



TUGAS AKHIR - TF 181801

**HAZOP DAN OPTIMISASI *SAFETY INSTRUMENTED SYSTEM* BERDASARKAN PERHITUNGAN RAMS+C PADA *SUPERHEAT BURNER* PT. PETROKIMIA GRESIK**

SYAHRIL ARISDIANTA  
NRP. 02311745000006

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

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





**FINAL PROJECT - TF 181801**

**HAZOP AND OPTIMIZATION OF SAFETY  
INSTRUMENTED SYSTEM BASED ON RAMS+C  
MEASUREMENT AT SUPERHEAT BURNER  
PT. PETROKIMIA GRESIK**

**SYAHRIL ARISDIANTA  
NRP. 02311745000006**

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

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



## PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Syahril Arisdianta  
NRP : 02311745000006  
Departemen/Prodi : Teknik Fisika/S1 Teknik Fisika  
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri  
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul **“HAZOP DAN OPTIMISASI SAFETY INSTRUMENTED SYSTEM BERDASARKAN PERHITUNGAN RAMS+C PADA SUPERHEAT BURNER PT. PERTROKIMIA GRESIK”** adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 22 Juli 2019  
Yang membuat pernyataan,



Syahril Arisdianta  
NRP. 02311745000006



**LEMBAR PENGESAHAN**

**HAZOP DAN OPTIMISASI SAFETY INSTRUMENTED  
SYSTEM BERDASARKAN PERHITUNGAN RAMS+C  
PADA SUPERHEAT BURNER PT. PERTROKIMIA  
GRESIK**

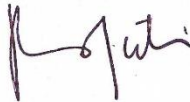
**TUGAS AKHIR**

Oleh:

Syahril Arisdianta  
NRP. 02311745000006

Surabaya, 22 Juli 2019

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing



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

Mengetahui,  
Ketua Departemen  
Teknik Fisika FTI-ITS



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





## LEMBAR PERSETUJUAN

### **HAZOP DAN OPTIMISASI *SAFETY INSTRUMENTED SYSTEM* BERDASARKAN PERHITUNGAN RAMS+C PADA *SUPERHEAT BURNER* PT. PERTROKIMIA GRESIK**

#### **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:

**SYAHRIL ARISDIANTA**  
**NRP. 02311745000006**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr.Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes ..... (Pembimbing)
2. Dr.Ir. Ali Musyafa', M.Sc ..... (Ketua Penguji)
3. Dr. Imam Abadi, ST., MT. .... (Penguji 1)
4. Erna Septyaningrum, ST., MT. .... (Penguji 2)

**SURABAYA**  
**22 Juli, 2019**



# HAZOP DAN OPTIMISASI *SAFETY INSTRUMENTED SYSTEM* BERDASARKAN PERHITUNGAN RAMS+C PADA *SUPERHEAT BURNER* PT. PETROKIMIA GRESIK

**Nama** : Syahril Arisdianta  
**NRP** : 0231174500006  
**Departemen** : Teknik Fisika FTI-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr.Ir. Ronny Dwi Noriyati M.Kes

## ABSTRAK

PT. Petrokimia Gresik merupakan salah satu perusahaan penghasil pupuk terbesar dengan bahan baku utamanya adalah *ammonia*. Terdapat beberapa proses dalam pembuatan *ammonia*, salah satunya pada proses penghasil *steam*. Adapun komponen penting pembuatan *Steam* adalah *superheat burner* karena memiliki potensi bahaya dan resiko yang menjadikan sistem bersifat *hazardous*. Pada penelitian tugas akhir ini dilakukan analisis untuk mengetahui peluang risiko bahaya yang terjadi. Besarnya risiko bahaya harus diimbangi dengan adanya sistem pengamanan (SIS). Sistem *superheat burner* dianalisis bahayanya dengan metode HAZOP serta dihitung tingkat keamanan SIL melalui metode optimisasi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, *superheat burner* memiliki risiko bahaya tinggi pada komponen TT-1005 dan PT-1018. Optimisasi dilakukan menggunakan *genetic algorithm* dengan variabel meliputi PFD<sub>avg</sub>, STR, dan LCC. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai LCC aktual sebesar USD 6.171.713 dengan nilai SIL aktual adalah SIL 0. Hal ini akan berdampak pada peningkatan nilai SIL yang semula SIL 0 menjadi SIL 2 dengan peningkatan nilai PFD<sub>avg</sub> menjadi 0,004723, nilai STR sebesar  $3,283 \times 10^{-5}$ , dan adanya penurunan nilai LCC sebesar USD 4.408.186. Sedangkan untuk *vote* arsitektur yang optimal dalam perancangan SIS ialah 1oo1 dengan teknologi *smart transmitter* untuk *sensing element* dan *air operated* untuk *final element*.

**Kata Kunci** : LCC, PFD<sub>avg</sub>, RAMS+C, *safety instrumented system*, STR, *superheat burner*.



**HAZOP AND OPTIMIZATION OF SAFETY  
INSTRUMENTED SYSTEM BASED ON RAMS+C  
MEASUREMENT AT SUPERHEAT BURNER PT.  
PERTROKIMIA GRESIK**

**Name** : Syahril Arisdianta  
**NRP** : 02311745000006  
**Department** : Teknik Fisika FTI-ITS  
**Supervisors** : Dr.Ir. Ronny Dwi Noriyati M.Kes

**ABSTRACT**

*PT. Petrokimia Gresik is one of the largest fertilizer producing companies with the main raw material being ammonia. There are several processes in making ammonia, one of which is in the Steam producing process. The important component of making steam is the superheat burner because it has potential hazards and risks that make the system hazardous. In this final project, an analysis is carried out to find out the chance of the danger that occurs. The amount of hazard risk must be balanced with the existence of a security system (SIS). The superheat burner system analyzed the danger with the HAZOP method and calculated the level of SIL security through the optimization method. Based on the research carried out, the superheat burner has a high hazard risk in the TT-1005 and PT-1018 components. Optimization is done using genetic algorithm with variables including PFD<sub>avg</sub>, STR, and LCC. From the calculation results obtained the actual LCC value of USD 6,171,713 with the actual value of SIL is SIL 0. This will have an impact on increasing the value of SIL which originally SIL 0 becomes SIL 2 with an increase in PFD<sub>avg</sub> value to 0.004723, STR value of  $3.283 \times 10^{-5}$ , and a decrease in the LCC value of USD 4,408,186. While for the optimal vote architecture in the design of SIS is 1oo1 with smart transmitter technology for sensing element and air operated for the final element.*

**Keywords:** LCC, PFD<sub>avg</sub>, RAMS+C, safety instrumented system, STR, superheat burner.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW sehingga dapat terselesaikannya tugas akhir beserta laporan tugas akhir yang berjudul **“HAZOP DAN OPTIMISASI SAFETY INSTRUMENTED SYSTEM BERDASARKAN PERHITUNGAN RAMS+C PADA SUPERHEAT BURNER PT. PETROKIMIA GRESIK”**.

Penulis telah banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak dalam penyelesaian tugas akhir dan laporan tugas akhir ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Fisika ITS yang telah memberikan ilmu, bimbingan serta sarana dan prasarana selama menempuh pendidikan di Teknik Fisika ITS.
2. Ibu Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes, selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dengan sabar memberikan petunjuk, ilmu, serta bimbingan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc selaku ketua penguji yang telah memberikan ilmu serta masukan kepada penulis.
4. Bapak Dr. Imam Abadi, ST, MT. Dan Ibu Erna Septyaningrum, ST., MT. Ibu selaku penguji yang telah memberikan ilmu serta masukan kepada penulis.
5. Ibu Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes selaku Kepala Laboratorium Pengukuran Fisis yang telah memberikan ilmu, petunjuk, dan kemudahan perizinan.
6. Ibu Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes, selaku dosen wali yang telah membimbing penulis selama perkuliahan.
7. Seluruh dosen Teknik Fisika ITS atas segala ilmu, bimbingan, petunjuk, dan nasihat yang sangat bermanfaat.
8. Bapak Eka, Mas Lugas, seluruh pihak PT. Petrokimia Gresik yang telah membimbing dan membantu dalam pengambilan data Tugas Akhir.

9. Kedua orang tua (Bapak Syaifuddin dan Ibu Sri Hastuti), kakak (Agustian Krido Herdianta) serta kakak ipar (Laili Dwi Insyani). Terima kasih atas segala cinta, kasih sayang, doa, perhatian, serta dukungan moral dan materiil yang telah diberikan.
10. Nefri Daika selaku teman yang telah menemani dan memberikan dukungan moral dan semangat serta bimbingan selama 4 tahun ini.
11. Bella, Tasya, Wahyu, Indra selaku sahabat yang memberikan semangat dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
12. Seluruh teman-teman Departemen Lintas Jalur Teknik Fisika ITS angkatan 2017, terima kasih untuk semuanya.
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya.

Penulis sadar bahwa penulisan laporan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan. Namun, semoga laporan ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dan menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembaca, keluarga besar Teknik Fisika ITS khususnya, dan civitas akademika ITS pada umumnya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat sebagai referensi pengerjaan laporan tugas akhir bagi mahasiswa lainnya.

Surabaya, 22 Juli 2019

Penulis



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
COVER PAGE .....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME .....	v
LEMBAR PENGESAHAN .....	vii
ABSTRAK .....	xi
ABSTRACT .....	xiii
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI .....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL .....	xxi
DAFTAR NOTASI .....	xxiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Laporan .....	3
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2.1 <i>Superheat Burner (Primary Reformer Steam)</i> .....	5
2.2 <i>Hazard and Operability Study (HAZOP)</i> .....	6
2.3 <i>Control Chart</i> .....	10
2.4 <i>Safety Instrumented System</i> .....	12
2.5 RAMS+C.....	15
2.6 Teknik Optimasi .....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	23
3.2 Tahap – tahap Penelitian .....	24
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Alur Proses <i>Primary Reformer</i> .....	31
4.2 Analisis Potensi Bahaya .....	31
4.3 Analisis Risiko .....	37
4.4 Analisis HAZOP.....	41
4.5 Sistem Pengaman <i>Superheat Burner</i> .....	42
4.6 Analisis SIL.....	44

4.7 Perhitungan LCC.....	48
4.8 Optimasi LCC .....	49
4.9 Perancangan SIS <i>Superheat Burner</i> .....	53
4.10 Pembahasan.....	54
BAB V KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan .....	57
5.2 Saran .....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	59
LAMPIRAN A	
LAMPIRAN B	
LAMPIRAN C	
LAMPIRAN D	
LAMPIRAN E	
LAMPIRAN F	
LAMPIRAN G	
LAMPIRAN H	
BIODATA PENULIS	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	PFD <i>Steam System</i> .....	5
<b>Gambar 2.2</b>	Bentuk dasar <i>control chart</i> .....	11
<b>Gambar 2.3</b>	Arsitektur SIF 1001.....	13
<b>Gambar 2.4</b>	Arsitektur SIF 1002.....	13
<b>Gambar 2.5</b>	Arsitektur SIF 1003.....	14
<b>Gambar 2.6</b>	Arsitektur SIF 2002 .....	14
<b>Gambar 2.7</b>	Diagram alir optimasi menggunakan <i>genetic algorithm</i> .....	18
<b>Gambar 2.8</b>	Mekanisme <i>crossover</i> .....	19
<b>Gambar 2.9</b>	Mekanisme mutasi .....	21
<b>Gambar 3.1</b>	<i>Flowchart</i> Penelitian .....	23
<b>Gambar 4.1</b>	P&ID <i>Superheat Burner</i> .....	32
<b>Gambar 4.2</b>	Grafik S-bar TT-1005 .....	33
<b>Gambar 4.3</b>	Grafik S-bar PT-1018.....	34
<b>Gambar 4.4</b>	Grafik S-bar TT-1020 .....	35
<b>Gambar 4.5</b>	Grafik S-bar PT-1013.....	36
<b>Gambar 4.6</b>	Hasil Optimisasi LCC .....	51
<b>Gambar 4.7</b>	Hasil Optimisasi PFDavg.....	51
<b>Gambar 4.8</b>	Hasil Optimisasi STR.....	52
<b>Gambar 4.9</b>	Perancangan SIS <i>Superheat Burner</i> .....	53



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Kriteria <i>Likelihood</i> PT. Petrokimia Gresik .....	8
<b>Tabel 2.2</b> Kriteria <i>Consequence</i> PT. Petrokimia Gresik .....	9
<b>Tabel 2.3</b> Matrik <i>Risk ranking</i> PT. Petrokimia Gresik.....	10
<b>Tabel 2.4</b> <i>Safety Integrity Level</i> keadaan <i>low demand mode</i> ..	12
<b>Tabel 4.1</b> Guide word dan deviasi TT-1005.....	33
<b>Tabel 4.2</b> Guide word dan deviasi PT-1018.....	34
<b>Tabel 4.3</b> Guide word dan deviasi TT-1020.....	35
<b>Tabel 4.4</b> Guide word dan deviasi PT-1013.....	36
<b>Tabel 4.5</b> Guide word komponen actuator .....	37
<b>Tabel 4.6</b> Kriteria <i>likelihood node superheat burne</i> .....	38
<b>Tabel 4.7</b> Kriteria <i>Consequences node superheat burner</i> .....	39
<b>Tabel 4.8</b> <i>Risk Matrix superheat burner</i> .....	41
<b>Tabel 4.9</b> Prosedur Penggunaan <i>Superheat Burner</i> .....	43
<b>Tabel 4.10</b> Komponen SIS <i>Superheat Burner</i> .....	44
<b>Tabel 4.11</b> Komponen SIS <i>Superheat Burner</i> .....	45
<b>Tabel 4.12</b> Perhitungan Nilai <i>Failure Rate Loop Satu Superheat Burner(1)</i> .....	45
<b>Tabel 4.13</b> Perhitungan Nilai <i>Failure Rate Loop Satu Superheat Burner(2)</i> .....	45
<b>Tabel 4.14</b> Perhitungan Nilai <i>Failure Rate Loop Dua Superheat Burner(1)</i> .....	45
<b>Tabel 4.15</b> Perhitungan Nilai <i>Failure Rate Loop Dua Superheat Burner(2)</i> .....	45
<b>Tabel 4.16</b> Perhitungan PFD SIS <i>Loop Satu Superheat Burner(1)</i> .....	47
<b>Tabel 4.17</b> Perhitungan PFD SIS <i>Loop Satu Superheat Burner(2)</i> .....	47
<b>Tabel 4.18</b> Perhitungan PFD SIS <i>Loop Dua Superheat Burner(1)</i> .....	47
<b>Tabel 4.19</b> Perhitungan PFD SIS <i>Loop Dua Superheat Burner(2)</i> .....	48
<b>Tabel 4.21</b> Perhitungan Nilai LCC.....	48
<b>Tabel 4.22</b> Hasil Optimisasi Minimum .....	50
<b>Tabel 4.23</b> Hasil Variasi Redundansi dan Teknologi PT 1018	

dan TT 1005.....	50
<b>Tabel 4.24</b> Hasil Variasi Redytundansi dan Teknologi PT 1013 dan TT 1020.....	50
<b>Tabel 4.25</b> Hasil Variasi Redundansi dan Teknologi FE.....	50

## DAFTAR NOTASI

$PFD$	= <i>Probability Failure Demand</i>
$STR$	= <i>Spurious Trip Rate</i>
$C_{Moon}$	= <i>Fraksi Kegagalan MoonN architecture</i>
$\beta_{DD}$	= <i>Beta faktor dangerous detected failures</i>
$\beta_{DU}$	= <i>Beta faktor dangerous undetected failures</i>
$\beta_{SD}$	= <i>Beta faktor safe detected failures</i>
$\beta_{SU}$	= <i>Beta faktor safe undetected failures</i>
$\lambda_{DD}$	= <i>Laju kegagalan dangerous detected failures</i>
$\lambda_{DU}$	= <i>Laju kegagalan dangerous undetected failures</i>
$\lambda_{SD}$	= <i>Laju kegagalan safe detected failures</i>
$\lambda_{SU}$	= <i>Laju kegagalan safe undetected failures</i>
$T_r$	= <i>Repair Time</i>
$TI$	= <i>Time Interval</i>
$LCC$	= <i>Life Cycle Cost</i>
$C_{pro}$	= <i>Procurement cost</i>
$C_{risk}$	= <i>Risk cost</i>
$PVF$	= <i>Factor by Present Value</i>
$C_{OP}$	= <i>Operational cost</i>
$C_{design}$	= <i>Design cost</i>
$C_{purchase}$	= <i>Purchase cost</i>
$C \frac{inst}{comm}$	= <i>Installation cost</i>
$N$	= <i>Jumlah instrumen/peralatan</i>
$C_{PM}$	= <i>Predictive maintenance cost</i>
$C_T$	= <i>Test cost</i>
$C_{CM}$	= <i>Corrective maintenance cost</i>
$\lambda_T$	= <i>Total failure rate</i>
$C_{STR}$	= <i>Spurious Trip Rate Cost</i>
$C_{hazard}$	= <i>Cost of Hazard</i>
$STR_{avg}$	= <i>Average Spurious Trip Rate</i>
$C_{SD}$	= <i>Shut down cost</i>
$SD_{time}$	= <i>Shut down time</i>
$SD_{loss}$	= <i>Shut down loss</i>
$C_{ACC}$	= <i>Catatastrophic loss</i>

$F(ACC | PFD_{avg})$  = *Plant risk without SIS*  
 $PFD_{avg}$  = *Average Probability Failure on Demand*  
 $R$  = *Discount rate*  
 $T$  = *Years life*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

PT. Petrokimia Gresik merupakan salah satu perusahaan penghasil pupuk terbesar dan terlengkap di Indonesia. Visi PT. Petrokimia Gresik sendiri adalah bertekad untuk menjadi produsen pupuk dan produk kimia lainnya yang berdaya saing tinggi dan produksinya paling diminati oleh konsumen. Dalam menjalankan produksi industri ini membutuhkan bahan baku utama berupa *ammonia*, *sulfuric acid*, dan *phosphoric acid* dalam pembuatan pupuk. Pabrik I PT. Petrokimia khususnya bagian *ammonia*, membutuhkan bahan baku utama gas alam dan nitrogen, terdapat beberapa proses penting dalam tahapan pembuatan *ammonia*. Namun bagian penghasil *steam* merupakan proses vital sebagai penunjang produksi di pabrik I. *Steam* berfungsi sebagai sumber panas untuk *fluid heat exchanger*, dan fluida penggerak *pneumatic control valve*. Adapun tahapan dalam pembuatan *Steam* berkualitas tinggi yaitu *steam supply*, *deaerasi*, *steam generating*, *steam separation*, dan *steam superheating*[1].

Sistem yang sangat kritis terdapat pada *superheat steam* [2]. Tekanan kerja dan suhu yang tinggi semakin memperbesar peluang terjadinya bahaya serta risiko yang diakibatkan cukup serius. Terbukti bahwa *instrument* yang terpasang pada *node superheater* memiliki risiko yang berbahaya daripada *node* yang lain. Untuk *instrument* yang diletakkan pada keluaran *superheat* memiliki tingkat bahaya *extreme risk* [3], sehingga keamanan dalam *steam system* ini harus diperhatikan karena berpengaruh terhadap kualitas produk *steam* itu sendiri, serta risiko ditekan seminimal mungkin dengan cara melakukan perawatan, usaha penurunan risiko dan kalibrasi. Ketika mengalami keadaan *out of control* maka diperlukan sebuah analisa pada sistem SIS secara menyeluruh pada sistem untuk mengidentifikasi dan mencegah terjadinya keadaan yang gagal[4].

*Burner* memiliki potensi dan risiko yang berbahaya pada sebuah industri minyak dan gas. Sebagai komponen yang bersifat

rentan meledak, serta masukan bahan bakar dengan konsumsi tinggi menjadikan sistem bersifat *hazardous* sehingga perlu adanya sistem pengaman untuk mencegah terjadinya kecelakaan, dan ledakan [5]. Oleh karena itu, perlu dilakukan studi untuk mengetahui potensi bahaya pada *plant* agar kecelakaan dapat dicegah. Analisa bahaya menggunakan metode *HAZOP*. Metode ini merupakan suatu kegiatan untuk mengetahui potensi bahaya yang mungkin terjadi pada suatu industri [6].

Sistem proteksi *safety instrumented system* perlu dilakukan untuk menghindari potensi bahaya pada alat instrumen. Dalam merancang SIS diperlukan nilai *safety integrity level* (SIL) berdasarkan standar IEC 61508. Faktor yang mempengaruhi rancangan SIS yaitu RAMS+C. RAMS berpengaruh terhadap tingkat kepercayaan *user* terhadap suatu sistem yang diwakili oleh perhitungan PFDavg. Sedangkan C adalah *cost* atau total biaya yang digunakan dalam suatu SIS yang diwakili oleh perhitungan LCC. Pada perancangan terbaik dilakukan optimisasi pada variabel objektif. Optimisasi yang digunakan yaitu *genetic algorithm* yang mengacu dari penelitian-penelitian yang berhasil dilakukan sebelumnya[8]. Dengan menggunakan optimisasi ini akan diperoleh hasil optimisasi yang terbaik pada setiap variabelnya. Sehingga diperlukan analisis potensi bahaya menggunakan metode *HAZOP* dan melakukan evaluasi mengenai *safety instrumented system* pada *superheat burner* PT. Petrokimia Gresik dengan mempertimbangkan faktor keandalan, keamanan serta biaya menggunakan perhitungan RAMS+C.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka permasalahan yang diangkat dalam pengerjaan tugas akhir ini, yaitu:

1. Bagaimana menganalisis bahaya yang terjadi pada *superheat burner* PT. Petrokimia Gresik menggunakan metode *HAZOP*?
2. Bagaimana merancang *safety instrumented system* berdasarkan perhitungan RAMS+C pada *superheat burner* PT. Petrokimia Gresik?

### 1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam pengerjaan tugas akhir ini antara lain.

1. Menganalisis bahaya yang terjadi pada *superheat burner* PT. Petrokimia Gresik menggunakan metode *HAZOP*.
2. Merancang *safety instrumented system* berdasarkan perhitungan *RAMS+C* pada *superheat burner* PT. Petrokimia Gresik.

### 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. *Plant* yang digunakan adalah *superheat burner* PT. Petrokimia Gresik
2. Analisis bahaya pada *superheat burner* menggunakan metode *HAZOP*
3. Metode teknik optimisasi yang digunakan adalah *genetic algorithm* dengan menggunakan *software matlab*.

### 1.5 Sistematika Laporan

Dalam penyusunan tugas akhir ini, sistematika laporan disusun secara sistematis dan terbagi dalam beberapa bab, yaitu dengan perincian sebagai berikut:

#### **BAB I            Pendahuluan**

Bab ini berisi tentang penjelasan latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat tugas akhir dan sistematika laporan.

#### **BAB II           Dasar Teori**

Pada bab ini berisi tentang teori-teori penunjang tugas akhir, antara lain teori tentang proses *superheat burner*, analisis *HAZOP*, *safety instrumented system*, *RAMS+C*, dan teknik optimisasi.

#### **BAB III        Metodologi Penelitian**

Dalam bab ini akan dijelaskan secara detail mengenai langkah-langkah yang harus dilalui

untuk mencapai tujuan dan simpulan akhir dari penelitian. Produk akhir dari tahap ini adalah perancangan SIS.

#### **BAB IV**

##### **Analisa Data dan Pembahasan**

Pada bab ini merupakan tindak lanjut dari Bab III, dimana pengujian yang telah dilakukan dan akan didapatkan data, baik data berupa grafik maupun tabulasi, kemudian akan dilakukan analisa dan pembahasan.

#### **BAB V**

##### **Kesimpulan dan Saran**

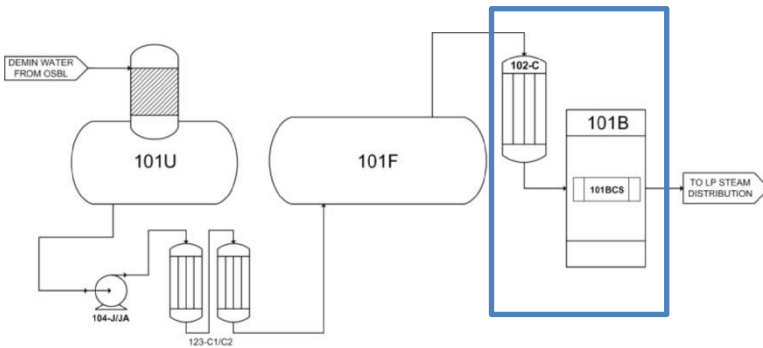
Dalam bab ini adalah berisi mengenai kesimpulan pokok dari keseluruhan rangkaian penelitian yang telah dilakukan serta saran yang dapat dijadikan rekomendasi sebagai pengembangan penelitian selanjutnya.

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 *Superheat Burner (Primary Reformer Steam)*

Uap panas bertekanan tinggi untuk mendukung sistem produksi pada unit *ammonia*. Uap pada sistem produksi unit *ammonia* digunakan untuk mendukung peralatan pada *superheat burner*, yaitu sebagai penggerak kompresor dan turbin.

Sistem produksi *ammonia* ditunjang oleh uap panas bertekanan tinggi. Uap pada unit produksi *ammonia* digunakan dalam menunjang utilitas *superheat burner* diantaranya sebagai fluida penggerak turbin dan kompresor, sebagai sumber panas untuk *heat exchanger*, serta dimanfaatkan untuk instrumen yang menggunakan sistem pneumatik. Uap diproduksi oleh sistem yang disebut *steam system* seperti yang tergambar pada Gambar 2.1. Sistem yang terintegrasi dari beberapa *node* penting seperti *deaerator*, *steam drum*, *heat exchanger*, serta *superheat burner primary reformer*.



Gambar 2.1 PFD *Steam System*

Keterangan:

- 101U = *Deaerator*
- 104-J/JA = *HP BFW Pump*
- 123C1/C2 = *Steam Generator*
- 101F = *Steam Drum*

102C	= HP <i>Steam Superheater</i>
101B	= <i>Primary Reformer</i>
101BCS	= HP <i>Superheat Coil</i>

Pada tugas akhir ini dilakukan analisa pada *primary reformer superheat burner*. *Superheat burner* akan menghasilkan uap panas tingkat lanjut yang dibakar langsung melalui media *tube coil* menggunakan bahan bakar gas metana ( $\text{CH}_4$ ). Sehingga uap yang dihasilkan memiliki suhu  $\pm 520^\circ\text{C}$  dan tekanan sebesar  $\pm 120\text{kg/cm}^2$ . Uap yang diproduksi akan didistribusi dan dimanfaatkan menjadi tiga tingkatan *steam* berdasarkan tekanannya diantaranya:

- Low Pressure (LP) Steam*  $\pm 4\text{kg/cm}^2$   
LP *Steam* diperoleh dari *steam* buangan turbin, *flash* dari *blow down drum* 156F, 157F digunakan untuk penggerak turbin, serta *steam service*.
- Medium Pressure (MP) Steam*  $\pm 40\text{kg/cm}^2$   
MP *Steam* didapat dari hasil ekstraksi 101JT, 103JT serta menyuplai dari *waste heat boiler* digunakan untuk pembuatan *ammonia*, penggerak *turbine*, dan *reboiler*.
- High Pressure (HP Steam)*  $\pm 120\text{kg/cm}^2$   
HP *Steam* dipergunakan untuk penggerak turbin 101JT dan 103JT. Sumber panas *heater* 173C dan 172C1[1].

## 2.2 Hazard And Operability Study (HAZOP)

*Hazard and Operability Study (HAZOP)* adalah sebuah teknik kualitatif untuk mengidentifikasi kemungkinan potensi bahaya yang akan terjadi menggunakan serangkaian kata-kata panduan atau *guide words*. Selain itu, dapat pula digunakan untuk peralatan baru maupun peralatan yang telah terpasang sebelumnya serta dapat digunakan untuk semua waktu. Penggunaannya juga lebih luas, selain identifikasi dilakukan terhadap mesin dan atau komponen yang akan dianalisis, metode *HAZOP* ini juga dapat digunakan untuk menentukan prosedur dan instruksi suatu operasi, sehingga kegagalan yang berasal dari faktor manusia dapat diidentifikasi.

Analisa *HAZOP* mengandung beberapa unsur penting yaitu:

- Proses analisa adalah suatu proses kreatif yang sistematis menggunakan beberapa *guideword* untuk mengidentifikasi penyimpangan yang dapat menjadi potensi bahaya dari desain suatu proses dan menggunakan penyimpangan ini sebagai “*triggering device*” untuk menjadi panduan penganalisa dalam mengidentifikasi potensi bahaya dan efek atau konsekuensi yang mungkin terjadi
- Analisa *HAZOP* dilakukan oleh orang-orang yang memiliki dasar dalam proses yang dianalisa dan menggunakan analisa berpikir yang logis dalam setiap pendefinisian potensi bahaya.
- Setiap masalah yang telah selesai diidentifikasi, didokumentasikan dalam suatu tabel *assessment*.

Secara garis besar *HAZOP* dijalankan dengan mengikuti prosedur berikut ini:

- a. Pengumpulan gambaran selengkap-lengkapnya setiap proses yang ada dalam sebuah *plant*
- b. Pembagian sistem menjadi beberapa sub sistem yang lebih kecil. Tidak ada ketentuan atau prosedur khusus untuk pembagian sistem ini.
- c. Pencarian adanya kemungkinan penyimpangan pada subsistem menggunakan kata kunci atau *guide words* untuk mempermudah proses analisis.
- d. Pengidentifikasian kemungkinan penyebab dari penyimpangan-penyimpangan yang terjadi.
- e. Melakukan penilaian terhadap setiap konsekuensi atau efek negatif yang ditimbulkan dari setiap penyimpangan. Ukuran besar kecilnya efek negatif ditentukan berdasarkan keamanan dan keefisienan kondisi operasional *plant* dalam keadaan normal.
- f. Penentuan tindakan proteksi yang sesuai untuk tiap penyimpangan yang terjadi di tiap elemen. Penekanan sistematika pertanyaan pada prosedur *HAZOP* nampak pada penggunaan dua kelompok (tingkat) kata kunci, adalah sebagai berikut:

- Kata kunci primer (*primary keywords*)  
Kata-kata yang bertitik tolak pada tujuan perancangan/berhubungan dengan kondisi sebuah proses. Contohnya: aliran (*flow*), tekanan (*pressure*), suhu (*Temperature*), kekentalan (*viscosity*), korosi (*corrosion*), pengikisan (*erosion*), ketinggian (*level*), kepadatan (*density*), pelepasan/pembebasan (*relief*), pencampuran (*composition*), penambahan (*addition*), reaksi (*reaction*)
- Kata kunci sekunder (*secondary keywords*)  
Kata kunci sekunder pada saat digabungkan dengan sebuah kata kunci primer akan menunjukkan kemungkinan penyimpangan yang bisa terjadi. Contohnya, tidak ada (*no*), berlebihan (*more*), kurang (*less*), berlawanan (*reverse*), sama dengan (*as well as*)[15].

Dalam menganalisis *HAZOP* terdapat beberapa parameter yang menjadi standar dalam menentukan nilai dan tingkatan bahaya setiap komponen. Parameter yang digunakan diantaranya *likelihood*, *consequence*, dan *risk matrix*. *Likelihood* merupakan peluang risiko terjadinya bahaya pada komponen. Parameter *likelihood* yang digunakan mengikuti standar kriteria *likelihood* dari Departemen Pemeliharaan I PT. Petrokimia Gresik yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut

**Tabel 2.1** Kriteria *Likelihood* PT. Petrokimia Gresik [1]

No.	<i>Rangking</i>	<b>Deskripsi</b>
1	<i>Brand New Excellent</i>	Risiko jarang sekali muncul frekuensi kejadian kurang dari 2 kali dalam 5 tahun
2	<i>Very Good /Good Serviceable</i>	Risiko terjadi 2-3 kali dalam 5 tahun
3	<i>Accepetable</i>	Risiko terjadi anatra 3-4 kali dalam 5 tahun
4	<i>Below Standart/Poor</i>	Risiko terjadi 4-5 kali dalam 5 tahun
5	<i>Bad /Unacceptable</i>	Risiko terjadi lebih dari 5 kali dalam 5 tahun



Untuk parameter konsekuensi menunjukkan tingkat bahaya dampak yang diakibatkan karena adanya risiko penyimpangan dari keadaan yang diinginkan atau operasi yang diluar kendali. Tinjauan yang dilakukan berdasarkan dampak serta pengaruhnya terhadap aktifitas pabrik dan produksi. Standar dalam menentukan *consequence* mengikuti standar kriteria profil konsekuensi pabrik I PT. Petrokimia Gresik pada Tabel 2.2

**Tabel 2.2** Kriteria *Consequence* PT. Petrokimia Gresik [1]

No.	<i>Rangking</i>	Deskripsi
1	<i>Insignificant</i>	Sumber risiko (unsur/komponen/obyek dalam beraktifitas) tidak berdampak sama sekali, akibatnya tidak signifikan terhadap kelangsungan aktifitas, sehingga aktifitas tetap terlaksana
2	<i>Minor</i>	Sumber risiko (unsur/komponen/obyek dalam beraktifitas) berdampak kecil, akibatnya kecil terhadap kelangsungan aktifitas, sehingga aktifitas tetap masih terlaksana
3	<i>Moderate</i>	Sumber risiko (unsur/komponen/obyek dalam beraktifitas) berdampak sedang, akibatnya sedang terhadap kelangsungan aktifitas, sehingga aktifitas tetap masih terlaksana
4	<i>Major</i>	Sumber risiko (unsur/komponen/obyek dalam beraktifitas) berdampak besar, akibatnya cukup signifikan terhadap kelangsungan aktifitas, namun aktifitas masih dapat terlaksana walaupun tidak optimal
5	<i>Catastrophic</i>	Sumber risiko (unsur/komponen/obyek dalam beraktifitas) berdampak sangat besar, akibatnya sangat signifikan terhadap kelangsungan aktifitas, sehingga aktifitas tidak dapat terlaksana

Parameter *risk ranking* merupakan hasil kali *likelihood* dan *consequence* kriteria bahaya ditampilkan pada matrik yang ditampilkan pada Tabel 2.3

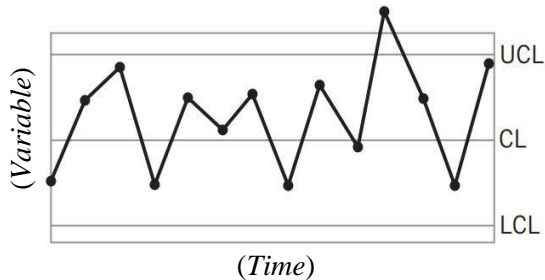
$$Risk = Consequence(C) \times Likelihood(L) \quad (2.1)$$

**Tabel 2.3** Matrik *Risk ranking* PT. Petrokimia Gresik[1]

<i>Consequences /Likelihood</i>	<i>1 Insignificant</i>	<i>2 Minor</i>	<i>3 Moderate</i>	<i>4 Major</i>	<i>5 Catastrophic</i>
(1) <i>Brand New Excellent</i>	L1	L2	L3	L4	M5
(2) <i>Good</i>	L2	L4	M6	M8	M10
(3) <i>Acceptable</i>	L3	M6	M9	M12	H15
(4) <i>Below Standart/ Poor</i>	L4	M8	M12	H16	H20
(5) <i>Unacceptable</i>	M5	M10	H15	H20	H25

### 2.3 Control chart

*Control chart* merupakan grafik statistik yang digunakan untuk menggambarkan batas kendali dari suatu proses yang terdiri dari batas atas (UCL), batas bawah (LCL), dan batas pusat (CL). Berikut merupakan adalah salah satu contoh *control chart* :



**Gambar 2.2** Bentuk dasar *control chart*

*Control chart*  $\bar{x}$  digunakan untuk menganalisis nilai rata-rata (*mean*) dari parameter yang diamati dalam sebuah proses. Berikut persamaan yang digunakan untuk menentukan batas kendali *control chart*  $\bar{x}$  :

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_3\bar{s} \quad (2.2)$$

$$CL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} \quad (2.3)$$

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_3\bar{s} \quad (2.4)$$

Dimana :

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

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

$A_3$  = Konstanta mengacu *tables of constant for control charts*

Sedangkan *control chart*  $s$  digunakan untuk mengukur keakuratan data suatu proses. Berikut persamaan yang digunakan untuk menentukan batas kendali *control chart*  $s$  :

$$UCL_s = B_4\bar{s} \quad (2.5)$$

$$CL_s = \bar{s} \quad (2.6)$$

$$LCL_s = B_3\bar{s} \quad (2.7)$$

Dimana:

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

$B_3, B_4$  = Konstanta mengacu *tables of constant for control charts*

Dalam kaitannya dengan *HAZOP*, *control chart* digunakan untuk menentukan deviasi yang sesuai. Metode ini dapat mengeliminasi *guidewords* sehingga hanya *guidewords* yang masuk akal yang dianalisis. Meskipun kurang direkomendasikan namun metode ini dapat mempersingkat waktu analisis[10].

#### 2.4 Safety Instrumented System

*Safety Instrumented System* (SIS) merupakan sistem *instrumentasi* yang menerapkan satu atau lebih fungsi keselamatan oleh *instrumentasi* (SIF). SIS terdiri dari kombinasi sensor, *logic solver*, dan *final element*. SIS terdiri dari beberapa SIF yang dapat disebut sebagai *safety barrier* atau lapisan pelindung. *Safety Integrity Level* (SIL) merupakan tingkat keamanan dari suatu komponen dan dinyatakan sebagai ukuran besaran PFD. Sementara, PFD atau probabilitas kegagalan adalah kegagalan yang terjadi di komponen atau sistem. Pada penentuannya, SIL terbagi menjadi dua mode permintaan yaitu *low demand operation* dan *high demand operation*. *Low demand operation* adalah sistem yang beroperasi atau kurang atau sama dengan sekali dalam setahun, lebih pada sistem proteksi sedangkan untuk *high demand operation* adalah sistem yang beroperasi lebih dari sekali dalam setahun, lebih pada sistem pengendalian. Berikut merupakan tabel SIL dalam keadaan *low demand operation*[13].

**Tabel 2.4** *Safety Integrity Level* keadaan *low demand mode*

<i>Safety Integrity Level</i> (SIL)	<i>Probability Failure on Demand</i> (PFD)
4	$\geq 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$
3	$\geq 10^{-4}$ to $< 10^{-3}$
2	$\geq 10^{-3}$ to $< 10^{-2}$
1	$\geq 10^{-2}$ to $< 10^{-1}$

Dalam menentukan nilai SIL dalam suatu komponen dapat dihitung dengan menggunakan nilai *Probability Failure on Demand* (PFD). Nilai SIL dihitung dengan menggunakan *data maintenance* di tiap *instrument*. *Data maintenance* yang didapat digunakan untuk menentukan nilai MTTF dan laju kegagalan ( $\lambda$ ).

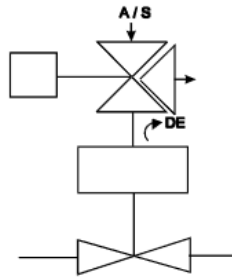
Untuk nilai MTTF didapatkan dari rata-rata *time to failure* (TTF). Sedangkan, untuk nilai kegagalan didapatkan dari persamaan sebagai berikut :

$$\lambda = 1/\text{MTTF} \quad (2.8)$$

Setelah mendapatkan laju kegagalan, dihitung nilai PFD berdasarkan arsitektur SIF. Berikut merupakan arsitektur SIF diantaranya : [10].

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

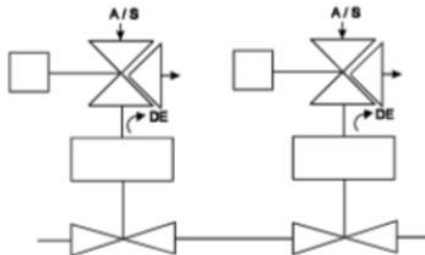
$$\text{PFD}_{1oo1} = (\lambda \times Ti)/2 \quad (2.9)$$



**Gambar 2.3** Arsitektur SIF 1oo1 [10]

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

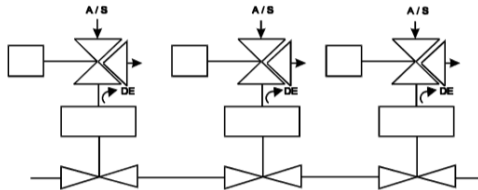
$$\text{PFD}_{1oo2} = (\lambda^2 \times Ti^2)/4 \quad (2.10)$$



**Gambar 2.4** Arsitektur SIF 1oo2 [10]

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

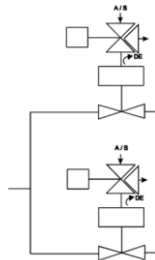
$$PFD_{1oo3} = (\lambda^3 \times Ti^3)/8 \quad (2.11)$$



**Gambar 2.5** Arsitektur SIF 1oo3 [10]

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

$$PFD_{2oo2} = \lambda \times Ti \quad (2.12)$$



**Gambar 2.6** Arsitektur SIF 2oo2 [10]

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

$$PFD_{2oo3} = \lambda^2 \times Ti^2 \quad (2.13)$$

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

$$PFD_{2oo4} = \lambda^3 \times Ti^3 \quad (2.14)$$

Nilai PFD dihitung berdasarkan masing-masing komponen. Nilai PFD akan dijumlah dengan persamaan sebagai berikut :

$$PFD_{avg} = \sum PFD_{sensor} + \sum PFD_{LS} + \sum PFD_{valve} \quad (2.15)$$

Selain penentuan dari arsitektur, nilai SIL juga ditentukan dari kombinasi tipe subsistem. Terdapat 2 subsistem yaitu tipe A dan tipe B. Untuk contoh subsistem pada tipe A diantaranya *relay*, *solenoid*, dan *transmitter* konvensional. Sedangkan, untuk contoh subsistem pada tipe B diantaranya komponen yang menggunakan mikroprosesor seperti *smart transmitter*, dan sebagainya.

## 2.5 RAMS+C

RAMS merupakan singkatan dari *reliability*, *availability*, *maintainability*, dan *safety*. *Reliability* adalah kemampuan suatu sistem atau komponen dalam menjalankan fungsi kerja dalam periode waktu tertentu. *Availability* adalah probabilitas suatu sistem atau komponen untuk dijaga dalam keadaan berfungsi. *Maintainability* adalah probabilitas kegagalan suatu sistem atau komponen yang akan diperbaiki dalam periode waktu tertentu. *Safety* atau keselamatan adalah persyaratan untuk tidak membahayakan orang, lingkungan, atau aset selama siklus hidup sistem[11]. Pengukuran ini bertujuan sebagai integritas keselamatan pada suatu sistem[12]. Jika *instrument* kurang diterima, maka *user* dapat menolak penggunaan *instrument* tersebut.

Perhitungan RAMS dilakukan dengan perhitungan *probability failure on demand* rata-rata ( $PFD_{avg}$ )[12].  $PFD_{avg}$  merupakan perhitungan untuk menentukan SIL dari suatu sistem. Persamaan perhitungan untuk digunakan PFD *dangerous independent failure basic event* adalah sebagai berikut :

$$PFD_{avg} = (1 - C_{Moon} \times \beta_{dd}) \times \lambda_{dd} \times T_r + (1 - C_{Moon} \times \beta_{du}) \times \lambda_{du} \times \left( \frac{T_i}{2} + T_r \right) \quad (2.16)$$

dimana:

$PFD$  = *Probability Failure Demand*

$C_{Moon}$  = Fraksi Kegagalan Moon *architecture*

$\beta_{DD}$	= Beta faktor <i>dangerous detected failures</i>
$\beta_{DU}$	= Beta faktor <i>dangerous undetected failures</i>
$\lambda_{DD}$	= Laju kegagalan <i>dangerous detected failures</i>
$\lambda_{DU}$	= Laju kegagalan <i>dangerous undetected failures</i>
$T_r$	= <i>Repair Time</i>
$TI$	= <i>Time Interval</i>

Pada sistem keamanan yang digunakan di industri harus memiliki biaya yang tidak terlalu besar atau efektif. *Life cycle cost* merupakan perhitungan biaya total dari keseluruhan sistem meliputi biaya *design, procurement, operation, dan risk*. Untuk perhitungan *life cycle cost* adalah sebagai berikut:

$$LCC = C_{proctot} + C_{optot} + C_{risktot} \quad (2.17)$$

Biaya *procurement* per tahun didapat dari persamaan sebagai berikut :

$$C_{proctot} = C_{designSIS} + C_{startup,SE} + C_{startup,LS} + C_{startup,FE} \quad (2.18)$$

Dimana :

$$C_{startup} = (C_{purchase} + C_{inst/com}) \times N \quad (2.19)$$

Biaya operasional per tahun didapat dari persamaan sebagai berikut :

$$C_{optot} = C_{opSE} + C_{opLS} + C_{opFE} \quad (2.20)$$

$$C_{op(SE/LS/FE)} = C_{pmtot} + C_{testtot} + C_{cmtot} \quad (2.21)$$

Dimana :

$$C_{pmtot} = 1/M \times C_{pm} \times N \quad (2.22)$$

$$C_{testtot} = 1/Ti \times C_t \times N \quad (2.23)$$

$$C_{cmtot} = \lambda_{tot} \times C_{cm} \times N \quad (2.24)$$



Biaya risiko per tahun didapat dari persamaan sebagai berikut :

$$C_{risktot} = C_{STR} + C_{hazard} \quad (2.25)$$

Pada biaya *spurious trip rate* didapatkan dari biaya produksi yang hilang akibat *spurious shutdown* dengan persamaan sebagai berikut.

$$C_{STR} = STR_{avg} \times C_{SD} \quad (2.26)$$

Dimana :

$$C_{SD} = SD_{time} \times SD_{toss} \quad (2.27)$$

$$STR_{avg} = \sum STR_{SE} + \sum STR_{LS} + \sum STR_{FE} \quad (2.28)$$

$$STR = \frac{(1 - C_{MOON} \times \beta_{sd}) \times \lambda_{sd} \times T_r + (1 - C_{MOON} \times \beta_{su}) \times \lambda_{su}}{\quad} \quad (2.29)$$

Untuk biaya bahaya meliputi biaya akibat kecelakaan, didapatkan dari persamaan sebagai berikut :

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

Dalam menentukan  $PFD_{avg}$ , terlebih dahulu menghitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$PFD_{avg} = \sum PFD_{SE} + \sum PFD_{LS} + \sum PFD_{SE} \quad (2.31)$$

Dimana:

$LCC$	= <i>Life Cycle Cost</i>
$C_{pro}$	= <i>Procurement cost</i>
$C_{risk}$	= <i>Risk cost</i>
$C_{OP}$	= <i>Operational cost</i>
$C_{design}$	= <i>Design cost</i>
$C_{purchase}$	= <i>Purchase cost</i>

$C_{\frac{inst}{comm}}$	= <i>Installation cost</i>
$N$	= <i>Jumlah instrumen/peralatan</i>
$C_{PM}$	= <i>Predictive maintenance cost</i>
$C_T$	= <i>Test cost</i>
$C_{CM}$	= <i>Corrective maintenance cost</i>
$\lambda_T$	= <i>Total failure rate</i>
$C_{STR}$	= <i>Spurious Trip Rate Cost</i>
$C_{hazard}$	= <i>Cost of Hazard</i>
$STR_{avg}$	= <i>Average Spurious Trip Rate</i>
$C_{Moon}$	= <i>Fraksi Kegagalan Moon architecture</i>
$\beta_{SD}$	= <i>Beta faktor safe detected failures</i>
$\beta_{SU}$	= <i>Beta faktor safe undetected failures</i>
$\lambda_{SD}$	= <i>Laju kegagalan safe detected failures</i>
$\lambda_{SU}$	= <i>Laju kegagalan safe undetected failures</i>
$T_r$	= <i>Repair Time</i>
$C_{SD}$	= <i>Shut down cost</i>
$SD_{time}$	= <i>Shut down time</i>
$SD_{loss}$	= <i>Shut down loss</i>
$C_{ACC}$	= <i>Catastrophic loss</i>
$F(ACC   PFD_{avg})$	= <i>Plant risk without SIS</i>
$PFD_{avg}$	= <i>Average Probability Failure on Demand</i>
$R$	= <i>Discount rate</i>
$T$	= <i>Years life</i>

Perhitungan LCC perlu diperhatikan agar biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk memasang sistem keamanan dapat ditoleransi, sehingga perusahaan tidak mengambil risiko dengan tidak memasang sistem keamanan karena biaya yang mahal. LCC dipengaruhi oleh biaya operasi, *procurement*, dan *risk*.

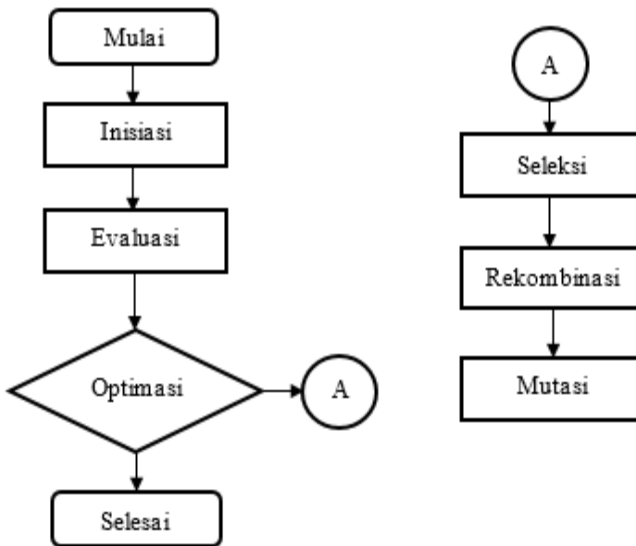
## 2.6 Teknik Optimisasi

Dalam melakukan desain maka hal yang perlu diperhatikan adalah keefektifan hasil desain. Hal tersebut dapat dilakukan dengan mengoptimasi hasil desain. Optimisasi bertujuan untuk meminimalkan atau memaksimalkan variabel. Teknik optimisasi

yang digunakan pada beberapa kasus desain SIS adalah *genetic algorithm*. Secara umum *Genetic Algorithm* (GA) merupakan teknik pencarian yang digunakan dalam komputasi untuk mencari solusi yang tepat atau perkiraan solusi untuk optimisasi dan masalah pencarian[9]. *Genetic algorithm* memiliki keunggulan-keunggulan dibandingkan dengan metode-metode *heuristic* yang lain,

*Genetic algorithm* menyelesaikan masalah dengan mengkodekan permasalahan menjadi kromosom, bukan dengan menyelesaikan permasalahan itu sendiri. Karena itu diperlukan pemodelan kromosom yang baik dan efektif yang dapat mewakili solusi dari permasalahan yang dihadapi.

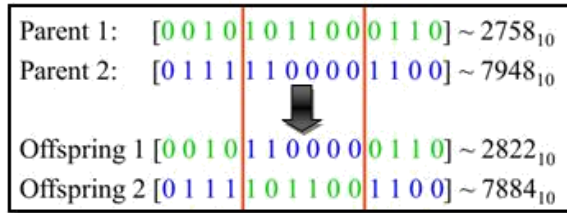
Hanya diperlukan sebuah fungsi evaluasi tunggal yang berbeda untuk tiap permasalahan. *Genetic algorithm* dapat dituliskan dalam berbagai bahasa pemrograman. Namun tahapan logika yang digunakan dalam GA adalah sama. Diagram alir optimisasi menggunakan GA dapat dilihat pada Gambar 2.7.



**Gambar 2.7** Diagram alir optimisasi menggunakan *genetic algorithm*[14].

Tahapan-tahapan *genetic algorithm* diantaranya yaitu :

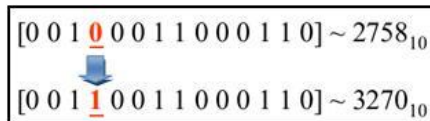
1. Inisiasi  
Populasi awal dari kandidat solusi biasanya dicari secara acak dalam seluruh ruang pencarian.
2. Pengkodean kromosom  
Kromosom pada GA merupakan solusi dari satu variabel. Jenis kode yang digunakan adalah biner, yaitu 0 atau 1. Kromosom diwakili oleh beberapa gen. Kromosom dalam bentuk biner merupakan kromosom genotip dan yang berupa solusi adalah kromosom fenotip.
3. Evaluasi  
Populasi yang telah diinisiasi untuk membentuk populasi keturunan, nilai *fitness* atau nilai dari kemampuan solusi untuk bertahan dari masing-masing individu di evaluasi. Ketika populasi yang telah diinisiasi atau populasi keturunan terbentuk, nilai *fitness* dari tiap individu dievaluasi. Nilai *fitness* merupakan nilai dari kemampuan solusi untuk bertahan.
4. Seleksi  
Seleksi mengalokasikan lebih banyak salinan dari solusi dengan *fitness* yang lebih tinggi dan memberlakukan mekanisme survival dari tiap *fitness* pada tiap kandidat solusi. Gagasan utama dari tahapan seleksi adalah untuk mendapatkan solusi terbaik dari generasi terburuk, dan banyak prosedur seleksi telah ditemukan, seperti *roulette-wheel*, *selection stochastic universal*, seleksi *ranking*, seleksi turnamen, dan lain sebagainya.
5. Rekombinasi  
Tahap rekombinasi mengkombinasi bagian dari dua atau lebih solusi induk untuk membentuk individu baru dengan kemungkinan menjadi solusi yang lebih baik. Biasanya rekombinasi menggunakan mekanisme *crossover*. Pada gambar merupakan mekanisme *crossover* dimana pada kromosom induk dipotong oleh *crossover point* sehingga gen-gen pada tiap kromosom bertukar silang dan menghasilkan anak.



**Gambar 2.8** Mekanisme *crossover* [6].

## 6. Mutasi

Ketika rekombinasi beroperasi terhadap dua atau lebih kromosom, mutasi lokal tetapi acak memodifikasi sebuah solusi. Dan juga akan terjadi bermacam-macam mutasi, tapi biasanya melibatkan satu atau lebih perubahan sifat individu. Mekanisme mutasi dapat dilihat pada Gambar 2.5, salah satu gen pada kromosom awal dimutasi sehingga menghasilkan kromosom baru.



**Gambar 2.9** Mekanisme mutasi [6].

## 7. Penggantian

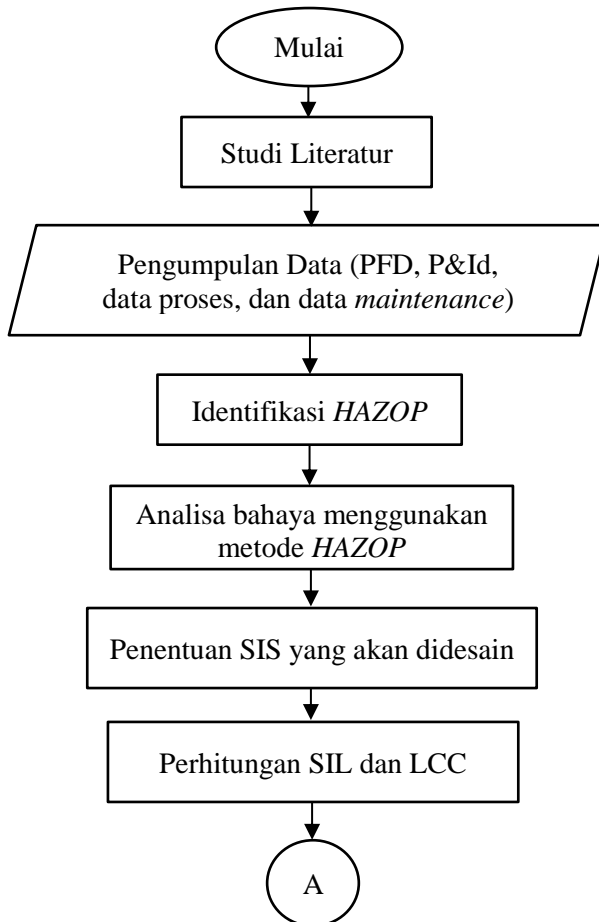
Keturunan hasil dari seleksi, rekombinasi, dan mutasi akan menggantikan populasi induk. Banyak metode penggantian seperti penggantian *elitist*, penggantian *generation-wise*, dan penggantian *steady-state* [14].

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

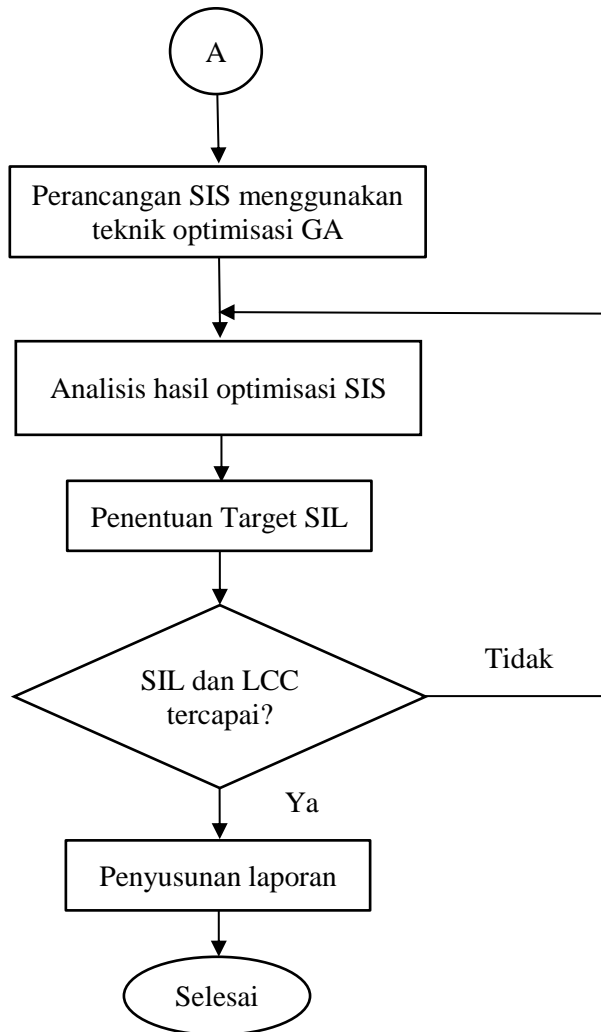
## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Dalam tugas akhir ini disusun langkah-langkah kerja sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut:



**Gambar 3.1** *Flowchart* Penelitian



**Gambar 3.1** *Flowchart* Penelitian (Lanjutan).

### 3.2 Tahap Tahap Penelitian

Adapun tahapan pada penelitian ini meliputi beberapa hal diantaranya :



### A. Studi Literatur

Studi yang dilakukan dengan mencari literatur, konsultasi dengan *supervisor* dan *engineering* yang berada di lapangan dan jurnal yang terkait dengan tema.

### B. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengambil data P&ID, PFD, data proses, dan data *maintenance* dari *node superheat burner* (101BBS), *Primary Reformer* (101B) *server* dapat dilihat pada Lampiran B sampai Lampiran E. Selain itu pengambilan data dilakukan selama satu bulan. Data yang digunakan untuk membuat *HAZOP worksheet* adalah P&ID, dan data proses. Data nilai PFD yang digunakan sebagai rancangan berasal dari data sekunder yang berupa data laju kegagalan ( $\lambda$ ) yaitu  $\lambda_{dd}$ ,  $\lambda_{du}$ ,  $\lambda_{sd}$ ,  $\lambda_{su}$ , dan  $\lambda_t$ , serta fraksi kegagalan ( $\beta$ ) yaitu  $\beta_{dd}$ ,  $\beta_{du}$ ,  $\beta_{sd}$ , dan  $\beta_{su}$  dari *sensing element*, *logic solver*, dan *final control element* pada tiap teknologi. Sedangkan data nilai LCC yang digunakan sebagai rancangan berasal dari data sekunder yang berupa biaya pembelian instrumen, biaya desain dan instalasi instrumen, biaya *maintenance* instrumen, biaya *testing* instrumen, dan total biaya akibat terjadinya kegagalan dapat dilihat pada Lampiran F.

### C. Identifikasi HAZOP

Identifikasi *hazard* dilakukan dengan metode *Hazard and Operability Study (HAZOP)*. Identifikasi meliputi risiko, peluang bahaya, serta deviasi yang terjadi pada *node superheat burner* sehingga diketahui nilai risiko berdasarkan keseringan dan konsekuensi yang bisa terjadi. Tahapan dalam melakukan *HAZOP* diantaranya.

1. Menentukan *node* berdasarkan data P&ID. Dalam tugas akhir ini *node* pada sistem adalah *superheat burner*.
2. Menentukan komponen dan *instrument* yang digunakan dalam *node* yang mengukur parameter dari proses pada *node superheat burner* seperti *temperature*, dan *pressure*.

3. Menentukan *guideword* yang didapat dari data proses pembacaan *transmitter* selama bulan Maret dan di *plot* pada *control chart* untuk mendapatkan deviasi dari pengendalian proses *superheat burner*.
4. Analisis terhadap *node* untuk penyimpangan yang mungkin terjadi serta sistem pengamanan yang telah ada sudah optimal atau membutuhkan tambahan rekomendasi.
5. Estimasi risiko dilakukan dengan mengidentifikasi banyaknya kejadian suatu risiko dari bahaya pada rentang waktu tertentu. Berdasarkan data *maintenance likelihood* didapatkan dari lama operasi komponen terhadap banyaknya kegagalan dari komponen waktu rata-rata komponen gagal kembali (MTTF)

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

6. Sedangkan untuk MTTF didapat dari perhitungan data kegagalan yang menunjukkan laju kegagalan yang dihitung dengan persamaan 3.2

$$MTTF = \frac{1}{(failure\ rate)} \quad (3.2)$$

7. Menganalisa konsekuensi yang timbul dari dampak yang diakibatkan karena penyimpangan pengendalian. Standar penentuan konsekuensi mengacu pada standar kriteria Konsekuensi PT. Petrokimia Gresik terdapat pada Tabel 2.2

#### **D. Analisis Bahaya Menggunakan Metode HAZOP**

Potensi bahaya diperoleh karena adanya penyimpangan pada data proses. Potensi bahaya dapat dijelaskan menggunakan metode *HAZOP Worksheet superheat burner* PT. Petrokimia Gresik.

### **E. Penentuan SIS**

Penentuan SIS dilakukan berdasarkan data *HAZOP* dan *P&ID* yang telah didapatkan dari PT. Petrokimia Gresik. Berdasarkan data tersebut, dapat ditentukan bahwa terdapat empat *BPCS* yang terdiri dari *temperature control*, dan *pressure control*.

### **F. Perhitungan SIL dan LCC yang akan didesain**

Sebelum melakukan perancangan SIS maka diperlukan perhitungan dan analisa SIL untuk setiap komponen SIS. Perhitungan SIL digunakan untuk mengevaluasi *safety* pada *plant*. Untuk melakukan perhitungan SIL maka perlu dilakukan pengelompokkan komponen SIS yang ada berdasarkan *SIF* yang dijalankannya. Untuk dapat melakukan perhitungan SIL maka terlebih dahulu dilakukan perhitungan *failure rate* untuk Komponen/peralatan (*instrument*) SIS yang digunakan pada setiap *loop* yang terdata pada *HAZOP*. Nilai laju kegagalannya (*failure rate*) dapat ditentukan dengan perhitungan *Mean Time to Failure* (*MTTF*) terlebih dahulu melalui data waktu kegagalan untuk masing-masing komponen yang terdapat di lapangan. Setelah diperoleh nilai *MTTF* selanjutnya dilakukan perhitungan *failure rate*.

Untuk melakukan perhitungan *LCC superheat burner* maka perlu dilakukan perhitungan *cost procurement*, *cost operational* dan *cost risk*. Setelah didapatkan ketiga nilai tersebut pada masing-masing instrumen, maka *LCC* dapat diperoleh dengan menggunakan rumus yang terdapat pada Persamaan 2.17.

### **G. Penentuan Target SIL**

Setiap perusahaan memiliki target untuk keamanan dari suatu *plant*. Sebagai tindak lanjut dari perhitungan SIL *plant* muncul rekomendasi untuk meminimalisir kegagalan yang terjadi pada *superheat burner ammonia unit* PT. Petrokimia Gresik melalui peningkatan nilai SIL yang telah disepakati perusahaan.

## H. Perancangan SIS

Sebelum melakukan perancangan SIS maka diperlukan perhitungan dan analisa SIL untuk setiap komponen SIS. Perhitungan SIL digunakan untuk mengevaluasi *safety* pada *plant*. Setelah diketahui nilai SIL yang dibutuhkan maka perlu disusun komponen-komponen utama yang akan menyusun SIF, sesuai dengan nilai *failure rate* dan biaya. Salah satu upaya dalam memperbaiki tingkat keamanan dengan mempertimbangkan biaya. Peningkatan SIL dapat dilakukan dengan cara mengubah struktur arsitektur SIS, pergantian komponen SIS, atau dengan menambah waktu/perlakuan perawatan (*maintenance*). Melalui pendekatan sistem *votting* MooN akan memberikan pengaruh signifikan pada tingkat keamanan serta risiko yang terjadi pada *node superheat burner ammonia unit* PT. Petrokimia Gresik.

## I. Optimisasi Perancangan SIS

Dalam melakukan perancangan SIS hal yang perlu diperhatikan adalah komposisi komponen yang dipengaruhi oleh konfigurasi SIS dan jenis teknologi yang digunakan serta cara untuk mendapatkan hasil rancangan yang paling optimum. Menurut penelitian yang telah dilakukan, teknik optimisasi terbaik untuk mengoptimisasi LCC adalah metode GA. Parameter-parameter yang digunakan untuk mengoptimisasi SIS dengan menggunakan GA adalah sebagai berikut:

- Jumlah populasi  
Populasi menentukan jumlah kromosom yang terlibat dalam proses optimisasi.
- Jumlah variabel yang dioptimisasi  
Variabel yang mempengaruhi fungsi tujuan yaitu untuk mendapatkan nilai LCC yang minimal. Variabel yang dioptimisasi meliputi PFDavg, STR, jenis teknologi, dan *vote* arsitektur.
- Batas atas dan bawah optimisasi  
Batas digunakan sebagai jangkauan untuk mengacak nilai

variabel optimisasi agar memenuhi fungsi tujuan.

- Iterasi  
Menentukan jumlah perputaran proses optimisasi.

Optimisasi SIS akan dimulai dengan pembacaan data LCC yang akan dilanjutkan dengan penentuan variabel optimisasi. Variabel yang mempengaruhi antara lain jumlah komponen yang digunakan ( $N_x$ ), *vote architecture* ( $C_x$ ), dan teknologi. Penentuan nilai  $N_x$  dan  $C_x$  dapat dilihat di Lampiran F.

#### **J. Perhitungan PFDavg dan STR**

Dalam perhitungan PFD dilakukan perhitungan dengan persamaan yang terdapat pada Persamaan 2.16. Pada perhitungan PFD pada ini menggunakan parameter-parameter seperti fraksi kegagalan (CMooN), fraksi kegagalan *danger detected*, dan *danger undetected*, laju kegagalan *danger detected*, dan *danger undetected*, *time interval*, dan *repair time*. Sedangkan, perhitungan STR, dilakukan perhitungan dengan persamaan yang terdapat pada Persamaan 2.29.

#### **K. Perhitungan LCC**

Perhitungan LCC dilakukan dengan menggunakan Persamaan 2.18 sampai Persamaan 2.24. Parameter yang digunakan adalah biaya pembelian, biaya operasional, dan biaya risiko.

#### **L. Analisa Hasil Optimisasi SIS**

Terdapat tiga objek yang akan diamati dalam optimisasi kali ini, yaitu:

1. *Probability Failure on Demand* (PFDavg)  
Perhitungan PFDavg merepresentasikan probabilitas kegagalan dari sistem keamanan serta dasar perhitungan dalam menentukan SIL.
2. *Spurious Trip Rate* (STR)  
Perhitungan STR merepresentasikan dampak dari kerugian produksi dan kepercayaan pengguna yang ditempatkan pada sistem.

### 3. *Life Cycle Cost (LCC)*

Perhitungan LCC merepresentasikan perhitungan biaya yang dibutuhkan dalam mendesain hingga mengoperasikan SIS. Optimisasi terfokus pada variasi teknologi pada subsistem sensor dan *final control element*. Tujuan optimisasi yaitu untuk mendapatkan hasil minimum untuk ketiga objek optimisasi. Dimana fungsi objektif yang digunakan pada optimisasi adalah LCC.

## **BAB IV**

### **ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Alur Proses *Primary Reformer***

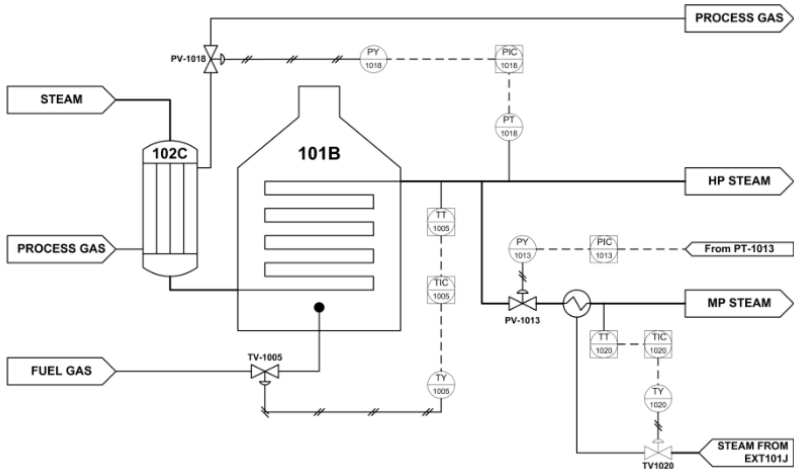
*Steam system* adalah unit pada pabrik *ammonia* yang menghasilkan uap bertekanan tinggi yang selanjutnya dimanfaatkan dalam operasional serta produksi *ammonia*. Selain itu uap juga digunakan sebagai penggerak kompresor dan turbin, sisa ekstraksi uap dari kompresor dan turbin masih dapat dimanfaatkan pada *steam service* serta sumber panas pada penukar panas. Dalam tugas akhir ini penulis melakukan analisis *HAZOP* serta perhitungan dan peningkatan nilai *SIL* pada *superheat burner*. Alur produksi *steam* melalui beberapa proses mulai dari *Deaerasi* pada *deaerator* 101U, lanjut pemanasan awal oleh penukar panas 123C1/C2, lalu dilakukan pemisahan fase antara uap dan cairan pada *steam drum* 101F, dan untuk menghasilkan uap kering dengan suhu panas tingkat lanjut uap akan dipanaskan di dalam *coil* 101B *primary reformer* yang dibakar secara langsung oleh *superheat burner*. Hasil akhir berupa uap dari proses ini akan didistribusikan pada unit *ammonia*. Uap akan terdistribusi dalam tiga jenis diantaranya *High Pressure* (HP), *Medium Pressure* (MP), dan *Low Pressure* (LP). Masing-masing jenis akan dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan sistem pada *ammonia*. Peran *primary reformer* menjadi vital dikarenakan berhubungan langsung dengan sistem pembakaran serta proses dengan *temperature* serta tekanan kerja yang sangat tinggi, sehingga dalam analisis akan fokus pada *node primary reformer* yang tersusun atas *superheat burner* dan *superheat coil*.

#### **4.2 Analisis Potensi Bahaya**

Sesuai dengan pokok bahasan pada tugas akhir ini yaitu analisis pada *node primary reformer* 101B yang merupakan satu kesatuan dari *superheat burner* dan *superheat coil*. Dalam melakukan analisis menggunakan data yang menjadi acuan pengolahan data berupa data *logsheet primary reformer* 101B. Dari *log sheet* yang didapat dari *process historical database*

pada DCS diambil dengan pola data rata-rata tiap jam operasi dari pembacaan empat *transmitter* di *primary reformer* 101B. Potensi bahaya yang ditimbulkan dapat diketahui berdasarkan tren penyimpangan rata-rata operasi yang ditentukan dengan *guide word* dan dinyatakan dengan deviasi.

*Primary reformer* dijaga prosesnya menggunakan sistem BPCS yang terdiri atas *loop* pengendalian *temperature* dan tekanan. Terdapat 4 *loop* pengendalian diantaranya 2 *loop* pengendalian tekanan *pressure transmitter* PT1018 & PT1013, serta 2 *loop* *temperature transmitter* TT1020 & TT1005 keempat *instrument* masih aktif digunakan dalam menjaga kestabilan proses pada *primary reformer* 101B.



**Gambar 4.1** P&ID Superheat Burner

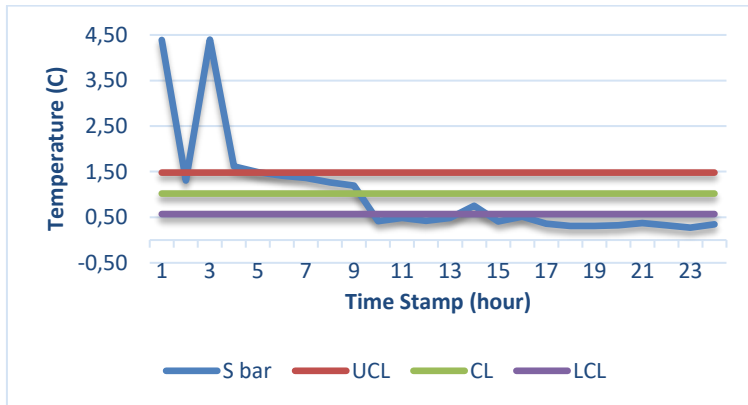
Berdasarkan data *log sheet* *primary reformer* 101B dapat diperoleh grafik *control chart* terhadap rata-rata operasi komponen diantaranya:

#### 4.2.1 *Temperature Transmitter* 1005 (TT1005)

*Temperature transmitter* 1005 (TT1005) *loop* pengendalian *temperature* menjaga *temperature* keluaran *steam* dari *superheat*



burner. Diperoleh grafik *control chart* deviasi pada Gambar 4.2



**Gambar 4.2** Grafik S-bar TT-1005

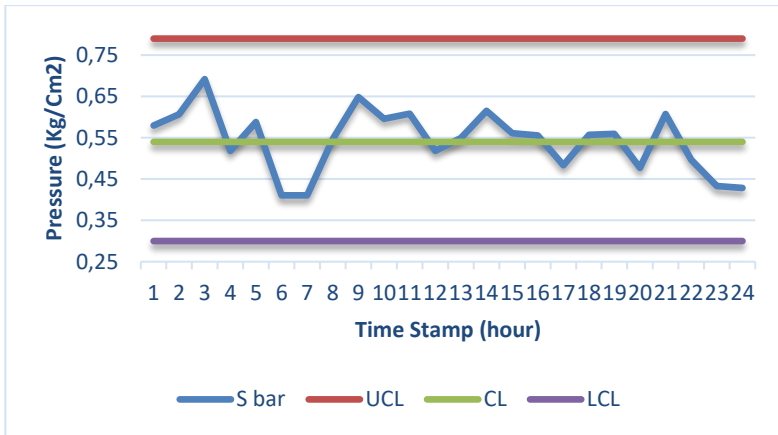
Pada grafik Gambar 4.2, diketahui bahwa pada TT-1005 memiliki distribusi data yang cenderung kurang akurat dan mengalami deviasi.

**Tabel 4.1** *Guide word* dan deviasi TT-1005

No.	Component	Description	Guide word	Deviation
1.	TT1005	Temperature Transmitter	High	High Temperature
			Low	Low Temperature

#### 4.2.2 Pressure Transmitter 1018 (PT1018)

*Pressure transmitter* 1018 (PT1018) pada *loop* pengendalian tekanan yang menjaga tekanan keluaran uap dari *superheat burner*. Sebelum memasuki *superheat burner*, tekanan keluaran dari *primary reformer* sangat dipengaruhi oleh proses pemanasan awal *steam* menjadi *HP steam*. Dari data proses didapatkan grafik *control chart* deviasi pada Gambar 4.3.



**Gambar 4.3** Grafik S-bar PT-1018

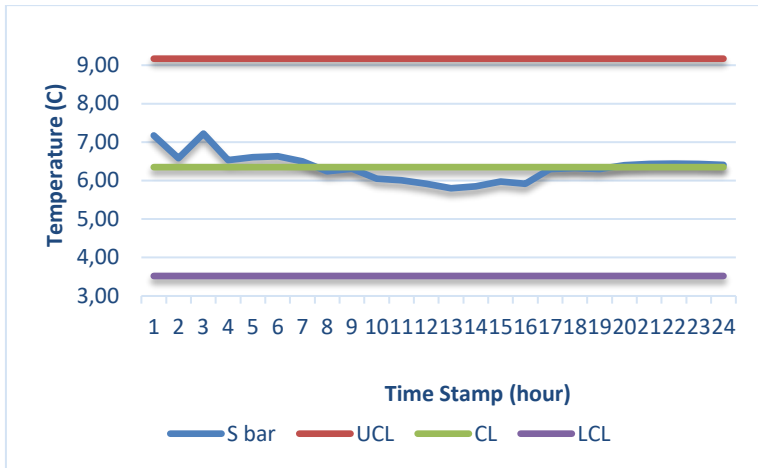
Pada grafik Gambar 4.3, diketahui bahwa pada PT-1018 memiliki distribusi data yang cenderung sangat akurat

**Tabel 4.2** Guide word dan deviasi PT-1018

No.	Component	Description	Guideword	Deviation
1.	PT1005	Pressure Transmitter	High	High Pressure
			Low	Low Pressure

#### 4.2.3 Temperature Transmitter 1020 (TT1020)

Pendistribusian uap dari *superheat burner* tidak hanya pada tingkat tekanan tinggi (*high pressure*) namun juga di tingkatan *medium pressure* yang jalur distribusinya dicabangkan dari *line* utama HP *steam*. Karena pemanfaatan uap yang berbeda sebelum memasuki sistem distribusi uap tekanan *medium temperature* dikendalikan oleh *loop* 1020. Dengan menggunakan *temperature transmitter* TT-1020 dapat diperoleh data proses dan berikut grafik *control chart* TT-1020.



**Gambar 4.4** Grafik S-bar TT-1020

Pada grafik Gambar 4.4, diketahui bahwa pada TT-1020 memiliki distribusi data yang cenderung sangat akurat.

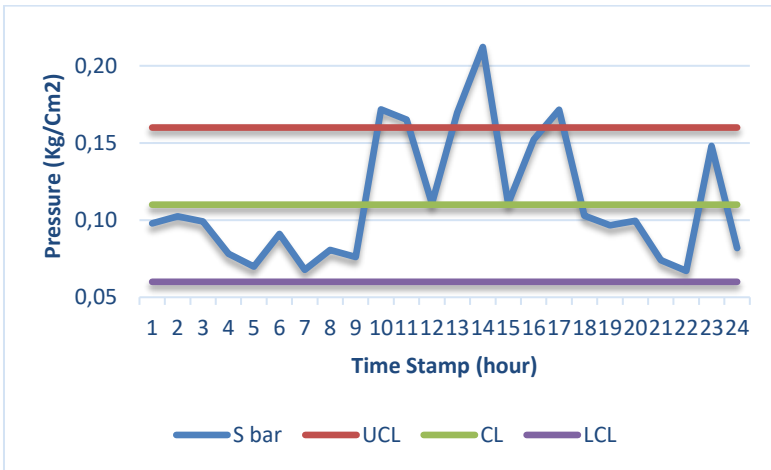
**Tabel 4.3** *Guideword* dan deviasi TT-1020

No.	Component	Description	Guideword	Deviation
1.	TT1020	Pressure Transmitter	High	High Pressure
			Low	Low Pressure

#### 4.2.4 Pressure Transmitter 1013 (PT1013)

*Loop* pengendalian tekanan dengan *tag* 1013 terletak di percabangan pipa distribusi uap keluaran dari *superheat burner*. Uap dengan tingkat *Medium Pressure* (MP) dijaga tekanannya di kisaran  $\pm 48$  kg/cm<sup>2</sup> karena pemanfaatan *steam* yang penting seperti menggerakkan turbin sehingga tekanan perlu dijaga agar tidak merusak *instrument* dan komponen lain yang menggunakan uap MP. *Loop* pengendalian ini menggunakan *pressure transmitter* 1013 (PT-1013). Hasil pengukuran PT-1013 dapat dilihat pada data proses di Lampiran D sehingga tren grafik pengendalian rata-rata

jamnya pada setiap hari ditampilkan pada Gambar 4.5 di bawah ini.



**Gambar 4.5** Grafik S-bar PT-1013

Pada grafik Gambar 4.5, diketahui bahwa pada PT-1013 memiliki distribusi data yang cenderung kurang akurat dan mengalami deviasi.

**Tabel 4.4** *Guideword* dan deviasi untuk PT-1013

No.	Component	Description	Guideword	Deviation
1.	PT1013	Temperature Transmitter	High	High Temperature
			Low	Low Temperature

Selain beberapa komponen yang sudah dibahas sebelumnya terdapat beberapa komponen lain yang juga dilakukan analisis bahaya diantaranya aktuator dari keempat *loop* pengendalian pada *node superheat burner*. Potensi bahaya tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.5 di bawah ini.

**Tabel 4.5** *Guideword* komponen aktuatur

<i>No.</i>	<i>Component</i>	<i>Description</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>
1.	TV1005	<i>Control Valve</i>	<i>Open</i>	<i>Fail to Open</i>
2.	PV1018	<i>Control Valve</i>	<i>Close</i>	<i>Fail to Close</i>
3.	PV1013	<i>Control Valve</i>	<i>Open</i>	<i>Fail to Open</i>
4.	TV1020	<i>Control Valve</i>	<i>Open</i>	<i>Fail to Open</i>

### 4.3 Analisis Risiko

Analisis risiko adalah kegiatan analisis peluang dampak bahaya yang terjadi akibat adanya penyimpangan dari kondisi yang diinginkan dan dikendalikan. Dalam *HAZOP* tingkat risiko ditinjau dari nilai *likelihood* (peluang) dan *consequence* (dampak) yang diakibatkan. Tingkatan risiko dinyatakan dalam sebuah matrix seperti yang digambarkan pada Gambar 2.3 . Dalam memberikan nilai parameter *likelihood* dan *consequence* terdapat standar masing-masing. Penulis dalam tugas akhir ini menggunakan standar yang dibuat oleh Departemen Pemeliharaan pabrik I PT. Petrokimia Gresik. Pada *superheat burner* ini terdapat dua parameter yang dikendalikan yaitu *pressure*, dan *temperature*, sehingga total terdapat empat *loop* pengendalian yang dapat dianalisis.

#### 4.3.1 Penentuan *Likelihood*

Nilai parameter *likelihood* ditentukan menggunakan data *maintenance* dan kalibrasi instrumen yang diperoleh dari Departemen. Pemeliharaan I pabrik I. Nilai *likelihood* dihitung dengan membagi waktu operasi *instrument* terhadap *mean time to failure* (MTTF). MTTF dihitung dengan Persamaan 2.1. Sehingga untuk *node superheat burner* memiliki risiko untuk masing-masing komponennya pada Tabel 4.6 berikut.

**Tabel 4.6** Kriteria *likelihood node superheat burner*

<i>Instrument</i>	MTTF	<i>Likelihood</i>
TT1005	9805,25	4
PT1018	10351	4
PT1013	19118	2
TT1020	14185,666667	3

Dari Tabel 4.6 ditunjukkan bahwa *instrument* TT-1005 & PT-1018 bernilai skala 4 (*Poor*) untuk *likelihoodnya* berdasarkan standar kriteria profil risiko pabrik I PT. Petrokimia Gresik. Nilai tersebut didapat berdasarkan *data maintenance* dari masing-masing *instrument*. Untuk TT-1005 memiliki risiko kegagalan 4 kali dalam kurung waktu 5 tahun (2014-2019) sehingga bernilai 4 pada parameter *likelihood*. Sedangkan untuk instrumen PT-1018 memiliki nilai parameter *likelihood* 4 karena ada rekam data *maintenance* 4 kalo risiko dalam 5 tahun (2014-2019) serta telah mengalami penggantian *transmitter* 2 kali dalam periode tersebut. Pada dua *transmitter* ini memiliki peluang risiko relatif tinggi karena memang *line* proses di pipa memiliki *temperature* dan tekanan kerja yang tinggi selain itu instrumen tersebut terpasang pada *node primary reformer*. Tepatnya di dekat *superheat burner* sehingga lingkungan juga mempengaruhi laju kegagalan dan terpapar di kondisi yang berbahaya menjadi faktor utama yang menyebabkan rendahnya usia serta tingkat keandalan instrumen tersebut.

Terdapat dua *transmitter* lagi di *line* proses yang berbeda yaitu TT-1020 dan PT-1013. Kedua *transmitter* letaknya pada *line* percabangan dari *line* utama uap *high pressure*. Uap yang melalui *line* pipa tersebut bertekanan *medium*. Instrumen TT-1020 memiliki rekam *data maintenance* yang menunjukkan bahwa risikonya sebanyak 3 kali dalam 5 tahun (2013-2019) sehingga nilai *likelihood* sebesar 3 (*Acceptable*), sedangkan instrumen PT-1013 memiliki risiko 2 kali dalam 5 tahun (2013-2019) dengan nilai *likelihood* 2 (*good*) serta sempat mengalami pergantian *transmitter* satu kali pada tahun 2016. Walaupun nilai *likelihood*

dari *transmitter* TT-1020 dan PT-1013 sedikit lebih baik dibandingkan TT-1005 & PT-1018 namun tetap pada dasarnya memiliki peluang risiko yang besar sehingga diperlukan adanya tindakan serta rekomendasi sebagai usaha mengurangi risiko sehingga bahaya yang terjadi bisa diminimalisir. Keseluruhan nilai *likelihood* dapat dilihat pada tabel HAZOP Lampiran A.

#### 4.3.2 Penentuan *Consequence*

*Consequence* ditentukan untuk mencari tahu tingkat keparahan (*severity*) dari dampak yang terjadi karena adanya risiko penyimpangan dari keadaan yang diinginkan atau operasi yang diluar kendali. Standar dalam menentukan *consequence* mengikuti standar kriteria profil konsekuensi pabrik I PT. Petrokimia Gresik. Berdasarkan data proses yang ada serta standar operasional pelaksanaan (SOP) pabrik *ammonia* dapat dilakukan penentuan tingkatan keparahan sesuai dengan kategori *consequences* yang terdapat pada Tabel 2.2. Tingkat *consequences* untud *node superheat burner* dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut.

**Tabel 4.7** Kriteria *consequences node superheat burner*

No.	Component	Consequence
1.	TT1005	5 ( <i>Catastrophic</i> )
2.	PT1018	5 ( <i>Catastrophic</i> )
3.	PT1013	3 ( <i>Moderate</i> )
4.	TT1020	2 ( <i>Minor</i> )

Berdasarkan kriteria *consequences* yang dibuat oleh PT. Petrokimia Gresik nilai 5 memiliki arti *unacceptable* dimana risiko akan berdampak besar pada produksi, hingga berakibat sangat signifikan pada kegiatan produksi sehingga aktifitas produksi harus dihentikan (*shutdown*). TT-1005 dan PT-1018 memiliki nilai *consequence* 5 karena memang pada grafik *control chart* menunjukkan tren yang fluktuatif di luar zona kendali. Selain itu tekanan dan suhu sangat berkaitan dan

memenuhi persamaan gas ideal. Ketika *temperature* uap naik maka tekanan akan itu naik begitu sebaliknya, sehingga kedua komponen ini beroperasi pada risiko bahaya yang tinggi. Selain itu pada *loop* TT-1005 berhubungan langsung dengan *line flow* suplai gas bahan bakar *burner* sebagai variabel manipulasi yang rentan akan risiko bahaya terbakar dan mudah meledak.

Sedangkan pada PT-1013 mendapatkan nilai *consequence* 3 yang artinya berdampak sedang pada aktifitas pabrik dan kegiatan produksi, namun aktifitas dan produksi masih bisa terlaksana. Karena PT-1013 memiliki peran menjaga suplai uap dalam tekanan *medium* yang pemanfaatannya banyak digunakan komponen pendukung seperti penukar panas, *steam service*, dan utilitas lain. Sehingga tidak berdampak signifikan pada sistem dan produksi *ammonia*. Berbeda dengan TT-1020 yang fungsi pengendaliannya memperbaiki kualitas uap yang akan didistribusikan pada *Medium Steam* (MS) *header* untuk mencapai *temperature* yang ditentukan sesuai standar tekanan untuk *medium pressure* sehingga suplai uap pada komponen lain pada plant *ammonia* tetap stabil. Komponen berhubungan langsung dengan penukar panas *desuperheater* yang dipanaskan dari uap sisa ekstraksi turbin 101J/JA untuk memperbaiki kualitas uap yang akan didistribusikan baik parameter *temperature* dan tekanannya. Sehingga risiko *relative* kecil sehingga tidak terlalu mempengaruhi aktifitas produksi serta dampaknya kecil. Maka dari itu nilai *consequence* TT-1020 bernilai 2. Keseluruhan nilai *consequences* dapat dilihat pada tabel *HAZOP worksheet* Lampiran A.

### 4.3.3 Risk Ranking

Tahapan terakhir dalam analisis bahaya adalah mendapatkan nilai *risk ranking*. *Risk ranking* dihitung berdasarkan Persamaan 2.1 yaitu perkalian skala *likelihood* dengan *consequences*. Standar *risk ranking* mengikuti standar pemeliharaan kriteria *risk ranking* dari Departemen Pemeliharaan pabrik I PT. Petrokimia Gresik yang terdapat pada Tabel 2.3. Untuk *node superheat burner* didapatkan hasil *plot risk ranking* pada Tabel 4.8 berikut:



**Tabel 4.8** Risk Matrix superheat burner

<i>Consequences /Likelihood</i>	<i>1 Insignificant</i>	<i>2 Minor</i>	<i>3 Moderate</i>	<i>4 Major</i>	<i>5 Catastrophic</i>
(1) <i>Brand New Excellent</i>	L1	L2	L3	L4	M5
(2) <i>Good</i>	L2	L4	M6	M8	H10
(3) <i>Acceptable</i>	L3	M6	M9	M12	H15
(4) <i>Below Standart/ Poor</i>	L4	M8	M12	H16	H20
(5) <i>Unacceptable</i>	M5	M10	H15	H20	H25

Pada Tabel 4.8 didapatkan informasi bahwa terdapat dua *instrument* memiliki risiko sedang dan dua instrumen memiliki tingkat risiko tinggi. Untuk instrumen TT-1005 dan PT-1018 berada di *matrix* H20 dengan indikasi bahwa kedua instrumen memiliki risiko tinggi. Sedangkan untuk PT-1013 dengan tingkat risiko sedang di *matrix* M6 dari nilai *likelihood* di level 2, *consequence* level 3. TT-1020 juga terletak pada tingkat risiko sedang di *matrix* M6. Instrumen lainnya seperti aktuator berada pada *risk matrix* M6 dan L4 dari persebaran *matrix* pada Tabel 4.8 diatas dapat ditentukan sebab serta rekomendasi yang dilakukan untuk *instrument superheat burner* agar tingkat risiko dan kewanaman plant dioptimalkan. Hasil rekomendasi dan keseluruhan analisis *HAZOP* yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel *HAZOP worksheet superheat burner* PT. Petrokimia Gresik Lampiran A.

#### 4.4 Analisis HAZOP

Seluruh analisis HAZOP yang telah dilakukan menunjukkan hasil bahwa risiko bahaya yang dapat terjadi pada *superheat burner* dapat terbagi menjadi 3 kategori dengan presentase yang berbeda-beda dengan menggunakan perhitungan dari tabel HAZOP.

- $High = \frac{4}{12} \times 100\% = 33,3\%$
- $Medium = \frac{6}{12} \times 100\% = 50\%$
- $Low = \frac{2}{12} \times 100\% = 16,7\%$

Presentase diatas menyatakan bahwa *risk ranking* dengan kategori *medium* memiliki presentase lebih besar dibandingkan kategori *high* dan *low*. Oleh sebab itu rekomendasi berupa penambahan *alarm* dan penerapan prosedur *predictive maintenance* dapat diberikan terkait dari keseluruhan hasil analisis HAZOP yang telah dilakukan.

#### 4.5 Sistem Pengamanan Superheat Burner

Sistem pengamanan pada *superheat burner* terdiri dari beberapa macam, yaitu pengamanan pada saat operasi *burner* dan sistem *start up* dan *shut down* sistem pembakaran *burner*. Standar operasional pelaksanaan dari sistem pengamanan diantaranya

##### 4.5.1 SIS Superheat Burner

Sistem pengamanan *superheat burner* menerapkan layer pengamanan *Safety Instrumented System (SIS)*. SIS terdiri dari *sensing element* berupa *switch*, lalu kontroler menggunakan PLC, dan *final element* berupa *valve/solenoid valve*. Sistem pengaman dipasang pada komponen yang memiliki peluang bahaya yang besar yaitu *burner*. *Burner* menggunakan bahan bakar gas metana ( $CH_4$ ) yang disuplai dari *fuel gas feed*. Sistem pembakaran pada *Primary Reformer* berjenis *direct burning*, terdapat dua *line* pipa *feed gas* yang mensuplai gas untuk *burner*. Masing-masing *line* memiliki sistem pengaman SIS.

Sistem pengaman yang sudah diterapkan menggunakan

*pressure switch* dengan batas indikasi *high high*(PSHH), *low* (PSL), dan *low low* (PSLL). *Sensing element* terpasang dengan konfigurasi 1001. Sedangkan untuk *final element* menggunakan *solenoid valve* untuk mensuplai sinyal pneumatic ke *hydraulic valve* dengan konfigurasi 1002 pada masing-masing *line* pipa gas. Konfigurasi SIS dapat dilihat pada lampiran C.

#### 4.5.2 SOP Start up dan Shut down burner

Standar operasional pekerjaan untuk menghidupkan dan mematikan sistem pembakar memiliki prosedur tertentu. Prosedur dibuat agar sistem dapat digunakan semestinya, selain itu juga mempertimbangkan keamanan alat dan kestabilan proses. Karena *temperature* pada *burner* harus dijaga pada *temperature* yang optimal yaitu 520°C. Untuk mencapai *setpoint* dari keadaan sistem yang mati tidak dapat dilakukan secara otomatis menggunakan DCS. Butuh peran *foreman* untuk menjalankan prosedur SOP tersebut langsung di lapangan tempat *superheat burner* terpasang. Prosedur dapat dilihat pada Tabel 4.9.

**Tabel 4.9** Prosedur Penggunaan *Superheat Burner*

No.	Prosedur
1.	<p><i>Start Up</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Purging Gas</i> Proses <i>flushing line</i> gas bahan bakar menggunakan gas nitrogen yang di <i>purging</i> untuk membuang sisa gas yang tersisa pada pipa.</li> <li>• <i>Checking</i> <i>Checking</i> gas merupakan tahapan untuk melakukan <i>check</i> pada <i>line fuel gas</i> untuk memastikan bahwa <i>line</i> pipa tersebut tidak mengalami kebocoran. Gas nitrogen ditekan pada tekanan tertentu dan diamati secara manual.</li> <li>• <i>Release N<sub>2</sub></i> Membuat gas nitrogen ke atmosfer dilanjutkan dengan mensuplai <i>feed fuel gas</i> pada sistem pembakar</li> </ul>

**Tabel 4.9** Prosedur Penggunaan *Superheat Burner* (Lanjutan)

2.	<p><i>Shut Down</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trip Shut Down</li> </ul> <p><i>Trip shutdown</i> 101BBS terjadi karena sistem <i>interlock</i> SIS 1 101BBS akibat indikasi dari <i>pressure switch low</i> atau <i>high, high high</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Shutdown Terencana</li> </ul> <p><i>Feed gas</i> metana dari 144F dihentikan secara manual valve oleh operator. 101BBS tidak melakukan pembakaran lagi</p>
----	---

#### 4.6 Analisis SIL

Ada beberapa tahapan dalam melakukan analisis SIL diantaranya pengelompokan komponen SIS, perhitungan *failure rate*, perhitungan *Probability Failure on Demand* (PFD), dan penentuan SIL.

##### 4.6.1 Pengelompokan SIS

Pada perhitungan SIL dilakukan pengelompokkan komponen SIS terlebih dahulu. Berdasarkan P&ID *Superheat burner* terdapat dua buah *loop* SIS yang dijelaskan dalam Tabel 4.8 hingga Tabel 4.10.

**Tabel 4.10** Komponen SIS *Superheat Burner*

No	<i>Sensor</i>	<i>Logic Solver</i>	<i>Final Element</i>
1	PSH 1241	PLC	XV 1240A
2	PSLL 1240	PLC	XV 1240B

**Tabel 4.11** Komponen SIS *Superheat Burner*

No	<i>Sensor</i>	<i>Logic Solver</i>	<i>Final Element</i>
1	PSHH 1246	PLC	XV 1245A
2	PSLL 1245	PLC	XV 1245B

#### 4.6.2 Perhitungan *Failure Rate*

Setelah melakukan pengelompokan SIS pada setiap *node* langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan *failure rate* setiap *instrument* untuk menentukan nilai laju kegagalannya dengan perhitungan *Mean Time to failure* (MTTF) terlebih dahulu. Berikut merupakan perhitungan nilai *failure rate* untuk masing-masing komponen.

**Tabel 4.12** Perhitungan Nilai *Failure Rate Loop Satu Superheat Burner* (1)

<b>PSH 1241</b>			
<b>Tag No.</b>	<b>MooN</b>	<b>MTTF</b>	<b><math>\lambda</math> (hours)</b>
PSH 1241	1001	4566,91	0,000218966
JP-01	1001	0	0,000000624
XV 1240A	1001	4424,4	0,000226019

**Tabel 4.13** Perhitungan Nilai *Failure Rate Loop Satu Superheat Burner* (2)

<b>PSLL 1240</b>			
<b>Tag No.</b>	<b>MooN</b>	<b>MTTF</b>	<b><math>\lambda</math> (hours)</b>
PSLL 1240	1001	4284,4	0,000233405
JP-01	1001	0	0,000000624
XV 1246B	1001	4284,3	0,00023341

**Tabel 4.14** Perhitungan Nilai *Failure Rate Loop Dua Superheat Burner* (1)

<b>PSHH 1246</b>			
<b>Tag No.</b>	<b>MooN</b>	<b>MTTF</b>	<b><math>\lambda</math> (hours)</b>
PSHH 1246	1001	4250,8	0,00023525
JP-01	1001	0	0,000000624
XV 1245A	1001	4424,3	0,000226024

**Tabel 4.15** Perhitungan Nilai *Failure Rate Loop* Dua *Superheat Burner* (2)

PSLL 1245			
Tag No.	MooN	MTTF	$\lambda$ (hours)
PSLL 1245	1001	4258	0,000234852
JP-01	1001	0	0,000000624
XV 1245B	1001	4416,4	0,000226429

#### 4.6.3 Perhitungan *Probability Failure on Demand* dan Penentuan *Safety Integrity Level (SIL)*

*Probability Failure on Demand* (PFD) merupakan probabilitas atau kemungkinan bahwa kegagalan dapat terjadi yang dilihat pada lamiran. Semakin kecil nilai PFD, maka probabilitas suatu komponen/alat/*instrument* mengalami kegagalan juga semakin kecil. Nilai PFD nantinya akan digunakan untuk menentukan SIL melalui Tabel 2.1. berdasarkan nilai *failure rate* pada Tabel 4.12 hingga Tabel 4.18 diperoleh nilai PFD untuk masing-masing SIS melalui Persamaan 4.1 hingga Persamaan 4.4.

$$PFD_{1001} = \lambda_{DU} \times \frac{T_i}{2} \quad 4.1$$

$$PFD_{1002} = \frac{(\lambda_{DU})^2 \times T_i^2}{3} \quad 4.2$$

$$PFD_{1003} = \frac{(\lambda_{DU})^3 \times T_i^3}{8} \quad 4.3$$

Dimana:

$PFD_{MooN}$  = *Probability Failure Demand Average*

$\lambda_{DU}$  = Laju kegagalan

$T_i$  = *Time Interval*

Setelah ditentukan nilai PFD, dihitung PFD *average* dengan cara menjumlahkan PFD untuk *sensor*, *logic solver*, dan *final control element*.

$$PFD_{sys} = PFD_s + PFD_l + PFD_{fe} \quad (4.4)$$

Dimana:

$PFD_{sys}$  = PFD rata-rata SIS

$PFD_s$  = PFD dari *sensor*

$PFD_I$  = PFD dari *logic solver*

$PFD_{fe}$  = PFD dari *final control element*

Penggunaan persamaan dalam perhitungan PFD didasarkan pada *voting configuration* untuk masing-masing komponen. *Time Interval* (TI) untuk masing-masing SIS disamakan yaitu sebesar satu tahun (8760 jam). Berikut merupakan perhitungan PFD untuk masing-masing SIS.

**Tabel 4.16** Perhitungan PFD SIS *Loop Satu Superheat Burner* (1)

<i>Instrument</i>	$\lambda$ (hours)	MooN	PFD <sub>avg</sub>	PFD total	SIL
PSH 1241	0,000218966	1001	0,959072984	1,951770845	0
JP-01	0,000000624	1001	0,00273312		
XV 1240A	0,000226019	1001	0,989964741		

**Tabel 4.17** Perhitungan PFD SIS *Loop Satu Superheat Burner* (2)

<i>Instrument</i>	$\lambda$ (hours)	MooN	PFD <sub>avg</sub>	PFD total	SIL
PSLL 1240	0,000233405	1001	1,022313509	2,047384	0
JP-01	0,000000624	1001	0,00273312		
XV 1246B	0,00023341	1001	1,022337371		

Berdasarkan nilai PFD total dari kedua SIS pada Tabel 4.16 dan 4.17 diketahui nilai SIL untuk masing-masing *loop* adalah

- *Loop* satu termasuk dalam SIL nol
- *Loop* dua termasuk dalam SIL nol

**Tabel 4.18** Perhitungan PFD SIS *Loop* Dua *Superheat Burner* (1)

<i>Instrument</i>	$\lambda$ (hours)	MooN	PFDavg	PFD total	SIL
PSHH 1246	0,00023525	1oo1	1,030394279	2,0231145	0
JP-01	0,000000624	1oo1	0,00273312		
XV 1245A	0,000226024	1oo1	0,989987117		

**Tabel 4.19** Perhitungan PFD SIS *Loop* Dua *Superheat Burner* (2)

<i>Instrument</i>	$\lambda$ (hours)	MooN	PFDavg	PFD total	SIL
PSLL 1245	0,000226429	1oo1	0,991757993	1,99202385	0
JP-01	0,000000624	1oo1	0,00273312		
XV 1245B	0,000227747	1oo1	0,997532739		

Berdasarkan nilai PFD total dari kedua SIS pada Tabel 4.18 dan 4.19 diketahui nilai SIL untuk masing-masing *loop* pada *superheat burner* adalah

- *Loop* satu termasuk dalam SIL nol
- *Loop* dua termasuk dalam SIL nol

#### 4.7 Perhitungan LCC

Langkah selanjutnya adalah perhitungan nilai *Lifecycle Cost* (LCC) yang didapatkan dari pejumlahan *cost procurement*, *operation*, dan *cost risk*. *Cost procurement* didapatkan dari data sekunder seperti pada Tabel 3.1 hingga Tabel 3.7 disesuaikan dengan jenis teknologi yang digunakan. *Cost operation* didapatkan dari data *cost maintenance* yang diperoleh dari data lapangan. *Cost risk* didapatkan dari data lapangan.



**Tabel 4.21** Perhitungan Nilai LCC

<i>Instrument</i>	<i>Cost</i>	
	<i>Procurement</i> (\$)	<i>Operation</i> (\$)
FT 1018	5444	1495
FV 1018	7540	2897
TT 1005	5444	1419
TV 1005	7540	2746
PT 1013	5444	1462
PV 1013	7540	2778
TT 1020	5444	1312
TV 1020	7540	2543
4 Unit PLC	201280	0
<b>total cost (\$)</b>	<b>253216</b>	<b>16651</b>
<b>cost risk (\$)</b>	<b>0</b>	<b>324716</b>
<b>LCC(\$)</b>	<b>6171713</b>	

Dari Tabel 4.21 total biaya pembelian sebesar USD 253.216, dan total biaya operasi sebesar USD 16.651. Sedangkan, untuk nilai *cost risk* didapatkan dari biaya kehilangan *asset* dikalikan dengan nilai PFDavg dan didapatkan nilai *cost risks* sebesar USD 324716. Sehingga, nilai LCC yang didapatkan dari penjumlahan *cost procurement*, *cost operation*, dan *cost risk* sebesar USD 6.171.713.

#### **4.8 Optimisasi LCC**

Optimisasi LCC direpresentasikan melalui perhitungan PFDavg, STR, dan LCC. Optimisasi dilakukan bertujuan untuk meningkatkan nilai SIL dan mendapatkan nilai LCC minimum. Terdapat 21 variasi redundansi yang digunakan yaitu *MooN voting architecture* dari 1oo1 hingga 6oo6. Penentuan SIS terdiri dari *sensing element* berupa *flow*, *level*, dan *pressure control*, *logic solver* berupa *safety PLC*, dan *final element* berupa aktuator dan

*valve*. Variasi teknologi yang akan digunakan yaitu pada *sensing element* dan *final element*. Teknologi yang digunakan pada *sensing element* adalah *smart transmitter*, *conventional electronic transmitter*, dan *switch*. Sedangkan, untuk teknologi yang digunakan pada *final element* adalah *air operated*, *hydraulic operated*, dan *motor operated*.

Perhitungan PFDavg, STR, dan LCC dilakukan untuk masing-masing *vote* dengan variasi kombinasi teknologi dan *test interval* sebesar 1 tahun (8760 jam) dan 3 bulan (2190 jam). Tabel 4.22 menunjukkan hasil optimisasi terbaik.

**Tabel 4.22** Hasil Optimisasi Minimum

Hasil Optimisasi	PFDavg	STR (/hour)	SIL PFDavg	LCC (\$)
Minimum	0,004723	$3,2 \times 10^{-5}$	2	1.763.527

Pada Tabel 4.22 dapat dilihat nilai minimum dari LCC dan nilai PFDavg, STR, saat nilai LCC maksimum maupun minimum. Dari hasil tersebut kemudian akan didapatkan nilai SIL PFDavg berdasarkan IEC 61508.

**Tabel 4.23** Hasil Variasi Redundansi dan Teknologi PT 1018 dan TT 1005

Hasil Optimisasi	Moon		Subsistem					
	TT 1005	PT 1018	TT 1005			PT 1018		
			A	B	C	A	B	C
Min	1001	1001	1	0	0	1	0	0

**Tabel 4.24** Hasil Variasi Redundansi dan Teknologi PT 1013 dan TT 1020

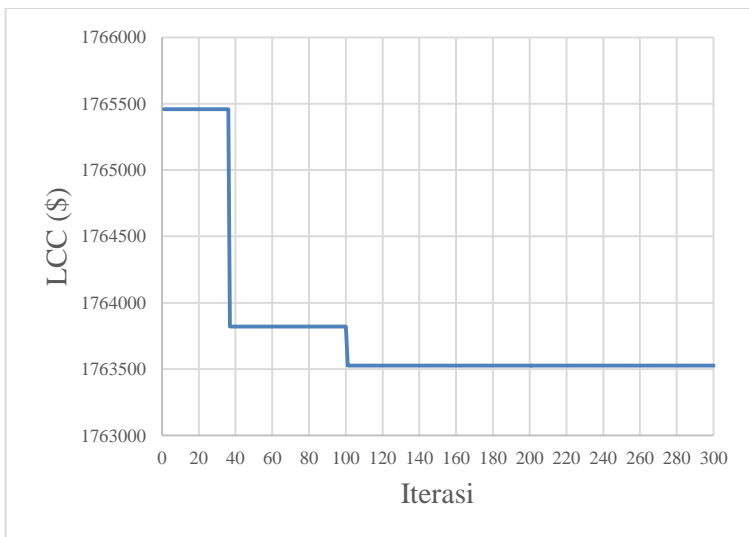
Hasil Optimisasi	Moon		Subsistem					
	TT 1020	PT 1013	TT 1020			PT 1013		
			A	B	C	A	B	C
Min	1001	1001	1	0	0	1	0	0

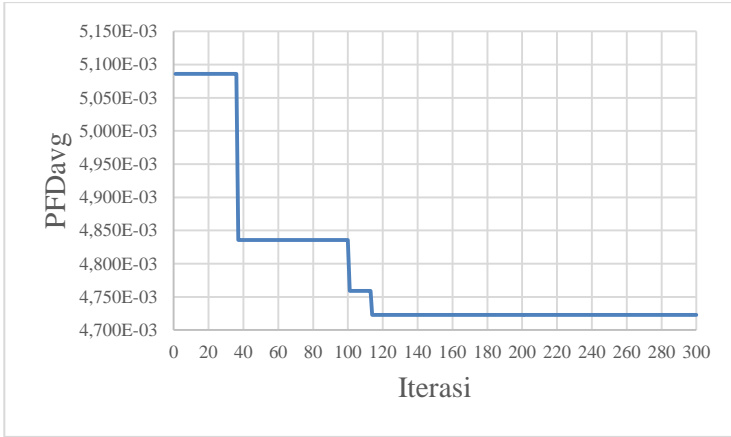
**Tabel 4.25** Hasil Variasi Redundansi dan Teknologi FE

Hasil Optimisasi	MooN	Subsistem		
	FE	FE		
		A	B	C
Min	1oo1	1	0	0

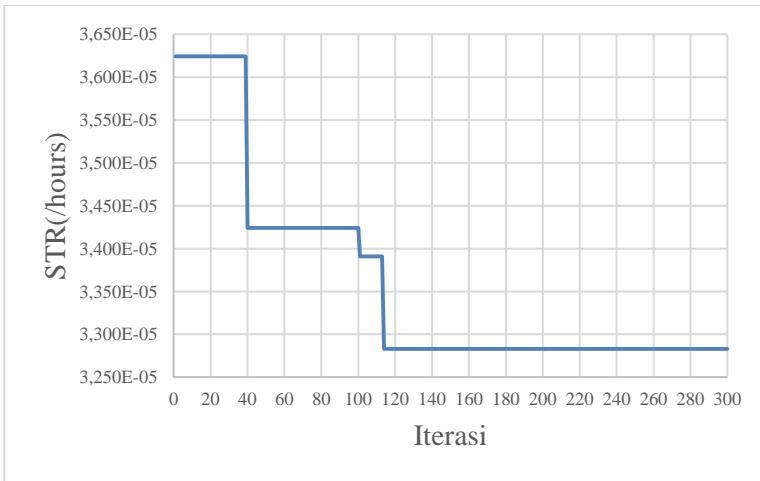
Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan sesuai dengan Tabel 4.22 diperoleh nilai  $PFD_{avg}$  minimum sebesar 0,004723 dan STR sebesar  $3,2 \times 10^{-5}$ /hours, sehingga didapatkan nilai LCC minimum sebesar USD 1.763.820. Dari Tabel 4.23 hingga Tabel 4.25 dapat diketahui mengenai kombinasi redundansi untuk setiap subsistem komponen adalah 1oo1, dengan teknologi *smart transmitter* yang digunakan pada *temperature transmitter*, dan *pressure transmitter* dan untuk *final element* menggunakan teknologi *air operated*.

Berdasarkan hasil optimisasi yang dilakukan, maka didapatkan grafik seperti berikut:

**Gambar 4.6** Hasil Optimisasi LCC



**Gambar 4.7** Hasil Optimisasi PFDavg



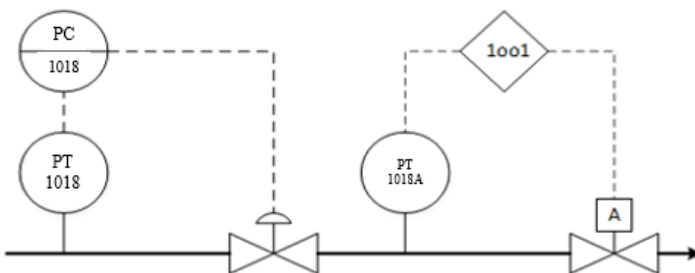
**Gambar 4.8** Hasil Optimisasi STR

Gambar 4.6, 4.7, dan 4.8 menunjukkan grafik hasil optimisasi LCC, PFDavg, dan STR. Dari ketiga gambar tersebut dapat dilihat bahwa terdapat penurunan nilai yang kemudian mulai konvergen. Nilai LCC pada iterasi pertama sebesar USD 1.765.457, kemudian terjadi penurunan, sehingga pada iterasi ke-

36 nilai LCC sebesar USD 1.763.820. Nilai LCC kembali turun pada iterasi ke-101 menjadi USD 1.763.527 yang kemudian nilai tersebut tetap hingga iterasi berakhir. Sehingga didapatkan nilai LCC terbaik sebesar USD 1.763.527. Nilai PFDavg pada iterasi pertama sebesar 0,04538 yang kemudian mengalami penurunan, sehingga pada iterasi ke-36 nilai PFDavg menjadi 0,0483. Kemudian, pada iterasi ke-100 nilai PFDavg mengalami penurunan sebesar 0,004723 Nilai tersebut tetap hingga iterasi berakhir. Sehingga didapatkan nilai PFDavg terbaik sebesar 0,004723. Nilai STR pada iterasi pertama sebesar  $3,625 \times 10^{-5}$ , kemudian terjadi penurunan, sehingga pada iterasi ke-40 nilai STR menjadi  $3,424 \times 10^{-5}$ . Pada iterasi ke-114, nilai STR mengalami penurunan menjadi  $3,283 \times 10^{-5}$ , nilai tersebut tetap hingga iterasi berakhir. Sehingga didapatkan nilai STR sebesar  $3,283 \times 10^{-5}$ .

#### 4.9 Perancangan SIS *Superheat Burner*

Berdasarkan P&ID dan HAZOP, akan dilakukan perancangan SIS. Perancangan SIS bertujuan untuk menjadi sistem pengaman ketika adanya gangguan dan mencegah adanya kegagalan fungsi pada BPCS. Perancangan dilakukan setelah perhitungan PFDavg dan STR. Terdapat 4 SIF yang digunakan dalam perancangan SIS untuk *superheat burner* tersebut yang terdiri dari dua *temperature control*, dan dua *pressure control*.



**Gambar 4.9** Perancangan SIS *Superheat Burner*

Dari Gambar 4.9 dapat diketahui bahwa terdapat satu SIF

yang terdiri dari *sensing element* berupa *pressure transmitter*, *logic solver* berupa *safety PLC*, dan *final element* yang terdiri dari aktuator dan *valve*. Selain itu, dari Gambar 4.10 dapat dilihat BPCS yang terdiri dari *pressure transmitter* dan *pressure control*. *Pressure control* pada SIS bertujuan untuk menjaga tekanan agar tetap sesuai dengan *setpoint*. Kekurangan *pressure* dapat disebabkan karena adanya *valve* yang bukaannya tidak sesuai dengan *setpoint*, sehingga mengakibatkan gangguan operasi dan penurunan tekanan. *Pressure transmitter* (PT-1018) akan mendeteksi apabila terjadi kegagalan seperti penurunan tekanan, yang kemudian akan diteruskan ke *pressure control* (PC-1018) sehingga *pressure valve* (PV-1018) membuka lebih besar untuk menambah *pressure* agar sesuai dengan *setpoint*. Apabila PV-1018 tidak mampu menangani hal tersebut, maka PV-1018A akan menjalankan tugasnya untuk menambah tekanan pada kolom. Melalui Gambar 4.15 dapat dilihat bahwa hasil optimisasi SIS dengan *vote* arsitektur 1oo1 untuk *sensing element* maupun *final element*, dengan jenis teknologi *smart transmitter* untuk *sensing element* dan *air operated* untuk *final element*.

#### 4.10 Pembahasan

Tujuan dalam tugas akhir ini ialah mengevaluasi dan mengoptimisasi *Safety Instrumented System* (SIS). SIS terdiri dari tiga komponen utama yaitu *sensor*, *logic solver*, dan *final control element*. Untuk dapat mengetahui kondisi dan performansi dari setiap SIS maka diperlukan perhitungan tingkat keamanan atau SIL. Instrumen SIS untuk setiap proses dan lokasi memiliki tingkat bahaya yang berbeda-beda. Semakin tinggi nilai SIL maka semakin tinggi pula performansi dari SIS.

Penentuan nilai SIL pada *superheat burner* dilakukan dengan melihat nilai PFD untuk masing-masing SIS. Nilai PFD bergantung terhadap nilai *failure rate* masing-masing komponen SIS dan *time interval* dari *maintenance* yang dilakukan. Nilai *failure rate* dapat dihitung secara aktual dari MTTF yang didapat dari data lapangan dengan *time interval* satu tahun yang ditentukan berdasarkan dokumen *SIL verification report*. Berdasarkan hasil

perhitungan diperoleh SIL untuk *superheat burner, loop* satu adalah SIL 0 dengan nilai PFD sebesar 0,162, dan SIL 0 dengan nilai PFD sebesar 0,170, sedangkan untuk *superheat burner loop* dua, termasuk dalam SIL 0 dengan nilai PFD sebesar 0,168 dan dalam SIL 0 dengan nilai PFD sebesar 0,168. Melalui SIL *Verification Report* didapatkan bahwa target SIL untuk kedua SIS adalah SIL 2, sehingga perlu adanya peningkatan nilai SIL. Sedangkan perhitungan LCC diperoleh dari total biaya pembelian, biaya operasi, dan biaya kecelakaan. Dari hasil perhitungan aktual didapatkan bahwa nilai LCC sebesar USD 6.171.713.

Setelah diketahui nilai SIL dan LCC, selanjutnya melakukan perancangan SIS agar nilai SIL sesuai dengan standar perusahaan. Untuk mendapatkan hasil terbaik, maka perancangan dilakukan dengan cara optimisasi. Optimisasi dilakukan dengan menggunakan *Genetic Algorithm* dengan tujuan untuk mendapatkan biaya minimum untuk pemasangan SIS dengan mempertimbangkan perhitungan RAMS+C. Fungsi objektif dari optimisasi adalah LCC. Dari Persamaan 2.25 dapat dilihat bahwa nilai LCC dipengaruhi oleh PFDavg dan STR, hal ini menunjukkan hubungan perhitungan RAMS+C dan *cost*. Dari hasil optimisasi yang terdapat pada Tabel 4.22 hingga Tabel 4.25 dapat diketahui kombinasi terbaik untuk desain SIS pada *superheat burner* adalah dengan menggunakan arsitektur 1001 untuk masing-masing *sensing element* dan *final element*. Hal ini dikarenakan jumlah komponen yang dibutuhkan hanya sedikit dan biaya pemasangan komponen yang lebih murah. Jika dipilih redundansi yang lebih tinggi akan menyebabkan adanya peningkatan biaya. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 4.22 hingga Tabel 4.25 untuk nilai LCC tertinggi, dibutuhkan komponen untuk *pressure* dan *temperature*.. Terlihat perbedaan yang sangat signifikan, sehingga biaya perawatan dan pembelian untuk LCC sangat tinggi.

Pemilihan jenis teknologi dan kombinasi redundansi berpengaruh terhadap PFDavg dan STR. Nilai PFDavg merepresentasikan tingkat keamanan *plant* sedangkan STR merepresentasikan kerugian produksi yang diakibatkan *shutdown plant* mendadak. Nilai PFDavg dipengaruhi oleh nilai *danger*

*failure rate* ( $\lambda_D$ ), fraksi kegagalan *danger* ( $\beta_D$ ), dan fraksi kegagalan *vote* ( $C_{Moon}$ ).  $\lambda_D$  dan  $\beta_D$  terbagi menjadi dua kategori yaitu *detected* dan *undetected*. Sedangkan, Nilai STR dipengaruhi oleh nilai *safe failure rate* ( $\lambda_S$ ), fraksi kegagalan *safe* ( $\beta_S$ ), dan fraksi kegagalan *vote* ( $C_{Moon}$ ).  $\lambda_S$  dan  $\beta_S$  terbagi menjadi dua kategori yaitu *detected* dan *undetected*. Dari tabel 4.22 dapat diketahui bahwa Semakin kecil nilai PFDavg dan STR, maka semakin kecil pula nilai fraksi  $C_{Moon}$  yang dimiliki. Oleh karena itu, 1001 merupakan solusi optimal karena fraksi kegagalannya sebesar 0 dan dari teknologi *smart transmitter* untuk *sensing element* dan *air operated* untuk *final element* memiliki nilai laju kegagalan yang paling kecil dapat dilihat pada Lampiran F.

Biaya pembelian teknologi *smart transmitter* untuk *sensing element* dan biaya pembelian teknologi *air operated* untuk *final element* dapat dilihat pada Lampiran F. Dari lampiran tersebut diketahui bahwa kedua teknologi yang dipilih memiliki biaya tertinggi jika dibandingkan dengan teknologi lainnya. Pemilihan kedua jenis teknologi tersebut dilakukan dengan mempertimbangkan tingkat keamanan dan kerugian produksi. Namun, LCC yang efisien tetap dapat dicapai dengan menggunakan redundansi 1001. Nilai LCC berbanding lurus dengan PFDavg dan STR. Semakin rendah nilai PFDavg dan STR maka semakin rendah pula nilai LCC, begitu pula sebaliknya. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan perbedaan nilai LCC dan SIL. Hal ini dipengaruhi oleh arsitektur SIS yang berbeda-beda. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi guna memperbaiki tingkat keamanan dengan mempertimbangkan biaya. Peningkatan SIL dapat dilakukan dengan mengubah struktur arsitektur SIS, pergantian komponen SIS, atau dengan menambah perlakuan *maintenance*. Dengan melakukan perawatan yang rutin yang semula setahun sekali menjadi setahun empat kali diperoleh SIL 2 dengan peningkatan nilai PFD menjadi 0,004723 dan penurunan nilai LCC dari USD 6.171.713 menjadi USD 1.763.527.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Adapun kesimpulan yang didapatkan dari tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Potensi bahaya pada *superheat burner* memiliki persentase adalah 33,3% *high risk*, 50% *moderate risk*, dan 16,7% *low risk*. Sehingga perlu untuk menurunkan risiko tersebut dengan mendesain ulang SIS untuk meningkatkan SIL sistem.
2. Pemodelan SIS dilakukan dengan perhitungan secara aktual dan perancangan melalui optimisasi. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai LCC aktual sebesar USD 6.171.713 dengan nilai SIL aktual adalah SIL 0. Sedangkan untuk hasil optimisasi terbaik pada rancangan SIS, didapatkan nilai PFDavg sebesar 0,004723, nilai STR sebesar  $3,283 \times 10^{-5}$ , dan LCC sebesar USD 1.763.527. Untuk *vote* arsitektur yang optimal dalam perancangan SIS ialah 1oo1 dengan teknologi *smart transmitter* untuk *sensing element* dan *air operated* untuk *final element*.

#### **5.2 Saran**

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Pemodelan SIS dilakukan pada saat kondisi *high demand mode*, agar tingkat pengamanan lebih tinggi.
2. Perhitungan nilai PFD dan LCC rancangan lebih baik menggunakan nilai laju kegagalan, fraksi kegagalan, serta biaya yang ditetapkan perusahaan agar menghasilkan nilai yang sesuai dengan kondisi pada lapangan.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT Petrokimia Gresik. Bagian *Ammonia* Pabrik I.
- [2] Goung Bill, 2000. *Advanced Control Steam Superheat Temperature on a Utility Boiler. IEEE Reseach Journal Volume-3 Issue-2.*
- [3] Hari Septian, 2014. Analisis Hazard and Operability (HAZOP) untuk Deteksi Bahaya dan Manajemen Risiko pada Unit Boiler (B-6203) di Pabrik III PT. Petrokimia Gresik. Laporan Tugas Akhir Teknik Fisika ITS.
- [4] Nugrahani, Ade. 2012. Perancangan *Safety Instrumented System* pada Sistem Pengisian Bahan Bakar Pesawat di DPPU Pertamina Juanda. Laporan Tugas Akhir Teknik Fisika ITS.
- [5] Abouelrish, Ahmed. September 2015. *Design of Boiler Burner Management System. International Education & Reseach Journal Volume-1 Issue-2.*
- [6] A. Musyafa, R. Kresna, H. Cordova and R. D. Noriyati, "HAZOP Study and Risk Assessment in Three-Phase Separator Oil and Gas Exploration Farm - East Java, Indonesia," *Advances in Natural and Applied Sciences*, vol. 11, no. 3, pp. 77-85, 2017.
- [7] E. C. IEC 61511 *Functional safety - safety instrumented systems for the process industry sector Parts 1-3, Switzerland, 2003.*
- [8] C. Torres-Echeverria, "*Modelling and Optimization of Safety Instumented Systems Based on Dependability and Cost Measures,*" *Department of Automatic Control and Systems Engineering, The University of Sheffield, 2009.*
- [9] 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.
- [10] N. Hyatt, *Guidelines for Process Hazards Analysis, Hazards Identification & Risk Analysis*, Boca Aton, London, New York, Washington D.C: *CRC Press*, 2003.

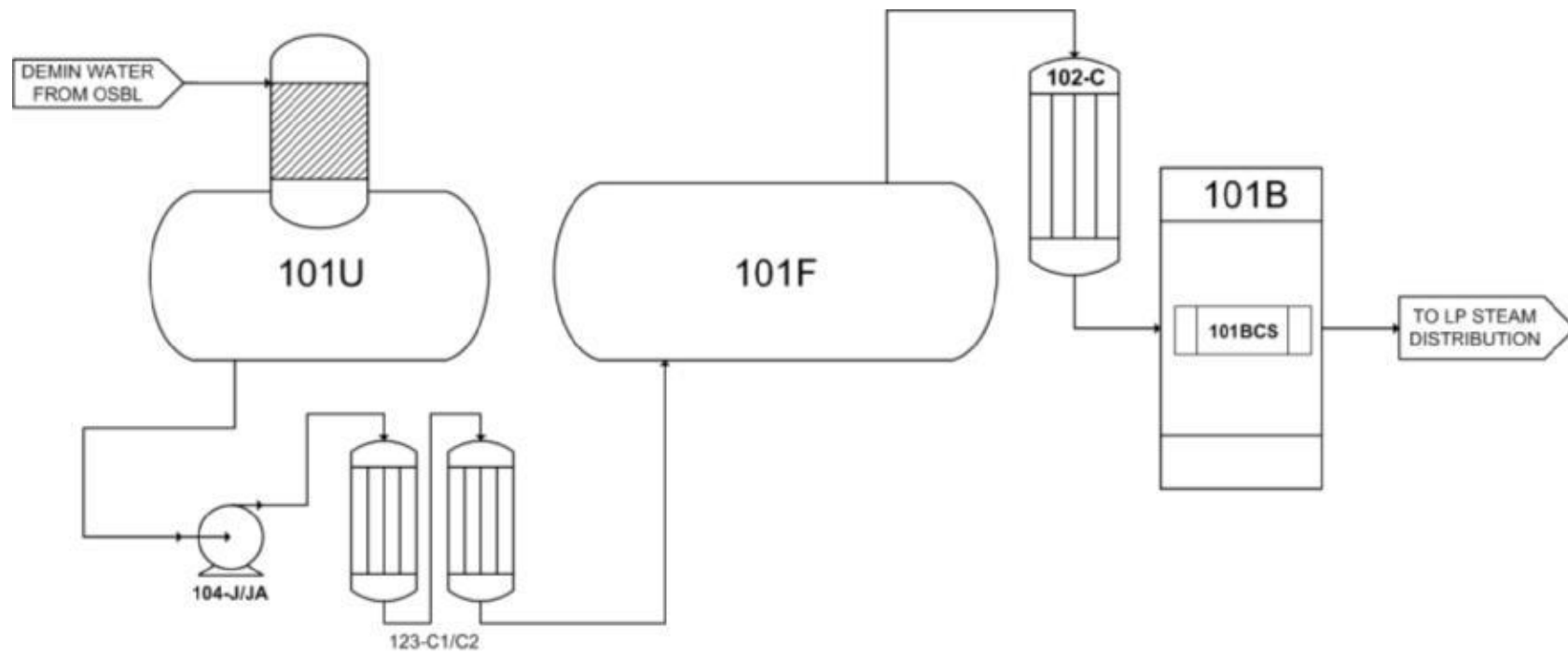
- [11] Costa D. Silvana, and Pujanto, Ali Musyafa, Totok R. Biyanto, Justian. 2015. *Evaluation Safety Integrity Level Using Layer of Protection Analysis in Recycle Gas First Stage Cycle Compressor at PT. Pertamina Persero*. *Australian Journal of Basic and Applied Science (AJBAS)* 9 (20)
- [12] C. e. a. "Multi-objective optimization of Steam power plants for sustainable," *Clean Techn Environ Policy*, pp. 551-566, 2013
- [13] Nadya F, 2017. *Pemodelan dan Optimisasi Safety Instrumented System pada Burner berdasarkan Dependability dan Cost Measure*. Laporan Tugas Akhir Teknik Fisika ITS.
- [14] Ce'sar, "Multi-objective optimization of Steam power plants for sustainable," *Clean Techn Environ Policy*, pp. 551-566, 2013.
- [15] IEC- 61882. 2001. *Hazard And Operability Studies (Hazop Studies) – Application Guide*. Geneva: *International Electrotechnical Commission*.
- [16] Goldberg D. E. 1989. *Genetic Algorithm in Search, Optimization & Machine Learning*. *Addison-Wesley Publishing Company, Inc*.

## HAZOP SUPERHEAT BURNER

<i>COMPONENT</i>	<i>DESCRIPTION</i>	<i>GUIDE WORD</i>	<i>DEVIATION</i>	<i>CAUSES</i>	<i>CONSEQUANCE</i>	<i>SAFEGUARD</i>	<b>L</b>	<b>C</b>	<b>R</b>
<b>PT 1018</b>	<i>Pressure Transmitter</i>	<i>High</i>	<i>High Pressure</i>	Suhu pembakaran pada superheat burner terlalu tinggi	Tekanan berlebih menyebabkan kebocoran / kerusakan mekanis pada pipa uap 101C dan 102C	PV1018A dan PV1018B Tidak berfungsi dalam keadaan terbuka	4	5	H20
		<i>Low</i>	<i>Low Pressure</i>	Aliran uap terlalu sedikit dan suhu pembakaran pada superheat burner terlalu rendah	Kualitas uap buruk	PV1018A dan PV1018B Tidak berfungsi dalam keadaan terbuka	4	5	H20
<b>TT 1005</b>	<i>Temperature Transmitter</i>	<i>High</i>	<i>High Temperature</i>	Terlalu banyak aliran feed gas bahan bakar	Akibatnya tekanan berlebih berpotensi menyebabkan kebocoran pada tabung dan ledakan pada superheat burner	TV1005 dengan PAH1141, Interlock 101BBS dengan PSHH1241 menggerakkan XV1241A dan XV1241B	4	5	H20
		<i>Low</i>	<i>Low Temperature</i>	Terlalu sedikit aliran	Kualitas uap yang buruk, Uap tidak bias mencapai suhu yang diinginkan	TV1005 dengan PAL1140, Interlock 101BBS dengan PSL1241 menggerakkan XV1241A dan XV1241B	4	5	H20
<b>PT 1013</b>	<i>Pressure Transmitter</i>	<i>High</i>	<i>High Pressure</i>	Suhu pembakaran pada superheat	Tekanan berlebih menyebabkan kebocoran / kerusakan mekanis pada pipa uap	PV1013 Tidak berfungsi dalam keadaan tertutup	2	3	M6

				burner terlalu tinggi					
		<i>Low</i>	<i>Low Pressure</i>	Lebih sedikit produk uap dari Primary Reformer 101B	Lebih sedikit uap yang didistribusikan ke sistem ammonia yang tidak seimbang	PV1013 Tidak berfungsi dalam keadaan tertutup	2	3	M6
<b>PV 1018</b>	<i>Control Valve</i>	<i>Close</i>	<i>Fail to Close</i>	Pengendalian sistem gagal, tidak ada control sinyal	Aliran gas proses terlalu tinggi, Uap tekanan terlalu tinggi dari 102C, Tekanan uap berlebih pada masukan primary reformer	<i>Hand Valve</i> dioperasikan secara manual	2	3	M6
<b>TV 1005</b>	<i>Control Valve</i>	<i>Open</i>	<i>Fail to Open</i>	Pengendalian sistem gagal, tidak ada control sinyal	Tidak ada aliran gas ke superheat burner	Pressure regulator valve	2	3	M6
<b>TT 1020</b>	<i>Temperature Transmitter</i>	<i>High</i>	<i>High Temperature</i>	Lebih sedikit aliran air dari 104J/JA ke desupreheater	Tekanan meningkat	PV1020 Tidak berfungsi dalam keadaan tertutup	3	2	M6
		<i>Low</i>	<i>Low Temperature</i>	Lebih banyak aliran air dari 104J/JA ke desupreheater	Kualitas uap buruk untuk distribusi uap menengah	PV1020 Tidak berfungsi dalam keadaan tertutup	3	2	M6
<b>PV 1013</b>	<i>Control Valve</i>	<i>Open</i>	<i>Fail to Open</i>	Pengendalian sistem gagal, tidak ada control sinyal	Uap MP tidak bisa didistribusi	<i>Hand Valve</i> dioperasikan secara manual	2	2	L4
<b>TV 1020</b>	<i>Control Valve</i>	<i>Open</i>	<i>Fail to Open</i>	Pengendalian sistem gagal, tidak ada control sinyal	Kualitas Uap pada distribusi MP menurun	<i>Hand Valve</i> dioperasikan secara manual	2	2	L4



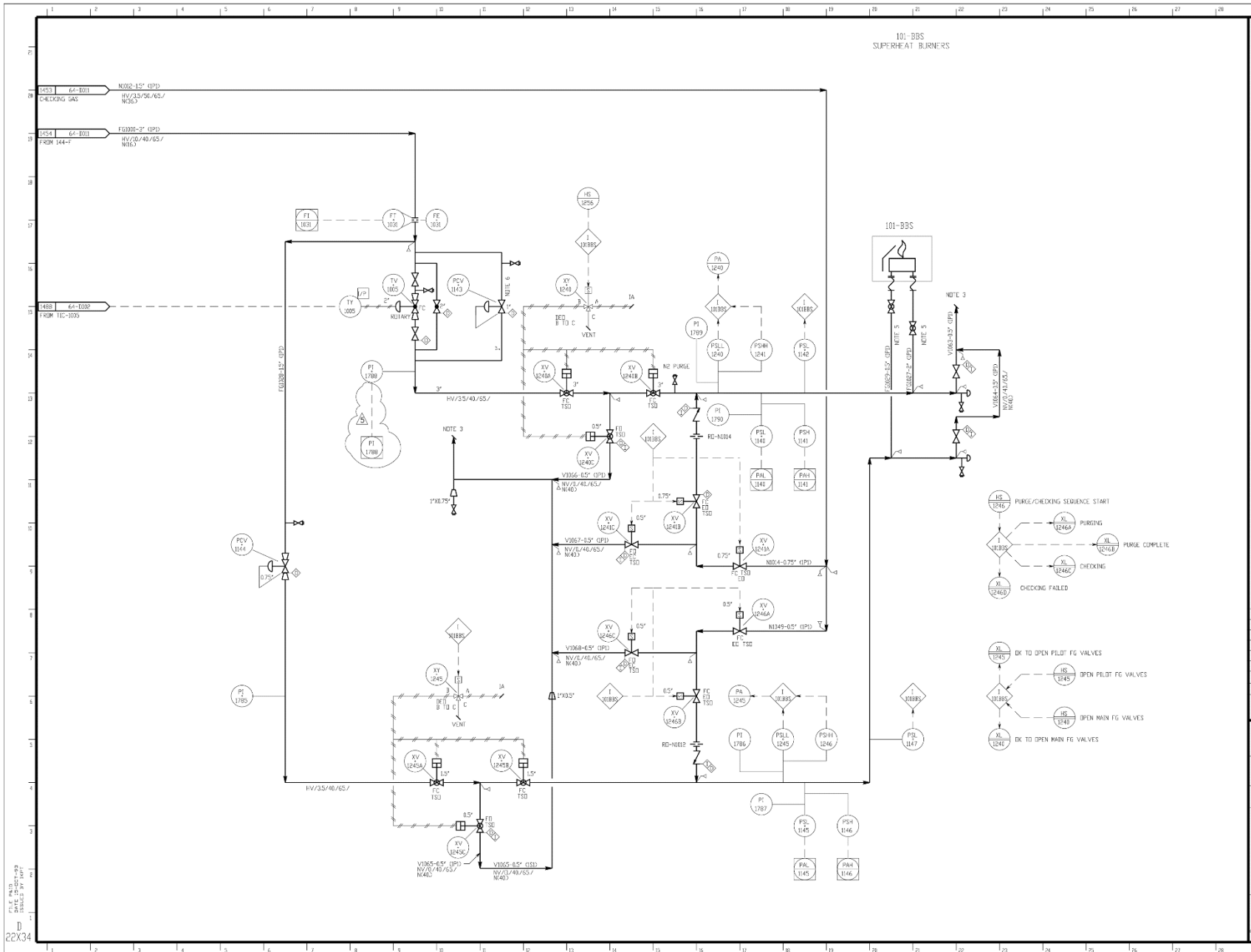


**Gambar PFD Steam System**

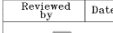
Keterangan:


- 101U = Deaerator
- 104-J/JA = HP BFW Pump
- 123C1/C2 = Steam Generator
- 101F = Steam Drum
- 102C = HP Steam Superheater
- 101B = Primary Reformer
- 101BCS = HP Superheat Coil





- NOTES:
- FOR GENERAL NOTES AND SYMBOLS SEE DRAWING 66-001 & 002
  - RELIEF
  - VENT TO ATMOSPHERE AT SAFE LOCATION
  - REFER TO CONTROL SYSTEMS ENGINEERING DATA SHEETS FOR I-TUB INTER-LOCK DETAILS. C-101B
  - EACH LINE AND BURNER IS MULTIPLICATED 3 TIMES FOR A TOTAL OF 9 LINES EACH AND 9 BURNERS.
  - PCV SET FOR MINIMUM FIRING PRESSURE AFTER INITIAL START-UP.

Reviewed by  Date 28-AUG-96



NO.	DESCRIPTION	DATE	DATE	DATE	DATE	DATE
1	ISSUED FOR PIPING PRODUCTION	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96
2	ISSUED FOR CONSTRUCTION CHECKING	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96
3	ISSUED FOR CONSTRUCTION REVISED	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96
4	AS BUILT BY DPT	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96
5	LIP DATED BY PG	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96

**REVISIONS**

THIS DOCUMENT CONTAINS INFORMATION WHICH IS PROPRIETARY TO THE KELLOGG COMPANY. THIS INFORMATION IS TO BE KEPT IN CONFIDENCE AND NOT TO BE REPRODUCED OR USED IN ANY MANNER WITHOUT THE WRITTEN CONSENT OF THE KELLOGG COMPANY.

**P.T. PETROKIMIA GRESIK (PERSERO)**  
EAST JAVA, INDONESIA

**PT. INTI KARYA PERSADA TEHNIK**  
**The M.W.Kellogg Company**

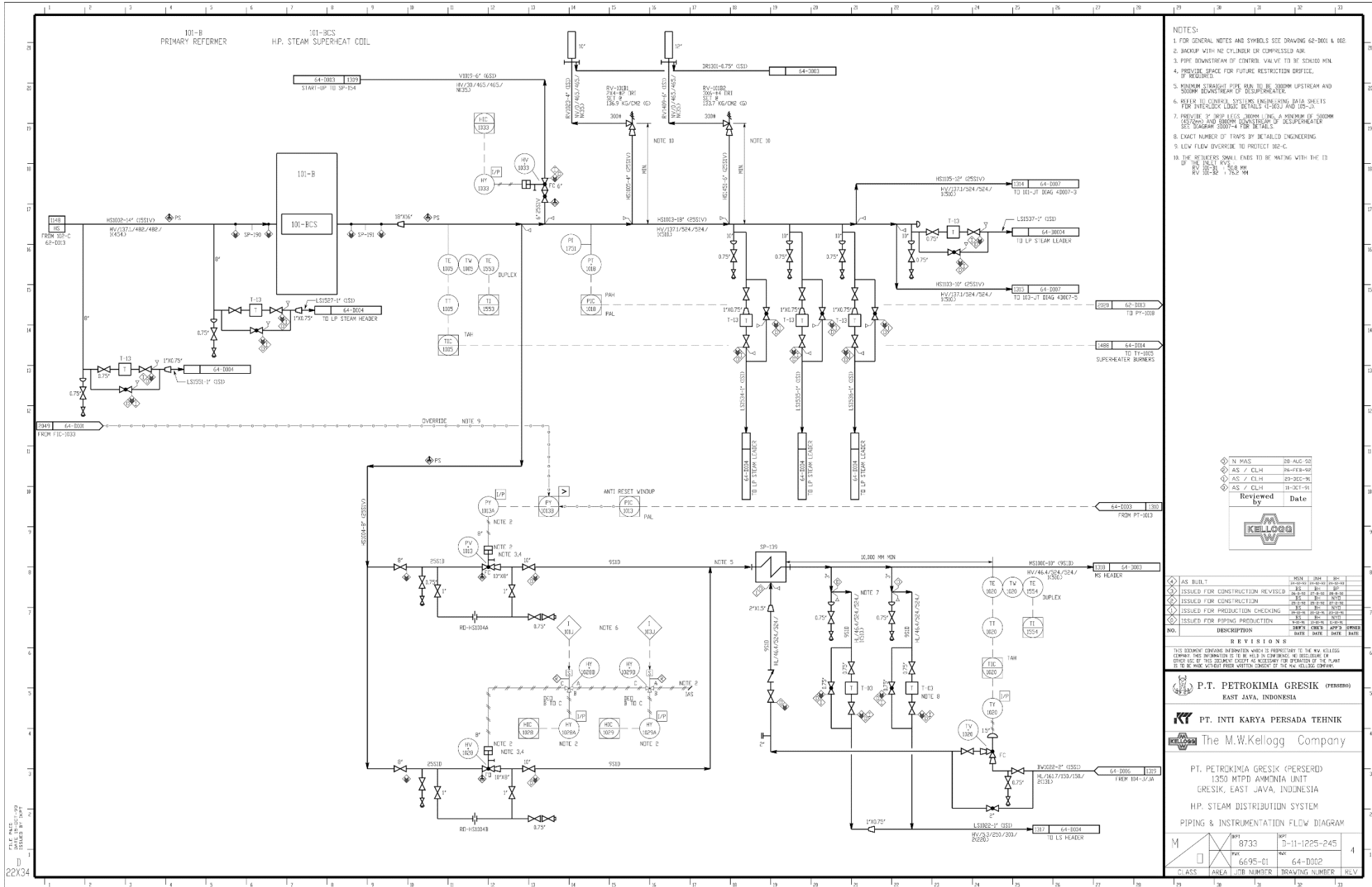
PT. PETROKIMIA GRESIK (PERSERO)  
1350 MTPD AMMONIA UNIT  
GRESIK, EAST JAVA, INDONESIA  
FUEL GAS SUPERHEAT BURNERS

PIPING & INSTRUMENTATION FLOW DIAGRAM

M	8733	D-11-1225-257	5
CLASS	AREA	JOB NUMBER	DRAWING NUMBER
		6695-01	64-2014

FILE NO. 22X34  
D

NO.	DESCRIPTION	DATE	DATE	DATE	DATE	DATE
1	OK TO OPEN PILOT FG VALVES	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96
2	OPEN PILOT FG VALVES	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96
3	OPEN MAIN FG VALVES	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96
4	OK TO OPEN MAIN FG VALVES	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96	28-AUG-96



- NOTES:
- FOR GENERAL NOTES AND SYMBOLS SEE DRAWING 64-000 & 001
  - BACKUP WITH NO CYLINDER OR COMPRESSED AIR
  - PIPE DOWNSTREAM OF CONTROL VALVE TO BE SCHEDULED MIN. IF REQUIRED
  - RESERVE SPACE FOR FUTURE RESTRICTION ORIFICE, IF REQUIRED
  - MINIMUM STRAIGHT PIPE RUN TO BE 300MM UPSTREAM AND 500MM DOWNSTREAM OF DESUPERHEATER
  - REFER TO CONTROL SYSTEMS ENGINEERING DATA SHEETS FOR INTERLOCK LOGIC DETAILS (I-1003 AND I-1002)
  - PROVIDE 3" DRIP LEGS DOWNHILL, A MINIMUM OF 500MM UPSTREAM AND 500MM DOWNSTREAM OF DESUPERHEATER. SEE DIAGRAM 31007-4 FOR DETAILS
  - EXACT NUMBER OF TRAPS BY DETAILED ENGINEERING
  - LOW FLOW DIVERGENT TO PROTECT DR-C
  - THE FOLLOWING SMALL ENDS TO BE MATING WITH THE TD OF THE LINES:
    - RV 10-81 1.825 MM
    - RV 10-82 1.825 MM

AS / MAS	29-ALC-20
AS / CLH	28-F18-20
AS / CLH	23-2EC-21
AS / CLH	11-3C1-21

Reviewed by:	Date:

- REVISIONS
- | NO. | DESCRIPTION             | REVISED BY | DATE |
|-----|-------------------------|------------|------|
| 1   | ISSUED FOR CONSTRUCTION | ...        | ...  |
| 2   | ISSUED FOR PRODUCTION   | ...        | ...  |

**P.T. PETROKIMIA GRESIK (PERSERO)**  
EAST JAVA, INDONESIA

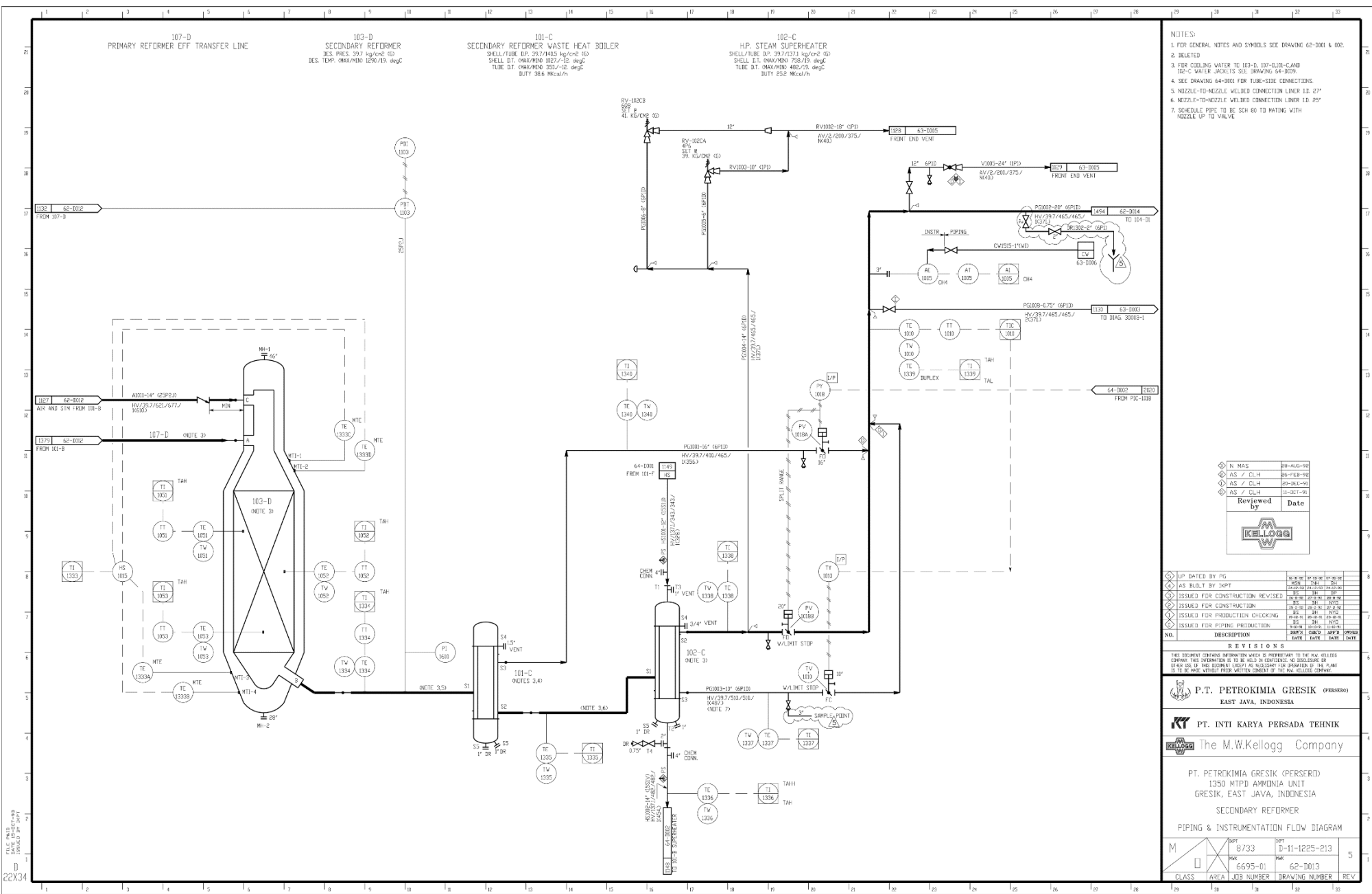
**PT. INTI KARYA PERSADA TEHNIK**  
 The M.W. Kellogg Company

PT. PETROKIMIA GRESIK (PERSERO)  
1350 MTPD AMMONIA UNIT  
GRESIK, EAST JAVA, INDONESIA

HP. STEAM DISTRIBUTION SYSTEM  
PIPING & INSTRUMENTATION FLOW DIAGRAM

M	DATE	8733	REV	D-11-1225-245
CLASS	AREA	6695-01	REV	64-0002

DATE 12/25/18  
ISSUED BY: SAFT



NOTES:

- FOR GENERAL NOTES AND SYMBOLS SEE DRAWING 62-001 & 002.
- DELETED.
- FOR COOLING WATER TO 101-D, 102-D, 103-D, 104-D AND 105-C VALVE JACKETS SEE DRAWING 64-3009.
- SEE DRAWING 64-3001 FOR TUBE-SIDE CONNECTIONS.
- NOZZLE-TO-NEZZLE WELDED CONNECTION LNER ID: 25"
- NOZZLE-TO-NEZZLE WELDED CONNECTION LNER ID: 25"
- SCHEDULE PIPE TO BE SCH 80 TO MATING WITH NOZZLE UP TO VALVE.

Legend:

- N MAS: 28-AUG-99
- AS / CL-I: 26-DEC-99
- AS / CL-II: 28-MAR-99
- AS / CL-III: 11-OCT-99

Reviewed by: [Signature] Date: [Date]

NO.	DESCRIPTION	BY	CHKD	APPR	DATE

REVISIONS

NO.	DESCRIPTION	DATE

THIS DOCUMENT CONTAINS INFORMATION WHICH IS PROPRIETARY TO THE KELLOGG COMPANY. THIS INFORMATION IS TO BE HELD IN CONFIDENCE. NO DISCLOSURE OR OTHER USE OF THIS DOCUMENT EXCEPT AS AUTHORIZED BY PERMISSION OF THE KELLOGG COMPANY.

**P.T. PETROKIMIA GRESEK (PERSERO)**  
EAST JAVA, INDONESIA

**PT. INTI KARYA PERSADA TEHNIK**

**The M.W.Kellogg Company**

PT. PETROKIMIA GRESEK (PERSERO)  
1350 MTPD AMMONIA UNIT  
GRESEK, EAST JAVA, INDONESIA

SECONDARY REFORMER  
PIPING & INSTRUMENTATION FLOW DIAGRAM

M	D-11-1225-213	5
CLASS	AREA	JOB NUMBER

## DATA PROSES SUPERHEAT BURNER

**TT1005**

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	498,05	514,49	498,05	512,82	513,47	513,95	514,26	514,88	515,38	520,59	519,92	520,91
2	521,18	520,83	522,17	521,14	520,73	520,15	519,96	519,95	521,12	521,09	520,92	520,91
3	521,09	521,27	520,79	520,83	521,16	520,94	521,23	520,83	520,76	521,11	520,76	520,99
4	520,93	521,04	520,01	521,24	520,72	520,95	520,98	521,02	520,53	521,01	521,46	521,01
5	520,93	521,02	520,85	521,43	520,73	520,94	520,10	521,20	520,92	521,11	520,96	521,00
6	521,06	521,06	521,09	520,88	520,99	521,08	520,96	521,02	521,15	520,85	520,87	521,24
7	521,07	520,98	521,06	520,98	520,93	520,96	521,08	521,05	521,05	521,06	520,87	520,97
8	521,02	520,95	521,01	521,09	520,95	520,94	521,08	521,05	521,16	520,77	520,98	521,05
9	521,02	520,99	520,96	521,05	520,94	521,10	520,85	521,30	520,93	520,99	520,85	521,03
10	520,97	520,99	521,16	520,95	521,02	521,01	520,98	520,91	521,04	521,02	521,19	521,01
11	520,91	521,05	521,01	521,04	521,16	520,85	520,84	521,15	521,01	521,02	520,73	520,89
12	521,54	520,89	521,15	520,74	521,26	520,96	520,88	520,99	521,19	520,84	520,99	520,99
13	521,09	521,13	520,91	520,89	521,20	520,95	520,93	521,04	521,01	521,01	521,04	520,73
14	521,07	520,89	521,16	520,90	521,11	520,91	521,01	520,90	521,04	521,11	520,84	520,92
15	520,92	520,94	521,08	521,01	521,04	520,92	520,93	521,16	521,02	521,00	520,83	521,09
16	520,95	521,22	520,87	521,19	520,78	521,11	520,84	521,83	522,79	522,52	522,30	522,67
17	521,46	521,53	521,61	521,55	521,45	521,52	521,47	521,71	521,93	522,13	521,99	522,14
18	521,54	521,41	521,63	521,29	521,66	521,51	521,38	521,68	521,51	521,47	521,51	521,28
19	521,42	521,50	521,62	521,49	521,52	521,52	521,47	521,42	521,54	521,62	521,46	521,49
20	521,44	521,59	521,43	521,45	521,51	521,61	521,38	521,60	521,42	521,53	521,68	521,30
21	521,63	521,50	521,44	521,46	521,48	521,57	521,62	521,61	521,50	521,35	521,49	521,41
22	521,59	521,47	521,56	521,48	521,38	521,61	521,34	521,57	521,56	521,55	521,53	521,38
23	521,57	521,56	521,39	521,43	521,57	521,39	521,70	521,40	521,58	521,44	521,69	521,41
24	521,46	521,42	521,39	521,54	521,50	521,57	521,47	521,58	521,38	521,55	521,43	521,82
25	521,32	521,56	521,55	521,46	521,38	521,47	521,76	521,46	521,42	521,54	521,50	521,53
26	521,56	521,51	521,44	521,51	521,35	521,65	521,37	521,61	521,57	521,70	521,56	521,52
27	521,52	521,49	521,49	521,73	521,44	521,50	521,47	521,38	521,60	521,38	521,70	521,46
28	521,40	521,68	521,34	521,50	521,68	521,36	521,56	521,55	521,53	521,46	521,62	521,48

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
520,00	518,03	521,74	520,00	520,58	521,15	521,38	521,43	521,10	520,91	521,52	520,97
521,05	521,08	520,83	521,20	520,83	521,03	521,06	521,05	521,09	520,98	521,01	520,92
520,95	520,82	520,84	521,08	521,13	521,09	521,06	521,05	521,08	520,97	521,22	520,82
520,94	521,12	520,83	520,94	521,05	521,11	521,11	521,15	520,92	521,07	521,00	521,10
520,80	521,11	521,03	520,84	521,03	521,02	521,01	520,93	520,98	520,90	521,09	521,02
520,99	520,83	520,69	520,15	521,01	521,26	520,95	520,85	521,01	521,06	521,02	520,99
521,15	520,75	520,99	521,00	521,10	520,85	521,10	521,00	520,95	521,11	520,97	521,04
520,88	520,95	521,21	520,83	521,11	520,81	520,95	521,03	521,03	521,09	520,97	521,08
520,95	521,02	520,91	520,99	521,06	520,89	521,00	521,02	521,13	521,02	521,03	520,97
521,07	520,84	520,71	521,00	521,13	521,00	521,07	520,82	520,31	521,15	521,01	520,86
521,16	520,65	520,89	521,33	520,88	521,62	522,02	521,98	522,12	522,24	521,60	522,25
521,21	521,10	520,79	520,83	521,03	520,96	520,99	520,95	520,92	521,05	521,09	521,04
521,08	520,96	521,23	520,56	521,14	520,94	521,15	521,11	520,96	521,10	521,02	521,00
521,02	521,13	520,90	520,84	521,09	521,18	520,93	521,11	521,00	520,96	520,92	521,14
520,91	521,14	520,83	520,95	521,06	521,14	520,97	521,06	521,11	520,88	521,10	520,90
522,46	522,56	522,37	522,69	521,88	521,48	521,35	521,63	521,52	521,36	521,50	521,64
522,09	521,89	521,83	521,85	522,08	522,20	521,87	521,94	521,93	521,81	521,65	521,42
521,43	521,77	521,38	521,46	521,63	521,49	521,51	521,37	521,45	521,45	521,56	521,52
521,53	521,71	521,35	521,42	521,68	521,56	521,27	521,74	521,24	521,53	521,70	521,39
521,73	521,48	521,28	521,37	521,74	521,37	521,44	521,38	521,76	521,57	521,30	521,52
521,66	521,42	521,41	521,41	521,58	521,67	521,44	521,48	521,52	521,50	521,59	521,38
521,42	521,59	521,57	521,39	521,59	521,58	521,56	521,50	521,52	521,37	521,47	521,43
521,66	521,50	521,42	521,62	521,58	521,30	521,43	521,64	521,37	521,62	521,40	521,72
521,21	521,56	521,36	521,33	521,54	521,46	521,73	521,39	521,42	521,56	521,69	521,61
521,44	521,31	521,79	521,41	521,44	521,38	521,56	521,42	521,67	521,43	521,52	521,48
520,30	521,68	521,37	521,57	521,45	521,46	521,38	521,68	521,44	521,40	521,55	521,66
521,35	521,74	521,56	521,23	521,74	521,34	521,44	521,31	521,56	521,50	521,61	521,54
521,35	521,41	521,52	521,45	521,41	521,47	521,84	521,32	521,59	521,53	521,38	521,50

**PT 1018**

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	123,01	123,01	122,99	123,90	123,99	123,98	123,98	124,02	124,00	124,00	125,51	126,60
2	126,00	126,01	125,99	126,00	126,01	125,99	125,99	126,00	126,00	125,99	126,00	125,89
3	126,00	126,00	126,00	126,00	125,85	125,58	125,58	126,00	125,60	125,99	126,00	125,67
4	125,08	124,95	124,62	125,31	123,73	124,84	124,84	124,35	125,10	124,01	125,51	125,28
5	125,49	124,85	123,46	124,97	124,00	124,11	124,11	123,38	123,14	123,79	123,93	123,87
6	124,39	124,40	124,40	124,40	124,38	124,70	124,70	124,43	124,45	124,46	124,45	124,46
7	124,11	124,50	124,48	124,48	124,51	124,50	124,50	124,50	124,45	123,94	124,18	124,52
8	124,66	125,00	125,01	125,00	125,00	125,00	125,00	124,94	123,42	123,93	123,81	124,87
9	125,00	125,00	123,85	124,57	124,65	124,49	124,49	124,16	124,72	124,90	124,32	124,65
10	125,00	124,58	125,00	125,00	125,00	124,71	124,71	124,31	124,96	124,86	125,02	124,87
11	124,26	125,99	125,97	125,91	125,41	125,61	125,61	125,67	126,02	125,27	123,53	125,21
12	124,70	125,35	125,82	125,81	123,89	124,59	124,59	124,69	125,44	125,02	125,02	125,06
13	124,27	124,44	124,77	124,69	124,70	124,77	124,77	124,56	124,83	125,01	124,98	124,97
14	124,98	125,00	125,00	125,00	124,82	124,99	124,99	124,77	125,50	126,00	126,00	126,00
15	125,41	125,56	125,56	125,56	125,31	124,96	124,96	124,75	124,02	124,42	124,84	124,76
16	124,59	124,41	124,39	124,40	124,40	124,38	124,38	125,05	125,41	125,39	125,40	125,40
17	124,86	125,00	124,98	124,88	124,99	125,00	125,00	125,01	124,99	125,00	125,00	125,00
18	125,00	124,99	125,01	124,98	125,00	124,94	124,94	124,56	124,75	125,05	124,99	124,99
19	125,00	125,00	125,00	124,99	125,00	125,00	125,00	125,00	125,03	124,99	124,86	124,70
20	125,46	123,99	125,41	124,07	123,44	124,93	124,93	124,61	124,88	125,00	125,00	125,00
21	124,99	124,83	124,68	125,02	125,00	125,00	125,00	124,59	125,02	125,00	124,95	125,00
22	125,00	125,01	124,99	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	124,98	124,85	124,77	124,91
23	125,00	125,00	125,00	124,88	125,01	125,00	125,00	125,00	124,85	124,33	124,55	124,63
24	124,64	124,53	125,01	125,04	125,04	125,04	125,04	125,04	125,04	125,00	125,04	125,05
25	125,07	125,05	125,05	125,05	125,05	125,04	125,04	125,05	125,04	125,05	125,05	125,02
26	125,05	125,05	125,05	125,05	125,04	125,04	125,04	125,03	125,04	125,06	125,04	125,03
27	125,05	125,04	125,05	124,99	125,02	124,96	124,96	125,06	125,04	125,05	124,97	125,03
28	125,05	125,05	125,05	125,05	124,98	124,99	124,99	124,97	125,05	125,04	125,04	125,05

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
126,60	126,60	126,60	126,61	126,59	126,60	126,60	126,60	126,60	126,60	126,59	125,99
126,02	126,00	125,86	125,08	125,82	126,00	126,00	125,66	124,99	125,17	126,00	126,00
125,85	126,00	126,00	125,99	126,00	126,00	125,97	125,84	125,59	125,45	125,54	125,48
124,64	125,25	125,52	125,50	125,50	125,50	125,50	124,82	125,39	125,30	124,92	125,50
124,40	124,36	124,40	124,40	124,40	124,40	124,40	124,39	124,38	124,40	124,40	124,29
124,44	124,53	124,50	124,50	124,50	124,19	124,19	124,45	124,53	124,10	124,41	123,82
124,37	123,85	124,41	124,51	124,50	124,36	124,50	124,50	124,50	124,35	124,43	124,73
124,59	125,07	124,91	124,97	124,97	125,00	125,00	124,99	125,01	125,00	125,00	125,00
124,82	125,04	125,03	125,03	125,04	125,03	125,04	125,07	124,98	124,66	125,01	125,00
125,01	124,99	124,95	124,81	125,00	124,93	124,99	124,96	123,42	125,01	125,00	124,83
124,74	125,75	125,80	125,96	125,24	124,98	124,81	124,99	124,99	125,00	125,00	124,94
124,98	124,71	125,00	124,93	125,00	124,99	124,98	124,99	124,95	125,01	124,98	124,92
125,41	126,00	125,88	125,33	126,02	126,02	125,98	125,93	124,00	124,98	125,02	125,00
126,00	125,79	125,48	125,92	125,24	125,99	126,00	125,99	126,00	125,94	125,04	125,29
124,54	124,70	124,96	124,98	125,19	125,41	125,40	125,24	124,28	124,64	125,00	124,99
125,41	125,39	125,16	124,97	125,00	125,00	125,01	125,00	125,00	125,00	125,00	124,61
125,00	125,00	125,00	125,00	124,78	124,95	125,00	125,00	124,99	125,00	125,00	125,00
125,00	124,97	125,00	124,99	125,01	124,92	124,95	125,01	125,00	125,00	125,00	125,00
124,73	124,39	124,76	125,56	125,55	125,49	125,49	125,16	125,51	125,50	125,50	125,49
125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,01	124,99	124,48	125,03	125,00
124,90	124,87	125,00	125,01	125,00	124,98	124,67	124,98	124,95	125,03	125,00	124,88
125,01	124,99	125,00	125,00	125,00	124,42	124,82	124,94	124,98	125,02	124,95	125,00
124,58	124,71	124,67	124,77	124,89	124,99	124,96	125,01	125,00	125,00	124,86	125,05
125,04	125,05	125,03	125,04	125,06	124,95	124,71	125,03	125,06	124,99	124,83	124,93
124,74	125,04	125,05	124,95	124,80	124,98	124,96	125,07	124,45	124,52	125,05	125,04
124,40	124,09	125,04	125,04	125,05	125,05	125,04	125,05	125,06	125,04	125,05	125,04
124,61	125,03	124,55	125,05	125,05	125,05	125,05	125,05	125,05	125,05	125,05	125,04
125,05	125,04	123,94	123,72	125,05	125,05	124,49	124,88	124,24	124,46	125,05	125,04

**PT 1013**

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	48,51	48,55	48,51	48,35	48,35	48,15	48,25	48,42	48,28	48,31	48,39	48,16
2	48,26	48,45	48,26	48,30	48,35	48,25	48,42	48,16	48,27	48,40	48,33	48,33
3	48,36	48,25	48,18	48,39	48,33	48,36	48,26	48,30	48,21	48,09	48,23	48,18
4	48,38	48,18	48,19	48,30	48,36	48,06	48,36	48,37	48,24	48,23	48,27	48,00
5	48,24	48,23	48,34	48,10	48,26	48,26	48,34	48,28	48,19	48,17	48,11	48,00
6	48,30	48,34	48,36	48,34	48,33	48,34	48,36	48,32	48,19	48,23	48,29	48,33
7	48,09	48,23	48,22	48,20	48,27	48,25	48,31	48,30	48,34	48,19	48,22	48,27
8	48,29	48,27	48,30	48,29	48,32	48,28	48,35	48,25	48,30	48,28	48,31	48,33
9	48,30	48,33	48,37	48,30	48,31	48,33	48,22	48,28	48,12	48,17	48,15	48,29
10	48,34	48,33	48,24	48,27	48,25	48,18	48,35	48,34	48,33	48,30	48,23	48,37
11	48,27	48,17	48,37	48,29	48,30	48,31	48,33	48,25	48,23	48,33	48,29	48,31
12	48,27	48,27	48,20	48,34	48,31	48,22	48,36	48,30	48,26	49,00	48,18	48,21
13	48,37	48,39	48,35	48,37	48,36	48,36	48,34	48,34	48,35	48,23	48,35	48,30
14	48,33	48,40	48,39	48,34	48,34	48,34	48,42	48,36	48,35	48,35	48,29	48,36
15	48,26	48,23	48,30	48,24	48,23	48,32	48,30	48,25	48,22	48,24	48,27	48,31
16	48,28	48,25	48,24	48,29	48,30	48,26	48,22	48,21	48,07	48,10	49,00	48,11
17	48,09	48,06	48,09	48,05	48,05	48,05	48,11	48,01	48,21	48,35	48,35	48,32
18	48,38	48,36	48,49	48,35	48,43	48,39	48,32	48,27	48,25	48,02	48,09	48,08
19	48,44	48,45	48,41	48,36	48,39	48,23	48,34	48,37	48,33	48,16	48,19	48,18
20	48,30	48,31	48,33	48,28	48,29	48,30	48,33	48,31	48,37	48,15	48,04	48,26
21	48,19	48,19	48,22	48,35	48,28	48,28	48,31	48,33	48,30	48,29	48,34	48,09
22	48,30	48,35	48,21	48,35	48,36	48,36	48,35	48,34	48,36	48,15	48,29	48,30
23	48,33	48,36	48,33	48,37	48,34	48,36	48,38	48,35	48,33	48,23	48,34	48,31
24	48,41	48,37	48,36	48,33	48,34	48,35	48,36	48,34	48,32	48,29	48,34	48,29
25	48,37	48,35	48,33	48,31	48,35	48,31	48,23	48,25	48,38	48,29	48,32	48,30
26	48,13	48,39	48,30	48,35	48,32	48,40	48,39	48,23	48,32	48,26	48,21	48,27
27	48,27	48,24	48,13	48,32	48,38	48,39	48,35	48,38	48,30	48,33	48,18	48,06
28	48,40	48,40	48,37	48,41	48,41	48,32	48,37	48,37	48,33	48,10	48,24	48,16



12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
48,37	48,14	48,16	48,19	48,99	48,25	48,11	48,12	48,21	48,25	48,42	48,37
48,38	48,40	48,33	48,27	48,29	48,37	48,37	48,32	48,38	48,32	48,40	48,35
48,25	48,21	48,18	48,16	48,16	48,22	48,27	48,18	48,33	48,29	48,17	48,31
48,02	48,93	48,00	48,08	48,12	48,01	48,20	48,30	48,21	48,26	48,98	48,08
48,99	48,06	48,00	48,95	47,98	48,17	48,26	48,33	48,26	48,36	48,36	48,37
48,19	48,98	48,33	48,25	48,33	48,31	48,34	48,38	48,32	48,35	48,37	48,34
48,28	48,28	48,27	48,32	48,21	48,23	48,14	48,03	48,05	48,38	48,28	48,25
48,32	48,32	48,33	48,25	48,27	48,30	48,36	48,35	48,34	48,25	48,16	48,25
48,19	48,31	48,29	48,31	48,32	48,35	48,36	48,35	48,30	48,26	48,30	48,36
48,17	48,29	48,37	48,32	48,30	48,33	48,27	48,32	48,32	48,29	48,32	48,36
48,26	48,35	48,31	48,31	48,46	48,37	48,35	48,33	48,30	48,33	48,31	48,30
48,25	48,16	48,21	48,31	48,25	48,28	48,39	48,41	48,42	48,41	48,42	48,37
48,34	48,31	48,30	48,32	48,33	48,25	48,46	48,46	48,37	48,37	48,37	48,40
48,37	48,36	48,36	48,39	48,42	48,43	48,42	48,39	48,29	48,34	48,30	48,23
48,31	48,31	48,31	48,29	48,36	48,34	48,17	48,41	48,33	48,25	48,31	48,35
48,08	48,18	48,11	48,18	48,14	48,18	48,21	48,19	48,27	48,34	48,33	48,24
48,33	48,33	48,32	48,35	48,29	48,29	48,33	48,29	48,37	48,41	48,39	48,38
48,10	48,04	48,08	48,04	48,31	48,43	48,37	48,37	48,32	48,38	48,32	48,41
48,21	48,18	48,18	48,29	48,31	48,34	48,36	48,32	48,33	48,33	48,32	48,31
48,16	48,13	48,26	48,25	48,21	48,13	48,35	48,37	48,23	48,19	48,12	48,14
48,25	48,07	48,09	48,28	48,42	48,37	48,29	48,37	48,34	48,37	48,29	48,32
48,16	48,27	48,30	48,36	48,47	48,43	48,43	48,36	48,38	48,39	48,41	48,40
48,29	48,32	48,31	48,31	48,23	48,33	48,26	48,23	48,36	48,32	48,34	48,32
48,12	48,13	48,29	48,34	48,33	48,37	48,23	48,48	48,36	48,38	48,37	48,31
48,30	48,32	48,30	48,35	48,33	48,38	48,37	48,37	48,32	48,13	48,17	48,19
48,23	48,26	48,27	48,20	48,20	48,30	48,35	48,32	48,36	48,36	48,26	48,35
48,18	48,19	48,06	48,23	48,24	48,31	48,13	48,39	48,23	48,27	48,36	48,36
48,22	48,28	48,16	48,30	48,23	48,50	48,42	48,43	48,36	48,31	48,35	48,42

**TT 1020**

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	359,70	367,76	359,70	368,96	369,42	368,41	369,33	373,39	372,25	377,53	381,40	382,30
2	387,37	387,91	387,64	387,19	387,76	386,84	386,84	386,71	387,37	388,26	388,60	387,46
3	382,88	381,31	381,05	380,54	380,87	381,19	380,75	381,01	380,04	379,84	375,53	374,07
4	372,83	372,78	372,67	372,76	373,29	372,72	372,97	372,95	373,16	373,34	374,00	374,07
5	371,45	371,18	371,29	371,05	370,97	371,41	371,73	371,80	371,71	372,06	372,15	371,92
6	374,57	374,49	374,31	375,10	375,46	375,27	375,25	375,10	375,01	374,82	375,29	374,98
7	374,59	374,24	374,15	373,71	373,40	373,49	373,46	373,50	373,46	373,27	373,28	373,58
8	373,06	373,00	373,09	373,02	373,09	373,19	373,23	372,78	372,87	373,38	374,08	374,19
9	378,88	378,61	378,72	378,47	379,25	379,52	378,98	377,55	377,67	378,99	379,79	380,60
10	375,37	375,36	375,25	375,06	374,49	374,36	374,56	374,58	374,67	374,84	375,23	375,37
11	374,92	374,27	372,88	372,58	372,52	372,81	372,64	372,34	372,01	372,15	373,03	371,22
12	371,44	370,85	370,44	370,30	370,42	370,84	370,77	371,03	370,46	370,26	370,72	370,84
13	371,57	372,05	372,86	372,98	373,10	373,20	373,16	373,17	373,25	373,29	373,52	373,47
14	373,14	373,41	373,15	373,03	372,96	372,88	373,07	372,88	372,81	372,61	372,39	373,67
15	370,87	370,86	371,10	370,85	370,51	370,56	370,64	371,19	371,70	371,61	371,54	371,65
16	372,12	373,22	373,82	373,85	373,78	373,93	373,93	374,48	374,82	374,44	374,34	374,68
17	372,25	372,02	372,14	372,86	373,22	373,19	373,60	373,87	374,16	374,02	374,06	374,16
18	373,63	371,88	372,98	374,41	374,42	374,49	374,15	377,35	379,66	379,13	379,31	379,49
19	379,27	379,44	372,59	378,21	378,00	377,44	377,66	377,88	377,84	378,84	378,44	378,77
20	383,80	383,77	383,39	383,30	383,13	383,43	383,31	382,94	382,88	383,20	383,37	383,26
21	383,01	382,64	383,62	385,53	385,81	385,41	385,09	384,91	384,95	385,24	387,45	388,23
22	388,76	389,22	389,42	389,45	389,30	389,27	389,19	389,40	388,84	388,50	388,95	388,63
23	387,35	387,60	387,60	387,65	387,98	388,31	388,05	387,87	387,79	387,46	387,43	384,95
24	386,33	386,50	386,71	387,01	387,16	387,26	387,22	386,97	386,26	385,94	385,94	385,12
25	384,21	384,03	384,60	384,68	384,73	384,68	384,39	384,04	384,21	383,83	383,92	383,97
26	383,56	383,35	383,23	383,31	383,21	383,38	383,03	382,79	382,70	383,40	383,06	383,70
27	384,39	384,14	383,90	383,61	383,72	383,74	383,60	384,04	384,38	384,61	384,68	384,79
28	388,92	388,25	387,60	388,10	388,71	389,28	389,46	389,67	390,77	388,28	385,72	385,99

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
381,91	381,04	381,31	385,39	386,87	386,67	385,84	385,64	385,69	385,46	385,25	386,18
386,29	386,88	387,52	386,80	386,86	388,52	388,05	387,87	387,97	387,43	386,79	385,76
375,01	375,51	375,70	375,84	374,83	373,21	372,71	371,97	371,96	372,02	371,81	371,99
373,79	373,23	373,15	373,01	372,35	372,04	372,31	372,09	371,46	371,07	370,89	370,79
371,97	374,96	375,25	375,67	375,22	375,19	376,31	376,68	375,96	376,04	375,64	375,71
375,47	375,64	376,58	376,11	376,36	376,27	376,23	376,57	376,31	376,00	376,05	375,69
373,63	373,67	374,11	374,11	373,84	374,12	374,35	374,39	374,21	373,91	373,33	373,16
374,48	374,22	374,54	379,62	380,11	380,16	379,85	379,91	380,02	379,79	379,80	379,88
380,58	380,89	380,89	380,78	380,14	377,48	377,40	376,72	376,18	376,04	375,75	375,50
375,67	376,04	376,11	376,34	376,11	375,01	374,88	374,99	375,36	375,31	375,73	375,60
370,81	370,60	370,44	370,05	369,08	370,53	371,59	371,96	372,16	371,62	371,42	371,38
371,10	370,76	370,79	370,88	370,69	371,19	371,27	371,38	371,67	371,62	371,73	371,49
373,39	373,07	372,92	372,96	373,02	372,04	372,25	372,62	372,80	372,59	372,95	373,53
373,15	373,32	373,35	373,33	369,50	370,54	371,75	371,41	371,28	371,73	372,07	371,25
372,20	372,43	372,60	372,44	371,03	370,89	371,76	372,26	372,45	371,96	371,58	371,83
374,80	374,87	374,28	374,66	374,79	374,12	371,88	372,20	372,63	373,61	373,90	373,42
373,98	373,84	374,03	374,10	373,78	373,76	373,67	373,18	373,12	373,03	373,96	373,76
378,95	379,42	380,20	380,15	380,59	381,31	380,46	379,62	380,03	380,29	379,97	379,06
379,34	381,55	379,94	380,19	380,81	381,92	382,25	385,14	385,20	384,97	385,38	385,53
383,54	383,34	383,71	383,91	383,84	382,70	382,50	382,22	383,83	384,09	384,23	383,51
387,77	387,44	387,43	389,46	389,64	389,48	389,18	388,74	388,51	388,70	388,62	388,60
388,71	389,00	390,13	387,88	386,73	386,50	386,84	386,64	386,75	386,40	386,76	387,19
384,60	384,35	385,12	385,57	385,13	385,66	385,72	385,56	385,32	386,89	386,86	386,84
385,05	385,55	385,90	385,68	382,26	382,17	384,60	385,41	385,25	381,10	384,60	384,29
383,98	384,41	385,26	385,32	384,95	385,00	385,19	385,66	385,99	387,23	386,12	384,57
383,87	384,45	384,68	384,27	384,58	384,74	384,67	384,72	384,60	384,76	384,39	384,30
384,97	385,73	385,76	385,48	387,23	388,67	388,94	389,50	389,56	389,04	389,25	389,13
386,23	386,55	385,80	385,05	385,50	380,95	383,69	384,47	384,23	384,60	384,24	384,28

## DATA MAINTENANCE

<b>PT1018</b>					
<b>no</b>	<b><i>start</i></b>	<b><i>completion</i></b>	<b>TTF (<i>day</i>)</b>	<b>TTF (<i>hour</i>)</b>	<b>MTTF</b>
1	30/04/2014	30/04/2014	0.208333	5	9805.25
2	20/10/2016	20/10/2016	904	21696	
3	22/06/2017	22/06/2017	245	5880	
4	20/10/2018	20/10/2018	485	11640	

<b>TT1005</b>					
<b>no</b>	<b><i>start</i></b>	<b><i>completion</i></b>	<b>TTF (<i>day</i>)</b>	<b>TTF (<i>hour</i>)</b>	<b>MTTF</b>
1	26/05/2014	26/05/2014	0.16667	4	10351
2	28/05/2015	28/05/2015	367	8808	
3	22/02/2017	22/02/2017	636	15264	
4	14/02/2019	14/02/2019	722	17328	

<b>TT1020</b>					
<b>no</b>	<b><i>start</i></b>	<b><i>completion</i></b>	<b>TTF (<i>day</i>)</b>	<b>TTF (<i>hour</i>)</b>	<b>MTTF</b>
1	18/04/2014	18/04/2014	0.20833	5	14185.67
2	15/10/2017	15/10/2017	1276	30624	
3	24/02/2019	24/02/2019	497	11928	

<b>PT1013</b>					
<b>no</b>	<b>start</b>	<b>completion</b>	<b>TTF (day)</b>	<b>TTF (hour)</b>	<b>MTTF</b>
1	05/06/2014	05/06/2014	0.16667	4	19118
2	15/10/2018	15/10/2018	1593	38232	

<b>PV1018</b>					
<b>no</b>	<b>start</b>	<b>completion</b>	<b>TTF (day)</b>	<b>TTF (hour)</b>	<b>MTTF</b>
1	07/01/2014	07/01/2014	0.125	3	21745.5
2	24/12/2018	24/12/2018	1812	43488	

<b>TV1005</b>					
<b>no</b>	<b>start</b>	<b>completion</b>	<b>TTF (day)</b>	<b>TTF (hour)</b>	<b>MTTF</b>
1	07/04/2015	07/04/2014	0.16667	4	19274
2	30/08/2018	30/08/2018	1606	38544	

<b>PV1013</b>					
<b>no</b>	<b>start</b>	<b>completion</b>	<b>TTF (day)</b>	<b>TTF (hour)</b>	<b>MTTF</b>
1	07/01/2015	07/01/2015	0.16667	4	18074
2	21/02/2019	21/02/2019	1506	36144	

<b>TV1020</b>					
<b>no</b>	<b>start</b>	<b>completion</b>	<b>TTF (day)</b>	<b>TTF (hour)</b>	<b>MTTF</b>
1	09/05/2014	09/05/2014	0.16667	4	20570
2	17/01/2019	17/01/2019	1714	41136	

<b>PSH 1241</b>					
<b>no</b>	<b>start</b>	<b>completion</b>	<b>TTF (day)</b>	<b>TTF (hour)</b>	<b>MTTF</b>
1	08/04/2013	08/04/2013	0.16667	4	4566.91
2	02/12/2013	02/12/2013	238	5712	
3	16/06/2014	16/06/2014	196	4704	
4	15/12/2014	15/12/2014	182	4368	
5	19/06/2015	19/06/2015	186	4464	
6	22/01/2016	22/01/2016	217	5208	
7	11/08/2016	11/08/2016	202	4848	
8	09/05/2017	09/05/2017	271	6504	
9	30/11/2017	30/11/2017	205	4920	
10	22/06/2018	22/06/2018	204	4896	
11	31/12/2018	31/12/2018	192	4608	

<b>PSLL 1240</b>					
<b>no</b>	<b>start</b>	<b>completion</b>	<b>TTF (day)</b>	<b>TTF (hour)</b>	<b>MTTF</b>
1	17/03/2014	17/03/2014	0.1666667	4	4284.4
2	10/10/2014	10/10/2014	207	4968	
3	08/04/2015	08/04/2015	180	4320	
4	03/11/2015	03/11/2015	209	5016	
5	17/05/2016	17/05/2016	196	4704	
6	13/12/2016	13/12/2016	210	5040	
7	28/07/2017	28/07/2017	227	5448	
8	15/01/2018	15/01/2018	171	4104	
9	25/07/2018	25/07/2018	191	4584	
10	04/02/2019	04/02/2019	194	4656	

<b>XV 1240A</b>					
<b>no</b>	<b>start</b>	<b>completion</b>	<b>TTF (day)</b>	<b>TTF (hour)</b>	<b>MTTF</b>
1	16/06/2014	16/06/2014	0.1666667	4	4424.4
2	15/12/2014	15/12/2014	182	4368	
3	19/06/2015	19/06/2015	186	4464	
4	22/01/2016	22/01/2016	217	5208	
5	11/08/2016	11/08/2016	202	4848	
6	09/05/2017	09/05/2017	271	6504	
7	30/11/2017	30/11/2017	205	4920	
8	22/06/2018	22/06/2018	204	4896	
9	31/12/2018	31/12/2018	192	4608	

<b>XV 1240B</b>					
<b>no</b>	<b>start</b>	<b>completion</b>	<b>TTF (day)</b>	<b>TTF (hour)</b>	<b>MTTF</b>
1	17/03/2014	17/03/2014	0.125	3	4284.3
2	10/10/2014	10/10/2014	207	4968	
3	08/04/2015	08/04/2015	180	4320	
4	03/11/2015	03/11/2015	209	5016	
5	17/05/2016	17/05/2016	196	4704	
6	13/12/2016	13/12/2016	210	5040	
7	28/07/2017	28/07/2017	227	5448	
8	15/01/2018	15/01/2018	171	4104	
9	25/07/2018	25/07/2018	191	4584	
10	04/02/2019	04/02/2019	194	4656	

<b>PSHH 1246</b>					
<b>no</b>	<b>start</b>	<b>completion</b>	<b>TTF (day)</b>	<b>TTF (hour)</b>	<b>MTTF</b>
1	10/02/2014	10/02/2014	0.16667	4	4250.8
2	12/06/2014	12/06/2014	122	2928	
3	19/12/2014	19/12/2014	190	4560	
4	29/06/2015	29/06/2015	192	4608	
5	28/01/2016	28/01/2016	213	5112	
6	03/08/2016	03/08/2016	188	4512	
7	06/04/2017	06/04/2017	246	5904	
8	17/11/2017	17/11/2017	225	5400	
9	28/05/2018	28/05/2018	192	4608	
10	17/12/2018	17/12/2018	203	4872	

<b>PSLL 1245</b>					
<b>no</b>	<b>start</b>	<b>completion</b>	<b>TTF (day)</b>	<b>TTF (hour)</b>	<b>MTTF</b>
1	10/02/2014	10/02/2014	0.16667	4	4258
2	13/06/2014	13/06/2014	123	2952	
3	19/12/2014	19/12/2014	189	4536	
4	29/06/2015	29/06/2015	192	4608	
5	28/01/2016	28/01/2016	213	5112	
6	11/08/2016	11/08/2016	196	4704	
7	06/04/2017	06/04/2017	238	5712	
8	17/11/2017	17/11/2017	225	5400	
9	28/05/2018	28/05/2018	192	4608	
10	20/12/2018	20/12/2018	206	4944	



<b>XV 1245A</b>					
<b>no</b>	<b>start</b>	<b>completion</b>	<b>TTF (day)</b>	<b>TTF (hour)</b>	<b>MTTF</b>
1	09/05/2014	09/05/2014	0.125	3	4424.3
2	18/11/2014	18/11/2014	193	4632	
3	25/06/2015	25/06/2015	219	5256	
4	29/01/2016	29/01/2016	218	5232	
5	03/08/2016	03/08/2016	187	4488	
6	06/03/2017	06/03/2017	215	5160	
7	03/11/2017	03/11/2017	242	5808	
8	09/05/2018	09/05/2018	187	4488	
9	23/11/2018	23/11/2018	198	4752	

<b>XV 1245B</b>					
<b>no</b>	<b>start</b>	<b>completion</b>	<b>TTF (day)</b>	<b>TTF (hour)</b>	<b>MTTF</b>
1	05/06/2014	05/06/2014	0.1666667	4	4416.4
2	19/12/2014	19/12/2014	197	4728	
3	23/06/2015	23/06/2015	186	4464	
4	29/01/2016	29/01/2016	220	5280	
5	03/08/2016	03/08/2016	187	4488	
6	04/04/2017	04/04/2017	244	5856	
7	17/11/2017	17/11/2017	227	5448	
8	04/06/2018	04/06/2018	199	4776	
9	17/12/2018	17/12/2018	196	4704	

## DATA PERANCANGAN SIS SUPERHEAT BURNER

**Tabel 1.** Data *Pressure Transmitter*

<b><i>Pressure Transmitter</i></b>			
Data	1	2	3
	<i>Smart Transmitter</i>	<i>Conventional Electronic Transmitter</i>	<i>Switch</i>
$\lambda_{dd}$ ( $10^{-6}/h$ )	0.046	0.97	0.41
$\lambda_{du}$ ( $10^{-6}/h$ )	0.103	0.93	3.70
$\lambda_{sd}$ ( $10^{-6}/h$ )	0.265	1.21	0.68
$\lambda_{su}$ ( $10^{-6}/h$ )	0.118	0.95	6.13
$\lambda_t(x10^{-6}/hr)$	0.534	4.06	10.92
$\beta_{dd}$	0.1	0.1	0.1
$\beta_{du}$	0.1	0.1	0.1
$\beta_{sd}$	0.05	0.1	0.1
$\beta_{su}$	0.1	0.1	0.1
SFF(%)	80.7	77.09	66.12
Type	B	A	A
Cpurchase(\$)	4844	2306	500

**Tabel 2.** Data *Temperature Transmitter*

	<b><i>Temperature Transmitter</i></b>		
	A	B	C
$\lambda_{DD}(x10^{-6}/hr)$	0.026	1.57	0.76
$\lambda_{DU}(x10^{-6}/hr)$	0.322	1.88	6.84
$\lambda_{SD}(x10^{-6}/hr)$	5.05	6.5	0.92
$\lambda_{SU}(x10^{-6}/hr)$	0.11	0.98	8.3
$\lambda_t(x10^{-6}/hr)$	5.508	10.93	16.82
$\beta_{DD}$	0.1	0.1	0.1
$\beta_{DU}$	0.1	0.1	0.1
$\beta_{SD}$	0.05	0.02	0.1
$\beta_{SU}$	0.1	0.1	0.1
Type	94.15	82.79	59.33
SFF (%)	B	A	A

<i>Cost purchase</i> (\$)	2560	1406	500
---------------------------	------	------	-----

**Tabel 3.** Data *Final Element*

	<i>Final Element</i>		
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
$\lambda_{DD}(x10^{-6}/hr)$	0,84	1,09	0,79
$\lambda_{DU}(x10^{-6}/hr)$	2,51	4,35	7,11
$\lambda_{SD}(x10^{-6}/hr)$	0	0	0
$\lambda_{SU}(x10^{-6}/hr)$	3.94	0.98	8.3
$\lambda_t(x10^{-6}/hr)$	7.29	10.93	16.82
$\beta_{dd}$	0.1	0.1	0.1
$\beta_{du}$	0.1	0.1	0.1
$\beta_{sd}$	0.1	0.1	0.1
$\beta_{su}$	0.1	0.1	0.1
SFF(%)	65.57	49.48	58.35
TYPE	A	A	A
Cpurchase(\$)	6940	6400	6200

**Tabel 4.** Data *Logic Solver*

	<i>Logic Solver</i>
$\lambda_{DD}(x10^{-6}/hr)$	0,026
$\lambda_{DU}(x10^{-6}/hr)$	0,006
$\lambda_{SD}(x10^{-6}/hr)$	1,73
$\lambda_{SU}(x10^{-6}/hr)$	1,73
$\lambda_t(x10^{-6}/hr)$	3,492
$\beta_{DD}$	0,1
$\beta_{DU}$	0,1
$\beta_{SD}$	0,1
$\beta_{SU}$	0,1
Type	B
SFF (%)	99,83
<i>Cost purchase</i> (\$)	40000

**Tabel 5.** Data *Lifecycle Cost Instrument*

	<b>Unit</b>	<b>Cost</b>
<i>Design overall instrumentation</i>	\$	3060
<i>Installation/commissioning per instrument</i>	\$	600
<i>Maintenance per instrument</i>	\$/event	240
<i>Test per instrument</i>	\$/event	60
<i>Repair cost per instrument</i>	\$/event	480
<i>Start up cost</i>	\$	1800
<i>Catastrophic cost</i>	\$	150 x 10 <sup>6</sup>
<i>SIS life</i>	years	15
<i>Discount rate</i>	%	5

**Tabel 6.** Data *Lifecycle Cost PLC*

	<b>Unit</b>	<b>Cost</b>
<i>Design/install/Commissioning</i>	\$	10320
<i>Repair</i>	\$/event	8000
<i>Maintenance</i>	\$/event	60
<i>Test</i>	\$/event	240

**Tabel 7.** Data Lain-lain

	<b>Unit</b>	<b>Nilai</b>
<i>Repair time</i>	hours	8
<i>Test Interval</i>	year	1
<i>Plant risk without SIS</i>	per year	8,55 x 10 <sup>-3</sup>

**Tabel 8.** Nilai Fraksi Kegagalan *Vote Arsitektur*

<b>MooN</b>	<b>N</b>	<b>C</b>
1001	1	0
1002	2	1
1003	3	0,3
1004	4	0,15
1005	5	0,08
1006	6	0,04

2002	2	0
2003	3	2,4
2004	4	0,75
2005	5	0,45
2006	6	0,26
3003	3	0
3004	4	4,0
3005	5	1,2
3006	6	0,8
4004	4	0
4005	5	6,0
4006	6	1,6
5005	5	0
5006	6	8,1
6006	6	0

Tabel 1 sampai table 2 menunjukkan data untuk *pressure transmitter* dan *temperature transmitter* dengan 3 macam teknologi. Teknologi A merupakan *smart transmitter*, teknologi B merupakan *conventional electronic transmitter* dan teknologi C merupakan *switch*. Sedangkan Tabel 3 menunjukkan data untuk *final element* dengan 3 macam teknologi. Teknologi A merupakan *air operated*, teknologi B merupakan *hydraulic operated* dan teknologi C merupakan *motor operated*. Tabel 4 menunjukkan data untuk *logic solver*. *Logic solver* yang digunakan adalah berupa *safety PLC*. Data mengenai *lifecycle cost* baik untuk *instrument* maupun *PLC* ditunjukkan pada Tabel 5 dan 6 Sedangkan data lain seperti *repair time*, *shut down time*, *Test Interval* dan *plant risk without SIS* ditunjukkan pada Tabel 7. Tabel 8 menunjukkan data fraksi gagal *MooN voting* yang terdiri dari 21 kombinasi *MooN* yaitu 1001 hingga 6006.

## LAMPIRAN VALIDASI DATA

Dengan ini menyatakan bahwa data yang diberikan dalam penelitian tugas akhir dibagian instrument di unit Ammonia PT.Petrokimia Gresik

Nama : Syahril Arisdianta  
NRP : 02311745000006  
Fakultas/Dept : Teknologi Industri/ S1-Teknik Fisika  
Judul Tugas Akhir : HAZOP dan Optimasi *Safety Instrumented System* Berdasarkan Perhitungan RAMS+C pada *Superheat Burner* PT.Petrokimia Gresik.

Menyatakan data yang bersumber dari bagian *Instrument*. Data yangdigunakan diperoleh dari data *maintenance* perusahaan sejak tahun 2003-2019.

Gresik, 17 Juni 2019  
Mengetahui,  
Pembimbing Lapangan,



Lugas Dwi Prayogi

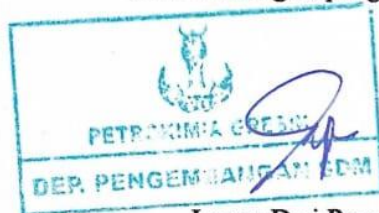
## VALIDASI DATA

Dengan ini menyatakan bahwa data yang diberikan dalam penelitian tugas akhir dibagian instrument di unit Ammonia PT.Petrokimia Gresik

Nama : Syahril Arisdianta  
NRP : 02311745000006  
Fakultas/Dept : Teknologi Industri/ S1-Teknik Fisika  
Judul Tugas Akhir : HAZOP dan Optimasi *Safety Instrumented System* Berdasarkan Perhitungan RAMS+C pada *Superheat Burner* PT.Petrokimia Gresik.

Menyatakan data yang bersumber dari bagian *Instrument*. Data yang digunakan diperoleh dari wawancara pembimbing lapangan beserta operator diperusahaan sejak tahun 2003-2019.

Gresik, 17 Juni 2019  
Mengetahui,  
Pembimbing Lapangan,



Lugas Dwi Prayogi

## LAMPIRAN SKRIP KODINGAN PADA MATLAB

```
clear all
clc

convergeiter = [];
convergemax = [];
xmax = [];
ymax = [];
DFGAfit = [];

testcount = 1;

for tc = 1:testcount

    Hasilmax=[];
    fitnessvector =[];

    minmax = 'min';
    Population = 100;
    MaxGeneration = 100;
    Kromosom = 5;
    elitism = 0.4;
    ProbCrossOver = 0.7;
    ProbMutate = 0.1;
    % Individu = [];
    IndividuInteger = [];
    eIntSc = [];
    esched = [];
    Datafit = [];
    Data1fit = [];
    DataSort = [];
    ElitIndividu = [];
    HMI = [];
    DataFGAfit = [];
    maxall = [];
    Dimension = 35;
```



```

        UB =
        [3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,
        3,3,3,3,3,3,3,3,21,21,21,21,21];
        LB =
        [1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,
        1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1];
        for i = 1:Dimension
            RangeB(i) = UB(i)-LB(i);
        end
        %for i = 1:Dimension
            %RangeB(i) = UB(i)-LB(i);
        %end
        if (strcmp(minmax, 'max'))
            mm = 1;
        else
            mm = -1;
        end

        %====Generasi Popoulasi====
        %     load('defpops1015d.mat');
        Individuawal =
        floor(rand(Population, (Kromosom*Dimension))+r
        and());
        Individu = Individuawal;
        %====Binary to Int====
        for i = 1:Dimension
            for j = 1:Population
                IndividuInteger(j,i) =
                bi2de(Individu(j, ((i*Kromosom-
                Kromosom)+1):(i*Kromosom)), 'left-msb');
            end
        end

        Datafit = [];

        for k = 1:Population

            X0 = [];
            cost = [];
            for ii=1:Dimension

```

```

        X0(ii,1) =
floor((((IndividuInteger(k,ii))/(2^Kromosom))
*RangeB(ii))+LB(ii));
        %X0(ii,1) =
floor((((IndividuInteger(k,ii))/(2^Kromosom))
*RangeB(ii))+LB(ii));
end

```

```

[LCC PFDavg STRavg Cx Nx tekno1
tekno2 tekno3 tekno4 tekno5 tekno6 teknoa1
teknoa2 teknoa3 teknoa4 teknoa5 teknoa6
teknob1 teknob2 teknob3 teknob4 teknob5
teknob6 teknoc1 teknoc2 teknoc3 teknoc4
teknoc5 teknoc6 teknod1 teknod2 teknod3
teknod4 teknod5 teknod6 i1 i2 i3 i4 i5] =
objfun_kacongnew(X0);

```

```

cost = LCC
PFDavg2=PFDavg;
STRavg2=STRavg;
Cx2=Cx;
Nx2=Nx;
tekno11=tekno1;
tekno21=tekno2;
tekno31=tekno3;
tekno41=tekno4;
tekno51=tekno5;
tekno61=tekno6;
teknoa11=teknoa1;
teknoa21=teknoa2;
teknoa31=teknoa3;
teknoa41=teknoa4;
teknoa51=teknoa5;
teknoa61=teknoa6;
teknob11=teknob1;
teknob21=teknob2;
teknob31=teknob3;
teknob41=teknob4;
teknob51=teknob5;
teknob61=teknob6;
teknoc11=teknoc1;
teknoc21=teknoc2;

```

```

        teknoc31=teknoc3;
        teknoc41=teknoc4;
        teknoc51=teknoc5;
        teknoc61=teknoc6;
        teknod11=teknod1;
        teknod21=teknod2;
        teknod31=teknod3;
        teknod41=teknod4;
        teknod51=teknod5;
        teknod61=teknod6;
        i11=i1;
        i21=i2;
        i31=i3;
        i41=i4;
        i51=i5;
        fitness = mm*cost;
        Datafit = [Datafit;fitness];
        [fitemax,nmax] = max(Datafit);

end
disp('GA Processing')
giya=0;
for Generasi = 1:MaxGeneration

    %====GA Processing====
    clc
    %    bn
    tc
    Generasi
    if (Generasi > 1)

        %====sortir====
        sort_fit =
        sortrows(sort, (Kromosom*Dimension) + 1);
        Individu1 =
        sort_fit(round((1-
        elitism)*Population+1):Population,:);
        Remain =
        sort_fit(round(elitism*Population) +
        1:Population, :);

```

```

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

    for i=1:M
        fitnessvector(i) =
X(i, (Kromosom*Dimension) + 1);
    end

    fitnessvector =
fitnessvector';

%====Setting
Probability=====
    for i=1:M
        Probability(i) =
fitnessvector(i) / sum(fitnessvector);
    end

    for i=2:M
        Probability(i) =
Probability(i) + Probability(i-1);
    end

    for i = 1:M
        n=rand;
        k=1;
        for j =1:M-1
            if (n>Probability(j))
                k = j+1;
            end
        end
        Xparents(i,:) = X(k,:);
    end

%====Crossover=====
[M,d] = size(Xparents);
Xcrossed = Xparents;
    for i=1:2:M-1
        c = rand;
        if (c<=ProbCrossOver)

```

```

                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<=ProbCrossOver)
                    p = ceil((d-1)*rand);
                    str = ceil((M-
1)*rand);
                    Xcrossed(M,:) =
[Xparents(M,1:p) Xparents(str,p+1:d)];
                    end
                end

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

                %====New Population Fitness
                Calculation====

                Individu =
[Xnew(:,1:(Kromosom*Dimension));Remain(:,1:(K
romosom*Dimension))];
                end

                ElitIndividu = [ElitIndividu;
Individu];

```

```

        for i = 1:Dimension
            for j = 1:Population
                IndividuInteger(j,i) =
bi2de(Individu(j, ((i*Kromosom)-
Kromosom)+1):(i*Kromosom)), 'left-msb');
            end
        end

        Datafit = [];

        for po = 1:Population

            X0 = [];
            cost = [];
            for ii=1:Dimension
                X0(ii,1) =
floor((((IndividuInteger(po,ii))/(2^Kromosom)
)*RangeB(ii))+LB(ii));

            X_acak(po+giya,ii)=X0(ii,1);
            end

            [LCC PFDavg STRavg Cx Nx
tekno1 tekno2 tekno3 tekno4 tekno5 tekno6
teknoa1 teknoa2 teknoa3 teknoa4 teknoa5
teknoa6 teknob1 teknob2 teknob3 teknob4
teknob5 teknob6 teknoc1 teknoc2 teknoc3
teknoc4 teknoc5 teknoc6 teknod1 teknod2
teknod3 teknod4 teknod5 teknod6 i1 i2 i3 i4
i5] = objfun_kacongnew(X0);
            cost=LCC
            fitness = mm*cost;
            Datafit = [Datafit;fitness];
            cost1(po+giya,1)=cost;

            PFDavg2=PFDavg;
            PFDavg3(po+giya,1)=PFDavg2;

```

```
STRavg2=STRavg;  
STRavg3 (po+giya, 1)=STRavg2;
```

```
Cx2=Cx;  
Cx3 (po, Generasi)=Cx2;
```

```
Nx2=Nx;  
Nx3 (po, Generasi)=Nx2;
```

```
tekno11=tekno1;
```

```
tekno111 (po, Generasi)=tekno11;
```

```
tekno21=tekno2;
```

```
tekno211 (po, Generasi)=tekno21;
```

```
tekno31=tekno3;
```

```
tekno311 (po, Generasi)=tekno31;
```

```
tekno41=tekno4;
```

```
tekno411 (po, Generasi)=tekno41;
```

```
tekno51=tekno5;
```

```
tekno511 (po, Generasi)=tekno51;
```

```
tekno61=tekno6;
```

```
tekno611 (po, Generasi)=tekno61;
```

```
teknoa11=teknoa1;
```

```
teknoa111 (po, Generasi)=teknoa11;
```

```
teknoa21=teknoa2;
```

teknoa211 (po,Generasi)=teknoa21;  
teknoa31=teknoa3;  
teknoa311 (po,Generasi)=teknoa31;  
teknoa41=teknoa4;  
teknoa411 (po,Generasi)=teknoa41;  
teknoa51=teknoa5;  
teknoa511 (po,Generasi)=teknoa51;  
teknoa61=teknoa6;  
teknoa611 (po,Generasi)=teknoa61;  
teknob11=teknob1;  
teknob111 (po,Generasi)=teknob11;  
teknob21=teknob2;  
teknob211 (po,Generasi)=teknob21;  
teknob31=teknob3;  
teknob311 (po,Generasi)=teknob31;  
teknob41=teknob4;  
teknob411 (po,Generasi)=teknob41;  
teknob51=teknob5;  
teknob511 (po,Generasi)=teknob51;



```
        teknob61=teknob6;  
teknob611 (po,Generasi)=teknob61;  
        teknoc11=teknoc1;  
teknoc111 (po,Generasi)=teknoc11;  
        teknoc21=teknoc2;  
teknoc211 (po,Generasi)=teknoc21;  
        teknoc31=teknoc3;  
teknoc311 (po,Generasi)=teknoc1;  
        teknoc41=teknoc4;  
teknoc411 (po,Generasi)=teknoc41;  
        teknoc51=teknoc5;  
teknoc511 (po,Generasi)=teknoc51;  
        teknoc61=teknoc6;  
teknoc611 (po,Generasi)=teknoc61;  
        teknod11=teknod1;  
teknod111 (po,Generasi)=teknod11;  
        teknod21=teknod2;  
teknod211 (po,Generasi)=teknod21;  
        teknod31=teknod3;  
teknod311 (po,Generasi)=teknod31;
```

```

        teknod41=teknod4;

teknod411 (po,Generasi)=teknod41;

        teknod51=teknod5;

teknod511 (po,Generasi)=teknod51;

        teknod61=teknod6;

teknod611 (po,Generasi)=teknod61;

        i11=i1;
        i111 (po,Generasi)=i11;

        i21=i2;
        i211 (po,Generasi)=i21;

        i31=i3;
        i311 (po,Generasi)=i31;

        i41=i4;
        i411 (po,Generasi)=i41;

        i51=i5;
        i511 (po,Generasi)=i51;

end

        Data1fit = Datafit;
        [fitnessmax, nmax] =
max(Datafit);
        DataFGAfit =
[DataFGAfit;fitnessmax];
        IndividuMax = Individu(nmax,:);
        IndividuMaxLast = IndividuMax;
        Hasilmax = IndividuMax;

```

```

        sort = [Individu Datafit];
        maxall = [maxall; sort];
        for i = 1:Dimension
            HasilMaxInt(1,i) =
bi2de(Hasilmax(1, ((i*Kromosom)-
Kromosom)+1):(i*Kromosom)), 'left-msb');
        end
        HMIIt = [];
        for ij=1:Dimension
            HMIIt = [HMIIt,
HasilMaxInt(1,ij)];
        end
        HMI = [HMI; HMIIt];

        giya=giya+Population;
    end

    plot(DataFGAfit);
    hold on

        [fitnessmaxf, nmaxf] =
max(DataFGAfit);
        for ik=1:Dimension
            X0maxfix(ik) =
floor(((HMI(nmaxf,ik)+1)/(2^Kromosom))*Range
B(ik))+LB(ik));
        end

        X0maxfix
        [fitnessmaxf, nmaxf] =
max(DataFGAfit)

        convergemax =
[convergemax;fitnessmaxf];
        convergeiter = [convergeiter;nmaxf];
        xmax = [xmax;X0maxfix];
        DFGAfit = [DFGAfit,DataFGAfit];
        save('kacongnew1.mat')
    end
end

```



## BIODATA PENULIS



Nama penulis Syahril Arisdianta , kelahiran Sumenep, 09 Januari 1996. Putra kedua dari Bapak Syaifuddin dan Ibu Sri Hastuti. Saat ini penulis tinggal di Jalan Merpati No.109 Pamolokan Sumenep. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SDN Pajagalan II Sumenep pada tahun 2008, pendidikan di SMPN 1 Sumenep pada tahun 2011, pendidikan di SMAN 1 Sumenep pada tahun 2014, pendidikan diploma yang ditempuh di Departemen Teknik *Instrumentasi*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2017, dan pendidikan sarjana yang ditempuh di Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur Lintas Jalur pada tahun 2017. Selama menjalani perkuliahan, penulis aktif berorganisasi dengan menjadi staff PSDM di Departemen Teknik Fisika pada kepengurusan 2015-2016. Penulis pernah melakukan *internship* di PT. LEN Industri Bandung dan PT. Petrokimia Gresik selama satu bulan. Penulis memiliki ketertarikan pada bidang instrumen. Pada bulan Juni 2019, penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul HAZOP dan Optimisasi *Safety Instrumented System* Berdasarkan Perhitungan RAMS+C pada *Superheat Burner* di PT. Petrokimia Gresik. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, maka dapat menghubungi penulis melalui *email* : [syahril.arisdianta@gmail.com](mailto:syahril.arisdianta@gmail.com)