



TUGAS AKHIR - TF 1415811

***HAZARD AND OPERABILITY STUDY (HAZOP)
DAN EVALUASI SAFETY INSTRUMENTED
SYSTEM BERDASARKAN PERHITUNGAN
RAMS+C PADA OIL TREATING PLANT PT.
SAKA INDONESIA PANGKAH LIMITED***

Muhammad Mujahid Abrori
NRP 0231144000090

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - TF 1415811

***HAZARD AND OPERABILITY STUDY (HAZOP)
AND SAFETY INSTRUMENTED SYSTEM
EVALUATION BASED ON RAMS+C
MEASUREMENT AT OIL TREATING PLANT PT.
SAKA INDONESIA PANGKAH LIMITED***

Muhammad Mujahid Abrori
NRP 0231144000090

Supervisor
Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc

*DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018*

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Mujahid Abrori

NRP : 0231144000090

Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “*HAZARD AND OPERABILITY STUDY (HAZOP) DAN EVALUASI SAFETY INSTRUMENTED SYSTEM BERDASARKAN PERHITUNGAN RAMS+C PADA OIL TREATING PLANT PT. SAKA INDONESIA PANGKAH LIMITED*” adalah bebas plagiasi. Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 27 Juli 2018

Yang membuat pernyataan

Muhammad Mujahid Abrori

Halaman ini sengaja dikosongkan

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**HAZARD AND OPERABILITY STUDY (HAZOP) DAN
EVALUASI SAFETY INSTRUMENTED SYSTEM
BERDASARKAN PERHITUNGAN RAMS+C PADA OIL
TREATING PLANT PT. SAKA INDONESIA PANGKAH
LIMITED**

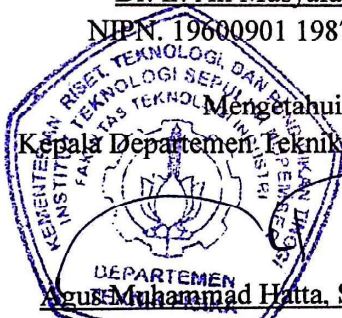
Oleh :
Muhammad Mujahid Abrori
NRP.023144000090

Surabaya, 27 Juli 2018

Menyetujui
Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc

NIPN. 19600901 198701 1 001



Mengetahui
Kepala Departemen Teknik Fisika FTI-ITS

Agus Muhammad Hatta, ST, Msi, Ph.D

NIPN. 19780902 200312 1 002

Halaman ini sengaja dikosongkan

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

*HAZARD AND OPERABILITY STUDY (HAZOP) DAN
EVALUASI SAFETY INSTRUMENTED SYSTEM
BERDASARKAN PERHITUNGAN RAMS+C PADA OIL
TREATING PLANT PT. SAKA INDONESIA PANGKAH
LIMITED*

Diajukan untuk memperoleh salah satu syarat
Memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Bidang Studi Rekayasa Instrumentasi
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Muhammad Mujahid Abrori
NRP 023144000090

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc(Pembimbing I)
2. Dr. Imam Abadi, S.T., M.T.(Penguji I)
3. Dr. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes.(Penguji II)
4. Dr-Ing. Doty Dewi Risanty S.T., M.T(Penguji III)

**SURABAYA
JULI, 2018**

Halaman ini sengaja dikosongkan

**HAZARD AND OPERABILITY STUDY (HAZOP) DAN
EVALUASI SAFETY INSTRUMENTED SYSTEM
BERDASARKAN PERHITUNGAN RAMS+C PADA OIL
TREATING PLANT PT. SAKA INDONESIA PANGKAH
LIMITED**

Nama : Muhammad Mujahid Abrori
NRP : 02311440000090
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc

ABSTRAK

PT. SIPL merupakan salah satu perusahaan produksi minyak dan gas di Indonesia. *Oil treating plant* merupakan serangkaian proses untuk menstabilkan *crude oil* agar sesuai spesifikasi konsumen. Untuk menjaga stabilisasi hasil produksi minyak, maka plant harus memiliki tingkat pengamanan yang baik serta analisis potensi bahaya yang akurat guna menghindari kegagalan operasi. Analisis potensi bahaya dilakukan dengan metode HAZOP. SIS digunakan untuk menerapkan satu atau lebih fungsi keselamatan oleh instrumentasi. Evaluasi SIS dilakukan dengan membandingkan nilai SIL dan LCC aktual dengan hasil rancangan. Hasil penelitian didapatkan bahwa potensi bahaya pada *plant* adalah *high risk* dan *moderate risk*. Nilai SIL dan LCC aktual adalah SIL 0 dan USD 731922,59. Nilai SIL dan LCC rancangan adalah SIL 1 dan USD 559043,13. Terdapat perbedaan hasil antara aktual dan rancangan. Sehingga evaluasi SIS adalah pengurangan nilai *failure rate* dan jumlah instrumen *final element* pada beberapa *loop* pengendalian. Hal ini berdampak adanya peningkatan nilai SIL menjadi SIL 1 dan berkurangnya nilai LCC sebesar USD 172879,46.

Kata Kunci : HAZOP, LCC, *Oil Treating Plant*, SIL, SIS

Halaman ini sengaja dikosongkan

**HAZARD AND OPERABILITY STUDY (HAZOP) AND
SAFETY INSTRUMENTED SYSTEM EVALUATION BASED
ON RAMS+C MEASUREMENT AT OIL TREATING PLANT
PT. SAKA INDONESIA PANGKAH LIMITED**

Name : Muhammad Mujahid Abrori
NRP : 0231144000090
Department : Engineering Physics FTI-ITS
Supervisor : Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc

ABSTRACT

PT. SIPL is one of the oil and gas production companies in Indonesia. Oil treating plant is a series of processes to stabilize crude oil to match the specifications of consumers. To maintain the stabilization of oil production, the plant must have a good level of safety and accurate potential hazard analysis to avoid operational failure. Hazard potential analysis is done by HAZOP method. SIS is used to apply one or more safety functions by instrumentation. SIS evaluation is done by comparing the actual SIL and LCC values with the design result. The results of the research found that the potential hazards in the plant is high risk and moderate risk. The actual SIL and LCC values are SIL 0 and USD 731922,59. SIL and LCC design values are SIL 1 and USD 559043,13. There is a difference between the actual results and the design. So the evaluation of SIS is the reduction of the value of the failure rate and the number of final element instruments in some control loop. This resulted in an increase in SIL value to SIL 1 and reduced LCC value of USD 172879,4.

Keywords : HAZOP, LCC, Oil Treating Plant, SIL, SIS

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, serta shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW, hingga laporan tugas akhir ini terselesaikan. Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Orang tua serta keluarga terimakasih atas segala cinta, kasih sayang, doa, perhatian, serta dukungan moril dan materiil yang telah diberikan.
2. Bapak Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan ilmu, petunjuk, nasihat, serta inspirasi.
3. Bapak Agus Muhamad Hatta, S.T, M.Si, Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Fisika beserta dosen, karyawan dan civitas akademik Teknik Fisika FTI-ITS, terimakasih atas segala bantuan dan kerjasamanya.
4. Bapak Hannan Fathoni selaku pembimbing lapangan dan pihak-pihak yang telah membantu pengambilan data di PT. SIPL.
5. Seluruh Asisten Laboratorium Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol atas segala bantuannya.
6. Seluruh teman-teman angkatan 2014 yang telah menemani selama menempuh perkuliahan di Teknik Fisika.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya.

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

Surabaya, 27 Juli 2018

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR SIMBOL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Lingkup Kerja	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Laporan	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 <i>Oil Treating Plant</i>	5
2.2 HAZOP	8
2.3 <i>Control Chart x-s</i>	10
2.4 <i>Safety Instrumented System</i>	12
2.5 RAMS+C	14
2.6 Teknik Optimisasi	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Pengumpulan Data	22
3.2 Analisis Bahaya Menggunakan Metode HAZOP	22
3.3 Perhitungan SIL dan LCC Aktual	37
3.4 Perancangan SIS	37
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	43

4.1	HAZOP Oil Treating Plant	43
4.2	Nilai SIL dan LCC Aktual	48
4.3	Analisis Hasil Optimisasi SIL dan LCC Rancangan	51
4.4	Pembahasan	55
BAB V PENUTUP		59
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran	59
DAFTAR PUSTAKA		61
LAMPIRAN A PFD DAN P&ID OIL TREATING PLANT		63
LAMPIRAN B CONTROL CHART S		69
LAMPIRAN C DATA MAINTENANCE		75
LAMPIRAN D HAZOP ACTION LIST		81
LAMPIRAN E HAZOP WORKSHEET		83
LAMPIRAN F HASIL WAWANCARA		85
LAMPIRAN G PERCOBAAN OPTIMISASI LCC		87
LAMPIRAN H VALIDASI HASIL OPTIMISASI		89
LAMPIRAN I SKRIP KODINGAN MATLAB		91
BIODATA PENULIS		111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses pengolahan minyak [7]	6
Gambar 2.2 <i>Flowchart</i> HAZOP	9
Gambar 2.3 Bentuk dasar <i>control chart</i> [8]	11
Gambar 2.4 Arsitektur SIF 1001 [11]	13
Gambar 2.5 Arsitektur SIF 1002 [11]	13
Gambar 2.6 Arsitektur SIF 1003 [11]	13
Gambar 2.7 Arsitektur SIF 2002 [11]	14
Gambar 2.8 <i>Flowchart</i> teknik optimisasi <i>genetic algorithm</i> [12]17	17
Gambar 2.9 Mekanisme <i>crossover</i> [13]	18
Gambar 2.10 Mekanisme mutasi [13]	19
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> metodologi penelitian	21
Gambar 3.2 Penentuan <i>node</i> dan <i>loop</i> pengendalian <i>oil treating</i>	23
Gambar 3.3 <i>Control chart x bar</i> LIC 108	27
Gambar 3.4 <i>Control chart x bar</i> ILIC 106	27
Gambar 3.5 <i>Control chart x bar</i> TIC 121	28
Gambar 3.6 <i>Control chart x bar</i> TIC 221	28
Gambar 3.7 <i>Control chart x bar</i> ILIC 170	29
Gambar 3.8 <i>Control chart x bar</i> ILIC 136	29
Gambar 3.9 <i>Control chart x bar</i> LIC 138	30
Gambar 3.10 <i>Control chart x bar</i> LIC 151	30
Gambar 4.1 Optimisasi fungsi objektif	51
Gambar 4.2 Optimisasi PFDavg	52
Gambar 4.3 P&ID <i>oil treating plant rancangan</i>	54

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 HAZOP <i>worksheet</i>	10
Tabel 2.2 <i>Safety integrity level</i> keadaan <i>low demand mode</i>	12
Tabel 3.1 <i>Node oil treating plant</i>	24
Tabel 3.2 <i>Loop pengendalian oil treating plant</i>	24
Tabel 3.3 <i>Standard guideword</i>	26
Tabel 3.4 Korelasi antara parameter dan <i>guidewords</i>	26
Tabel 3.5 <i>Guideword loop pengendalian</i>	31
Tabel 3.6 Nilai <i>likelihood</i>	32
Tabel 3.7 Nilai <i>severity</i>	32
Tabel 3.8 Hasil perhitungan <i>likelihood</i>	33
Tabel 3.9 Estimasi nilai <i>likelihood</i>	34
Tabel 3.10 Estimasi nilai <i>severity</i>	35
Tabel 3.11 Kriteria <i>risk matrix</i>	36
Tabel 3.12 Penentuan <i>risk ranking</i>	36
Tabel 3.13 Data fraksi kegagalan <i>vote</i> [5]	38
Tabel 3.14 Data <i>level transmitter</i> [5]	38
Tabel 3.15 Data <i>temperature transmitter</i> [5]	39
Tabel 3.16 Data <i>final element</i> [5]	40
Tabel 3.17 Data <i>logic solver</i> [5]	40
Tabel 3.18 Data pendukung <i>life cycle cost</i> [5]	41
Tabel 4.1 HAZOP <i>Worksheet HP flash separator</i>	44
Tabel 4.2 HAZOP <i>Worksheet HP flash liquid heater</i>	45
Tabel 4.3 HAZOP <i>Worksheet LP electrostatic treater</i>	47
Tabel 4.4 HAZOP <i>Worksheet atmospheric flash separator</i>	48
Tabel 4.5 Perhitungan SIL aktual	48
Tabel 4.6 Perhitungan LCC aktual	50
Tabel 4.7 Hasil keragaman arsitektur dan teknologi	51
Tabel 4.8 Hasil optimisasi PFDavg dan LCC rancangan	53
Tabel 4.9 <i>Risk ranking plant</i> hasil perancangan	53

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR SIMBOL

$UCL_{\bar{x}}$	= Upper control limit \bar{x} bar
$CL_{\bar{x}}$	= Control limit \bar{x} bar
$LCL_{\bar{x}}$	= Lower control limit \bar{x} bar
UCL_s	= Upper control limit s
CL_s	= Control limit s
LCL_s	= Lower control limit s
$\bar{\bar{x}}$	= Rata-rata dari mean (\bar{x})
\bar{s}	= Rata-rata dari standar deviasi (s)
A_3, B_3, B_4	= Konstanta mengacu <i>tables of constant for control chart</i>
PFD	= <i>Probability Failure on Demand</i>
λ	= <i>Failure Rate (/day)</i>
Ti	= <i>Test Interval (/day)</i>
C_{MooN}	= Fraksi kegagalan <i>vote Moon</i>
λ_{dd}	= Laju kegagalan <i>dangerous detected failures (/hour)</i>
λ_{du}	= Laju kegagalan <i>dangerous undetected failures (/hour)</i>
β_{dd}	= Fraksi kegagalan <i>dangerous detected failures (/hour)</i>
β_{du}	= Fraksi kegagalan <i>dangerous undetected failures (/hour)</i>
Tr	= <i>Repair time (/hour)</i>
LCC	= <i>Life cycle cost (\$)</i>
$C_{proctot}$	= <i>Biaya procurement per tahun (\$)</i>
$C_{risktot}$	= <i>Biaya resiko per tahun (\$)</i>
C_{optot}	= <i>Biaya pengoperasian per tahun (\$)</i>
$C_{designSIS}$	= <i>Biaya desain SIS (\$)</i>
$C_{purchase}$	= <i>Biaya pembelian (\$)</i>
$C_{inst/comm}$	= <i>Biaya instalasi dan pelaksanaan (\$)</i>
N	= <i>Jumlah komponen</i>
C_{pm}	= <i>Biaya preventive maintenance (\$)</i>
C_t	= <i>Biaya functional test (\$)</i>
C_{cm}	= <i>Biaya corrective maintenance (perbaikan) (\$)</i>
M	= <i>Frekuensi maintenance komponen</i>

- λ_t = Laju kegagalan total komponen (/hour)
 C_{SD} = Biaya akibat *spurious shutdown* (\$)
 SD_{time} = Waktu *shutdown plant* (/day)
 SD_{loss} = Biaya kerugian akibat *shutdown plant* (\$)
 λ_{sd} = Laju kegagalan *safe detected failures* (/hour)
 λ_{su} = Laju kegagalan *safe undetected failures* (/hour)
 β_{sd} = Fraksi kegagalan *safe detected failures* (/hour)
 β_{su} = Fraksi kegagalan *safe undetected failures* (/hour)
 C_{ACC} = Biaya akibat kecelakaan (hilangnya aset) (\$)
 $F(ACC|PFD_{avg})$ = Frekuensi kecelakaan tanpa SIS (/year)
 PFD_{avg} = *Probability failure on demand* rata-rata

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permintaan produk minyak dan gas yang tinggi setiap hari mengharuskan pabrik minyak dan gas bekerja dengan efisiensi maksimal. PT. Saka Indonesia Pangkah Limited atau bisa disingkat PT. SIPL merupakan salah satu bisnis unit dari perusahaan gas negara (PGN) yang melakukan kegiatan eksploitasi minyak dan gas. Lingkup operasi mencakup fasilitas pengolahan darat dan anjungan lepas pantai. *Oil treating* merupakan serangkaian proses untuk menstabilkan *crude oil* agar sesuai dengan spesifikasi dari konsumen. Fasilitas yang terdapat pada proses *oil treating* adalah *HP flash separator*, *HP flash liquid heater*, dan *LP electrostatic treater*. Proses tersebut memiliki beberapa kondisi bahaya atau tidak aman yang dapat menimbulkan kecelakaan. Kegagalan proses dapat berpotensi terlepasnya bahan mudah terbakar ke lingkungan. Kegagalan tersebut juga dapat menyebabkan *downtime* untuk pabrik. [1] Faktor-faktor yang dapat menimbulkan bahaya dapat diketahui melalui analisa bahaya menggunakan metode *HAZOP*. Studi *HAZOP* adalah kegiatan audit untuk memastikan potensi bahaya yang mungkin terjadi di pabrik. [2] Untuk mencegah bahaya diperlukan komponen pengendali untuk menjaga setiap variabel proses pada titik operasinya. Untuk melapis fungsi kerja komponen pengendali apabila mengalami kegagalan dalam operasi diperlukan *safety instrumented system* yang dapat melakukan tindakan keselamatan

Safety instrumented system (SIS) adalah sistem instrumentasi yang digunakan untuk menerapkan satu atau lebih fungsi keselamatan oleh instrumentasi. [3] SIS terdiri dari kombinasi sensor, *logic solver*, dan *final element*. Dalam mendesain suatu SIS harus memenuhi tingkat integritas keamanan (SIL) seperti yang

diisyaratkan IEC 61508. Pengaruh arsitektur SIF dan keandalan telah terbukti menjadi metode memperoleh desain yang baik. [4] Arsitektur SIF mengacu pada standar ISA-TR84.00.02-2002. RAMS+C merupakan faktor yang mempengaruhi desain SIS. RAMS+C merupakan singkatan dari *reliability, availability, maintainability, safety, and cost*. RAMS berpengaruh terhadap tingkat kepercayaan *user* terhadap suatu sistem yang diwakili oleh perhitungan PFD_{avg} . Sedangkan C adalah *cost* atau total biaya yang digunakan dalam suatu SIS yang diwakili oleh perhitungan LCC [4]. Hasil perancangan yang terbaik diperoleh dengan melakukan optimisasi pada variabel objektif. Variabel yang dioptimasi antara lain PFD_{avg} dan LCC. Teknik optimisasi yang digunakan adalah genetic algorithm mengacu dari penelitian-penelitian yang berhasil dilakukan. [5] Sehingga dari hasil optimisasi didapatkan hasil yang terbaik pada setiap variabel.

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk menganalisis potensi bahaya menggunakan metode *HAZOP* serta melakukan evaluasi terhadap SIS pada *oil treating plant* PT. SAKA Indonesia Pangkah Limited dengan mempertimbangkan faktor keandalan, keamanan, dan biaya..

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka permasalahan yang didapatkan antara lain :

- a. Bagaimana menganalisis potensi bahaya yang terjadi pada *oil treating plant* PT. Saka Indonesia Pangkah Limited menggunakan metode HAZOP ?
- b. Bagaimana evaluasi *safety instrumented system* pada *oil treating plant* PT. Saka Indonesia Pangkah Limited ?
- c. Bagaimana merancang *safety instrumented system* berdasarkan perhitungan RAMS+C pada *oil treating plant* PT. Saka Indonesia Pangkah Limited ?

1.3 Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang ada didapatkan tujuan yang ingin dicapai antara lain :

- a. Menganalisis potensi bahaya yang terjadi pada *oil treating plant* PT. Saka Indonesia Pangkah Limited menggunakan metode HAZOP.
- b. Mengevaluasi *safety instrumented system* pada *oil treating plant* PT. Saka Indonesia Pangkah Limited
- c. Merancang *safety instrumented system* berdasarkan perhitungan RAMS+C pada *oil treating plant* PT. Saka Indonesia Pangkah Limited.

1.4 Lingkup Kerja

Adapun ruang lingkup yang dikaji sebagai berikut :

- a. *Plant* yang digunakan adalah *oil treating* di PT. Saka Indonesia Pangkah Limited.
- b. Analisis bahaya pada *oil treating plant* menggunakan metode HAZOP.
- c. Perancangan *safety instrumented system* beroperasi pada keadaan *low demand mode*.
- d. Arsitektur SIF mengacu standar ISA-TR84.00.02-2002
- e. Metode teknik optimisasi yang digunakan adalah *genetic algorithm* dengan menggunakan *software matlab*.

1.5 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai bahan pertimbangan bagi PT. Saka Indonesia Pangkah Limited untuk menjalankan sistem *safety* yang lebih baik serta memberikan rekomendasi sehingga kemungkinan adanya bahaya pada *oil treating plant* dapat dikurangi dengan mempertimbangkan faktor kehandalan, keamanan, dan biaya pada instrument yang digunakan.

1.6 Sistematika Laporan

Pada tugas akhir ini memiliki sistematika penulisan laporan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II DASAR TEORI

Bab ini menjelaskan tentang landasan teori yang berkaitan dengan topik tugas akhir yang terdiri dari *oil treating*, HAZOP, *safety instrumented system*, RAMS+C, dan teknik optimisasi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

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

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai hasil pengolahan data tugas akhir berupa analisis bahaya menggunakan metode HAZOP, perhitungan SIL dan LCC aktual, serta perancangan SIS berdasar perhitungan RAMS+C.

BAB V PENUTUP

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

BAB II

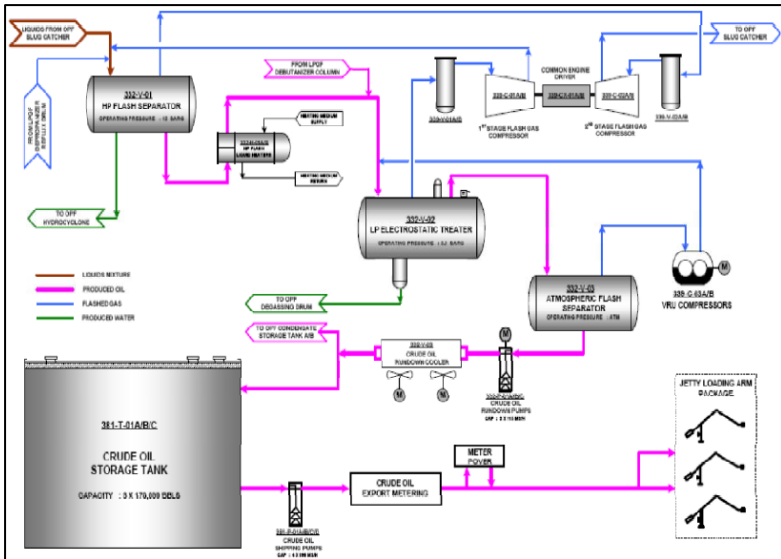
DASAR TEORI

2.1 *Oil Treating Plant*

Saka Energi Pangkah Limited atau PT. Saka Indonesia Pangkah Limited (PT. SIPL) adalah salah satu bisnis unit dari Perusahaan Gas Negara (PGN) yang merupakan operator lapangan minyak dan gas bumi di blok pangkah, yang terletak di perairan ujung pangkah, Gresik, Jawa Timur dengan luas wilayah kerja sekitar 784 km². Kegiatan eksploitasi minyak dan gas telah berlangsung sejak Mei 2007 oleh Amerada HESS (Indonesia-Pangkah) Ltd., dilanjutkan oleh HESS (Indonesia-Pangkah) Ltd. dan sejak tahun 2014 diambil alih oleh Saka Indonesia Pangkah Limited. Saat ini Blok Pangkah menghasilkan produksi minyak dan kondensat sebesar ± 5.000 BOPD, gas sebesar ± 34 MMSCFD, dan LPG ± 1.800 bbl/day sementara kapasitas produksi terpasang untuk minyak adalah 20.000 BOPD dan gas sebesar 115 MMSCFD. Lingkup operasi saka energi pangkah limited mencakup fasilitas pengolahan darat (*Onshore Processing Facility*) dan anjungan lepas pantai WHP A, WHP B, CPP (*Compression Processing Platform*) dan AUP (*Accommodation Utility Platform*). Fasilitas pengolahan darat terdiri dari fasilitas pengolahan gas, minyak dan LPG, jetty dan perpipaan yang berlokasi di kawasan industri maspion dengan luas 30 hektar.

Fasilitas pengolahan minyak atau *oil treating facilities* akan melalui serangkaian proses untuk menstabilkan *crude oil* agar sesuai dengan spesifikasi dari konsumen. [6] Fasilitas ini mampu memproses minyak yang berasal dari slug catcher untuk menghasilkan minyak 20.000 bbls/day melalui serangkaian instrumen proses. Minyak dan air dari *slug catcher* akan dipisahkan pada tekanan 11,7 barg di dalam *high pressure flash separator*, dipanaskan hingga suhu 63 °C di dalam *high pressure flash liquid*

heater dan dicampur dengan gas yang keluar dari *vapour recovery unit* (VRU). Kemudian dipisahkan lagi pada tekanan 3,5 barg di dalam *low pressure flash separator*, dan terakhir dipisahkan pada tekanan atmosferik di dalam *atmospheric flash separator* sebelum disimpan ke dalam tangki penyimpanan.



Gambar 2.1 Proses pengolahan minyak [7]

Instrumen proses yang digunakan dalam pengolahan minyak diantaranya :

a. *HP Flash Separator*

Unit ini didesain untuk memisahkan gas, hidrokarbon cair, dan air yang berasal fase cair, keluaran dari unit *slug catcher* di OPF. *Separator* ini didesain beroperasi pada tekanan tekanan 11,7 barg dan suhu 63 °C. Gas dari *separator* diproses oleh *flash gas compressor*. Minyak dari *separator* dialirkan ke *HP flash liquid heater*, sedangkan air dari *separator* dipompa ke *hydrocyclone separators*.

b. *HP Flash Liquid Heater*

Dua unit penukar panas (*heat exchanger*) digunakan untuk memanaskan cairan yang akan masuk ke *LP flash separator*. Dua unit ini disediakan sebagai cadangan jika terbentuknya *fouling* (kerak) yang dapat mengganggu proses pemanasan. Suhu yang digunakan pada *LP flash separator* dikontrol sedemikian rupa, sehingga fraksi ringan dari *crude oil* memenuhi kriteria minyak untuk dijual pada 0,69 bar.

c. *LP Electrostatic Treater (LP Flash Separator)*

Unit ini didesain untuk memisahkan gas, hidrokarbon cair dan air yang berasal dari uap cair yang keluar dari *HP flash liquid heaters* dan aliran dari *debutanizer column*. *Separator* ini didesain untuk dioperasikan pada 3,4 barg dan suhu 67 °C. Lapisan minyak dari separator dikirim ke *atmospheric flash separator*, sedangkan lapisan air diproses pada *OPF degassing drum*.

d. *Flash Gas Compressor*

Unit ini digunakan untuk memkompres gas dari *HP flash separator* ke *inlet* pada *slug catcher* di *OPF* dan mengkompres gas dari *LP flash separator* untuk kembali ke *HP flash separator*. Pelepasan pada tahap pertama dicampur untuk diolah lebih lanjut pada *HP flash separator*, dimana hasil sampingan tahap kedua akan dicampur juga di *inlet* *OPF* sebelum ke *slug catcher*.

e. *Atmospheric Flash Separator*

Unit *atmospheric flash separator* didesain untuk memisahkan gas dan hidrokarbon cair dari cairan yang berasal dari *LP flash separator*, cairan dari unit *flash gas compressor suction scrubber* tahap pertama, *off-gas* dari *debutaniser reflux drum*, dan cairan dari *jetty sump*. *Separator* ini dioperasikan pada tekanan dan suhu 47 °C. Gas yang berasal dari *separator* dialirkan ke *VRU*, dengan koneksi ke *LP flare header* untuk

kelanjutan proses bila *VRU compressor* tidak bekerja. Minyak yang berasal dari *separator* dipompa oleh *crude oil rundown pump* untuk didinginkan di *rundown cooler* sebelum dialirkan ke *crude oil storage tanks*.

f. *Vapour Recovery Unit*

VRU merupakan tipe kompressor *wet screw* yang didesain untuk menekan gas yang dihasilkan unit *atmospheric flash separator* untuk diproses di *LP flash separator*.

g. *Crude Oil Storage Tanks*

Tiga tangki *floating roof* berkapasitas 170.000 bbl dibangun sebagai bagian dari *oil treating facilities* (OTF). Tangki ini mendapat umpan dari *atmospheric flash separator* melalui *crude oil rundown pumps*. Tangki dilengkapi dengan sistem perpipaan sehingga minyak dari *atmospheric flash separator* dapat dialirkan ke tiga tangki tersebut.

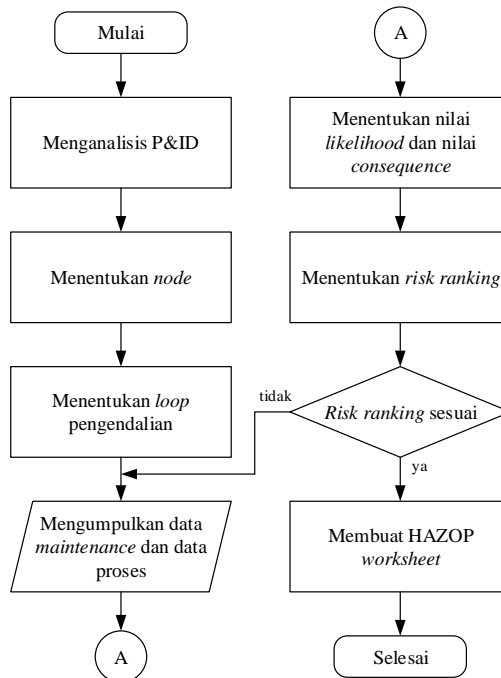
h. *Crude Oil Shipping Pumps and Metering*

Empat unit *crude oil shipping pumps* masing-masing berkapasitas 25% dipasang untuk memompa minyak dari *storage tank* ke dalam tanker di jetty PT. Maspion untuk dijual. Pompa ini didesain untuk mentransfer 2 x 170.000 bbl minyak dari *storage tank* ke tanker. Total waktu untuk overall loading adalah 24 jam.

2.2 HAZOP

Hazard and Operability Study atau biasa disebut HAZOP merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis bahaya (*hazard*) pada suatu sistem. Metode ini menggunakan teknik kualitatif untuk mengidentifikasi potensi bahaya dengan menggunakan *guideword*. [2] HAZOP digunakan untuk mengetahui penyimpangan dari setiap bagian proses dan sebab akibatnya dengan menggunakan *guideword* sebagai titik studi

potensi bahaya. Prosedur HAZOP secara garis besar sebagai berikut.



Gambar 2.2 Flowchart HAZOP

Flowchart HAZOP merupakan urutan langkah menganalisis bahaya. Langkah-langkah yang harus dilakukan secara berurutan diantaranya :

- i. Menganalisis P&ID
Analisis dilakukan untuk mengetahui alur dari sebuah sistem proses yang mencakup jalur pipa, *instrument*, *transmitter*, *valve*, dan lain sebagainya.
- ii. Menentukan *node*
Node ditentukan berdasarkan bagian-bagian proses yang memiliki peluang bahaya.

- iii. Menentukan *loop* pengendalian
Dari masing-masing *node* tersebut, ditentukan jenis *loop* pengendaliannya. Contoh pengendalian *temperatur*, pengendalian *pressure*, dan lain sebagainya.
- iv. Mengumpulkan data *maintenance* dan data proses
Data *maintenance* digunakan untuk menentukan kriteria nilai *likelihood*. Data proses diolah menjadi *control chart \bar{x} -s* yang digunakan untuk mengetahui penyimpangan agar dapat menentukan *guideword* dan deviasi terhadap parameter.
- v. Menentukan nilai *likelihood* dan nilai *severity*
Nilai *likelihood* merupakan intensitas komponen mengalami kegagalan operasi dalam kurun waktu tertentu. dan nilai *severity* merupakan tingkat keparahan pada beberapa aspek yang diakibatkan oleh kegagalan atau bahaya.
- vi. Menentukan *risk ranking*
Kriteria *risk ranking* diperoleh dari hasil perkalian nilai *likelihood* dan nilai *severity*.
- vii. Membuat HAZOP *worksheet*
Hasil analisis bahaya akan terangkum pada HAZOP *worksheet*. HAZOP *worksheet* digunakan untuk mempermudah pembacaan hasil analisis bahaya yang dilakukan. Contoh HAZOP *worksheet* sebagai berikut.

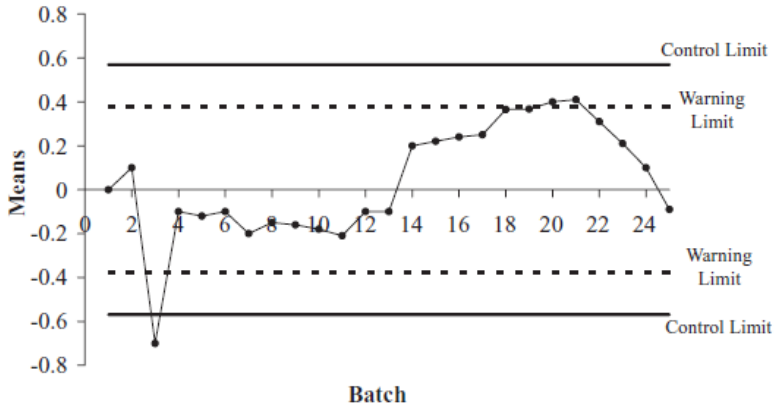
Tabel 2.1 HAZOP *worksheet*

<i>Node</i>	GW	<i>Dev</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequence</i>	<i>Safeguards</i>	L	S	R	<i>Recommend</i>

2.3 Control Chart \bar{x} -s

Control chart merupakan grafik statistik yang digunakan untuk menggambarkan batas kendali dari suatu proses. *Control chart* terdiri dari batas atas (UCL), batas bawah (LCL), dan batas

pusat (CL). Berikut merupakan adalah gambar salah satu contoh *control chart* :



Gambar 2.3 Bentuk dasar *control chart* [8]

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

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

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

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

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

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

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

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

Dalam kaitannya dengan HAZOP, *control chart* digunakan untuk menentukan deviasi yang sesuai. Metode ini dapat mengeliminasi *guidewords* sehingga hanya *guidewords* yang masuk akal yang dianalisis. Meskipun kurang direkomendasikan namun metode ini dapat mempersingkat waktu analisis. [9]

2.4 Safety Instrumented System

Safety Instrumented System (SIS) adalah sistem instrumentasi yang digunakan untuk menerapkan satu atau lebih fungsi keselamatan oleh instrumentasi (SIF) [3] SIS terdiri dari kombinasi sensor, *logic solver*, dan *final element*. SIS berfungsi menginisiasi tindakan keamanan jika terjadi kegagalan operasi. *Safety Integrity Level* (SIL) merupakan tingkat keamanan dari suatu komponen yang terkonfigurasi dengan SIS. Pada penentuannya, SIL terbagi menjadi dua mode permintaan, yaitu *low demand mode operation* dan *high demand mode operation*. *Low demand mode operation* yaitu sistem beroperasi kurang atau sama dengan sekali dalam setahun, secara umum untuk sistem proteksi. *High demand mode operation* yaitu sistem beroperasi lebih dari sekali dalam setahun, secara umum untuk sistem pengendalian. Berikut merupakan tabel SIL keadaan *low demand mode*. [10]

Tabel 2.2 *Safety integrity level* keadaan *low demand mode*

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

Untuk menentukan nilai SIL dari suatu komponen dapat menggunakan nilai *Probability Failure on Demand* (PFD). Nilai SIL dapat dihitung menggunakan data *maintenance* tiap *instrument*. Data *maintenance* ini berguna untuk menentukan nilai

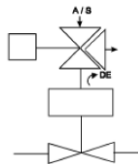
MTTF dan laju kegagalan (λ). Nilai MTTF diperoleh dari rata-rata *time to failure* (TTF). Nilai laju kegagalan diperoleh dari persamaan :

$$\lambda = 1/MTTF \quad (2.7)$$

Setelah mengetahui laju kegagalan, akan dihitung nilai PFD berdasarkan arsitektur SIF. Terdapat 6 tipe arsitektur SIF. [11]

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

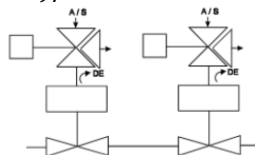
$$PFD_{1oo1} = (\lambda \times Ti)/2 \quad (2.8)$$



Gambar 2.4 Arsitektur SIF 1oo1 [11]

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

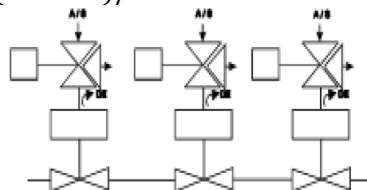
$$PFD_{1oo2} = (\lambda^2 \times Ti^2)/4 \quad (2.9)$$



Gambar 2.5 Arsitektur SIF 1oo2 [11]

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

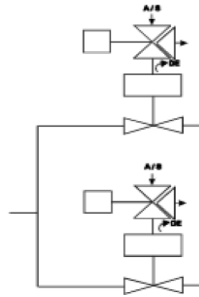
$$PFD_{1oo3} = (\lambda^3 \times Ti^3)/8 \quad (2.10)$$



Gambar 2.6 Arsitektur SIF 1oo3 [11]

4. 2oo2 artinya *two out of two*, terdapat 2 keluaran dari 2 SIF

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



Gambar 2.7 Arsitektur SIF 2oo2 [11]

5. 2oo3 artinya *two out of three*, terdapat 2 keluaran dari 3 SIF

$$PFD_{2oo3} = \lambda^2 \times Ti^2 \quad (2.12)$$
6. 2oo4 artinya *two out of four*, terdapat 2 keluaran dari 4 SIF

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

Nilai PFD dihitung berdasarkan masing-masing komponen. Nilai PFD tersebut dijumlahkan sesuai persamaan :

$$PFD_{avg} = \sum PFD_{sensor} + \sum PFD_{LS} + \sum PFD_{valve} \quad (2.14)$$

Selain pengaruh dari arsitektur, nilai SIL juga ditentukan oleh kombinasi tipe subsistem. Terdapat 2 tipe subsistem yaitu tipe A dan tipe B. Contoh subsistem tipe A yaitu relay, solenoida, dan transmitter konvensional. Contoh subsistem tipe B yaitu komponen yang menggunakan mikroprosesor seperti *smart* transmitter, dan lain sebagainya.

2.5 RAMS+C

RAMS merupakan singkatan dari *reliability*, *availability*, *maintainability*, dan *safety*. *Reliability* atau keandalan adalah kemampuan sistem untuk melakukan fungsi tertentu. *Availability*

atau ketersediaan adalah kemampuan sistem untuk dijaga dalam keadaan berfungsi. *Maintainability* atau kemampuan perawatan sistem ditentukan oleh kemudahan dimana sistem dapat diperbaiki. *Safety* atau keselamatan adalah persyaratan untuk tidak membahayakan orang, lingkungan, atau aset selama siklus hidup sistem. Pengukuran ini bertujuan sebagai tingkat kepercayaan *user* terhadap suatu sistem. [5] Sehingga, jika instrumen kurang dapat dipercaya, maka *user* dapat menolak penggunaan instrumen.

Perhitungan RAMS diwakilkan dengan perhitungan *probability failure on demand* rata-rata (PFD_{avg}). [5] PFD_{avg} merupakan perhitungan dasar untuk menentukan SIL dari suatu sistem. Berikut persamaan perhitungan yang digunakan PFD *dangerous independent failure basic event*.

$$PFD_{avg} = (1 - C_{Moon} \times \beta_{dd}) \times \lambda_{dd} \times T_r + (1 - C_{Moon} \times \beta_{du}) \times \lambda_{du} \times (Ti/2 + T_r) \quad (2.15)$$

Sistem keamanan yang digunakan harus memiliki biaya yang efektif. *Life cycle cost* merupakan perhitungan biaya total dari keseluruhan sistem yang meliputi biaya *design, procurement, operation*, dan *risk*. Berikut merupakan perhitungan *life cycle cost*:

$$LCC = C_{proctot} + C_{optot} + C_{risktot} \quad (2.16)$$

Biaya *procurement* per tahun diperoleh dari persamaan berikut :

$$C_{proctot} = C_{designSIS} + C_{startup,SE} + C_{startup,LS} + C_{startup,FE} \quad (2.17)$$

Dimana :

$$C_{startup} = (C_{purchase} + C_{inst/com}) \times N \quad (2.18)$$

Biaya operasional per tahun diperoleh dari persamaan berikut :

$$C_{optot} = C_{OpSE} + C_{OpLS} + C_{OpFE} \quad (2.19)$$

$$C_{op(SE/LS/FE)} = C_{pmtot} + C_{testtot} + C_{cmtot} \quad (2.20)$$

Dimana :

$$C_{pmtot} = 1/M \times C_{pm} \times N \quad (2.21)$$

$$C_{testtot} = 1/T_i \times C_t \times N \quad (2.22)$$

$$C_{cmtot} = \lambda_{tot} \times C_{cm} \times N \quad (2.23)$$

Biaya risiko per tahun diperoleh dari persamaan berikut :

$$C_{risktot} = C_{STR} + C_{hazard} \quad (2.24)$$

Biaya *spurious trip rate* diperoleh dari biaya produksi yang hilang akibat *spurious shutdown* dengan persamaan berikut :

$$C_{SD} = STR_{avg} \times C_{SD} \quad (2.25)$$

Dimana :

$$C_{SD} = SD_{time} \times SD_{loss} \quad (2.26)$$

$$STR_{avg} = \sum STR_{SE} + \sum STR_{LS} + \sum STR_{FE} \quad (2.27)$$

$$STR = (1 - C_{Moon} \times \beta_{sd}) \times \lambda_{sd} \times T_r + (1 - C_{Moon} \times \beta_{su}) \times \lambda_{su} \quad (2.28)$$

Biaya bahaya mencakup biaya akibat kecelakaan yang didapatkan dari persamaan berikut :

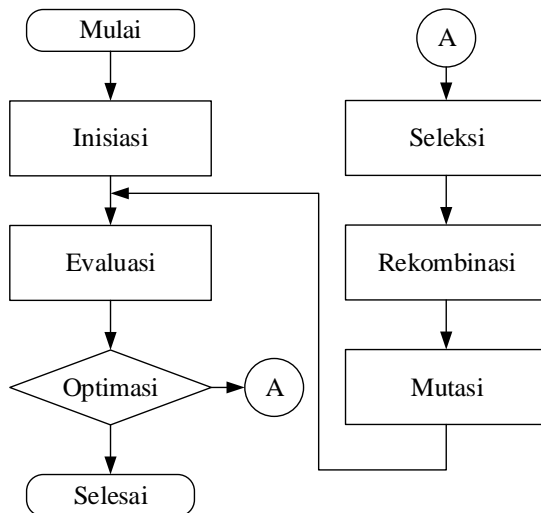
$$C_{hazard} = C_{acc} \times F(ACC|PFD_{avg}) \times PFD_{avg} \quad (2.29)$$

Dimana :

$$PFD_{avg} = \sum PFD_{SE} + \sum PFD_{LS} + \sum PFD_{FE} \quad (2.30)$$

2.6 Teknik Optimisasi

Optimisasi berperan penting untuk memberikan solusi atau hasil terbaik pada suatu rancangan maupun analisis. Optimisasi bertujuan untuk meminimalkan atau memaksimalkan variabel. Teknik optimisasi yang digunakan pada beberapa kasus SIS adalah *genetic algorithm* [5]. Secara umum *genetic algorithm* merupakan teknik pencarian solusi atau perkiraan solusi secara komputasi dengan cara mengkodekan permasalahan menjadi kromosom. *Genetic algorithm* dapat dituliskan dalam berbagai bahasa pemrograman. Namun tahapan logika yang digunakan dalam GA adalah sama. *Flowchart* teknik optimisasi *genetic algorithm* sebagai berikut.



Gambar 2.8 *Flowchart* teknik optimisasi *genetic algorithm* [12]

Tahapan-tahapan *genetic algorithm* yaitu :

i. Inisiasi

Populasi awal dari kandidat solusi dicari secara acak dalam seluruh ruang pencarian. Populasi awal berupa pengkodean

kromosom. Kromosom pada GA merupakan solusi dari satu variabel. Jenis kode adalah biner, yaitu 0 dan 1.

ii. Evaluasi

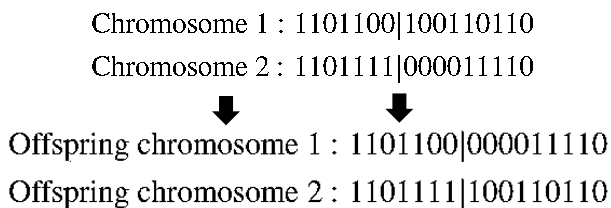
Ketika populasi yang telah diinisiasi atau populasi keturunan terbentuk, nilai *fitness* dari tiap individu dievaluasi. Nilai *fitness* merupakan nilai dari kemampuan solusi untuk bertahan.

iii. Seleksi

Tahap seleksi mengalokasikan lebih banyak salinan dari solusi dengan nilai *fitness* yang lebih tinggi dan memberlakukan mekanisme *survival* dari tiap nilai *fitness* pada tiap kandidat solusi. Gagasan utama dari tahapan seleksi adalah untuk mendapatkan solusi terbaik dari generasi terburuk.

iv. Rekombinasi

Tahap rekombinasi mengkombinasikan dua bagian atau lebih solusi induk untuk membentuk individu baru dengan kemungkinan menjadi solusi yang lebih baik. Biasanya rekombinasi menggunakan mekanisme *crossover*.



Gambar 2.9 Mekanisme *crossover* [13]

Pada gambar 2.9 merupakan mekanisme *crossover* dimana pada kromosom induk dipotong oleh *crossover point* sehingga gen-gen pada tiap kromosom bertukar silang dan menghasilkan anak.

v. Mutasi

Ketika rekombinasi beroperasi terhadap dua atau lebih kromosom, mutasi memodifikasi sebuah solusi. Biasanya melibatkan satu atau lebih perubahan sifat individu.

Original offspring chromosome 1 : 1101100|000011110

Original offspring chromosome 2 : 1101111|100110110



Mutated offspring chromosome 1 : 1101101|000010110

Mutated offspring chromosome 2 : 1001111|100110111

Gambar 2.10 Mekanisme mutasi [13]

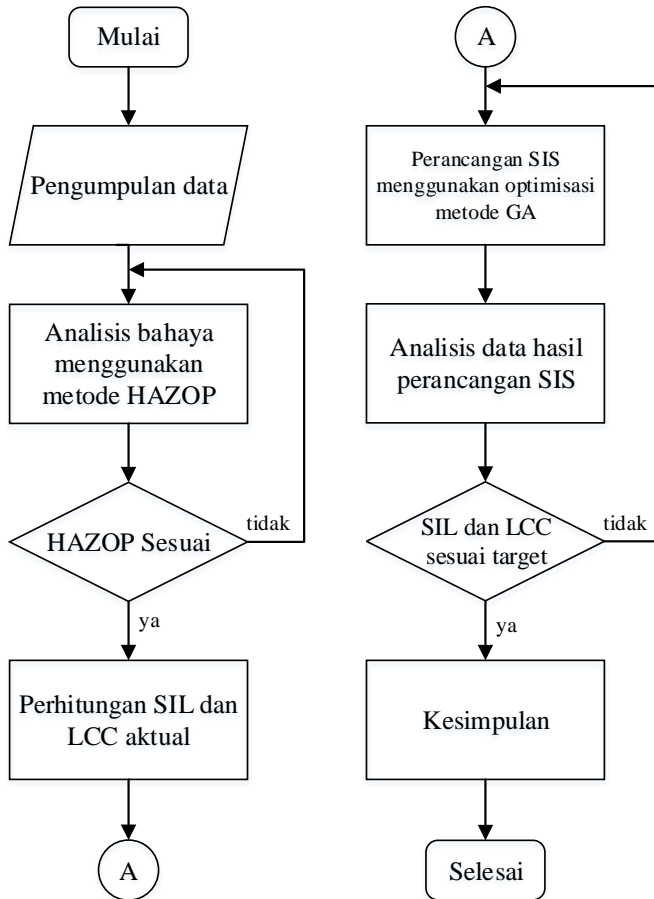
vi. Penggantian

Keturunan hasil dari seleksi, rekombinasi dan mutasi akan menggantikan populasi induk

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

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



Gambar 3.1 *Flowchart* metodologi penelitian

3.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan untuk membuat HAZOP *worksheet* adalah P&ID, data proses, dan data kegagalan untuk menentukan node dan deviasi yang terjadi, serta menentukan nilai *likelihood* dan nilai *severity*.

Data yang digunakan untuk menghitung nilai PFDavg dan LCC aktual merupakan data kegagalan instrumen, total biaya yang digunakan untuk *maintenance* instrumen, dan total perkiraan biaya kerugian apabila instrumen mengalami kegagalan operasi.

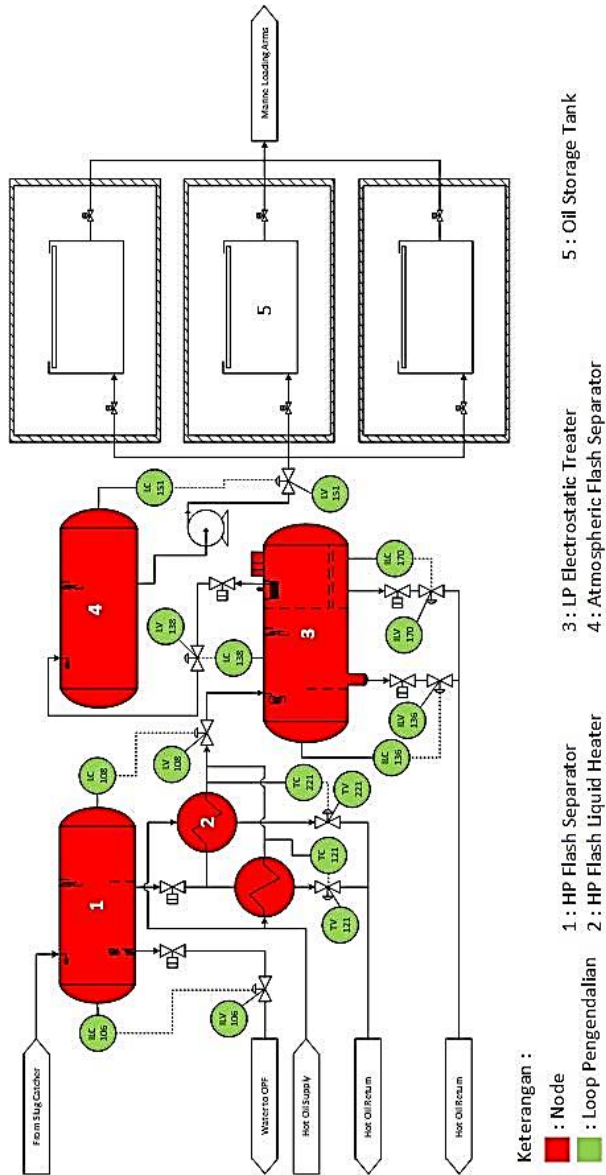
Data nilai PFD yang digunakan sebagai rancangan berasal dari data sekunder yang berupa data laju kegagalan (λ) yaitu λ_{dd} , λ_{du} , λ_{sd} , λ_{su} , dan λ_t , serta fraksi kegagalan (β) yaitu β_{dd} , β_{du} , β_{sd} , dan β_{su} dari *sensing element*, *logic solver*, dan *final control element* pada tiap teknologi. Sedangkan data nilai LCC yang digunakan sebagai rancangan berasal dari data sekunder yang berupa biaya pembelian instrumen, biaya desain dan instalasi/*commissioning* instrumen, biaya *maintenance* instrumen, biaya perbaikan instrumen, biaya *testing* instrumen, dan total biaya akibat terjadinya kegagalan.

3.2 Analisis Bahaya Menggunakan Metode HAZOP

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

3.2.1 Penentuan *Node* dan *Loop* Pengendalian

Penentuan *node* dan *loop* pengendalian dilakukan dengan menganalisis PFD dan P&ID *Oil Treating* dan *Oil Storage Tank* yang merupakan bagian dari *Oil Treating Plant*. Berikut merupakan gambar penentuan *node* dan *loop* pengendalian.



Gambar 3.2 Penentuan node dan loop pengendalian oil treating

Pada penentuan *node* didapatkan 4 *node* yang menjadi proses utama pada *oil treating plant*. *Node* dipilih berdasarkan adanya pengendalian proses yang terjadi pada plant serta adanya *safety instrumented system* pada plant tersebut. 4 *node* tersebut dijelaskan pada tabel sebagai berikut.

Tabel 3.1 *Node oil treating plant*

Node	Deskripsi	Tag
1	<i>HP Flash Separator</i>	332-V-01
2	<i>HP Flash Liquid Heater</i>	332-H-01 A/B
3	<i>LP Electrostatic Treater</i>	332-V-02
4	<i>Atmospheric Flash Separator</i>	332-V-03

Berdasarkan gambar 3.2 yang termasuk kedalam *node* adalah semua proses yang terlibat yakni *HP flash separator*, *HP flash liquid heater*, *LP electrostatic treater*, dan *atmospheric flash separator*. Langkah berikutnya adalah penentuan *loop* pengendalian. Penentuan *loop* pengendalian ini menggunakan P&ID pada masing-masing *node*. Tujuan penentuan *loop* pengendalian adalah untuk mengetahui jenis pengendalian dan SIS yang terpasang pada *plant*.

Berdasarkan gambar 3.2 yang termasuk kedalam *loop* pengendalian dijelaskan pada tabel sebagai berikut.

Tabel 3.2 *Loop pengendalian oil treating plant*

Node	Loop	Loop Pengendalian	Instrument
<i>HP Flash Separator</i>	1	<i>Level 108</i>	LT 108
			LIC 108
			LV 108 A/B
	2	<i>Interface Level 106</i>	ILT 106
			ILC 106
			ILV 106

Tabel 3.2 Lanjutan

<i>Node</i>	Loop	<i>Loop Pengendalian</i>	Instrument
<i>HP Flash Liquid Heater</i>	3	<i>Temperature 121</i>	TT 121
			TIC 121
			TV 121
	4	<i>Temperature 221</i>	TT 221
			TIC 221
			TV 221
<i>LP Electrostatic Treater</i>	5	<i>Interface Level 170</i>	ILT 170
			ILIC 170
			ILV 170
	6	<i>Interface Level 136</i>	ILT 136
			ILIC 136
			ILV 136
	7	<i>Level 138</i>	LT 138
			LIC 138
			LV 138 A/B
<i>Atmospheric Flash Separator</i>	8	<i>Level 151</i>	LT 151
			LIC 151
			LV 151

3.2.2 Penentuan *Guideword*

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

Tabel 3.3 *Standard guideword*

<i>Guidewords</i>	<i>Meaning</i>
<i>None, Empty</i>	Tidak ada tujuan parameter yang tercapai
<i>High</i>	Kenaikan kuantitatif pada parameter
<i>Low</i>	Penurunan kuantitatif pada parameter
<i>Reverse</i>	Terjadi kebalikan dari tujuan parameter
<i>Change in Concentration</i>	Adanya perubahan aktivitas pada parameter

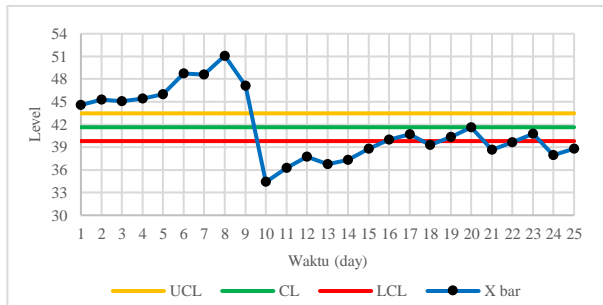
Tabel 3.4 Korelasi antara parameter dan *guidewords*

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

Berdasarkan tabel 3.3 diketahui bahwa terdapat 5 macam *guideword* yang digunakan. *Guideword* menunjukkan adanya perubahan yang terjadi pada parameter. Sedangkan berdasar tabel 3.4 diketahui bahwa terdapat 5 variabel proses yang menjadi parameter.

Penentuan deviasi dengan mengamati adanya poin yang melampaui *upper control limit* ataupun *lower control limit*. Pada *loop level* dan *loop temperature* apabila melampaui *upper limit* maka *guideword* yang digunakan adalah *high*, dan apabila melampaui *lower control limit* maka *guideword* yang digunakan adalah *low*. Sedangkan pada *loop interface level* apabila terjadi deviasi pada *upper* ataupun *lower* maka *guideword* yang digunakan adalah *change in concentration*. Nilai CL, LCL, UCL ditentukan berdasarkan persamaan (2.1-2.3). Adapun hasil plot grafik *control chart x* pada masing-masing *loop* adalah sebagai berikut.

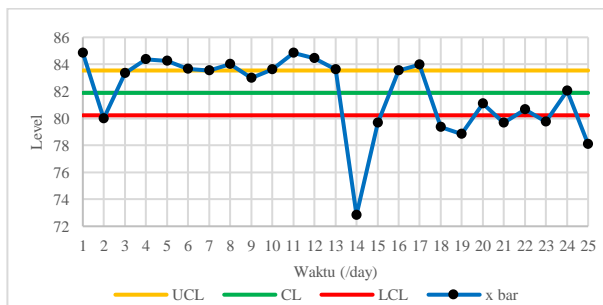
a. *Loop pengendalian level 108, HP Flash Separator*



Gambar 3.3 *Control chart x bar LIC 108*

Berdasarkan gambar 3.3 plot data pada grafik diketahui bahwa nilai CL adalah 41,639, sedangkan untuk nilai UCL dan LCL masing-masing adalah 43,473 dan 39,806. Pada grafik didapatkan beberapa poin melampaui nilai *upper* dan *lower*, sehingga disimpulkan pada *loop level 108* terdapat deviasi **Low** dan **High**.

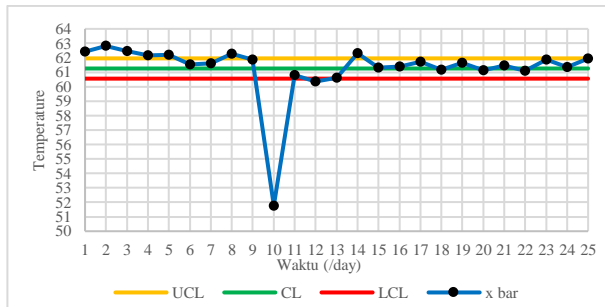
b. *Loop pengendalian level 106, HP Flash Separator*



Gambar 3.4 *Control chart x bar ILIC 106*

Berdasarkan gambar 3.4 plot data pada grafik diketahui bahwa nilai CL adalah 81,882, sedangkan untuk nilai UCL dan LCL masing-masing adalah 83,541 dan 80,223. Pada grafik didapatkan beberapa poin melampaui nilai *upper* dan *lower*, sehingga disimpulkan pada *loop level 106* terdapat deviasi **Change In Concentration**.

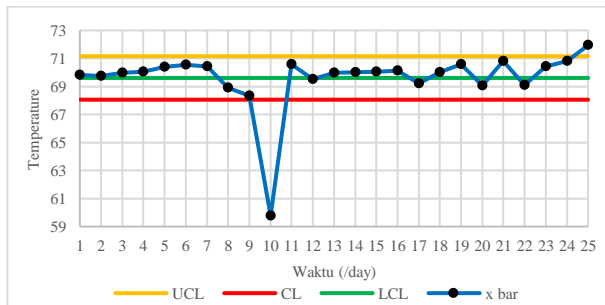
c. *Loop pengendalian temperature 121, HP Flash Liquid Heater*



Gambar 3.5 *Control chart x bar TIC 121*

Berdasarkan gambar 3.5 plot data pada grafik diketahui bahwa nilai CL adalah 61,258, sedangkan untuk nilai UCL dan LCL masing-masing adalah 61,959 dan 60,557. Pada grafik didapatkan beberapa poin melampaui nilai *upper* dan *lower*, sehingga disimpulkan pada *loop temperature 121* terdapat deviasi **Low** dan **High**.

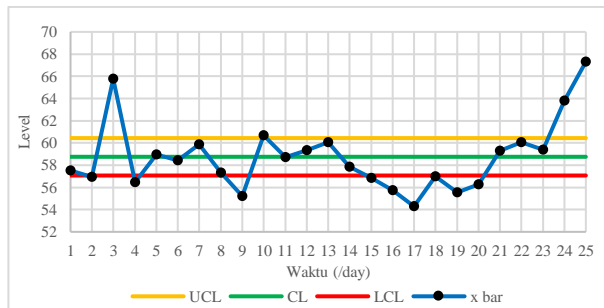
d. *Loop pengendalian temperature 221, HP Flash Liquid Heater*



Gambar 3.6 *Control chart x bar TIC 221*

Berdasarkan gambar 3.6 plot data pada grafik diketahui bahwa nilai CL adalah 69,607, sedangkan untuk nilai UCL dan LCL masing-masing adalah 71,158 dan 68,056. Pada grafik didapatkan beberapa poin melampaui nilai *upper* dan *lower*, sehingga disimpulkan pada *loop temperature 221* terdapat deviasi **Low** dan **High**.

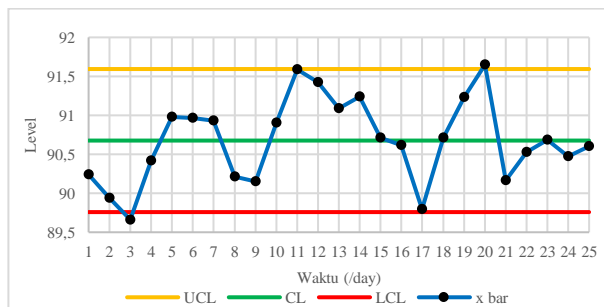
e. *Loop pengendalian level 170, LP Electrostatic Treater*



Gambar 3.7 *Control chart x bar ILIC 170*

Berdasarkan gambar 3.7 plot data pada grafik diketahui bahwa nilai CL adalah 58,755, sedangkan untuk nilai UCL dan LCL masing-masing adalah 60,439 dan 57,072. Pada grafik didapatkan beberapa poin melampaui nilai *upper* dan *lower*, sehingga disimpulkan pada *loop level 170* terdapat deviasi ***Change In Concentration***.

f. *Loop pengendalian level 136, LP Electrostatic Treater*

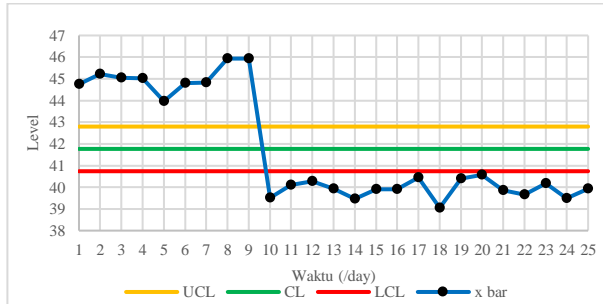


Gambar 3.8 *Control chart x bar ILIC 136*

Berdasarkan gambar 3.8 plot data pada grafik diketahui bahwa nilai CL adalah 90,676, sedangkan untuk nilai UCL dan LCL masing-masing adalah 91,594 dan 89,759. Pada grafik didapatkan poin 20 melampaui nilai *upper* dan poin 3 melampaui nilai *lower*, sehingga

disimpulkan pada *loop level 136* terdapat deviasi **Change In Concentration**.

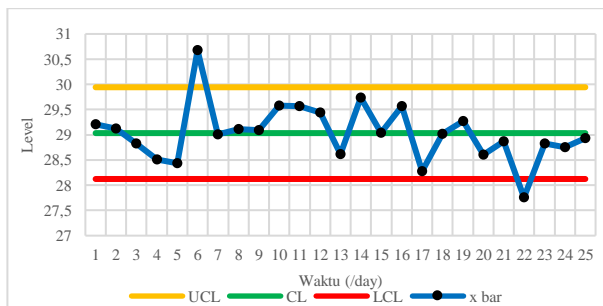
g. *Loop pengendalian level 138, LP Electrostatic Treater*



Gambar 3.9 *Control chart x bar LIC 138*

Dari plot data diketahui bahwa nilai CL adalah 41,769, sedangkan untuk nilai UCL dan LCL masing-masing adalah 42,798 dan 40,739. Pada grafik didapatkan beberapa poin melampaui nilai *upper* dan *lower*, sehingga disimpulkan pada *loop level 138* terdapat deviasi **Low** dan **High**.

h. *Loop pengendalian level 151, Atmospheric Flash Separator*



Gambar 3.10 *Control chart x bar LIC 151*

Dari plot data diketahui bahwa nilai CL adalah 29,033 sedangkan untuk nilai UCL dan LCL masing-masing adalah 29,943 dan

28,12332. Pada grafik didapatkan poin 6 melampaui nilai *upper* dan poin 22 melampaui nilai *lower*, sehingga disimpulkan pada loop level 151 terdapat deviasi **Low** dan **High**. Adapun keakurasian data proses diplot pada grafik *control chart s* yang terdapat pada lampiran B

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

Tabel 3.5 *Guideword loop pengendalian*

<i>Node</i>	<i>Loop</i>	<i>Guideword</i>
<i>HP Flash Separator</i>	<i>Level 108</i>	<i>High Level</i>
		<i>Low Level</i>
	<i>Interface Level 106</i>	<i>Change In Concentration Composition</i>
<i>HP Flash Liquid Heater</i>	<i>Temperature 121</i>	<i>High Temperature</i>
		<i>Low Temperature</i>
	<i>Temperature 221</i>	<i>High Temperature</i>
		<i>Low Temperature</i>
<i>LP Electrostatic Treater</i>	<i>Interface Level 170</i>	<i>Change In Concentration Composition</i>
	<i>Interface Level 136</i>	<i>Change In Concentration Composition</i>
	<i>Level 138</i>	<i>High Level</i>
		<i>Low Level</i>
<i>Atmospheric Flash Separator</i>	<i>Level 151</i>	<i>High Level</i>
		<i>Low Level</i>

3.2.3 Penentuan Nilai *Likelihood* dan Nilai *Severity*

Pada masing-masing *guideword* memiliki nilai *severity* atau tingkat keparahan dan nilai *likelihood* atau peluang terjadinya suatu kegagalan pada *plant* yang berbeda berdasarkan jenis *plant*.

Nilai *severity* dan nilai *likelihood* diperoleh berdasar estimasi terhadap referensi atau standar milik perusahaan. Berdasarkan referensi HAZOP PT. SIPL, didapatkan nilai *likelihood* dan nilai *severity* sebagai berikut.

Tabel 3.6 Nilai *likelihood*

<i>Level</i>	<i>Descriptor</i>	<i>Description</i>	<i>Financial Consequences</i>
A	<i>Rare</i>	Risiko mungkin terjadi hanya dalam keadaan luar biasa	USD 2
B	<i>Unlikely</i>	Risiko dapat terjadi pada suatu waktu	USD 20
C	<i>Possible</i>	Risiko terjadi pada suatu waktu	USD 100
D	<i>Probable</i>	Risiko berpeluang terjadi dalam sebagian besar keadaan	USD 1000
E	<i>Almost Certain</i>	Risiko terjadi dalam sebagian besar keadaan	USD 2000

Tabel 3.7 Nilai *severity*

<i>Level</i>	<i>Decision Issue</i>				<i>Financial Consequences</i>
	<i>People</i>	<i>Asset</i>	<i>Environment</i>	<i>Reputation</i>	
5 <i>Catastrophic</i>	Potensi kematian atau cedera permanen	Kerusakan luas; Kerugian pendapatan jangka panjang	Dampak lingkungan berlangsung beberapa dekade	Mendapat perhatian dari nasional dan dunia	USD 20000
4 <i>Major</i>	Cedera parah; Kecacatan	Kerusakan besar; Kerugian pendapatan jangka pendek	Dampak lingkungan berlangsung bertahun-tahun	Mendapat tanggapan dari regional dan industri	USD 10000
3 <i>Severe</i>	Cedera parah; Kehilangan jam kerja	Kerusakan lokal; Sebagian pendapatan hilang	Dampak lingkungan berlangsung berbulan-bulan	Mendapat tanggapan masyarakat sekitar	USD 3000

Tabel 3.7 Lanjutan

<i>Level</i>	<i>Decision Issue</i>				<i>Financial Consequences</i>
	<i>People</i>	<i>Asset</i>	<i>Environment</i>	<i>Reputation</i>	
2 <i>Minor</i>	Cedera ringan; Pertolongan dokter	Kerusakan kecil; Berdampak kecil terhadap operasi	Dampak lingkungan berlangsung berminggu-minggu	Area fasilitas disiagakan; Komplain komunitas terkait	USD 1000
1 <i>Slight</i>	Cedera ringan; Kasus pertolongan pertama	Kerusakan ringan; Tidak ada kerugian pendapatan	Dampak lingkungan berlangsung berhari-hari	Perhatian kecil oleh komunitas terkait	USD 100

Berdasarkan tabel 3.7 *financial consequences* digunakan untuk mengetahui nilai *Cost Asset* yang nantinya mempengaruhi nilai LCC.

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

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

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

Tabel 3.8 Hasil perhitungan *likelihood*

<i>Instrument</i>	<i>Time Interval</i>	<i>MTTF</i>	<i>Likelihood</i>
LT 108	2463	492,6	5
ILT 106	2996	998,67	3
TT 121	2453	817	3,00244798
TT 221	2384	794,67	3

Tabel 3.8 Lanjutan

<i>Instrument</i>	<i>Time Interval</i>	<i>MTTF</i>	<i>Likelihood</i>
ILT 170	2086	520,75	4,005760922
ILT 136	203	101,5	2
LT 138	2767	922	3,001084599
LT 151	2407	801,33	3,00374376

Tahapan berikutnya adalah mengestimasi nilai *likelihood* hasil perhitungan terhadap nilai *likelihood* standar perusahaan. Estimasi tersebut juga divalidasi dengan wawancara dengan salah satu *engineer* saka indonesia pangkah limited.

Tabel 3.9 Estimasi nilai *likelihood*

<i>Instrument</i>	<i>Likelihood (Hasil Perhitungan)</i>	<i>Estimasi Likelihood</i>
LT 108	5	D
ILT 106	3	C
TT 121	3,00244798	C
TT 221	3	C
ILT 170	4,005760922	D
ILT 136	2	B
LT 138	3,001084599	C
LT 151	3,00374376	C

Berikutnya adalah estimasi nilai *severity* dengan menggunakan referensi HAZOP *action list* yang dimiliki oleh perusahaan yang dilampirkan pada lampiran D. Estimasi menggunakan *implementation level*. *Implementation level* merupakan tingkat kemudahan dalam menerapkan perlakuan pengamanan pada *plant*. Hal ini berarti semakin mudah tingkat implementasi maka *plant* memiliki nilai *severity* yang rendah. Sebaliknya apabila *plant* memiliki tingkat implementasi yang sulit maka nilai *severity* tinggi. Hasil estimasi nilai *severity* dijelaskan pada tabel berikut.

Tabel 3.10 Estimasi nilai severity

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>Action List Implementation Level</i>	<i>Estimasi Severity</i>
LT 108	<i>High Level</i>	<i>Hard</i>	4
	<i>Low Level</i>	<i>Hard</i>	4
ILT 106	<i>Change In Concentration Composition</i>	<i>Medium</i>	3
TT 121	<i>High Temperature</i>	<i>Medium</i>	3
	<i>Low Temperature</i>	<i>Medium</i>	3
TT 221	<i>High Temperature</i>	<i>Medium</i>	3
	<i>Low Temperature</i>	<i>Medium</i>	3
ILT 170	<i>Change In Concentration Composition</i>	<i>Medium</i>	3
ILT 136	<i>Change In Concentration Composition</i>	<i>Medium</i>	3
LT 138	<i>High Level</i>	<i>Hard</i>	4
	<i>Low Level</i>	<i>Hard</i>	4
LT 151	<i>High Level</i>	<i>Hard</i>	4
	<i>Low Level</i>	<i>Hard</i>	4

3.2.4 Penentuan *Risk Ranking*

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

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

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

Tabel 3.11 Kriteria *risk matrix*

Severity	Likelihood				
	A (Rare)	B (Unlikely)	C (Possible)	D (Probable)	E (Almost Certain)
5 (Catastrophic)	M	M	H	H	H
4 (Major)	M	M	M	H	H
3 (Severe)	L	M	M	M	H
2 (Minor)	L	L	M	M	M
1 (Slight)	L	L	L	M	M

Keterangan :

H = High Risk

M = Moderate Risk

L = Low Risk

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

Tabel 3.12 Penentuan *risk ranking*

Instrument	Guideword	Likelihood	Severity	Risk Ranking
LT 108	High Level	D	4	D4
	Low Level	D	4	D4
ILT 106	Change In Concentration Composition	C	3	C3

Tabel 3.12 Lanjutan

<i>Instrument</i>	<i>Guideword</i>	<i>Likelihood</i>	<i>Severity</i>	<i>Risk Ranking</i>
TT 121	<i>High Temperature</i>	C	3	C3
	<i>Low Temperature</i>	C	3	C3
TT 221	<i>High Temperature</i>	C	3	C3
	<i>Low Temperature</i>	C	3	C3
ILT 170	<i>Change In Concentration Composition</i>	D	3	D3
ILT 136	<i>Change In Concentration Composition</i>	B	3	B3
LT 138	<i>High Level</i>	C	4	C4
	<i>Low Level</i>	C	4	C4
LT 151	<i>High Level</i>	C	4	C4
	<i>Low Level</i>	C	4	C4

3.3 Perhitungan SIL dan LCC Aktual

Perhitungan nilai SIL dan LCC digunakan untuk membantu megevaluasi sistem pengamanan pada *plant*. Perhitungan Nilai SIL dan LCC aktual diperoleh dengan perhitungan menggunakan persamaan (2.7 – 2.14). Nilai SIL dapat diketahui dari perhitungan PFDavg. Sedangkan LCC diketahui dari total penjumlahan biaya pembelian, biaya operasional, serta biaya perkiraan risiko.

3.4 Perancangan SIS

Dalam melakukan perancangan hal yang perlu diperhatikan adalah komposisi komponen dan cara untuk mendapatkan hasil rancangan yang paling optimum. Komposisi komponen dipengaruhi oleh konfigurasi SIS dan jenis teknologi yang digunakan.

3.4.1 Data Perancangan SIS

Konfigurasi SIS yang digunakan menggunakan acuan standar ISA-TR84.00.02-2002. Berikut merupakan macam konfigurasi SIS beserta fraksi kegagalannya.

Tabel 3.13 Data fraksi kegagalan *vote* [5]

MooN	Fraksi Kegagalan (C_{MooN})
1oo1	0
1oo2	1
1oo3	0.3
2oo2	0
2oo3	2.4
2oo4	0.75

Perancangan SIS menggunakan data sekunder yang meliputi data *sensing element*, *logic solver*, *final element*, serta biaya yang digunakan pada sistem. Jenis *sensing element* yang digunakan adalah *smart transmitter*, *conventional electronic transmitter*, dan *switch*. Jenis *logic solver* yang digunakan adalah safety PLC. Dan jenis *final element* yang digunakan adalah *air operated*, *hydraulic operated*, dan *motor operated*. Rincian data yang digunakan dijelaskan pada tabel berikut.

Tabel 3.14 Data *level transmitter* [5]

<i>Level/Interface Level Transmitter</i>			
Data	1	2	3
	<i>Smart Transmitter</i>	<i>Conventional Electronic Transmitter</i>	<i>Switch</i>
$\lambda_{dd} (10^{-6}/h)$	0.048	0.97	0.41
$\lambda_{du} (10^{-6}/h)$	0.103	0.97	3.7
$\lambda_{sd} (10^{-6}/h)$	0.265	1.21	0.68
$\lambda_{su} (10^{-6}/h)$	0.118	0.95	6.13

Tabel 3.14 Lanjutan

<i>Level/Interface Level Transmitter</i>			
Data	1	2	3
	<i>Smart Transmitter</i>	<i>Conventional Electronic Transmitter</i>	<i>Switch</i>
$\lambda_t (10^{-6}/h)$	0.534	4.06	10.92
β_{dd}	0.1	0.1	0.1
β_{du}	0.1	0.1	0.1
β_{sd}	0.05	0.1	0.1
β_{su}	0.1	0.1	0.1
SFF (%)	80.7	77.09	66.12
Type	B	A	A
$C_{\text{purchase}} (\$)$	4844	2306	500

Tabel 3.15 Data *temperature transmitter* [5]

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

Tabel 3.16 Data *final element* [5]

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

Tabel 3.17 Data *logic solver* [5]

Logic Solver	
$\lambda_{dd} (10^{-6}/h)$	0,026
$\lambda_{du} (10^{-6}/h)$	0,006
$\lambda_{sd} (10^{-6}/h)$	1,73
$\lambda_{su} (10^{-6}/h)$	1,73
β_{dd}	0,1
β_{du}	0,1
β_{sd}	0,1
β_{su}	0,1
Type	B
SFF (%)	99,83
C _{purchase} (\$)	40000

Tabel 3.18 Data pendukung *life cycle cost* [5]

Data Life Cycle	Unit	Harga
<i>Desain/install/commissioning PLC</i>	\$	10320
<i>Repair PLC</i>	\$/event	8000
<i>Maintenance PLC</i>	\$/event	960
<i>Test PLC</i>	\$/event	240
<i>Design overall instrumentation</i>	\$	3060
<i>Installation/commissioning per instrument</i>	\$	600
<i>Maintenance per instrument</i>	\$/event	240
<i>Test per instrument</i>	\$/event	60
<i>Repair per instrument</i>	\$/event	480
<i>Start up cost</i>	\$	1800
<i>Catastrophic loss</i>	\$	150 x 10 ⁶
<i>Discount rate</i>	-	0.05
<i>Cost Shutdown</i>	\$	1x10 ⁶

3.4.2 Optimisasi Perancangan SIS

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

i. Penentuan Fungsi Tujuan

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

ii. Penentuan Variabel Optimisasi

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

iii. Penentuan *Properties* Optimisasi

Properti yang dibutuhkan dalam optimisasi antara lain:

- a. Jumlah populasi
Populasi menentukan jumlah kromosom yang terlibat dalam proses optimisasi. Jumlah populasi yang digunakan adalah 10
- b. Jumlah variabel yang dioptimisasi
Variabel yang mempengaruhi fungsi tujuan yakni PFDavg, jenis teknologi, dan vote arsitektur, maka jumlah variabel yang dioptimisasi adalah 3
- c. Batas atas dan batas bawah optimisasi
Batas digunakan sebagai jangkauan untuk mengacak nilai variabel optimisasi agar memenuhi fungsi tujuan. Batas atas dan batas bawah sebagai berikut
 - Jenis teknologi : 1 - 3 (Tabel 3.14 – 3.16)
 - Vote arsitektur : 1001 – 2004 (Tabel 3.13)
 - PFDavg : SIL 1 – SIL 4 (Tabel 2.2)
- d. Iterasi
Iterasi menentukan jumlah perputaran proses optimisasi. Pada tugas akhir ini menggunakan variasi iterasi antara 100 sampai 250 untuk mengetahui hasil terbaik.

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 HAZOP Oil Treating Plant

Pengidentifikasi bahaya serta penentuan nilai pada *plant* dapat menggunakan berbagai macam metode, salah satunya yang digunakan pada tugas akhir ini adalah metode HAZOP. Identifikasi bahaya meliputi penentuan *node*, pendefinisian sebab akibat yang ditimbulkan, instrument yang digunakan, penentuan tingkat risiko, dan rekomendasi aksi pengamanan. Pada oil treating memiliki 4 titik *node* meliputi *HP flash separator*, *HP flash Liquid Heater*, *LP Electrostatic Treater*, dan *Atmospheric Flash*. Berikut merupakan evaluasi dan pendefinisian bahaya pada masing-masing instrument yang ada pada *node*. (Data lengkap mengenai HAZOP *Worksheet* terlampir pada lampiran E).

4.1.1. Node HP Flash Separator

Unit ini digunakan untuk memisahkan gas, hidrokarbon cair, dan air yang berasal fase cair hasil keluaran dari unit *Slug Catcher*. Gas dari *separator* diproses oleh *Flash Gas Compressor*. Minyak dari *separator* dialirkan ke *HP Flash Liquid Heater*, sedangkan air dari *separator* dipompa ke *hydrocyclone separators*. Instrument pengendalian *level tag* 108 digunakan untuk menjaga *level* cairan yang berada pada *separator*. Instrument pengendalian *interface level tag* 106 digunakan untuk menjaga *level* masing-masing fase berada pada kondisi operasi.

Pada LT 108 terdapat deviasi berupa *high level*, hal ini bisa disebabkan adanya *valve* yang dibiarkan terbuka atau kerusakan sehingga *valve* yang berguna untuk mengatur *input separator* tidak dapat menutup. Hal ini dapat menyebabkan beban yang berlebih pada *separator* yang berpotensi mengganggu operasi. Sedangkan LT 108 deviasi *low level* dapat disebabkan oleh adanya insiden

water slugging, yang mengakibatkan banyaknya air yang memasuki separator.

Pada ILT 106 terdapat deviasi berupa *change in concentration composition*, hal ini bisa disebabkan adanya perubahan spesifik gravitasi pada ketiga fasa tersebut, hal terburuknya adalah adanya minyak yang tumpah karena tidak terdeteksi oleh instrument pengendalian *interface level*. Berikut merupakan rangkuman analisis HAZOP pada *node HP Flash Separator*.

Tabel 4.1 HAZOP Worksheet HP flash separator

Instrument	Deviation	Causes	Consequence	Safeguard	L	S	RR
LT 108	High Level	Flow valve driven open or bypass left open	High load on the vessel	LV 108 A/B	D	4	D4
	Low Level	Water slugging	Slug of water enters the system and floods		D	4	D4
ILT 106	Change In Concentration Composition	Changes in specific gravity (condensate, oil, and water)	In the worst case, Oil spill offside	ILV 106	C	3	C3

Berdasarkan tabel 4.1 diketahui bahwa instrument LT 108 memiliki *risk ranking* sebesar D4 atau termasuk kategori *high risk*. Sedangkan instrument ILT 106 memiliki *risk ranking* sebesar C3 atau termasuk kategori *moderate risk*.

4.1.2. Node HP flash liquid heater

Unit ini memiliki dua penukar panas (*Heat Exchanger*) yang digunakan untuk memanaskan cairan yang akan masuk ke *LP Electrostatic Treater*. Dua unit ini disediakan sebagai cadangan jika terbentuknya *fouling* (kerak) yang dapat mengganggu proses pemanasan. Oleh karena itu instrument pengendalian *temperature*

tag 121 dan *tag* 221 diperlukan untuk mengatur temperature air pemanas.

Kedua instrument pengendalian memiliki kesamaan sebab akibat yang ditimbulkan apabila terjadi bahaya. Kegagalan pengendalian temperature deviasi *high temperature* dapat disebabkan *valve* rusak yang mengakibatkan banyak *supply* air panas kedalam *heater*, hal ini dapat menyebabkan kondisi *overheat* pada heater yang tentu berbahaya bagi lingkungan dan kerugian operasi. Sedangkan kegagalan pengendalian *temperature* deviasi *low temperature* dapat disebabkan akibat *heater* beroperasi dalam keadaan basah atau *supply* air terlalu dingin, hal ini mengakibatkan bertambahnya beban kerja pada *LP electrostatic treater* karena *output heater* yang dingin atau tidak sesuai spesifikasi operasi. Berikut merupakan rangkuman analisis HAZOP pada node *HP flash liquid heater*.

Tabel 4.2 HAZOP Worksheet *HP flash liquid heater*

<i>Instrument</i>	<i>Dev</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequence</i>	<i>Safeguard</i>	<i>L</i>	<i>S</i>	<i>RR</i>
TT 121	<i>High Temperature</i>	<i>Flow valve driven open or bypass left open</i>	<i>Overheated of the HP flash liquid heater</i>	TV 121	C	3	C3
	<i>Low Temperature</i>	<i>Operating in wet mode</i>	<i>Increase in load on LP electrostatic treater and flash vessel</i>		C	3	C3
TT 221	<i>High Temperature</i>	<i>Flow valve driven open or bypass left open</i>	<i>Overheated of the HP flash liquid heater</i>	TV 221	C	3	C3
	<i>Low Temperature</i>	<i>Operating in wet mode</i>	<i>Increase in load on LP electrostatic treater and flash vessel</i>		C	3	C3

Berdasarkan tabel 4.2 diketahui bahwa instrument TT 121 dan TT 221 keduanya memiliki *risk ranking* sebesar C3 atau termasuk kategori *moderate risk*.

4.1.3. Node LP Electrostatic Treater

Unit ini didesain untuk memisahkan gas, hidrokarbon cair dan air yang berasal dari uap cair yang keluar dari HP *flash liquid heaters* dan aliran dari *debutanizer column*. Unit ini didesain untuk dioperasikan pada 3,4 barg dan suhu 67 °C. Lapisan minyak dari unit ini dikirim ke *Atmospheric Flash Separator*, sedangkan lapisan air diproses pada *OPF Degassing Drum*, dan uap dari unit ini dikirim ke tahap 1 dari *Flash Gas Compressors*.. Terdapat 3 pengendalian didalam unit ini. Instrument pengendalian *level tag* 138 digunakan untuk mengatur besarnya keluaran minyak ke *atmospheric flash separator*. Sedangkan instrument pengendalian *interface level tag* 170 dan *interface level tag* 136 digunakan untuk mengatur besarnya keluaran air ke *OPF degassing drum*.

Kasus kegagalan pada *interface level tag* 170 dan *interface level tag* 136 memiliki penyebab dan akibat yang hampir sama dengan instrument pengendalian *interface level tag* 106 pada HP *flash separator*, yakni disebabkan adanya perubahan gravitasi spesifik pada fasa tersebut, sehingga akibatnya adalah *LP electrostatic treater* tidak dapat membedakan air dan minyak.

Pada LT 138 terdapat deviasi berupa *high level*, hal ini bisa disebabkan adanya tekanan yang besar oleh pompa atau sebab yang lain. Hal ini dapat menyebabkan *level* cairan menjadi terlalu tinggi dari standar operasi yang ditentukan pada *LP electrostatic treater* yang berpotensi mengganggu jalannya operasi. Sedangkan LT 138 deviasi *low level* dapat disebabkan oleh ILV 136 yang dibiarkan terbuka sehingga air banyak keluar dari unit proses. Berikut merupakan rangkuman analisis HAZOP pada node *LP electrostatic treater*.

Tabel 4.3 HAZOP Worksheet LP electrostatic treater

Instrument	Dev	Causes	Consequence	Safeguard	L	S	RR
ILT 170	Change In Concentration Composition	Changes in specific gravity (condensate, oil, and water)	Unable to separate oil and water	ILV 170	D	3	D3
ILT 136	Change In Concentration Composition	Changes in specific gravity (condensate, oil, and water)	Unable to separate oil and water	ILV 136	B	3	B3
LT 138	High Level	High flow from the closed drain pumps	High level in the LP treater	LV 138 A/B	C	4	C4
	Low Level	332ILV136 driven open	Low level in the LP treater		C	4	C4

Berdasarkan tabel 4.3 diketahui bahwa instrument ILT 170 memiliki *risk ranking* sebesar D3, instrument ILT 136 memiliki *risk ranking* sebesar B3, dan instrument LT 138 memiliki *risk ranking* sebesar C4. Ketiganya termasuk kategori *moderate risk*.

4.1.4. Node Atmospheric Flash Separator

Unit *Atmospheric Flash Separator* didesain untuk memisahkan gas dan hidrokarbon cair dari cairan yang berasal dari LP *electrostatic treater*, cairan dari unit *flash gas compressor suction scrubber* tahap pertama, *off-gas* dari *debutaniser reflux drum*, dan cairan dari *jetty sump*. Minyak yang berasal dari *unit ini* dipompa oleh *crude oil rundown pump* untuk didinginkan di *rundown cooler* sebelum dialirkan ke *crude oil storage tanks*. Instrument pengendalian *level tag 151* digunakan mengatur ketinggian cairan pada *separator* dua fasa ini.

Pada LT 151 terdapat deviasi berupa *high level*, hal ini bisa disebabkan oleh LV 138 yang dibiarkan terbuka sehingga banyak

minyak yang masuk ke dalam unit proses, Hal ini dapat menyebabkan *level* cairan menjadi tinggi pada *separator* yang berpotensi mengganggu operasi. Sedangkan LT 151 deviasi *low level* dapat disebabkan oleh LV 138 yang tertutup sehingga tidak ada aliran yang masuk ke dalam *separator*. Berikut merupakan rangkuman analisis HAZOP pada *node atmospheric flash separator*

Tabel 4.4 HAZOP Worksheet atmospheric flash separator

Instrument	Dev	Causes	Consequence	Safeguard	L	S	RR
LT 151	High Level	LV138A driven open	High liquid level in the separator	LV 151	C	4	C4
	Low Level	LV138A closed	Low liquid level in the separator		C	4	C4

Berdasarkan tabel 4.4 diketahui bahwa instrument LT 151 memiliki *risk ranking* sebesar C4 atau termasuk kategori *moderate risk*.

4.2 Nilai SIL dan LCC Aktual

Perhitungan nilai SIL didapatkan dari data maintenance (Lampiran C) yang kemudian dimasukkan kedalam persamaan (2.7-2.14). Perhitungan nilai SIL diwakili oleh perhitungan PFDavg. Berikut merupakan hasil perhitungan PFDavg.

Tabel 4.5 Perhitungan SIL aktual

Instrument	MoON	MTTF	Lambda (λ)	PFD
LT 108	1001	492,6	0,002030045	0,03045067
LV 108A	1002	429,5	0,002328289	0,001219709
LV 108B	1002	434	0,002304147	0,001194546
ILT 106	1001	998,67	0,001001335	0,015020027
ILV 106	1001	86	0,011627907	0,174418605
TT 121	1001	817	0,00122399	0,018359853

Tabel 4.5 Lanjutan

Instrument	MooN	MTTF	Lambda (λ)	PFD
TV 121	1001	213,83	0,004676539	0,07014809
TT 221	1001	794,67	0,001258389	0,018875839
TV 221	1001	203,83	0,004905969	0,073589534
ILT 170	1001	520,75	0,001920307	0,028804609
ILV 170	1001	620,4	0,001611863	0,02417795
ILT 136	1001	101,5	0,009852217	0,147783251
ILV 136	1001	432,2	0,002313744	0,034706155
LT 138	1001	922	0,001084599	0,01626898
LV 138A	1002	693,75	0,001441441	0,00025903
LV 138B	1002	845	0,001183432	0,001131131
LT 151	1001	801,33	0,00124792	0,018718802
LV 151	1001	204,83	0,004882018	0,073230269
8 Unit PLC	1001	-	0,000004992	0,00007488
PFDavg				0,748431929
SIL				SIL 0

Berdasarkan tabel 4.5 hasil perhitungan SIL aktual diatas maka didapatkan *oil treating plant* memiliki nilai PFDavg sebesar 0,748431929. Nilai PFDavg tersebut sesuai tabel tentang kriteria nilai SIL berdasarkan keadaan *low demand mode* maka *plant* memiliki nilai tingkat keamanan sebesar SIL 0. Hal ini berarti *plant* berpotensi mengalami kegagalan kurang dari sekali dalam 10 tahun.

Perhitungan nilai LCC aktual didapatkan dari penjumlahan antara *cost procurement*, *cost operation*, dan *cost risk*. *Cost procurement* didapatkan dari data sekunder dengan cara membandingkan jenis teknologi yang digunakan. *Cost maintenance* diperoleh dari data lapangan. Sedangkan *cost risk* diperoleh berdasarkan total nilai *financial consequence* pada HAZOP *worksheet*. Berikut merupakan tabel perhitungan LCC aktual.

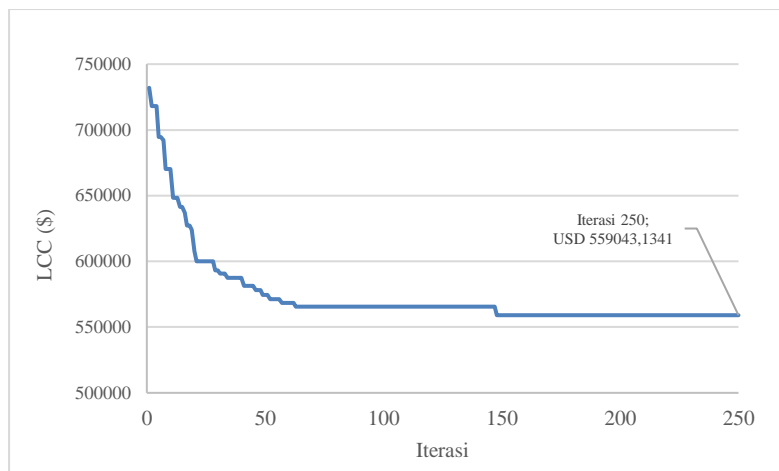
Tabel 4.6 Perhitungan LCC aktual

<i>Instrument</i>	<i>Cost</i>		
	<i>Procurement</i> (\$)	<i>Operation</i> (\$)	<i>Aset</i> (\$)
LT 108	5444	526,75	20000000
LV 108A	7540	763,25	
LV 108B	7540	870,75	
ILT 106	5444	918,05	300000
ILV 106	7540	774	
TT 121	3160	655,76	300000
TV 121	5444	401,69	
TT 221	3160	126,69	300000
TV 221	5444	334,10	
ILT 170	7540	564,77	1000000
ILV 170	7540	6907,36	
ILT 136	5444	128,83	100000
ILV 136	5444	589,69	
LT 138	7540	912,19	3000000
LV 138A	7540	674,12	
LV 138B	5444	534,21	
LT 151	7540	440,75	6000000
LV 151	7540	483,75	
8 Unit PLC	402560	-	-
<i>Total Cost</i> (\$)	516944	16606,71	23360000
<i>Cost Risk</i> (\$)	-	-	198371,88
LCC (\$)	USD 731922,59		

Dari tabel 4.6 diperoleh total biaya pembelian atau *cost procurement* sebesar USD 516944, total biaya operasi sebesar USD 16606,71, dan total biaya kehilangan aset sebesar USD 23360000 yang berasal dari penjumlahan *financial consequences* pada masing-masing *loop*. *Cost risk* didapatkan dengan cara biaya kehilangan aset dikalikan dengan nilai PFDavg. Nilai *cost risk* sebesar USD 198371,88. Sehingga didapatkan nilai LCC aktual pada *plant* adalah sebesar USD 731922,59.

4.3 Analisis Hasil Optimisasi SIL dan LCC Rancangan

Optimisasi dilakukan untuk menentukan nilai PFDavg dan nilai LCC hasil rancangan yang paling minimum. Fungsi objektif yang digunakan adalah *life cycle cost*. Dari optimisasi diperoleh hasil plot grafik sebagai berikut.



Gambar 4.1 Optimisasi fungsi objektif

Dari gambar 4.1 diperoleh hasil LCC minimum sebesar USD 559043,1341. Selain dipengaruhi oleh PFDavg, nilai LCC juga dipengaruhi oleh persebaran jenis teknologi dan arsitektur SIS. Berikut hasil optimisasi variabel yang mempengaruhi nilai LCC:

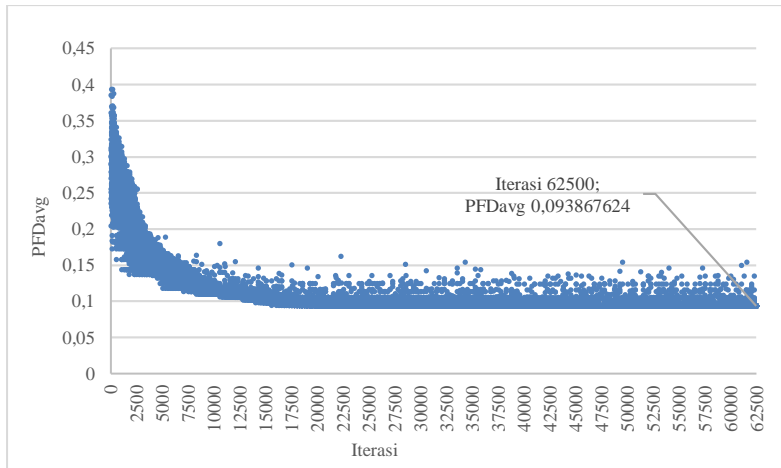
Tabel 4.7 Hasil keragaman arsitektur dan teknologi

Instrument	Moon	Jenis Teknologi		
		1 (/unit)	2 (/unit)	3 (/unit)
LT 108	1001	1	0	0
LV 108	1001	1	0	0
ILT 106	1001	1	0	0
ILV 106	1001	1	0	0
TT 121	1001	1	0	0

Tabel 4.7 Lanjutan

Instrument	MooN	Jenis Teknologi		
		1 (/unit)	2 (/unit)	3 (/unit)
TV 121	1001	1	0	0
TT 221	1001	1	0	0
TV 221	1001	1	0	0
ILT 170	1001	1	0	0
ILV 170	1001	1	0	0
ILT 136	1001	1	0	0
ILV 136	1001	1	0	0
LT 138	1001	1	0	0
LV 138	1001	1	0	0
LT 151	1001	1	0	0
LV 151	1001	1	0	0

Dari tabel 4.7 diketahui bahwa *vote* arsitektur SIS yang paling optimum adalah 1001. Dengan jenis teknologi yang digunakan untuk *transmitter* adalah jenis *smart transmitter* dan jenis teknologi yang digunakan untuk valve adalah jenis *air operated*.



Gambar 4.2 Optimisasi PFDavg

Dari gambar 4.2 mengenai optimisasi PFDavg yang merupakan salah satu variabel yang mempengaruhi fungsi tujuan, diperoleh hasil PFDavg minimum sebesar 0,093867624. Sehingga dapat diketahui nilai PFDavg dan LCC hasil rancangan yang paling minimum sebagai berikut.

Tabel 4.8 Hasil optimisasi PFDavg dan LCC rancangan

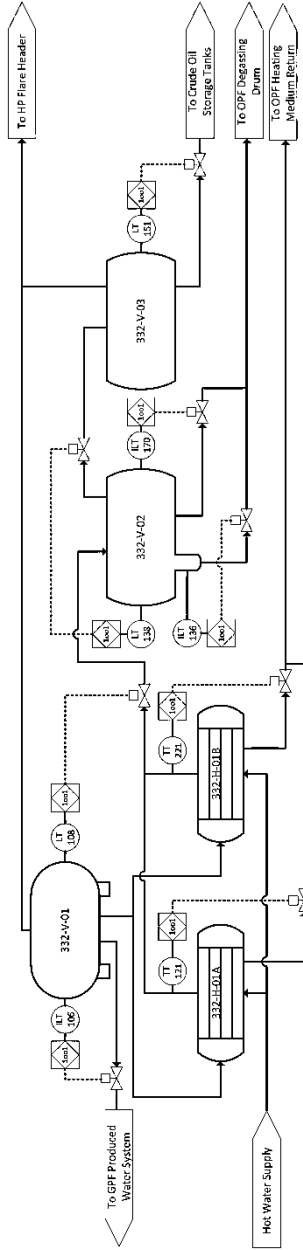
Data	Nilai
PFDavg	0,093867624
SIL	SIL 1
LCC (\$)	USD 559043,1340872

Dari hasil optimisasi diatas maka didapatkan perancangan *oil treating plant* memiliki nilai PFDavg sebesar 0,093867624 sehingga sesuai tabel 2.2 tentang kriteria nilai SIL berdasarkan keadaan *low demand mode* maka plant memiliki nilai SIL 1. Dan didapatkan nilai LCC sebesar USD 559043,1340872. Pada hasil perancangan juga berhasil menurunkan potensi risiko pada *plant*.

Tabel 4.9 *Risk ranking plant* hasil perancangan

<i>Instrument</i>	<i>Likelihood</i>	<i>Severity</i>	<i>Risk Ranking</i>
LT 108	A	4	A4
ILT 106	A	3	A3
TT 121	A	3	A3
TT 221	A	3	A3
ILT 170	A	3	A3
ILT 136	A	3	A3
LT 138	A	4	A4
LT 151	A	4	A4

Dari tabel 4.9 diketahui terjadi penurunan potensi risiko menjadi 37,5% *moderate risk* dan 62,5% *low risk*. Adapun hasil rancangan digambarkan dalam bentuk P&ID *oil treating plant* seperti berikut.



Gambar 4.3 P&ID oil treating plant rancangan

4.4 Pembahasan

Tujuan utama dalam tugas akhir ini yaitu untuk menganalisis potensi bahaya serta mengevaluasi komponen pengamanannya yang terdiri dari *sensing element*, *logic solver*, dan *final element*. Untuk menganalisis potensi bahaya, *oil treating plant* dibagi menjadi 8 *loop* pengendalian yang tersebar dalam 4 *node* proses utama. Dari masing-masing *loop*, data proses direkapitulasi kedalam grafik *control chart*. Hasil *control chart* menunjukkan bahwa disetiap *node* memiliki deviasi terhadap batas kendali yang telah dihitung. Kemudian adalah membuat *risk ranking* dengan cara mngestimasi nilai *likelihood* dan nilai *severity*. Hasil *risk ranking* menunjukkan bahwa *loop* yang memiliki kategori *high risk* adalah pengendalian *level tag 108* pada *HP Flash Separator*. Sedangkan *loop* pengendalian yang lain memiliki kategori *moderate risk* atau dalam persentase sebesar 12,5% *high risk* dan 87,5% *moderate risk*. Hasil *risk ranking* tersebut digunakan untuk mengestimasi biaya kecelakaan yang didapatkan dari nilai *financial consequence*. Pada HAZOP menunjukkan bahwa *plant* potensi bahaya dan kerugian yang cukup besar. Hal ini berarti *plant* membutuhkan sistem keselamatan yang baik.

Setelah mengetahui potensi bahaya pada *plant*, kemudian dilakukan perhitungan data lapangan terkait tingkat keamanan pada *plant*. Perhitungan tingkat keamanan atau SIL diperoleh dari nilai kemungkinan kegagalan (PFDavg). Nilai PFDavg didapatkan dari data kegagalan tiap instrument pada masing-masing *loop* pengendalian yang sudah ditentukan pada HAZOP. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa nilai PFDavg sebesar 0,748431929 atau berarti setara dengan nilai SIL 0 berdasarkan standar yang digunakan. Sedangkan perhitungan LCC diperoleh dari total biaya pembelian, biaya operasi, dan biaya kecelakaan. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa nilai LCC sebesar USD 731922,59.

Langkah berikutnya adalah merancang SIS agar memiliki nilai SIL dan LCC sebagai pembanding perhitungan nilai aktual. Perancangan menggunakan perhitungan RAMS+C. Untuk mendapatkan hasil terbaik, maka perancangan dilakukan dengan cara optimisasi fungsi objektif yakni nilai LCC. Optimisasi menggunakan metode *genetic algorithm*. Dari hasil perancangan didapatkan bahwa arsitektur SIS yang digunakan untuk seluruh *sensing element* dan *final control element* adalah 1001 dengan menggunakan jenis teknologi tipe B. Besar nilai PFDavg hasil rancangan adalah 0,093867624 atau berarti setara dengan nilai SIL 1 berdasarkan standar yang digunakan. Besar nilai LCC hasil rancangan adalah USD 559043,1340872. Perancangan juga dapat mengurangi potensi bahaya menjadi 37,5% *moderate risk* dan 62,5% *low risk*.

Dari hasil kedua perhitungan yakni aktual dan rancangan didapatkan perbedaan nilai SIL dan LCC. Perhitungan hasil rancangan memiliki nilai SIL yang lebih tinggi dan nilai LCC yang lebih rendah. Hal ini dipengaruhi oleh arsitektur SIS yang berbeda yang mempengaruhi biaya pembelian, intensitas kegagalan instrumen yang tinggi, dan estimasi biaya kecelakaan yang kurang akurat karena belum mempertimbangkan kondisi apabila plant shutdown secara tiba-tiba. Terlepas dari itu, sistem keamanan pada plant masih belum begitu efisien. Evaluasi perlu dilakukan guna memperbaiki tingkat keamanan plant dengan mempertimbangkan penggunaan biaya. Antara lain langkah yang dapat dilakukan untuk meningkatkan nilai SIL adalah mengurangi nilai *failure rate* dengan cara perawatan instrumen dilakukan secara lebih rutin. Dan upaya untuk meminimalisir biaya adalah dengan mengurangi jumlah instrumen *final element* pada *loop* pengendalian *level tag* 108 dan *loop* pengendalian *level tag* 138 sehingga menyebabkan perubahan *vote* arsitektur yang semula 1002 menjadi 1001. Sehingga hal ini berdampak adanya peningkatan nilai SIL menjadi

SIL 1 dan berkurangnya nilai LCC sebesar USD 172879,46 serta dapat mengurangi potensi bahaya yang terjadi pada *oil treating plant*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan pada tugas akhir kali ini sebagai berikut :

- a. Persentase potensi bahaya yang ada pada *oil treating plant* adalah 12,5% *high risk* dan 87,5% *moderate risk*. Nilai SIL aktual adalah SIL 0 dan nilai LCC aktual adalah USD 731922,59.
- b. Nilai SIL rancangan adalah SIL 1 dan nilai LCC rancangan adalah USD 559043,1340872. Perancangan SIS menghasilkan vote arsitektur 1001 dan teknologi tipe B untuk keseluruhan instrument serta mengurangi persentase potensi bahaya yang ada pada *oil treating plant* menjadi 37,5% *moderate risk* dan 62,5% *low risk*
- c. Evaluasi SIS pada *oil treating plant* adalah pengurangan nilai *failure rate* dan pengurangan jumlah instrumen *final element* pada *loop* pengendalian *level tag* 108 dan *loop* pengendalian *level tag* 138 sehingga terjadi perubahan *vote* arsitektur yang semula 1002 menjadi 1001. Hal ini berdampak adanya peningkatan nilai SIL menjadi SIL 1 dan berkurangnya nilai LCC sebesar USD 172879,46.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya antara lain :

- a. Evaluasi dilakukan dari aspek *reliability* untuk merekomendasi jadwal perawatan komponen.
- b. Perancangan dilakukan pada keadaan *high demand mode* agar memiliki tingkat pengamanan yang lebih tinggi.

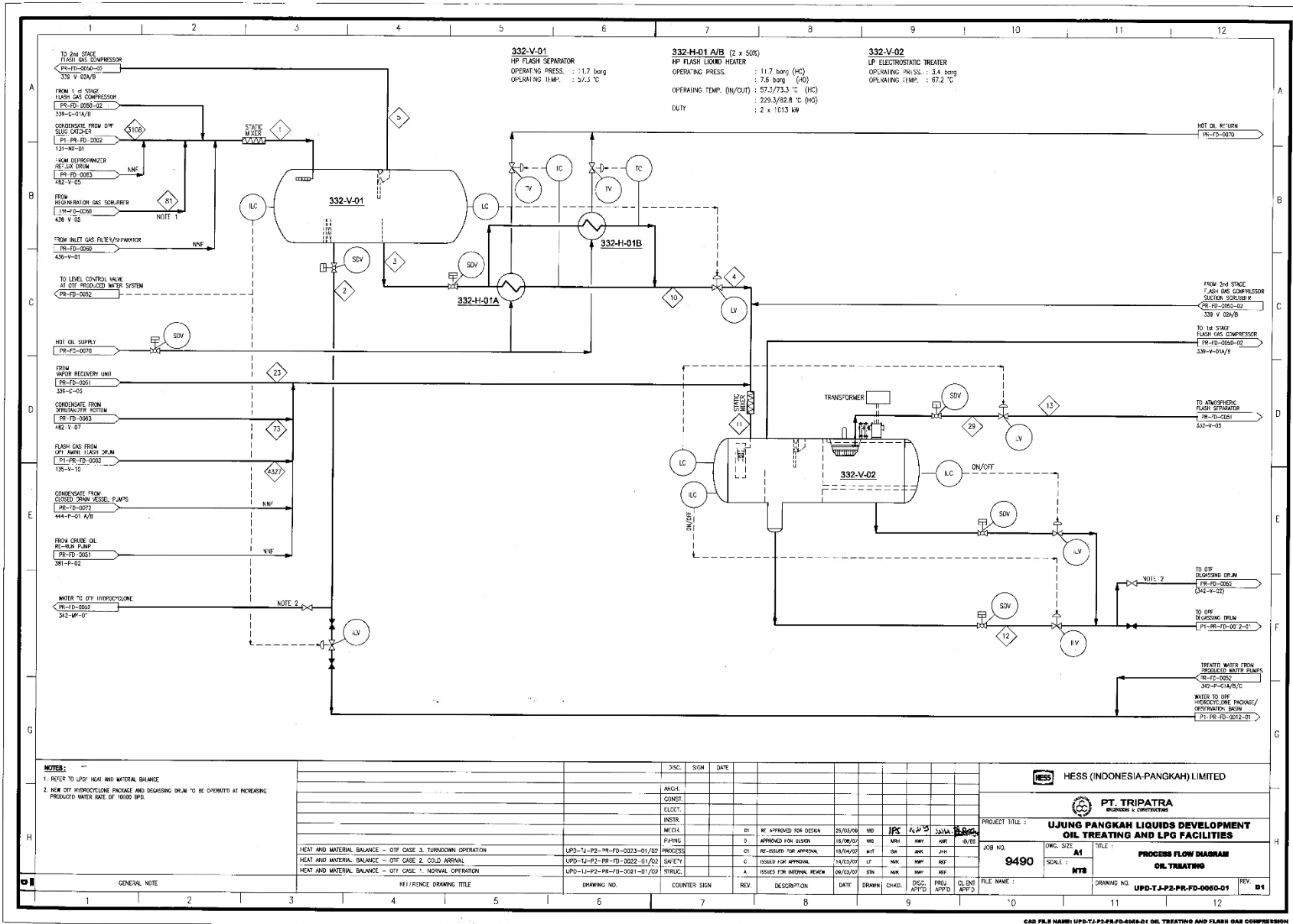
Halaman ini sengaja dikosongkan

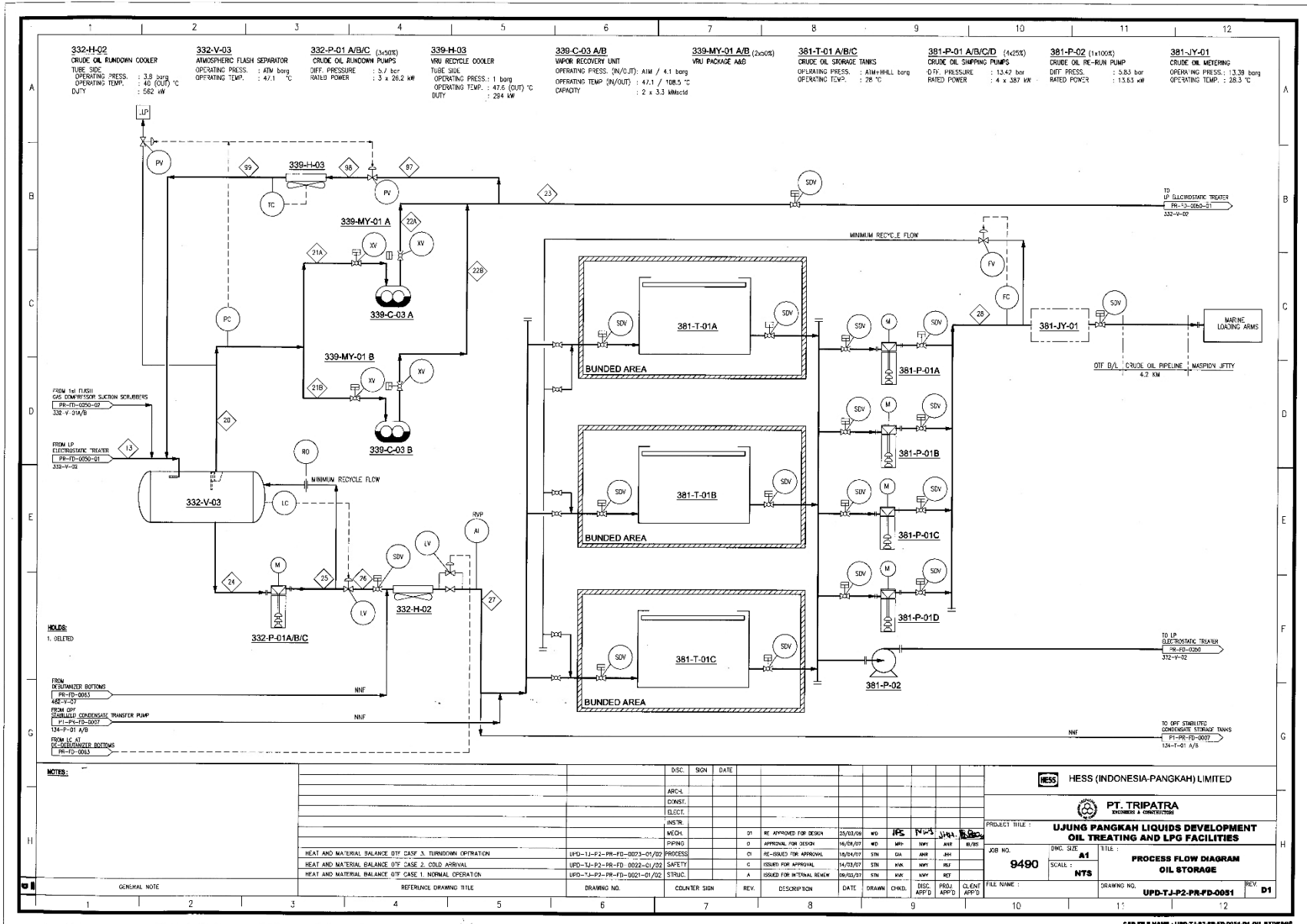
DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Vileiniskis, R. Remenye-Prescott, D. Rama and J. Andrews, "Fault detection and diagnostics of a three-phase separator," *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, pp. 215-230, 2016.
- [2] A. Musyafa, R. Kresna, H. Cordova and R. D. Noriyati, "HAZOP Study and Risk Assessment in Three-Phase Separator Oil and Gas Exploration Farm - East Java, Indonesia," *Advances in Natural and Applied Sciences*, vol. 11, no. 3, pp. 77-85, 2017.
- [3] I. E. C. IEC 61511 Functional safety - safety instrumented systems for the process industry sector Parts 1-3, Switzerland, 2003.
- [4] A. C. Torres-Echeverria, "Modelling and Optimization of Safety Instrumented Systems Based on Dependability and Cost Measures," Department of Automatic Control and Systems Engineering, The University of Sheffield, 2009.
- [5] A. C. Torres-Echeverria, S. Martorell and H. A. Thompson, "Design optimization of a safety instrumented system based on RAMS+C addressing IEC 61508 requirements and diverse redundancy," *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 94, pp. 162-179, 2009.
- [6] H. Devold, An introduction oil and gas production, transport, refining and petrochemical industry, Oslo: ABB Oil and Gas, 2013.
- [7] ITS, "Energy Efficiency Audit Report," PGN Saka Indonesia Pangkah Limited, Gresik, 2017.
- [8] M. H. Omar, "Statistical Process Control Charts for Measuring and Monitoring Temporal Consistency of

- Ratings," *Journal of Educational Measurement*, vol. 47, no. 1, pp. 18-35, 2010.
- [9] N. Hyatt, *Guidelines for Process Hazards Analysis, Hazards Identification & Risk Analysis*, Boca Aton, London, New York, Washington D.C: CRC Press, 2003.
- [10] I. E. C. IEC 61508 Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety related system Parts 1-7, Switzerland, 1998-2005.
- [11] ISA, "Safety Instrumented Function (SIF)-Safety Integrity Level (SIL) Evaluation Techniques Part 2 : Determining the SIL of a SIF via simplified equations," in *ANSI/ISA TR.84.00.02-2002-part 2*, NC, Research Triangle Park, 2002.
- [12] Ce'sar, "Multi-objective optimization of steam power plants for sustainable," *Clean Techn Environ Policy*, pp. 551-566, 2013.
- [13] R. Lowen and A. Verschoren, *Foundations of Generic Optimization*, Belgium: Springer, 2008.

LAMPIRAN A PFD DAN P&ID OIL TREATING PLANT





332-H-02 CRUDE OIL RINDOWN COOLER TUBE SIDE OPERATING PRESS. : 3.9 barg OPERATING TEMP. : 40 (OUT) °C DUTY : 562 kW	332-V-03 ATMOSPHERIC FLASH SEPARATOR OPERATING PRESS. : ATM barg OPERATING TEMP. : 47.1 °C	332-P-01 A/B/C (1+2+3) CRUDE OIL RINDOWN PUMPS DIFF. PRESSURE : 0.7 bar RAISED POWER : 3 x 26.2 kW	339-H-03 VWV RECYCLE COOLER TUBE SIDE OPERATING PRESS. : 1 barg OPERATING TEMP. : 47.6 (OUT) °C DUTY : 254 kW	339-C-03 A/B VAPOR RECOVERY UNIT OPERATING PRESS. (IN/OUT): ATM / 4.1 barg OPERATING TEMP. (IN/OUT) : 41.1 / 108.5 °C CAPACITY : 2 x 5.3 MMcfd	339-MY-01 A/B (2x50%) VWV PACKAGE AAG	381-T-01 A/B/C CRUDE OIL STORAGE TANKS OPERATING PRESS. : ATM+HLL barg OPERATING TEMP. : 28 °C	381-P-01 A/B/C/D (1+2+3+4) CRUDE OIL SHIPPING PUMPS DIFF. PRESSURE : 13.42 bar RAISED POWER : 4 x 387 kW	381-P-02 (1+100%) CRUDE OIL RE-RUN PUMP DIFF. PRESS. : 5.83 barg RAISED POWER : 13.63 kW	381-JY-01 CRUDE OIL METERING OPERATING PRESS. : 13.38 barg OPERATING TEMP. : 28.3 °C
---	--	--	---	---	---	--	--	--	--

NOTES:
1. DELETED

FROM 1st FLUSH GAS EXHAUSTION SECTION SCRUBBERS
PR-FD-0043
332-Y-01A/B

FROM LP ELECTROSTATIC TREATER
PR-FD-0050-01
332-Y-02

FROM DISTILLER BOTTOMS
PR-FD-0063
482-Y-037

FROM OFF-STABILIZED CONDENSATE TRANSFER PUMP
PI-FD-0007

FROM LC AT RE-SEPARATOR BOTTOMS
PR-FD-0063

DISC.	SN	DATE	BY	CHKD.	APP'D.	REV.
ARC-H						
CONSTR.						
ELECT.						
INSTR.						
MECH.						
PIPING						
HEAT AND MATERIAL BALANCE OIT CASE 3, TURNDOWN OPERATION	UPD-TJ-P2-PR-FD-0023-01/02	PROCESS				
HEAT AND MATERIAL BALANCE OIT CASE 2, COLD ARRIVAL	UPD-TJ-P2-PR-FD-0022-01/02	SAFETY				
HEAT AND MATERIAL BALANCE OIT CASE 1, NORMAL OPERATION	UPD-TJ-P2-PR-FD-0021-01/02	STRUC.				
GENERAL NOTE	REFERENCE DRAWING TITLE	DRAWING NO.	COUNTER SIGN.	REV.	DISCUSSION	DATE

HESS HESS (INDONESIA-PANGKAH) LIMITED

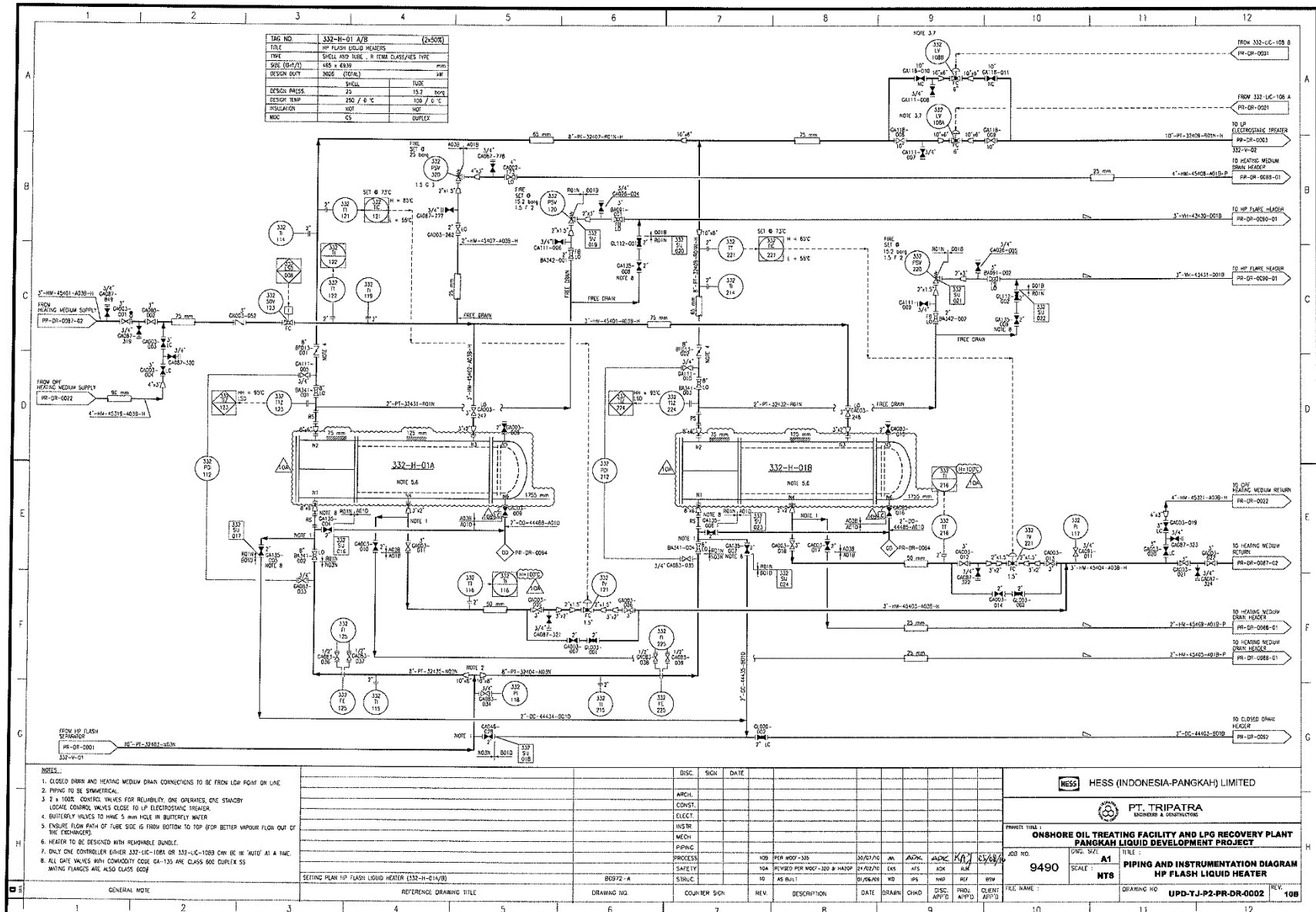
PT. TRIPATRA
ENGINEERS & CONSTRUCTORS

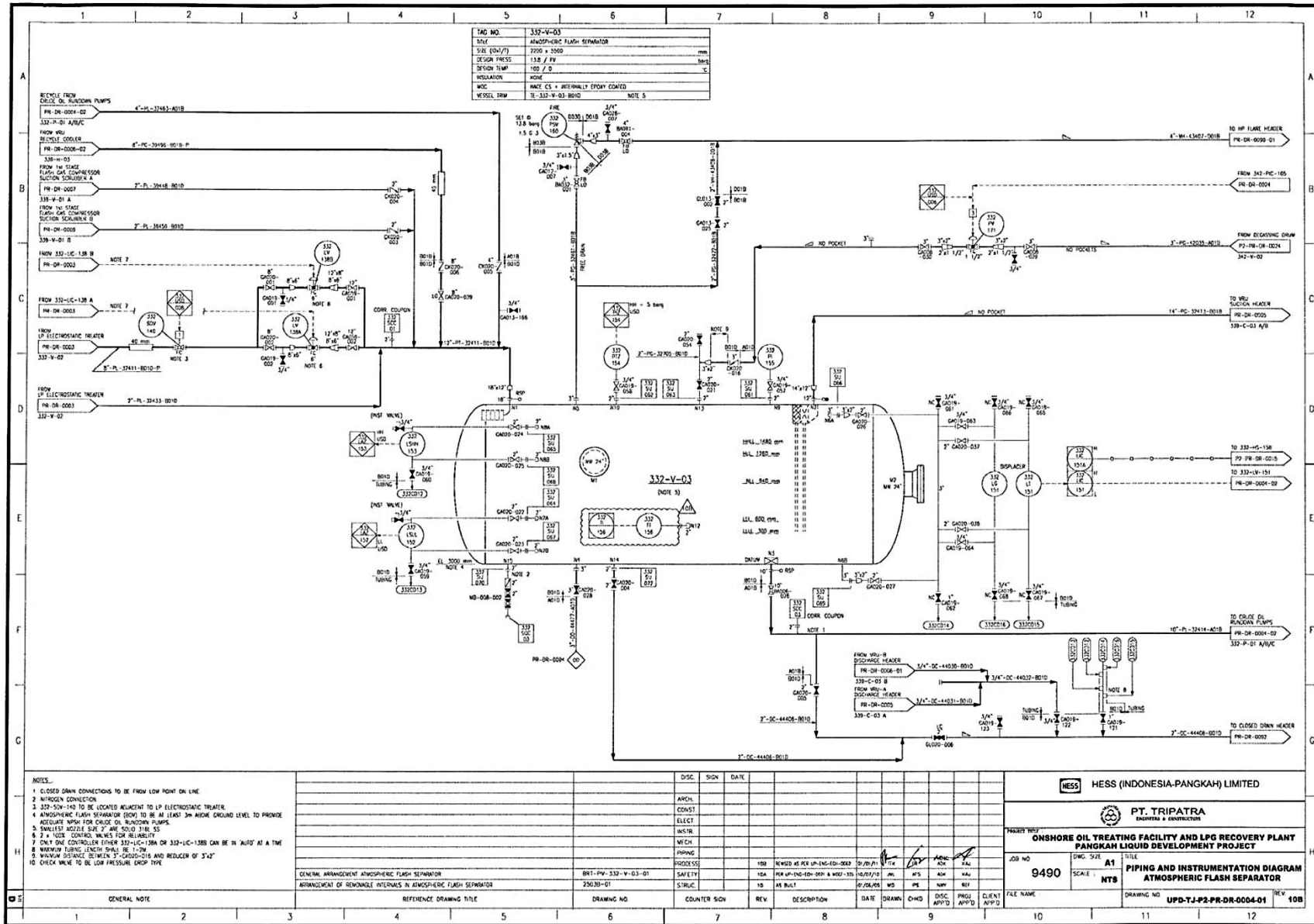
PROJECT TITLE : **UJUNG PANGKAH LIQUIDS DEVELOPMENT OIL TREATING AND LPG FACILITIES**

JOB NO. : **9490** DWG. SIZE : **A1** TITLE : **PROCESS FLOW DIAGRAM OIL STORAGE**

SCALE : **NTS**

DRAWING NO. : **UPD-TJ-P2-PR-FD-0051** REV. : **D1**

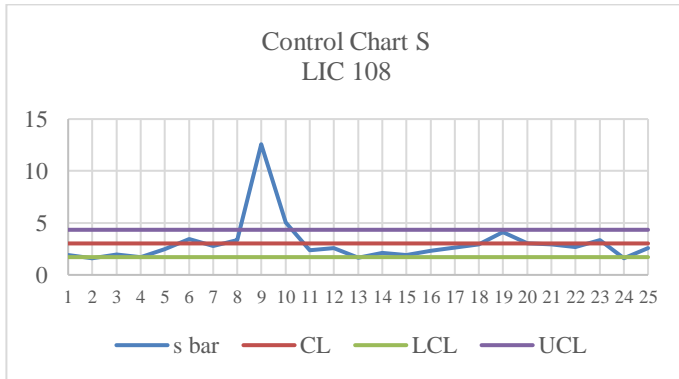




LAMPIRAN B CONTROL CHART S

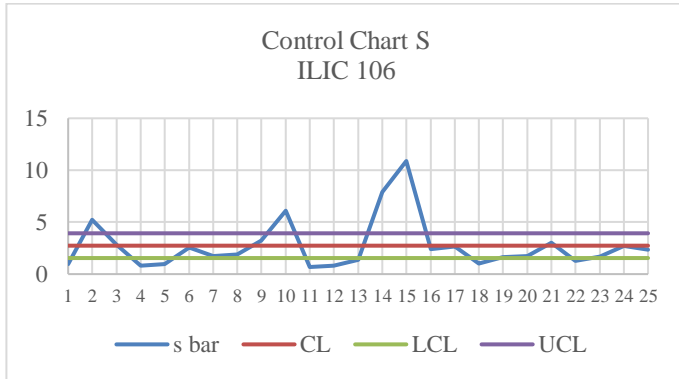
Control chart S digunakan untuk validasi data proses yang diplot grafik control chart x. Digunakan untuk mendeteksi deviasi pada data yang digunakan.

- Control Chart S LIC 108



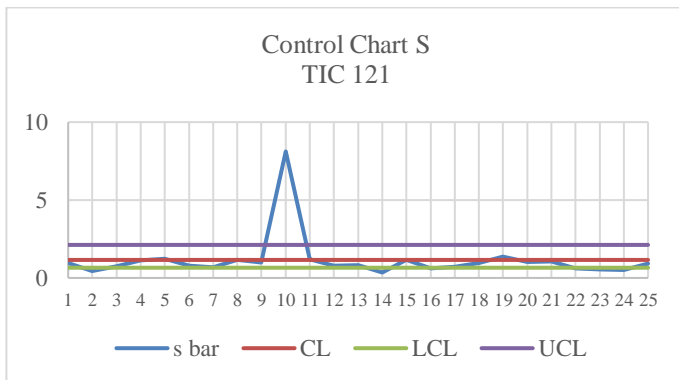
Dari hasil grafik tersebut, diketahui bahwa distribusi data pada LIC 108 cenderung akurat dan tidak banyak mengalami deviasi.

- Control Chart S ILIC 106



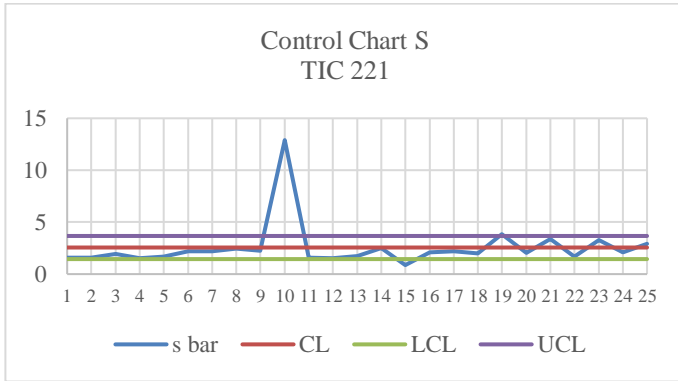
Dari hasil grafik tersebut, diketahui bahwa distribusi data pada ILIC 106 banyak mengalami deviasi.

- Control Chart S TIC 121



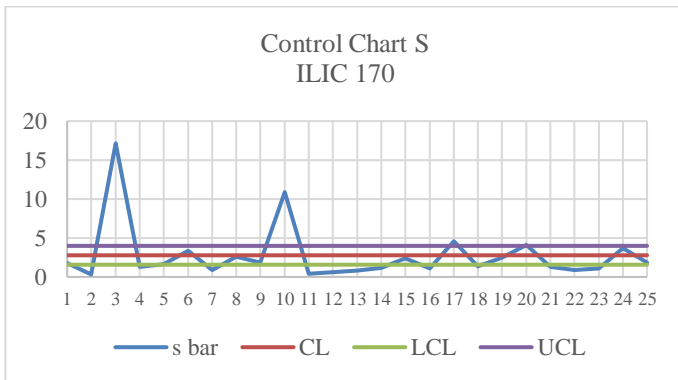
Dari hasil grafik tersebut, diketahui bahwa distribusi data pada TIC 121 cenderung akurat dan tidak banyak mengalami deviasi.

- Control Chart S TIC 221



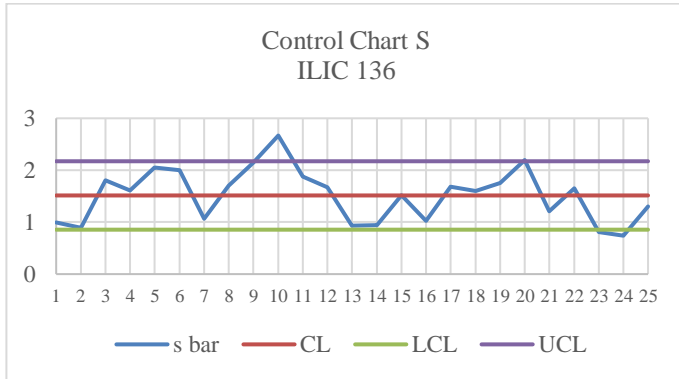
Dari hasil grafik tersebut, diketahui bahwa distribusi data pada TIC 221 cenderung akurat dan tidak banyak mengalami deviasi.

- Control Chart S ILIC 170



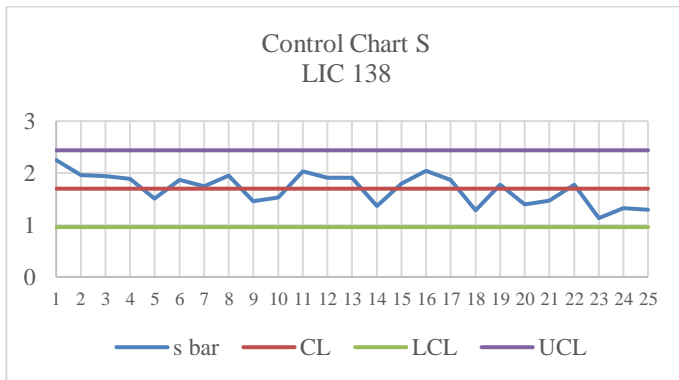
Dari hasil grafik tersebut, diketahui bahwa distribusi data pada ILIC 170 banyak mengalami deviasi.

- Control Chart S ILIC 136



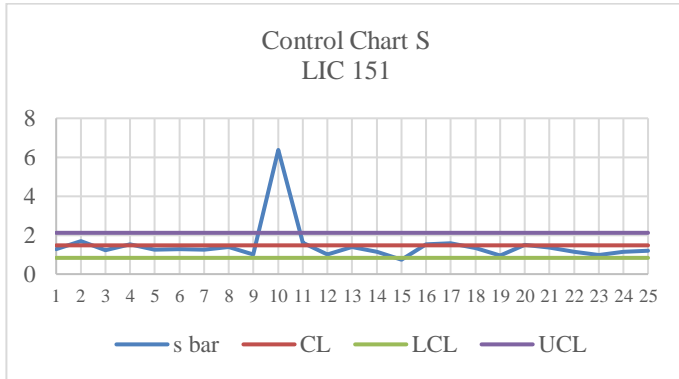
Dari hasil grafik tersebut, diketahui bahwa distribusi data pada ILIC 136 cenderung akurat dan tidak banyak mengalami deviasi.

- Control Chart S LIC 138



Dari hasil grafik tersebut, diketahui bahwa distribusi data pada LIC 138 sangat akurat.

- Control Chart S ILIC 151



Dari hasil grafik tersebut, diketahui bahwa distribusi data pada LIC 151 cenderung akurat dan tidak banyak mengalami deviasi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN C DATA MAINTENANCE

Node : HP Flash Separator
 Equipment Tag No. : LT 108
 Service Description : Level Transmitter

No.	Start	Completion	TTF	MTTF	Cost (\$)
1.	03/15/2017	03/15/2017	0	492,6	107,50
2.	11/24/2014	11/24/2014	842		107,50
3.	03/12/2014	03/12/2014	257		118,25
4.	11/30/2012	11/30/2012	467		118,25
5.	11/25/2010	11/25/2010	736		73,52
6.	06/17/2010	06/17/2010	161		9,19

Node : HP Flash Separator
 Equipment Tag No. : LV 108A
 Service Description : Level Valve

No.	Start	Completion	TTF	MTTF	Cost (\$)
1.	10/23/2017	10/23/2017	0	429,5	118,25
2.	08/01/2016	08/02/2016	447		161,25
3.	06/16/2015	06/16/2015	412		161,25

Node : HP Flash Separator
 Equipment Tag No. : LV 108B
 Service Description : Level Valve

No.	Start	Completion	TTF	MTTF	Cost (\$)
1.	04/10/2017	04/11/2017	0	434	161,25
2.	01/19/2016	01/19/2016	447		161,25
3.	11/24/2014	11/24/2014	421		161,25

DATA MAINTENANCE

Node : HP Flash Separator
 Equipment Tag No. : ILT 106
 Service Description : Interface Level Transmitter

No.	Start	Completion	TTF	MTTF	Cost (\$)
1.	03/01/2017	03/01/2017	0	998,67	129,00
2.	02/04/2013	02/04/2013	1486		193,50
3.	06/17/2010	06/17/2010	963		9,19
4.	12/17/2008	12/17/2008	547		70,00

Node : HP Flash Separator
 Equipment Tag No. : ILV 106
 Service Description : Interface Level Valve

No.	Start	Completion	TTF	MTTF	Cost (\$)
1.	06/17/2010	06/17/2010	0	86	9,19
2.	07/31/2009	08/23/2009	321		36,77
3.	08/21/2009	08/21/2009	2		35,88
4.	08/07/2009	08/07/2009	14		26,91
5.	07/31/2009	07/31/2009	7		17,94

Node : HP Flash Liquid Heater
 Equipment Tag No. : TT 121
 Service Description : Temperature Transmitter

No.	Start	Completion	TTF	MTTF	Cost (\$)
1.	11/29/2017	11/30/2017	0	817	204,25
2.	06/22/2015	06/22/2015	891		247,25
3.	04/25/2013	04/26/2013	787		208,55
4.	03/14/2011	03/14/2011	773		258,00

DATA MAINTENANCE

Node : HP Flash Liquid Heater

Equipment Tag No. : TV 121

Service Description : Temperature Valve

No.	Start	Completion	TTF	MTTF	Cost (\$)
1.	11/29/2017	11/29/2017	0	213,83	118,25
2.	02/09/2017	02/09/2017	293		118,25
3.	08/01/2016	08/01/2016	192		118,25
4.	01/19/2016	01/19/2016	195		118,25
5.	06/22/2015	06/22/2015	211		161,25
6.	11/20/2014	11/20/2014	214		118,25
7.	05/26/2014	05/26/2014	178		118,25

Node : HP Flash Liquid Heater

Equipment Tag No. : TT 221

Service Description : Temperature Transmitter

No.	Start	Completion	TTF	MTTF	Cost (\$)
1.	09/26/2017	09/26/2017	0	794,67	150,50
2.	06/03/2015	06/03/2015	846		150,50
3.	03/18/2013	03/18/2013	807		150,51
4.	03/18/2011	03/18/2011	731		204,25

Node : HP Flash Liquid Heater

Equipment Tag No. : TV 221

Service Description : Temperature Valve

No.	Start	Completion	TTF	MTTF	Cost (\$)
1.	09/26/2017	09/26/2017	0	203,83	107,50
2.	02/09/2017	02/09/2017	229		107,50
3.	08/01/2016	08/01/2016	192		107,50
4.	01/11/2016	01/11/2016	203		107,50
5.	06/03/2015	06/03/2015	222		107,50
6.	12/03/2014	12/03/2014	182		118,25
7.	05/22/2014	05/22/2014	195		118,25

DATA MAINTENANCE

Node : LP Electrostatic Treater
 Equipment Tag No. : ILT 170
 Service Description : Interface Level Transmitter

No.	Start	Completion	TTF	MTTF	Cost (\$)
1.	03/03/2016	03/03/2016	0	520,75	129,00
2.	11/03/2010	11/04/2010	1946		122,39
3.	09/13/2010	09/15/2010	49		45,95
4.	07/26/2010	07/26/2010	49		36,76
5.	06/17/2010	06/17/2010	39		0,00

Node : LP Electrostatic Treater
 Equipment Tag No. : ILV 170
 Service Description : Interface Level Valve

No.	Start	Completion	TTF	MTTF	Cost (\$)
1.	09/06/2017	09/07/2017	0	620,4	172,00
2.	06/07/2011	06/07/2011	2283		258,00
3.	06/17/2010	06/17/2010	355		9,19
4.	12/14/2009	12/14/2009	185		35,88
5.	08/26/2009	09/18/2009	87		17,94
6.	02/11/2009	02/15/2009	192		71,76

Node : LP Electrostatic Treater
 Equipment Tag No. : ILT 136
 Service Description : Interface Level Transmitter

No.	Start	Completion	TTF	MTTF	Cost (\$)
1.	01/05/2011	01/05/2011	0	101,5	64,50
2.	11/03/2010	11/03/2010	63		55,14
3.	06/16/2010	06/16/2010	140		9,19

DATA MAINTENANCE

Node : LP Electrostatic Treater
 Equipment Tag No. : ILV 136
 Service Description : Interface Level Valve

No.	Start	Completion	TTF	MTTF	Cost (\$)
1.	02/10/2015	02/10/2015	0	432,2	1.031,23
2.	01/05/2015	01/06/2015	35		594,53
3.	07/26/2010	07/26/2010	1624		82,71
4.	06/17/2010	06/17/2010	39		9,19
5.	08/26/2009	09/18/2009	272		17,94
6.	02/12/2009	02/16/2009	191		5.171,76

Node : LP Electrostatic Treater
 Equipment Tag No. : LT 138
 Service Description : Level Transmitter

No.	Start	Completion	TTF	MTTF	Cost (\$)
1.	01/12/2018	01/12/2018	0	922	107,50
2.	07/24/2015	07/24/2015	903		236,50
3.	01/03/2013	01/04/2013	931		236,50
4.	06/16/2010	06/16/2010	932		9,19

Node : LP Electrostatic Treater
 Equipment Tag No. : LV 138A
 Service Description : Level Valve

No.	Start	Completion	TTF	MTTF	Cost (\$)
1.	01/12/2018	01/15/2018	0	693,75	161,25
2.	10/17/2016	10/18/2016	455		247,25
3.	07/31/2015	08/03/2015	445		247,25
4.	04/24/2014	04/25/2014	466		247,25
5.	06/16/2010	06/16/2010	1409		9,19

DATA MAINTENANCE

Node : LP Electrostatic Treater
 Equipment Tag No. : LV 138B
 Service Description : Level Valve

No.	Start	Completion	TTF	MTTF	Cost (\$)
1.	05/22/2017	05/23/2017	0	845	161,25
2.	03/03/2016	03/04/2016	446		256,43
3.	12/16/2014	12/17/2014	444		247,25
4.	06/16/2010	06/16/2010	1645		9,19

Node : Atmospheric Flash Separator
 Equipment Tag No. : LT 151
 Service Description : Level Transmitter

No.	Start	Completion	TTF	MTTF	Cost (\$)
1.	09/07/2017	09/07/2017	0	801,33	107,50
2.	05/29/2015	06/01/2015	829		107,50
3.	01/31/2013	01/31/2013	848		118,25
4.	02/04/2011	02/04/2011	727		193,50

Node : Atmospheric Flash Separator
 Equipment Tag No. : LV 151
 Service Description : Level Valve

No.	Start	Completion	TTF	MTTF	Cost (\$)
1.	03/09/2018	03/09/2018	0	204,83	107,50
2.	09/07/2017	09/07/2017	183		107,50
3.	01/20/2017	01/20/2017	230		107,50
4.	06/29/2016	06/29/2016	205		107,50
5.	12/23/2015	12/23/2015	189		107,50
6.	05/29/2015	06/01/2015	205		107,50
7.	10/24/2014	10/24/2014	217		118,25

LAMPIRAN D HAZOP ACTION LIST

Action List - Ujung Pangkah Operations HAZOP (Oct - Nov 2009)



ACTION LIST - Ujung Pangkah Operations HAZOP

- Note:
- Action 1 has been reserved for "No Action" - Access Database formatting)
 - Action 26 has been deleted - duplicate of Action 27
 - Total Actions: 168

ActionID	Node	Action	Description	Cause	ActionType	Name	Risk event agreed (for risk ranking)	Risk Rank	Implementation Level	Estimated cost	Estimated value saved
59	73	Ensure that line to Pertamina has a check valve shown on the P&ID T192-99-08-0092-01. Similar configuration to the line to the Jetty (Check valve shown upstream of 483KV283)	MOC-xxx LPG export line to Pertamina	Pertamina sending product back to Pangkajene	Design	Kelvie Lord	-	-	Easy		
60	73	Determine level of communications required between Hess and Pertamina, including emergency communications (belongs to Commercial group), too.	MOC-xxx LPG export line to Pertamina	Communication of transfer of product to Pertamina	Design	Kelvie Lord	-	-	Medium		
61	73	Check hazardous area zones for LPG transfer lines (including flanges, valves in pipe rack) in accordance to API RP 500	MOC-xxx LPG export line to Pertamina	Hazardous Area Classification - current location of flanges and valves are in the rack near the Security building, near the road to the Jetty.	Design	Kelvie Lord	-	-	Easy		
62	75	Provide a temperature indicator on the overhead stream from the TEG Reflux Condenser (going to the Vent Exchanger)	Bottom liquid stream of the TEG Contactor (136-V-04) to the TEG Reflux Condenser (coolth) to the TEG Exchanger (through to the TEG Flash Drum (136-V-16)	Unable to monitor temperature of the overhead stream of the condenser to the TEG Vent Exchanger	Engineering	Ross Adam	-	-	Medium		
63	75	Monitor the thermal performance of the TEG Heat Exchanger and Condenser	Bottom liquid stream of the TEG Contactor (136-V-04) to the TEG Reflux Condenser (coolth) to the TEG Exchanger (through to the TEG Flash Drum (136-V-16)	TEG condenser reflux condenser suspected to be fouled	Operations	Nail Hopkins	-	-	See previous action on plant performance test and gap analysis (Action 27)		
64	75	Review vendor supplied documentation for the TEG system whether tube rupture scenario has been considered in sizing in the PSVs for the TEG Reboiler	Bottom liquid stream of the TEG Contactor (136-V-04) to the TEG Reflux Condenser (coolth) to the TEG Exchanger (through to the TEG Flash Drum (136-V-16)	Tube rupture (136-H-21)	Operations	Ross Adam	Overpressurization of TEG reboiler and leak if PSVs are incorrectly sized.	\$2 (Low)	Medium		
65	78	Provide high temperature alarm on 136PT155 to allow operator to monitor temperature of the TEG Cooler and feed into TEG Contactor	TEG from the Accumulator Vessel (136-V-18) to the TEG Circulation Pumps (136-P10 A, B) and TEG Cooler (136-H-07) through to the TEG Contactor	TEG Cooler (136-H-07) failure	Engineering	Ross Adam	-	-	Medium		
66	78	Provide a high and low pressure alarm on 136PT244/245. Review the alarm and trip set points to suit the current operating envelope.	TEG from the Accumulator Vessel (136-V-18) to the TEG Circulation Pumps (136-P10 A, B) and TEG Cooler (136-H-07) through to the TEG Contactor	No high pressure alarm on pump discharge System is currently only equipped with 136FAHH244, which would trip the system.	Engineering	Ross Adam	-	-	Medium		
67	80	Reconfigure control of the acid gas 141RC170 to infer the amount of acid gas required to burn the acid gas stream	Overhead stream of the amine reflux drum to the acid flare system	Flame-out 141FV170 closes	Operations	Ross Adam	Insufficient acid gas to burn acid gas (flame out) and release of acid gas to the atmosphere	D2 (Medium)	Medium		
68	80	Ensure that the piping around the LP Flare KO Drum is included in the Corrosion Monitoring Program	Overhead stream of the amine reflux drum to the acid flare system	2"-VL-43607-N01N-H line to the LP Flare KO Drum	Operations	Ross Adam	-	-	Medium		
69	82	Institute a team review to evaluate water slugging and management (e.g. 3-phase separator/equivalent) to improve operability with in the context of the CPP project	332SDV501 to the HP Flash Separator (332-V-01)	Water slugging	Operations	Mike Guerra	-	-	Hard		
70	82	Review location and opportunity to provide an oil analyzer (e.g. oger probe) on the [1] oil drain line from HP Flash Separator to the Hydrocyclone [2] line from the LP Treater to the Degasser and [3] other sources. Undertake as a matter of priority via the MOC process	332SDV501 to the HP Flash Separator (332-V-01)	Changes in specific gravity (condensate, oil and water)	HSE Significance	Ross Adam	Unable to detect oil breakthrough to the sea. Environmental incident.	C3 (Medium)			

Action List (Session 1 & 2)
Print Date: 5/01/2010

Page 7 of 17

ACTION LIST - Ujung Pangkah Operations HAZOP

- Note: 1. Action 1 has been reserved for "No Action" - Access Database formatting)
 2. Action 26 has been deleted - duplicate of Action 27
 3. Total Actions: 168

ActionID	Node	Action	Description	Cause	ActionType	Name	Risk event agreed (for risk ranking)	Risk Rank	Implementation Level	Estimated cost	Estimated value saved
71	B2	Update the SOP to outline actions for timely operator response in the event that oil breakthrough is detected	332SDV501 to the HP Flash Separator (332-V-01)	Changes in specific gravity (condensate, oil and water)	Operations	Neil Hopkins	-	-	Medium		
72	B3	Undertake tuning of the temperature control loop on the HP Flash Liquid Heaters	Liquid (crude) line from the HP Flash Separator (332-V-01), through 332SDV105) to the HP Flash Liquid Heater (332-H-01 A/B) and inlet line of the Electrostatic LP Treater (332-V-02)	Operating in wet mode - 332LV108A open greater than 2% and 332LV108B in auto	Operations	Neil Hopkins	-	-	Medium		
73	B3	Review the protocol for tuning of control system, including documentation and authority levels. This may require the appointment of more than one authorized and qualified personnel to undertake tuning	Liquid (crude) line from the HP Flash Separator (332-V-01), through 332SDV105) to the HP Flash Liquid Heater (332-H-01 A/B) and inlet line of the Electrostatic LP Treater (332-V-02)	Operating in wet mode - 332LV108A open greater than 2% and 332LV108B in auto	Operations	Neil Hopkins	-	-	Medium		
74	B3	Provide a high temperature alarm on 332T116 and 332T226. Ensure set point does not cause spurious alarm	Liquid (crude) line from the HP Flash Separator (332-V-01), through 332SDV105) to the HP Flash Liquid Heater (332-H-01 A/B) and inlet line of the Electrostatic LP Treater (332-V-02)	Water slug	Engineering	Ross Adam	-	-	Medium		
75	B5	Review options for remote start of VRU recycle cooler fans	Liquid outlet from the LP Electrostatic Treater (332-V-02) to the Atmospheric Flash Separator (332-V-03)	332LV138A closed	Operations	Ross Adam	-	-	Hard		
76	B5	Consider replacing 332T156 with transmitter	Liquid outlet from the LP Electrostatic Treater (332-V-02) to the Atmospheric Flash Separator (332-V-03)	Water slug Poor control of the VRU recycle line low temperature out of the LP Treater	Operations	Ross Adam	-	-	Hard		
77	B6	Provide a DCS logic and/or procedure to prevent running of more than one pump other than for short period of time during pump switchover operation, to be done via the MOC process	Liquid outlet from the Atm. Flash Separator (332-V-03) to the Crude Oil Rundown Pumps (332-P-01 A/B/C) and Cooler (332-H-02) and inlet of the Crude Oil Storage Tank A (381-T-01A) & a recycle line (just before 332LV151) back to the Atm. Flash Separator.	332LV151 fully open or bypass open Running more than one pump	Operations	Neil Hopkins	-	-	Medium		
78	B6	Reduce the set point of high temperature alarm 332TAH168 from 50 deg C to 40 deg C	Liquid outlet from the Atm. Flash Separator (332-V-03) to the Crude Oil Rundown Pumps (332-P-01 A/B/C) and Cooler (332-H-02) and inlet of the Crude Oil Storage Tank A (381-T-01A) & a recycle line (just before 332LV151) back to the Atm. Flash Separator.	Cooler fan failure	Operations	Ross Adam	-	-	Medium		
79	B7	Review the reliability of the level transmitters on the storage tanks in light of previous transmitter failures. This could be a warranty issue	Crude Oil Storage Tank A/B/C (381-T-01A/B/C)	Difference in level transmitter measurements	Engineering	Ross Adam	-	-	Hard		

LAMPIRAN E HAZOP WORKSHEET

No.	Node	Instrument	Guideword	Deviation	Causes	Consequences	Safeguards	Likelihood	Severity	Risk Ranking	Recommendation
1	HP Flash Separator (332-V-01)	332 LT 108	High	High Level	Flow valve driven open or bypass left open	High load on the vessel	332 LV 108 A/B	D	4	D4	Using alarm LSHH to initiates unit shutdown
			Low	Low Level	Water slugging	Slug of water enters the system and floods		D	4	D4	Evaluate water slugging to improve operability
		332 ILT 106	Change in Concentration	Change in Concentration Composition	Changes in specific gravity (condensate, oil, and water)	In the worst case, Oil spill offside	332 ILV 106	C	3	C3	Provide an oil analyzer and undertake as a matter of priority
2	HP Flash Liquid Heater A (332-H-01A)	332 TT 121	High	High Temperature	Flow valve driven open or bypass left open	Overheated of the HP flash liquid heater	332 TV 121	C	3	C3	Undertake tuning of the temperature control loop
			Low	Low Temperature	Operating in wet mode	Increase in load on LP electrostatic treater and flash vessel		C	3	C3	
3	HP Flash Liquid Heater B (332-H-01B)	332 TT 221	High	High Temperature	Flow valve driven open or bypass left open	Overheated of the HP flash liquid heater	332 TV 221	C	3	C3	Undertake tuning of the temperature control loop
			Low	Low Temperature	Operating in wet mode	Increase in load on LP electrostatic treater and flash vessel		C	3	C3	
4	LP Electrostatic Treater (332-V-02)	332 LT 138	High	High Level	High flow from the closed drain pumps	High level in the LP treater	332 LV 138 A/B	C	4	C4	Closed drain pumps capacity is designed to the capacity of the LP treater

No.	Node	Instrument	Guideword	Deviation	Causes	Consequences	Safeguards	Likelihood	Severity	Risk Ranking	Recommendation
			Low	Low Level	332ILV136 driven open	Low level in the LP treater		C	4	C4	Provide an oil analyzer with an alarm and shutdown
		332 ILT 136	Change in Concentration	Change in Concentration Composition	Changes in specific gravity (condensate, oil, and water)	Unable to separate oil and water	332 ILV 136	B	3	B3	Using chemical injection
		332 ILT 170	Change in Concentration	Change in Concentration Composition	Changes in specific gravity (condensate, oil, and water)	Unable to separate oil and water	332 ILV 170	D	3	D3	Using chemical injection
5	Atmospheric Flash Separator (332-V-03)	332 LT 151	High	High Level	332LV138A driven open	High liquid level in the atmospheric flash separator	332 LV 151	C	4	C4	Using LAHH to initiates unit shutdown, closed SDV, and stop the VRU
			Low	Low Level	332LV138A closed	Low liquid level in the atmospheric flash separator		C	4	C4	Using LALL to initiates unit shutdown, closed SDV, and stop the VRU

LAMPIRAN F HASIL WAWANCARA

Wawancara dengan Bapak Hannan Fatoni selaku salah satu engineer PT. SIPL. Wawancara ini membahas mengenai validasi data untuk kategori *likelihood* dan *severity*. Adapun hasil mengenai *likelihood* dan *severity* seperti pada lampiran E HAZOP *Worksheet*.

Berdasarkan *HAZOP Worksheet*, komponen yang mempunyai *high risk* adalah 332 LT 108 yang ada pada node *HP Flash Separator* dengan deviasi berupa *high level* dan *low level*. Hal ini dikarenakan sering terjadinya penyimpangan pada kondisi operasi dan rata-rata waktu kegagalan yang tinggi menyebabkan nilai *likelihood* besar, serta memiliki tingkat keparahan yang tinggi. Sedangkan pada sebagian besar *node* lain memiliki tingkat risiko *moderate risk* dikarenakan intensitas kegagalan instrumen pada kondisi operasi tidak begitu sering. Hal ini dapat dibuktikan oleh grafik *control chart* dan perhitungan estimasi nilai *likelihood*.

Mengetahui,



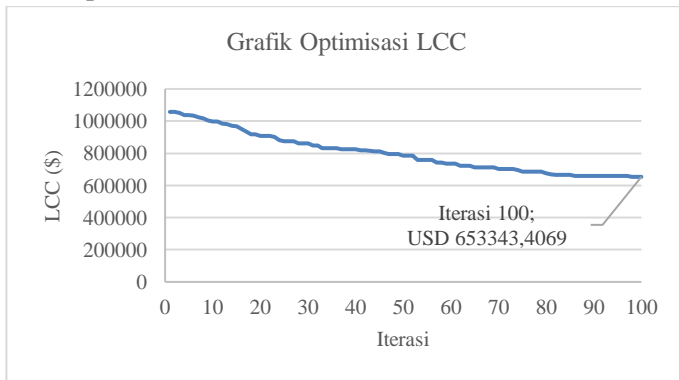
Bpk. Hannan Fatoni
Engineer PT. SIPL

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN G PERCOBAAN OPTIMISASI LCC

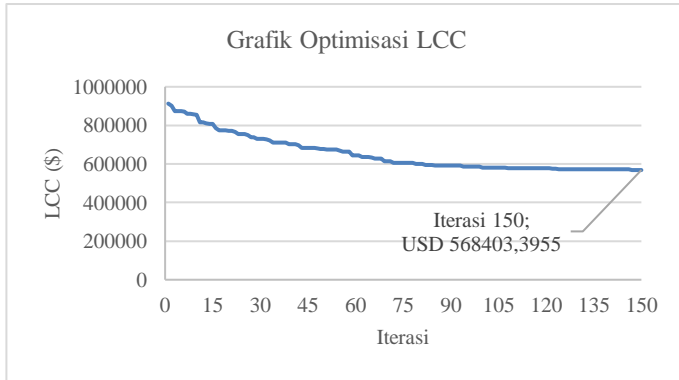
Optimisasi LCC dilakukan dengan variasi populasi antara nilai 100 sampai 250. Populasi 300 tidak dapat dilakukan karena keterbatasan memory pada matlab. Didapatkan bahwa hasil optimum diperoleh pada iterasi 250. (Grafik percobaan populasi 250 tertera pada bab IV). Dan berikut merupakan hasil masing-masing grafik untuk tiap populasi

- Populasi 100



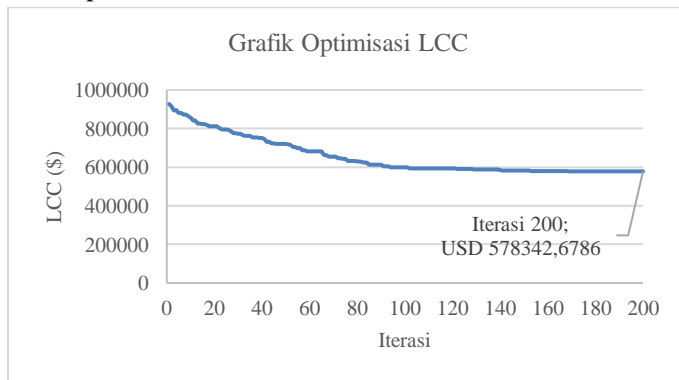
Dari hasil optimisasi populasi 100 didapatkan bahwa nilai LCC adalah sebesar USD 653343,4069

- **Populasi 150**



Dari hasil optimisasi populasi 150 didapatkan bahwa nilai LCC adalah sebesar USD 568403,3955

- **Populasi 200**

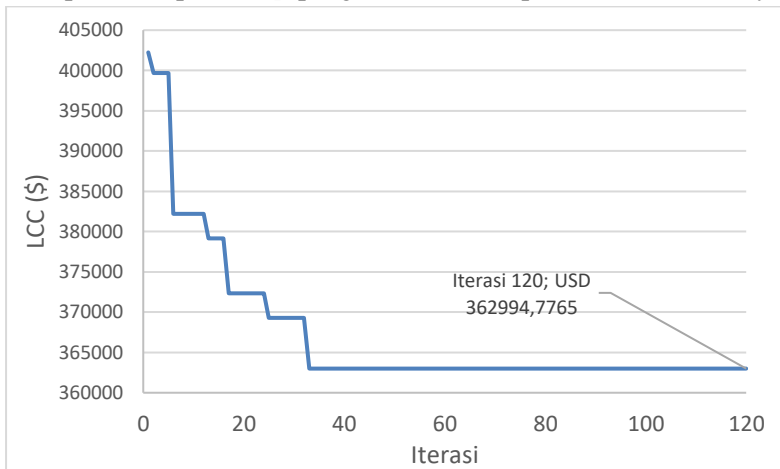


Dari hasil optimisasi populasi 200 didapatkan bahwa nilai LCC adalah sebesar USD 578342,6786

LAMPIRAN H VALIDASI HASIL OPTIMISASI

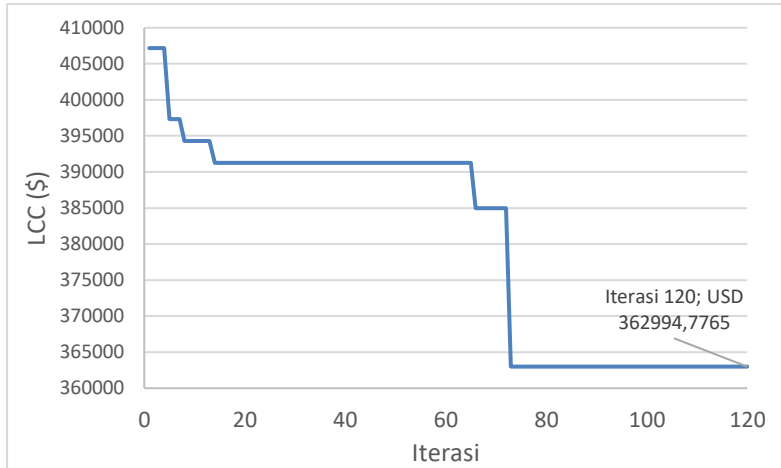
Hasil optimisasi perlu dipastikan agar memiliki nilai yang valid. Validasi dilakukan dengan mengkomparasi hasil optimisasi yang dilakukan pada tugas akhir kali ini dengan penelitian sebelumnya. Komparasi dilakukan dengan menyuplik salah satu *loop* pengendalian yang terdapat pada *plant* yakni pengendalian level.

- Optimisasi pada *loop* pengendalian *level* penelitian sebelumnya



Pada penelitian sebelumnya didapatkan nilai akhir LCC sebesar USD 362994,7765

- Optimisasi pada *oil treating plant loop* pengendalian 108



Hasil optimisasi menunjukkan bahwa optimisasi yang digunakan pada penelitian sebelumnya dan pada pengendalian *level oil treating plant* memiliki nilai akhir LCC yang sama yakni USD 362994,7765.

LAMPIRAN I SKRIP KODINGAN MATLAB

- Pemodelan Fungsi Objektif

```
function
[LT108a,LT108b,LT108c,LT108d,ILT106a,ILT106b,ILT106c,ILT106d
,TT121a,TT121b,TT121c,TT121d,TT221a,TT221b,TT221c,TT221d,ILT
170a,ILT170b,ILT170c,ILT170d,ILT136a,ILT136b,ILT136c,ILT136d
,LT138a,LT138b,LT138c,LT138d,LT151a,LT151b,LT151c,LT151d,LV1
08a,LV108b,LV108c,LV108d,ILV106a,ILV106b,ILV106c,ILV106d,TV1
21a,TV121b,TV121c,TV121d,TV221a,TV221b,TV221c,TV221d,ILV170a
,ILV170b,ILV170c,ILV170d,ILV136a,ILV136b,ILV136c,ILV136d,LV1
38a,LV138b,LV138c,LV138d,LV151a,LV151b,LV151c,LV151d,i1,i2,i
3,i4,i5,i6,i7,i8,i9,i10,i11,i12,i13,i14,i15,i16,PFDAvg,LCC]=
objf_abrrev2(x)
```

```
%variabel optimisasi instrument
```

```
LT108a=x(1);
LT108b=x(2);
LT108c=x(3);
LT108d=x(4);
ILT106a=x(5);
ILT106b=x(6);
ILT106c=x(7);
ILT106d=x(8);
```

```
%permisalan loop pengendalian
```

```
i1=x(65);
i2=x(66);
i3=x(67);
i4=x(68);
```

```
%inisiasi variabel
```

```
Ti = 8760;
Tr = 8;
Csd = 1000000;
Cacc = 150000000;
Facc = 8.55*10^-3;
Cinscomm = 600;
Cpm=240;
Ct=60;
```

```
%inisiasi Cmoon
```

```
if i1==1
    Cx=0;
    Nx=1;
    Ctest1=Ct*Nx;
    Cpm1=Cpm*Nx;
elseif i1==2
```

```

        Cx=1;
        Nx=2;
        Ctest1=Ct*Nx;
        Cpm1=Cpm*Nx;
elseif i1==3
        Cx=0.3;
        Nx=3;
        Ctest1=Ct*Nx;
        Cpm1=Cpm*Nx;
elseif i1==4
        Cx=0;
        Nx=2;
        Ctest1=Ct*Nx;
        Cpm1=Cpm*Nx;
elseif i1==5
        Cx=2.4;
        Nx=3;
        Ctest1=Ct*Nx;
        Cpm1=Cpm*Nx;
elseif i1==6
        Cx=0.75;
        Nx=4;
        Ctest1=Ct*Nx;
        Cpm1=Cpm*Nx;
End

%teknologi level transmitter jenis A (Smart Transmitter)
Xdd1a = 0.048*10^-6;
Xdula = 0.103*10^-6;
Xsd1a = 0.265*10^-6;
Xsula = 0.118*10^-6;
Xt1a = 0.534*10^-6;

Bdd1a = 0.1;
Bdula = 0.1;
Bsula = 0.1;
Bsd1a = 0.05;
PFD1a = ((1-(Cx*Bdd1a))*Xdd1a*Tr)+((1-
(Cx*Bdula))*Xdula*((Ti/2)+Tr));
STR1a = ((1-(Cx*Bsd1a))*Xsd1a*Tr)+((1-(Cx*Bsula))*Xsula);

Cpurchasela = 4844;
Ccmla = Xt1a*480;
Cprola = (Cpurchasela+Cinscomm);

%teknologi level transmitter jenis B (Conventional
Electronic Transmitter)
Xdd1b = 0.97*10^-6;
Xdulb = 0.93*10^-6;
Xsdlb = 1.21*10^-6;
Xsulb = 0.95*10^-6;

```

```

Xt1b = 4.06*10^-6;

Bdd1b = 0.1;
Bdulb = 0.1;
Bsulb = 0.1;
Bsd1b = 0.1;
PFD1b = ((1-(Cx*Bdd1b))*Xdd1b*Tr)+((1-
(Cx*Bdulb))*Xdulb*((Ti/2)+Tr));
STR1b = ((1-(Cx*Bsd1b))*Xsd1b*Tr)+((1-(Cx*Bsulb))*Xsulb);

Cpurchase1b = 3206;
Ccm1b = Xt1b*480;
Cpro1b = (Cpurchase1b+Cinscomm);

%teknologi level transmitter jenis C (Switch)
Xdd1c = 0.41*10^-6;
Xdulc = 3.70*10^-6;
Xsd1c = 0.68*10^-6;
Xsulc = 6.13*10^-6;
Xt1c = 10.92*10^-6;

Bdd1c = 0.1;
Bdulc = 0.1;
Bsulc = 0.1;
Bsd1c = 0.1;
PFD1c = ((1-(Cx*Bdd1c))*Xdd1c*Tr)+((1-
(Cx*Bdulc))*Xdulc*((Ti/2)+Tr));
STR1c = ((1-(Cx*Bsd1c))*Xsd1c*Tr)+((1-(Cx*Bsulc))*Xsulc);

Cpurchase1c = 500;
Ccm1c = Xt1c*480;
Cpro1c = (Cpurchase1c+Cinscomm);

%teknologi temperature transmitter jenis A (Smart
Transmitter)
Xdd2a = 0.026*10^-6;
Xdu2a = 0.322*10^-6;
Xsd2a = 5.05*10^-6;
Xsu2a = 0.11*10^-6;
Xt2a = 5.508*10^-6;

Bdd2a = 0.1;
Bdu2a = 0.1;
Bsu2a = 0.1;
Bsd2a = 0.05;
PFD2a = ((1-(Cx*Bdd2a))*Xdd2a*Tr)+((1-
(Cx*Bdu2a))*Xdu2a*((Ti/2)+Tr));
STR2a = ((1-(Cx*Bsd2a))*Xsd2a*Tr)+((1-(Cx*Bsu2a))*Xsu2a);

Cpurchase2a = 2560;
Ccm2a = Xt2a*480;

```

```

Cpro2a =(Cpurchase2a+Cinscomm);

%teknologi temperature transmitter jenis B (Conventional
Electronic Transmitter)
Xdd2b = 1.57*10^-6;
Xdu2b = 1.88*10^-6;
Xsd2b = 6.5*10^-6;
Xsu2b = 0.98*10^-6;
Xt2b = 10.92*10^-6;

Bdd2b = 0.1;
Bdu2b = 0.1;
Bsu2b = 0.1;
Bsd2b = 0.1;
PFD2b = ((1-(Cx*Bdd2b))*Xdd2b*Tr)+((1-
(Cx*Bdu2b))*Xdu2b*((Ti/2)+Tr));
STR2b = ((1-(Cx*Bsd2b))*Xsd2b*Tr)+((1-(Cx*Bsu2b))*Xsu2b);

Cpurchase2b =1406;
Ccm2b = Xt2b*480;
Cpro2b =(Cpurchase2b+Cinscomm);

%teknologi temperature transmitter jenis C (Switch)
Xdd2c = 0.76*10^-6;
Xdu2c = 6.84*10^-6;
Xsd2c = 0.92*10^-6;
Xsu2c = 8.30*10^-6;
Xt2c = 16.82*10^-6;

Bdd2c = 0.1;
Bdu2c = 0.1;
Bsu2c = 0.1;
Bsd2c = 0.1;
PFD2c = ((1-(Cx*Bdd2c))*Xdd2c*Tr)+((1-
(Cx*Bdu2c))*Xdu2c*((Ti/2)+Tr));
STR2c = ((1-(Cx*Bsd2c))*Xsd2c*Tr)+((1-(Cx*Bsu2c))*Xsu2c);

Cpurchase2c =500;
Ccm2c = Xt2c*480;
Cpro2c = (Cpurchase2c+Cinscomm);

%teknologi valve jenis A (Air Operated)
Xdd3a = 0.084*10^-6;
Xdu3a = 2.51*10^-6;
Xsd3a = 0;
Xsu3a = 3.94*10^-6;
Xt3a = 7.29*10^-6;

Bdd3a = 0.1;
Bdu3a = 0.1;
Bsu3a = 0.1;

```

```

Bsd3a = 0.1;
PFD3a = ((1-(Cx*Bdd3a))*Xdd3a*Tr)+((1-
(Cx*Bdu3a))*Xdu3a*((Ti/2)+Tr));
STR3a = ((1-(Cx*Bsd3a))*Xsd3a*Tr)+((1-(Cx*Bsu3a))*Xsu3a);

Cpurchase3a = 6940;
Ccm3a = Xt3a*480;
Cpro3a =(Cpurchase3a+Cinscomm);

%teknologi valve jenis B (Hydraulic Operated)
Xdd3b = 1.09*10^-6;
Xdu3b = 4.35*10^-6;
Xsd3b = 0;
Xsu3b = 3.17*10^-6;
Xt3b = 8.61*10^-6;

Bdd3b = 0.1;
Bdu3b = 0.1;
Bsu3b = 0.1;
Bsd3b = 0.1;
PFD3b = ((1-(Cx*Bdd3b))*Xdd3b*Tr)+((1-
(Cx*Bdu3b))*Xdu3b*((Ti/2)+Tr));
STR3b = ((1-(Cx*Bsd3b))*Xsd3b*Tr)+((1-(Cx*Bsu3b))*Xsu3b);

Cpurchase3b =6400;
Ccm3b = Xt3b*480;
Cpro3b = (Cpurchase3b+Cinscomm);

%teknologi valve jenis C (Motor Operated)
Xdd3c = 0.79*10^-6;
Xdu3c = 7.11*10^-6;
Xsd3c = 0;
Xsu3c = 9.17*10^-6;
Xt3c = 17.07*10^-6;

Bsd3c = 0.1;
Bdd3c = 0.1;
Bdu3c = 0.1;
Bsu3c = 0.1;
PFD3c = ((1-(Cx*Bdd3c))*Xdd3c*Tr)+((1-
(Cx*Bdu3c))*Xdu3c*((Ti/2)+Tr));
STR3c = ((1-(Cx*Bsd3c))*Xsd3c*Tr)+((1-(Cx*Bsu3c))*Xsu3c);

Cpurchase3c = 6200;
Ccm3c = Xt3c*480;
Cpro3c = (Cpurchase3c+Cinscomm);

%pemilihan jenis teknologi salah satu instrument (LT108)
if LT108a==1
    PFDLT108a=PFD1a;
    STRLT108a=STR1a;

```

```

        CproLT108a=Cpro1a;
        CcmLT108a=Ccm1a;
elseif LT108a==2
        PFDLT108a=PFDL1b;
        STRLT108a=STR1b;
        CproLT108a=Cpro1b;
        CcmLT108a=Ccm1b;
elseif LT108a==3
        PFDLT108a=PFDL1c;
        STRLT108a=STR1c;
        CproLT108a=Cpro1c;
        CcmLT108a=Ccm1c;
end

if LT108b==1
        PFDLT108b=PFDL1a;
        STRLT108b=STR1a;
        CproLT108b=Cpro1a;
        CcmLT108b=Ccm1a;
elseif LT108b==2
        PFDLT108b=PFDL1b;
        STRLT108b=STR1b;
        CproLT108b=Cpro1b;
        CcmLT108b=Ccm1b;
elseif LT108b==3
        PFDLT108b=PFDL1c;
        STRLT108b=STR1c;
        CproLT108b=Cpro1c;
        CcmLT108b=Ccm1c;
end

if LT108c==1
        PFDLT108c=PFDL1a;
        STRLT108c=STR1a;
        CproLT108c=Cpro1a;
        CcmLT108c=Ccm1a;
elseif LT108c==2
        PFDLT108c=PFDL1b;
        STRLT108c=STR1b;
        CproLT108c=Cpro1b;
        CcmLT108c=Ccm1b;
elseif LT108c==3
        PFDLT108c=PFDL1c;
        STRLT108c=STR1c;
        CproLT108c=Cpro1c;
        CcmLT108c=Ccm1c;
end

if LT108d==1
        PFDLT108d=PFDL1a;
        STRLT108d=STR1a;

```

```

        CproLT108d=Cpro1a;
        CcmLT108d=Ccm1a;
elseif LT108d==2
    PFDLT108d=PFDL1b;
    STRLT108d=STR1b;
    CproLT108d=Cpro1b;
    CcmLT108d=Ccm1b;
elseif LT108d==3
    PFDLT108d=PFDL1c;
    STRLT108d=STR1c;
    CproLT108d=Cpro1c;
    CcmLT108d=Ccm1c;
End

%inisiasi PFD dan STR untuk salah satu loop pengendalian
if i1==1
    PFDLT108=PFDLT108a;
    STRLT108=STRLT108a;
    CproLT108=CproLT108a;
    CcmLT108=CcmLT108a;
elseif i1==2
    PFDLT108=PFDLT108a+PFDLT108b;
    STRLT108=STRLT108a+STRLT108b;
    CproLT108=CproLT108a+CproLT108b;
    CcmLT108=CcmLT108a+CcmLT108b;
elseif i1==3
    PFDLT108=PFDLT108a+PFDLT108b+PFDLT108c;
    STRLT108=STRLT108a+STRLT108b+STRLT108c;
    CproLT108=CproLT108a+CproLT108b+CproLT108c;
    CcmLT108=CcmLT108a+CcmLT108b+CcmLT108c;
elseif i1==4
    PFDLT108=PFDLT108a+PFDLT108b;
    STRLT108=STRLT108a+STRLT108b;
    CproLT108=CproLT108a+CproLT108b;
    CcmLT108=CcmLT108a+CcmLT108b;
elseif i1==5
    PFDLT108=PFDLT108a+PFDLT108b+PFDLT108c;
    STRLT108=STRLT108a+STRLT108b+STRLT108c;
    CproLT108=CproLT108a+CproLT108b+CproLT108c;
    CcmLT108=CcmLT108a+CcmLT108b+CcmLT108c;
elseif i1==6
    PFDLT108=PFDLT108a+PFDLT108b+PFDLT108c+PFDLT108d;
    STRLT108=STRLT108a+STRLT108b+STRLT108c+STRLT108d;
    CproLT108=CproLT108a+CproLT108b+CproLT108c+CproLT108d;
    CcmLT108=CcmLT108a+CcmLT108b+CcmLT108c+CcmLT108d;
end

%properti PLC
Xddplc = 0.026*10^-6;
Xduplc = 0.006*10^-6;

```

```

Xsdplc = 1.73*10^-6;
Xsuplc = 1.73*10^-6;
Xtplc = 3.492*10^-6;

Bddplc = 0.1;
Bduplc = 0.1;
Bsuplc = 0.1;
Bsdplc = 0.1;

%PFD PLC
PFDplc = ((1-(Cx*Bddplc))*Xddplc*Tr)+((1-
(Cx*Bduplc))*Xduplc*((Ti/2)+Tr))*8;
%STR PLC
STRplc = ((1-(Cx*Bsdplc))*Xsdplc*Tr)+((1-
(Cx*Bsuplc))*Xsuplc)*8;

%Cpro PLC
Cpurchaseplc = 40000;
Cproplc = (Cpurchaseplc+Cinscomm)*8;

%Cpm PLC
Cpmplc = 960*8;

%Ctest PLC
Ctestplc = 240*8;

%Ccm PLC
Ccmplc = Xtplc*8000*8;

PFDavg=PFDLT108+PFDILT106+PFDTT121+PFDTT221+PFDILT170+PFDILT
136+PFDLT138+PFDLT151+PFDLV108+PFDILV106+PFDTV121+PFDTV221+P
FDILV170+PFDILV136+PFDLV138+PFDLV151+PFDplc;
STRavg=STRLT108+STRILT106+STRTT121+STRTT221+STRILT170+STRILT
136+STRLT138+STRLT151+STRLV108+STRILV106+STRTV121+STRTV221+S
TRILV170+STRILV136+STRLV138+STRLV151+STRplc;
Cpro=CproLT108+CproILT106+CproTT121+CproTT221+CproILT170+Cpr
oILT136+CproLT138+CproLT151++CproLV108+CproILV106+CproTV121+
CproTV221+CproILV170+CproILV136+CproLV138+CproLV151+Cproplc;
Cmctot=CcmLT108+CcmILT106+CcmTT121+CcmTT221+CcmILT170+CcmILT
136+CcmLT138+CcmLT151+CcmLV108++CcmILV106+CcmTV121+CcmTV221+
CcmILV170+CcmILV136+CcmLV138+CcmLV151+Ccmplc;
Cpmtot=Cpm1+Cpm2+Cpm3+Cpm4+Cpm5+Cpm6+Cpm7+Cpm8+Cpm9+Cpm10+Cp
m11+Cpm12+Cpm13+Cpm14+Cpm15+Cpm16+Cpmplc;
Ctesttot=Ctest1+Ctest2+Ctest3+Ctest4+Ctest5+Ctest6+Ctest7+Ct
est8+Ctest9+Ctest10+Ctest11+Ctest12+Ctest13+Ctest14+Ctest15+
Ctest16+Ctestplc;
Cop=Cpmtot+Ctesttot+Cmctot;
Cstr=STRavg*Csd;
Chazard=Cacc*Facc*PFDavg;
Crisk=Cstr+Chazard;
LCC=Cpro+Cop+Crisk;

```



```

        mm = 1;
    else
        mm = -1;
    end

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

    Datafit = [];

    for k = 1:Population

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

        [LT108a LT108b LT108c LT108d ILT106a ILT106b
    ILT106c ILT106d TT121a TT121b TT121c TT121d TT221a TT221b
    TT221c TT221d ILT170a ILT170b ILT170c ILT170d ILT136a
    ILT136b ILT136c ILT136d LT138a LT138b LT138c LT138d LT151a
    LT151b LT151c LT151d LV108a LV108b LV108c LV108d ILV106a
    ILV106b ILV106c ILV106d TV121a TV121b TV121c TV121d TV221a
    TV221b TV221c TV221d ILV170a ILV170b ILV170c ILV170d ILV136a
    ILV136b ILV136c ILV136d LV138a LV138b LV138c LV138d LV151a
    LV151b LV151c LV151d i1 i2 i3 i4 i5 i6 i7 i8 i9 i10 i11 i12
    i13 i14 i15 i16 PFDavg LCC] = objf_abrrev2(X0);
        cost=LCC;
        PFDavg1=PFDavg;
        LT108a1=LT108a;
        LT108b1=LT108b;
        LT108c1=LT108c;
        LT108d1=LT108d;
        ILT106a1=ILT106a;

```

ILT106b1=ILT106b;
ILT106c1=ILT106c;
ILT106d1=ILT106d;
TT121a1=TT121a;
TT121b1=TT121b;
TT121c1=TT121c;
TT121d1=TT121d;
TT221a1=TT221a;
TT221b1=TT221b;
TT221c1=TT221c;
TT221d1=TT221d;
ILT170a1=ILT170a;
ILT170b1=ILT170b;
ILT170c1=ILT170c;
ILT170d1=ILT170d;
ILT136a1=ILT136a;
ILT136b1=ILT136b;
ILT136c1=ILT136c;
ILT136d1=ILT136d;
LT138a1=LT138a;
LT138b1=LT138b;
LT138c1=LT138c;
LT138d1=LT138d;
LT151a1=LT151a;
LT151b1=LT151b;
LT151c1=LT151c;
LT151d1=LT151d;
LV108a1=LV108a;
LV108b1=LV108b;
LV108c1=LV108c;
LV108d1=LV108d;
ILV106a1=ILV106a;
ILV106b1=ILV106b;
ILV106c1=ILV106c;
ILV106d1=ILV106d;
TV121a1=TV121a;
TV121b1=TV121b;
TV121c1=TV121c;
TV121d1=TV121d;
TV221a1=TV221a;
TV221b1=TV221b;
TV221c1=TV221c;
TV221d1=TV221d;
ILV170a1=ILV170a;
ILV170b1=ILV170b;
ILV170c1=ILV170c;
ILV170d1=ILV170d;
ILV136a1=ILV136a;
ILV136b1=ILV136b;
ILV136c1=ILV136c;
ILV136d1=ILV136d;

```

LV138a1=LV138a;
LV138b1=LV138b;
LV138c1=LV138c;
LV138d1=LV138d;
LV151a1=LV151a;
LV151b1=LV151b;
LV151c1=LV151c;
LV151d1=LV151d;
i1a=i1;
i2a=i2;
i3a=i3;
i4a=i4;
i5a=i5;
i6a=i6;
i7a=i7;
i8a=i8;
i9a=i9;
i10a=i10;
i11a=i11;
i12a=i12;
i13a=i13;
i14a=i14;
i15a=i15;
i16a=i16;
fitness = mm*cost;
Datafit = [Datafit;fitness];
[fitemax,nmax] = max(Datafit);

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

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

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

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

```

```

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

        fitnessvector = fitnessvector';

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

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

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

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

```

```

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

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

Individu =
[Xnew(:,1:(Kromosom*Dimension));Remain(:,1:(Kromosom*Dimensi
on))];

end

ElitIndividu = [ElitIndividu; Individu];

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

Datafit = [];

for po = 1:Population

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

[LT108a LT108b LT108c LT108d ILT106a ILT106b
ILT106c ILT106d TT121a TT121b TT121c TT121d TT221a TT221b
TT221c TT221d ILT170a ILT170b ILT170c ILT170d ILT136a
ILT136b ILT136c ILT136d LT138a LT138b LT138c LT138d LT151a
LT151b LT151c LT151d LV108a LV108b LV108c LV108d ILV106a
ILV106b ILV106c ILV106d TV121a TV121b TV121c TV121d TV221a

```

```

TV221b TV221c TV221d ILV170a ILV170b ILV170c ILV170d ILV136a
ILV136b ILV136c ILV136d LV138a LV138b LV138c LV138d LV151a
LV151b LV151c LV151d i1 i2 i3 i4 i5 i6 i7 i8 i9 i10 i11 i12
i13 i14 i15 i16 PFDavg LCC] = objf_abrrev2(X0);
      cost=LCC;
      fitness = mm*cost;
      Datafit = [Datafit;fitness];
      cost1(po+giya,1)=cost;

      PFDavg1=PFDavg;
      PFDavg2(po+giya,1)=PFDavg1;

LT108a1=LT108a;
LT108a11(po,Generasi)=LT108a1;

LT108b1=LT108b;
LT108b11(po,Generasi)=LT108b1;

LT108c1=LT108c;
LT108c11(po,Generasi)=LT108c1;

LT108d1=LT108d;
LT108d11(po,Generasi)=LT108d1;

ILT106a1=ILT106a;
ILT106a11(po,Generasi)=ILT106a1;

ILT106b1=ILT106b;
ILT106b11(po,Generasi)=ILT106b1;

ILT106c1=ILT106c;
ILT106c11(po,Generasi)=ILT106c1;

ILT106d1=ILT106d;
ILT106d11(po,Generasi)=ILT106d1;

TT121a1=TT121a;
TT121a11(po,Generasi)=TT121a1;

TT121b1=TT121b;
TT121b11(po,Generasi)=TT121b1;

TT121c1=TT121c;
TT121c11(po,Generasi)=TT121c1;

TT121d1=TT121d;
TT121d11(po,Generasi)=TT121d1;

TT221a1=TT221a;
TT221a11(po,Generasi)=TT221a1;

```

TT221b1=TT221b;
TT221b11 (po,Generasi)=TT221b1;

TT221c1=TT221c;
TT221c11 (po,Generasi)=TT221c1;

TT221d1=TT221d;
TT221d11 (po,Generasi)=TT221d1;

ILT170a1=ILT170a;
ILT170a11 (po,Generasi)=ILT170a1;

ILT170b1=ILT170b;
ILT170b11 (po,Generasi)=ILT170b1;

ILT170c1=ILT170c;
ILT170c11 (po,Generasi)=ILT170c1;

ILT170d1=ILT170d;
ILT170d11 (po,Generasi)=ILT170d1;

ILT136a1=ILT136a;
ILT136a11 (po,Generasi)=ILT136a1;

ILT136b1=ILT136b;
ILT136b11 (po,Generasi)=ILT136b1;

ILT136c1=ILT136c;
ILT136c11 (po,Generasi)=ILT136c1;

ILT136d1=ILT136d;
ILT136d11 (po,Generasi)=ILT136d1;

LT138a1=LT138a;
LT138a11 (po,Generasi)=LT138a1;

LT138b1=LT138b;
LT138b11 (po,Generasi)=LT138b1;

LT138c1=LT138c;
LT138c11 (po,Generasi)=LT138c1;

LT138d1=LT138d;
LT138d11 (po,Generasi)=LT138d1;

LT151a1=LT151a;
LT151a11 (po,Generasi)=LT151a1;

LT151b1=LT151b;
LT151b11 (po,Generasi)=LT151b1;

LT151c1=LT151c;
LT151c11 (po,Generasi)=LT151c1;

LT151d1=LT151d;
LT151d11 (po,Generasi)=LT151d1;

LV108a1=LV108a;
LV108a11 (po,Generasi)=LV108a1;

LV108b1=LV108b;
LV108b11 (po,Generasi)=LV108b1;

LV108c1=LV108c;
LV108c11 (po,Generasi)=LV108c1;

LV108d1=LV108d;
LV108d11 (po,Generasi)=LV108d1;

ILV106a1=ILV106a;
ILV106a11 (po,Generasi)=ILV106a1;

ILV106b1=ILV106b;
ILV106b11 (po,Generasi)=ILV106b1;

ILV106c1=ILV106c;
ILV106c11 (po,Generasi)=ILV106c1;

ILV106d1=ILV106d;
ILV106d11 (po,Generasi)=ILV106d1;

TV121a1=TV121a;
TV121a11 (po,Generasi)=TV121a1;

TV121b1=TV121b;
TV121b11 (po,Generasi)=TV121b1;

TV121c1=TV121c;
TV121c11 (po,Generasi)=TV121c1;

TV121d1=TV121d;
TV121d11 (po,Generasi)=TV121d1;

TV221a1=TV221a;
TV221a11 (po,Generasi)=TV221a1;

TV221b1=TV221b;
TV221b11 (po,Generasi)=TV221b1;

TV221c1=TV221c;
TV221c11 (po,Generasi)=TV221c1;

TV221d1=TV221d;
TV221d11 (po,Generasi)=TV221d1;

ILV170a1=ILV170a;
ILV170a11 (po,Generasi)=ILV170a1;

ILV170b1=ILV170b;
ILV170b11 (po,Generasi)=ILV170b1;

ILV170c1=ILV170c;
ILV170c11 (po,Generasi)=ILV170c1;

ILV170d1=ILV170d;
ILV170d11 (po,Generasi)=ILV170d1;

ILV136a1=ILV136a;
ILV136a11 (po,Generasi)=ILV136a1;

ILV136b1=ILV136b;
ILV136b11 (po,Generasi)=ILV136b1;

ILV136c1=ILV136c;
ILV136c11 (po,Generasi)=ILV136c1;

ILV136d1=ILV136d;
ILV136d11 (po,Generasi)=ILV136d1;

LV138a1=LV138a;
LV138a11 (po,Generasi)=LV138a1;

LV138b1=LV138b;
LV138b11 (po,Generasi)=LV138b1;

LV138c1=LV138c;
LV138c11 (po,Generasi)=LV138c1;

LV138d1=LV138d;
LV138d11 (po,Generasi)=LV138d1;

LV151a1=LV151a;
LV151a11 (po,Generasi)=LV151a1;

LV151b1=LV151b;
LV151b11 (po,Generasi)=LV151b1;

LV151c1=LV151c;
LV151c11 (po,Generasi)=LV151c1;

LV151d1=LV151d;
LV151d11 (po,Generasi)=LV151d1;

```
i1a=i1;
i1aa(po,Generasi)=i1a;

i2a=i2;
i2aa(po,Generasi)=i2a;

i3a=i3;
i3aa(po,Generasi)=i3a;

i4a=i4;
i4aa(po,Generasi)=i4a;

i5a=i5;
i5aa(po,Generasi)=i5a;

i6a=i6;
i6aa(po,Generasi)=i6a;

i7a=i7;
i7aa(po,Generasi)=i7a;

i8a=i8;
i8aa(po,Generasi)=i8a;

i9a=i9;
i9aa(po,Generasi)=i9a;

i10a=i10;
i10aa(po,Generasi)=i10a;

i11a=i11;
i11aa(po,Generasi)=i11a;

i12a=i12;
i12aa(po,Generasi)=i12a;

i13a=i13;
i13aa(po,Generasi)=i13a;

i14a=i14;
i14aa(po,Generasi)=i14a;

i15a=i15;
i15aa(po,Generasi)=i15a;

i16a=i16;
i16aa(po,Generasi)=i16a;

end
```

```

        DataIfit = Dataafit;
        [fitnessmax, nmax] = max(Dataafit);
        DataFGAfit = [DataFGAfit;fitnessmax];
        IndividuMax = Individu(nmax,:);
        IndividuMaxLast = IndividuMax;
        Hasilmax = IndividuMax;
        sort = [Individu Dataafit];
        maxall = [maxall; sort];
        for i = 1:Dimension
            HasilMaxInt(1,i) =
bi2de(Hasilmax(1,((i*Kromosom)-
Kromosom)+1):(i*Kromosom),'left-msb');
        end
        HMIit = [];
        for ij=1:Dimension
            HMIit = [HMIit, HasilMaxInt(1,ij)];
        end
        HMI = [HMI; HMIit];

        giya=giya+Population;
end

plot(DataFGAfit);
hold on

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

X0maxfix
[fitnessmaxf, nmaxf] = max(DataFGAfit)

convergemax = [convergemax;fitnessmaxf];
convergeiter = [convergeiter;nmaxf];
xmax = [xmax;X0maxfix];
DFGAfit = [DFGAfit,DataFGAfit];
save('GAabrori200.mat')
end

```

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Muhammad Mujahid Abrori atau biasa dipanggil Abrori dilahirkan di Gresik, 24 Agustus 1996. Tempat tinggal di Desa Kauman RT 01 RW 01 No.17 Kecamatan Sidayu, Kabupaten Gresik. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SD Muhammadiyah Sidayu pada tahun 2008, pendidikan di SMP Negeri 1 Sidayu pada tahun 2011, pendidikan di SMA Muhammadiyah 1 Gresik pada tahun 2014 dan pendidikan sarjana ditempuh di Departemen Teknik Fisika ITS melalui jalur SBMPTN. Selama aktif menjadi mahasiswa, penulis bergabung dalam organisasi kemahasiswaan HMTF ITS periode 2015/2016 sebagai staff departemen event dan menjadi ketua pelaksana EPW 2016. Dan juga penulis bergabung dalam organisasi kemahasiswaan BEM ITS sebagai staff kementerian dalam negeri. Selain aktif dalam kegiatan non akademik, penulis juga bergabung dalam kegiatan akademik sebagai asisten laboratorium rekayasa instrumentasi dan kontrol. Serta penulis juga menjadi salah satu penerima beasiswa pertamina foundation scholarship selama 2 tahun. Pengalaman internship penulis selama 1 bulan di PT. Pertamina RU IV Cilacap, Jawa Tengah. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, maka dapat menghubungi penulis melalui email mujahidabrori@gmail.com.

Halaman ini sengaja dikosongkan