



TUGAS AKHIR TF 181801

***HAZARD AND OPERABILITY STUDY (HAZOP)
DAN PENENTUAN SAFETY INTEGRITY LEVEL
(SIL) DENGAN FAULT TREE ANALYSIS PADA
ABSORBER 101E PT. PETROKIMIA GRESIK***

**Atik Sinawang Wahyuni
NRP. 02311745000048**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes.
NIP. 19571126 198403 2 002**

**DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**



TUGAS AKHIR - TF 181801

***HAZARD AND OPERABILITY STUDY (HAZOP)
DAN PENENTUAN SAFETY INTEGRITY LEVEL
(SIL) DENGAN FAULT TREE ANALYSIS PADA
ABSORBER 101E PT. PETROKIMIA GRESIK***

**Atik Sinawang Wahyuni
NRP. 02311745000048**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes.
NIP. 19571126 198403 2 002**

**PROGRAM STUDI TEKNIK FISIKA
DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**



FINAL PROJECT - TF 181801

***HAZARD AND OPERABILITY STUDY (HAZOP)
AND DETERMINATION OF SAFETY INTEGRITY
LEVEL (SIL) WITH FAULT TREE ANALYSIS AT
101E ABSORBER PT. PETROKIMIA GRESIK***

**Atik Sinawang Wahyuni
NRP. 02311745000048**

Advisor Lecturer

**Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes.
NIP. 19571126 198403 2 002**

***STUDY PROGRAM OF ENGINEERING PHYSICS
DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSIC
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOMPENBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2019***

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Atik Sinawang Wahyuni
NRP : 02311745000048
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 “*Hazard And Operability Study (HAZOP) Dan Penentuan Safety Integrity Level (SIL) Dengan Fault Tree Analysis Pada Absorber 101E PT. Petrokimia Gresik*” benar karya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 30 Juli 2019

Yang membuat pernyataan,



Atik Sinawang Wahyuni
02311745000048

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

***HAZARD AND OPERABILITY STUDY (HAZOP) DAN
PENENTUAN SAFETY INTEGRITY LEVEL (SIL) DENGAN
FAULT TREE ANALYSIS PADA ABSORBER 101E PT.
PETROKIMIA GRESIK***

TUGAS AKHIR

Oleh:

**Atik Sinawang Wahyuni
NRP. 02311745000048**

**Surabaya, 31 Juli 2019
Mengetahui/Menyetujui**

Pembimbing



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

Kepada Departemen Teknik Fisika FTI-ITS



**Agus Mahamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D
NIP. 19780907 200312 1 002**

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

LEMBAR PERSETUJUAN

HAZARD AND OPERABILITY STUDY (HAZOP) DAN PENENTUAN SAFETY INTEGRITY LEVEL (SIL) DENGAN FAULT TREE ANALYSIS PADA ABSORBER 101E PT. PETROKIMIA GRESIK

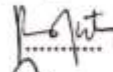
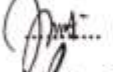

TUGAS AKHIR

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:

ATIK SINAWANG WAHYUNI
NRP. 0231174500048

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

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

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

**HAZARD AND OPERABILITY STUDY (HAZOP) DAN
PENENTUAN SAFETY INTEGRITY LEVEL (SIL) DENGAN
FAULT TREE ANALYSIS PADA ABSORBER 101E PT.
PETROKIMIA GRESIK**

Nama Mahasiswa : Atik Sinawang Wahyuni
NRP : 02311745000048
Program Studi : Teknik Fisika
Departemen : Teknik Fisika Fakultas Teknologi
Industri-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes.

Abstrak

Pada proses pembentukan amoniak Petrokimia Gresik terdapat salah satu proses yang disebut pemurnian gas sintesa dimana kadar CO₂ dihilangkan dengan absorpsi menggunakan larutan benfield di *absorber* 101E. Pada *Unit* 101E sangat penting sekali untuk mengatur kandungan CO₂ antara 0,05% -0,1% dalam *raw synthesis gas* sebelum masuk ke proses metanasi karena tingginya kandungan CO₂ dapat menyebabkan kenaikan temperatur sehingga *methanator* harus dimatikan. Untuk meminimalkan risiko pada *plant*, identifikasi potensi bahaya yang mungkin terjadi di tiga *node* yakni *unit* 101E, 132F, 102E dilakukan dengan menggunakan HAZOP dan Analisis SIL dengan metode FTA. Berdasarkan identifikasi 12 komponen BPCS, 2 komponen memiliki kategori *high risk* dan 10 komponen lainnya memiliki kategori *medium risk*. Nilai SIL yang didapat dari perhitungan BPCS PFD adalah SIL 1 dengan *Probability Failure Demand* (PFD) senilai 0,086671885 per tahun. Setelah mengkonfigurasi elemen akhir BPCS dengan menambahkan *valve* redundan dan ESDV, PFD sistem diturunkan menjadi 0,004297348 per tahun dan secara signifikan meningkatkan SIL senilai SIL 2.

Kata kunci: Pemurnian gas sintesa, *Hazard and Operability Study*, SIL, *failure rate*, PFD

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

**HAZARD AND OPERABILITY STUDY (HAZOP) AND
DETERMINATION OF SAFETY INTEGRITY LEVEL (SIL)
WITH FAULT TREE ANALYSIS AT 101E ABSORBER PT.
PETROCHEMICAL GRESIK**

Name of Student : Atik Sinawang Wahyuni
NRP : 02311745000048
Program Study : Engineering Physics
Department : Engineering Physics Faculty Of
Industrial Technology – ITS.
Advisor Lecturer : Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes.

ABSTRACT

In the process of forming ammonia Petrochemical Gresik there is one process called synthesis gas purification where CO₂ levels are removed by absorption using a benfield solution on the 101E absorber. In Unit 101E it is very important to regulate CO₂ content between 0.05% -0.1% in raw synthesis gas before entering the methane process because high CO₂ content can cause a rise in temperature so the methanator must be shutdown. To minimize the risk to the plant, identify potential hazards that may occur on three nodes, namely 101E, 132F, 102E units using HAZOP and SIL Analysis using the FTA method. Based on the identification of 12 BPCS components, 2 components have a high risk category and the other 10 components have a medium risk category. The SIL value obtained from the calculation of BPCS PFD is SIL 1 with Probability Failure Demand (PFD) of 0,086671885 for year. After configuring the final element of BPCS by adding a redundant valve and ESDV, the system PFD was reduced to 0,004297348 for year and significantly increased SIL worth SIL 2.

Keywords: *Synthesis gas synthesis, Hazard and Operability Study, SIL, failure rate, PFD*

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “**HAZARD AND OPERABILITY STUDY (HAZOP) DAN PENENTUAN SAFETY INTEGRITY LEVEL (SIL) DENGAN FAULT TREE ANALYSIS PADA ABSORBER 101E PT. PETROKIMIA GRESIK**” dengan tepat waktu. terselesaikannya laporan ini juga tak luput dari dukungan dan peran dari orangtua dan keluarga besar serta berbagai pihak. Untuk itulah dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Fisika.
2. Ibu Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes selaku pembimbing Tugas Akhir yang telah membina dengan baik dan sabar.
3. Bapak Dr. Imam Abadi ST.,MT. dan Bapak Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc selaku penguji tugas akhir ini.
4. Bapak dan Ibu dosen Teknik Fisika yang telah banyak memberikan ilmunya sehingga penulis dapat menyelesaikan jenjang kuliah hingga tugas akhir ini.
5. Pembimbing lapangan Bapak Eka dan Bapak Lugas dari Pabrik 1 PT Petrokimia Gresik yang telah membantu penulis dalam pengambilan data selama berada di lapangan.
6. Lugas *Team*, sahabat terbaik yang penulis cintai (Syahril, Aida, Siti, dan Urfa) yang telah bersama-sama berjuang dalam pengerjaan Tugas Akhir ini hingga selesai.
7. Bapak Duril Hidayat, Ibu Nikatul Shofiyah, Anang Rosyadi, dan seluruh keluarga tercinta yang selalu memberikan do'a serta dukungan kepada penulis.

8. Teman-teman Teknik Instrumentasi dan S1 Teknik Fisika angkatan 2014 FTI-ITS.
9. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih kurang sempurna. Oleh karena itu penulis menerima segala masukan baik berupa saran, kritik, dan segala bentuk tegur sapa demi kesempurnaan laporan ini.

Demikian laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan dengan harapan dapat bermanfaat dalam akademik baik bagi penulis sendiri maupun bagi pembaca.

Surabaya, 30 Juli 2019

Penulis.

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	i
COVER PAGE	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
LEMBAR PERSETUJUAN	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xiii
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR SIMBOL	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Laporan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sistem <i>Absorber</i> 101E.....	5
2.2 <i>Hazard and Operability Study</i> (HAZOP).....	6
2.3 Metode HAZOP.....	7
2.4 Konsep HAZOP.....	8
2.5 Laju Kegagalan.....	12
2.6 Distribusi Kegagalan.....	14
2.6.1 Distribusi Normal	14
2.6.2 Distribusi <i>Lognormal</i>	15
2.6.3 Distribusi <i>Weibull</i>	17

2.6.4 Distribusi Eksponensial.....	19
2.7 <i>Control Chart \bar{x}-s</i>	20
2.8 <i>Safety Integrity Level (SIL)</i>	22
2.9 <i>Fault Tree Analysis</i>	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	31
3.2 Tahap-tahap Penelitian.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Alur Proses CO ₂ Absorber.....	37
4.2 Analisis Potensi Bahaya.....	39
4.3 Potensi Bahaya pada <i>node</i> CO ₂ Absorber 101E.....	40
4.3.1 <i>Level Transmitter</i> 1004 (LT-1004).....	41
4.3.2 <i>Flow Transmitter</i> 1005 (FT-1005).....	42
4.3.3 <i>Flow Transmitter</i> 1014 (FT-1014).....	43
4.3.4 <i>Temperature Indicator</i> 1354 (TI-1354).....	45
4.4 Analisis Resiko.....	47
4.4.1 Estimasi <i>Likelihood</i>	47
4.4.2 Estimasi <i>Consequences</i>	49
4.4.3 <i>Risk Ranking</i>	49
4.5 Perhitungan SIL dengan FTA.....	51
4.6 Peningkatkan SIL dengan <i>voting configuration</i> dan penambahan SIS.....	56
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1	Sistem CO_2 Removal..... 5
Gambar 2.2	Kurva <i>Bathub</i>13
Gambar 2.3	Grafik Distribusi Normal14
Gambar 2.4	Grafik Distribusi <i>Lognormal</i>16
Gambar 2.5	Grafik Distribusi <i>Weibull</i>17
Gambar 2.6	Grafik Distribusi Eksponensial.....19
Gambar 2.7	Bentuk dasar <i>control chart</i>20
Gambar 2.8	<i>Fault Tree Analysis</i>25
Gambar 2.9	<i>And Gate</i> dan Tabel Kebenaran <i>And Gate</i>26
Gambar 2.10	<i>Or Gate</i> dan Tabel Kebenaran <i>Or Gate</i>27
Gambar 2.11	<i>Not Gate</i> dan Tabel Kebenaran <i>Not Gate</i>28
Gambar 3.1	Diagram alir pengerjaan tugas akhir31
Gambar 3.2	Lanjutan diagram alir pengerjaan tugas akhir ...32
Gambar 4.1	<i>Process Flow Diagram CO₂ Absorber 101E</i>37
Gambar 4.2	P&ID <i>CO₂ Absorber 101E</i>39
Gambar 4.3	Grafik <i>Xbar</i> LT-100441
Gambar 4.4	Grafik <i>Xbar</i> FT-1005.....43
Gambar 4.5	Grafik <i>Xbar</i> FT-1014.....44
Gambar 4.6	Grafik <i>Xbar</i> TI-135445
Gambar 4.7	FTA <i>CO₂ Absorber</i>51
Gambar 4.8	FTA <i>CO₂ Absorber</i> peningkatan SIL.....58

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Tabel <i>Consequences</i> (<i>The Standard Australia/ New Zealand (AS/NZS 4360:2004)</i>).....	10
Tabel 2.2 Standar <i>Likelihood</i> Petrokimia Gresik	11
Tabel 2.3 Standar <i>Risk Ranking</i> Petrokimia Gresik.....	11
Tabel 2.4 Kriteria Penentuan SIL.....	23
Tabel 4.1 <i>Guideword</i> dan deviasi pada LT-1004	42
Tabel 4.2 <i>Guideword</i> dan deviasi pada FT-1005	43
Tabel 4.3 <i>Guideword</i> dan deviasi pada FT-1014	45
Tabel 4.4 <i>Guideword</i> dan deviasi pada TI-1354	46
Tabel 4.5 <i>Guideword</i> dan deviasi komponen	46
Tabel 4.6 Estimasi Kriteria <i>Likelihood</i> pada <i>Node CO₂ Absorber</i>	48
Tabel 4.7 Estimasi Kriteria <i>Consequences</i>	49
Tabel 4.8 <i>Risk Matrix CO₂ Absorber</i>	50
Tabel 4.9 Perhitungan TTF Intrumen FT-1014.....	52
Tabel 4.10 Perhitungan TTF Intrumen FV-1014	53
Tabel 4.11 Nilai <i>Failure Rate</i> dan PFD.....	54
Tabel 4.12 Nilai PFD dan SIL pada <i>sensing element</i>	56
Tabel 4.13 Nilai PFD dan SIL <i>final element</i>	57
Tabel 4.14 Nilai PFD dan SIL dari SIS	59

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR SIMBOL

f	= Banyaknya kegagalan selama jangka waktu operasi
T	= Total waktu operasi komponen/ sistem
λ	= Laju Kegagalan
t	= Waktu (<i>variable</i>)
μ	= Rata rata data
σ	= Simpangan baku
β	= Bentuk <i>parameter</i> (<i>shape parameter</i>)
η	= <i>Parameter</i> skala (<i>scale parameter</i>)
γ	= <i>Parameter</i> lokasi (<i>location parameter</i>)
Γ	= Fungsi Gamma
UCL	= <i>Upper control limit x bar</i>
CL	= <i>Control limit x bar</i>
LCL	= <i>Lower control limit x bar</i>
\bar{x}	= Rata-rata dari <i>mean</i> (\bar{x})
\bar{s}	= Rata-rata dari standar deviasi (s)
A3, B3, B4	= Konstanta mengacu <i>tables of constant for control chart</i>
$R(t)$	= keandalan
$f(t)$	= fungsi kerapatan <i>probability</i>
$F(t)$	= fungsi kumulatif <i>probability</i>
T_i	= <i>Time Interval</i> (/jam)
TTF	= <i>Time To Failure</i> (/jam)
MTTF	= <i>Mean Time To Failure</i> (/jam)

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Petrokimia Gresik merupakan salah satu industri pupuk terbesar di Jawa Timur yang bergerak dalam sektor produsen penghasil berbagai jenis pupuk. Produk utama dari industri ini adalah pupuk nitrogen (*ammonia*, Urea, ZA, dan lain-lain) dan pupuk fosfat (Phonska, NPK, PF-I, ZK, dan lain-lain). Industri ini membutuhkan bahan baku utama berupa *ammonia*, asam sulfat, dan asam fosfat dalam pembuatan pupuk. Selain memproduksi pupuk, PT. Petrokimia Gresik juga memproduksi bahan kimia seperti *ammonia*, asam sulfat (98% H_2SO_4), asam fosfat (100% P_2O_5), *aluminium fluoride*, dan *cement retarder*. Proses pembuatan pupuk, khususnya pupuk urea, memerlukan bahan baku utama yaitu *ammonia* dan gas karbondioksida (CO_2). Kedua bahan baku ini dihasilkan oleh pabrik *ammonia*. Proses pembentukan *ammonia* memiliki 5 tahap, yaitu penyediaan gas sintesa, pemurnian gas sintesa, sintesa *ammonia*, refrigerasi dan *purge gas recovery*.^[1]

Pada proses pemurnian gas sintesa, gas sintesa yang *raw* diproses untuk dihilangkan kandungan kadar karbon dioksida dan monoksida, membentuk gas sintesa yang kaya akan hidrogen dan nitrogen. Adanya CO_2 merupakan racun bagi katalis *sintesis ammonia* sehingga CO_2 harus dipisahkan sebelum masuk *unit synthesis ammonia*. Oleh karena itu *Absorber 101E* merupakan salah satu komponen penting dalam proses pembentukan *ammonia*. Pada *unit 101E* dioperasikan pada tekanan tinggi 28-32 kg/cm^2g . Sangat penting sekali untuk mengatur kandungan CO_2 antara 0,05%-0,1% dalam *raw synthesis gas* sebelum masuk ke proses metanasi. Tingginya kandungan CO_2 sebelum *methanator*

menyebabkan kenaikan temperatur pada *methanator* yang menyebabkan *methanator* harus dimatikan.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, telah dilakukan analisis keandalan komponen pada sistem yang berdampak pada pemeliharaan efektif, serta usaha pencegahan untuk mengantisipasi terjadinya kegagalan^[2]. Peneliti lainnya^[3] melakukan analisis *Safety Integrity Level* pada *unit* ini dengan menggunakan metode *Risk Graph*. Berdasarkan kajian sebelumnya, peneliti sebelumnya hanya mengangkat tema keandalan serta mengetahui SIL-nya sehingga diperlukan pengembangan yang juga mampu meningkatkan keamanan dan mengurangi resiko bahaya dari *plant* tersebut.

Karena pentingnya proses pada sistem *Absorber 101E* ini maka keamanan dalam sistem *Absorber* ini harus diperhatikan karena berpengaruh pada keberlanjutan proses produksi. Sehingga diperlukan identifikasi bahaya dalam sistem dengan menggunakan analisis *Hazard and Operability Study* (HAZOP)^[4]. Melalui HAZOP dapat dilakukan pengujian setiap bagian dari proses untuk mengetahui kemungkinan terjadinya penyimpangan dari keadaan desain yang telah ditentukan serta memahami penyebab dan konsekuensi yang diakibatkan. Terdorong dari latar belakang di atas, maka pada penelitian ini akan dianalisis bahaya dengan menggunakan metode HAZOP (*Hazard and Operability Study*) serta menentukan tingkat bahaya dari Sistem CO₂ *Absorber* menggunakan perhitungan *Safety Integrity Level* (SIL) sehingga bisa mengetahui tingkat keamanan dari *Absorber* tersebut. Dari permasalahan yang ada, maka peneliti mengambil judul tugas akhir yaitu “*Hazard and Operability Study* (HAZOP) dan Penentuan *Safety Integrity Level* (SIL) dengan *Fault Tree Analysis* pada *Absorber 101E* PT. Petrokimia Gresik”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan di atas, maka rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana menganalisis bahaya yang terjadi pada CO₂ Absorber di PT. Petrokimia Gresik menggunakan metode *Hazard and Operability Study* (HAZOP)
- b. Bagaimana menentukan tingkat *safety unit* CO₂ Absorber di PT. Petrokimia Gresik menggunakan perhitungan *Safety Integrity Level* (SIL) dengan *Fault Tree Analysis*
- c. Bagaimana rekomendasi untuk meningkatkan *safety* pada *unit* CO₂ Absorber di PT. Petrokimia Gresik

1.3 Tujuan

Tujuan yang dicapai dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan analisis bahaya yang terjadi pada CO₂ Absorber di PT. Petrokimia Gresik menggunakan metode *Hazard and Operability Study* (HAZOP)
- b. Menentukan tingkat *safety unit* CO₂ Absorber di PT. Petrokimia Gresik menggunakan perhitungan *Safety Integrity Level* (SIL) dengan *Fault Tree Analysis*
- c. Memberikan rekomendasi untuk meningkatkan *safety* pada *unit* CO₂ Absorber di PT. Petrokimia Gresik

1.4 Batasan Masalah

Perlu diberikan beberapa batasan masalah agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan. Adapun batasan masalah dari sistem yang dirancang ini adalah sebagai berikut:

- a. *Plant* yang digunakan adalah CO₂ Absorber 101E pada PT. Petrokimia Gresik

- b. Analisis bahaya pada CO₂ Absorber menggunakan metode HAZOP
- c. Menentukan tingkat bahaya CO₂ Absorber menggunakan perhitungan SIL dengan *Fault Tree Analysis*
- d. Data yang diambil adalah data *Process Flow Diagram (PFD)*, *Piping and Instrument Diagram (P&ID)*, data *maintenance*, data proses

1.5 Sistematika Laporan

Sistematika laporan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat, dan sistematika penulisan dalam tugas akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas mengenai teori-teori penunjang yang diperlukan dalam merealisasikan tugas akhir yaitu proses penyerapan CO₂ pada Absorber, HAZOP, FTA, dan SIL.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang metode yang digunakan dalam pengerjaan penelitian, pengolahan data.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

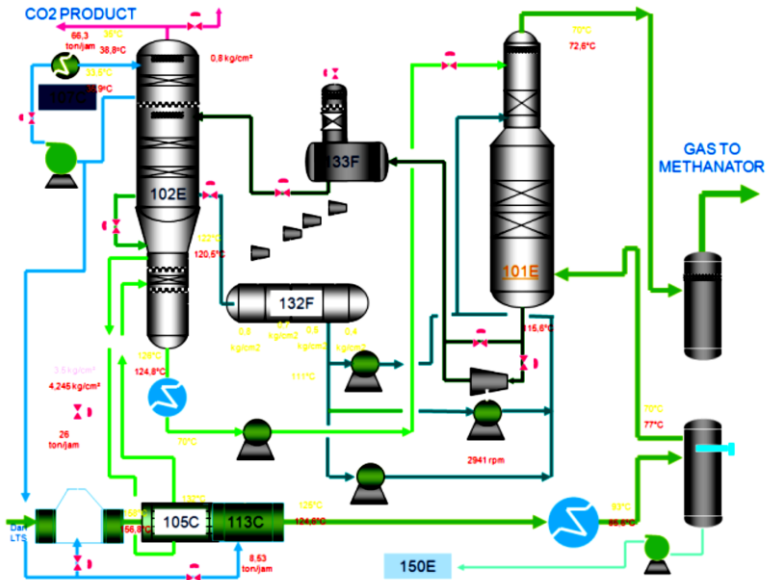
Pada bab ini memuat tentang hasil pengolahan data, membuat *worksheet* HAZOP, menghitung nilai SIL, serta memberikan rekomendasi untuk peningkatan SIL

BAB V PENUTUP

Pada bab ini memuat tentang kesimpulan dan saran dari pembuatan tugas akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Absorber 101E



Gambar 2.1 Sistem CO₂ Removal

Pada proses pemurnian gas sintesis CO₂ dihilangkan dengan absorpsi menggunakan larutan *benfield* di Absorber CO₂ (101E). Gas CO₂ yang terkandung dalam gas sintesis adalah racun bagi katalis *ammonia*. Oleh sebab itu harus dipisahkan sebelum masuk unit sintesis *ammonia*. Pemisahan sejumlah besar CO₂ dari *raw synthesis gas* dilakukan dengan absorpsi pada *counter current flow* dari *activated potassium carbonate solution* dalam CO₂ Absorber 101E (Gambar 2.1). Pada unit 101 E dioperasikan pada tekanan

tinggi 28-32 kg/cm²g. Sangat penting sekali untuk mengatur kandungan CO₂ antara 0,05%-0,1% dalam *raw synthesis gas* sebelum masuk proses metanasi.^[5] Tingginya kandungan CO₂ sebelum *methanator* menyebabkan kenaikan temperatur pada *methanator* yang menyebabkan *methanator* harus dimatikan.

Larutan yang berasal dari *Semi-Leansolution Flash Tank* (132F) akan dipompa oleh 3 pompa dengan 2 pompa bekerja dan 1 *standby* menuju *Absorber* 101E. Pompa 107 JA digerakkan oleh *hydraulic turbine*, pompa 107 JB digerakkan oleh *steam turbine*, dan pompa 107 JC digerakkan oleh motor.^[1]

Raw synthesis gas pada temperatur 70°C masuk 101E setelah melalui *internal distributor* yang posisinya di atas batas *level* normal operasi di bagian *bottom*. Kemudian gas naik ke atas melalui dua *bed* terbawah. Pada perjalanannya gas tersebut kontak dengan larutan *semi-lean* yang sudah teregenerasi sebagian dan pada kontak pertama inilah sebagian besar CO₂ diserap oleh larutan. Aliran gas yang sebagian besar CO₂ nya sudah terserap larutan, terus naik keatas melalui *bed* paling atas dan disini terjadi kontak dengan aliran *lean solution* yang turun ke bawah. Pada kontak kedua ini sisa-sisa CO₂ diserap.^[1]

Setelah terjadi kontak dengan *raw synthesis gas* pada *Absorber*, larutan *benfield* yang kaya CO₂ tersebut terkumpul di bagian *bottom Absorber 101 E*. Aliran larutan keluaran *bottom Absorber 101 E* bertemperatur 116 °C dan dilewatkan ke *hydraulic turbine* 107-JAHT. *Hydraulic turbine* 107-JAHT digunakan untuk penggerak pompa *semi-lean solution* JA. Sebagian larutan tersebut diregenerasi oleh ekspansi ke tekanan lebih rendah.^[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 *guidewords*. HAZOP dapat digunakan secara praktis untuk berbagai tahapan proses. 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 atau komponen yang akan dianalisis, metode ini juga dapat digunakan untuk menentukan prosedur dan instruksi suatu operasi, sehingga kegagalan yang berasal dari faktor manusia dapat diidentifikasi.

Tujuan dari adanya metode HAZOP adalah untuk meninjau suatu proses atau operasi pada suatu sistem secara sistematis, dan untuk mengetahui apakah kemungkinan-kemungkinan adanya penyimpangan dapat mendorong sistem menuju kecelakaan yang tidak diinginkan atau tidak. Dalam melakukan HAZOP pada suatu industri lama, terdapat dokumen-dokumen yang diperlukan, antara lain:

- a. *Piping and Instrumentation Diagram (P&ID)*
- b. *Data Maintenance*
- c. *Process Flow Diagram (PFD)*
- d. *Operating Instructions*
- e. *Procedure documents/Description of operation*
- f. Dokumen lain yang relevan

Pengerjaan *HAZOP* menggunakan serangkaian kata-kata panduan untuk mengidentifikasi penyimpangan yang terjadi dan konsekuensi apa yang akan ditimbulkannya.^[6]

2.3. Metode HAZOP

Langkah-langkah dalam identifikasi bahaya menggunakan metode HAZOP adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan *node* berdasarkan data P&ID yang telah didapatkan. *Node* ditentukan berdasarkan komponen

- utama sistem *Absorber*
- b. Pada setiap *node* tersebut, ditentukan komponen-komponen yang mengatur semua proses serta komponen *safety* yang ikut mendukung proses. Penentuan komponen ini didasarkan pada komponen-komponen yang terdapat pada P&ID *Absorber*
 - c. Menentukan *guideword* dengan menggunakan *control chart* berdasarkan data proses, kemudian dilihat grafik data yang terbentuk pada *control chart* tersebut untuk mengetahui deviasi
 - d. Melakukan analisis penyebab terjadinya penyimpangan dan akibat yang ditimbulkannya, serta *safeguard* yang dimiliki oleh sistem dalam satu *node* tersebut.
 - e. Menganalisis kriteria *likelihood*, *severity*, dan *risk matrix*.

2.4. Konsep Hazop

Beberapa terminologi (*key words*) yang banyak dipakai dalam melaksanakan analisis HAZOP antara lain sebagai berikut:

- a. *Study Node* (Titik Studi) : adalah titik studi yang ditentukan berdasarkan P&ID dan akan dianalisis berdasarkan penyimpangan yang ada. *Node* ini berguna untuk menguraikan dan mempelajari suatu bagian proses.
- b. *Guideword* : adalah kata-kata yang digunakan untuk menentukan adanya penyimpangan. *Guideword* diterapkan pada setiap variabel proses pada setiap *node*.
- c. *Deviation* (Penyimpangan) : adalah kata kunci kombinasi yang sedang diterapkan. *Deviation* merupakan gabungan dari *guideword* dan *parameter*.
- d. *Cause* (Penyebab) : adalah penyebab terjadinya penyimpangan.
- e. *Consequence* (Konsekuensi) : adalah akibat yang terjadi

- karena adanya penyimpangan.
- f. *Safeguards* (Usaha Perlindungan) : adanya perlengkapan pencegahan yang mencegah penyebab atau usaha perlindungan terhadap konsekuensi kerugian. *Safeguards* juga memberikan informasi pada *operator* tentang penyimpangan yang terjadi dan juga untuk memperkecil akibat.
 - g. *Action* (Tindakan). Apabila suatu penyebab dipercaya akan mengakibatkan konsekuensi negatif, harus diputuskan tindakan-tindakan apa yang harus dilakukan. Tindakan dibagi menjadi dua kelompok, yaitu tindakan yang mengurangi atau menghilangkan penyebab dan tindakan yang menghilangkan konsekuensi. Sedangkan apa yang terlebih dahulu diputuskan, hal ini tidak selalu memungkinkan, terutama ketika berhadapan dengan kerusakan peralatan. Namun, hal pertama yang selalu diusahakan untuk menyingkirkan penyebabnya, dan hanya di bagian mana perlu mengurangi konsekuensi.
 - h. *Severity* atau *consequence*. Merupakan tingkat keparahan yang diperkirakan dapat terjadi.
 - i. *Likelihood* merupakan tingkat keseringan suatu resiko atau bahaya terjadi dalam rentang waktu tertentu.^[7]
 - j. *Risk* atau resiko merupakan kombinasi kemungkinan *likelihood* dan *consequences* yang terjadi.

Untuk *parameter consequence* menunjukkan tingkat bahaya dampak yang diakibatkan karena adanya resiko penyimpangan dari keadaan yang diinginkan atau operasi yang di luar kendali.

Berdasarkan *the standard Australia/ New Zealand (AS/NZS 4360:2004)*, tingkat *consequences* dapat ditentukan berdasarkan beberapa tabel kriteria *consequences* seperti ditunjukkan pada

Tabel 2.1

Tabel 2.1 *Table Consequences*^[8]

<i>Level</i>	<i>Descriptor</i>	<i>Description</i>
1	<i>Insignificant</i>	• Sistem beroperasi & aman, terjadi sedikit gangguan tidak berarti
2	<i>Minor</i>	• Sistem tetap beroperasi & aman, gangguan mengakibatkan sedikit penurunan performansi atau kinerja sistem terganggu
3	<i>Moderate</i>	• Sistem dapat beroperasi, kegagalan dapat mengakibatkan mesin kehilangan fungsi utamanya dan/ dapat menimbulkan kegagalan produk
4	<i>Major</i>	• Sistem tidak dapat beroperasi. Kegagalan dapat menyebabkan terjadinya banyak kerusakan fisik & sistem, dapat menimbulkan kegagalan produk, dan/ tidak memenuhi persyaratan peraturan Keselamatan Kerja
5	<i>Catastrophic</i>	• Sistem tidak layak operasi, keparahan yang sangat tinggi bila kegagalan mempengaruhi sistem yang aman, melanggar peraturan Keselamatan Kerja

Likelihood merupakan peluang resiko terjadinya bahaya pada komponen. *Likelihood* didapatkan dengan persamaan 2.1. Berdasarkan Standar *Likelihood* Petrokimia Gresik, tingkat *likelihood* ditentukan berdasarkan kriteria seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Standar *Likelihood* Petrokimia Gresik^[9]

<i>Ranking</i>		<i>Description</i>
1	<i>Brand New Excellent</i>	Resiko jarang sekali muncul / terjadi kurang dari 2 kali dalam 5 tahun
2	<i>Good</i>	Resiko terjadi 2-3 kali dalam 5 tahun
3	<i>Acceptable</i>	Resiko terjadi lebih dari 3 atau kurang dari 4 dalam 5 tahun
4	<i>Below Standart/Poor</i>	Resiko terjadi 4-5 kali dalam 5 tahun
5	<i>Bad / Unacceptable</i>	Resiko terjadi lebih dari 5 kali dalam 5 Tahun

$$Likelihood = \frac{Time\ Interval}{MTTF} \quad (2.1)$$

Risk atau resiko merupakan kombinasi kemungkinan *likelihood* dan *consequences* yang terjadi, seperti pada Tabel 2.3 di bawah:

Tabel 2.3 Standar *Risk Ranking* Petrokimia Gresik^[9]

<i>Likelihood</i>	<i>Consequence</i>				
	1 <i>Insignificant</i>	2 <i>Minor</i>	3 <i>Moderate</i>	4 <i>Major</i>	5 <i>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>Poor</i>	L4	M8	M12	H16	H20
5 <i>Unacceptable</i>	M5	H10	H15	H20	H25

Nilai resiko merupakan hasil perkalian dari *likelihood* dan *consequences*. Seperti persamaan di bawah ini:

$$Risk = likelihood \times consequences \quad (2.2)$$

2.5 Laju Kegagalan

Laju kegagalan (λ) adalah banyaknya kegagalan per satuan waktu. Laju kegagalan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu tertentu dengan total waktu operasi komponen atau sistem. Laju kegagalan terhadap waktu dinyatakan pada Persamaan 2.3.^[10]

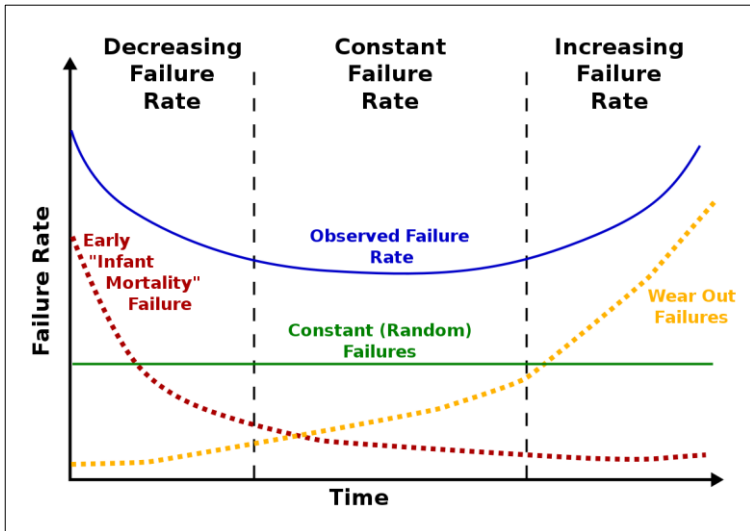
$$\lambda = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.3)$$

Laju kegagalan dalam beberapa kasus dapat ditunjukkan sebagai penambahan atau *increasing failure rate (IFR)*, sebagai penurunan atau *decreasing failure rate (DFR)*, dan sebagai nilai konstan atau *constant failure rate (CFR)*, pada saat fungsi laju kegagalan $\lambda(t)$ adalah fungsi penambahan, penurunan atau konstan. Konsep laju kegagalan dilatarbelakangi oleh banyak komponen atau sistem rekayasa yang ternyata menunjukkan perilaku $\lambda(t)$ mengikuti kurva bak mandi (*bathtub curve*) yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Berdasarkan Gambar 2.2, sebuah sistem akan bekerja dengan masa operasi *plant* yang terbagi dalam tiga masa yaitu:^[11]

- Masa Awal (*Burn-in*)

Pada periode 0 sampai dengan t_1 (permulaan bekerjanya peralatan), kurva menunjukkan bahwa laju kerusakan menurun dengan bertambahnya waktu atau disebut sebagai *decreasing failure rate (DFR)*. Laju kegagalan $\lambda(t)$ menunjukkan gejala menurun akibat kegagalan dini. Kegagalan tersebut diakibatkan

kerusakan dalam manufaktur, retak saat pengelasan, patah, adanya kontaminasi, dan rendahnya kualitas pengendalian.^[10]



Gambar 2.2 Kurva *Bathtub*^[11]

- Masa Berguna (*Useful Life*)

Pada periode t_1 dan t_2 laju kerusakan cenderung tetap atau disebut *constant failure rate (CFR)*. Periode ini biasanya dikenal sebagai *useful life period*. Komponen menunjukkan $\lambda(t)$ yang kurang lebih konstan.

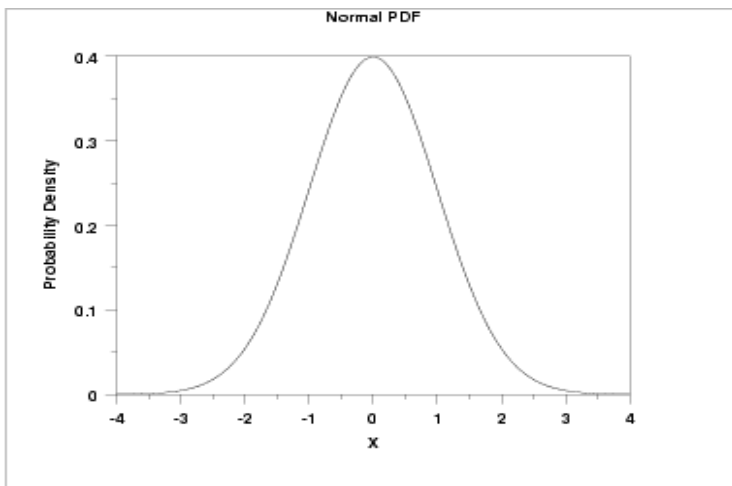
- Masa Aus (*Wearout*)

Pada periode setelah t_2 menunjukkan bahwa laju kerusakan meningkat dengan bertambahnya waktu atau disebut dengan *increasing failure rate (IFR)*. Fungsi laju kegagalan $\lambda(t)$ menunjukkan peningkatan dimana peluang kegagalan komponen selama *interval* waktu yang sama menjadi bertambah besar. Kegagalan ini diakibatkan oleh penuaan, korosi, gesekan, sehingga disebut fase pengausan (*wearout*).^[10]

2.6 Distribusi Laju Kegagalan

Laju kegagalan dari suatu komponen pada umumnya dinyatakan dalam distribusi statistik. Jenis distribusi statistik yang digunakan antara lain adalah distribusi normal, *lognormal*, *weibull* dan eksponensial :

2.6.1 Distribusi Normal



Gambar 2.3 Grafik Distribusi Normal^[12]

Distribusi normal disebut juga dengan distribusi *gaussian* adalah salah satu jenis distribusi yang paling sering digunakan dalam menjelaskan sebaran data. Fungsi distribusi kerapatan pada distribusi normal adalah simetris terhadap nilai rata-rata (*mean*) dan dispersi terhadap nilai rata-ratanya. Dispersi fungsi kerapatan normal diukur dengan nilai standar deviasi. Dengan kata lain *parameter* distribusi normal adalah *mean* dan standar deviasi. Fungsi distribusi kerapatan dari distribusi normal dapat ditulis dengan Persamaan 2.4.^[10]

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (2.4)$$

Dengan fungsi keandalan distribusi normal dapat ditulis dengan Persamaan 2.5:

$$R(t) = 1 - \Phi \left(\frac{t-\mu}{\sigma} \right) \quad (2.5)$$

Dan laju kegagalan dari distribusi normal ditunjukkan pada Persamaan 2.6:

$$\lambda(t) = \frac{\exp[-(t-\mu)^2/2\sigma^2]}{\int_t^{\infty} \exp[-(t-\mu)^2/2\sigma^2] dt} \quad (2.6)$$

Waktu rata-rata kegagalan distribusi normal ditunjukkan pada Persamaan 2.7:

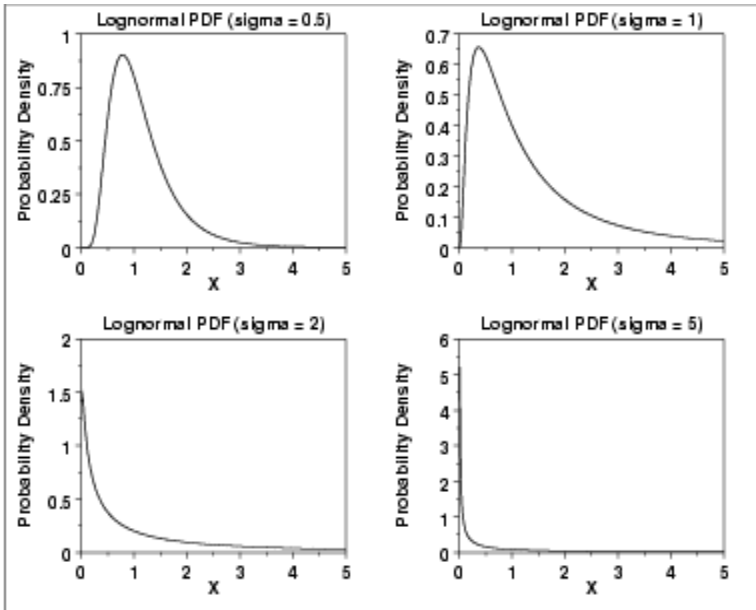
$$MTTF = \mu \quad (2.7)$$

2.6.2 Distribusi *Lognormal*

Fungsi kerapatan distribusi untuk distribusi *lognormal* dapat ditulis dengan Persamaan 2.8. ^[10]

$$f(t) = \frac{1}{\sigma t\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln t-\mu}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (2.8)$$

Karakteristik distribusi *lognormal* mempunyai dua *parameter*. *Parameter* yang pertama adalah *parameter* lokasi (μ) dan yang kedua adalah *parameter* skala (σ) yang memiliki peran sama dengan standar deviasi. ^[10]



Gambar 2.4 Grafik Distribusi *Lognormal*^[12]

Fungsi keandalan distribusi *lognormal* dituliskan dengan Persamaan 2.9:

$$R(t) = 1 - \int_0^t \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma} \right)^2 \right] dt \quad (2.9)$$

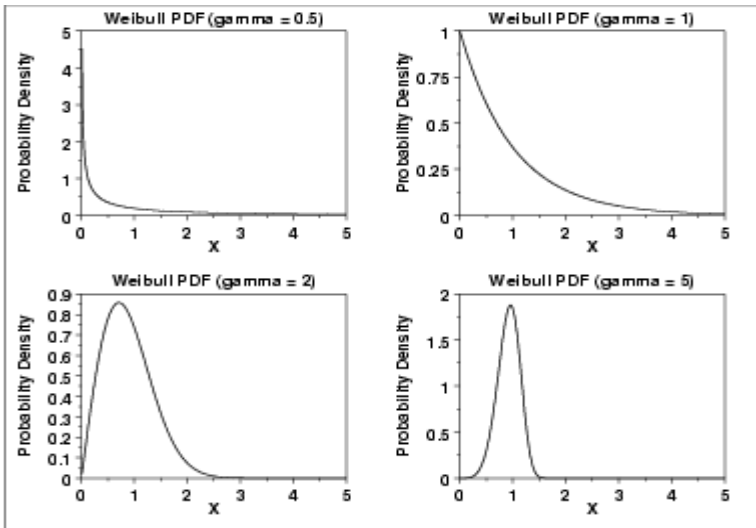
Laju kegagalan distribusi *lognormal* ditunjukkan dengan Persamaan 2.10:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.10)$$

Waktu rata-rata kegagalan distribusi *lognormal* ditunjukkan pada Persamaan 2.11:

$$\text{MTTF} = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \quad (2.11)$$

2.6.3 Distribusi Weibull



Gambar 2.5 Grafik Distribusi Weibull.^[12]

Distribusi *weibull* telah digunakan secara luas dalam teknik keandalan. Keuntungan dari distribusi ini adalah bisa digunakan untuk merepresentasikan banyak fungsi distribusi kerapatan serta dapat digunakan untuk variasi data.

Karakteristik distribusi *weibull* diantaranya mempunyai 2 parameter (η, β) atau 3 parameter (η, β, γ), nilai η, β, γ diketahui dari *weibull probability paper* atau dari *software*. Saat nilai $\beta = 1$ dan $\gamma = 0$ *weibull* akan ekuivalen dengan distribusi eksponensial, saat nilai $\beta = 3,44$ *weibull* akan mendekati distribusi normal. Jika distribusi waktu antar kegagalan suatu sistem mengikuti distribusi *weibull*, maka: ^[10]

Fungsi distribusi kerapatan pada distribusi *weibull* ditunjukkan dengan Persamaan 2.12:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left[\frac{t-\gamma}{\eta} \right]^{\beta-1} \exp \left\{ - \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta \right\} \quad (2.12)$$

Beta (β) pada distribusi *weibull* disebut sebagai bentuk *parameter*. Fungsi distribusi kerapatan untuk $\beta < 1$, memiliki bentuk yang mirip dengan eksponensial, dan untuk nilai $\beta > 3$ memiliki bentuk seperti distribusi normal. Ketika $\beta = 1$, $\lambda(t)$ bernilai konstan dan distribusi ini sama dengan distribusi eksponensial dengan $\lambda = 1/\theta$.^[10]

Fungsi keandalan distribusi *weibull* adalah:

$$f(t) = \exp \left\{ - \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta \right\} \quad (2.13)$$

Laju kegagalan distribusi *weibull* ditunjukkan pada Persamaan 2.14:

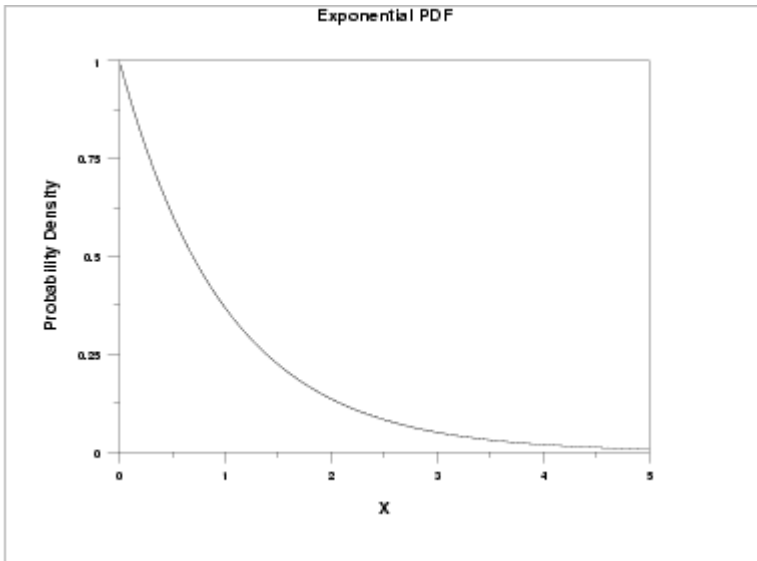
$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left[\frac{t-\gamma}{\eta} \right]^{\beta-1} \quad (2.14)$$

Saat $\beta < 1$ akan didapatkan penurunan fungsi laju kegagalan, saat $\beta > 1$ akan didapatkan peningkatan fungsi laju kegagalan, $\beta = 1$ merupakan fungsi distribusi eksponensial.

Waktu rata-rata kegagalan distribusi *weibull* ditunjukkan pada Persamaan 2.15:

$$\text{MTTF} = \gamma + \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (2.15)$$

2.6.4 Distribusi Eksponensial



Gambar 2.6 Grafik Distribusi Eksponensial. ^[12]

Fungsi padat peluang fungsi distribusi kerapatan distribusi eksponensial ditunjukkan dengan Persamaan 2.16: ^[10]

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

Jika distribusi waktu antar kegagalan suatu sistem mengikuti distribusi eksponensial, maka: ^[10]

Fungsi Keandalan distribusi eksponensial ditunjukkan dengan Persamaan 2.17:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.17)$$

Laju kegagalan distribusi eksponensial ditunjukkan dengan Persamaan 2.18:

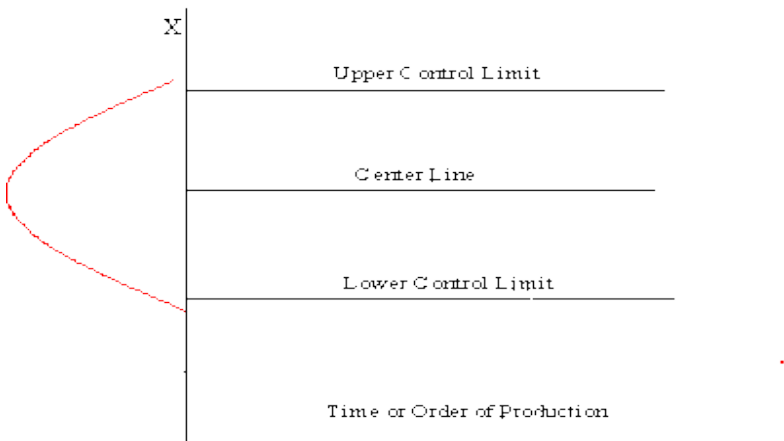
$$\lambda(t) = \lambda \quad (2.18)$$

Waktu rata-rata kegagalan distribusi eksponensial ditunjukkan dengan Persamaan 2.19:

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

2.7 Control Chart \bar{x} -s

Control Chart merupakan grafik statistik yang digunakan menggambarkan batas kendali dari suatu proses terdiri dari batas atas, batas bawah dan batas terpusat. *Control chart* menunjukkan apakah suatu proses berada di *in* atau *out of control*. Berikut adalah bentuk dasar *control chart*:



Gambar 2.7 Bentuk dasar *control chart*^[4]

Persamaan *control chart* \bar{x} dipengaruhi oleh nilai tengah standar deviasi (s), untuk mencari persamaan UCL, CL, dan LCL dapat menggunakan acuan *Tables of Constant for Control Charts* dengan persamaan :^[13]

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_3\bar{s} \quad (2.20)$$

$$CL = \bar{\bar{x}} \quad (2.21)$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_3\bar{s} \quad (2.22)$$

Dimana:

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

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

$A_3 = 0,619$

Nilai A_3 sebesar 0,619 ini diperoleh dari tabel dengan rentan waktu perhitungan selama 24 jam. Untuk menentukan nilai *control chart* s dapat menggunakan persamaan :

$$UCL = B_{4.s} \quad (2.23)$$

$$CL = \bar{s} \quad (2.24)$$

$$LCL = B_{3.s} \quad (2.25)$$

Dimana :

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

$B_4 = 1,445$

$B_3 = 0,555$

Grafik *control chart s* digunakan untuk melihat *trend* data selama 24 jam, guna mengetahui apakah proses yang ditinjau banyak mengalami perbedaan data yang jauh atau tidak.

2.8 *Safety Integrity Level (SIL)*

Setelah dilakukan analisis dari resiko yang ditimbulkan oleh *equipiment* dengan menggunakan *hazard and operability study (HAZOP)* didapatkan beberapa resiko yang berpotensi terjadi. Pada dasarnya resiko dapat ditinjau melalui dua aspek yaitu kemungkinan kejadian tersebut terjadi dan konsekuensi yang diterima apabila kejadian tersebut terjadi. Pada berbagai kasus dari kegagalan sistem, probabilitas dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan matematis. Jika nilai tersebut tidak dapat diketahui maka *hazard* harus dianalisis secara kualitatif.

Pada dasarnya setiap industri memiliki standar sistem proteksi yang berbeda-beda. Standar ini merupakan hal yang sangat penting karena menyangkut keandalan dari suatu sistem terinstrumentasi. Standar sistem proteksi tidak hanya meliputi teknologi yang digunakan, tingkat redundansi, kalibrasi ataupun logika sistem. Ketika *risk level* yang dihadapi semakin besar maka diperlukan sistem proteksi yang lebih baik untuk mengendalikannya. *Risk* yang telah dihitung selanjutnya akan dibandingkan dengan performansi pada suatu sistem proteksi. Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan performansi sistem tersebut adalah *safety integrity level (SIL)*.^[14]

Safety integrity level (SIL) merupakan tingkat keamanan dari suatu komponen *instrument* yang terkonfigurasi dengan *safety instrumented system (SIS)*. Seperti *sensor*, *logic solver*, dan *final element*. Untuk dapat menentukan nilai SIL dari suatu komponen maka terlebih dahulu mengetahui nilai laju kegagalan yang kemudian dapat digunakan untuk menentukan nilai *Probability of*

Failure on Demand (PFD)^[15]. Berikut ini merupakan pengklasifikasian SIL berdasarkan nilai *PFD* yang diperoleh berdasarkan standar *International Electrotechnical Commission IEC 615108*.

Tabel 2. 4 Kriteria Penentuan SIL^[16]

<i>Safety Integrity Level</i>	<i>Probability of Failure on Demand</i>	<i>Risk Reduction Factor</i>
4	0,0001 – 0,00001	100.000-10.000
3	0,001 – 0,0001	10.000-1000
2	0,01 – 0,001	1000-100
1	0,1 – 0,01	100-10

Dari tabel di atas dapat dikatakan semakin tinggi tingkatan SIL yang dimiliki suatu *plant* maka tingkat keamanan dari *plant* tersebut juga semakin baik dan resiko terjadinya kegagalan juga semakin kecil.

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

$$\lambda = \frac{1}{\text{MTTF}} \quad (2.26)$$

Dimana: λ : *failure rate*

MTTF : *Mean Time To Failure*

Penentuan nilai SIL sangat penting dalam tahapan pembuatan *life cycle SIL*. Metode dalam perhitungan SIL menggunakan metode kuantitatif yang diperoleh dari perhitungan data perbaikan dari komponen serta *instrument* yang digunakan. Setelah itu menentukan konfigurasi *equipment* dirangkai secara *MooN channel*. Jika *equipment* dirangkai secara seri maka *failure rate* seri

akan dihitung. Untuk konfigurasi *MooN channel* rumus yang digunakan untuk menghitung PFD adalah^[17]:

$$PFD_{1001} = \frac{1}{2} \cdot \lambda \cdot Ti \quad (2.27)$$

$$PFD_{1002} = \frac{(\lambda^2 \times Ti^2)}{3} \quad (2.28)$$

$$PFD_{1003} = \frac{(\lambda^3 \times Ti^3)}{4} \quad (2.29)$$

$$PFD_{2002} = \lambda \cdot Ti \quad (2.30)$$

$$PFD_{2003} = \lambda^2 \cdot Ti^2 \quad (2.31)$$

$$PFD_{2004} = \lambda^3 \cdot Ti^3 \quad (2.32)$$

Dimana : λ : *failure rate* (/jam)
 Ti : *Time Interval* (/jam)

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

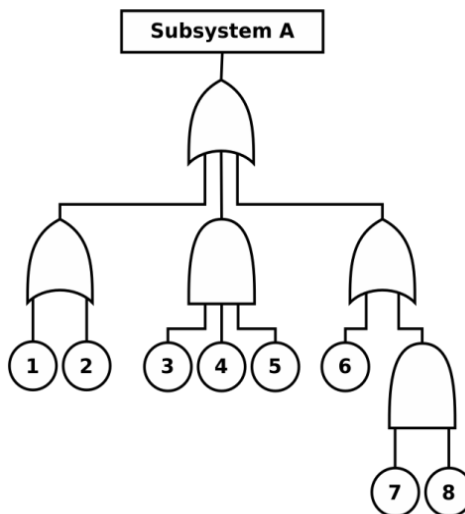
$$PFD_{avg} = PFD_{sensor} + PFD_{transmitter} + PFD_{fce} \quad (2.33)$$

Langkah terakhir adalah mencocokkan nilai PFD *average* dengan kriteria SIL pada tabel 2.4.

2.9 Fault Tree Analysis

Ada banyak cara yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kegagalan pada suatu proses, salah satu

contohnya adalah metode *FTA* (*Fault Tree Analysis*). *Fault tree analysis* adalah suatu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang berperan terhadap terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat *top down*, yang diawali dengan asumsi kegagalan dari kejadian puncak (*top event*) kemudian merinci sebab-sebab suatu *top event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*). Selain itu metode *FTA* dapat digunakan untuk mempresentasikan seberapa handal suatu komponen dalam sebuah sistem. Identifikasi dengan menggunakan *FTA* digunakan untuk mengetahui kombinasi sebab terjadinya kegagalan dari fungsi suatu komponen yang mempunyai dampak terhadap keselamatan kerja, produksi industri, dan lingkungan kerja sekitar^[18].



Gambar 2.8 *Fault Tree Analysis*^[19]

Alur proses dari analisis *FTA* sendiri adalah sebagai berikut^[19]:

- a. Mendefinisikan *top event* yang tidak diinginkan dalam sistem yang akan diamati . Contoh : *Absorber failure* beserta *basic event* yang menyebabkannya.
- b. Mengilustrasikan sebuah diagram logika dan detail yang memperlihatkan kombinasi dari *event* yang mempengaruhi *top event*. Sebuah sistem FTA menggambarkan keadaan dan kegagalan komponen sistem (*basic event*) dan hubungannya dengan *top event* menggunakan gerbang logika yang terkait.

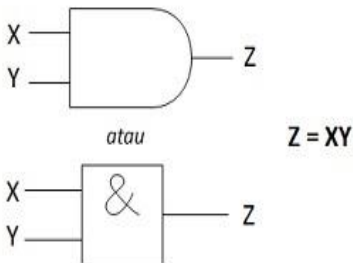
Dalam pembuatan FTA digunakan simbol grafis yang disebut gerbang logika (*logic gate*). Sesuai dengan Gambar 2.8. Untuk *output* dari gerbang logika ditentukan oleh *input* dari gerbang logika itu sendiri.

Berikut ini adalah gerbang logika yang digunakan pada FTA [20] :

- Fungsi *AND*

Fungsi *AND* akan menghasilkan *output* (1) atau *TRUE* hanya jika semua *input* (1) atau *TRUE*. Fungsi *AND* bisa mempunyai *input* tidak terbatas, namun hanya mempunyai satu *output*.

Simbol Gerbang AND



Tabel Kebenaran Gerbang AND

X	Y	Z
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Gambar 2.9 *And Gate* dan Tabel Kebenaran *And Gate*^[20]

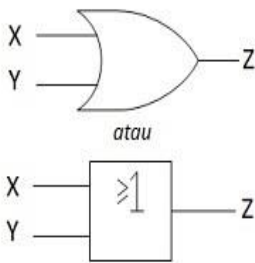
Dalam analisis FTA ini nilai 1 yaitu gagal (komponen atau sistem gagal) dan nilai 0 yaitu baik (komponen atau sistem dalam kondisi baik). Gambar 2.9 merupakan *logic* fungsi *AND* dengan dua *input* beserta dengan tabel kebenarannya.

- Fungsi *OR*

Fungsi *OR* akan menghasilkan *output* (1) atau *TRUE* jika satu atau lebih *input* adalah (1) atau *TRUE*. Sebagaimana fungsi *AND*, fungsi *OR* bisa mempunyai *input* tidak terbatas, namun hanya mempunyai satu *output*. Dalam analisis FTA ini nilai 1 yaitu gagal (komponen atau sistem gagal), dan nilai 0 yaitu baik (komponen atau sistem dalam kondisi baik) Gambar 2.10 adalah fungsi *OR* dengan dua *input* beserta tabel kebenarannya.

Simbol Gerbang *OR*

Tabel Kebenaran Gerbang *OR*



$$Z = X + Y$$

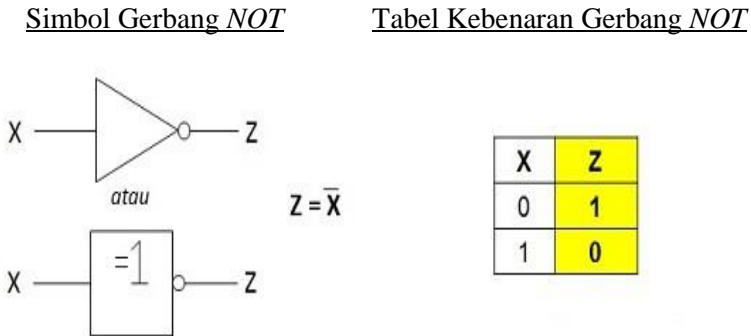
X	Y	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Gambar 2.10 *Or Gate* dan Tabel Kebenaran *Or Gate*^[20]

- Fungsi *NOT*

Fungsi *NOT* akan menghasilkan *output* (1) atau gagal jika *input*-nya 0 atau baik. *Output* dari fungsi *NOT* selalu kebalikan

dari keadaan *input*-nya, tidak seperti fungsi *AND* dan fungsi *OR*, fungsi *NOT* hanya mempunyai satu *input* dan satu *output*. Gambar 2.11 merupakan fungsi *NOT* dengan *input* dan *output* beserta tabel kebenarannya:



Gambar 2.11 *Not Gate* dan Tabel Kebenaran *Not Gate*^[20]

Prosedur dan pendekatan untuk menggunakan *fault tree analysis* (FTA) sebagai alat untuk menganalisis dan mengevaluasi jalur kesalahan adalah sebagai berikut:^[21]

Langkah 1 – Identifikasikan kejadian-kejadian utama yang mungkin akan ditentukan untuk dianalisis dan dicari penyebabnya. Hasil dari pengawasan manajemen dan analisis pohon resiko juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi kejadian yang tidak diinginkan.

Langkah 2 – Tambahkan kondisi atau kejadian yang dapat berkontribusi atau mengakibatkan kejadian di atas.

Langkah 3 – Tetapkan gerbang logika sesuai dengan gabungan

peristiwa yang menunjukkan apakah kedua peristiwa terjadi pada waktu dan tempat yang sama (*AND*) atau kejadian yang mungkin terjadi (*OR*). Pergerakan ke cabang pada *fault tree* menunjukkan efek.

Langkah 4 – Lanjutkan dengan mengidentifikasi peristiwa-peristiwa yang berkontribusi dan menetapkan simbol-simbol logika untuk menghubungkan peristiwa-peristiwa yang mungkin menjadi penyebab. Ketika beberapa kondisi terjadi pada serangkaian peristiwa, sejumlah peristiwa-peristiwa penting yang dapat menyebabkan kecelakaan dapat ditempatkan pada pohon.

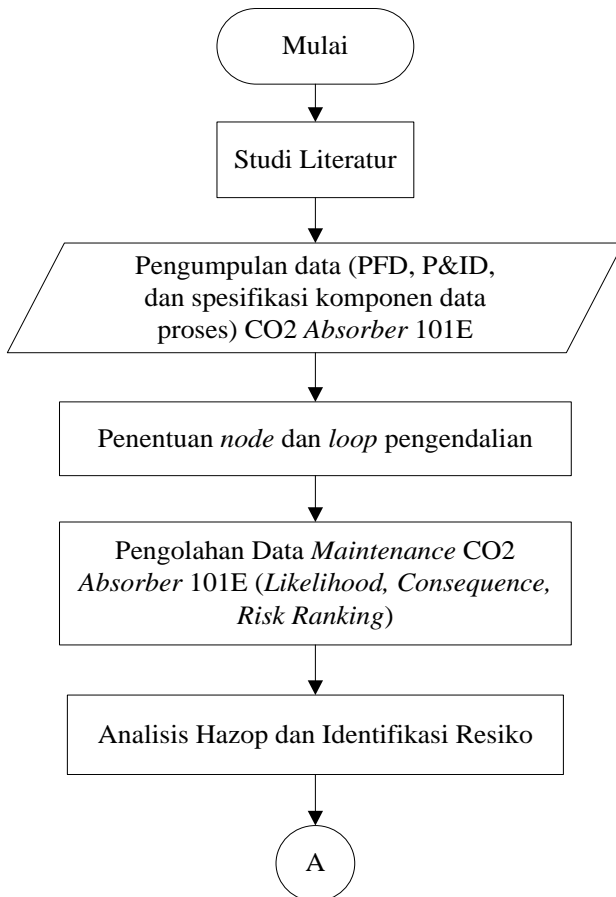
Langkah 5 – Tentukan probabilitas kemungkinan bahwa setiap peristiwa yang terjadi dengan memikirkan kemungkinan berdasarkan probabilitas dari setiap pasangan peristiwa yang berkontribusi. Persamaan di bawah dapat menentukan gerbang logika *AND* dan *OR*. Bahkan jika probabilitas kejadian tidak dapat ditetapkan, FTA masih dapat berfungsi sebagai metode evaluasi.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

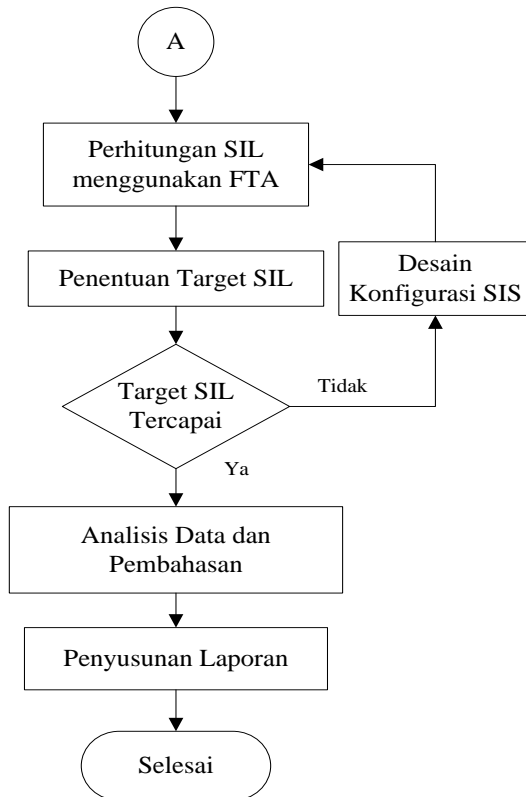
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada tugas akhir ini dirancang pada beberapa tahapan, yang digambarkan pada diagram alir seperti pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir



Gambar 3.2 Lanjutan diagram alir pengerjaan tugas akhir

3.2 Tahap – tahap Penelitian

Tahapan pengerjaan tugas akhir 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 spesifikasi komponen, dan data *maintenance* dari *node CO₂ Absorber* (101E), *CO₂ Stripper* (102E) dan *Semilean Solution Tank* (132F). Selain itu pengambilan data dilakukan selama satu bulan.

c. Pengolahan Data *Maintenance CO₂ Absorber* 101E

Pengolahan data *maintenance* dilakukan setelah data yang diperlukan sudah terkumpul. Pengolahan data meliputi perhitungan MTTF dari masing-masing komponen pada titik studi. Dari MTTF dapat dihitung *likelihood* serta menentukan *consequence* dari masing-masing komponen tersebut.

d. Identifikasi *Hazard*

Identifikasi *hazard* dilakukan dengan metode HAZOP (*Hazard Operability Study*). Identifikasi meliputi resiko, peluang bahaya, serta deviasi yang terjadi pada *node CO₂ Absorber* sehingga diketahui nilai resiko berdasarkan keseringan dan konsekuensi yang bisa terjadi. Tahapan dalam melakukan HAZOP diantaranya.

- Menentukan titik peninjauan berdasarkan data P&ID. Dalam tugas akhir ini *node* pada sistem adalah *CO₂ Absorber* (101E), *CO₂ Stripper* (102E) dan *Semilean Solution Tank* (132F)
- Menentukan *instrument* yang digunakan dalam *node* yang mengukur *parameter* dari proses pada *node CO₂ Absorber* seperti *level*, *temperature* dan *flow*.
- Menentukan *guideword* yang didapat dari data proses pembacaan *transmitter* selama bulan Februari dan di *plot* pada *control chart* untuk mendapatkan deviasi dari pengendalian proses *CO₂ Absorber*.
- Analisis terhadap *node* untuk penyimpangan yang mungkin terjadi serta sistem pengamanan yang telah

ada sudah *optimal* atau membutuhkan tambahan rekomendasi.

- Estimasi resiko dilakukan dengan mengidentifikasi banyaknya kejadian suatu resiko 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).
- Sedangkan untuk MTTF didapat dari perhitungan data kegagalan yang menunjukkan laju kegagalan yang dihitung dengan persamaan 3.1

$$\text{MTTF} = 1/\lambda \quad (3.1)$$

- Menganalisis konsekuensi yang timbul dari dampak yang diakibatkan karena penyimpangan pengendalian. Standar penentuan konsekuensi mengacu pada standar kriteria konsekuensi pada Tabel 2.1.
- e. Perhitungan SIL *existing*
Perhitungan SIL dengan metode FTA melalui perhitungan dari tiap PFD komponen yang mewakili setiap *event*. Nilai SIL sistem *CO₂ Absorber* diperoleh dari keseluruhan PFD dari komponen SIS yang menyusun *node CO₂ Absorber*. Sehingga tingkat keamanan dapat diketahui.
- f. Penentuan Target SIL
Sebagai tindak lanjut dari analisis resiko dengan HAZOP serta perhitungan SIL *existing plant* muncul rekomendasi untuk meminimalisir bahaya melalui peningkatan nilai SIL yang disepakati dengan cara memberi tambahan

komponen pengaman dan kegiatan pengaman sebagai upaya penurunan faktor resiko. SIL ditingkatkan menjadi lebih tinggi dari SIL sistem *CO₂ Absorber* keseluruhan.

g. Perancangan SIS

Salah satu upaya dalam meningkatkan kemandirian dengan cara menambah dan merubah konfigurasi dari sistem pengaman (SIS) *CO₂ Absorber*. Melalui pendekatan sistem *voting Moon* akan memberikan pengaruh signifikan pada tingkat keamanan serta resiko yang terjadi pada *node CO₂ Absorber*.

h. Evaluasi SIL Perancangan SIS

Untuk menguji hasil rancangan SIS dalam meningkatkan SIL dilakukan perhitungan tingkat keamanan sistem pada *CO₂ Absorber*. Evaluasi menentukan apakah sistem SIS yang dirancang mampu memenuhi nilai SIL target yang ditentukan sebelumnya. Jika tidak tercapai maka perlu adanya perancangan ulang hingga target SIL tercapai.

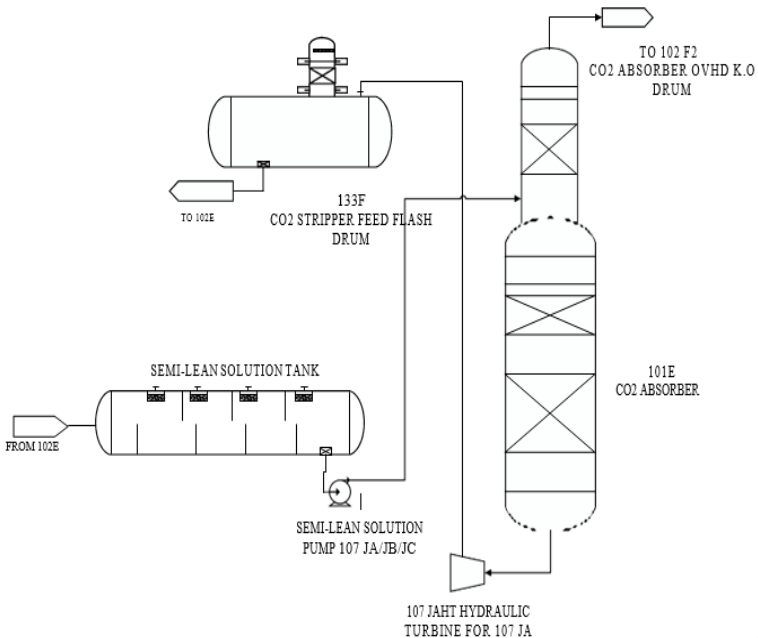
i. Penyusunan Laporan

Penulisan laporan sesuai dengan tugas akhir yang dikerjakan serta metodologi yang dilakukan. Serta ditulis hasil analisis dan rekomendasi yang didapatkan dari penelitian.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Alur Proses CO_2 Absorber



Gambar 4.1 Process Flow Diagram CO_2 Absorber 101E

Gas proses dari puncak *Raw Gas Separator* 102-F1 masuk ke CO_2 Absorber 101-E. Dalam CO_2 Absorber 101-E pelepasan CO_2 dari gas ini dilakukan dalam 2 tahap (*stages*) dengan mengontakkan gas secara lawan arah dengan larutan *benfield*. Saat aliran gas naik, sebagian besar CO_2 dihilangkan dengan kontak terhadap larutan *semi-lean* dalam bagian bawah 101-E. Bagian dari 101-E ini terdiri dari dua *packed beds* dengan *debit* larutan *semi-lean* 1164,6 m³/jam dari 107-J *Semi-Lean Pump*.

Pada bagian atas 101-E, mengandung satu *packed bed*, gas proses dari bagian bawahnya dikontakkan dengan larutan yang lebih teregenerasi pada *debit* 161 m³/jam dari 108-J *Lean Solution Pumps*. Gas proses yang ter-*scrub* ini kemudian mengalir meninggalkan bagian puncak dari 101-E menuju *CO₂ Absorber Over Head K.O. Drum* 102-F2. Suhu normal aliran gas ini adalah 70°C dengan kandungan CO₂ (akhir) sekitar 0,1% *volume*.

Aliran larutan *lean* ke CO₂ *Absorber* 101-E dikontrol oleh *Control Valve* FV-1014 *downstream* dari *Lean Pumps* 108-J. Sedangkan larutan *semi-lean* yang mengalir ke 101-E dikontrol oleh FIC-1005, mengontrol kecepatan turbin 107-JT, dengan menutup *steam* yang diterima ke *steam turbine*.

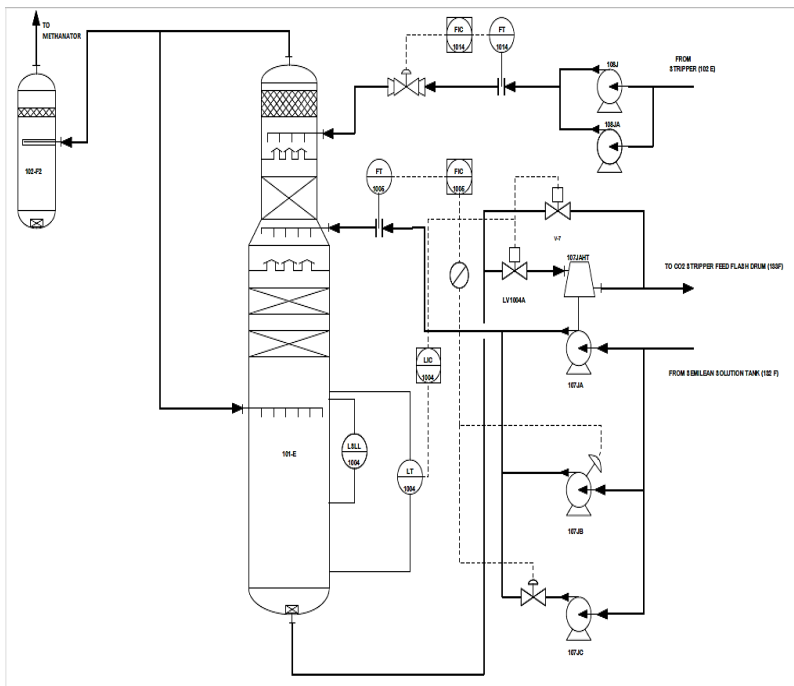
Suhuantisipasi dari *rich solution* (larutan setelah absorpsi) pada dasar 101-E adalah sekitar 116°C. Larutan ini ditekan keluar *Absorber* ke *hydraulic turbine* 107-JAHT, di mana larutan diregenerasi parsial dengan adanya *pressure drop* melalui 107-JAHT, diikuti dengan *degassing* dalam *CO₂ Stripper Feed Flash Drum* 133-F, menuju *Stripper* 102-E.

CO₂ Stripper 102-E beroperasi pada 0,9 kg/cm²g. Tekanan ini menyebabkan penurunan tekanan pada aliran larutan *rich* dan mem-*flash*-kan CO₂ lebih banyak dari larutan sebagaimana larutan masuk ke *Stripper*. Aliran larutan ke bawah melalui *Stripper beds*, kontak berlawanan arah dengan aliran *steam* yang naik secara langsung untuk meregenerasi larutan.

Larutan *semi-lean* yang teregenerasi parsial dikeluarkan pada suhu 122°C dengan *trapout pan* di bawah *bed* kedua dan mengalir ke *Semi-Lean Solution Flash Tank* 132-F. Larutan *semi-lean* dikeluarkan dari 132-F pada suhu 111°C dan dipompa oleh *semi-lean pumps* 107-J ke *Absorber*, di mana larutan masuk ke *tower* di atas *bed* kedua.

Larutan sisa dalam 102-E meng-overflow-kan *trapout tray* bagian bawah, mengalir turun ke dasar *stripper* dan menuju *Lean Solution /LP BFW Exchanger* 109-C untuk didinginkan menjadi 70°C sebelum dipompa oleh *Lean Solution Pump* 108-JA/J sebagaimana larutan *lean* kembali ke 101-E *Absorber*.

4.2 Analisis Potensi Bahaya



Gambar 4.2 P&ID CO_2 Absorber 101E

CO_2 Absorber 101E dijaga prosesnya pada suhu dan level yang diinginkan menggunakan BPCS (Basic Process Control System) yang terdiri atas loop pengendalian flow dan level. Terdapat 3 loop pengendalian diantaranya 2 loop flow yakni FT

1005 dan FT 1014 , serta 1 *loop* pengendalian *level* yakni LT1004 serta 1 *temperature indicator* TI1354. Untuk mengalirkan fluida cair menuju tangki 101E, dari *semilean solution tank* (132F) fluida dipompa dengan menggunakan 3 pompa yakni pompa 107-JA, 107-JB, dan 107-JC dan dari *Stripper* (102E) fluida dipompa dengan menggunakan 2 pompa yakni pompa 108-J dan 108-JA. Dari keseluruhan *instrument* tersebut digunakan dalam menjaga kestabilan suhu dan *level* proses pada *CO₂ Absorber 101E*.

Analisis potensi bahaya diperlukan untuk mengetahui kemungkinan bahaya yang terjadi pada *node* pada *CO₂ Absorber 101E*, yaitu pada *CO₂ Stripper 102E*, dan *Semilean Solution Tank 132F*. Dalam melakukan analisis menggunakan data yang menjadi acuan pengolahan data berupa data *log sheet CO₂ Absorber 101E* selama 1 bulan pada tahun 2019 yang dapat dilihat pada lampiran A.

Dari *log sheet* yang didapat dari *Process Historical Database* pada *DCS (Distributed Control System)* diambil dengan pola data rata-rata tiap 2 jam operasi dari pembacaan empat *transmitter* di *CO₂ Absorber 101E*. Potensi bahaya yang ditimbulkan dapat diketahui berdasarkan *trend* penyimpangan rata-rata operasi yang ditentukan dengan *guideword* dan dinyatakan dengan deviasi.

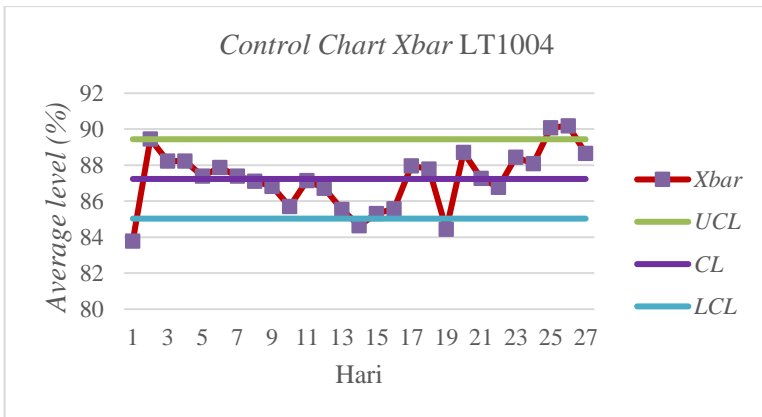
4.3 Potensi Bahaya pada *node CO₂ Absorber 101E*

CO₂ Absorber 101E dijaga prosesnya menggunakan sistem *BPCS (Basic Process Control System)* yang terdiri atas *loop* pengendalian *level* dan *flow*, *monitoring temperature*, dan *speed* aktuator pompa. Terdapat 3 *loop* pengendalian diantaranya 2 *loop flow transmitter* FT-1005 & FT-1014, 1 *loop* pengendalian *level transmitter* LT-1004 dan 1 indikator *temperature* TI1354, serta pompa 107-JA/JB/JC dan pompa 108-J/JA yang berfungsi

memompa aliran yang akan masuk ke *CO₂ Absorber 101E*, semua *instrument* masih aktif digunakan dalam menjaga kestabilan proses pada *CO₂ Absorber 101E*. Berdasarkan data *log sheet CO₂ Absorber 101E* dapat diperoleh grafik *control chart* terhadap rata-rata operasi komponen diantaranya:

4.3.1. Level Transmitter 1004 (LT1004)

Level transmitter 1004 (LT1004) loop pengendalian level menjaga level pada *CO₂ Absorber 101E*. Diperoleh grafik *control chart* deviasi pada Gambar 4.3 .



Gambar 4.3 Grafik *Xbar* LT-1004

Dari Gambar 4.3 grafik *Xbar Chart* LT-1004, dapat diketahui rata-rata pembacaan LT-1401 adalah 87,235%. Untuk nilai batas atas (UCL) sebesar 89,441% dan nilai batas bawah (LCL) sebesar 85,030 %. Kondisi *low level* merupakan kondisi yang berbahaya, dikarenakan ketika aliran *benfield* menurun drastis maka secara otomatis, *CO₂* yang terkandung dalam gas proses dari *raw gas separator* tidak terserap sempurna, sehingga gas yang menuju *CO₂ Absorber Over Head K.O. Drum 102-F2* dan diteruskan ke

methanator masih mengandung CO₂ yang akan menyebabkan suhu panas pada *methanator* sehingga *methanator* harus *shutdown*. Selain itu ketika *low level* maka aliran yang mengalir ke *turbine 107-JAHT* atau *stripper feed flash drum* akan sedikit sehingga larutan *benfield* akan berkurang. Namun, kondisi ini diantisipasi dengan kinerja *107-J pump*, ketika *level* dari tangki menurun, maka *pump* akan otomatis menyala. Dari data yang ditunjukkan, terdapat data yang berada di atas dan di bawah *set point* yang ditentukan, namun masih dalam *range* yang dekat dengan *set point*. Maka dari itu *guideword* yang digunakan adalah *high* dan *low*. *Guideword* dan deviasi dari LT-1004 ditunjukkan pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 *Guideword* dan deviasi pada LT-1004

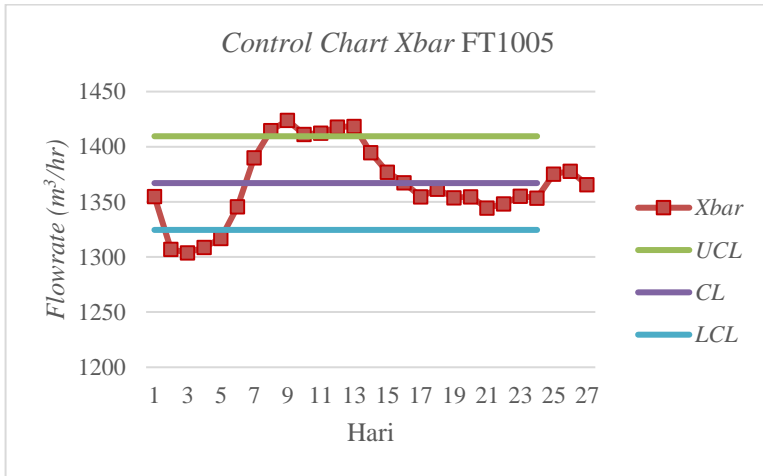
<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>
1	<i>Level Transmitter</i> LT-1004	<i>High</i>	<i>High Level</i>
		<i>Low</i>	<i>Low Level</i>

4.3.2. *Flow Transmitter 1005 (FT1005)*

Flow transmitter 1005 (FT1005) loop pengendalian *flow* menjaga aliran larutan *semi-lean solution* dari *Semi-Lean Solution Flash Tank 132-F* yang melalui pompa 107-JA/JB/JC menuju *CO2 Absorber 101E*. Diperoleh grafik *control chart* deviasi pada Gambar 4.3.

Dari Gambar 4.4 grafik *Xbar Chart* FT-1005, dapat diketahui rata-rata pembacaan FT-1005 adalah 1367,04 m³/jam. Untuk nilai batas atas (UCL) sebesar 1409,51 m³/jam dan nilai batas bawah (LCL) sebesar 1324,58 m³/jam. FT-1005 adalah *sensor* aliran yang digunakan untuk

menghitung aliran fluida cair (*benfield*) yang masuk ke CO_2 Absorber.



Gambar 4.4 Grafik *Xbar* FT-1005

Dari data yang ditunjukkan, terdapat data yang berada di atas dan di bawah *set point* yang ditentukan, *guideword* yang digunakan adalah *high* dan *low*. *Guideword* dan deviasi dari FT-1005 ditunjukkan pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 *Guideword* dan deviasi pada FT-1005

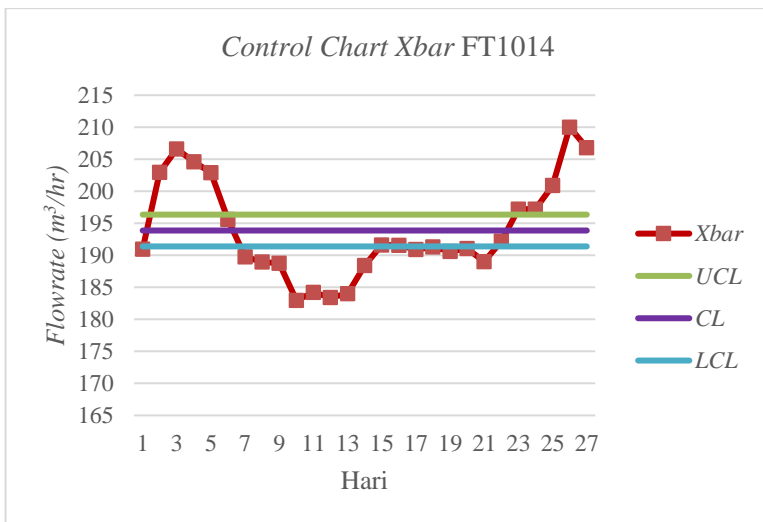
No	Component	Guideword	Deviation
1	Flow Transmitter FT1005	High	High Flow
		Low	Low Flow

4.3.3. Flow Transmitter 1014 (FT-1014)

Flow transmitter 1014 (FT-1014) loop pengendalian flow menjaga aliran larutan *lean solution* dari CO_2 Stripper 102E

yang melalui pompa 108-JA/J menuju *CO₂ Absorber 101E*. Diperoleh grafik *control chart* deviasi pada Gambar 4.5.

Dari Gambar 4.5 grafik *Xbar Chart* FT-1014, dapat diketahui rata-rata pembacaan FT-1014 adalah 193,8737963 m³/jam. Untuk nilai batas atas (UCL) sebesar 196,3583036 m³/jam dan nilai batas bawah (LCL) sebesar 191,389289 m³/jam. FT-1014 adalah *sensor* aliran yang digunakan untuk menghitung aliran fluida cair (*lean solution*) yang masuk ke *CO₂ Absorber*.



Gambar 4.5 Grafik *Xbar* FT-1014

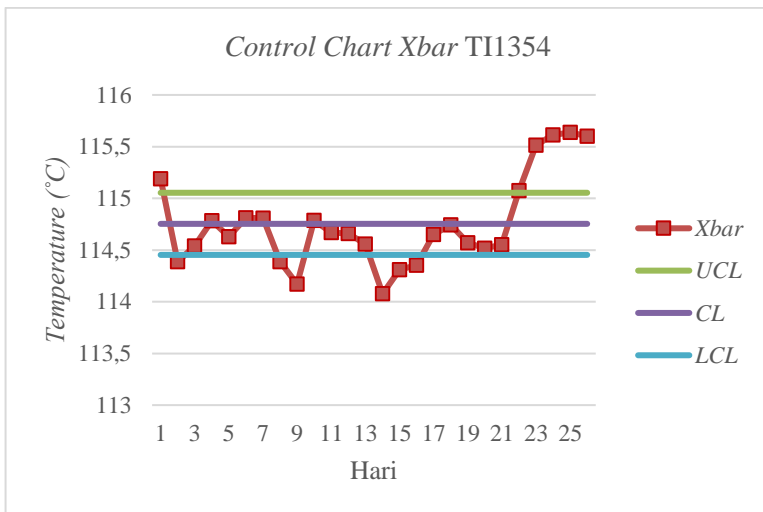
Dari data yang ditunjukkan, terdapat data yang berada di atas dan di bawah *set point* yang ditentukan, namun masih dalam *range* yang dekat dengan *set point*. *Guideword* yang digunakan adalah *high* dan *low*. *Guideword* dan deviasi dari FT-1014 ditunjukkan pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 *Guideword* dan deviasi pada FT-1014

NO	Component	Guideword	Deviation
1	Flow Transmitter FT-1014	High	High Flow
		Low	Low Flow

4.3.4. *Temperature Indicator 1354 (TI1354)*

Temperature Indicator 1354 (TI1354) me-monitoring *temperature* yang keluar dari *CO₂ Absorber 101E*. Diperoleh grafik *control chart* deviasi pada Gambar 4.6.

**Gambar 4.6** Grafik *Xbar* TI-1354

Dari Gambar 4.6 grafik *Xbar Chart* TI-1354, dapat diketahui rata-rata pembacaan TI-1354 adalah 114,75°C. Untuk nilai batas atas (UCL) sebesar 115,053°C dan nilai batas bawah (LCL) sebesar 114,45°C. Dari data yang ditunjukkan, terdapat data yang berada di atas dan di bawah *set point* yang ditentukan, namun masih dalam *range* yang

dekat dengan *set point*. *Guideword* yang digunakan adalah *high* dan *low*. *Guideword* dan deviasi dari TI-1354 ditunjukkan pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 *Guideword* dan deviasi pada TI-1354

<i>No</i>	<i>Component</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>
1	<i>Temperature Indicator TI-1354</i>	<i>High</i>	<i>High Temperature</i>
		<i>Low</i>	<i>Low Temperature</i>

Selain dari komponen-komponen yang sudah dibahas di atas, terdapat beberapa komponen lain yang juga dilakukan analisis bahaya untuk memperoleh *guideword* dan deviasinya. Untuk data proses komponen terdapat di lampiran A, keseluruhan *guideword* terlampir pada tabel hazop lampiran C. *Guideword* tercantum pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 *Guideword* dan deviasi komponen

<i>No</i>	<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>Deviation</i>
1	FV-1014	<i>Open</i>	<i>Fail open</i>
		<i>Close</i>	<i>Fail close</i>
2	LV-1004A	<i>Open</i>	<i>Fail open</i>
		<i>Close</i>	<i>Fail close</i>
3	LV-1004B	<i>Open</i>	<i>Fail open</i>
		<i>Close</i>	<i>Fail close</i>
4	FZ-1005A	<i>Open</i>	<i>Fail open</i>
		<i>Close</i>	<i>Fail close</i>
5	FV-1005B	<i>Open</i>	<i>Fail open</i>
		<i>Close</i>	<i>Fail close</i>

4.4 Analisis Resiko

Analisis resiko adalah kegiatan analisis peluang dampak bahaya yang terjadi akibat adanya penyimpangan dari kondisi yang diinginkan dan dikendalikan. Dalam HAZOP tingkat resiko ditinjau dari nilai *likelihood* dan *consequence* yang diakibatkan. Tingkatan resiko dinyatakan dalam sebuah *matrix* seperti yang dicantumkan pada Tabel 2.3. Dalam memberikan nilai *parameter likelihood* dan *consequence* terdapat standar masing-masing. Penulis dalam tugas akhir ini menggunakan standar yang dibuat oleh Departemen Produksi pabrik I PT. Petrokimia Gresik. Pada *CO₂ Absorber 101E* ini terdapat dua *parameter* yang dikendalikan yaitu *level* dan *flow*, serta satu *parameter indicator* yang harus dijaga yaitu *temperature*. Sehingga total terdapat dua *loop* pengendalian dan satu *monitoring* yang dianalisis masing-masing di bawah ini.

Untuk mengetahui tingkat resiko pada *node CO₂ Absorber* maka perlu ditentukan kriteria *likelihood* dan *consequences* pada setiap *parameter* proses yang diamati.

4.4.1. Estimasi Likelihood

Estimasi *Likelihood* didasarkan pada kemungkinan peluang terjadinya suatu potensi bahaya berdasarkan riwayat alat selama beroperasi dalam jangka waktu tertentu. Riwayat alat didapatkan berdasarkan data perawatan alat yang terdokumentasi dalam instruksi kerja PT.Petrokimia Gresik. Nilai *likelihood* dihitung dengan membagi waktu operasi *instrument* terhadap *mean time to failure* (MTTF). Nilai *Likelihood* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1.

Berdasarkan perhitungan *likelihood* pada masing-masing *instrument* pada *node CO₂ Absorber* dihasilkan nilai *rating likelihood* pada Tabel 4.6 berikut ini:

Tabel 4.6 Estimasi Kriteria *Likelihood* pada *Node CO₂ Absorber*

No	<i>Instrument</i>	MTTF	Nilai <i>Likelihood</i>	<i>Rating</i> <i>Likelihood</i>
1	LT-1004	7404,49	5,000000056	4
2	FT-1005	11899	3,999831919	3
3	FT-1014	10743,56	4,037208546	4
4	TI-1354	13513,51	3,12798	3

Dari Tabel 4.6 ditunjukkan bahwa *instrument* LT-1004 bernilai skala 4 (*poor*) untuk *likelihood*-nya berdasarkan standar kriteria profil resiko pabrik I PT. Petrokimia Gresik. Nilai tersebut didapat berdasarkan data *maintenance* dari masing-masing *instrument*. Untuk LT-1004 memiliki resiko kegagalan 5 kali dalam kurun waktu 5 tahun (2013-2018) sehingga bernilai 4 pada *parameter likelihood*. Terdapat dua *transmitter* lagi di *line* proses yang berbeda yaitu FT-1005 dan FT-1014. *Instrument* FT-1005 memiliki rekam data *maintenance* yang menunjukkan bahwa resikonya sebanyak 4 kali dalam 5 tahun (2013-2018) sehingga nilai *likelihood* sebesar 3 (*acceptable*), *instrument* FT-1014 memiliki resiko 4-5 kali dalam 5 tahun (2013-2018) dengan nilai *likelihood* 4 (*poor*). Sedangkan TI-1354 memiliki resiko 3 kali dalam 5 tahun (2013-2018) dengan nilai *likelihood* 3 (*acceptable*). Walaupun nilai *likelihood* dari *transmitter* FT-1005 dan TI-1354 sedikit lebih baik dibandingkan LT-1004 dan FT-1014 namun tetap pada dasarnya memiliki peluang resiko yang besar sehingga diperlukan adanya tindakan serta rekomendasi sebagai usaha mengurangi resiko sehingga bahaya yang terjadi bisa diminimalisir. Keseluruhan nilai *likelihood* dapat dilihat pada tabel HAZOP lampiran C.

4.4.2. Estimasi *Consequences*

Consequences ditentukan secara kualitatif berdasarkan seberapa besar dampak kerugian yang ditimbulkan apabila potensi bahaya yang telah diidentifikasi terjadi. *Consequences* bisa ditinjau dari segi kerusakan komponen sampai tidak dapat beroperasi kembali, dari segi pengaruhnya pada manusia, dari segi pencemaran terhadap lingkungan, atau dari segi biaya yang dikeluarkan akibat adanya bahaya tersebut.

Pada tugas akhir ini digunakan dua acuan kriteria konsekuensi yaitu berdasarkan standar pabrik PT. Petrokima Gresik yang dapat dilihat pada Tabel 2.4. Untuk ringkasan beberapa estimasi *consequences* pada *node CO₂ Absorber* dapat dilihat pada Tabel 4.7 di bawah ini.

Tabel 4.7 Estimasi Kriteria *Consequences*

No	<i>Instrument</i>	<i>Consequences</i>
1	LT-1004	3 (<i>Moderate</i>)
2	FT-1005	4 (<i>Major</i>)
3	FT-1014	4 (<i>Major</i>)
4	TI-1354	4 (<i>Major</i>)

4.4.3. *Risk Ranking*

Nilai dari resiko dari *plant* secara kualitatif dapat diestimasi berdasarkan persamaan 2.2 yaitu perkalian *likelihood* dan *consequences* dalam suatu *risk matrix*. Standar *risk ranking* mengikuti standar Kriteria *Risk Ranking* dari Departemen Produksi pabrik I PT. Petrokima Gresik yang terdapat pada Tabel 2.3. Dari data *likelihood* dan *consequences* yang telah didapat maka

didapatkan hasil *plot risk ranking* pada *node CO₂ Absorber* pada Tabel 4.8 *risk matrix* berikut

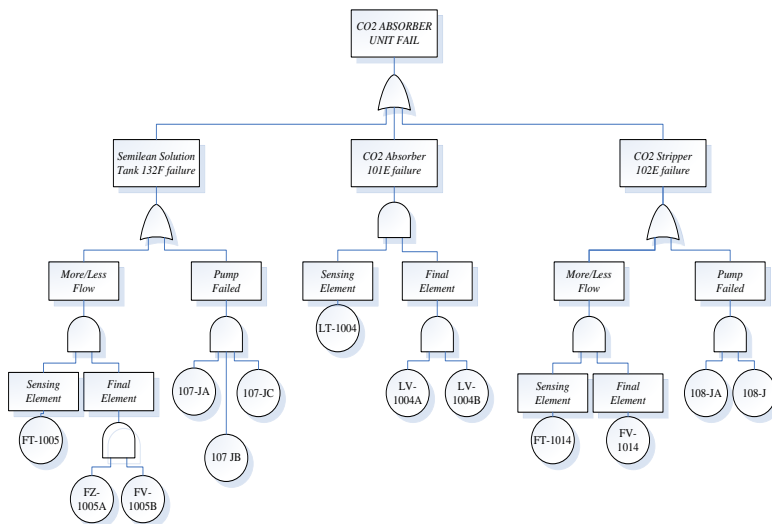
Tabel 4.8 Risk Matrix CO₂ Absorber

<i>Likelihood</i>	<i>Consequence</i>				
	1 <i>Insignificant</i>	2 <i>Minor</i>	3 <i>Moderate</i>	4 <i>Major</i>	5 <i>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>Poor</i>	L4	M8	M12	H16	H20
5 <i>Unacceptable</i>	M5	H10	H15	H20	H25

Pada Tabel 4.8 didapatkan informasi bahwa terdapat tiga *instrument* memiliki resiko sedang dan satu *instrument* memiliki tingkat resiko tinggi. Untuk *instrument* FT-1014 berada di *matrix* H16 dengan indikasi bahwa *instrument* memiliki resiko tinggi. Sedangkan untuk LT-1004 dengan tingkat resiko sedang di *matrix* M12 dari nilai *likelihood* di level 4, *consequence* level 3. FT-1005 dan TI-1354 juga terletak di *matrix* M12 namun dengan nilai *likelihood* di level 3, *consequence* level 4. *Instrument indicator* berada pada *risk matrix* L2 dan L3 Dari pesebaran *matrix* pada Tabel 4.8 di atas dapat ditentukan sebab serta rekomendasi yang dilakukan untuk agar tingkat resiko dan keamanan *plant* dimaksimalkan. Hasil rekomendasi dan keseluruhan analisis HAZOP yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel HAZOP lampiran C.

4.5 Perhitungan SIL dengan FTA

Analisis SIL pada CO_2 Absorber dimulai dengan analisis *event-event* kegagalan yang kemungkinan terjadi pada *node* tersebut berdasarkan analisis potensi bahaya dan resiko yang sebelumnya telah dilakukan. Kegagalan tersebut memiliki *top event* berupa CO_2 Absorber. Setelah itu dihitung dengan cara mencari nilai PFD dari *failure rate* komponen komponen yang akan digunakan untuk analisis *fault tree analysis*. Logika *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk melihat peristiwa dasar penyebab kegagalannya terjadi pada BPCS diilustrasikan menggunakan *Microsoft Visio* pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 FTA CO_2 Absorber

Perhitungan SIL pada sistem SIS CO_2 Absorber menggunakan nilai PFD yang didapat dari data *maintanance* dilakukan perhitungan seperti pada persamaan 2.26 dan 2.27. Untuk komponen yang tidak terdapat data *maintanance* menggunakan

data *failure rate* dari buku OREDA 2002. Untuk mendapatkan nilai *failure rate* dan PFD dari FT-1014 dan FV-1014 seperti pada Tabel 4.9 di bawah ini. Untuk perhitungan *failure rate* komponen-komponen lain terdapat pada Lampiran B.

Tabel 4.9 Perhitungan TTF *Instrument* FT-1014

No	<i>Directive</i>	<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	<i>TTF (hrs)</i>
1	<i>Service</i>	27/02/2014	27/02/2014	0
2	kabel rusak, tidak bisa menerima perintah dari <i>operator</i>	01/01/2016	01/01/2016	16152
3	Kalibrasi <i>Instrument</i>	01/04/2018	01/04/2018	19704

Dengan mengolah data *maintenance*, kalibrasi dan servis pada FT-1014 ditentukan bahwa Distribusi *Time to failure*-nya dengan menggunakan *software Weibull++6* merupakan sehingga diketahui distribusinya yakni distribusi normal, dihitung nilai MTTF dengan mencari rata-rata dari TTF yang didapatkan dan menghitung nilai laju kegagalan dengan menggunakan persamaan 2.26, sehingga:

$$MTTF = \frac{16152 + 19704}{2}$$

$$MTTF = 17928 \text{ Hour}$$

$$\lambda = \frac{1}{17928}$$

$$\lambda = 5,57787E - 05$$

$$PFD \text{ avg element} = \frac{5,57787E - 05 \times 8760}{2}$$

$$PFD \text{ avg element} = 0,244310576 \text{ (SIL 0)}$$

Sedangkan untuk *final element* FV-1014, perhitungan TTF, *failure rate*, dan PFD adalah pada Tabel 4.10 sebagai berikut.

Tabel 4.10 Perhitungan TTF *Instrument* FV-1014

No	<i>Directive</i>	<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	<i>TTF (hrs)</i>
1	<i>Service</i> FV-1014	11/04/2013	11/04/2013	3
2	<i>Check / Repair</i>	28/04/2014	28/04/2014	9168
3	<i>Repair Seat dan Plug</i>	08/06/2015	08/06/2015	9744
4	<i>Overhaul</i>	01/04/2018	01/04/2018	24672

Dengan mengolah data *maintenance*, kalibrasi dan servis pada FT-1014 ditentukan bahwa Distribusi *Time to failure*-nya dengan menggunakan *software Weibull++6* sehingga diketahui distribusinya yakni distribusi eksponensial, *parameter* yang diperoleh yaitu $\lambda = 0,0000733$ dan $\gamma = -871,633$, MTTF dihitung dengan menggunakan persamaan 2.19, sehingga :

$$MTTF = \frac{1}{0,0000733}$$

$$MTTF = 13638,84343 \text{ Hour}$$

$$\lambda = \frac{1}{13638,84343}$$

$$\lambda = 0,0000733$$

$$PFD \text{ avg element} = \frac{0,0000733 \times 8760}{2}$$

$$PFD \text{ avg element} = 0,3211416 \text{ (SIL 0)}$$

Dari seluruh hasil perhitungan TTF pada data *maintenance* didapatkan PFD dari seluruh komponen BPCS *CO₂ Absorber* dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 Nilai *Failure Rate* dan PFD

No	<i>Sensing element</i>			
	<i>Instrument</i>	<i>Failure rate</i>	PFD	SIL
1	LT-1004	0,00009003	0,207344927	0
	FT-1005	0,00000265	0,00017963	3
	FT-1014	0,00005577	0,244310576	0
2	<i>Final Element</i>			
	LV-1004A	0,00010913	0,304624024	0
	LV-1004B	0,00000331	0,000280248	3
	FZ-1005A	0,00000231	0,000136493	3
	FV-1005B	0,00000231	0,000136493	3
	FV-1014	0,00007332	0,3211416	0
3	Pompa			
	<i>Pump</i> 107-JA	0,00006599	0,04828889	1
	<i>Pump</i> 107-JB	0,00004272	0,013099698	1
	<i>Pump</i> 107-JC	0,00008739	0,112188024	1
	<i>Pump</i> 108-J	0,00004282	0,046898245	1
	<i>Pump</i> 108-JA	0,00008229	0,17324588	0

Dengan menggunakan *fault tree analysis*, maka perhitungan SIL didasari pada logika konfigurasi BPCS *CO₂ Absorber* serta memperhatikan nilai masing-masing PFD dari komponen. Sistem BPCS *Safeguard* diterapkan pada *plant CO₂ Absorber* untuk mencegah terjadinya resiko-resiko bahaya yang dapat mengakibatkan kerusakan pada *plant* tersebut.

Melalui analisis FTA dari Gambar 4.7 di atas didapatkan perhitungan nilai SIL dari *CO₂ Absorber* menggunakan gerbang logika sebagai berikut.

$$\begin{aligned} PFD_{p107} &= (PFD_{p1} \cap PFD_{p2} \cap PFD_{p3}) \\ &= (0,04828889 \cap 0,013099698 \cap 0,112188024) \\ &= 0,00007097 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PFD_{p108} &= (PFD_{p1} \cap PFD_{p2}) \\ &= (0,046898245 \cap 0,17324588) \\ &= 0,00812493 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PFD_{total} &= PFD_{semilean\ tank} \cup PFD_{co2\ absorber} \\ &\quad \cup PFD_{co2\ stripper} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PFD_{total} &= ((PFD_s \cap PFD_e) \cup PFD_p) \cup ((PFD_s \cap PFD_e) \\ &\quad \cup ((PFD_s \cap PFD_e) \cup PFD_p)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PFD_{total} &= ((0,00017963 \cap 0,00001863) \cup 0,00007097) \\ &\quad \cup (0,207344927 \cap 0,00008537) \\ &\quad \cup ((0,244310576 \cap 0,3211416) \\ &\quad \cup 0,00812493) \end{aligned}$$

$$PFD_{total} = 0,086671885 \text{ (SIL 1)}$$

Dan setelah dihitung maka didapat nilai PFD CO_2 Absorber adalah 0,086671885. Berdasarkan Tabel 2.4 hasil ini menunjukkan bahwa *Safeguard Basic Process Control System* menunjukkan SIL 1. SIL 1 adalah tingkat keamanan terendah dalam s dari tingkatan SIL 1-4 sehingga dalam *plant* ini harus ditingkatkan lagi nilai SIL-nya dengan cara mengkonfigurasi *voting architecture system*.

4.6 Peningkatkan SIL dengan *voting configuration* dan penambahan SIS

Melalui perhitungan SIL pada sistem *BPCS (Basic Process Control System)* di atas diperoleh nilai SIL sistem adalah 1. Untuk meningkatkan nilai lebih dari 1, *MooN channel* konfigurasi SIS dapat dilakukan dengan kombinasi antara *sensing element* dan *final element* dengan PFD yang dihitung kembali dan disusun sesuai rumus *voting architecture*. Berikut tabel nilai PFD dan SIL dari *sensing element* dan *final element*.

Tabel 4.12 Nilai PFD dan SIL pada *sensing element*

Konfigurasi	PFD <i>sensing element</i>		
	LT-1004	FT-1005	FT-1014
	0,00009003	0,00000265	0,00005577
1001	0,394345908 (SIL 0)	0,011607 (SIL 1)	0,244310576 (SIL 0)
1002	0,207344927 (SIL 0)	0,00017963 (SIL 3)	0,079583543 (SIL 1)
1003	0,122648435 (SIL 1)	0,00000313 (SIL 4)	0,029164652 (SIL 1)

Kenyataan pada *plant* saat ini *sensing element* memiliki nilai SIL 0 dan 1. Sedangkan apabila ditambahkan komponen dan konfigurasi 1002 bernilai SIL 3 dan 1. Apabila diubah menjadi 1003 bernilai SIL 1 dan 4. Dengan hal ini dapat menyimpulkan

bahwa penambahan komponen pada keluaran *sensing element* dapat menambah nilai SIL dari *sensing element*.

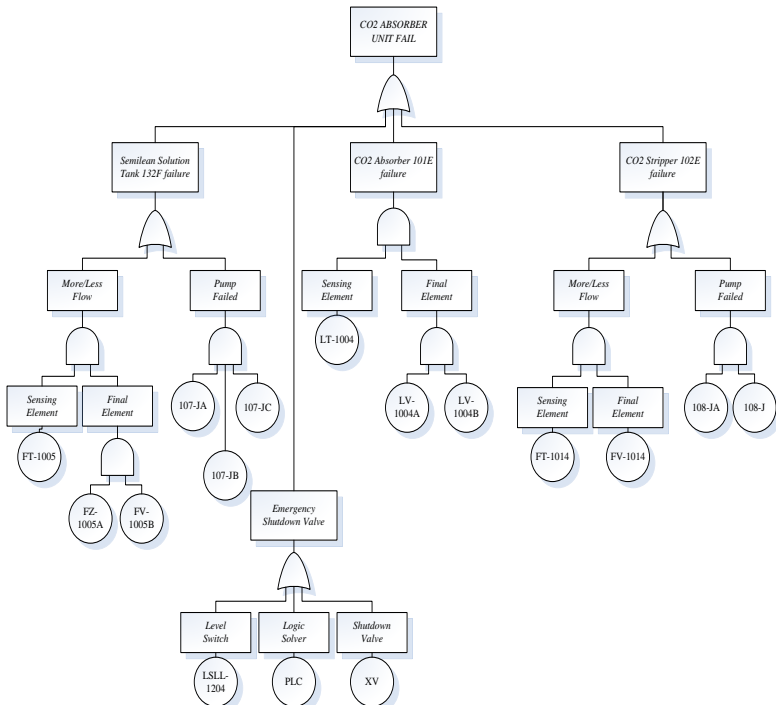
PFD *final element* pada Tabel 4.13 dihitung berdasarkan konfigurasi dari *final element* menggunakan persamaan 2.27 untuk konfigurasi 1001; persamaan 2.28 untuk konfigurasi 1002; persamaan 2.29 untuk konfigurasi 1003; persamaan 2.30 untuk konfigurasi 2002; persamaan 2.31 untuk konfigurasi 2003; persamaan 2.32 untuk konfigurasi 2004.

Tabel 4.13 Nilai PFD dan SIL *final element*

Konfigurasi	PFD <i>final element</i>				
	LV-1004A	FZ-1005	FV-1014	LV-1004B	FV-1005
	$\lambda=0,00010913$	$\lambda=0,00000231$	$\lambda=0,00007332$	$\lambda=0,00000331$	$\lambda=0,00000231$
1001	0,477983 (SIL 0)	0,010118 (SIL 1)	0,321142 (SIL 0)	0,014498 (SIL 1)	0,010118 (SIL 1)
1002	0,304624 (SIL 0)	0,000136493 (SIL 3)	0,137509 (SIL 1)	0,000280248 (SIL 3)	0,000136493 (SIL 3)
1003	0,218408 (SIL 0)	2,07152E-06 (SIL 4)	0,06624 (SIL 1)	6,09448E-06 (SIL 4)	2,07152E-06 (SIL 4)
2002	0,955967 (SIL 0)	0,0202356 (SIL 2)	0,642283 (SIL 0)	0,0289956 (SIL 1)	0,0202356 (SIL 1)
2003	0,913872 (SIL 0)	0,00040948 (SIL 3)	0,412528 (SIL 0)	0,000840745 (SIL 3)	0,00040948 (SIL 3)
2004	0,873631 (SIL 0)	8,28606E-06 (SIL 4)	0,26496 (SIL 0)	2,43779E-05 (SIL 4)	8,28606E-06 (SIL 4)

Berdasarkan analisis pada nilai PFD di atas, penulis mengamati bahwa penambahan keluaran pada konfigurasi *voting* 1003 berdampak besar pada kenaikan SIL pada sistem. Oleh karena itu, konfigurasi *voting* 1003 akan diterapkan pada desain FTA baru untuk menghitung nilai SIL baru yang akan ditingkatkan. Selain itu, dikarenakan pada P&ID sistem *CO₂ Absorber* sudah terdapat

alarm system namun tidak memiliki *final control element* berupa ESDV (*Emergency Shutdown Valve*), maka penulis akan mendesain SIS dengan komponen tersebut dengan menambahkan fungsi *Emergency Shut Down Valve* untuk menambah keamanan sistem. Nilai PFD dari *final control element* yang akan ditambahkan diperoleh dengan referensi *failure rate* dari OREDA 2002. Berikut ini adalah desain FTA dengan tambahan komponen dan SIS pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 FTA CO_2 Absorber peningkatan SIL

Sesuai P&ID dari CO_2 Absorber System, SIS dapat ditambahkan dengan menambahkan *final control element* pada

alarm system check level dari tiap-tiap tangki *flash drum* . berikut ini adalah nilai PFD dari masing-masing komponen baru yang ditambahkan pada Tabel 4.14 di bawah ini

Tabel 4.14 Nilai PFD dan SIL dari SIS

<i>Instrument</i>	<i>Failure Rate</i>	PFD (<i>Voting</i> 1001)	SIL
LSLL 1204	0,00000133	0,0058254	2
PLC	0,000000936	0,00409968	2
<i>Emergency Shutdown</i>	0,000004564	0,01999032	1

Tahapan terakhir dari peningkatan SIL ini adalah dengan mengkalkulasikan hasil PFD dari *voting* 1003 yang dikombinasikan dengan SIS *Emergency Shutdown*. Untuk kalkulasi SIL dengan konfigurasi *voting* 1002, 1003, 2001, 2002, dan 2003 dapat dilihat pada Lampiran C.

Hasil perhitungan SIL adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} PFD_{p107} &= (PFD_{p1} \cap PFD_{p2} \cap PFD_{p3}) \\ &= (0,064385187 \cap 0,017466264 \cap 0,149584031) \\ &= 0,000168218 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PFD_{p108} &= (PFD_{p1} \cap PFD_{p2}) \\ &= (0,017591202 \cap 0,124897861) \\ &= 0,002197104 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PFD_{total} &= PFD_{semilean\ tank} \cup PFD_{co2\ absorber} \\ &\quad \cup PFD_{co2\ stripper} \cup PFD_{ESDV} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PFD_{total} &= ((PFD_s \cap PFD_e) \cup PFD_p) \cup ((PFD_s \cap PFD_e) \\ &\quad \cup ((PFD_s \cap PFD_e) \cup PFD_p) \cup (PFD_s \cap PFD_l \\ &\quad \cap PFD_{fe}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{PFD}_{\text{total}} = & ((0,00000313 \cap 4,29118\text{E-}12) \cup 0,000168218) \\
 & \cup (0,12264843 \cap 0,00000133) \\
 & \cup ((0,02916465 \cap 0,066239904) \\
 & \cup 0,002197104) \cup (0,0058254 \cap 0,00409968 \\
 & \cap 0,01999032)
 \end{aligned}$$

$$\text{PFD}_{\text{total}} = 0,004297348 \quad (\text{SIL } 2)$$

Setelah mendapatkan peningkatan SIL dari SIL 1 menjadi SIL 2. Dari 12 *guideword* dan *deviation* pada *worksheet* HAZOP, terdapat 17% merupakan kategori *high risk* dan 83% merupakan *medium risk*. Dari HAZOP *worksheet* tersebut diperoleh data bahwa peningkatan SIL berdampak signifikan pada sebagian besar resiko dari *node CO₂ Absorber*. Dari 12 *guideword* dan *deviation* pada *worksheet*, terdapat penurunan tingkat resiko menjadi L4 sebesar 33% dan L3 sebesar 67% . Hal ini menunjukkan penurunan resiko yang signifikan pada *plant* dengan hanya penambahan 1 *loop* SIS dan konfigurasi *voting* 1oo3. Hasil akhir dari rekomendasi HAZOP *Worksheet* penulis lampirkan pada Lampiran C.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil tugas akhir yang sudah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Berdasarkan analisis bahaya dan resiko dengan HAZOP yang telah dilakukan, diketahui terdapat 12 komponen dengan potensi bahaya paling besar pada sistem CO_2 Absorber dengan 5 komponen tergolong dalam kategori *consequence major* FT-1005, FT-1014, FV-1005, FV-1014 dan TI-1354. Sedangkan 7 lainnya yakni LT-1004, LV-1004, 107-JA/JB/JC *pump*, dan 108-J/JA *pump* tergolong dalam kategori *consequence moderate*.
- b. Dari hasil perhitungan *existing* SIL dari BPCS *safeguard* pada CO_2 Absorber diperoleh nilai PFD sebesar 0,086671885 sehingga menghasilkan nilai SIL 1 pada sistem. Kategori ini adalah tingkatan SIL yang paling rendah. Peningkatan SIL tercapai melalui konfigurasi *voting architecture* 1oo3 dan menambah instalasi *mergency shutdown valve* yang dipasang pada keluaran *level alarm system* pada CO_2 Absorber. Nilai PFD dari kombinasi tersebut sebesar 0,004297348. Penambahan komponen ini sudah cukup untuk menaikkan SIL *system*, dari SIL1 menjadi SIL2.
- c. Untuk meningkatkan *safety* ditambah dengan komponen ESDV serta *konfigurasi voting* 1oo3 sehingga menyebabkan turunnya resiko bahaya pada *plant* dari *high risk* sebesar 17% dan *medium risk* sebesar 83% *ranking* menjadi *low risk* 100%.

5.2 Saran

Saran yang diberikan untuk dilakukan peneliti selanjutnya yaitu:

- a. Untuk memudahkan penelitian selanjutnya maka diperlukan dokumentasi pabrik yang lebih baik lagi sehingga lebih mudah dalam menganalisis kondisi permasalahan di dalam pabrik.
- b. Perlu dilakukan analisis target SIL lebih lanjut untuk mengetahui tingkat SIL yang dibutuhkan, sehingga dapat diputuskan tingkat SIL tersebut sudah dapat memenuhi tingkat keamanan sesuai kebutuhan pabrik sehingga kondisi pabrik dapat berjalan lebih aman

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Petrokimia Gresik. Prinsip Proses & Operasi Produksi Amonia. Gresik
- [2] Irwansyah, Y. 2017. Implementasi *Reliability Centered Maintenance* II Pada Sistem *Absorber 101E* Di PT. Petrokimia Gresik. Surabaya: Teknik Fisika ITS.
- [3] Noriyati, R.D. 2019. *Safety assessment base fault tree analysis for sustainability fertilizer plant at East Java Indonesia. AIP Conference Proceedings* 2088 (1), 020046.
- [4] Noriyati, R.D. 2015. *Hazard & Operability Study and Determining Safety Integrity Level on Sulfur Furnace Unit: A Case Study in Fertilizer Industry. Procedia Manufacturing* Vol. 4, 231-236.
- [5] PT. Petrokimia Gresik. *Operating Instruction Manual 1350 MTD Ammonia Unit*, PT. Petrokimia Gresik East Java, Indonesia, Volume 1. *The M.W. Kellogg Company*, PT. Inti Karya Persada Teknik.
- [6] Pradana, Hari Saptian. 2014. ANALISIS HAZARD AND OPERABILITY (HAZOP) UNTUK DETEKSI BAHAYA DAN MANAJEMEN RESIKO PADA UNIT BOILER (B-6203) DI PABRIK III PT.PETROKIMIA GRESIK. Surabaya: Tugas Akhir Program Sarjana Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [7] IEC- 61882. 2001. *Hazard And Operability Studies (Hazop Studies) – Application Guide*. Geneva: International Electrotechnical Commission .

- [8] AS/NZS 4360. 2004. *The Australian and New Zealand Standard Risk Management 3rd Edition*. NSA Scotland.
- [9] PT Petrokimia Gresik. Bagian Ammonia Pabrik I.
- [10] Ebeling, Charles E. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: The McGraw- Hill Companies.
- [11] Dhillon, B.S. 2005. *Reliability, Quality, and Safety for Engineers*. USA: CRC Press.
- [12] NIST/SEMATECH. 2012. e-Handbook of Statistical Methods. URL:<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>>
- [13] *Statistic Process Control. Table of Constant for Control Chart and Formulae*
- [14] Gulland, H.G. 14 April 2004. “*Methods of Determining Safety Integrity Level (SIL) Requirements - Pros and Cons*”. 4 Sight Consulting
- [15] ISA, *Safety Instrumented Functions(SIF)-Safety Integrity Level (SIL) Evaluation Techniques Determining the SIL of a SIF via Fault Tree Analysis, Research Triangle Park, North Carolina 27709*: United States of America, 2002.
- [16] IEC 611508/61511. 2007. *Manual Safety Integrity Level (SIL)*. Pepperl+Fuchs
- [17] ANSI/ISA-TR84.00.02-2002 Part 3. *Safety Instrumented Function (SIF)-Safety Integrity Level (SIL) Evaluation Techniques Part 3: Determining the SIL of a SIF via Fault Tree Analysis*. American National Standard Institute.

- [18] Smith, Dr .,David J ,Kenneth GL., 2016. *The Safety Critical Systems Handbook A Straightforward Guide To Functional Safety: IEC 61508 (2010 Edition), IEC 61511 (2016 Edition) & Related Guidance* , United States: Elsevier.
- [19] Musyafa, A. , Ronny Dwi Noriyati, Amarendra B. Prakoso, Adi Soeprijanto. 2017. "*HAZOP Study and Determination of Safety Integrity Level Using Fault Tree Analysis on Fuel Gas Superheat Burner of Ammonia Unit in Petrochemical Plant, East Java*," Asian Journal of Applied Sciences, vol. 05, no. 02.
- [20] *Instrumentation, Systems, and Automation Society ISATR84.00.02: 2002 "SIF-Safety Integrity Level (SIL) Evaluation Techniques"*,2002
- [21] Ericson II, Clifton A. 1999. *Fault Tree Analysis – A History. Proceedings of the 17th International System Safety Conference*. Washington: seattle.

LAMPIRAN A

Data Proses LT 1004

Jam	Mar-19																				Apr-19						
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4
11.59 PM	94,37	91,63	85,67	88,42	85,65	85,64	87,28	86,46	85,58	87,09	85,86	85,09	85,73	84,50	86,21	85,63	89,56	81,67	87,06	89,19	87,07	86,6	87,69	89,67	89,84	87,91	89,84
10.59 PM	86,55	91,85	86,24	88,35	85,52	87,09	87,32	86,87	85,92	86,63	85,52	86,16	86,04	84,50	86,66	85,96	90,06	81,87	83,77	88,66	88,31	88,61	87,97	89,27	89,97	89,18	89,57
9.59 PM	88,92	92,13	87,02	88,50	85,11	86,76	86,93	87,13	85,20	87,14	85,66	87,37	86,10	84,37	86,65	85,95	89,97	81,41	84,13	88,73	88,94	87,94	87,73	89,24	89,99	90,38	89,37
8.59 PM	87,65	91,03	87,67	88,67	85,08	86,60	87,55	87,05	87,06	87,49	85,89	86,72	85,80	84,84	86,92	85,67	90,35	83,93	82,35	88,53	86,77	89,4	88,36	89,68	90,14	90,45	89,72
7.59 PM	84,30	89,81	87,01	88,85	84,70	86,53	88,41	86,39	86,57	87,06	85,88	86,70	85,97	84,78	87,02	85,03	88,47	85,10	83,03	88,76	89,07	89,69	90,30	89,24	90,25	90,31	89,77
6.59 PM	78,49	92,28	86,96	89,14	84,26	86,50	87,91	82,66	86,81	86,93	86,59	87,46	86,17	84,84	86,43	84,84	89,34	86,32	84,76	88,78	88,00	87,93	90,33	90,84	90,67	90,48	90,08
5.59 PM	81,62	91,34	87,70	89,11	83,63	87,48	86,66	87,82	86,82	86,57	85,54	87,24	86,40	87,40	86,55	84,84	89,94	88,23	83,26	87,88	89,68	88,34	90,51	90,58	91,03	90,63	90,71
4.59 PM	77,40	89,76	87,43	89,09	86,02	88,48	86,61	88,38	86,05	81,74	87,28	87,35	86,49	87,21	85,03	85,23	89,57	88,20	85,36	89,21	88,71	88,35	90,99	90,24	90,16	90,71	90,93
3.59 PM	75,52	87,43	86,99	89,08	88,81	88,78	86,96	88,22	86,63	87,50	87,86	87,17	86,34	85,68	81,40	84,22	88,48	89,44	84,19	88,78	89,26	88,89	91,06	90,77	90,86	90,68	89,91
2.59 PM	72,65	83,43	91,63	89,34	88,87	88,68	87,65	88,50	88,36	87,99	86,50	87,51	86,42	82,21	82,58	85,27	87,70	88,92	85,97	89,28	83,26	89,48	91,02	90,96	90,03	90,52	86,59
1.59 PM	75,57	94,72	92,69	89,03	88,67	88,55	87,84	88,93	88,13	87,69	88,54	87,45	86,59	85,73	82,66	85,09	87,90	90,31	86,40	87,24	84,02	89,49	90,68	90,96	90,07	90,46	86,47
12.59 PM	76,45	94,33	92,96	89,06	88,81	88,41	87,96	89,00	88,32	87,44	88,08	87,50	87,34	85,77	85,98	85,33	88,32	89,30	85,90	88,48	85,85	89,72	89,94	91,03	90,31	90,46	86,89
11.59 AM	74,15	86,40	83,72	89,76	88,97	88,76	87,71	88,81	88,15	78,26	88,26	87,67	80,32	87,70	86,67	85,21	88,43	89,00	86,57	87,48	86,35	89,67	90,89	90,59	90,66	90,66	89,17
10.59 AM	80,60	88,93	84,05	90,08	88,87	88,58	87,78	88,14	87,75	79,16	88,36	84,38	87,05	85,92	86,41	85,08	89,61	89,66	87,64	85,68	83,51	87,73	91,26	90,37	90,40	90,54	89,05
9.59 AM	82,04	83,27	81,32	90,23	88,98	88,70	87,58	87,38	85,76	85,33	88,15	87,75	87,18	71,16	86,33	85,17	90,13	90,04	87,34	88,76	82,64	87,1	89,79	88,66	89,97	90,31	86,15
8.59 AM	84,07	82,11	85,33	89,23	88,83	88,59	87,90	86,33	87,05	86,44	87,85	87,16	87,20	79,95	85,93	85,53	86,61	90,04	85,38	89,20	84,09	83,88	90,59	87,70	89,63	90,59	84,72
7.59 AM	84,80	84,34	84,59	87,46	88,73	88,74	87,21	87,17	87,08	85,07	87,56	86,70	86,01	85,69	84,91	86,40	85,78	89,47	85,42	89,08	87,57	83,55	89,46	85,15	90,00	89,88	84,60
6.59 AM	87,71	85,79	91,68	88,64	88,40	88,99	87,42	86,70	87,07	85,95	87,28	86,19	87,07	85,23	84,12	86,29	85,84	88,75	82,53	89,08	88,78	80,59	87,62	82,99	89,83	89,88	87,13
5.59 AM	87,81	91,43	89,50	85,19	88,35	88,70	87,23	86,41	86,82	85,14	87,32	86,23	83,89	85,57	84,68	86,39	85,45	88,95	82,24	88,91	88,57	80,45	89,61	82,57	89,79	90,04	87,99
4.59 AM	84,67	91,06	91,65	86,18	88,34	88,55	87,31	86,18	86,54	85,47	87,48	86,38	85,17	85,67	85,08	86,04	85,85	89,10	84,39	89,00	88,36	82,14	86,94	83,88	89,88	89,78	88,03
3.59 AM	90,04	89,67	91,63	86,42	88,27	88,33	87,11	86,01	86,34	85,90	87,59	86,04	83,20	85,73	85,13	86,38	86,08	89,56	84,80	89,43	88,73	82,69	81,09	84,85	89,81	90,22	89,75
2.59 AM	89,94	91,16	90,65	81,02	88,24	88,81	87,47	86,32	86,56	86,41	87,68	86,24	82,94	85,64	84,74	86,40	85,85	89,30	81,34	89,41	88,72	85,15	81,66	83,79	89,55	90,24	90,43
1.59 AM	93,68	91,24	91,90	80,29	88,07	87,48	87,16	86,75	86,61	86,28	87,63	86,33	82,87	85,50	84,69	85,84	85,86	89,13	83,31	89,98	88,88	87,2	83,09	84,99	89,62	90,17	90,70
12.59 AM	91,9	91,86	91,47	83,62	88,23	86,44	86,59	87,17	86,66	86,03	87,28	86,39	84,93	85,75	84,61	86,06	85,78	89,06	79,45	89,61	89,40	87,94	84,05	86,06	89,67	90,18	90,10

Data Proses FI 1052

Jam	Mei-19																									Juni-19			
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		
11.59 PM	726,26	715,1	734,88	703,63	709,17	738,37	702,85	716,85	733,66	721,27	693,09	710,31	722,32	720,55	712,24	706,36	706,99	703,4	692,04	696,02	710,55	707,95	690,17	683,2	693,98	680,67	665,47		
10.59 PM	723,79	714,74	749,46	707,92	702,42	738,27	704,48	709,49	735,26	728,78	695,19	712,4	728,96	701,55	712,63	672,9	709,91	699,32	700,21	695,56	708,89	712,18	690,9	678,45	695,51	681,17	673,86		
9.59 PM	718,79	704,08	757,85	714,2	700,64	749,89	713,84	704,67	731,01	726,86	696,68	706,17	732,41	697,51	707,18	674,97	708,11	702,82	696,46	683,86	708,37	710,77	685,19	659,34	702	681,03	697,12		
8.59 PM	715,18	705,31	761,72	712,3	731,03	747,5	718,9	714,1	723,12	718,11	697,92	706,19	736,27	696,69	708,92	686,63	709,58	705,23	693,73	686,96	704,4	715,69	696,4	663,31	695,51	668,12	699,55		
7.59 PM	713,27	714,63	764,44	712,73	737,62	752,89	725,91	716,44	731,61	722,83	690,51	700,08	732,41	694,02	709,97	696,88	713,96	678,61	702,73	671,59	706,23	714,75	688,83	679,03	692,78	675,7	694,66		
6.59 PM	707,02	714,12	766,9	710,1	730,14	753,22	730,12	715,02	728,37	725,17	693,38	695,62	718,57	723,51	696,39	697,46	695	675,05	712,7	669,96	711,14	713,69	694,82	689,6	697,84	689,99	690,52		
5.59 PM	693,63	727,52	770,97	712,66	724,31	745,13	724,14	718,06	733,52	726,87	708,41	699,82	702,95	729,26	698,21	703,48	685,72	691,32	712,36	670,96	711,24	710,56	692,41	690,56	698,16	688,57	689,73		
4.59 PM	679,71	736,98	772,76	701,82	709,7	726,49	723,19	711,87	740,49	727,06	722,15	708,37	696,55	725,05	714,75	720,45	680,46	710,08	687,1	677,38	711,19	705,56	688,79	674,14	691,98	681,31	684,09		
3.59 PM	687,99	739,8	768,46	694,68	711,84	720,6	726,68	702,49	745,91	741,16	716,97	715,63	689,33	717,83	712,29	698,21	681,64	703,25	712,99	671,23	709,32	705,96	694,9	673,68	693,92	667,9	668,63		
2.59 PM	684,67	731,6	767,45	720,89	715,83	720,86	728,81	707,71	745,88	744,07	737,37	715,11	669,78	716,14	726,84	675,13	672,2	690,17	720,49	677,92	710,06	684,89	701,79	695,77	696,94	670,21	680,22		
1.59 PM	673,31	728,11	765,62	728,74	704,88	713,81	729,29	706,45	744,44	739,46	740,59	707,47	660,82	711,55	712,1	683,74	686,68	690,68	724,62	690,95	708,68	682,59	717,4	707,88	696,33	673,11	679,8		
12.59 PM	680,52	724,69	762,42	737,49	690,45	703,55	718,38	707,96	744,38	738,12	742,66	705,58	664,11	707,56	717,93	683,85	705,29	691,89	722,53	678,4	708,63	683,71	718,48	712,84	702,31	672,96	690,75		
11.59 AM	693,03	722,81	761,63	742,98	697,86	696,17	707,43	700,71	745,36	735,67	735,91	720,11	669,22	698,93	719,26	700,24	698,52	700,77	717,57	678,41	712,56	685,04	716,82	707,19	695,71	677,36	678,35		
10.59 AM	696,61	729,94	742,15	736,46	698,51	703,09	714,58	705,89	744,05	729,48	730,51	706,89	677,12	683,78	709,27	693,64	694,37	700,13	717,53	691,7	701,04	688,22	686,05	695,64	695,26	678,17	686,31		
9.59 AM	699,75	730,27	730,82	719,14	704,84	706,92	727,51	690,82	749,11	723,14	733,57	719,36	685,14	681,8	718,17	718,45	690,28	695,96	705,3	704,21	685,02	691,1	690,43	691,69	711,09	681,07	681,19		
8.59 AM	713,51	733,28	723,02	717,85	721,63	702,9	718,91	698,67	743,77	716,01	716,66	725,22	692,15	691,63	694,13	707,45	709,58	690,49	689,57	710,27	699,46	694,86	681,14	686,54	713,12	686,66	693,09		
7.59 AM	713,44	732,08	724,84	712,21	719,35	705,68	699,52	714,38	742,46	714,11	716,5	713,04	702,42	710,22	693,42	723,2	725,43	701,85	695,2	702,78	700,39	703,78	672,08	687,86	699,7	682,17	691,96		
6.59 AM	726,46	732,86	728,1	727,78	721,79	715,66	713,31	709,29	729,98	727,39	721,03	704,57	707,76	718,62	697,18	733,66	713,6	709,22	686,02	706,01	712,82	708,55	658,42	691,89	693,15	679,95	681,03		
5.59 AM	731,83	731,17	730,47	737,44	722,89	711,62	721,09	701,66	725,06	728,76	724,47	705,19	714,36	723,85	700,93	736,5	706,03	705,82	676,49	688,97	720,76	711,04	697,5	697,21	696,69	685,25	674,87		
4.59 AM	732,45	733,11	728,14	729,92	720,85	712,46	713,42	716,77	731,74	729,95	724,89	704,14	710,15	722,13	712,02	738,16	713,22	704,32	667,03	686,19	719,69	714,8	690,01	689,21	693,88	689,08	684,16		
3.59 AM	728,81	733,37	728,62	716,26	716,24	716,19	709,66	701,96	729,68	729,56	726,04	688,15	714,84	717,79	715,02	732,65	709,03	711,25	673,61	681,48	714,38	716,63	686,67	676,98	693,73	681,41	675,22		
2.59 AM	725,07	737,1	731,61	698,34	707,28	717,82	709,08	693,88	733,95	735,87	727,21	686,69	707,05	716,86	720,09	728,29	706,68	698,2	676,49	677,92	701,29	721,39	675,59	661,9	696,02	680,93	685,72		
1.59 AM	721,64	732,14	722,48	694,27	701,12	707,8	711,1	689,68	731,77	733,05	725,93	690,09	705,37	721,6	725,7	723,26	718,39	698,75	680,89	689,23	696,73	721,77	669,21	669,03	684,98	682,41	683,81		
12.59 AM	697,01	729,24	721,77	703,83	701,55	707,31	718,13	709,9	723,17	734,97	723,59	691,84	711,6	712,41	733,35	720,62	719,01	705,36	690,02	689,5	694,88	713,69	676,43	674,59	680,4	690	682,81		

Data Proses FT 1005

Jam	Maret-19																															Apr-19			
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4								
11.59 PM	1.379,98	1.286,20	1.314,52	1.292,69	1.318,81	1.385,60	1.411,20	1.459,99	1.432,49	1.407,29	1.426,79	1.416,53	1.434,00	1.373,44	1.375,32	1.377,44	1.345,43	1.369,50	1.364,02	1.352,38	1.352,59	1.348,53	1.368,45	1.370,45	1.371,24	1.382,51	1.354,89								
10.59 PM	1.376,65	1.283,87	1.305,37	1.293,50	1.317,27	1.396,78	1.417,56	1.440,81	1.431,40	1.380,25	1.388,92	1.415,03	1.430,73	1.376,07	1.380,71	1.379,64	1.344,13	1.369,18	1.363,82	1.353,40	1.354,20	1.348,69	1.366,12	1.375,80	1.381,95	1.385,00	1.358,44								
9.59 PM	1.368,69	1.281,48	1.312,20	1.292,92	1.308,04	1.391,38	1.388,55	1.428,32	1.416,75	1.407,09	1.413,59	1.439,46	1.453,78	1.369,82	1.375,93	1.378,94	1.340,07	1.357,91	1.365,92	1.354,78	1.354,45	1.344,81	1.368,42	1.352,32	1.390,15	1.383,37	1.348,17								
8.59 PM	1.361,17	1.284,79	1.308,32	1.299,95	1.310,38	1.387,78	1.383,22	1.433,02	1.401,90	1.381,69	1.387,02	1.415,99	1.422,65	1.364,39	1.374,81	1.374,24	1.333,77	1.370,39	1.361,56	1.368,97	1.334,22	1.343,29	1.366,87	1.346,68	1.394,04	1.381,67	1.346,54								
7.59 PM	1.343,96	1.273,29	1.311,50	1.307,38	1.316,98	1.381,03	1.401,04	1.440,55	1.409,89	1.383,48	1.387,54	1.406,77	1.427,12	1.359,42	1.377,53	1.370,70	1.328,59	1.361,93	1.361,68	1.373,33	1.340,25	1.347,33	1.369,85	1.348,05	1.394,39	1.380,39	1.354,34								
6.59 PM	1.343,34	1.299,67	1.310,44	1.301,25	1.321,23	1.385,08	1.396,56	1.390,83	1.412,31	1.387,84	1.406,30	1.429,11	1.431,85	1.365,17	1.373,45	1.366,35	1.334,10	1.354,30	1.355,03	1.374,48	1.349,87	1.347,70	1.369,35	1.351,03	1.382,32	1.381,26	1.355,10								
5.59 PM	1.342,63	1.303,05	1.309,81	1.299,51	1.313,97	1.355,98	1.431,22	1.404,26	1.432,90	1.391,61	1.401,92	1.419,42	1.436,89	1.362,10	1.370,05	1.373,19	1.334,66	1.354,80	1.342,24	1.370,87	1.348,51	1.352,33	1.360,55	1.348,83	1.378,21	1.369,25	1.364,26								
4.59 PM	1.341,25	1.273,43	1.308,27	1.303,52	1.330,90	1.353,36	1.381,97	1.400,66	1.421,92	1.384,29	1.382,58	1.416,32	1.420,56	1.358,86	1.367,53	1.368,06	1.338,18	1.357,91	1.342,82	1.359,29	1.335,67	1.349,42	1.358,92	1.347,54	1.353,98	1.356,57	1.373,52								
3.59 PM	1.349,64	1.274,83	1.299,70	1.299,78	1.333,84	1.313,98	1.342,23	1.413,29	1.421,96	1.362,27	1.403,35	1.416,51	1.387,91	1.373,03	1.362,10	1.364,81	1.345,70	1.364,53	1.337,43	1.360,19	1.340,53	1.352,89	1.351,69	1.348,80	1.350,61	1.365,05	1.374,39								
2.59 PM	1.347,53	1.280,34	1.302,55	1.314,00	1.327,57	1.328,03	1.395,20	1.403,97	1.428,90	1.367,71	1.414,66	1.421,09	1.397,59	1.389,46	1.359,74	1.365,25	1.343,56	1.369,64	1.336,51	1.378,38	1.332,28	1.343,22	1.354,65	1.348,00	1.361,35	1.365,86	1.363,02								
1.59 PM	1.341,29	1.295,70	1.305,86	1.324,40	1.330,76	1.326,43	1.398,73	1.402,84	1.429,01	1.369,42	1.418,62	1.425,68	1.398,58	1.385,08	1.359,18	1.361,28	1.342,15	1.371,99	1.331,15	1.366,19	1.345,91	1.347,42	1.345,60	1.345,94	1.374,15	1.353,24	1.363,13								
12.59 PM	1.354,35	1.306,22	1.312,26	1.328,13	1.329,95	1.317,30	1.395,48	1.395,81	1.426,02	1.370,76	1.413,53	1.429,01	1.397,81	1.385,36	1.360,30	1.354,18	1.361,75	1.369,89	1.332,43	1.352,86	1.348,37	1.355,01	1.330,58	1.347,39	1.366,48	1.355,56	1.359,44								
11.59 AM	1.349,52	1.310,01	1.302,18	1.311,47	1.333,82	1.310,44	1.394,50	1.407,48	1.427,45	1.360,46	1.398,21	1.435,55	1.463,37	1.387,22	1.379,75	1.355,03	1.367,67	1.367,60	1.335,61	1.351,33	1.352,03	1.353,70	1.332,42	1.350,09	1.365,24	1.365,08	1.359,45								
10.59 AM	1.352,37	1.308,54	1.300,12	1.312,72	1.332,52	1.312,38	1.399,51	1.444,54	1.440,93	1.381,24	1.386,81	1.433,41	1.415,28	1.390,82	1.377,08	1.352,85	1.352,23	1.368,72	1.340,28	1.345,98	1.342,40	1.351,39	1.342,41	1.337,11	1.368,93	1.366,22	1.361,04								
9.59 AM	1.352,58	1.304,02	1.299,47	1.298,34	1.329,13	1.325,66	1.388,41	1.428,69	1.432,54	1.469,14	1.388,80	1.428,19	1.404,47	1.387,98	1.377,72	1.348,84	1.349,70	1.373,75	1.344,21	1.342,30	1.339,40	1.354,86	1.352,95	1.346,57	1.371,93	1.365,49	1.362,81								
8.59 AM	1.353,89	1.288,53	1.287,37	1.313,73	1.327,67	1.333,03	1.404,64	1.419,62	1.391,64	1.452,12	1.427,37	1.426,67	1.417,90	1.408,66	1.376,26	1.352,10	1.360,18	1.364,65	1.345,12	1.344,71	1.330,32	1.348,69	1.340,82	1.348,94	1.370,70	1.374,96	1.365,78								
7.59 AM	1.362,74	1.312,88	1.288,89	1.324,22	1.324,28	1.338,51	1.383,76	1.430,77	1.376,95	1.453,63	1.435,73	1.417,91	1.407,57	1.425,35	1.380,99	1.369,75	1.372,62	1.363,08	1.348,87	1.334,88	1.330,89	1.346,98	1.349,31	1.339,81	1.376,54	1.378,23	1.371,29								
6.59 AM	1.364,05	1.333,00	1.301,14	1.322,27	1.315,19	1.334,34	1.382,82	1.440,68	1.429,16	1.459,85	1.410,43	1.412,72	1.412,47	1.423,73	1.396,21	1.378,30	1.370,77	1.365,45	1.348,46	1.339,65	1.350,18	1.345,11	1.353,17	1.361,74	1.383,83	1.392,63	1.371,26								
5.59 AM	1.365,46	1.329,44	1.300,02	1.315,70	1.320,37	1.336,30	1.377,57	1.395,30	1.433,93	1.457,85	1.427,01	1.401,76	1.431,72	1.429,42	1.396,34	1.373,30	1.369,43	1.356,41	1.367,53	1.332,66	1.353,58	1.345,76	1.369,86	1.361,95	1.381,97	1.398,77	1.371,69								
4.59 AM	1.354,11	1.333,38	1.286,39	1.312,96	1.304,78	1.339,10	1.379,26	1.392,03	1.431,33	1.458,86	1.441,46	1.404,85	1.412,74	1.438,51	1.391,37	1.367,53	1.372,53	1.350,06	1.373,42	1.335,97	1.351,42	1.339,02	1.368,70	1.359,86	1.381,92	1.397,52	1.373,96								
3.59 AM	1.355,14	1.335,33	1.286,04	1.309,94	1.288,24	1.339,27	1.372,74	1.388,71	1.433,67	1.463,07	1.442,81	1.382,52	1.408,64	1.435,39	1.383,15	1.371,60	1.374,99	1.350,89	1.363,40	1.351,61	1.339,34	1.341,06	1.350,78	1.363,76	1.380,27	1.397,20	1.374,99								
2.59 AM	1.353,54	1.344,13	1.312,49	1.305,46	1.288,89	1.336,10	1.375,83	1.400,63	1.425,71	1.459,89	1.443,72	1.428,48	1.417,20	1.426,58	1.378,56	1.370,93	1.372,74	1.349,90	1.370,38	1.351,87	1.348,94	1.350,00	1.352,04	1.355,18	1.381,59	1.395,50	1.381,05								
1.59 AM	1.360,95	1.339,15	1.312,76	1.306,55	1.292,94	1.342,06	1.375,48	1.403,58	1.439,46	1.435,24	1.432,89	1.423,88	1.402,37	1.432,86	1.390,61	1.370,17	1.379,65	1.350,10	1.378,19	1.356,28	1.348,75	1.349,43	1.351,42	1.357,85	1.376,53	1.398,58	1.382,83								
12.59 AM	1.346,91	1.384,39	1.316,05	1.323,81	1.286,34	1.322,77	1.381,27	1.389,36	1.445,04	1.426,62	1.417,99	1.384,87	1.412,46	1.423,53	1.380,23	1.375,30	1.377,89	1.346,17	1.378,63	1.360,39	1.344,94	1.351,42	1.349,00	1.366,93	1.371,05	1.380,66	1.384,51								

LAMPIRAN B

Pada lampiran ini tercantum hasil pengolahan data *Time To Failure* (TTF), MTTF serta *failure rate* dari masing-masing komponen pada *CO₂ Absorber* (101E) Pabrik I PT. Petrokimia Gresik, sebagai berikut:
LT1004

No	Directive	Actual Start	Actual Completion	TTF (days)	TTF (hours)
1	Penggantian kabel instrumentasi, indikasi tidak terbaca <i>operator</i>	19/05/2013	19/05/2013	0	3
2	Kabel rusak, tidak bisa menerima perintah dari <i>operator</i>	23/02/2016	23/02/2016	1010	24240
3	Penggantian kabel instrumentasi	27/06/2017	27/06/2017	490	11760
4	Kalibrasi LT-1004	13/06/2018	13/06/2018	351	8424
Total					44427
MTTF					11107
<i>failure rate</i>					0,00009003

LV1004A

No	Directive	Actual Start	Actual Completion	TTF (days)	TTF (hours)
1	<i>Service -- Overhaul</i>	09/12/2013	09/12/2013	0	6
2	<i>Service, test fungsi & pengecatan</i>	12/01/2015	12/01/2015	399	9576
3	<i>Tidak bisa open</i>	11/03/2016	11/03/2016	424	10176
4	<i>Repair plug and seat</i>	13/02/2018	13/02/2018	704	16896
Total					36654
MTTF					9163,5004
<i>failure rate</i>					0,000109129

Pump 107 JA

No	Directive	Actual Start	Actual Completion	TTF (days)	TTF (hours)
1	<i>Repair impeller yang crack</i>	07/05/2013	09/05/2013	2	48
3	<i>Line tracing bocor</i>	19/03/2014	19/03/2014	316	7584
4	<i>Wearing rusak</i>	20/05/2015	20/05/2015	427	10248
5	<i>Tracing bocor</i>	28/05/2018	28/05/2018	1104	26496
Total					44376
MTTF					15154,27047
<i>failure rate</i>					0,000065988

Pump 107JB

<i>No</i>	<i>Directive</i>	<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	<i>TTF (days)</i>	<i>TTF (hours)</i>
1	GANTI BV	14/04/2013	14/04/2013	0	6
2	Mekanik <i>seal</i> bocor, <i>repair stoper wearing</i>	09/06/2014	09/06/2014	421	10104
3	<i>Steam tracing</i> bocor	18/06/2016	18/06/2016	740	17760
Total					27870
MTTF					23409,763
<i>failure rate</i>					0,00004271

Pump 107JC

<i>No</i>	<i>Directive</i>	<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	<i>TTF (days)</i>	<i>TTF (hours)</i>
1	<i>Repair Impeller</i> sesuai Rekom Istek	03/05/2013	06/05/2013	3	72
2	Lepas <i>coupling/ coupling</i> macet	06/11/2014	06/11/2014	552	13248
3	<i>Line tracing</i> bocor	10/12/2015	10/12/2015	399	9576
5	<i>Repair rotor</i> , ganti <i>trust bearing</i> , ganti <i>mech seal</i>	20/07/2018	20/07/2018	953	22872
Total					45768
MTTF					11442
<i>failure rate</i>					0,00008739

TI 1354

<i>No</i>	<i>Directive</i>	<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	<i>TTF (days)</i>	<i>TTF (hours)</i>
1	Indikasi <i>error</i> , kalibrasi, <i>cleansing</i> termokopel	24/04/2013	24/04/2013	0	6
2	TI1354 indikasi <i>error</i>	18/03/2014	18/03/2014	328	7872
3	<i>Sensor</i> patah, sehingga <i>output</i> tidak terbaca	08/12/2016	08/12/2016	996	23904
4	Kalibrasi	18/02/2018	18/02/2018	437	10488
Total					42270
MTTF					13513,51351
<i>failure rate</i>					0,000074

Pump 108J

<i>No</i>	<i>Directive</i>	<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	<i>TTF (days)</i>	<i>TTF (hours)</i>
1	<i>Packing gland</i> bocor	14/04/2013	14/04/2013	0	4
2	<i>Spring couple</i> patah, <i>Mech. Seal</i> Bocor	09/06/2014	09/06/2014	421	10104
3	<i>Overhaul</i> pompa	18/06/2016	18/06/2016	740	17760
Total					27868
MTTF					23354,21
<i>failure rate</i>					0,00004281

Pump 108JA

<i>No</i>	<i>Directive</i>	<i>Actual Start</i>	<i>Actual Completion</i>	<i>TTF (days)</i>	<i>TTF (hours)</i>
1	<i>Overhaul</i>	07/01/2013	07/01/2013	0	5
2	<i>Mech seal bocor</i>	19/02/2014	19/02/2014	408	9792
3	<i>Lepas baut yang putus</i>	21/02/2016	21/02/2016	732	17568
4	<i>Mekanikal seal bocor (pecah)</i>	25/07/2018	25/07/2018	885	21240
<i>Total</i>					48605
<i>MTTF</i>					12151
<i>failure rate</i>					0,00008229

LAMPIRAN C (*Worksheet Hazard And Operability Study*)

<i>Component</i>	<i>Guide word</i>	<i>Deviation</i>	<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguard</i>	<i>L</i>	<i>C</i>	<i>R</i>	<i>Ket.</i>
LT 1004	<i>High</i>	<i>High Level</i>	Fluida umpan yang dipompakan oleh pompa <i>semi lean</i> 107 JA, 107 JB, 107 JC terlalu tinggi	<i>Level Valve</i> 1004 tidak dapat membuka penuh sehingga <i>level CO2 Absorber</i> akan naik	<i>Level Alarm</i> 1004	5	3	H15	<i>High Risk</i>
	<i>Low</i>	<i>low Level</i>	<i>Semi lean pump</i> kurang bekerja dengan baik LV1004B tidak dapat menutup	Aliran yang ke 107JAHT akan berkurang dan mempengaruhi kinerja <i>pump</i> 107JA Aliran yang akan mengalir ke <i>CO2 Stripper feed flash</i> akan berkurang	LALL 1204, LV 1004A	5	3	H15	<i>High Risk</i>
FT 1005	<i>High</i>	<i>High Flow</i>	Laju aliran dari <i>semi lean pump</i> tinggi	<i>Level CO2 Absorber</i> akan naik	<i>Loop flow control</i> 1005	3	4	M12	<i>Medium Risk</i>
	<i>Low</i>	<i>Low Flow</i>	Laju aliran dari <i>semi lean pump</i> rendah <i>Pump Semi lean</i> 107J tidak bekerja maksimal <i>Flow Control Valve</i> tidak dapat membuka penuh	Aliran <i>Benfield</i> akan berkurang sehingga mempengaruhi kinerja <i>absorber</i> dalam menyerap CO2	FAL 1005, <i>Loop flow control</i> 1005	3	4	M12	<i>Medium Risk</i>
FT 1014	<i>High</i>	<i>High Flow</i>	Laju aliran dari <i>lean pump</i> tinggi FV1014 <i>fail to close</i>	<i>Level</i> 101E penuh, CO ₂ slip	<i>Loop flow control</i> 1014	4	4	H16	<i>High Risk</i>
	<i>Low</i>	<i>Low Flow</i>	Laju aliran dari <i>lean pump</i> rendah FV1014 <i>fail to open</i>	Aliran berkurang dan pemasangan ke 101E lebih rendah sehingga penyerapan CO ₂ kurang maksimal	FAL1014, FSL1014, <i>Loop flow control</i> 1014	4	4	H16	<i>High Risk</i>

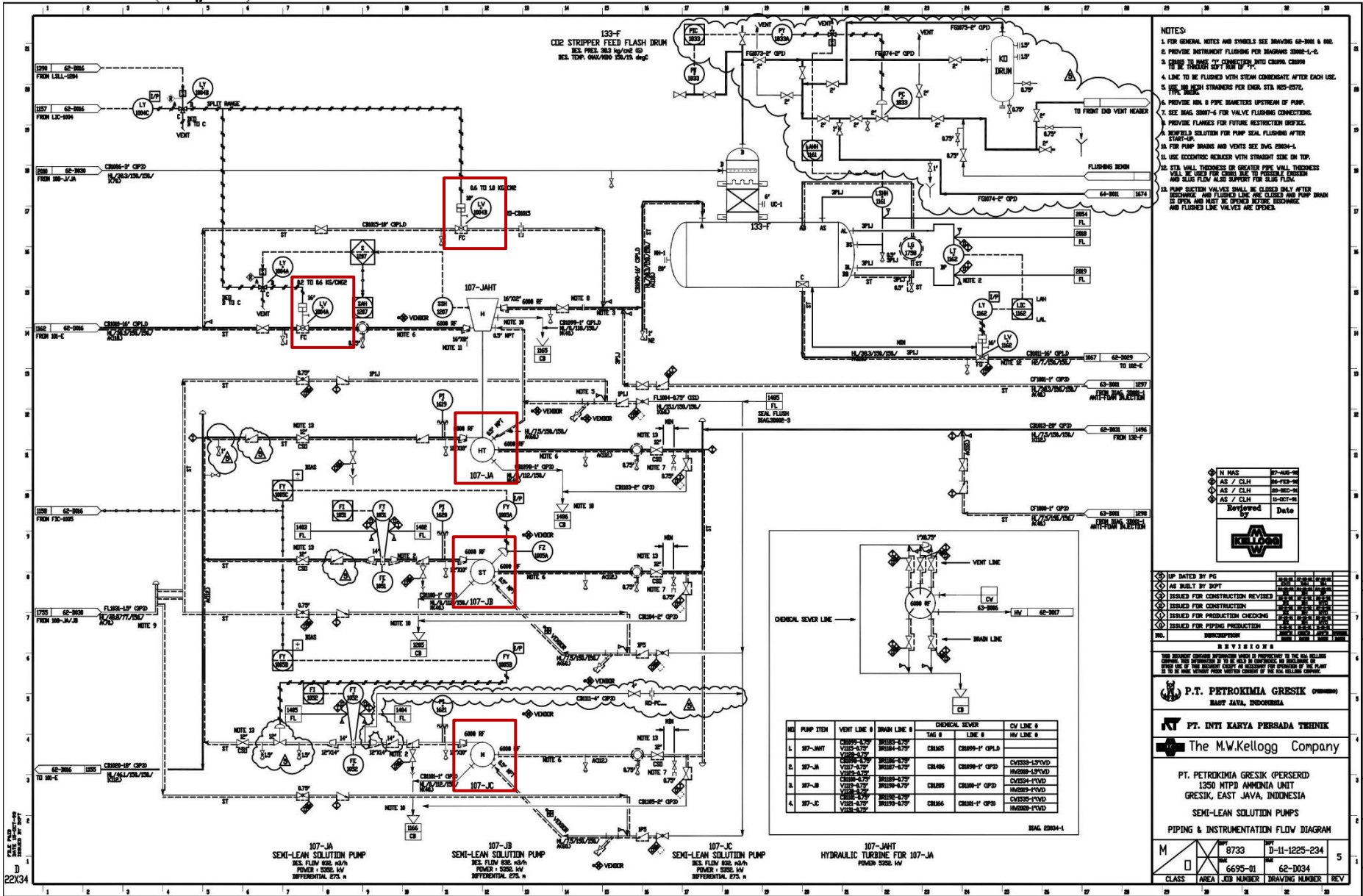
LAMPIRAN C (Lanjutan)

LV 1004	<i>Open</i>	<i>Fail open</i>	Kontrol <i>system</i> gagal tidak ada sinyal kontrol	Tidak ada <i>benfield</i> menuju 133F.	<i>Line by pass valve</i>	3	3	M9	<i>Medium Risk</i>
	<i>Close</i>	<i>Fail close</i>	Kontrol <i>system</i> gagal tidak ada sinyal kontrol	Aliran <i>benfield</i> terlalu besar	<i>Line by pass valve</i>	3	3	M9	<i>Medium Risk</i>
FV 1005	<i>Open</i>	<i>Fail open</i>	Kontrol <i>system</i> gagal tidak ada sinyal kontrol	Tidak ada <i>semilean</i> menuju 101E, penyerapan CO ₂ tidak maksimal	<i>Line by pass valve</i>	2	4	M6	<i>Medium Risk</i>
	<i>Close</i>	<i>Fail close</i>	Kontrol <i>system</i> gagal tidak ada sinyal kontrol	Aliran <i>semilean</i> terlalu besar, CO ₂ <i>slip</i>	<i>Line by pass valve</i>	2	4	M6	<i>Medium Risk</i>
FV 1014	<i>Open</i>	<i>Fail Open</i>	Kontrol <i>system</i> gagal tidak ada sinyal kontrol	Tidak ada aliran <i>lean solution</i> , CO ₂ banyak yang lolos	<i>Valve</i> dioperasikan <i>manual</i>	3	4	M12	<i>Medium Risk</i>
	<i>Close</i>	<i>Fail close</i>	Kontrol <i>system</i> gagal tidak ada sinyal kontrol	Aliran <i>lean solution</i> terlalu besar, merusak pompa 108	<i>Valve</i> dioperasikan <i>manual</i>	3	4	M12	<i>Medium Risk</i>
107 JA Pump	<i>Less</i>	<i>Less Flow</i>	<i>Casing</i> pompa bocor <i>Impeller</i> pompa <i>crack</i> Daya dari 107JAHT kurang <i>Bearing</i> pompa rusak	Performa pompa tidak optimal <i>Flow</i> pada pompa akan turun sehingga performa penyerapan CO ₂ dengan larutan <i>Benfield</i> tidak <i>optimal</i>	FCA1005, FI1051, FI1052	4	3	M12	<i>Medium Risk</i>
107 JB Pump	<i>Less</i>	<i>Less Flow</i>	<i>Steam</i> tidak ada	<i>Flow</i> pada pompa akan turun sehingga performa penyerapan CO ₂ dengan larutan <i>Benfield</i> tidak <i>optimal</i>	FCA1005, FI1051	4	3	M12	<i>Medium Risk</i>
107 JC Pump	<i>Less</i>	<i>Less Flow</i>	Trafo terbakar <i>Motor</i> terbakar	<i>Flow</i> pada pompa akan turun sehingga performa penyerapan CO ₂ dengan larutan <i>Benfield</i> tidak <i>optimal</i>	FCA1005, FI1052	2	3	M6	<i>Medium Risk</i>

LAMPIRAN C (Lanjutan)

108 J Pump	Less	Less Flow	Steam tidak ada	penyerapan CO2 dengan larutan Benfield tidak optimal	FCA1005, FI1051	4	3	M12	Medium Risk
108 JA Pump	Less	Less Flow	Steam tidak ada	penyerapan CO2 dengan larutan Benfield tidak optimal	FCA1005, FI1051	4	3	M12	Medium Risk
TI 1354	High	High Temperature	Back pressure PC1040 terlalu tinggi	Terlalu pekat, terlalu panas untuk suction pompa	Valve dioperasikan manual	3	4	M12	Medium Risk
	Low	Low Temperature	Isolasi pada pompa terbuka	Mengkristal	Valve dioperasikan manual, TAL1354	3	4	M12	Medium Risk

LAMPIRAN D (Lanjutan)

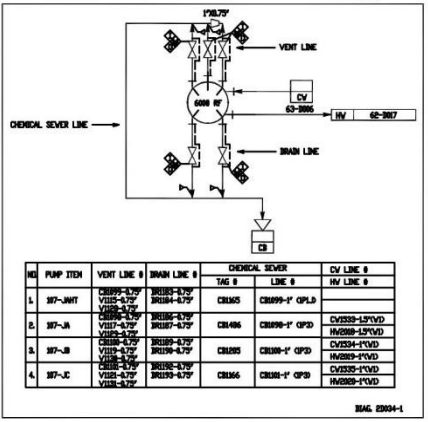


133-F
CO₂ STRIPPER FEED FLASH DRUM
 DES. PRES. 28.5 kg/cm² (G)
 DES. TEMP. 90.0/100.0/25.0/5.0 deg C

- NOTES:**
- FOR GENERAL NOTES AND SYMBOLS SEE DRAWING 62-1004 & 6.
 - PROVIDE INSTRUMENT FLUSHING FOR DRAWING 32002-L-6.
 - CHANG TO WAVE FOR CONNECTIONS WITH CHANGE CHANG TO BE PROVIDED AS PER FIG. 11.
 - LINE TO BE FLUSHED WITH STEAM CONDENSATE AFTER EACH USE.
 - USE 1/2" MESH STRAINERS PER ENGR. STA. 105-2572, TYPE B&C.
 - PROVIDE 1/2" B PIPE DIAMETERS UPSTREAM OF PUMP.
 - SEE TAG. 3007-6 FOR VALVE FLUSHING CONNECTIONS.
 - PROVIDE FLANGES FOR FUTURE RESTRICTION OFFICE.
 - REWORKED SOLUTION FOR PUMP SEAL FLUSHING AFTER START-UP.
 - FOR PUMP BRANS AND VENTS SEE ENGR. STA. 105-2574.
 - USE ECCENTRIC REDUCER WITH STRAIGHT SIDE ON TOP.
 - STK WALL THICKNESS OR GREATER PIPE WALL THICKNESS WILL BE USED FOR CORNERS TO PREVENT EROSION AND SLOW FLOW ALSO SUPPORT FOR SLOW FLOW.
 - PUMP SECTION VALVES SHALL BE CLOSED ONLY AFTER DISCHARGE AND FLUSHED LINE AND CLOSED AND PUMP BRAN IS OPEN AND MUST BE OPENED BEFORE DISCHARGE AND FLUSHED LINE VALVES ARE OPENED.

N	MAN	07-04-02
AS	/ CLH	08-02-02
AS	/ CLH	09-02-02
AS	/ CLH	11-02-02

Reviewed by: Date: _____



NO	PUMP ITEM	VENT LINE 0	BRAN LINE 0	CHEMICAL SEWER TAG 0	LINE 0	CV LINE 0
1.	107-JHT	CRMS-1F-07P	CRMS-1F-07P	CRMS	CRMS-1F-07P	
2.	107-JA	CRMS-1F-07P	CRMS-1F-07P	CRMS	CRMS-1F-07P	CRMS-1F-07P
3.	107-JB	CRMS-1F-07P	CRMS-1F-07P	CRMS	CRMS-1F-07P	CRMS-1F-07P
4.	107-JC	CRMS-1F-07P	CRMS-1F-07P	CRMS	CRMS-1F-07P	CRMS-1F-07P

107-JA
SEMI-LEAN SOLUTION PUMP
 DES. FLOW 855. m³/h
 POWER = 5552. kW
 DIFFERENTIAL, ETC. n

107-JB
SEMI-LEAN SOLUTION PUMP
 DES. FLOW 855. m³/h
 POWER = 5552. kW
 DIFFERENTIAL, ETC. n

107-JC
SEMI-LEAN SOLUTION PUMP
 DES. FLOW 855. m³/h
 POWER = 5552. kW
 DIFFERENTIAL, ETC. n

107-JHT
HYDRAULIC TURBINE FOR 107-JA
 POWER 5552. kW

UP DATED BY PIS	07-04-02
AS BUILT BY DPT	08-02-02
ISSUED FOR CONSTRUCTION REVIEW	08-02-02
ISSUED FOR CONSTRUCTION	08-02-02
ISSUED FOR PRODUCTION CHECKING	08-02-02
ISSUED FOR PIPING PRODUCTION	08-02-02

P.T. PETROKIMIA GRESEK
 BAYU JAYA, INDONESIA

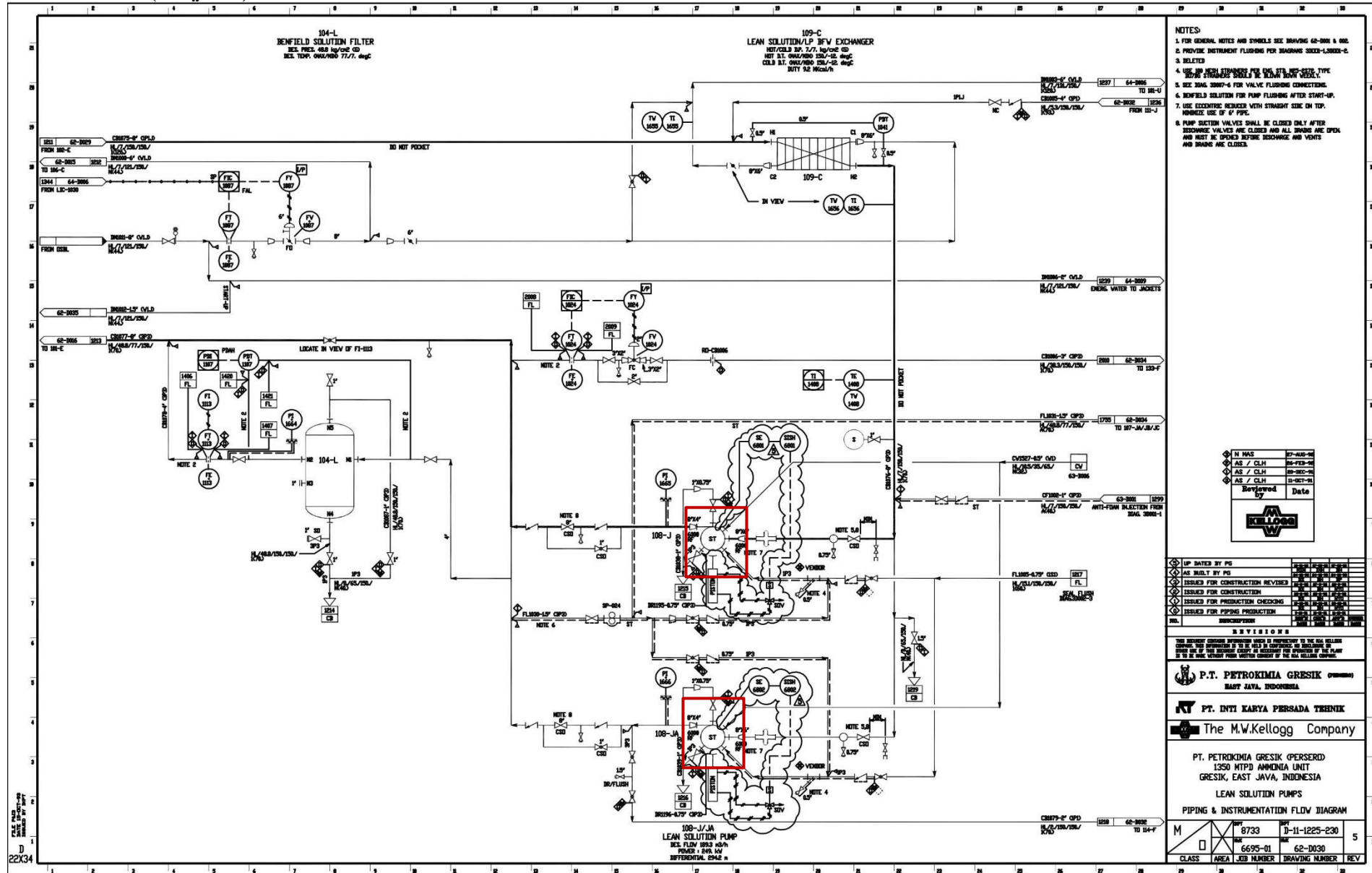
P.T. INTI KARYA PERSADA TEKNIK
The M.W.Kellogg Company

PT. PETROKIMIA GRESEK (PERSERD)
 USDA NTPD ANHENDIA UNIT
 GRESEK, EAST JAVA, INDONESIA
 SEMI-LEAN SOLUTION PUMPS
 PIPING & INSTRUMENTATION FLOW DIAGRAM

M	8733	D-11-1225-234	5
CLASS	6695-01	62-1034	REV

22X34

LAMPIRAN D (Lanjutan)



- NOTES:**
- FOR GENERAL NOTES AND SYMBOLS SEE DRAWING 62-000 & 602.
 - PROVIDE INSTRUMENT FLUSHING PER DRAWING 3000-1-3000-2.
 - RELIEFS
 - USE AN IN-HORN STRAINER FOR THE ST. NOT 3000-1-3000-2 TYPE. IN-HORN STRAINERS SHOULD BE KEPT CLEAN.
 - USE 3000-3000-6 FOR VALVE FLOWING CONNECTIONS.
 - BENFIELD SOLUTION FOR PUMP FLOWING AFTER START-UP.
 - USE EXHAUSTIVE BLENDED WITH STRAIGHT SIDE ON TOP. MINIMIZE USE OF 6" PIPE.
 - PUMP SECTION VALVES SHALL BE CLOSED ONLY AFTER BLENDED VALVES ARE CLOSED AND ALL SPINDS ARE OPEN AND MUST BE OPENED BEFORE BLENDED AND VENTS AND BRANS ARE CLOSED.

N MAS	07-08-08
AS / CLH	08-08-08
AS / CLH	08-08-08
AS / CLH	08-08-08

Reviewed by _____ Date _____

DATE	BY	REVISION
08-08-08	AS	ISSUED FOR PRODUCTION
08-08-08	AS	ISSUED FOR CONSTRUCTION
08-08-08	AS	ISSUED FOR CONSTRUCTION REVISED
08-08-08	AS	AS BUILT BY PG
08-08-08	AS	UP DATED BY PG

REVISIONS

THIS DRAWING CHANGES INFORMATION MUST BE REFERENCED TO THE ORIGINAL DRAWING. THE APPROVED COPY IS TO BE KEPT IN THE OFFICE OF THE PROJECT ENGINEER. THE APPROVED COPY IS TO BE KEPT IN THE OFFICE OF THE PROJECT ENGINEER. THE APPROVED COPY IS TO BE KEPT IN THE OFFICE OF THE PROJECT ENGINEER.

P.T. PETROKIMIA GRESIK
 EAST JAVA, INDONESIA

PT. INTI KARYA PERSADA TEKNIK

The M.W.Kellogg Company

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

LEAN SOLUTION PUMPS
 PIPING & INSTRUMENTATION FLOW DIAGRAM

REV	8733	REV	0-11-1225-230
NO	6695-01	NO	62-0030
CLASS	AREA	JOB NUMBER	DRAWING NUMBER
M			

22X34

LAMPIRAN E

VALIDASI DATA

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

Nama : Atik Sinawang
NRP : 02311745000048
Fakultas/Dept : Teknologi Industri/ S1-Teknik Fisika
Judul Tugas Akhir : *Hazard and Operability Study (HAZOP) dan Penentuan Safety Integrity Level (SIL) dengan Fault Tree Analysis pada Absorber 101E 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

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Nganjuk pada tanggal 09 Oktober 1995 dengan diberi nama Atik Sinawang Wahyuni. Penulis telah menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SDN Sonoageng I pada tahun 2008, pendidikan sekolah menengah pertama di SMPN I Tanjunganom pada tahun 2011, pendidikan sekolah menengah akhir di SMAN 7 Kediri pada tahun 2014. Pada tahun 2017 penulis menyelesaikan pendidikan di D3 Teknik Instrumentasi ITS dan di tahun yang sama penulis terdaftar sebagai mahasiswa program studi S1 Teknik Fisika di Departemen Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Konsentrasi tugas akhir yang dialami adalah bidang rekayasa instrumentasi dan kontrol. Pada bulan Juli 2019 penulis telah menyelesaikan tugas akhir dengan judul “*Hazard And Operability Study (HAZOP) Dan Penentuan Safety Integrity Level (SIL) Dengan Fault Tree Analysis Pada Absorber 101E PT. Petrokimia Gresik*”.

Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, dapat menghubungi penulis melalui email atiksinaawangw@gmail.com.