD dan STR untuk salah satu loop pengendalian i6
(TV215)
if i6==1
    PFDTV215=PFDTV215a;
    STRTV215=STRTV215a;
    CproTV215=CproTV215a;
    CcmTV215=CcmTV215a;
elseif i6==2
    PFDTV215=PFDTV215a+PFDTV215b;
    STRTV215=STRTV215a+STRTV215b;
    CproTV215=CproTV215a+CproTV215b;
    CcmTV215=CcmTV215a+CcmTV215b;
elseif i6==3
    PFDTV215=PFDTV215a+PFDTV215b+PFDTV215c;
    STRTV215=STRTV215a+STRTV215b+STRTV215c;
    CproTV215=CproTV215a+CproTV215b+CproTV215c;
    CcmTV215=CcmTV215a+CcmTV215b+CcmTV215c;
elseif i6==4
    PFDTV215=PFDTV215a+PFDTV215b+PFDTV215c+PFDTV215d;

```

```

STRTV215=STRTV215a+STRTV215b+STRTV215c+STRTV215d;
CproTV215=CproTV215a+CproTV215b+CproTV215c+CproTV215d;
CcmTV215=CcmTV215a+CcmTV215b+CcmTV215c+CcmTV215d;
elseif i6==5
PFDTV215=PFDTV215a+PFDTV215b+PFDTV215c+PFDTV215d+PFDTV215e;
STRTV215=STRTV215a+STRTV215b+STRTV215c+STRTV215d+STRTV215e;
CproTV215=CproTV215a+CproTV215b+CproTV215c+CproTV215d+CproTV
215e;
CcmTV215=CcmTV215a+CcmTV215b+CcmTV215c+CcmTV215d+CcmTV215e;
elseif i6==6
PFDTV215=PFDTV215a+PFDTV215b+PFDTV215c+PFDTV215d+PFDTV215e+P
FDTV215f;
STRTV215=STRTV215a+STRTV215b+STRTV215c+STRTV215d+STRTV215e+S
TRTV215f;
CproTV215=CproTV215a+CproTV215b+CproTV215c+CproTV215d+CproTV
215e+CproTV215f;
CcmTV215=CcmTV215a+CcmTV215b+CcmTV215c+CcmTV215d+CcmTV215e+
end
%properti PLC
Xddplc = 0.026*(10)^(-6);
Xduplc = 0.006*(10)^(-6);
Xsdplc = 1.73*(10)^(-6);
Xsuplc = 1.73*(10)^(-6);
Xtplc = 3.492*(10)^(-6);
Bddplc = 0.1;
Bduplc = 0.1;
Bsuplc = 0.1;
Bsdplc = 0.1;
%PFD PLC
PFDplc = ((1-(Cx*Bddplc))*Xddplc*Tr)+((1-
(Cx*Bduplc))*Xduplc*((Ti/2)+Tr))*6;
%STR PLC
STRplc = ((1-(Cx*Bsdplc))*Xsdplc*Tr)+((1-
(Cx*Bsuplc))*Xsuplc)*6;
%Cpro PLC
Cpurchaseplc = 40000;
Cproplc = (Cpurchaseplc+Cinscomm)*6;
%Cpm PLC
Cpmpplc = 960*6;
% Ctest PLC
Ctestplc = 240*6;
%Ccm PLC
Ccmplc = Xtplc*8000*6;
PFDavg=PFDFV215+PFDTT215+PFDTT202+PFDPV257+PFDPV256+PFDPV254+PFDplc;
STRavg=STRFT201+STRTT215+STRTT202+STRPT257+STRPT256+STRPDT25
4+STRFV201+STRTV215+STRPV257+STRPV256+STRPDV254+STRplc;
Cpro=CproFT201+CproTT215+CproTT202+CproPT257+CproPT256+CproP
DT254+CproFV201+CproTV215+CproPV257+CproPV256+CproPDV254+Cpr
opl;

```



```

        batas(i) = ra(i)-rb(i);
end
for i =1:Npop
    for j = 1:Nvar
        Desimal(i,j) = bi2de(Bangkit(i, ((j*Nbit)-(Nbit-
1)):(j*Nbit)), 'left-msb');
        Individu(i,j) = (Desimal(i,j)*batas(:,j)-
batas(:,j)+rb(:,j)*(2^Nbit-1))/(2^Nbit-1);
    end
end

Datfit = [];
variabel = [];
for i = 1:size(Individu,1)
    fitness = -objf_newwiduri(Individu(i,:));
    Datfit = [Datfit;fitness];
    [fitemax,nmax]=max(Datfit);
end

Dadatfit = [];
for generasi=1:Maxit
    disp('GA processing')
    clear command windows
    clear command history
    clear memory

    if generasi > 1
        sort_fit = sortrows(sort,Nbit*Nvar+1);
        Individu1 = sort_fit(round((1-el)*Npop+1):Npop,:);
        remain = sort_fit(round(el*Npop+1:Npop,:));

        X = Individu1;
        M = size(X,1);

        sumfitness = sum(Datfit);
        for i=1:M
            Prob(i) = Datfit(i)/sumfitness;
        end
        for i=2:M
            Prob(i) = Prob(i)+Prob(i-1);
        end
        for i=1:M
            n=rand;
            k=1;
            for j=1:M-1
                if (n>Prob(j))
                    k=j+1;
                end
            end
            Xparents(i,:) = X(k,:);
        end
end

```



```

%Crossover
[M,d] = size(Xparents);
Xcrossed = Xparents;
for i=1:2:M-1
    c=rand;
    if (c<=Pc)
        p=ceil((d-1)*rand);
        Xcrossed(i,:) = [Xparents(i,1:p)
Xparents(i+1,p+1:d)];
        Xcrossed(i+1,:) = [Xparents(i+1,1:p)
Xparents(i,p+1:d)];
    end
end
if (M/2~=floor(M/2))
    c=rand;
    if (c<=Pc)
        p=ceil((d-1)*rand);
        str=ceil((M-1)*rand);
        Xcrossed(M,:) = [Xparents(M,1:p)
Xparents(str,p+1:d)]; %the first child is chosen
    end
end

%Mutasi
[M,d] = size(Xcrossed);
Xnew=Xcrossed;
for i=1:M
    for j=1:d
        p=rand;
        if (p<=Pm)
            Xnew(i,j)=1-Xcrossed(i,j);
        end
    end
end

disp('New fitness calculation');

Bangkit =
[Xnew(:,1:Nbit*Nvar);remain(:,1:Nbit*Nvar)];
end
eBangkit = [eBangkit; Bangkit];

for i =1:Npop
    for j = 1:Nvar;
        Desimal(i,j) = bi2de(Bangkit(i, ((j*Nbit)-(Nbit-1)):(j*Nbit)), 'left-msb');
        Individu(i,j) = (Desimal(i,j)*batas(:,j)-
batas(:,j)+rb(:,j)*(2^Nbit-1))/(2^Nbit-1);
    end
end
end

```

```

Datfit = [];
for i = 1:Npop
    fitness = -objf_newwiduri (Individu(i,:));
    Datfit = [Datfit;fitness];
    [fitemax,nmax] = max(Datfit);
end

Dadatfit = Datfit;
eDadatfit = [eDadatfit;Dadatfit];
eIndividu = [eIndividu;Individu];
[fitnessmax,nmax] = max(eDadatfit);
efitnessmax = [efitnessmax;fitnessmax];
BangkitMax = eBangkit(nmax,:);
IndividuMax = eIndividu(nmax,:);
eIndividuMax = [eIndividuMax;IndividuMax];
BangkitMaxlast = BangkitMax;
schedmax = BangkitMax;
sort = [Bangkit Dadatfit];
summary = [summary; sort];
david = [david; Dadatfit];

clc
max_variable_design=eIndividuMax(1,:)
max_objective_function=fitness(1,:)
figure(gcf)
title('Grafik Nilai Minimum PFDavg','color','b')
xlabel('Jumlah Iterasi')
ylabel('PFDavg')
hold on
plot(-efitnessmax, 'DisplayName', 'efitnessmax',
'YDataSource', 'efitnessmax');
hold on
end

```

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Widuri Nur Afifah atau biasa dipanggil Widuri, dilahirkan di Tegal, 17 Desember 1997. Tempat tinggal di Jalan Jambangan Gang 7B Nomor 11 Surabaya. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SD Laboratorium UNESA Surabaya pada tahun 2009, pendidikan di SMP Negeri 22 Surabaya pada tahun 2012, pendidikan di SMA Negeri 15 Surabaya pada tahun 2015 dan pendidikan sarjana ditempuh di Departemen Teknik Fisika ITS melalui jalur SNMPTN. Selama aktif menjadi mahasiswa, penulis bergabung dalam Laboratorium Rekayasa Bahan sebagai asisten. Selain itu, penulis memiliki pengalaman yaitu pernah menjalani internship selama 3 bulan di PT. Indonesia Power UJP PLTU 2 Adipala Cilacap. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, maka dapat menghubungi penulis melalui email widurinurafifah@gmail.com.