

**LEMBAR PENGESAHAN
ANALISIS HAZARD AND OPERABILITY (HAZOP)
UNTUK DETEKSI BAHAYA DAN MANAJEMEN RISIKO
PADA UNIT BOILER (B-6203) DI PABRIK III
PT.PETROKIMIA GRESIK**

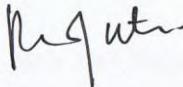
TUGAS AKHIR

Oleh:

**SEPTIAN HARI PRADANA
NRP. 2409100020**

**Surabaya, 5 Agustus 2014
Mengetahui/Menyetujui**

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,



**Dr. Ir. Ali Musyafa, M.Sc.
NIP. 19600901 198701 1 001**

**Ketua Jurusan
Teknik Fisika, FTI – ITS**



**Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
NIPN. 196503091990021001**

**LEMBAR PENGESAHAN
ANALISIS HAZARD AND OPERABILITY (HAZOP)
UNTUK DETEKSI BAHAYA DAN MANAJEMEN RISIKO
PADA UNIT BOILER (B-6203) DI PABRIK III
PT.PETROKIMIA GRESIK**

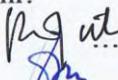
TUGAS AKHIR

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

Oleh:

**SEPTIAN HARI PRADANA
NRP 2410100020**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes |  ... (Pembimbing I) |
| 2. Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc |  ... (Pembimbing II) |
| 3. Hendra Cordova S.T, M.T |  ... (Penguji I) |
| 4. Andi Rahmadiansyah S.T, M.T |  ... (Penguji II) |

SURABAYA, AGUSTUS 2014

ANALISIS HAZARD AND OPERABILITY (HAZOP) UNTUK DETEKSI BAHAYA DAN MANAJEMEN RISIKO PADA UNIT BOILER (B-6203) DI PABRIK III PT.PETROKIMIA GRESIK

Nama Mahasiswa : Septian Hari Pradana
NRP : 2410 100 020
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : - Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes
- Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc

Abstrak

Seiring dengan perkembangan dunia industri dan jaminan perlindungan terhadap keselamatan pekerja dan lingkungan, maka diperlukan studi mengenai hazard dan manajemen risiko. Salah satu perusahaan yang peduli pada isu keselamatan kerja adalah PT.Petrokimia Gresik yang merupakan salah satu produsen pupuk terbesar di Indonesia. Dalam proses produksi PT. Petrokimia Gresik, boiler merupakan salah satu equipment yang memiliki risiko bahaya paling tinggi. Analisis bahaya dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode HAZOP. Node yang dipakai adalah economizer, steam drum, superheater, dan burner yang merupakan beberapa komponen utama penyusun boiler. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh hasil bahwa komponen yang memiliki risiko bahaya paling besar adalah pressure indicator inlet steam drum, temperature indicator (TI-6211) dan temperature indicator outlet superheater (TI-6214), dengan risiko bernilai 5 (extreme) menggunakan standard AS/NZS 4360:2004. Masing-masing node pada boiler memiliki SIL 1, dengan risk reduction factor bernilai 50 untuk economizer, 39,1 untuk steam drum dan 30 untuk superheater dan burner, yang menunjukkan rendahnya tingkat reliability sistem. Untuk menurunkan risiko dan meningkatkan reliability sistem, maka dilakukan perawatan dan kalibrasi secara rutin, penambahan redundant transmitter, serta test kinerja sensor,transmitter dan final control element setiap 1 bulan sekali. Bahaya paling besar pada seluruh node adalah kebakaran. Oleh karena itu, dilakukan analisis emergency response plan untuk kebakaran yang mencakup tanggungjawab tiap divisi, langkah pencegahan, serta langkah penanganan,

Kata Kunci: *Risk Management, boiler, HAZOP, emergency response plan, SIL*

“Halaman ini memang dikosongkan”

**ANALYSIS OF HAZARD AND OPERABILITY FOR
HAZARDOUS DETECTION AND RISK MANAGEMENT IN
BOILER UNIT (B-6203) IN FABRIQUE III PT. PETROKIMIA
GRESIK**

Name : Septian Hari Pradana
NRP : 2410 100 020
Department : Engineering Physics FTI-ITS
Supervisor : - Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes
- Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc

Abstract

In line with the advancement in the industry and protection assurance of health, safety and environment for the workers. Thus necessary to held the study about hazard and risk management. One of the company concerns with the health safety and environment issues is PT.Petrokimia Gresik, which was one of the biggest fertilizer producer in Indonesia. During production process in PT. Petrokimia Gresik, boiler become one of highly risk equipment. Hazard analysis in this research using HAZOP method. Node study that have been identified is economizer, steam drum, superheater, and burner, which was the main component composing boiler. According to analysis result, some components having highest hazard risk are pressure indicator inlet steam drum, temperature indicator (TI-6211) and temperature indicator outlet superheater (TI-6214), which had extreme risk with tehe value of using AS/NZS 4360:2004 standard. Each node in the boiler having SIL 1 criteria, with the value of risk reduction factor 50 for economizer, 39,1 for steam drum and 30 for superheater and burner, means that there having low level of system reliability. Treatment can be applied to decrease hazard risk and increase system reliability are arranging maintenance and calibration routinely, adding transmitter redundant, and arranging proof test interval in the sensor, transmitter, and final control element once a month. Highest hazard risk in the whole node of boiler is fire. Thus have been done emergency response plan analysis for fire condition to identifying the responsibilities of each division, preventing, and also handling step.

Keywords: *Risk Management, steam boiler, HAZOP, emergency response plan, SIL*

“This page is intentionally left blank”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Boiler B-6203	6
Tabel 2.2 Tabel <i>Consequences</i> (<i>The Standard Australia/ New Zealand</i> (AS/NZS 4360:2004)	9
Tabel 2.3 Tabel <i>Likelihood</i> (<i>The Standard Australia/ New Zealand</i> (AS/NZS 4360:2004)	10
Tabel 2.4 Tabel <i>Risk Matrix</i> (<i>The Standard Australia/ New Zealand</i> (AS/NZS 4360:2004)	10
Tabel 2.5 Tabel <i>Risk Matrix</i> (Standar PT.Petrokimia Gresik)	11
Tabel 2.6 Kriteria Penentuan SIL	14
Tabel 4.1 <i>GuideWord</i> dan Deviasi komponen <i>Economizer</i>	26
Tabel 4.2 <i>GuideWord</i> dan Deviasi komponen <i>Steam Drum</i>	28
Tabel 4.3 <i>GuideWord</i> dan Deviasi Komponen <i>Superheater</i>	31
Tabel 4.4 <i>GuideWord</i> dan Deviasi Komponen <i>Burner</i>	33
Tabel 4.5 Kriteria <i>Likelihood</i> pada <i>Node Economizer</i>	34
Tabel 4.6 Kriteria <i>Likelihood</i> pada <i>node Steam Drum</i>	35
Tabel 4.7 Kriteria <i>Likelihood</i> pada <i>node Superheater</i>	35
Tabel 4.8 Kriteria <i>Likelihood</i> pada <i>node Burner</i>	36
Tabel 4.9 Kriteria <i>Consequences node Economizer</i>	37
Tabel 4.10 Kriteria <i>Consequences node Steam Drum</i>	38
Tabel 4.11 Kriteria <i>Consequences Node Superheater</i>	38
Tabel 4.12 Kriteria <i>Consequences Node Burner</i>	39
Tabel 4.13 <i>Risk Matrix Node Economizer</i> Berdasarkan Standard Pabrik	40
Tabel 4.14 <i>Risk Matrix Node Economizer</i> berdasarkan standard AS/NZS	41
Tabel 4.15 <i>Risk Matrix Node Steam Drum</i> Berdasarkan Standard Pabrik	42
Tabel 4.16 <i>Risk Matrix Node Steam Drum</i> Berdasarkan Standard AS/NZS	42
Tabel 4.17 <i>Risk Matrix Node Superheater</i> Berdasarkan	44

	Standard Pabrik	
Tabel 4.18	<i>Risk Matrix Node Superheater</i> Berdasarkan Standard AS/NZS	44
Tabel 4.19	<i>Risk Matrix Node Burner</i> Berdasarkan Standard Pabrik	45
Tabel 4.20	<i>Risk Matrix Node Burner</i> Berdasarkan Standar AS/NZS	46
Tabel 4.21	<i>SIL Node Economizer</i>	60
Tabel 4.22	<i>SIL Node Steam Drum</i>	61
Tabel 4.23	<i>SIL node Superheater</i>	61
Tabel 4.24	<i>SIL node Burner</i>	62

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Boiler

Boiler merupakan *equipment* yang banyak digunakan dalam dunia industri. Secara umum boiler berfungsi untuk memproduksi uap dengan mengubah fasa dari cair ke gas melalui proses pemanasan. Proses pemanasan yang terjadi dilakukan oleh burner dengan memanfaatkan bahan bakar berupa batu bara atau solar. Solar digunakan pada saat *start up* awal boiler. Unit boiler yang beroperasi di PT. Petrokimia Gresik merupakan plant tersendiri yang terdiri dari komponen-komponen utama seperti *steam drum*, *water drum*, *furnace*, *economizer*, *air preheater*, *superheater*, *burner*, *safety valve*, *manometer*, gelas pedoman air, *manhole*, *soot blower*, *blow down*, *forced*, dan *stack*. Unit boiler B-6203 merupakan boiler yang digunakan untuk memproduksi steam yang berfungsi untuk pembangkitan listrik di pabrik III PT. Petrokimia Gresik [3]. Bagian-bagian dalam boiler adalah:

- *Economizer* : peralatan pada sistem boiler yang digunakan untuk pemanasan awal air dari *Boiler Feed Water Pump* sebelum masuk siklus pembakaran
- *Steam drum* : peralatan dalam sistem boiler yang berfungsi untuk tempat pemisahan fase uap dengan air
- *Down corner* : pipa dari steam drum yang digunakan untuk mengalirkan air ke water wall
- *Water wall*: dinding yang berupa pipa tegak yang mengelilingi *furnace* (ruang bakar) sebagai tempat pemanasan air boiler
- *Superheater*: mengubah uap jenuh menjadi uap panas lanjut
- *Furnace* : ruangan yang digunakan untuk memanasi pipa ketel (*water wall*) sehingga air akan berubah menjadi uap.

Boiler yang digunakan merupakan boiler dengan tipe *corner tuber boiler*. Berikut merupakan spesifikasi boiler B-6203 sesuai dengan yang ditunjukkan pada tabel 2.1 dibawah ini:

Tabel 2.1 Spesifikasi Boiler B-6203

Tag Number	Spesifikasi
B-6203	<ul style="list-style-type: none"> • Capacity : 52 MT/h • Design pressure : 35 Kg/cm² • Design Temperature : 408 °C • Fuel : Heavy Oil • Type : Steam Atomizing • Drum : ASTM SA515 Gr60 • Tube : ASTM SA 192 • Superheater : ASTM SA 192 • Economizer : ASTM SA 192

(Sumber: Dokumen PT Petrokimia Gresik)

2.2 Latar Belakang HAZOP

Tujuan HAZOP untuk mengidentifikasi masalah risiko dan pengoperasian. Konsepnya meliputi investigasi dari desain tujuan. Dalam proses mengidentifikasi masalah selama pembelajaran HAZOP, pemecahannya terekam sebagai bagian dari hasil HAZOP dan bagaimanapun juga, harus ada kepedulian untuk menghindari percobaan demi menemukan kenyataan, karena tujuan utama dari HAZOP adalah untuk mengidentifikasi masalah. Walaupun pelaksana HAZOP berpengalaman tetapi latihan yang didasarkan pada pembelajaran ketika desain baru atau teknologi tercakup didalamnya adalah sangat penting, ini digunakan dalam tahap dari kelangsungan pabrik. HAZOP didasarkan pada prinsip dimana beberapa ahli dengan perbedaan identifikasi dalam banyak masalah harus bekerja sama tetapi mereka bekerja terpisah dan hasilnya dikombinasikan untuk mendapatkan keputusan.

2.3 Definisi dan Tujuan HAZOP

The Hazard and Operability Study, dikenal sebagai HAZOP adalah standar teknik analisis bahaya yang digunakan dalam persiapan penetapan keamanan dalam sistem baru atau modifikasi untuk suatu keberadaan potensi bahaya atau masalah operabilitasnya. Studi HAZOP adalah pengujian yang teliti oleh

group spesialis, dalam bagian sebuah sistem mengenai apakah yang akan terjadi jika komponen tersebut dioperasikan melebihi dari normal model desain komponen yang telah ada. Tujuan penggunaan HAZOP adalah untuk meninjau suatu proses atau operasi pada suatu sistem secara sistematis, untuk menentukan apakah proses penyimpangan dapat mendorong kearah kejadian atau kecelakaan yang tidak diinginkan.

Tujuan dari dilakukannya analisis HAZOP adalah untuk melihat suatu proses operasi secara sistematis dan mengetahui apakah terdapat penyimpangan yang dapat mendorong sistem pada kecelakaan kerja industri yang dapat berakibat pada kerugian material, bahaya pada lingkungan, dan keselamatan jiwa pekerja. Pada pabrik yang telah berjalan dapat dilakukan study re-HAZOP dan dokumen-dokumen berikut diperlukan untuk proses tersebut:

- *Process Flow Diagram (PFD)*
- *Process & Instrumentation Diagram (P&ID)*
- *Facility layout drawing*
- *Operating Instructions*
- *Procedure documents/Description of operation*
- *Material Safety Data Sheet (MSDS)*
- Dokumen lain yang relevan

2.4. Konsep HAZOP

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

- *Deviation* (Penyimpangan). Adalah kata kunci kombinasi yang sedang diterapkan. (merupakan gabungan dari *guide words* dan parameters).
- *Cause* (Penyebab). Adalah penyebab yang kemungkinan besar akan mengakibatkan terjadinya penyimpangan.
- *Consequence* (Akibat/konsekuensi). Dalam menentukan *consequence* tidak boleh melakukan

batasan, karena hal tersebut bisa merugikan pelaksanaan penelitian.

- *Safeguards* (Usaha Perlindungan). Adanya perlengkapan pencegahan yang mencegah penyebab atau usaha perlindungan terhadap konsekuensi kerugian. Safeguards juga memberikan informasi pada operator tentang penyimpangan yang terjadi dan juga untuk memperkecil akibat.
- *Action* (Tindakan). Apabila suatu penyebab dipercaya akan mengakibatkan konsekuensi negatif, harus diputuskan tindakan-tindakan apa yang harus dilakukan. Tindakan dibagi menjadi dua kelompok, yaitu tindakan yang mengurangi atau menghilangkan penyebab dan tindakan yang menghilangkan akibat (konsekuensi). Sedangkan apa yang terlebih dahulu diputuskan, hal ini tidak selalu memungkinkan, terutama ketika berhadapan dengan kerusakan peralatan. Namun, hal pertama yang selalu diusahakan untuk menyingkirkan penyebabnya, dan hanya dibagian mana perlu mengurangi konsekuensi.
- *Node* (Titik Studi). Merupakan pemisahan suatu unit proses menjadi beberapa bagian agar studi dapat dilakukan lebih terorganisir. Titik studi bertujuan untuk membantu dalam menguraikan dan mempelajari suatu bagian proses.
- *Severity*. Merupakan tingkat keparahan yang diperkirakan dapat terjadi.
- *Likelihood*. Adalah kemungkinan terjadinya konsekuensi dengan sistem pengamanan yang ada. (Zulfiana, 2013)

Risk atau risiko merupakan kombinasi kemungkinan *likelihood* dan *consequences* yang terjadi sesuai persamaan 2.1 berikut ini:

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

Berdasarkan *the standard Australia/ New Zealand* (AS/NZS 4360:2004), tingkat *consequences* dapat ditentukan berdasarkan beberapa tabel kriteria *consequences* seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.2 Tabel *Consequences* (*The Standard Australia/ New Zealand* (AS/NZS 4360:2004))

<i>Level</i>	<i>Descriptor</i>	<i>Description</i>
1	<i>Insignificant</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem beroperasi & aman, terjadi sedikit gangguan tidak berarti
2	<i>Minor</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem tetap beroperasi & aman, gangguan mengakibatkan sedikit penurunan performasi atau kinerja sistem terganggu
3	<i>Moderate</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem dapat beroperasi, kegagalan dapat mengakibatkan mesin kehilangan fungsi utamanya dan/ dapat menimbulkan kegagalan produk
4	<i>Major</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem tidak dapat beroperasi. Kegagalan dapat menyebabkan terjadinya banyak kerusakan fisik & sistem, dapat menimbulkan kegagalan produk, dan/ tidak memenuhi persyaratan peraturan Keselamatan Kerja
5	<i>Catastrophic</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem tidak layak operasi, keparahan yang sangat tinggi bila kegagalan mempengaruhi sistem yang aman, melanggar peraturan Keselamatan Kerja

Frequency akan ditentukan dari seberapa sering bahaya terjadi. Jika tidak terdapat data langsung yang menyebutkan tingkat keserangan suatu bahaya terjadi, maka penentuan *likelihood* dapat ditentukan dengan melihat *history card* kerusakan (*failure rate*) dari equipment. Berdasarkan *the standard Australia/ New Zealand* (AS/NZS 4360:2004), tingkat

likelihood dapat ditentukan berdasarkan kriteria seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Tabel *Likelihood* (*The Standard Australia/ New Zealand* (AS/NZS 4360:2004))

<i>Level</i>	<i>Description</i>	<i>Description</i>
A	<i>Almost certain</i>	Risiko terjadi lebih dari 5 kali dalam 5 tahun
B	<i>Likely</i>	Risiko terjadi 4-5 kali dalam 5 tahun
C	<i>Moderate</i>	Risiko terjadi lebih dari 3 atau kurang dari 4 dalam 5 tahun
D	<i>Unlikely</i>	Risiko terjadi 2-3 kali dalam 5 tahun
E	<i>Rare</i>	Risiko jarang sekali muncul /terjadi kurang dari 2 kali dalam 5 tahun

Berdasarkan Persamaan (2.1), nilai risiko merupakan hasil perkalian dari *likelihood* dan *consequences*, sehingga akan diperoleh matriks kriteria risiko seperti pada Tabel 2.6 di bawah ini.

Tabel 2.4 Tabel *Risk Matrix* (*The Standard Australia/ New Zealand* (AS/NZS 4360:2004))

<i>Likelihood</i>	<i>Consequences</i>				
	Insignificant	Minor	Moderate	Major	Catastrophic
	1	2	3	4	5
A (Almost certain)	H	H	E	E	E
B (Likely)	M	H	H	E	E
C (Moderate)	L	M	H	E	E
D (Unlikely)	L	L	M	H	E
E (Rare)	L	L	M	H	H

Keterangan :

E = *Extreme risk*

H = *High risk*
M = *Moderate risk*
L = *Low risk*

Tabel 2.5 Tabel *Risk Matrix* (Standar PT.Petrokimia Gresik)

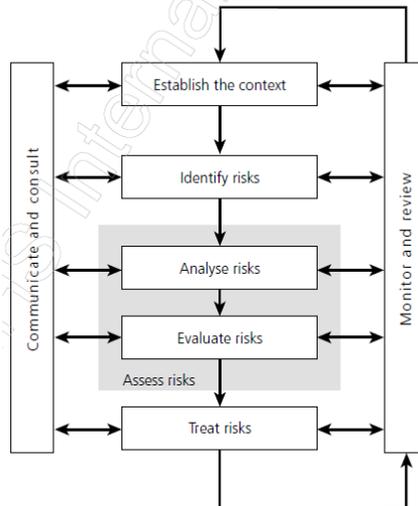
Likelihood	Consequences				
	Kategori Alat C 1	Kategori Alat B 2	Kategori Alat B 3	Kategori Alat A 4	Kategori Alat A & L 5
1 (Brand New / Excellences)	L 1	L 2	L 3	L 4	M 5
2 (Very Good / Good, Serviceable)	L 2	L 4	M 6	M 8	M 10
3 (Acceptable / Barely Acceptable)	L 3	M 6	M 9	M 12	H 15
4 (Below Standar / Poor)	L 4	M 8	M 12	H 16	H 20
5 (Bad atau Unusable)	M 5	M 10	H 15	H 20	H 25

2.5 Manajemen Risiko

Perhitungan risiko keseluruhan harus dibandingkan dengan kriteria risiko yang dapat diterima untuk komponen tertentu. Bergantung dari tingkatan risiko yang dapat ditoleransi, maka dapat dibuat keputusan, apakah risiko tersebut diabaikan atau mengambil tindakan untuk menangani risiko tersebut.

Manajemen Risiko merupakan bagian dari tahapan manajemen proses yang bertujuan untuk meminimalisir dampak (consequences) bahaya dan kerugian, serta meningkatkan kesempatan atau peluang penyelamatan atas suatu bahaya. Pada dasarnya, manajemen risiko bersifat pencegahan terhadap terjadinya keugian maupun *accident* (Juniani, 2010). Bagian-

bagian penting yang menjadi tahapan proses manajemen risiko ditunjukkan pada Gambar 2.1 di bawah ini.

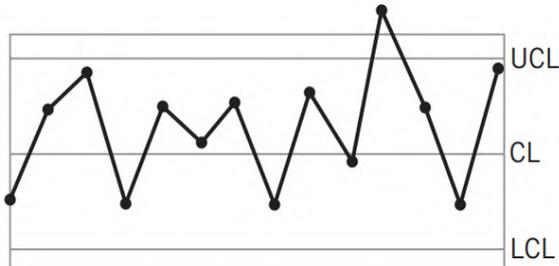


Gambar 2.1 Tahapan Proses Manajemen Risiko (*The Standard Australia/ New Zealand (AS/NZS 4360:2004)*)

Berdasarkan tahapan manajemen risiko diatas, tahapan pertama adalah melakukan penentuan subjek yang akan dianalisis, yang mencakup strategi pengumpulan data, metode manajemen risiko, serta penentuan kriteria. Setelah itu dilakukan tahapan identifikasi risiko yang mencakup risiko yang akan terjadi dari potensi bahaya yang dianalisis dan penyebab risiko tersebut terjadi. Selanjutnya adalah tahapan analisis risiko berdasarkan estimasi *likelihood* dan *consequences* untuk menentukan kriteria risiko dari hasil kombinasi keduanya. Langkah terakhir adalah evaluasi risiko, apakah risiko tersebut dapat diterima atau tidak, jika tidak maka dilanjutkan dengan upaya penanganan yang dapat mengurangi risiko. Dalam pelaksanaannya mutlak diperlukan komunikasi antar anggota yang diikuti dengan *monitoring* dan *review* secara kontinyu.

2.6 Control Chart \bar{x} -s

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



Gambar 2.2 Bentuk dasar *control chart* (Douglas, 2009)

Persamaan *control chart* \bar{x} dipengaruhi oleh nilai tengah standar deviasi (s), oleh karena itu dapat menggunakan persamaan berikut (Douglas, 2009):

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

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

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

Dimana:

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

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

$$A_3 = 3/(c_4\sqrt{n})$$

Dengan c_4 adalah konstanta yang membentuk variabel *control chart* (Douglas, 2009). Persamaan yang digunakan untuk menentukan *control chart* s adalah sebagai berikut (Douglas, 2009):

$$UCL = \bar{s} + 3\frac{\bar{s}}{c_4}\sqrt{1 - c_4^2} \quad (2.5)$$

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

$$LCL = \bar{s} - 3\frac{\bar{s}}{c_4}\sqrt{1 - c_4^2} \quad (2.7)$$

Rata-rata adalah nilai tengah (rataan) yang diperoleh dari banyaknya variabel data yang disediakan. Sedangkan standar

deviasi adalah simpangan baku dari sehimpunan bilangan terhadap nilai tengah aritmatik (rata-rata) (Zulfiana,2013).

2.7 Safety Integrity Level

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

Pada dasarnya setiap industri memiliki standar sistem proteksi yang berbeda – beda. Standar ini merupakan hal yang sangat penting karena menyangkut kehandalan dari suatu system terinstrumentasi. Standar sistem proteksi tidak hanya meliputi teknologi yang digunakan, tingkat redundansi, kalibrasi ataupun logika sistem. Ketika *risk level* yang dihadapi semakin besar maka diperlukan sistem proteksi yang lebih baik untuk mengendalikannya. *Risk* yang telah dihitung selanjutnya akan dibandingkan dengan performansi pada suatu sistem proteksi. Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan performansi sistem tersebut adalah *safety integrity level* (SIL) (Gulland,2004).

Tabel 2.6 Kriteria Penentuan SIL

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

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

$$\lambda = 1/MTTF \quad (2.8)$$

Dimana :

λ = *failure rate* (laju kegagalan)

MTTF = Mean Time To Failure

Setelah itu menentukan konfigurasi *equipment* dirangkai secara seri atau paralel. Jika *equipment* dirangkai secara seri maka *failure rate* seri akan dihitung berdasarkan persamaan:

$$1/\lambda_s = 1/\lambda_1 + 1/\lambda_2 + 1/\lambda_3 + \dots + 1/\lambda_n \quad (2.9)$$

Sedangkan jika dirangkai paralel menggunakan persamaan:

$$1/\lambda_s = 1/\lambda_1 + 1/\lambda_2 + 1/\lambda_3 + \dots + 1/\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 \quad (2.10)$$

Probability of Failure on Demand (PFD) dihitung berdasarkan persamaan :

$$PFD = 1/2 \cdot \lambda \cdot T_i \quad (2.11)$$

Dimana:

PFD = *Probability of Failure on Demand*

λ = *failure rate* (/jam)

T_i = *test interval* (jam)

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

$$PFD_{avg} = PFD_{sensor} + PFD_{transmitter} + PFD_{fce} \quad (2.12)$$

Langkah terakhir adalah mencocokkan nilai PFD *average* dengan kriteria SIL pada tabel 2.6.

Dari PFD selanjutnya dapat diketahui nilai *risk reduction factor* (RRF). Risk reduction factor merupakan tingkat penurunan risiko suatu equipment mengalami kegagalan.

$$RRF = \frac{1}{PFD} \quad (2.13)$$

PFD dipengaruhi oleh laju kegagalan peralatan dan *test interval*, artinya semakin besar laju kegagalan suatu peralatan maka kemungkinan terjadinya *failure* akan semakin besar dan tingkat penurunan risikonya akan semakin kecil. Begitu juga dengan semakin sering suatu peralatan dilakukan *test* maka kemungkinan terjadinya *failure* akan semakin kecil dan tingkat penurunan risikonya semakin besar. Adapun untuk mendapatkan data *failure rate* dapat diperoleh dengan beberapa cara diantaranya adalah *historical data*, yaitu data diperoleh berdasarkan data hasil *maintenance* suatu perusahaan atau *commercial failure rate data*, yaitu data diperoleh dari database *failure rate* seperti salah satunya adalah OREDA (*Offshore Reliability Data*)

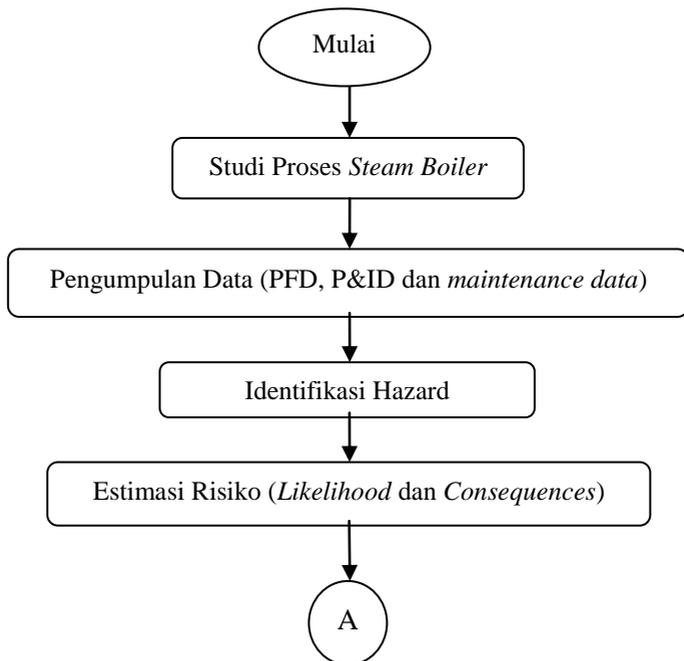
BAB III METODOLOGI

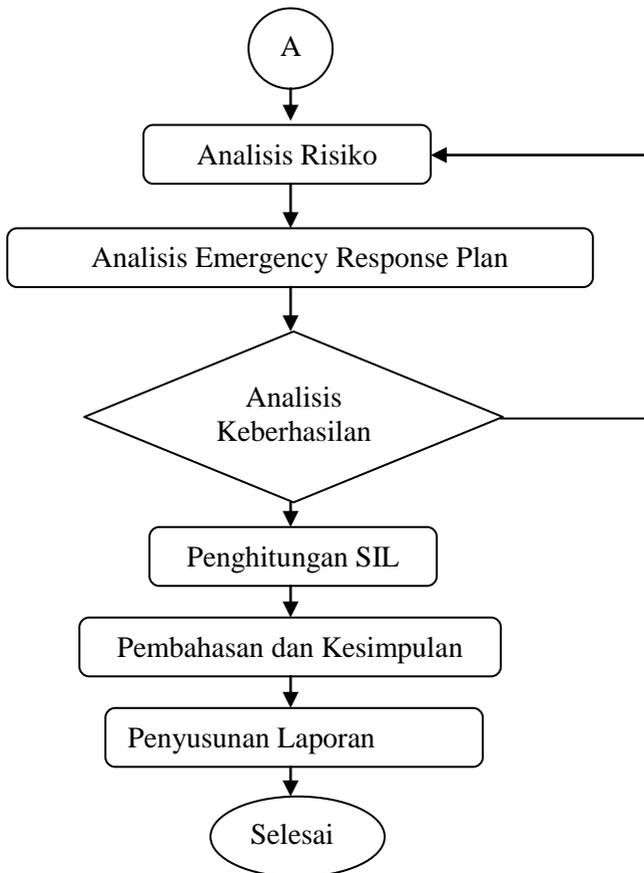
3.1 Alat dan Bahan

Dalam penelitian tugas akhir ini menggunakan alat berupa software komputasi *Microsoft Office Excel 2007* dan *software statistik* untuk membuat *control chart*.

3.2 Langkah-Langkah Penelitian

Tahapan dalam penelitian tugas akhir ini dapat dilihat dalam *flowchart* pada gambar di bawah ini.





Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

Penjelasan setiap langkah pada flowchart tersebut adalah sebagai berikut:

a. Studi Proses

Dilakukan studi literatur mengenai boiler. Bahan-bahan serta semua referensi yang berkaitan tentang boiler di PT. Petrokimia dapat ditemukan di ruang Perencanaan, Pengendalian dan Pemeliharaan Produksi III. Studi yang dilakukan mencakup proses kegunaan boiler dalam plant pabrik III PT Petrokimia

Gresik dan komponen instrumentasi yang terdapat di boiler (B-6203) beserta kegunaanya.

b. Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam penyusunan tugas akhir ini antara lain berupa dokumen serta gambar dari proses yang terdapat di *boiler* (B-6203) unit *Sulfuric Acid* Pabrik III PT Petrokimia Gresik. Dokumen tersebut meliputi *process flow diagram* (PFD), Daftar komponen instrumentasi, *maintenance data* atau data *time to failure* dari setiap komponen yang terdapat pada *steam boiler*, dan data proses pada setiap komponen boiler yang beroperasi penuh sepanjang hari. data ini diambil selama satu bulan, yaitu pada tanggal 1 Maret hingga 31 Maret 2014. Data tersebut diambil setiap satu jam sekali selama 24 jam dalam satu hari. Data-data inilah yang nantinya digunakan dalam penentuan risiko serta analisis risiko pada masing-masing komponen di boiler.

c. Identifikasi Hazard

Metode yang digunakan dalam melakukan identifikasi bahaya ini adalah dengan metode analisis *Hazard and Operability Analysis* (HAZOP). Langkah-langkah dalam identifikasi bahaya menggunakan metode HAZOP ini adalah sebagai berikut :

- Menentukan *node/* titik studi berdasarkan data P&ID yang telah didapatkan. Dalam tugas akhir ini, node ditentukan berdasarkan komponen utama yang menyusun sistem boiler, yaitu *economizer*, *steam drum*, *superheater*, dan *burner*.
- Menentukan komponen instrumentasi yang berperan dalam proses pada masing-masing node. Misalnya berupa *transmitter*, *indicating element (sensor)*, *final control element (valve)* serta *safety system (alarm, switch dll)* untuk masing-masing besaran yang terukur yaitu: Pressure, Temperature, Level dan Flow. Penentuan komponen ini didasarkan pada komponen-komponen

yang terdapat pada P&ID dan DCS *screens* boiler di PT PETROKIMIA.

- Menentukan *guideword* dari penyimpangan terhadap rata-rata proses yang terjadi. Hal ini dapat diketahui dari data proses yang diambil untuk masing-masing komponen selama bulan Maret dan menggambar *control chart* berdasarkan data tersebut, kemudian dilihat trend data yang terbentuk pada grafik tersebut untuk mengetahui deviasi. *Control chart* dibentuk dengan menggunakan persamaan di bawah ini.

$$\begin{aligned} UCL &= \mu + L\sigma \\ UCL &= \mu \\ UCL &= \mu - L\sigma \end{aligned} \quad (3.1)$$

Dengan L merupakan koefisien yang menunjukkan tingkat kepercayaan.

- Melakukan analisis terhadap kemungkinan penyebab dari penyimpangan yang terjadi, potensi dampak yang ditimbulkan serta *safeguard* yang telah terpasang apa yang dapat digunakan sebagai *safety system*. Serta melakukan perhitungan terhadap *Safety Integrity Level* (SIL) pada plant yang telah terpasang. Dan terakhir menentukan rekomendasi lanjutan dari potensi *Hazard* yang didapatkan.

d. Estimasi Risiko

Estimasi risiko yang dilakukan mencakup analisis terhadap dua kategori yaitu:

a. Likelihood

Likelihood merupakan tingkat keseringan suatu risiko atau bahaya terjadi dalam rentang waktu tertentu. Pada tahap ini digunakan *data report* harian dari bagian *control room* PT. Petrokimia Gresik untuk mengetahui laju kegagalan masing-masing komponen instrumentasi kontrol dan *safeguard*, dan dicari waktu rata-rata komponen mengalami kegagalan atau *Mean*

Time to Failure (MTTF). PT. Petrokimia tidak pernah berhenti berproduksi sehingga nilai *likelihood*, adalah jumlah perbandingan data operasi harian terhadap MTTF. Setelah dilakukan perhitungan, maka level *likelihood* dapat ditentukan berdasarkan pada Tabel 2.3. Periode waktu yang dipakai adalah selama 7 tahun, sehingga *likelihood* dapat ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$Likelihood = \frac{61320}{MTTF} \quad (3.2)$$

Dengan 61320 merupakan waktu 7 tahun dalam satuan hari. Sedangkan untuk komponen yang tidak terdapat dalam *maintenance* data MTTF di dapat dari data *failure rate* yang terdapat pada database *Offshore Reliability Data* (OREDA) 2002. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$MTTF = \frac{1}{failure\ rate\ (\lambda)} \quad (3.3)$$

b. *Consequences*

Consequences ini ditentukan berdasarkan penyimpangan pembacaan *transmitter* dan *indicator* dari rata-rata dilihat pada tingkatan *control limit* yang dicapai oleh data. Tinjauan *consequences* adalah dari segi tingkat kerusakan komponen, dari segi pengaruhnya pada manusia, atau dari segi biaya yang dikeluarkan akibat adanya bahaya yang telah disebutkan tersebut, serta biaya yang hilang akibat terganggunya proses produksi. Berdasarkan *the standard Australia/ New Zealand* (AS/NZS 4360:2004), tingkat *consequences* dapat ditentukan berdasarkan kriteria seperti pada Tabel 2.2.

e. Analisis Risiko

Analisis terhadap risiko dilakukan dengan membuat kombinasi antara *likelihood* dan *consequences* pada tahap estimasi risiko dan menggambarkannya dalam bentuk matriks menggunakan *risk matrix* seperti pada Tabel 2.4 untuk standar AS/NZS 4360:2004 dan Tabel 2.5 untuk standar PT.Petrokimia Gresik .

f. Analisis *Emergency Response Plan* (ERP)

Analisis ERP dilakukan dengan menentukan potensi risiko yang paling berdampak besar dan paling mungkin terjadi yang dapat dilihat pada tabel HAZOP. Setelah itu, dilakukan investigasi terhadap *safeguard* dan langkah evakuasi yang dilakukan jika terjadi bahaya, serta respon dan tanggung jawab dari departemen dan divisi yang terkait langsung dengan bahaya yang terjadi

g. Analisis *Safety Integrity Level*

Analisis *safety integrity level* dilakukan untuk melihat suatu sistem terletak pada tingkat keamanan tertentu. SIL ditentukan dengan mencari nilai PFD rata-rata. Untuk kemudian disesuaikan dengan tabel SIL seperti ditunjukkan pada tabel 2.6.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Alur Proses Sulfur Unit

Sulfur Unit PT. Petrokimia Gresik adalah unit yang akan menghasilkan uap (*steam*) yang akan digunakan dalam proses pembangkitan listrik (*electricity power generation*) pada pabrik III PT. Petrokimia Gresik. Selain digunakan sebagai penggerak turbin, *steam* yang dihasilkan juga akan digunakan pada proses pemanasan (*heating*) untuk produksi asam sulfat dan asam fosfat. Ada 3 *boiler* yang beroperasi di pabrik III PT. Petrokimia Gresik, yaitu B-6201, B-6202, dan B-6203, masing-masing beroperasi sebagai *auxillary* dan *back up boiler* dalam memproduksi *steam*. Dalam tugas akhir ini penyusun hanya menganalisis study HAZOP dan manajemen risiko pada *boiler* B-6203. Proses pada Unit Sulfur dimulai dengan pencairan belerang dengan *steam coil flake* menjadi *liquid sulfur*. Kemudian sulfur cair yang telah dihasilkan akan direaksikan dengan oksigen dan udara, disini akan menghasilkan panas yang akan digunakan dalam membuat *steam* untuk memutar turbin pembangkit listrik. Daya listrik yang dihasilkan adalah 20 MW untuk memenuhi kebutuhan konsumsi listrik di pabrik. Hasil akhir dari proses ini adalah asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi yang dijaga tetap 98,5%. Peran *boiler* B-6203 menjadi vital dalam menghasilkan *steam* tersebut sehingga dalam tugas akhir ini analisis HAZOP dan manajemen risiko disusun atas 4 bagian vital pada *boiler*, yaitu *economizer*, *steam drum*, *superheater*, dan *burner*.

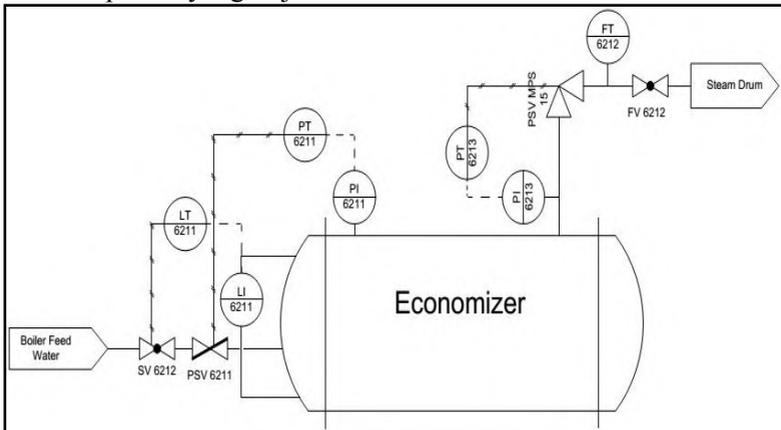
4.2 Analisis Potensi Bahaya

Berdasarkan titik studi (*node*) yang diambil dalam evaluasi potensi bahaya pada *boiler* B-6203 yaitu *economizer*, *steam drum*, *superheater*, dan *burner* akan dapat ditentukan *guideword*, *deviasi*, dan *likelihood*. Data yang dijadikan acuan pengolahan adalah data proses yang didapat dari *log sheet boiler* B-6203 selama 1 bulan pada Maret 2014 yang dapat dilihat pada lampiran

E. Dari *log sheet* yang didapat dari departemen produksi, terdapat satu hari yang hilang datanya yaitu pada 18 Maret 2014. Potensi bahaya yang ditimbulkan dapat dilihat pada penyimpangan dari kondisi rata-rata operasi yang ditentukan dengan *guide word* dan dinyatakan dengan deviasi.

4.2.1 Potensi Bahaya *Economizer*

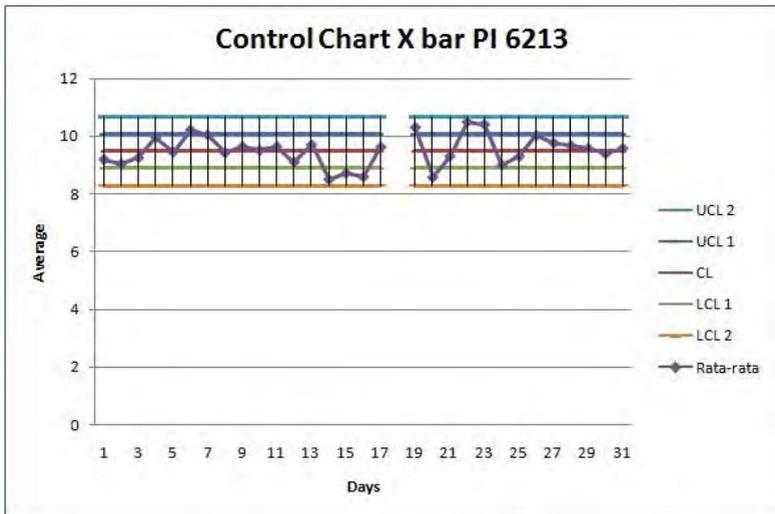
Economizer mendukung pemanasan awal (*pre heat*) boiler feed water sebelum masuk ke *steam drum*. Ada 5 komponen instrumentasi yang terdapat pada *economizer* yaitu flow valve 6212 (FV-6212), flow transmitter 6212 (FT-6212), level indicator 6212 (LI-6212), level transmitter 6212 (LT-6212), dan pressure indicator 6213 (PI-6213). Pada komponen FV-6212 tidak terdapat data *log sheet*, karena memang *flow* yang mengalir masuk ke *economizer* merupakan variabel bebas yang mengikuti keadaan proses yang terjadi.



Gambar 4.1 *Node Economizer*

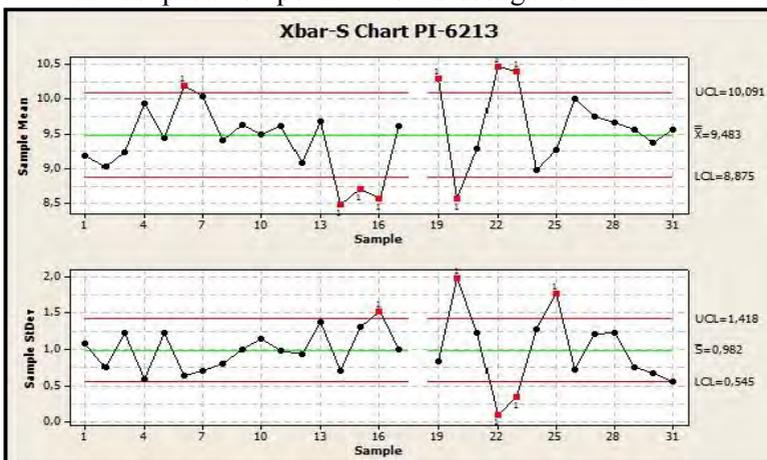
➤ *Guide Word* dan Deviasi

Berdasarkan data proses dari *node economizer* dapat diperoleh grafik penyimpangan pembacaan transmitter terhadap rata-rata operasi harian untuk komponen *pressure indicator* 6213(PI-6213).



Gambar 4.2 Grafik *control chart* \bar{x} untuk PI-6213

Sedangkan untuk melihat deviasi dari kondisi operasi rata-rata berada didalam atau diluar batas kontrol digunakan *control chart* deviasi pada komponen PI-6213 sebagai berikut:



Gambar 4.3 Grafik *control chart* \bar{x} -s untuk PI-6213

Dari grafik pada gambar 4.2 dan 4.3 diatas didapatkan bahwa banyak data pembacaan *transmitter* yang berada diatas nilai rata-

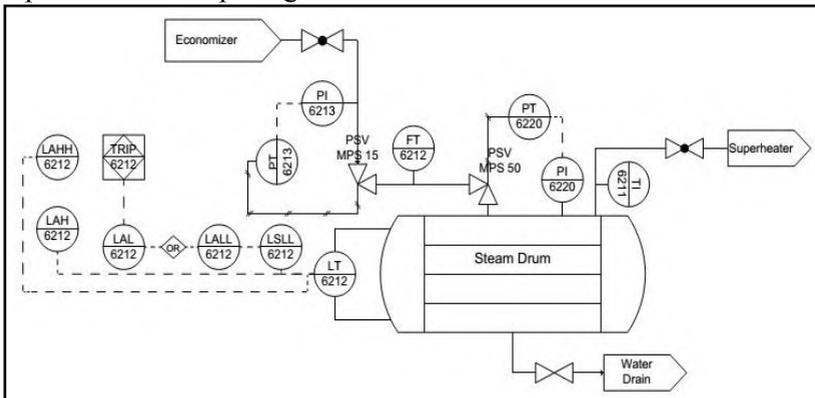
ratanya sebesar 9,48 Psig dengan deviasi rata-rata sebesar 0,962. Sehingga *guide word* yang digunakan adalah *high* dengan deviasi *high pressure*. Grafik *control chart* rata-rata dan deviasi pada komponen instrumen yang lain pada *node economizer* dapat dilihat pada lampiran B. Setelah dilakukan analisis terhadap penyimpangan kondisi operasi harian diperoleh *guide word* dan deviasi untuk masing-masing komponen instrumen pada *node economizer* seperti ditunjukkan oleh tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 *GuideWord* dan Deviasi komponen *Economizer*

No.	Component	Guideword	Deviation
1	Flow Transmitter (FT-6212)	Less	Less Flow
		More	More Flow
2	Level Transmitter (LT-6211)	Less	Less level
3	Pressure Indicator (PI-6213)	High	High Pressure

4.2.2 Potensi Bahaya *Steam drum*

Setelah melewati *economizer*, *feed water* yang telah sebagian berubah menjadi *steam* akan memasuki *steam drum* untuk dipisahkan fase uap dengan fase cair.

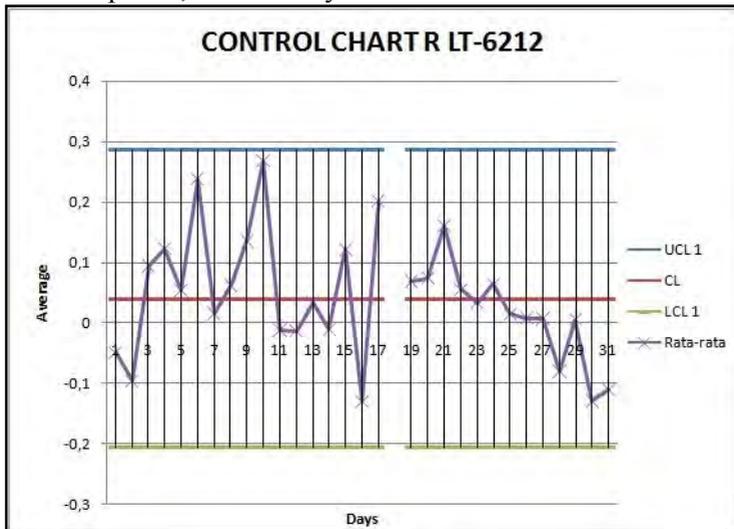


Gambar 4.4 *Node Steam Drum*

Ada 4 komponen instrumentasi utama dalam *steam drum* yang membantu proses didalamnya yaitu *level transmitter* 6212 (LT-6212), *flow transmitter* 6212 (FT-6212), *pressure indicator* 6213 (PI-6213), dan *pressure indicator* 6220 (PI-6220).

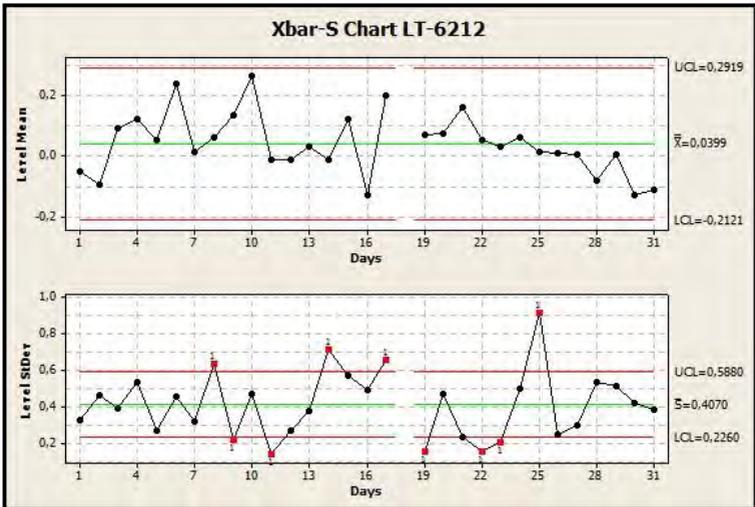
➤ *Guide Word* dan Deviasi

Berdasarkan data proses harian *node steam drum*, dapat diperoleh grafik *control chart* terhadap rata-rata operasi untuk semua komponen, salah satunya adalah LT-6212.



Gambar 4.5 Grafik *control chart* \bar{x} untuk LT-6212

Dari grafik diatas didapatkan bahwa kondisi operasi harian tidak terlalu jauh dari rata-rata operasi dalam satu bulan, sehingga komponen LT-6212 masih dalam batas kontrol yang diinginkan. Pada semua hari dalam satu bulan kondisi operasi tidak ada yang keluar dari batas kendali rata-rata operasi, hal ini menunjukkan bahwa level *feed water* yang ditampung pada *steam drum* merupakan *process variable* yang dikendalikan. Sebagai akibatnya *flow feed water* dari *economizer* menuju ke *steam drum* mengikuti naik turunnya level ini. Deviasi operasi dalam satu bulan dapat dilihat pada *control chart* deviasi pada gambar 4.6 berikut ini:



Gambar 4.6 Grafik *control chart* \bar{x} -s untuk LT-6212

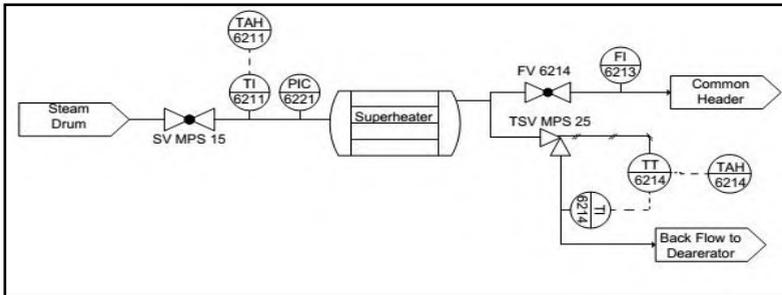
Grafik *control chart* pada komponen instrumen yang lain dapat dilihat pada lampiran B. Sedangkan *guide word* dan deviasi dari semua komponen instrumen *node steam drum* ditunjukkan pada tabel 4.2 berikut ini:

Tabel 4.2 *GuideWord* dan Deviasi komponen *Steam Drum*

No.	Component	Guideword	Deviation
1	<i>Flow Transmitter (FT-6212)</i>	Less	<i>Less Flow</i>
2	<i>Level Transmitter (LT-6212)</i>	Less	<i>Less level</i>
3	<i>Pressure Indicator (PI-6220)</i>	<i>Low</i>	<i>Low Pressure</i>
4	<i>Pressure Indicator (PI-6213)</i>	<i>High</i>	<i>High Pressure</i>

4.2.3 Potensi Bahaya *Superheater*

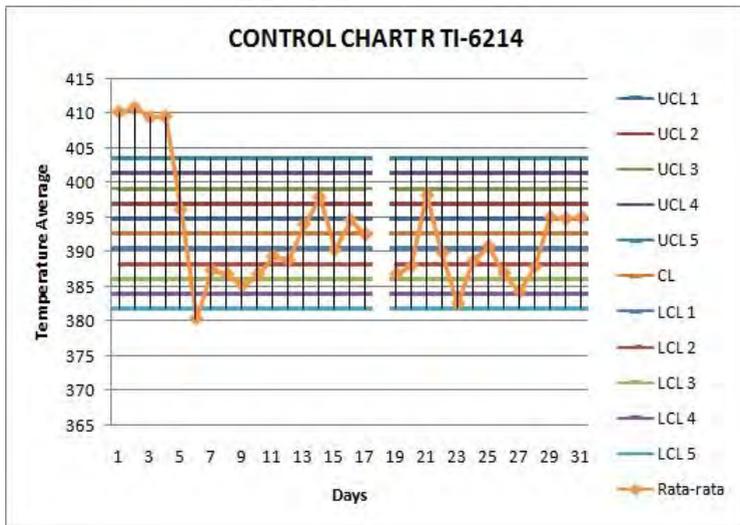
Uap akan mengalir dari *steam drum* menuju *superheater* untuk dipanaskan menjadi uap panas lanjut (*main steam*) yang digunakan untuk melakukan kerja terhadap turbin.



Gambar 4.7 Node Superheater

Ada 4 komponen instrumentasi yang bekerja pada sistem kontrol *superheater* yaitu *flow transmitter* 6213 (FT-6213), *pressure indicating controller* 6221 (PIC-6221), *temperature indicator* 6211 (TI-6211), dan *temperature indicator* 6214 (TI-6214).

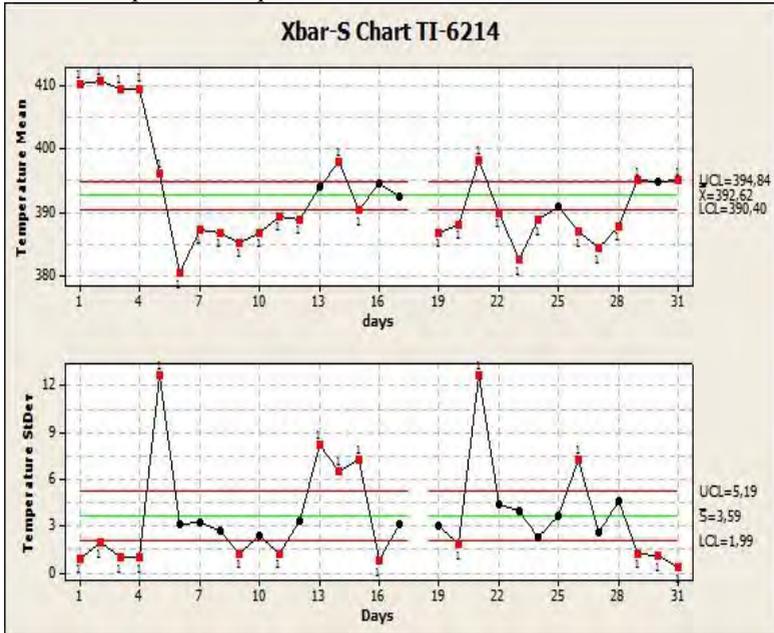
➤ *Guide Word* dan *Deviasi*



Gambar 4.8 Grafik *control chart* \bar{x} untuk TI-6214

Gambar 4.8 menunjukkan *control chart* rata-rata untuk komponen *temperature indicator* (TI-6214), sedangkan *control chart* rata-rata dan *control chart* deviasi dari komponen instrumen yang lain dapat dilihat pada lampiran B. Untuk mengetahui

deviasi dari operasi rata-rata selama satu bulan untuk komponen TI-6214 dapat dilihat pada *control chart* deviasi berikut ini:



Gambar 4.9 Grafik *control chart* \bar{x} -s untuk TI-6214

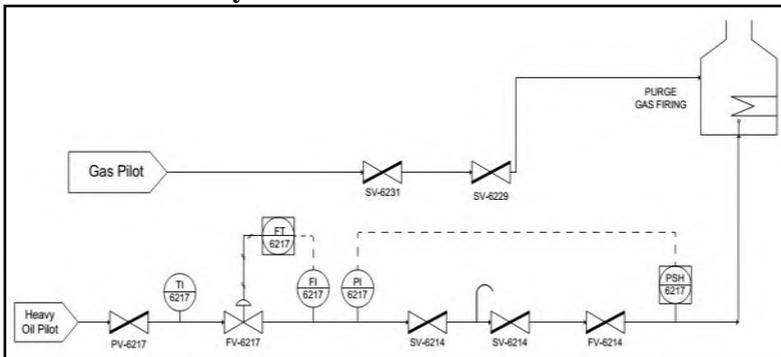
Dari grafik pada gambar 4.8 dan 4.9 di atas dapat dilihat bahwa pada beberapa hari penunjukan *temperature* ada pada kondisi *out of control* dengan deviasi rata-rata 3,59. Hal ini hampir berlaku untuk semua komponen instrumentasi pada *node superheater*, dimana penunjukan *indicator* dan *transmitter* mengarah pada suatu keadaan dimana temperatur dan tekanan proses berada diatas dan dibawah rata-rata operasi dalam satu bulan. Ketidakstabilan tekanan dan temperatur ini bergantung dari kondisi *steam* yang akan dipanaskan. Meskipun mengalami ketidakstabilan, pembacaan temperatur dan tekanan tidak terlalu jauh dari batas *set point* yang diinginkan.

Berikut adalah *guide word* dan deviasi untuk semua komponen yang terdapat pada *superheater* berdasarkan analisis *control chart* yang telah dibuat.

Tabel 4.3 *GuideWord* dan Deviasi Komponen *Superheater*

No.	Component	Guideword	Deviation
1	<i>Flow Transmitter</i> (FT-6213)	Less	Less <i>Flow</i>
2	<i>Pressure Indicating Controller</i> (PIC-6221)	<i>High</i>	<i>High Pressure</i>
3	Temperature Indicator (TI-6211)	<i>Low</i>	<i>Low Temperature</i>
		<i>High</i>	<i>High Temperature</i>
4	Temperature Indicator (TI-6214)	<i>Low</i>	<i>Low Temperature</i>
		<i>High</i>	<i>High Temperature</i>

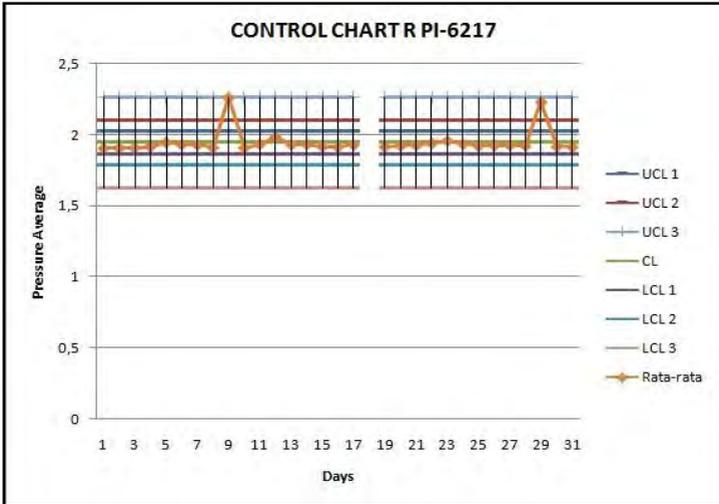
4.2.4 Potensi Bahaya *Burner*

**Gambar 4.10** *Node Burner*

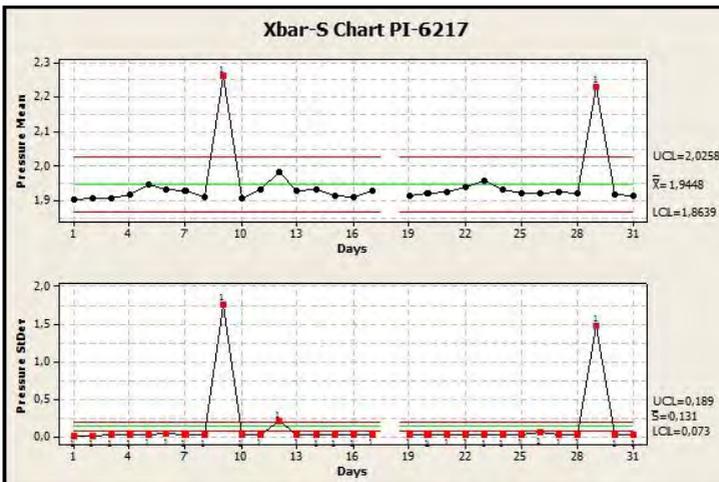
Burner berfungsi untuk memberikan pemanasan dengan temperatur yang tinggi pada *furnace* (tungku pembakaran). Terdapat beberapa komponen yang terdapat pada *burner*, namun komponen yang terdapat pada log sheet hanya ada 4 yaitu *flow indicator* (FI-6217), *flow indicating controller* (FIC-6219A), *pressure indicator* (PI-6217), dan *temperature indicator* (TI-6217).

➤ *Guide Word* dan Deviasi

Control chart untuk semua komponen instrumen pada *burner* terdapat pada lampiran B. Berikut adalah *control chart* untuk PI-6217



Gambar 4.11 Grafik *control chart* \bar{x} untuk PI-6217



Gambar 4.12 Grafik *control chart* \bar{x} -s untuk PI-6217

Dari kedua jenis *control chart* diatas, dapat ditentukan *guide word* dan deviasi untuk semua komponen instrumen yang ada pada *node burner* seperti ditunjukkan pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 *GuideWord* dan Deviasi Komponen *Burner*

No.	Component	Guideword	Deviation
1	<i>Flow Indicator</i> (FI-6217)	Less	Less <i>Flow</i>
2	<i>Flow Indicating Controller</i> (FIC-6219A)	Less	Less <i>Flow</i>
		More	More <i>Flow</i>
3	<i>Pressure Indicator</i> (PI-6217)	<i>High</i>	<i>High Pressure</i>
4	<i>Temperature Indicator</i> (TI-6217)	As Well As	As Well As Temperature

4.3 Analisis Risiko

Analisis risiko merupakan evaluasi terhadap peluang dampak *hazard* yang terjadi akibat penyimpangan dari kondisi operasi rata-rata. Analisis risiko ditinjau dari parameter *likelihood* (peluang) dan *consequences* (dampak), serta dinyatakan dalam *risk matrix* sebagaimana terdapat pada tabel 2.3. Dalam tugas akhir ini menggunakan dua acuan untuk standar penentuan *consequences* yaitu berdasarkan berapa tingkatan *control limit* yang dicapai pada *control chart* standard deviasi dari setiap komponen instrumen masing-masing *node* untuk selanjutnya dilihat pada tabel *consequences* berdasarkan standar AS/NZS 4360:2004 seperti pada tabel 2.1. Selain itu juga menggunakan kriteria dampak yang telah dibuat dalam Kriteria Profil Risiko oleh Departemen Produksi dan Pemeliharaan III PT. Petrokimia Gresik (**Lampiran D**). Penggunaan dua acuan tersebut juga berlaku untuk penentuan *likelihood* seperti pada tabel 2.2. Hal ini dikarenakan terdapat beberapa penyesuaian terhadap kondisi proses yang terjadi di pabrik, salah satunya adalah *flow steam* yang dalam kondisi *real* dilapangan mengikuti intensitas produksi

pabrik. Ada 3 parameter yang dikendalikan dalam proses produksi yaitu *level*, *pressure*, dan *temperature*.

4.3.1 Penentuan Kriteria *Likelihood*

Likelihood ditentukan berdasarkan data *maintenance* dan kalibrasi instrumen yang didapat dari departemen instrumentasi Pabrik III. Sedangkan untuk komponen yang tidak terdapat data *maintenance* dihitung menggunakan OREDA (*Offshore Reliability Data*) 2002. Persamaan 3.2 akan digunakan untuk menentukan *likelihood*, yaitu dengan membandingkan waktu operasi masing-masing komponen dengan *Mean Time To Failure* (MTTF) komponen tersebut. Sedangkan MTTF dihitung menggunakan persamaan 3.3 dengan mencari waktu rata-rata dari suatu instrumen hingga mengalami *maintenance* dan kalibrasi. Kriteria *likelihood* untuk *node economizer* dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut ini:

Tabel 4.5 Kriteria *Likelihood* pada *Node Economizer*

<i>Instrument</i>	MTTF	<i>Likelihood</i>	Kriteria <i>Likelihood</i>
FT-6212	32832	1,87	E (1)
LT-6211	15564	3,94	C (3)
PI-6213	17519,27	3,50	C (3)

Berdasarkan tabel 4.3 diatas didapat dua kriteria *likelihood*, kriteria *likelihood* menggunakan standar AS/NZS 4360:2004 menggunakan notasi abjad dan kriteria *likelihood* menggunakan standar Kriteria Profil Risiko pabrik III PT. Petrokimia Gresik menggunakan notasi angka. Dari kedua standar yang digunakan tersebut didapatkan bahwa ada dua instrumen dengan kategori *moderate* atau *acceptable/barely acceptable* dan satu instrumen dengan kategori *rare* atau *brand new/excellence*. Hal ini menunjukkan bahwa semua instrumen dalam *node economizer* masih layak digunakan dengan laju kegagalan kurang dari 4 kali dalam 7 tahun. Namun demikian potensi kegagalan akan semakin

meningkat seiring dengan meningkatnya waktu operasional komponen-komponen tersebut. Sedangkan kriteria *likelihood* untuk *node steam drum* dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini:

Tabel 4.6 Kriteria *Likelihood* pada *node Steam Drum*

<i>Instrument</i>	MTTF	<i>Likelihood</i>	Kriteria <i>Likelihood</i>
FT-6212	32832	1,87	E (1)
LT-6212	17519,27	3,50	C (3)
PI-6220	173913,04	0,35	E (1)
PI-6213	17519,27	3,50	C (3)

Tidak jauh berbeda dengan *node economizer* kriteria *likelihood* untuk 4 komponen utama pada *node steam drum* juga menghasilkan dua komponen dengan kategori *moderate* atau *acceptable/barely acceptable* dan dua komponen dengan kategori *rare* atau *brand new/excellence*. Berikut ini merupakan kriteria *likelihood* untuk *node superheater*.

Tabel 4.7 Kriteria *Likelihood* pada *node Superheater*

<i>Instrument</i>	MTTF	<i>Likelihood</i>	Kriteria <i>Likelihood</i>
FT-6213	31560	1,94	E (1)
PIC-6221	131926,12	0,46	E (1)
TI-6211	173913,04	0,35	E (1)
TI-6214	39816	1,54	E (1)

Kriteria *likelihood* pada *node superheater* menunjukkan bahwa semua komponen didalamnya memiliki kategori *rare* atau *brand new/excellence*. Hal tersebut menunjukkan bahwa semua komponen pada *superheater* sangat jarang mengalami kegagalan

dalam operasinya. Pada tabel 4.8 berikut menunjukkan kriteria *likelihood* pada *node burner*.

Tabel 4.8 Kriteria *Likelihood* pada *node Burner*

<i>Instrument</i>	MTTF	<i>Likelihood</i>	Kriteria <i>Likelihood</i>
FT-6217	30792	1,99	E (1)
FIC-6219 A	30792	1,99	E (1)
PI-6217	50658,56	1,21	E (1)
TI-6217	156494,52	0,39	E (1)

Dalam tabel 4.8 menunjukkan bahwa semua komponen pada *node burner* ternyata memiliki kriteria *likelihood rare* atau *brand new/excellence*. Hal tersebut juga menunjukkan bahwa semua komponen pada *node burner* sangat jarang mengalami kerusakan atau kegagalan, sehingga masih layak untuk digunakan.

4.3.2 Estimasi *Consequences*

Estimasi *consequences* dilakukan untuk mengetahui perkiraan tingkat keparahan (*severity*) dari kemungkinan dampak yang ditimbulkan oleh penyimpangan terhadap rata-rata operasi yang terjadi. Dari data proses telah dibuat *control chart* \bar{x} yang menunjukkan beberapa tingkatan *control limit* yang dicapai oleh data. Dari tingkatan *control limit* tersebut kemudian disesuaikan dengan kategori *consequences* yang terdapat pada tabel 2.1. Estimasi *consequences* untuk *node economizer* dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut ini.

Tabel 4.9 Kriteria *Consequences node Economizer*

No.	Instrument	Kriteria Consequences AS/NZS	Kriteria Consequences Petrokimia
1	FT-6212	5	1
		5	1
2	LT-6211	1	1
3	PI- 6213	2	2

Dari tabel 4.9 dapat diketahui kriteria *consequences* dari *node economizer*. Terjadi perbedaan antara kriteria *consequences* menggunakan standar AS/NZS dan standar yang dibuat oleh PT. Petrokimia. Perbedaan tersebut terjadi untuk parameter *flow* pada komponen FT-6212. Berdasarkan *control chart* \bar{x} komponen FT-6212 yang terdapat pada lampiran B1, komponen memiliki 5 tingkat *control limit*, sehingga kriteria *consequences* bernilai 5 atau termasuk kategori *catastrophic* dengan tingkat keparahan yang sangat tinggi bila terjadi kegagalan dan melanggar peraturan keselamatan kerja. Sedangkan berdasarkan kriteria dampak yang dibuat oleh PT. Petrokimia Gresik diperoleh kriteria bernilai 1 atau tidak berdampak pada proses yang berlangsung, karena *flow* merupakan variabel yang mengikuti naik turunnya *level* sesuai proses yang berlangsung. Sedangkan untuk dua komponen yang lain tidak terjadi perbedaan pada kedua standar yang digunakan. Untuk komponen *level transmitter* (LT-6211) kedua standar menunjukkan kriteria dampak bernilai 1, yang berarti sistem beroperasi dengan aman, dan jika terjadi gangguan tidak berdampak pada proses. Pada komponen *pressure indicator* (PI-6213) menunjukkan kriteria bernilai 2, yang berarti jika terjadi kegagalan pada PI-6213 menyebabkan terjadinya sedikit gangguan pada proses yang berlangsung. Secara umum, berdasarkan proses yang terjadi di pabrik, tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan oleh kegagalan instrumen pada *node economizer* tidak terlalu berdampak pada proses

Kriteria *consequences* untuk *node steam drum* ditunjukkan oleh tabel 4.10 berikut ini.

Tabel 4.10 Kriteria *Consequences node Steam Drum*

No.	Instrument	Kriteria Consequences AS/NZS	Kriteria Consequences Petrokimia
1	FT-6212	5	1
2	LT-6212	1	1
3	PI- 6220	5	5
4	PI- 6213	2	2

Kriteria *consequences node steam drum* seperti ditunjukkan pada tabel 4.10, menunjukkan perbedaan kriteria dari kedua standar untuk parameter *flow* sebagaimana telah dijelaskan pada penjelasan sebelumnya. Sedangkan terdapat komponen dengan tingkat kriteria dampak bernilai 5, yaitu *pressure indicator* (PI-6220). Hal ini menunjukkan bahwa jika terjadi kegagalan maka akan menyebabkan pabrik *shut down* dan melanggar peraturan pemerintah tentang keselamatan kerja. Dampak tersebut cukup beralasan mengingat fungsi dari PI-6220 adalah sebagai indikator tekanan dalam *steam drum*. Sedangkan pada *equipment* yang lain hanya sedikit berpengaruh pada proses jika terjadi kegagalan.

Tabel 4.11 berikut menunjukkan kriteria *consequences* untuk *node superheater*

Tabel 4.11 Kriteria *Consequences Node Superheater*

No.	Instrument	Kriteria Consequences AS/NZS	Kriteria Consequences Petrokimia
1	<i>Flow</i> Transmitter (FT-6213)	5	1
2	<i>Pressure</i> Indicating Controller(PIC-6221)	2	2
3	Temperature Indicator (TI-6211)	5	5
		5	4

Tabel 4.11 Lanjutan

No.	Instrument	Kriteria Consequences AS/NZS	Kriteria Consequences Petrokimia
4	Temperature Indicator (TI-6214)	5	5
		5	4

Pada *node superheater* diperoleh kriteria dampak bernilai 5 untuk dua komponen instrumentasi, yaitu TI-6211 dan TI-6214. Kriteria dampak tersebut akan mengakibatkan pabrik *shut down* dan melanggar peraturan pemerintah jika terjadi kegagalan. Sedangkan untuk 2 komponen instrumen yang lain, hanya akan menyebabkan penurunan *rate* produksi.

Sedangkan kriteria *consequences* pada *node burner* dapat dilihat pada tabel 4.12 sebagai berikut:

Tabel 4.12 Kriteria *Consequences Node Burner*

No.	Instrument	Kriteria Consequences AS/NZS	Kriteria Consequences Petrokimia
1	<i>Flow</i> Indicator (FT-6217)	5	1
2	<i>Flow</i> Indicating Controller (FIC-6219A)	5	1
		5	1
3	<i>Pressure</i> Indicator (PI-6217)	3	3
4	Temperature Indicator (TI-6217)	1	1

Berdasarkan tabel 4.12 mayoritas kriteria *consequences* pada komponen instrumentasi *node burner* berada pada nilai 1 yang tidak berdampak pada proses jika terjadi kegagalan. Hanya satu

komponen instrumen yang bernilai 3, yaitu PI-6217, jika terjadi kegagalan akan menyebabkan *equipment* kehilangan fungsi utamanya dan terjadi penurunan *rate* produksi.

4.3.3 Analisis Risk Matrix

Tahapan analisis risiko berikutnya adalah pembuatan *risk matrix*. Risiko merupakan hasil perkalian antara *likelihood* dan *consequences* yang dapat dilihat pada *risk matrix*. *Risk matrix* yang digunakan sesuai pada tabel 2.3 dengan menggunakan standar AS/NZS 4360:2004 dan juga menggunakan *risk matrix* berdasarkan standar PT. Petrokimia Gresik sebagaimana terdapat pada tabel 2.4. Tabel 4.13 dan 4.14 menunjukkan hasil analisis risiko untuk *node economizer*.

Tabel 4.13 *Risk Matrix Node Economizer* Berdasarkan Standard Pabrik

<i>Likelihood</i>	Consequences				
	Kategori Alat C 1	Kategori Alat B 2	Kategori Alat B 3	Kategori Alat A 4	Kategori Alat A & L & L 5
1 (Brand New / Excellences)	L (2)				
2 (Very Good / Good, Serviceable)					
3 (Acceptable / Barely Acceptable)	L (1)	M (1)			
4 (Below Standar / Poor)					
5 (Bad atau Unusable)					

Tabel 4.14 *Risk Matrix Node Economizer* berdasarkan standard AS/NZS

<i>Likelihood</i>	Consequences				
	Kategori Alat C 1	Kategori Alat B 2	Kategori Alat B 3	Kategori Alat A 4	Kategori Alat A & L & L 5
A (Almost Certain)					
B (Likely)					
C (Moderate)	L (1)	M (1)			
D (Unlikely)					
E (Rare)	L (2)				

Dari tabel 4.13 dan tabel 4.14 diatas didapatkan hasil satu instrumen memiliki tingkat risiko sedang, yaitu PI-6213 karena berada pada tingkat *consequences* bernilai 2 dan *likelihood* bernilai C atau 3. Sedangkan instrumen yang lain berada pada tingkat risiko yang rendah. Dari kedua tabel *risk matrix* diatas terjadi perbedaan pada urutan penyusunan *likelihood*. Pada tabel *risk matrix* dengan menggunakan standard AS/NZS 4360:2004 urutan *likelihood* disusun secara vertikal kebawah dari tingkat *likelihood* paling sering ke tingkat paling jarang. Sebaliknya pada standar yang dibuat oleh PT.Petrokimia Gresik, urutan *likelihood* disusun secara vertikal keatas dari tingkat *likelihood* paling sering ke tingkat *likelihood* paling jarang. Dari hasil yang didapat pada *risk matrix, node economizer* memiliki tingkat risiko yang rendah hingga sedang, tidak ada tingkat risiko tinggi yang terdapat. Dari analisis risiko diatas dapat ditentukan kemungkinan sebab dan rekomendasi yang dapat dilihat di tabel HAZOP pada lampiran A.

Tabel 4.15 *Risk Matrix Node Steam Drum* Berdasarkan Standard Pabrik

<i>Likelihood</i>	Consequences				
	Kategori Alat C 1	Kategori Alat B 2	Kategori Alat B 3	Kategori Alat A 4	Kategori Alat A & L & L 5
1 (Brand New / Excellences)	L (1)				M (1)
2 (Very Good / Good, Serviceable)					
3 (Acceptable / Barely Acceptable)	L (1)	M (1)			
4 (Below Standar / Poor)					
5 (Bad atau Unusable)					

Tabel 4.16 *Risk Matrix Node Steam Drum* Berdasarkan Standard AS/NZS

<i>Likelihood</i>	Consequences				
	Kategori Alat C 1	Kategori Alat B 2	Kategori Alat B 3	Kategori Alat A 4	Kategori Alat A & L A & L 5
A (Almost Certain)					

Tabel 4.16 Lanjutan

<i>Likelihood</i>	Consequences				
	Kategori Alat C 1	Kategori Alat B 2	Kategori Alat B 3	Kategori Alat A 4	Kategori Alat A & L & L 5
B (Likely)					
C (Moderate)	L (1)	M (1)			
D (Unlikely)					
E (Rare)	L (1)				H (1)

Tabel 4.15 dan tabel 4.16 menunjukkan bahwa pada *node steam drum* terdapat satu kondisi dengan tingkat risiko *high*, yaitu pada komponen PI-6220. Kondisi tersebut terjadi ketika mengacu pada tabel *risk matrix* standar AS/NZS 4360:2004. Namun komponen PI-6220 menghasilkan tingkat risiko sedang jika mengacu pada tabel *risk matrix* standar PT.Petrokimia Gresik. Perbedaan ini disebabkan karena perbedaan urutan penyusunan dan kriteria risiko yang digunakan pada *risk matrix*. Hasil perkalian antara *consequences* dan *likelihood* pada PI-6220 menghasilkan nilai 5, nilai tersebut dalam tabel *risk matrix* standar AS/NZS 4360:2004 menghasilkan kriteria “*high*”, sedangkan nilai tersebut dalam standar yang telah dibuat pabrik menghasilkan kriteria “*medium*”. Sedangkan untuk tiga instrumen yang lain, dua diantaranya menghasilkan tingkat risiko *low* dan satu *medium*. *Level steam drum* memiliki kriteria *low* karena terdapat alarm (LAH 6212, LAHH 6212, LAL 6212, dan LALL 6212) yang merupakan layer proteksi ketiga dalam *Layer of Protection Analysis* (LOPA) sehingga dapat mereduksi potensi bahaya yang terjadi (Musyafa, 2013).

Sedangkan hasil analisis risiko dengan menggunakan *risk matrix* untuk *node superheater* dapat dilihat pada tabel 4.17 dan 4.18 berikut ini:

Tabel 4.17 *Risk Matrix Node Superheater* Berdasarkan Standard Pabrik

<i>Likelihood</i>	Consequences				
	Kategori Alat C 1	Kategori Alat B 2	Kategori Alat B 3	Kategori Alat A 4	Kategori Alat A & L 5
1 (Brand New / Excellences)	L (1)	L (1)		L (2)	M(2)
2 (Very Good / Good, Serviceable)					
3 (Acceptable / Barely Acceptable)					
4 (Below Standar / Poor)					
5 (Bad atau Unusable)					

Tabel 4.18 *Risk Matrix Node Superheater* Berdasarkan Standard AS/NZS

<i>Likelihood</i>	Consequences				
	Kategori Alat C 1	Kategori Alat B 2	Kategori Alat B 3	Kategori Alat A 4	Kategori Alat A & L 5
A (Almost Certain)					
B (Likely)					

Tabel 4.18 Lanjutan

<i>Likelihood</i>	Consequences				
	Kategori Alat C 1	Kategori Alat B 2	Kategori Alat B 3	Kategori Alat A 4	Kategori Alat A & L & L 5
C (Moderate)					
D (Unlikely)					
E (Rare)	L (1)	L (1)			H (4)

Dari tabel 4.17 *risk matrix* pada *node superheater* didapatkan bahwa berdasarkan standar pabrik, terdapat 2 kondisi komponen yang berada pada kondisi risiko rendah karena telah terdapat *protection layer* berupa alarm yang mengcover risiko pada kondisi *high temperature* pada *node superheater*, sehingga semua bernilai *low risk*. Sedangkan untuk kondisi *low temperature* bernilai moderate karena tidak ada layer proteksi berupa alarm untuk kondisi *low temperature*. Hal sebaliknya terjadi untuk tabel *risk matrix* dengan menggunakan standar AS/NZS, dalam tabel 4.18 terdapat kategori risiko tinggi mendominasi dengan hasil perkalian *consequences* dan *likelihood* bernilai 5

Analisis risiko untuk *node burner* ditunjukkan dalam risk matrix pada tabel 4.19 dan 4.20 berikut ini.

Tabel 4.19 *Risk Matrix Node Burner* Berdasarkan Standard Pabrik

<i>Likelihood</i>	Consequences				
	Kategori Alat C 1	Kategori Alat B 2	Kategori Alat B 3	Kategori Alat A 4	Kategori Alat A & L 5
1 (BrandNew/Excellences)	L (4)		L (1)		

Tabel 4.19 Lanjutan

<i>Likelihood</i>	Consequences				
	Kategori Alat C 1	Kategori Alat B 2	Kategori Alat B 3	Kategori Alat A 4	Kategori Alat A & L 5
2 (Very Good / Good, Serviceable)					
3 (Acceptable / Barely Acceptable)					
4 (Below Standar / Poor)					
5 (Bad atau Unusable)					

Tabel 4.20 *Risk Matrix Node Burner* Berdasarkan Standar AS/NZS

<i>Likelihood</i>	Consequences				
	Kategori Alat C 1	Kategori Alat B 2	Kategori Alat B 3	Kategori Alat A 4	Kategori Alat A & L 5
A (Almost Certain)					
B (Likely)					
C (Moderate)					
D (Unlikely)					

Tabel 4.20 Lanjutan

<i>Likelihood</i>	Consequences				
	Kategori Alat C 1	Kategori Alat B 2	Kategori Alat B 3	Kategori Alat A 4	Kategori Alat A & L 5
E (Rare)	L (4)		M (1)		

Dari tabel 4.19, analisis risiko dengan menggunakan *risk matrix* standar pabrik diperoleh bahwa semua komponen instrumen di *node burner* memiliki kriteria risiko bernilai rendah. Sedangkan pada standar AS/NZS 4360:2004 pada tabel 4.20 diperoleh bahwa *pressure indicator* (PI-6217) yang bernilai 3 dari hasil perkalian *consequences* dan *likelihood* memiliki kriteria risiko sedang. Sedangkan 4 komponen lainnya memiliki kriteria risiko rendah. Tabel HAZOP dan rekomendasi untuk *node burner* terdapat pada lampiran A.

4.4 Analisis *Emergency Response Plan*

Berdasarkan analisis risiko yang telah dibuat, kebakaran merupakan bahaya yang sangat berpotensi terjadi pada semua *node boiler* yang dianalisis. Hal ini dikarenakan *boiler* beroperasi pada temperatur yang tinggi. Hal yang menjadi faktor penyebab kebakaran diantaranya adalah rendahnya level fluida pada *steam drum* yang bisa menyebabkan tekanan pada *steam drum* meningkat karena ruangan pada *steam drum* akan terisi oleh udara dengan temperatur yang tinggi, pada *burner* juga berpotensi terjadi kebakaran jika aliran bahan bakar terlalu banyak dan terjadi kesalahan dalam operasional *boiler*. Di PT. Petrokimia Gresik *emergency response plan* dinamakan sebagai Prosedur Penanganan Keadaan Darurat Pabrik (PKDP).

A. Tujuan

Tujuan dibuatnya PKDP adalah sebagai pedoman penanggulangan keadaan darurat pabrik yang terjadi pada jam

kerja normal maupun diluar jam normal kerja (shift) dan atau hari libur perusahaan.

B. Ruang Lingkup

Prosedur ini berlaku untuk semua unit kerja yang ada di PT.Petrokimia Gresik.

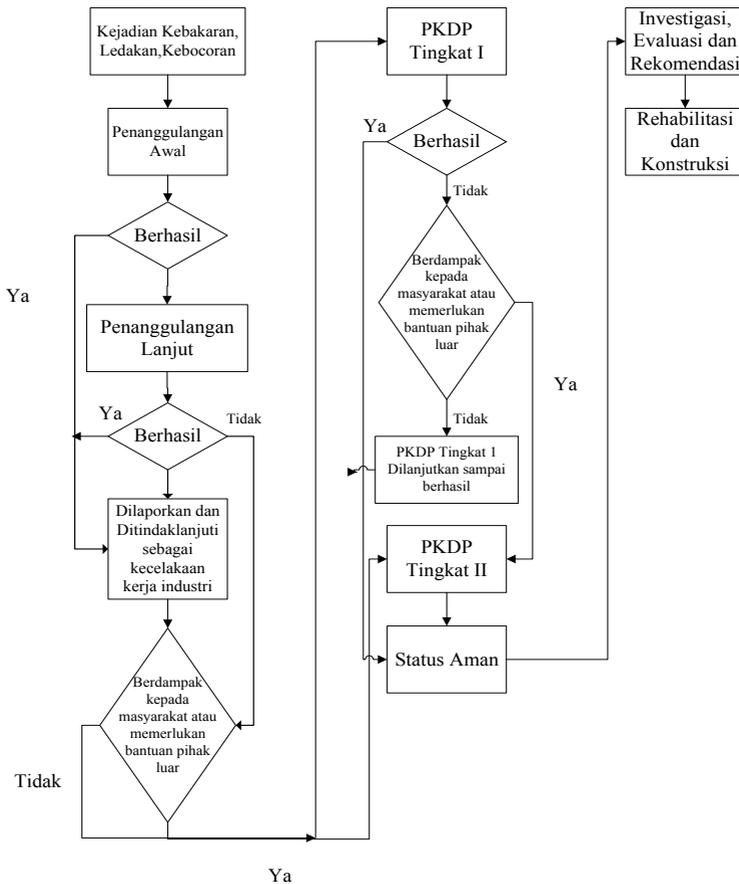
C. Definisi

Beberapa definisi yang digunakan dalam analisis *emergency response plan* ini adalah sebagai berikut:

1. Keadaan darurat sendiri merupakan kejadian kebakaran dan/atau peledakan dan/atau kebocoran bahan berbahaya dan beracun dalam skala besar yang dapat menimbulkan kerusakan aset perusahaan, mengancam kesehatan karyawan, masyarakat maupun keselamatan lingkungan.
2. Keadaan Darurat Pabrik Tingkat-I adalah keadaan darurat pabrik yang menimbulkan dampak kerugian didalam kawasan pabrik dan penanggulangannya dapat diatasi dengan pengerahan potensi karyawan dan beberapa fasilitas perusahaan sehingga tanpa memerlukan bantuan dari pihak instansi diluar pabrik
3. Keadaan Darurat Pabrik Tingkat-II adalah keadaan darurat pabrik yang menimbulkan dampak kerugian hingga sampai keluar lingkungan perusahaan sehingga penanggulangannya selain dari pengerahan potensi karyawan dan fasilitasnya juga memerlukan bantuan pihak instansi dari luar perusahaan.
4. Prosedur Penanggulangan Keadaan Darurat Pabrik (PKDP) adalah segala upaya yang dilakukan perusahaan untuk menanggulangi keadaan pabrik mulai dari penanggulangan awal, penanggulangan lanjut, penanggulangan keadaan darurat tingkat-I, penanggulangan keadaan darurat tingkat-II, investigasi, evaluasi dan rekomendasi sampai dengan rahabilitasi

D. Penanggulangan Keadaan Darurat Pabrik

Penanggulangan keadaan darurat pabrik terdapat beberapa kriteria kondisi yang digunakan yaitu Penanggulangan Awal, Penanggulangan Lanjut, Bila Penanggulangan Lanjut Tidak Berhasil, Penanggulangan Keadaan Darurat Pabrik Tingkat-I, Penanggulangan Keadaan Darurat Pabrik Tingkat-II, Status Aman, Investigasi, Evaluasi Dan Rekomendasi, serta Rehabilitasi Dan Rekonstruksi.



Gambar 4.13 Alur Kejadian Penanggulangan Keadaan Bahaya

D.1 Penanggulangan Awal

Dalam penanggulangan awal terdapat beberapa tindakan yang harus dilakukan oleh saksi mata atau karyawan yang pertama kali mengetahuinya adalah:

1. Melakukan tindakan penanggulangan awal (bila mampu dan keadaan memungkinkan)
2. Menolong jika ada korban (bila mampu dan keadaan memungkinkan)
3. Melaporkan kejadian kepada pimpinan di tempat (kepala regu/kepala seksi) unit setempat, atau hubungi Bagian PMK di 1222/2222.

Setelah itu karu/kasi atau pelaksana unit setempat melakukan beberapa tindakan sebagai berikut:

1. Datang ke tempat kejadian untuk melakukan dan/atau membantu penanggulangan awal
2. Menolong jika ada korban (bila mampu dan keadaan memungkinkan)
3. Melaporkan hasil penanggulangan kepada Kasi Unit Setempat.

Apabila dalam penanggulangan awal keadaan darurat dapat teratasi maka karu/kasi atau pelaksana unit setempat melapor dan ditindaklanjuti sebagaimana kecelakaan industri. Dan jika dalam penanggulangan awal masih belum berhasil maka harus dilakukan penanggulangan lanjut.

D.2 Penanggulangan Lanjut

Apabila penanggulangan awal tidak berhasil mengatasi keadaan maka dilanjutkan dengan penanggulangan lanjut. Beberapa tindakan yang harus dilakukan oleh karu atau pimpinan pelaksana unit setempat adalah:

1. Mengkoodinir penanggulangan lanjut dan pengamanan operasional pabrik
2. Menghubungi PMK dan Tim Rescue di telp. 1222/2222 serta UGD Rumah Sakit Petrokimia Gresik (RSPG) di telp. 2118 (bila ada korban) untuk minta bantuan

3. Menghubungi Posko Merapi di telp. 2392 dan/atau HT pada frekuensi 14303/16495
4. Menghubungi Inspektur Keselamatan Kerja unit setempat dan Staf Pengendalian Lingkungan
5. Melaporkan kejadian kepada Kabag Unit Setempat.

Sedangkan hal yang perlu dilakukan oleh Regu PMK saat penanggulangan lanjut adalah segera menuju ketitik kejadian untuk melakukan penanggulangan lanjut. Sedangkan Tim *Rescue* segera menuju ke tempat kejadian untuk mencari, menolong, melakukan dekontaminasi dan mengamankan korban. Sementara tindakan yang dilakukan oleh Tim Medis adalah sebagai berikut:

1. Segera menuju ke Pos Pertolongan Pertama dengan mobil *ambulance*
2. Melakukan PPGD (Prosedur Penanggulangan Gawat Darurat), *triase* dan membawa korban ke RSPG.
3. Menerima, mengobati, dan merawat korban di RSPG

Selain itu pihak RSPG dan Inspektur Keselamatan Kerja Unit Setempat perlu melakukan tindakan sebagai berikut:

1. Melapor kejadian ke koordinator KK unit setempat dan kabag K3
2. Segera ke tempat kejadian untuk mengukur dan memantau paparan gas berbahaya/beracun dan melaporkannya ke Ketua Tim PKDP.

Adapun yang harus dilakukan oleh Staf Pengendalian Lingkungan adalah segera menuju ke lingkungan sekitar pabrik untuk mengukur dan memantau pencemaran dan/atau dampak negatif yang timbul akibat kejadian dan melaporkannya ke Ketua Tim PKDP.

D.3 Bila Penanggulangan Lanjut Tidak Berhasil

Jika penanggulangan lanjut tidak berhasil maka yang harus dilakukan oleh Karu, Kasi, Pengawas Shift Unit Setempat, Kabag dan Manajer Unit Setempat melaporkan hal tersebut secara berjenjang bergantung dari kondisi shift jam kerja.

1. Jam kerja normal day:

Mulai dari Karu di tempat kejadian, Kasi, Kabag, Manajer sampai ke General Manajer unit setempat

2. Di luar jam kerja normal day:

Mulai dari Karu di tempat kejadian , Kasi, Pengawas Shift sampai ke Kabag Shift.

D.4 Penanggulangan Keadaan Darurat Pabrik Tingkat-I

Setelah mendapat laporan kegagalan penanggulangan lanjut serta informasi bahwa kerugian yang timbul akibat kejadian tidak berdampak pada lingkungan dan masyarakat sekitar pabrik, maka Tim PKDP hanya perlu:

1. Menetapkan dan mengumumkan status Keadaan Darurat Pabrik Tingkat-I melalui pesawat HT *Emergency*
2. Menghubungi operator telepon di telp. 2333 agar:
 - a) Mengumumkan status Keadaan Darurat Pabrik Tingkat-I melalui *paging system*
 - b) Mengumumkan untuk dilakukan evakuasi
 - c) Mengaktifkan sistem komunikasi keadaan darurat pabrik
 - d) Menyebarkan informasi kejadian sesuai sistem komunikasi keadaan darurat.
3. Menentukan lokasi Pos Komando (dan berada di Posko tersebut) serta Pos Darurat
4. Menentukan jalur evakuasi
5. Berkoordinasi dengan seluruh Ketua Tim Operasi Penanggulangan dan Ketua Tim Pendukung untuk melaksanakan dan memantau tugas masing-masing.

Pengarah komunikasi yang dipegang oleh operator telepon melakukan hal sebagai berikut:

1. Melalui *paging system*, mengumumkan:
 - a) Status Keadaan Darurat Pabrik Tingkat-I
 - b) Agar dilakukan pelaksanaan evakuasi.
2. Mengaktifkan sistem komunikasi keadaan darurat pabrik
3. Menyebarkan informasi kejadian sesuai alur penyebaran informasi PKDP

Setelah mengetahui penanggulangan keadaan darurat pabrik tingkat-1, manajer LK3 akan melakukan hal-hal sebagai berikut:

1. Datang ke Pos Komando selaku Wakil Ketua Tim PKDP
2. Ikut menentukan/mengumumkan status keadaan darurat pabrik apabila diperlukan

Secara bersamaan Manajer Unit Setempat memiliki tanggung jawab dalam Penanggulangan Keadaan Darurat Pabrik Tingkat-I yaitu:

1. Datang ke tempat kejadian/Pos darurat selaku Ketua Tim Operasi Penanggulangan:
 - a) Berkoordinasi dengan para anggota Tim Operasi Penanggulangan untuk melakukan penanggulangan dan pengamanan operasional pabrik
 - b) Memantau dan melaporkan hasil penanggulangan kepada Ketua Tim PKDP.
2. Ikut menentukan/mengumumkan status keadaan darurat pabrik apabila diperlukan.

Secara bersamaan pula Kabag PMK segera datang ke tempat kejadian/Pos Darurat, selaku Koordinator Tim Penanggulangan di Tempat Kejadian, memberi perintah untuk menambah *fire truck* dan/atau mobil *ambulance* dan/atau regu PMK dan/atau Tim *Rescue* di tempat kejadian bilamana diperlukan sesuai dengan kebutuhan. Sehingga regu PMK/Tim *Rescue*/ Tim Medis melakukan:

1. Menambah jumlah *fire truck* dan/atau mobil *ambulance* dan/atau regu PMK dan/atau Tim *Rescue* dan/atau Tim Medis sesuai kebutuhan
2. Melanjutkan penanggulangan, dengan mencari/menolong dan melakukan dekontaminasi serta mengamankan dan membawa korban ke Rumah Sakit Petrokimia Gresik (RSPG) jika diperlukan.

Sedangkan dalam tahap ini Kabag Unit Setempat harus:

1. Segera datang ke Pos Darurat/tempat kejadian, selaku Staf Tim Operasi Penanggulangan melakukan koordinasi untuk mengamankan dan mengendalikan operasional pabrik

2. Ikut menentukan/mengumumkan status keadaan darurat pabrik apabila diperlukan.

Dan untuk Kabag-kabag Pemeliharaan Unit Setempat segera datang ke Pos Darurat/tempat kejadian, selaku Staf Tim Operasi Penanggulangan melakukan koordinasi untuk membantu mengamankan peralatan pabrik. Dan Kabag K3 melaksanakan beberapa hal sebagai berikut:

1. Segera datang ke Pos Darurat/tempat kejadian, selaku Staf Tim Operasi Penanggulangan melakukan koordinasi untuk membantu mengamankan penanggulangan dari aspek K3
2. Ikut menentukan/mengumumkan status keadaan darurat pabrik apabila diperlukan.

Dan Kabag Pengendalian Lingkungan memiliki tanggung jawab untuk:

1. Segera datang ke Pos Darurat/tempat kejadian, selaku Staf Tim Operasi Penanggulangan melakukan koordinasi dalam upaya pemantauan pencemaran lingkungan diluar perusahaan/masyarakat sekitar.
2. Ikut menentukan/mengumumkan status keadaan darurat pabrik apabila diperlukan

Dan Manajer, Kabag Unit Kerja lain juga melakukan tindakan sebagai berikut:

1. Mengendalikan dan mengamankan operasional pabrik dan/atau peralatan di unit masing-masing
2. Terus memantau perkembangan keadaan di unit yang mengalami status keadaan darurat, dan berkoordinasi untuk membantu pengamanan operasional unit tersebut apabila diperlukan.

Kemudian Anggota *Safety Representative* secara Bergilir melakukan beberapa tindakan yakni:

1. Menuju ke tempat kejadian untuk membantu penanggulangan dan menolong korban
2. Salah satu atau beberapa orang *Safety Representative* Bergilir Unit Kerja Setempat memandu para personil yang tidak terlibat dalam penanggulangan keadaan darurat yang

berada di sekitar tempat kejadian untuk bersama-sama menuju *Assembly Point* sambil membawa petunjuk bendera evakuasi.

Setelah itu terdapat Tim Evakuasi, Sarana dan Logistik untuk melaksanakan tugasnya yaitu:

1. Menyediakan kendaraan yang memadai untuk transportasi/evakuasi
2. Mengevakuasi personil dari *Assembly Point* ke Tempat Aman Mutlak
3. Menyediakan akomodasi dan konsumsi bagi para personil yang terlibat dalam penanggulangan dan orang-orang yang dievakuasi.

Kemudian ada Tim Keamanan yang harus melaksanakan tugasnya untuk:

1. Mengamankan jalur penanggulangan dari/ke tempat kejadian
2. Mengisolir area atau tempat kejadian bahaya agar tidak didekati/dimasuki oleh personil yang tidak terlibat dalam penanggulangan.

Jika dalam keadaan darurat pabrik tersebut berdampak kepada masyarakat dan/atau memerlukan bantuan pihak luar maka perlu dilakukan penanggulangan keadaan darurat pabrik tingkat-II.

D.5 Penanggulangan Keadaan Darurat Pabrik Tingkat-II

Setelah mendapat laporan bahwa kejadian berdampak terhadap lingkungan dan masyarakat di sekitar pabrik serta penanggulangan memerlukan bantuan dari pihak luar perusahaan, Ketua Tim PKDP harus:

1. Segera melaporkan kondisi tersebut kepada Direktur Produksi sebagai Penanggung Jawab PKDP
2. Menetapkan dan mengumumkan status Keadaan Darurat Pabrik Tingkat-II melalui pesawat HT *Emergency* (atas instruksi Direktur Produksi)

3. Menghubungi petugas PMK di telp. 1222/2222 agar membunyikan sirine keadaan darurat pabrik tingkat II
4. Menghubungi operator telepon di *line* telp. 2333 agar:
 - a) Mengumumkan untuk dilakukan evakuasi
 - b) Mengaktifkan sistem komunikasi keadaan darurat pabrik
 - c) Menyebarkan informasi kejadian sesuai sistem komunikasi keadaan darurat
5. Berkoordinasi dengan Koordinator Tim Humas agar menghubungi instansi luar untuk meminta bantuan
6. Berada di Pos Komando yang ditentukan

Kemudian petugas PMK membunyikan sirine Keadaan Darurat Pabrik Tingkat-II yaitu dengan:

1. Melalui *paging system* mengumumkan agar dilaksanakan evakuasi
2. Mengaktifkan sistem komunikasi keadaan darurat pabrik
3. Menyebarkan informasi kejadian sesuai alur penyebaran informasi PKDP.

Dalam tahap ini Tim Humas akan menghubungi/melapor dan/atau meminta bantuan pihak/instansi dari luar perusahaan sebagai berikut:

1. Pemerintah Kabupaten Setempat
2. Dinas Pemadam Kebakaran Setempat
3. Dinas Tenaga Kerja Setempat
4. Dinas LHPE Setempat
5. Kepolisian Resort Setempat
6. Industri-industri disekitar kawasan Pabrik
7. Ditjen Migas (jika keadaan bahaya/*emergency* berkaitan dengan peledakan/kebakaran/kebocoran instalasi gas alam yang digunakan sebagai bahan baku proses).

Sehingga regu PMK/Tim *Rescue*/Tim Medis bekerja sama dengan unit bantuan dari pihak luar perusahaan:

1. Mengerahkan seluruh *fire truck* dan/atau *ambulance* dan/atau regu PMK dan/atau Tim *Rescue* dan/atau Tim Medis

2. Melanjutkan penanggulangan dengan mencari, menolong, mengamankan korban, PPGD/*triase*

Setelah itu Tim Operasi Penanggulangan melanjutkan penanggulangan dan pengamanan operasional pabrik. Dan unit-unit kerja lain (Manajer, Kabag, Kasi):

1. Mengendalikan dan mengamankan operasional pabrik dan/atau peralatan di unit masing-masing
2. Terus memantau perkembangan keadaan di unit yang mengalami status keadaan darurat, dan segera membantu pengamanan operasional unit tersebut apabila diperlukan

Selain itu seluruh Anggota *Safety Representative* secara bergilir harus melakukan:

1. Segera menuju ketempat kejadian
2. Membantu penanggulangan dan menolong korban
3. Salah satu atau beberapa orang *Safety Representative* Bergilir Unit Kerja Setempat memandu para personil yang tidak terlibat dalam penanggulangan keadaan darurat untuk bersama-sama menuju *Assembly Point* sambil membawa bendera petunjuk evakuasi.

Lalu Tim Evakuasi, Sarana dan Logistik bekerja sama dengan unit bantuan pihak luar perusahaan:

1. Mengerahkan sarana/fasilitas transportasi yang ada untuk mengevakuasi korban baik dari dalam area perusahaan maupun masyarakat di lingkungan luar sekitar perusahaan yang terkena dampak ke tempat yang aman
2. Menyediakan tenda-tenda dan/atau tempat pengungsian bila diperlukan
3. Menyediakan akomodasi dan konsumsi bagi para personil yang terlibat dalam penanggulangan dan bagi orang-orang yang dievakuasi.

Dalam hal ini RSPG juga memiliki tanggung jawab dalam:

1. Menerima, mengobati, merawat korban di IGD RSPG

2. Menghubungi RS lain untuk meminta bantuan apabila jumlah korban yang perlu diobati / rawat melebihi daya tampung RSPG

Dan terdapat Tim Keamanan yang bekerja sama dengan unit bantuan dari pihak luar perusahaan:

1. Mengamankan jalur penanggulangan dari/ke tempat kejadian dan tempat evakuasi
2. Mengisolir area tempat kejadian agar tidak didekati/dimasuki oleh personil yang tidak terlibat dalam penanggulangan

D.6 Status Aman

Setelah mendapat laporan bahwa penanggulangan telah berhasil, maka Ketua Tim PKDP:

1. Mengumumkan Status Aman melalui HT *Emergency*
2. Menghubungi operator telepon di 2333 untuk mengumumkan Status Aman (PKDP Tingkat-I)
3. Menghubungi petugas PMK di telp. 1222/2222 agar membunyikan sirine Status Aman (PKDP Tingkat-II)
4. Melaporkan Status Aman tersebut ke Direktur Produksi selaku Penanggung Jawab PKDP.

Dan Petugas PMK membunyikan sirine Status Aman. Tim Keamanan mengisolasi/mengamankan tempat kejadian agar dalam kondisi sebagaimana adanya (*status quo*). Staf LK3 memasang *safety line* area tempat kejadian. Operator Telepon mengembalikan sistem komunikasi ke keadaan normal. Dan Tim Humas menyampaikan konferensi pers (*press release*).

D.7 Investigasi, Evaluasi Dan Rekomendasi

Pada tahap ini Tim Investigasi memiliki tanggung jawab dalam:

1. Melakukan investigasi untuk mencari tahu penyebab kejadian di tinjau dari aspek sistem dan prosedur, proses, mekanik, listrik, instrumentasi, inspeksi teknik, K3 dan lain-lainnya.

2. Melakukan analisa/evaluasi serta memberi rekomendasi agar kejadian tidak berulang
3. Memberi rekomendasi mengenai perbaikan yang perlu dilakukan
4. Melakukan review, evaluasi serta memberi rekomendasi apakah perlu dilakukan revisi terhadap prosedur PKDP yang ada
5. Melaporkan secara tertulis seluruh hasil investigasi, evaluasi dan rekomendasi kepada:
 - a) Direktur Produksi/Penanggung Jawab PKDP
 - b) General Manajer Unit Setempat/Ketua Tim PKDP

Setelah itu Departemen LK3 membuat laporan tertulis kejadian keadaan darurat kepada:

1. Kantor Dinas Tenaga Kerja Setempat
2. Kantor dinas LHPE Setempat
3. Ditjen Migas (jika keadaan bahaya/*emergency* berkaitan dengan peledakan/kebakaran/kebocoran instalasi gas alam yang digunakan sebagai bahan baku proses).

D.8 Rehabilitasi Dan Rekonstruksi

Tahap terakhir yang dilakukan setelah tahapan investigasi, evaluasi dan rekomendasi dilakukan. Tim Rehabilitasi dan Rekonstruksi akan segera melaksanakan tindakan sebagai berikut:

1. Mengupayakan pengobatan dan perawatan para korban secara optimal
2. Melakukan perbaikan dan/atau pemulihan lingkungan yang terkena dampak
3. Melakukan perbaikan dan/atau pembangunan kembali terhadap peralatan pabrik, sarana, prasarana dan fasilitas umum yang rusak agar dapat berfungsi kembali, serta dengan desain sedemikian sehingga dapat menghilangkan atau menurunkan risiko terjadinya kejadian yang berulang.

Jika semua Prosedur Penanggulangan Keadaan Darurat Pabrik (PKDP) sudah dilakukan maka terdapat Tim Keuangan

harus menyediakan dana yang diperlukan untuk semua kegiatan Prosedur Penanggulangan Keadaan Darurat Pabrik (PKDP).

4.5 Analisis *Safety Integrity Level* (SIL)

Berdasarkan data kegagalan yang terjadi pada masing-masing komponen di *Boiler*, maka dapat ditentukan *Safety Integrity Level* (SIL) untuk mengetahui tingkat keandalan dari suatu sistem. Selain itu juga untuk mengetahui berapa nilai *Probability Of Failure on Demand* (PFD) sistem yang saat ini terpasang. Semua komponen dalam *Boiler* tersusun sesuai konfigurasi seri sehingga dalam perhitungan menggunakan *failure rate* untuk konfigurasi seri seperti terdapat pada **persamaan 2.9**. Nilai *test interval* yang digunakan adalah 2 bulan, karena berdasarkan *historical data*, *test interval* paling sering yang dilakukan adalah 2 bulan. Tabel 4.21 berikut ini menunjukkan penghitungan SIL pada *node economizer*.

Tabel 4.21 SIL *Node Economizer*

Komponen	Failure rate (λ s)	Test interval 2 bulan (jam)	PFD	PFD avg	SIL	RRF
Sensor	$2,46 \times 10^{-6}$	1440	$1,09 \times 10^{-2}$	$1,98 \times 10^{-2}$	1	50
Transmitter	$1,52 \times 10^{-5}$	1440	$1,78 \times 10^{-3}$			
Final Control Element	$9,87 \times 10^{-6}$	1440	$7,10 \times 10^{-3}$			

Dari tabel dapat dilihat bahwa *node economizer* memiliki kriteria SIL 1, hal ini menunjukkan bahwa keandalan dari sistem masih rendah. Kemungkinan terjadi bahaya masih cukup besar. Nilai *Risk Reduction Factor* (RRF) bernilai 50, menunjukkan bahwa tingkat penurunan risikonya rendah. Hal ini dikarenakan oleh jarang dilakukan test kinerja pada masing-masing komponen

instrumentasi di *node economizer*. Sehingga peluang terjadi kegagalan (*failure rate*) semakin besar. Untuk meningkatkan nilai SIL dapat dilakukan dengan melakukan test kinerja pada komponen instrumentasi pada *node economizer* 1 bulan sekali.

Tabel 4.22 berikut menunjukkan kriteria SIL pada *node steam drum*

Tabel 4.22 SIL *Node Steam Drum*

Komponen	Failure rate (λ s)	Test interval 2 bulan (jam)	PFD	PFD avg	SIL	RRF
Sensor	$5,75 \times 10^{-6}$	1440	$1,42 \times 10^{-2}$	$2,55 \times 10^{-2}$	1	39,1
Transmitter	$1,98 \times 10^{-5}$	1440	$4,14 \times 10^{-3}$			
Final Control Element	$9,87 \times 10^{-6}$	1440	$7,10 \times 10^{-3}$			

Dari tabel 4.22 diatas dapat dilihat bahwa *node steam drum* memiliki SIL 1 dengan nilai PFD *average* sebesar 0,0255. Nilai pengurangan risiko yang dihasilkan adalah 39,1 yang menunjukkan bahwa *node steam drum* lebih berpotensi terjadi kegagalan daripada *node economizer*. Untuk meningkatkan nilai SIL dapat dilakukan dengan melakukan *test interval* pada masing-masing komponen 1 bulan sekali.

Tabel 4.23 SIL *node Superheater*

Komponen	Failure rate (λ s)	Test interval 2 bulan (jam)	PFD	PFD avg	SIL	RRF
Sensor	$4,59 \times 10^{-6}$	1440	$3,31 \times 10^{-3}$	$3,32 \times 10^{-2}$	1	30

Tabel 4.23 Lanjutan

Komponen	Failure rate (λ s)	Test interval 2 bulan (jam)	PFD	PFD avg	SIL	RRF
Transmitter	$3,16 \times 10^{-5}$	1440	$2,28 \times 10^{-2}$	$3,32 \times 10^{-2}$	1	30
Final Control Element	$9,87 \times 10^{-6}$	1440	$7,10 \times 10^{-3}$			

Tabel 4.23 diatas menunjukkan bahwa *node superheater* memiliki kriteria SIL 1 dengan PFD *average* bernilai 0,0332. Pengurangan risiko yang dihasilkan adalah sebesar 30 yang menunjukkan potensi terjadi *hazard* sangat besar terjadi di *node superheater*.

Tabel 4.24 SIL *node Burner*

Komponen	Failure rate (λ s)	Test interval 2 bulan (jam)	PFD	PFD avg	SIL	RRF
Sensor	$4,59 \times 10^{-6}$	1440	$3,31 \times 10^{-3}$	$3,32 \times 10^{-2}$	1	30
Transmitter	$3,16 \times 10^{-5}$	1440	$2,28 \times 10^{-2}$			
Final Control Element	$9,87 \times 10^{-6}$	1440	$7,10 \times 10^{-3}$			

Node burner memiliki SIL 1 dengan nilai RRF sebesar 30, hal ini menunjukkan bahwa potensi terjadi bahaya sangat besar mengingat *burner* beroperasi pada temperatur yang tinggi, sehingga salah satu cara untuk meningkatkan keandalan sistem adalah memasang redundant pada masing-masing komponen atau dengan meningkatkan *test interval* menjadi 1 bulan sekali.

4.6 Pembahasan

Berdasarkan hasil dari analisis data di atas, analisis bahaya dengan metode HAZOP pada *node economizer* menghasilkan komponen yang paling berisiko terjadi bahaya adalah komponen *pressure indicator* (PI-6213). Instrumen ini memiliki kriteria *likelihood* C atau 3, yang menunjukkan terjadi maintenance minimal 3 kali setiap 5 tahun pada *indicator*. Risiko yang dapat terjadi pada indicator ini adalah *moderate*, yang berarti dapat terjadi gangguan terhadap fungsi utamanya untuk menyalurkan *feedwater* menuju ke *economizer*. Jika fungsi ini hilang, dapat berakibat fatal terhadap kerja *economizer* maupun *plant* secara keseluruhan. Untuk *level transmitter* dan *flow transmitter*, hanya memiliki kriteria risiko *low*. Hal ini dikarenakan FT-6212 memiliki *likelihood* bernilai 1 meskipun memiliki *consequences* bernilai 5, sedangkan LT-6211 memiliki *likelihood* 3, namun memiliki *consequences* 1. Selain itu, perlu dilakukan kalibrasi ulang tiap tahun serta pemasangan peralatan *safety* seperti alarm, sebagai peringatan pertama ketika terjadi penyimpangan.

Untuk *node steam drum*, komponen yang paling berisiko terjadi bahaya adalah *pressure indicator* (PI-6220) dan (PI-6213) karena memiliki kriteria risiko *moderate*. Sedangkan untuk *node superheater*, komponen yang paling berisiko adalah *temperature indicator* TI-6211 dan TI-6214, karena memiliki kriteria risiko *moderate* pada standar pabrik dan kriteria risiko *high* pada standar AS/NZS 4360:2004. Pada *node burner*, komponen yang memiliki risiko tinggi adalah *pressure indicator* PI-6217, pada standar AS/NZS 4360:2004 menghasilkan risiko *moderate*, sedangkan pada standar pabrik hanya menghasilkan kriteria risiko *low*.

Berdasarkan tabel HAZOP *worksheet* di atas, maka dapat diketahui bahwa risiko yang paling berbahaya untuk sistem *boiler* adalah ketika terjadi kebakaran/ledakan, baik itu yang diakibatkan oleh level air di *steam drum* yang terlalu rendah atau karena kegagalan pada *burner*. *Burner* berhubungan langsung dengan *boiler*, di samping itu, sistem ini sangat berisiko terhadap bahaya kebakaran. Oleh karena itu, diperlukan adanya tindakan *emergency* ketika terjadi kebakaran itu sendiri. *Emergency*

response plan digunakan untuk memaksimalkan penanganan ketika terjadi kebakaran, juga untuk memperjelas komunikasi antara setiap personel ketika terjadi kebakaran. ERP ini mencakup tugas dan tanggungjawab setiap personel, peta evakuasi, tindakan pencegahan, seperti training dan perawatan, serta langkah-langkah yang harus dilakukan masing-masing personel ketika terjadi kebakaran. Dengan adanya ERP yang baik dan matang, maka tidak akan ada kekhawatiran lagi terhadap kemungkinan adanya bahaya, karena semua telah terencana dengan baik di awal.

Dengan analisis *safety integrity level* (SIL) diperoleh bahwa semua komponen memiliki SIL 1 yang menunjukkan potensi besar terjadi bahaya. Dengan *node* yang memiliki risiko terjadi bahaya adalah *node superheater* dan *burner* karena memiliki kriteria pengurangan risiko bernilai 30. Analisis SIL yang dilakukan pada *boiler* B-6203 merupakan analisis terhadap komponen yang termasuk *high demand operation* karena *boiler* beroperasi penuh dalam setahun. Secara kualitatif penentuan SIL dari suatu komponen ditetapkan berdasarkan standard pengujian reliabilitas yang dilakukan oleh pembuat komponen tersebut. Untuk meningkatkan SIL pada *Boiler* B-6203 dapat dilakukan dengan memasang *redundant* untuk masing-masing *equipment*, namun risiko dari langkah ini adalah menambah *cost* produksi karena menambah *redundant* berarti menambah *cost* produksi. Langkah yang dapat diambil selanjutnya adalah melakukan *proof test interval* secara sering pada masing-masing *equipment* untuk mengurangi risiko kegagalannya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Komponen dengan risiko yang tinggi pada keempat *node boiler* terjadi pada *pressure indicator inlet steam drum*, *temperature indicator* (TI-6211) dan *temperature indicator outlet superheater* (TI-6214). Kedua komponen tersebut memiliki kriteria *likelihood* E atau 1 yang berarti kurang dari 2 kali dalam 5 tahun dan kriteria konsekuensi 5, sehingga risiko bernilai *Extreme Risk*. Untuk menurunkan risiko tersebut, dapat dilakukan dengan cara melakukan *maintenance* secara rutin, kalibrasi rutin pada *transmitter* serta penambahan *redundant transmitter*, sehingga keandalan dari sistem akan bertambah dan potensi bahaya dapat dikurangi.
2. Bahaya dengan risiko paling besar pada *boiler* adalah kebakaran. Oleh karena itu, perlu dibuat *emergency response plan* atau prosedur penanganan keadaan darurat untuk bahaya kebakaran yang terjadi pada *boiler*, mencakup tanggungjawab masing-masing divisi, langkah pencegahan, serta langkah penanganan
3. Berdasarkan analisis SIL yang dilakukan semua *node* dalam *boiler* memiliki kriteria SIL 1, dengan *risk reduction factor* berkisar antara 10-100 yang menunjukkan bahwa keandalan sistem masih rendah.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan adalah:

1. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan study HAZOP dan kajian *Safety Instrumented System* (SIS) pada *boiler* B-6201 dan B-6202.

2. Senantiasa menjadwalkan pemeriksaan berkala pada masing-masing instrumen yang ada agar performansi alat tetap terjaga. Untuk meningkatkan SIL dapat dengan dilakukan test secara berkala pada instrumen setiap satu bulan sekali.

LAMPIRAN A

Tabel A-1 Worksheet Evaluasi Bahaya dengan HAZOP pada node *Economizer*

Instrument	Guide Word	Deviation	Causes	Consequences	Safeguards	L	C(A)	C(P)	R(A)	R(P)	Recommendations
Flow Transmitter (FT-6212) – Feed Water outlet Economizer	Less	Less Flow	a) Terjadi kelebihan <i>feedwater</i> yang diumpankan	a) Terjadi friction loss pada pipa-pipa sepanjang aliran <i>feed water</i> dan <i>steam</i> ke <i>steam drum</i>	PSV MPS 15	1	5	1	L	L	a) Pengecekan rutin pada PSV MPS 15 secara berkala minimal 3 bulan sekali, untuk meningkatkan keandalan dari sistem dengan cara meningkatkan test interval, dengan pengecekan secara rutin dapat meningkatkan SIL node economizer menjadi SIL 2 dengan <i>Risk Reduction Factor</i> 101
			b) Valve tidak dapat menutup sesuai dengan persentase yang diinginkan	b) Membutuhkan waktu yang lama dalam proses pemanasan karena <i>feed water</i> yang harus dipanaskan banyak							
	More	More Flow		c) <i>Steam</i> yang dihasilkan tidak mencapai temperatur yang dikehendaki d) Terjadi penyimpangan kualitas produk < 2,5% dari batasan SNI *			5	1	L	L	b) Kalibrasi rutin dan berkala minimal 3 kali dalam setahun c) Pengurangan maupun penambahan laju <i>steam</i> dengan melewati sebagian <i>steam</i> pada <i>bypass</i> PSV MPS 15 dan harus sesering mungkin dimonitor

Tabel A-1 Lanjutan

Instrument	Guide Word	Deviation	Causes	Consequences	Safeguards	L	C(A)	C(P)	R(A)	R(P)	Recommendations
Level Transmitter (LT-6211) Outlet Economizer	Less	Less Level	a) Air umpan dari <i>water tank</i> berkurang	a) Terjadi <i>carryover feed water</i> dari <i>boiler feed water</i>	a) SV 6212	3	1	1	L	L	a) Selalu mengontrol aliran <i>feedwater</i> masuk ke economizer, untuk menjaga kesinambungan aliran <i>steam</i> ke reservoir seam drum b) Mengatur bukaan valve lebih besar jika terjadi kekurangan <i>feedwater</i> c) Melakukan kalibrasi level trasmitter setiap satu tahun sekali, dipilih dalam kurun waku tersebut agar tidak mengganggu proses operasi pabrik jika terjadi overhaul d) Pemasangan level transmitter sebagai redundant untuk meningkatkan keandalan sistem
			b) Performansi pompa P-6211 A dan P-6211 B turun, sehingga kurang mampu mengalirkan air umpan ke economizer	b) Terjadi overheating pada pipa aliran <i>feedwater</i> ke <i>steam drum</i>							
			c) FV-6211 tidak dapat membuka sesuai set point yang diinginkan	c) <i>Steam</i> dan air bercampur sehingga memerlukan pemisahan lanjut, dengan pemansan ulang d) Terjadi penyimpangan kualitas produk < 2,5% dari batasan SNI *							

Tabel A-1 Lanjutan

Instrument	Guide Word	Deviation	Causes	Consequences	Safeguards	L	C(A)	C(P)	R(A)	R(P)	Recommendations
Pressure Indicator (PI-6213) to Steam Drum	High	High Pressure	a) Tekanan dari feed water pump terlalu tinggi, karena less flow maka pemanasan tetap dilakukan dengan objek pemanasan adalah <i>steam</i> yang sebagian telah kering dan memiliki tekanan yang tinggi	a) Terjadi kebakaran di pipa-pipa economizer karena tekanan tinggi bertemu dengan pembakaran pada flue gas b) Flow rate akan meningkat, sebagai akibatnya terjadi korosi pada pipa-pipa aliran <i>steam</i> c) Tekanan yang tinggi dapat menyebabkan ledakan, karena <i>steam</i> bertekanan mendesak penampang economizer yang sudah <i>fixed built</i> d) Pabrik shut down dalam waktu 4-8 jam *	a) Pressure Safety Valve (PSV MPS 15) b) SOP Routine maintenance	3	2	2	M	M	a) Mengatur tekanan feed water pump, dengan mengatr flow aliran feed water menuju economizer b) Pemasangan pressure alarm high sebagai peringatan c) Melakukan kalibrasi transmitter setiap 1 tahun sekali
			b) Terjadi penyumbatan pada feed water pump sehingga tekanan menjadi naik, penmpang terdesak oleh high density <i>steam</i> dari economizer								

Tabel A-2. Worksheet Evaluasi Bahaya dengan HAZOP pada node *Steam Drum*

Instrument	Guide Word	Deviation	Causes	Consequences	Safeguards	L	C(A)	C(P)	R(A)	R(P)	Recommendations
Flow Transmitter (FT-6212) – Feed Water inlet from Economizer	Less	Less Flow	a) Terjadi kelebihan <i>feedwater</i> yang diumpankan	a) Terjadi friction loss pada pipa-pipa sepanjang aliran feed water dan <i>steam</i> ke <i>steam drum</i> b) Membutuhkan waktu yang lama dalam proses pemanasan c) Terjadi penyimpangan kualitas proses < 2,5% dari batasan SNI *	Pressure Safety Valve (PSV MPS 15)	1	5	1	L	L	a) Pengecekan rutin pada Control Valve secara berkala minimal 1 kali dalam 3 bulan
	More	More Flow	b) Flow valve (FV-6212) tidak dapat menutup Sesuai dengan persentase yang diinginkan dari control room karena aus dsb.	d) <i>Steam</i> yang dihasilkan tidak mencapai temperature yang diinginkan karena banyaknya massa <i>steam</i> yang harus dipisahkan dengan kandungan liquid yang terikut					L	L	b) Melewatkan sebagian <i>steam</i> pada by pass control valve dan dimonitor sesering mungkin c) Kalibrasi valve secara rutin dan berkala setiap 1 tahun sekali

Tabel A-2. Lanjutan

Instrument	Guide Word	Deviation	Causes	Consequences	Safeguards	L	C(A)	C(P)	R(A)	R(P)	Recommendations
Level Transmitter (LT-6212) – <i>steam</i> inlet from <i>steam</i> drum	Less	Less Level	<ul style="list-style-type: none"> - Feed water dari economizer berkurang - Feed water yang masuk ke dalam <i>steam</i> drum telah banyak yang menjadi <i>steam</i> - <i>Steam</i> memproduksi bubbles yang memiliki volume tertentu sehingga terjadi kesalahan pembacaan level sebenarnya 	<ul style="list-style-type: none"> a) Terjadi overheating pada dinding-dinding pipa air dalam <i>steam</i> drum b) Terjadi kebakaran akibat pemanasan yang berlangsung lama c) Merusak boiler water circulating pump jika beroperasi terus, karena less level menimbulkan gesekan/friction yang lebih besar pada impeler pompa d) Terjadi pengurangan pada fungsi resirkulasi yang akan meningkatkan pressure 	<ul style="list-style-type: none"> a) Flow Valve (FV-6212) b) Adanya Level Alarm High (LAH), Level Alarm High High (LAHH), Level Alarm Low (LAL) dan Level Alarm Low Low (LALL) membuat Kriteria risiko level <i>steam</i> drum bernilai Low 	3	1	1	L	L	<ul style="list-style-type: none"> a) Segera mematikan boiler feed water pump agar tidak terjadi kerusakan b) Perawatan Transmitter secara berkala setiap 3 bulan sekali c) Kalibrasi Transmitter setiap 1 tahun sekali d) Menambah flow aliran <i>feedwater</i> masuk <i>steam</i> drum hingga setengah dari tinggi drum, jika terjadi kekurangan <i>feedwater</i> yang masuk sehingga deviasi dari set point level berada antara 2 sampai 5 cm, tidak boleh lebih

Tabel A-2 Lanjutan

Instrument	Guide Word	Deviation	Causes	Consequences	Safeguards	L	C(A)	C(P)	R(A)	R(P)	Recommendations
Pressure Indicator (PI-6220) in <i>Steam Drum</i>	Low	Low Pressure	<ul style="list-style-type: none"> a) Temperatur <i>steam</i> dari economizer rendah sehingga tekanan juga rendah b) Laju aliran <i>steam</i> ke <i>steam drum</i> tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> a) <i>Steam</i> tidak mencapai temperatur yang diinginkan b) <i>Steam</i> tidak terpisah secara sempurna dengan air di <i>steam drum</i> c) Ada penyimpangan kualitas limbah cair dan gas ke lingkungan 	Pressure Safety Valve (PSV MPS 50)	1	5	5	M	H	<ul style="list-style-type: none"> a) Menaikkan temperatur <i>steam</i> yang masuk ke <i>steam drum</i>, agar diikuti oleh kenaikan pressure b) Melakukan kalibrasi secara rutin pada PI-6220 setiap 1 tahun sekali
Pressure Indicator (PI-6213) inlet <i>Steam Drum</i>	High	High Pressure	<ul style="list-style-type: none"> - Setelah melalui <i>steam drum</i> temperatur naik - Terjadi gangguan pada jalan keluarnya <i>steam</i> sehingga banyak uap yang terperangkap dan menaikkan tekanan 	Terjadi eksplotion karena dinding <i>steam drum</i> tidak dapat menampung tekanan yang sangat tinggi	Pressure Safety Valve (PSV MPS 15)	3	2	2	M	M	<ul style="list-style-type: none"> a) Menurunkan tekanan dengan mengalirkan <i>steam</i> yang terperangkap ke drain b) Memilih bahan yang tepat untuk dinding <i>steam drum</i> sesuai standard ASME section VIII Division 1 tentang <i>Standard for Manufacturing Boiler and Vessel</i>

Tabel A-3 Worksheet Evaluasi Bahaya dengan HAZOP pada node *Superheater*

Instrument	Guide Word	Deviation	Causes	Consequences	Safeguards	L	C(A)	C(P)	R(A)	R(P)	Recommendations
Flow Transmitter (FT-6213) outlet superheater	Less	Less Flow	<ul style="list-style-type: none"> a) Katup tidak dapat mengalirkan <i>steam</i> sesuai dengan set point b) Katup kotor atau rusak 	<ul style="list-style-type: none"> a) Aliran <i>steam</i> menuju ke common header terganggu b) Supply <i>steam</i> untuk memutar turbin terganggu sehingga pasokan listrik tidak stabil 	Flow valve 6214	1	5	1	L	L	<ul style="list-style-type: none"> a) Membersihkan katup dari kotoran yang dapat menyumbat aliran <i>steam</i> keluar dari FT-6213
Pressure Indicating Controller (PIC-6221)	High	High Pressure	<ul style="list-style-type: none"> a) Temperatur output superheater tinggi sehingga tekanan juga tinggi b) Flow <i>steam</i> yang rendah membuat ada <i>steam</i> yang terperangkap sehingga menaikkan tekanan outlet superheater 	<ul style="list-style-type: none"> a) Merusak blade turbin jika tekanan terlalu tinggi b) Terjadi kerusakan pada pipa-pipa keluar superheater c) Terjadi kebakaran pada pipa main <i>steam</i> ke turbin 	Safety Valve MPS 15	1	2	2	L	L	<ul style="list-style-type: none"> a) Perawatan terhadap safety valve untuk mengurangi tekanan secara rutin minimal 3 bulan sekali b) Melakukan kalibrasi setiap 1 tahun sekali pada PIC-6221 c) Membersihkan katup pada PIC-6221 dari kotoran yang menghambat aliran <i>steam</i> d) Penggunaan PAH dan PAHH

Tabel A-3 Lanjutan

Instrument	Guide Word	Deviation	Causes	Consequences	Safeguards	L	C(A)	C(P)	R(A)	R(P)	Recommendations
Temperature Indicator (TI-6211) <i>steam</i> inlet superheater keterangan: (Terjadi pengurangan consequence karena terdapat layer proteksi berupa alarm TAH 6211 yang mengcover potensi bahaya pada aliran <i>steam</i> masuk superheater)	Low	Low Temperature	a) <i>Steam</i> belum mencapai titik saturasi (belum menjadi uap jenuh) b) Temperatur e dari <i>steam</i> drum terlalu rendah	a) Dapat merusak pemanas superheater yang didesain untuk uap saturasi b) Mengalami pengembunan akibat suhu yang rendah sehingga kembali menjadi fase berat (air+uap)	Safety Valve MPS 15	1	5	5	H	M	a) Melakukan maintenance dan monitoring secara berkala pada temperature transmitter minimal 3 bulan sekali b) Memantau temperature dan fasa <i>steam</i> yang keluar dari <i>steam</i> drum, agar tidak terlalu rendah karena bisa terjadi kondensasi pada <i>steam</i> c) Melakukan kalibrasi pada equipment TI-6211 setiap 1 tahun sekali
	High	High Temperature	a) <i>Steam</i> telah melewati titik saturasinya (menjadi uap jenuh) b) Temperatur e dari <i>steam</i> drum terlalu tinggi	a) Merusak pemanas superheater karena temperature yang terlalu tinggi b) Memerlukan spraywater untuk menurunkan temperatur	Safety Valve MPS 15	1	5	4	H	L	a) Mengalirkan cooling water untuk menurunkan temperatur b) Melakukan monitoring dan maintenance secara berkala pada TI-6211 c) Menggunakan Temperature Alarm High d) Memantau kondisi temperature dan fasa <i>steam</i> yang keluar dari <i>steam</i> drum e) Melakukan kalibrasi pada equipment TI-6211 setiap 1 tahun sekali

Tabel A-3 Lanjutan

Instrument	Guide Word	Deviation	Causes	Consequences	Safe guards	L	C(A)	C(P)	R(A)	R(P)	Recommendations
Temperature Indicator (TI-6214) Outlet superheater keterangan: (Terjadi pengurangan consequence untuk kondisi high temperature karena terdapat layer proteksi berupa alarm TAH 6214 yang mengcover potensi bahaya pada aliran <i>steam</i> masuk superheater)	Low	Low Temperature	a) Terjadi loss pada sambungan pipa-pipa seteam dari superheater b) Volume superheated <i>steam</i> tinggi	a) Temperature yang rendah menyebabkan tekanan tidak mencukupi untuk memutar turbin b) Listrik yang dihasilkan dari proses pembangkitan tidak maksimal	Two Way Valve MPS 25 dan vent	1	5	5	H	M	a) Melakukan kalibrasi ulang setiap 1 tahun sekali pada TI-6214 b) Melakukan perawatan secara rutin (preventive maintenance) setiap 3 bulan sekali pada pipa-pipa saluran keluar <i>steam</i> dari superheater c) Mengatur temperature <i>steam</i> dari stage awal superheater dan disesuaikan jika kurang
	High	High Temperature	a) FV-6214 tidak dapat membuka secara sempurna, sehingga terjadi <i>steam</i> trapped an meningkatkan temperature b) Volume superheated <i>steam</i> pada fixed volume superheater rendah	a) Temperature tinggi menyebabkan tekanan yang tinggi dalam memutar turbin, terjadi keausan pada blade turbin b) Terjadi explotion pada pipa <i>steam</i> outlet superheater	Two Way Valve MPS 25	1	5	4	H	L	a) Melakukan kalibrasi ulang setiap 1 tahun sekali pada TI-6214 b) Segera memperbesar bukaan valve MPS 25 pada jalur keluar <i>steam</i> jika terjadi overpressure

Tabel A-4 Worksheet Evaluasi Bahaya dengan HAZOP pada node *Burner*

Instrument	Guide Word	Deviation	Causes	Consequences	Safeguards	L	C(A)	C(P)	R(A)	R(P)	Recommendations
Flow Indicator (FI-6217) Fuel Inlet Burner	Less	Less Flow	<ul style="list-style-type: none"> a) Proses mengalami penurunan, sehingga aliran fuel juga turun b) Bukaannya valve tidak sesuai set point c) <i>Feedwater</i> inlet burner menurun intensitasnya 	<ul style="list-style-type: none"> a) Waktu pemanasan <i>feedwater</i> semakin lama b) Temperature pemanasan tidak stabil c) Temperature pemanasan tidak sesuai set point 	Flow Valve (FV-6217) Safety Valve (SV-6214)	1	5	1	L	L	<ul style="list-style-type: none"> a) Menjaga kestabilan bahan bakar yang masuk ke burner b) Memantau bukaan FV-6217 setiap jam c) Melakukan perawatan dan kalibrasi secara berkala setiap minimal 3 bulan pada saat non overhaul atau 1 tahun sekali pada saat overhaul pada FV-6217
Flow Indicating Controller (FIC-6219A) <i>feedwater</i> inlet burner	Less	Less Flow	<ul style="list-style-type: none"> a) Penurunan rate produksi b) Terjadi kebocoran (leak through) pada jalur <i>feedwater</i> ke burner c) Valve tidak bisa membuka sesuai set point 	<ul style="list-style-type: none"> a) Terjadi kebakaran jika fuel tidak ikut dikurangi b) <i>Steam</i> yang dihasilkan tidak maksimal c) Terjadi explosion apabila tekanan dalam burner meningkat 	Flow Valve (FV-6212)	1	5	1	L	L	<ul style="list-style-type: none"> a) Melakukan kalibrasi secara berkala pada FIC-6219 A setiap 1 tahun sekali b) Melakukan preventive maintenance secara rutin setiap satu tahun sekali c) Melakukan kontrol rasio antara fuel dengan jumlah fluida yang dipanaskan, sehingga aliran fuel secara otomatis mengikuti intensitas fluida yang dipanaskan
	More	More Flow	<ul style="list-style-type: none"> a) Rate produksi meningkat 	<ul style="list-style-type: none"> a) Waktu pemanasan semakin lama 	Flow Valve (FV-6212)	1	5	1	L	L	

Tabel A-4 Lanjutan

Instrument	Guide Word	Deviation	Causes	Consequences	Safeguards	L	C(A)	C(P)	R(A)	R(P)	Recommendations
Flow Indicating Controller (FIC-6219A) <i>feedwater</i> inlet burner	More	More Flow	a) Valve tidak dapat menutup sesuai set point yang diinginkan	b) <i>Steam</i> yang dihasilkan tidak mencapai set point temperature yang diinginkan	Flow Valve (FV-6212)	1	5	1	L	L	b) Melakukan kalibrasi secara berkala pada FIC-6219 A setiap 3 bulan sekali agar tidak mengganggu proses produksi saat terjadi kalibrasi. c) Melakukan preventive maintenance secara rutin setiap satu tahun sekali (overhaul)
Pressure indicator (PI-6217) fuel inlet burner	High	High Pressure	a) Volume fuel inlet burner meningkat b) Pressure Valve (PV-6217) tidak berfungsi secara normal	a) No consequences karena kejadian tidak sering terjadi.	a) Pressure Switch High (PSH-6217) b) Pressure Valve (PV-6217) c) Safety Valve (SV-6214)	1	3	3	M	L	a) Melakukan kalibrasi secara berkala pada PI-6217 setiap 1 tahun sekali b) Melakukan Preventive maintenance secara berkala setiap satu tahun sekali c) Mengatur bukaan PV-6217 tidak terlalu besar
Temperature Indicator (TI-6217) fuel inlet burner	As Well As	As Well As Temperature	No Cause	No Consequences	Safety Valve (SV-6214)	1	1	1	L	L	a) Melakukan kalibrasi secara berkala pada PI-6217 setiap 1 tahun sekali b) Melakukan Preventive maintenance secara berkala setiap satu tahun sekali

* = data PT. Petrokimia Gresik

Keterangan:

C(A) = Consequences berdasar standard AS/NZS 4360:2004

C(P) = Consequences berdasarkan standard Pabrik PT. Petrokimia Gresik

R(A) = Risiko berdasar standard AS/NZS 4360:2004

R(P) = Risiko berdasarkan standard pabrik PT. Petrokimia Gresik

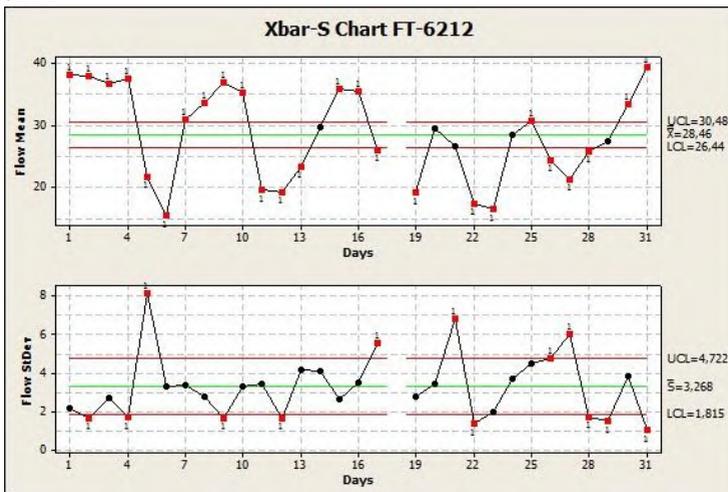
A

LAMPIRAN B

B-1 Node Economizer

Berdasarkan data proses pembacaan *transmitter* yang diperoleh dapat dibuat grafik *control chart* \bar{x} agar dapat diketahui penyimpangannya dari rata-rata pembacaan harian. Penyimpangan tersebut kemudian digunakan untuk menentukan *guide word* dan deviasi dari masing-masing *transmitter*. Data yang digunakan adalah pembacaan *transmitter* selama 1 bulan atau 31 hari pada bulan Maret. *Node economizer* memiliki 3 komponen yang ditinjau yaitu *Flow Transmitter* (FT-6212), *Level Transmitter* (LT-6211), dan *Pressure Indicator* (PI-6213).

Berikut merupakan grafik *control chart* \bar{x} -s untuk FT-6212



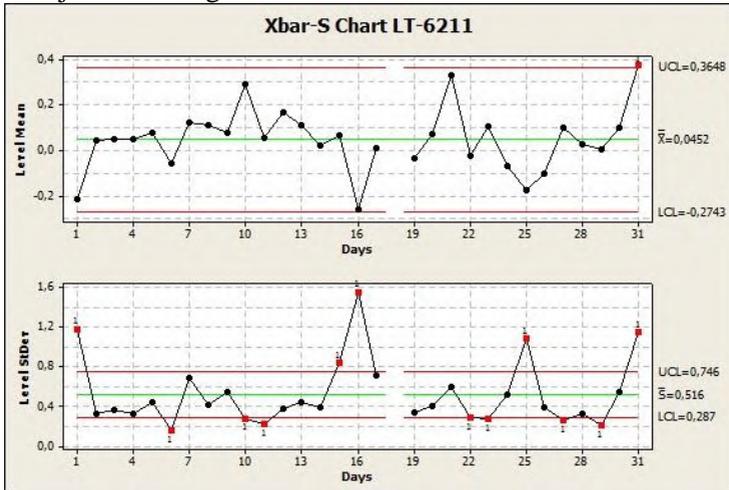
Gambar B-1 *control chart* \bar{x} -s FT-6212

Dari grafik dapat dilihat bahwa pembacaan *flow* pada FT-6212 didominasi oleh pembacaan *out of control*. *Flow feedwater* pada *economizer* mengikuti intensitas proses yang terjadi, *flow* akan sangat besar jika *rate* produksi meningkat dan akan turun jika *rate* produksi menurun. Rata-rata

B

pembacaan harian adalah 28,46 Ton/hr, dengan standar deviasi 3,268 pembacaan tertinggi dalam 31 hari adalah 39,45 sehingga berada diluar batas kontrol. Sehingga *guide word* yang digunakan adalah *less* dan *more*, dengan deviasi *less flow* dan *more flow*.

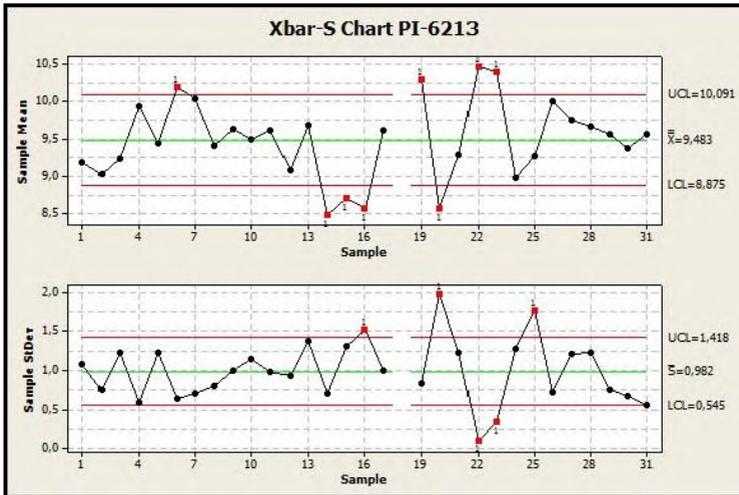
Sedangkan pembacaan *transmitter* untuk LT-6211 ditunjukkan oleh grafik berikut ini:



Gambar B-2 control chart \bar{x} -s LT-6211

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa pembacaan *transmitter* berada dalam batas kontrol, hanya pada tanggal 31 Maret pembacaan berada diluar batas kontrol. Standar deviasi yang diperoleh cukup yaitu adalah 0,516, hal ini menunjukkan bahwa penyimpangan yang terjadi tidak terlalu besar. Karena deviasi mayoritas berada pada *Lower Control Limit*, maka *guide word* yang digunakan adalah *less* dengan deviasi *less flow*. *Level* merupakan variabel yang dikontrol dengan *set point* tertentu. Jika *level feedwater* pada *economizer* rendah secara otomatis *flow feedwater* yang masuk ke *economizer* akan ditambah begitu pula sebaliknya. Berikut adalah grafik control chart \bar{x} -s pada PI-6213

C



Gambar B-3 control chart \bar{x} -s PI-6213

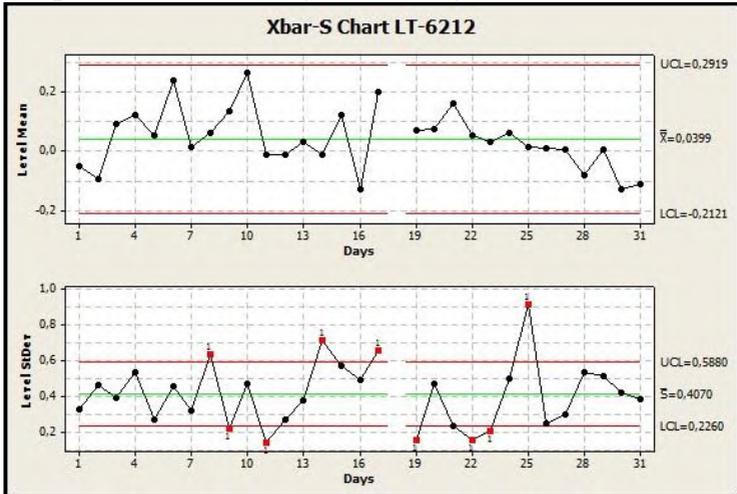
Pembacaan *transmitter* untuk komponen PI-6213 menunjukkan bahwa mayoritas pembacaan harian berada dalam batas kontrol. Hanya 8 hari yang menunjukkan pembacaan diluar batas kendali. Deviasi yang dihasilkan tidak terlalu besar yaitu 0,962, sehingga masih pada batas toleransi yang diizinkan. *Guide word* yang digunakan adalah *high* karena mayoritas penyimpangan pembacaan berada diatas kondisi normal. Deviasi yang dihasilkan adalah *high pressure*.

B-2 Node Steam drum

Feedwater yang telah melalui pemanasan awal di *economizer* selanjutnya akan memasuki *steam drum* untuk dipisahkan steam dengan fasa liquid yang masih terkandung. Ada 4 komponen instrumentasi utama di node *steam drum*, yaitu *Flow Transmitter* (FT-6212), *Level Transmitter* (LT-6212), *Pressure Indicator* (PI-6220), *Pressure Indicator* (PI-6213). Penjelasan untuk komponen FT-6212 dan PI-6213 sama dengan yang terdapat pada lampiran B-1 node

D

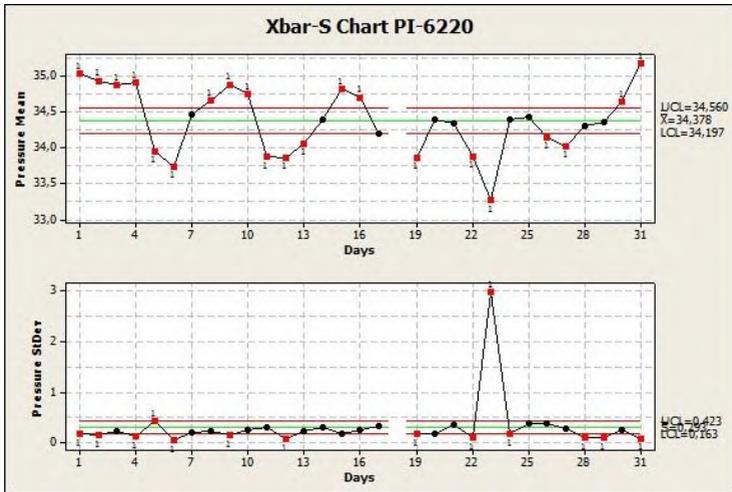
economizer. Sedangkan grafik *control chart* \bar{x} -s untuk komponen LT-6212 ditunjukkan oleh grafik berikut:



Gambar B-4 *control chart* \bar{x} -s LT-6212

Dari grafik menunjukkan bahwa pembacaan harian pada bulan Maret semua berada pada batas kontrol dengan penyimpangan dari *set point* sebesar 0,407. Penyimpangan paling banyak terjadi berada pada kondisi dibawah *set point*, meskipun masih pada batas kendali sehingga *guide word* yang digunakan adalah *less* dan deviasi *less level*. Sama halnya dengan LT-6211, untuk menghindari rendahnya *level feedwater* yang bisa berakibat pada *over pressure* dan terjadi ledakan, maka *flow feedwater* yang masuk ke *steam drum* mengikuti tinggi atau rendahnya *level feedwater* pada *steam drum*. Grafik berikut menunjukkan grafik *control chart* \bar{x} -s untuk komponen PI-6220, yang menunjukkan banyak pembacaan berada pada kondisi *out of control*. Pembacaan paling tinggi adalah 35,2 Kg/cm² yang terjadi pada tanggal 31 Maret 2014.

E

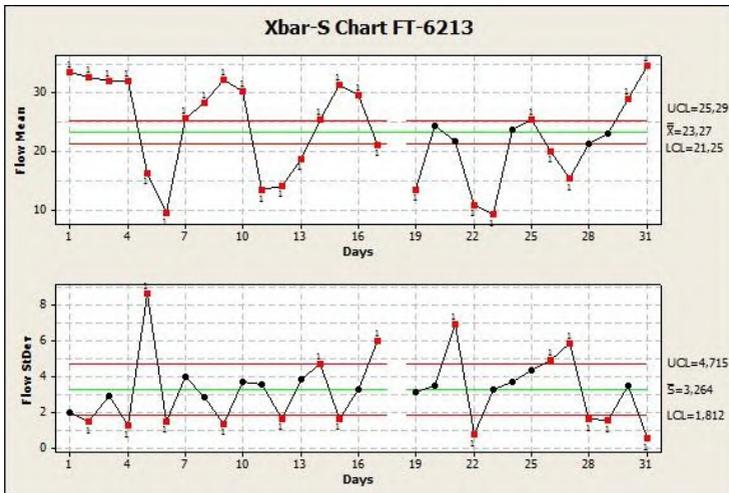


Gambar B-5 control chart \bar{x} -s PI-6220

B-3 Node Superheater

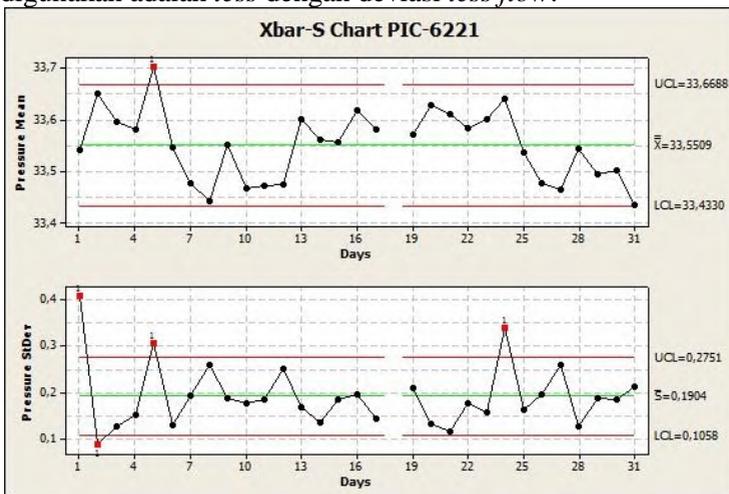
Setelah melewati *steam drum*, steam kemudian masuk kedalam *superheater* untuk dipanaskan menjadi uap panas lanjut (*main steam*). Terdapat 4 komponen instrumentasi utama pada node *superheater*, yaitu *Flow Transmitter* (FT-6213), *Pressure Indicating Controller* (PIC-6221), *Temperature Indicator* (TI-6211), dan *Temperature Indicator* (TI-6214). Berikut merupakan *control chart* \bar{x} -s untuk masing-masing komponen

F



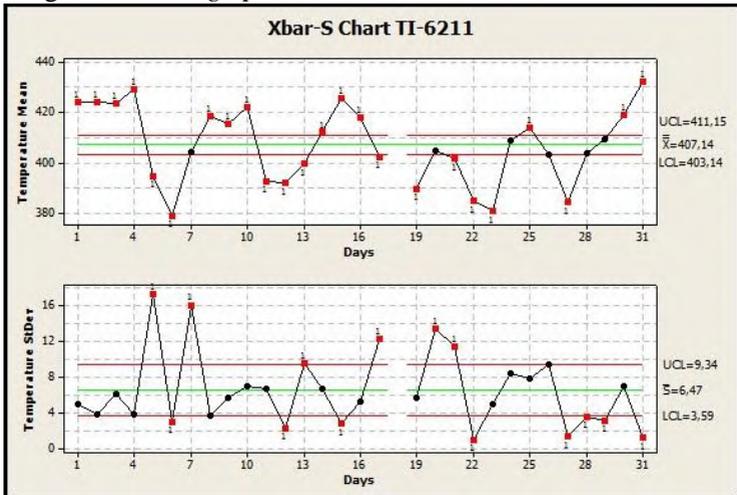
Gambar B-6 control chart \bar{x} -s FT-6213

Pembacaan harian dari FT-6213 mayoritas berada diluar batas kontrol, dengan deviasi 3,264. Penyimpangan mayoritas terjadi pada *Lower Control Limit*, sehingga *guide word* yang digunakan adalah *less* dengan deviasi *less flow*.



Gambar B-7 control chart \bar{x} -s PIC-6221

Grafik diatas menunjukkan pembacaan harian komponen PIC-6221, sesuai dengan fungsinya sebagai indikator tekanan yang mengirimkan sinyal elektrik ke aktuator, tidak banyak penyimpangan yang terjadi pada PIC-6221. Pembacaan rata-rata paling tinggi adalah 33,70 Kgm/cm² pada tanggal 5 Maret 2014. Deviasi yang dihasilkan juga cukup kecil dengan nilai 0,1904. Mayoritas penyimpngan berada pada kondisi diatas *set point* sehingga *guide word* yang digunakan adalah *high*, dengan deviasi *high pressure*



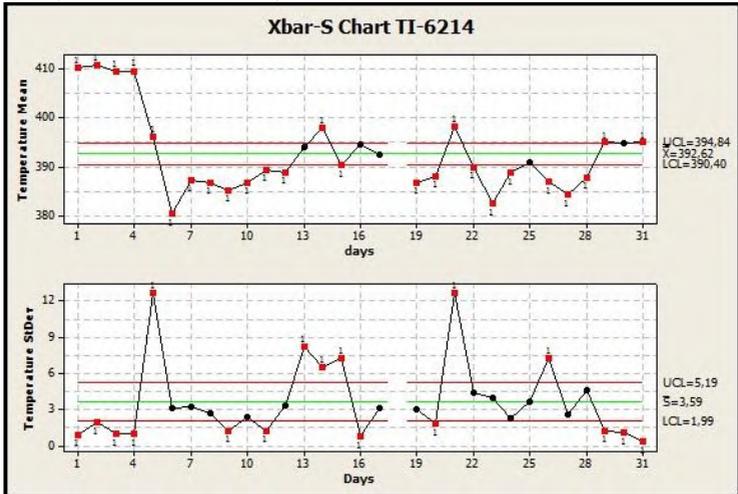
Gambar B-8 control chart \bar{x} -s TI-6211

Grafik diatas menunjukkan pembacaan harian dari komponen PIC-6211, banyak pembacaan berada pada kondisi *out of control*, dengan deviasi yang cukup tinggi sebesar 6,47. Deviasi terjadi pada dua kondisi yaitu *low* dan *high* sehingga *guide word* yang digunakan ada dua yaitu *high* dan *low*, dengan deviasi *high temperature* dan *low temperature*.

Berikut merupakan grafik control chart \bar{x} -s pada TI-6214 pada aliran utama steam yang keluar dari *superheater*, hampir sama dengan TI-6211 pada aliran masuk ke

H

superheater, pembacaan *transmitter* juga banyak menghasilkan data yang *out of control*

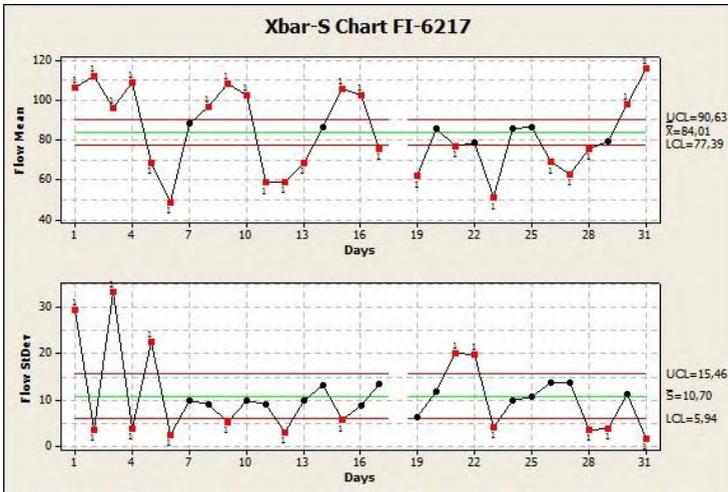


Gambar B-9 control chart \bar{x} -s TI-6214

Deviasi yang dihasilkan adalah sebesar 3,59. Penyimpangan banyak terjadi pada kondisi *high* dan *low*, sehingga menghasilkan dua *guide word* yaitu *high* dan *low*, dan deviasi yang dihasilkan adalah *high temperature* dan *low temperature*.

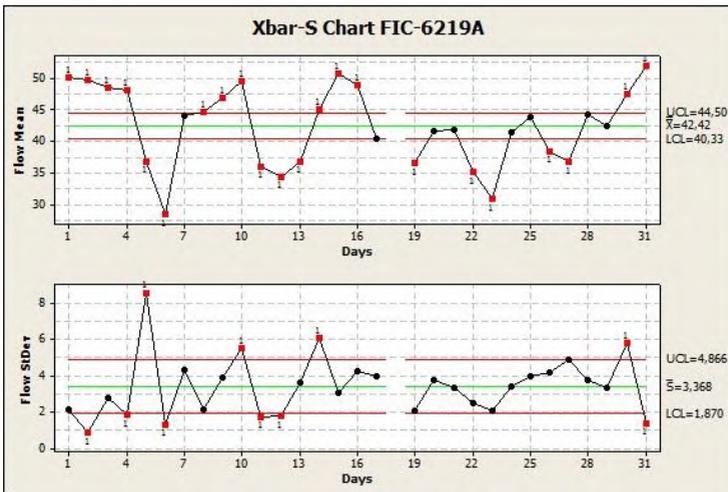
B-4 Node Burner

Burner memberikan pemanasan dengan *temperature* yang tinggi pada *furnace*, terdapat 4 komponen instrumentasi utama pada *burner* yaitu *Flow Indicator* (FI-6217), *Flow Indicating Controller* (FIC-6219A), *Pressure Indicator* (PI-6217), dan *Temperature Indicator* (TI-6217). Sama seperti penunjukan *flow* pada *transmitter* dan *Indicator* yang terdapat pada node yang lain, FI-6217 menunjukkan pembacaan yang *out of control* seperti ditunjukkan oleh gambar B-10 berikut ini.



Gambar B-10 control chart \bar{x} -s FI-6217

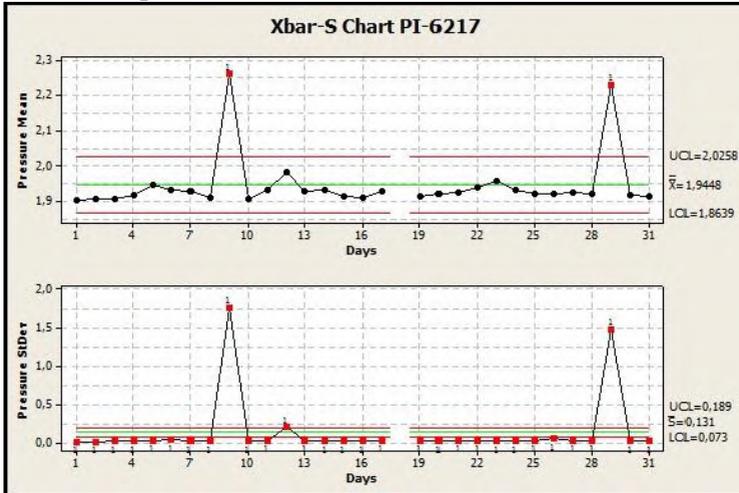
Mayoritas penyimpangan berada pada kondisi rendah, sehingga *guide word* yang digunakan adalah *less* dan deviasi *less flow*. Berikut merupakan grafik pembacaan komponen FIC-6219A.



Gambar B-11 control chart \bar{x} -s FIC-6219 A

Penyimpangan mayoritas terjadi pada kondisi tinggi dan rendah, sehingga *guide word* yang digunakan adalah *less* dan *more*. Deviasi yang digunakan adalah *less flow* dan *more flow*.

Gambar B-12 berikut menunjukkan grafik pembacaan *transmitter* pada PI-6217

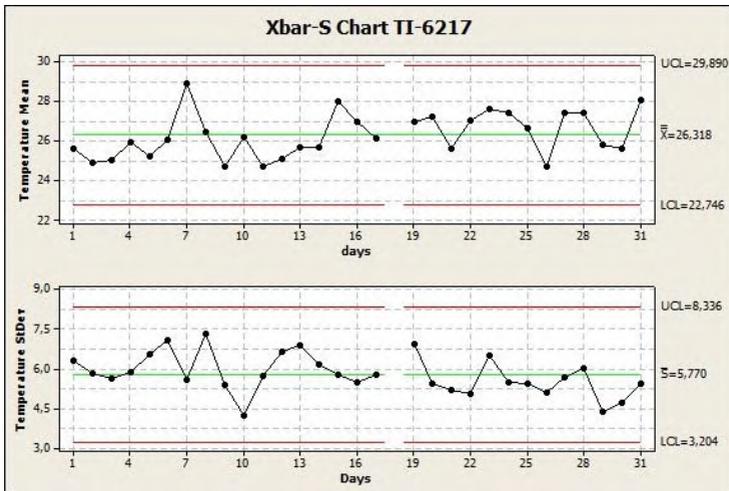


Gambar B-12 control chart \bar{x} -s PI-6217

Dari grafik terlihat bahwa terdapat dua hari dengan penunjukan *transmitter out of control*, yaitu pada tanggal 9 dan 29 Maret 2014 dengan penunjukan *pressure* rata-rata diatas 2 psig. Sehingga *guide word* yang digunakan adalah *high*, dengan deviasi *high pressure*.

Sedangkan pada komponen TI-6217, tidak terdapat penyimpangan dari rata-rata penunjukan dalam satu bulan. Hal ini menunjukkan bahwa TI-6217 tidak menimbulkan potensi bahaya, karena penunjukannya sesuai dengan kondisi proses yang terjadi. Grafik *control chart* \bar{x} -s untuk TI-6217 ditunjukkan seperti pada gambar B-13 berikut ini

K



Gambar B-13 control chart \bar{x} -s TI-6217

Guide word yang digunakan adalah As Well As dan deviasi As Well As Temperature.

LAMPIRAN C

Tabel C-1 Penentuan *Likelihood node Economizer*

Node 1 Economizer									
Equipment	Kerusakan/Keterangan	Tanggal/Bulan/Tahun (Maintenance)	Tanggal/Bulan/Tahun (Sekarang Belum Terjadi Kerusakan)	Selisih Waktu Maintenance (Hari)	Failure Rate (Oreda)	TTF (Jam)	MTTF (Jam)	Operating Time (Jam)	Likelihood
FT-6212	Kalibrasi	02/11/2010	08/05/2014	1283	-	30792	32832	61320	1,867
FT-6212	Kalibrasi	10/11/2006	01/11/2010	1453	-	34872			
PT-6213	Kalibrasi	24/02/2011	08/05/2014	1169	-	28056	15564	61320	3,939
PT-6213	Kalibrasi	19/10/2010	24/02/2011	128	-	3072			
LT-6211	- Tidak ada data kerusakan - OREDA type Capacitance Failure Mode Degraded	-	-	-	$5,708 \times 10^{-5}$	-	17519,2	61320	3,500

Tabel C-2 Penentuan *Likelihood node Steam Drum*

Node 2 Steam Drum									
Equipment	Kerusakan/Keterangan	Tanggal/Bulan/Tahun (Maintenance)	Tanggal/Bulan/Tahun (Sekarang Belum Terjadi Kerusakan)	Selisih Waktu Maintenance (Hari)	Failure Rate (Oreda)	TTF (Jam)	MTTF (Jam)	Operating Time (Jam)	Likelihood
FT-6212	Kalibrasi	02/11/2010	08/05/2014	1283	-	30792	32832	61320	1,867
FT-6212	Kalibrasi	10/11/2006	01/11/2010	1453	-	34872			
LT-6212	- Tidak ada data kerusakan - OREDA type Capacitance Failure Mode Degraded	-	-	-	$5,708 \times 10^{-5}$	-	17519,2	61320	3,500

Tabel C-2 Lanjutan

Node 2 Steam Drum									
Equipment	Kerusakan/Keterangan	Tanggal/Bulan/Tahun (Maintenance)	Tanggal/Bulan/Tahun (Sekarang Belum Terjadi Kerusakan)	Selisih Waktu Maintenance (Hari)	Failure Rate (Oreda)	TTF (Jam)	MTTF (Jam)	Operating Time (Jam)	Likelihood
PI-6220	- Tidak ada data kerusakan - OREDA type Electro Mechanical Failure Mode Degraded	-	-	-	$5,75 \times 10^{-6}$	-	173913,04	61320	0,35259

Tabel C-3 Penentuan Likelihood node Superheater

Node 3 Superheater									
Equipment	Kerusakan/Keterangan	Tanggal/Bulan/Tahun (Maintenance)	Tanggal/Bulan/Tahun (Sekarang Belum Terjadi Kerusakan)	Selisih Waktu Maintenance (Hari)	Failure Rate (Oreda)	TTF (Jam)	MTTF (Jam)	Operating Time (Jam)	Likelihood
FT-6213	Check Internal Flow Element (Annubar)	01/10/2010	08/05/2014	1315	-	31560	31560	61320	1,9429
PIC-6221	- Tidak ada data kerusakan - OREDA type Process Control Failure Mode Degraded	-	-	-	$7,58 \times 10^{-6}$	-	131926,1	61320	0,4648
TI-6211	Penggantian Kabel Part Indicator dengan yang baru	20/02/2009	08/05/2014	1903	-	45672	45672	61320	1,3426
TI-6214	Ganti Positioner dan Inject dengan Instrument Air	22/10/2009	08/05/2014	1659	-	39816	39816	61320	1,5400

Tabel C-4 Penentuan *Likelihood node Burner*

Node 3 Superheater									
Equipment	Kerusakan/Keterangan	Tanggal/Bulan/Tahun (Maintenance)	Tanggal/Bulan/Tahun (Sekarang Belum Terjadi Kerusakan)	Selisih Waktu Maintenance (Hari)	Failure Rate (Oreda)	TTF (Jam)	MTTF (Jam)	Operating Time (Jam)	Likelihood
FI-6217	Kalibrasi	02/11/2010	08/05/2014	1283	-	30792	30792	61320	1,9914
PI-6217	Kalibrasi	02/11/2010	08/05/2014	1283	-	30792	30792	61320	1,9914
FIC-6219A	- Tidak ada data kerusakan - OREDA type General Valve Failure Mode Degraded	-	-	-	$1,974 \times 10^{-5}$	-	50658,5	61320	1,2104
TI-6217	- Tidak ada data kerusakan - OREDA type Temperature sebagai Process Indicator Failure Mode All Models	-	-	-	$6,39 \times 10^{-6}$	-	156494,5	61320	0,3918

LAMPIRAN D

Tabel D-1 Kriteria *Cosequences* Berdasarkan Standar PT.Petrokimia Gresik

No.	Dampak Risiko	Kriteria Nilai Dampak				
		1	2	3	4	5
1	Production factor rendah <i>Dihitung berdasarkan kehilangan produksi</i>	Realisasi bulanan = 95,1-99% KPI.	Realisasi bulanan = 90,1-95% KPI.	Realisasi bulanan = 85,1-90% KPI.	Realisasi bulanan = 80,1-85% KPI.	Realisasi bulanan ≤ 80% KPI.
2	On stream factor rendah <i>Dihitung berdasarkan kehilangan produksi</i>	Realisasi bulanan = 95,1-99% KPI.	Realisasi bulanan = 90,1-95% KPI.	Realisasi bulanan = 85,1-90% KPI.	Realisasi bulanan = 80,1-85% KPI.	Realisasi bulanan ≤ 80% KPI.
3	Rate produksi rendah <i>Dihitung berdasarkan kehilangan produksi</i>	Realisasi bulanan = 95,1-99% KPI.	Realisasi bulanan = 90,1-95% KPI.	Realisasi bulanan = 85,1-90% KPI.	Realisasi bulanan = 80,1-85% KPI.	Realisasi bulanan ≤ 80% KPI.
4	Consumption rate tinggi <i>Dihitung berdasarkan konsumsi bahan baku</i>	Realisasi bulanan = 100,1-101% RKAP.	Realisasi bulanan = 101,1-102% RKAP.	Realisasi bulanan = 102,1-103% RKAP.	Realisasi bulanan = 103,1-104% RKAP	Realisasi bulanan > 104% RKAP.
5	Kualitas produk rendah <i>Dihitung berdasarkan penyimpangan SNI</i>	Penyimpangan kualitas < 2,5% dari batasan.	Penyimpangan kualitas 2,6-5% dari batasan.	Penyimpangan kualitas 25,1-7,5% dari batasan.	Penyimpangan kualitas 7,6-10% dari batasan.	Penyimpangan kualitas >10% dari batasan.
6	Polusi lingkungan <i>Dihitung berdasarkan penyimpangan ketentuan NAB</i>					Ada penyimpangan kualitas limbah cair dan gas.
7	Kecelakaan kerja tinggi <i>Dihitung berdasarkan kehilangan hari kerja</i>					Ada potensi mengakibatkan terjadinya kecelakaan kerja.
8	Breakdown peralatan utama tinggi, sesuai dengan kriteria di Prosedur Pemeliharaan Pabrik. (PR-02-0022)	Kategori Alat C (Apabila terjadi kerusakan tidak berpengaruh terhadap operasional unit pabrik)	Kategori Alat B (Apabila terjadi kerusakan unit pabrik tidak sampai shutdown, tetapi terjadi penurunan rate produksi)	Kategori Alat B (Apabila terjadi kerusakan unit pabrik tidak sampai shutdown, tetapi terjadi penurunan rate produksi)	Kategori Alat A (Apabila terjadi kerusakan, unit pabrik shutdown atau tidak bisa start-up)	Kategori Alat A & L (Apabila terjadi kerusakan, unit pabrik shutdown atau tidak bisa start-up dan Equipment yang terkait dengan Peraturan Pemerintah atau UU)

Tabel D-1 Lanjutan

No.	Dampak Risiko	Kriteria Nilai Dampak				
		1	2	3	4	5
9	Bahan baku stock out <i>Dihitung berdasarkan kehilangan produksi</i>	Menyebabkan pabrik shut down ≤ 4 jam.	Menyebabkan pabrik shut down = 4,1-8 jam.	Menyebabkan pabrik shut down = 8,1-12 jam.	Menyebabkan pabrik shut down = 12,1-24 jam.	Menyebabkan pabrik shut down > 24 jam.
10	Bahan penolong stock out <i>Dihitung berdasarkan kehilangan produksi</i>	Menyebabkan pabrik shut down ≤ 4 jam.	Menyebabkan pabrik shut down = 4,1-8 jam.	Menyebabkan pabrik shut down = 8,1-12 jam.	Menyebabkan pabrik shut down = 12,1-24 jam.	Menyebabkan pabrik shut down > 24 jam.
11	Supply utilitas terganggu <i>Dihitung berdasarkan kehilangan produksi</i>	Menyebabkan pabrik shut down ≤ 4 jam.	Menyebabkan pabrik shut down = 4,1-8 jam.	Menyebabkan pabrik shut down = 8,1-12 jam.	Menyebabkan pabrik shut down = 12,1-24 jam.	Menyebabkan pabrik shut down > 24 jam.

Tabel D-2 Kriteria Likelihood Berdasarkan Standar PT.Petrokimia Gresik

No.	Peluang Risiko	Kriteria Nilai Peluang				
		1	2	3	4	5
1	Production factor rendah <i>Monitor target dan realisasi adalah per bulan, atau 12X dalam setahun.</i>	Realisasi bulanan tidak memenuhi target KPI $< 2X$	Realisasi bulanan tidak memenuhi target KPI = $3X$	Realisasi bulanan tidak memenuhi target KPI = $4X$	Realisasi bulanan tidak memenuhi target KPI = $5X$	Realisasi bulanan tidak memenuhi target KPI $> 5X$
2	On stream factor rendah <i>Monitor target dan realisasi adalah per bulan, atau 12X dalam setahun.</i>	Realisasi bulanan tidak memenuhi target KPI $< 2X$	Realisasi bulanan tidak memenuhi target KPI = $3X$	Realisasi bulanan tidak memenuhi target KPI = $4X$	Realisasi bulanan tidak memenuhi target KPI = $5X$	Realisasi bulanan tidak memenuhi target KPI $> 5X$
3	Rate produksi rendah <i>Monitor target dan realisasi adalah per bulan, atau 12X dalam setahun.</i>	Realisasi bulanan tidak memenuhi target KPI $< 2X$	Realisasi bulanan tidak memenuhi target KPI = $3X$	Realisasi bulanan tidak memenuhi target KPI = $4X$	Realisasi bulanan tidak memenuhi target KPI = $5X$	Realisasi bulanan tidak memenuhi target KPI $> 5X$
4	Consumption rate tinggi <i>Monitor target dan realisasi adalah per bulan, atau 12X dalam setahun.</i>	Realisasi bulanan tidak memenuhi target RKAP $< 2X$	Realisasi bulanan tidak memenuhi target RKAP = $3X$	Realisasi bulanan tidak memenuhi target RKAP = $4X$	Realisasi bulanan tidak memenuhi target RKAP = $5X$	Realisasi bulanan tidak memenuhi target RKAP $> 5X$

No.	Peluang Risiko	Kriteria Nilai Peluang				
		1	2	3	4	5
5	Kualitas produk rendah <i>Indikator adalah analisa rata-rata harian dari produk per bulan.</i>	Penyimpangan kualitas 0X jumlah analisa	Penyimpangan kualitas 1X jumlah analisa	Penyimpangan kualitas 2X jumlah analisa	Penyimpangan kualitas 3X jumlah analisa	Penyimpangan kualitas 4X jumlah analisa
6	Polusi lingkungan <i>Indikator adalah analisa rata-rata harian dari limbah per bulan.</i>	Penyimpangan kualitas 0X jumlah analisa	Penyimpangan kualitas 1X jumlah analisa	Penyimpangan kualitas 2X jumlah analisa	Penyimpangan kualitas 3X jumlah analisa	Penyimpangan kualitas 4X jumlah analisa
7	Kecelakaan kerja tinggi <i>Frekuensi dihitung mulai dari kehilangan 1 hari kerja.</i>	Terjadi 0 - 2X	Terjadi 3 - 4X	Terjadi 5 - 6X	Terjadi 7 - 8X	Terjadi > 8X
8	Breakdown peralatan utama tinggi <i>Frekuensi dihitung per alat per bulan</i>	ECA level peralatan Brand New atau Excellence	ECA level peralatan Very Good atau Good, Serviceable	ECA level peralatan Acceptable atau Barely Acceptable	ECA level peralatan Below Standard atau Poor	ECA level peralatan Bad atau Unusable
9	Bahan baku stock out <i>Per bulan per bahan baku.</i>	Terjadi 1X	Terjadi 2X	Terjadi 3X	Terjadi 4X	Terjadi >4X
10	Bahan penolong stock out <i>Per bulan per bahan penolong.</i>	Terjadi 1X	Terjadi 2X	Terjadi 3X	Terjadi 4X	Terjadi > 4X
11	Supply utilitas terganggu <i>Dihitung per bulan, frekwensi kejadian yang menyebabkan pabrik shut down.</i>	Terjadi 1X	Terjadi 2X	Terjadi 3X	Terjadi 4X	Terjadi > 4X

LAMPIRAN E

Tabel E-1 Data Pembacaan FT-6212

DATA PEMBACAAN PADA Flow Transmitter (FT-6212) (ton/hr)																												
Tanggal	Waktu Pengambilan Data (jam ke-)																							Rata-rata	Standar Deviasi			
	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00			23.00		
01/09/2014	38,37	38,41	38,44	38,23	37,95	38,08	38,42	37,1	37,1	37,7	37,7	44,3	44,3	35	36,9	36,9	36,9	37,4	37,4	37,21	37,16	37,44	40,17	36,84	38,1466667	2,063836791		
02/09/2014	37,51	37,63	37,48	37,6	37,48	37,52	39,31	38	37,5	37,42	34,6	41,5	36,2	36,4	36,6	37,1	37,1	39,4	39,2	39,1	40,3	40,3	40,3	36,85	38,0166667	1,562537111		
03/09/2014	36,67	36,8	36,74	36,8	36,69	36,55	36,53	36	35,8	40,8	30,4	29,1	34,3	36,2	36,3	37,1	37,7	37,8	38,1	38,1	39,9	40,3	40,3	37,6	36,77	2,616584924		
04/09/2014	37,6	37,9	37,9	38	37,9	37,9	37,9	38,29	38,04	38,18	38,08	39,21	36,86	39,82	40,76	38,78	38,8	38,76	35,66	35,1	34,9	34,9	34,9	35	37,5475	1,615751244		
05/09/2014	35,1	34,8	34,9	35,1	34,3	33,9	22,7	20,62	20,3	20,15	20,53	20,84	20,3	20,09	14,17	14,6	14,3	15,1	14,6	14,7	14,7	14,9	15	15	21,7041667	7,939091004		
06/09/2014	15	15	15	16	16	15,1	15,1	16,11	14,33	14,32	14,31	14,64	14,41	19,68	2	15,76	16,43	15,44	16	17	17,6	18	18,4	18,8	15,4345833	3,169273023		
07/09/2014	18,8	32,1	40,1	29,7	31,5	31,5	31,5	30,72	30,59	30,51	29,99	29,26	30,22	31,71	34,08	30,9	31,02	31,05	30,97	31,1	30,9	31,3	31	33,6	30,9883333	3,278971722		
08/09/2014	33	31,1	31,1	31,9	31,3	32,1	32,2	30,9	30,9	31,3	28,8	33,4	33,5	33,5	33,5	34,6	34,9	37	37	37,3	37	38,7	37,5	37,5	33,75	2,701698998		
09/09/2014	37	37,4	37,4	37,4	37,3	37,2	37,3	35,9	35,9	35,9	33,3	36	36	36,1	35,9	35,2	35,2	35,6	37,9	37,3	38,5	39,4	40,6	39,5	37,0083333	1,570540424		
10/09/2014	38,5	38,6	38,5	39,4	37,5	37,7	37,7	37,4	37,9	38,6	33,9	33,9	34,7	34,8	30,2	30,2	30,2	35,8	32,99	34,43	34,13	30,72	34,22	35,2079167	3,209785931			
11/09/2014	34,05	20,06	20,08	20,8	20,7	20,02	20,05	19,7	20,1	21	17,8	18,9	16,3	16,6	16,3	17,4	18,9	18,9	18,2	17,7	18	19	19	18,86	19,5	3,322169211		
12/09/2014	18,11	19,36	17,31	17,13	18,44	20,21	20,94	18,2	16,1	18,9	16,7	16,5	19,8	19,5	18,7	18,9	20,5	21	21,2	20,4	21,1	21,1	20,7	20,7	19,2291667	1,591587074		
13/09/2014	20,4	20,5	20,7	20,5	20,4	20,8	20,8	21,23	19,19	19,19	17,22	23,46	23,36	20,13	18,98	26,27	25,81	30,88	32,12	26,7	27,5	27,6	27,8	27,7	23,3016667	4,050286684		
14/09/2014	28,4	28,3	27,1	27,1	27,1	27,3	26,8	27,16	26,2	26,93	27,16	27,22	27,21	25,76	25,76	27,7	33,1	34,1	34,5	36,7	35,2	35,4	35,9	37,2	29,7916667	3,980903024		
15/09/2014	37,3	37,3	37,3	37,3	37,3	37,8	35,7	35,38	33,32	34,19	33,22	33,2	34,23	33,84	35,44	34,71	34,27	34,07	33,82	34	36,8	40,9	44	38,4	35,9989833	2,576565731		
16/09/2014	36,4	41,6	39,2	40	40	40,1	32,34	35,46	34,94	33,79	35,79	30,46	29,51	31,84	32,21	32,24	32,27	32,11	34,7	35,6	35,8	35,8	35,8	35,8	35,4291667	3,379904975		
17/09/2014	16,3	20,1	15,5	15,2	29,7	30,2	32,3	34,84	37,41	29,23	27,49	27,52	26,72	25,2	23,93	27,84	27,41	27,29	27,4	27,6	23,1	24,8	22,1	21,8	25,8366667	5,415417548		
18/09/2014																												
19/09/2014	22,5	22,7	22,5	22,2	22,4	20,1	19,1	20,1	20,1	20,1	16	15,5	15,4	16	14,7	16	18,1	16,8	17	18,85	18,73	18,55	22,6	22,47	19,1041667	2,663240377		
20/09/2014	25,03	26,44	26,47	26,57	26,21	26,28	30,81	28,4	27,6	26,4	29,9	28,6	28,8	28,1	29,8	29,7	30,3	30,3	41,6	32	32,1	32,4	33,1	29,50875	3,34730652			
21/09/2014	27,19	27,58	29,26	33,36	33,25	33,4	34,21	34,7	33,3	33,4	32,7	32,9	29	32,7	14,7	18,7	19,7	19,8	19,7	20,2	20,2	20,2	20,2	19,4	26,8989833	6,662906322		
22/09/2014	17	17	17	17	17	17	17	17,39	18,38	15,6	18,87	16,69	15,19	19,62	16,32	15,82	19,49	18,1	17,7	18,7	18,2	14,7	18,9	17,1	17,3525	1,28984999		
23/09/2014	16,7	14,4	17,7	17,5	18,6	19,1	17,2	14,68	14,69	14,63	14,73	14,74	14,75	14,32	14,43	17,72	14,98	15,56	18,17	14,6	17	17,4	19,5	20,6	16,4041667	1,878595975		
24/09/2014	20	30,3	31,7	25,9	26,4	25,4	25,2	22,08	25,84	29,09	30,45	26	25,94	26,36	27,29	29	30	30,3	32,1	32,3	32,7	32,2	33,2	33,2	33	28,4898333	3,558424838	
25/09/2014	32,3	32,9	27,5	28	28	27,6	27,6	27,74	21,15	28,15	27,11	28,7	26,06	33,21	42,17	34,49	34,48	34,5	39,15	33,1	33,1	31,4	31,1	31,1	31,1	30,83975	4,379904216	
26/09/2014	26,8	27,2	26,7	27,2	27,2	27,2	27,2	26,27	24,56	28,15	25,1	28,7	26,32	26,38	28,31	26,84	26,9	29,1	14,64	18,3	16,7	18,4	15,6	15,9	24,3654167	4,62565495		
27/09/2014	16,7	17,3	16,1	17,3	17,6	16,7	16,5	17,5	19,5	19,5	16,2	16,2	15,7	15,4	15,4	29,2	29,2	33	28,6	28,4	29,1	26,6	25,6	27,7	21,3	5,860318333		
28/09/2014	27,5	25,3	24,9	27,2	27,3	26,9	26,6	26,4	26,4	25,2	25,6	25,6	23,6	24,8	24,8	24,8	25,4	25,6	25,6	20,48	25,68	29,16	27,12	27,47	25,80875	1,621339257		
29/09/2014	25,26	27,83	27,72	27,83	24,85	25,88	25,98	26,1	26,1	26,1	25	28,3	28,7	28,9	28,7	27,9	27,9	28,2	30,3	28,3	28,3	28,5	28,5	28,5	28,5	27,354167	1,405907119	
30/09/2014	28,25	28,42	28,29	28,54	28,59	28,56	28,48	34,5	34,4	34,6	34,2	28,7	29,3	35,1	37,3	36,8	36,4	36,4	36,4	36,4	36,4	37,8	37,81	38,18	33,6333333	3,69450568		
31/03/2014	38,18	38,67	38,66	38,77	39,1	38,8	43,58	39,4	39,7	39,4	39,7	38,7	38,8	39	39,8	39,4	39,4	39,4	39,6	39,6	39,7	39,7	39,8	39,8	39,8	39,4566667	0,965641698	
																										CL	26,4906389	3,199444873

Tabel E-5 Data Pembacaan LT-6212

DATA PEMBACAAN PADA Level Transmitter 6212 (LT-6212)/500 cm																												
Tanggal	Waktu Pengambilan Data (jam ke-)																							Rata-rata	Standar Deviasi			
	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00			23.00		
01/03/2014	0,04	-0,03	-0,21	0,16	0,03	0,2	0,08	0	0,1	0	0	0	-1,4	0,4	0	0	0	0	0	0,04	-0,23	-0,33	-0,03	-0,04917	0,313301195			
02/03/2014	-0,33	-0,05	0,09	-0,03	-0,16	-0,06	-1,47	0,04	-0,37	-0,06	0,24	-0,03	0,14	-0,37	0,93	0,5	0,5	0	-0,1	0	-0,8	-0,6	-0,2	-0,11	-0,08583	0,450656157		
03/03/2014	-0,04	-0,01	-0,02	0,03	-0,06	0,09	0,28	0,87	0,12	0,15	0,07	0,08	0,48	-0,77	1,28	-0,13	-0,01	0,07	-0,13	-0,1	0,1	0,3	0,1	-0,3	0,08975	0,376262458		
04/03/2014	-0,2	0	0	0,3	0,1	0,1	0,1	-0,57	-0,13	-0,12	0,05	-0,43	-0,23	1,4	1,13	0,1	0,07	-0,13	-0,13	-0,04	0,03	-0,08	1,7	-0,07	0,122917	0,523740387		
05/03/2014	0,03	-0,09	0,05	0,12	0,04	-0,06	-0,17	0,03	-0,05	0,09	0,62	-0,44	-0,04	-0,02	0,98	0,11	-0,19	0,1	-0,05	0,14	-0,01	0,08	0,02	0	0,05375	0,260589276		
06/03/2014	0	0	0	0	0	0	0	-0,06	1,04	0,95	0,84	1,18	0,42	-0,24	1,31	0,13	-0,01	0	0,05	0,1	0	0	0	0	0,237917	0,442850418		
07/03/2014	0	0,3	-0,8	0,7	-0,4	-0,1	0	-0,13	-0,15	-0,3	0,49	0,4	0,02	0,17	0,06	0	0,03	0,12	0,15	-0,04	0,24	0,15	-0,12	-0,43	0,015	0,307259391		
08/03/2014	0,04	0,57	-0,12	-0,11	0,28	-0,36	-1,51	-0,1	-0,2	2,2	0,9	0,1	0	0	0	0	0	-0,04	0,25	-0,04	0,78	0,15	0,02	0,2	0,062083	0,618937121		
09/03/2014	0,23	0,01	0,21	-0,1	-0,07	-0,23	0	0,2	0,2	0,3	0,5	0,3	0,2	0,4	0	0	0	0,1	-0,3	0,23	0,01	0,23	0,62	0,18	0,134583	0,210811511		
10/03/2014	0,32	0,06	0,25	0,2	-0,01	0,01	-0,01	0,3	0,1	0,6	0,4	0,4	-0,2	-0,5	0,9	0,7	0,4	0	0,6	0,41	-0,48	-0,02	1,79	0,18	0,267083	0,457615916		
11/03/2014	0,27	0,06	0,04	-0,1	-0,12	0,14	0	-0,18	0,07	-0,33	0,07	-0,11	0,07	0,16	0,1	0	0	0	-0,1	0	0	0	0	0	-0,32	-0,01208	0,135153991	
12/03/2014	-0,2	0,07	-0,02	0,16	-0,04	0,09	0,47	-0,01	-0,13	-0,02	0,15	0,45	-0,32	-0,77	-0,14	-0,1	0,1	0,37	-0,45	0	0	0	0	0	0	-0,01375	0,298547884	
13/03/2014	0,1	0	0	0	0,2	0	0	0,13	0,03	-0,36	-0,13	-0,54	-0,09	0,2	0,09	0,15	-0,92	0,58	0,22	0,53	-0,61	0,8	0,26	0,13	0,032083	0,363352207		
14/03/2014	0,09	-0,31	0,35	0,27	0,02	0,26	0,35	-0,63	-0,69	-0,62	-0,29	-0,66	-0,57	0,22	2,87	-0,23	-0,47	-0,33	-0,02	-0,12	-0,27	0,02	0,49	0	-0,01125	0,694780016		
15/03/2014	0	0	0	0	0	0	0	-0,08	0,09	0,55	1,34	-0,1	0,15	0,07	2,2	-0,27	0,33	-0,23	-0,34	0	-0,2	-0,6	0	0	0,12125	0,554807117		
16/03/2014	-0,5	-1	-0,7	-0,5	-0,4	-0,3	0	0,45	0,18	-0,32	-0,42	-0,35	0,35	0,07	1,52	0	-0,01	-0,06	0,06	0	0	-0,6	-0,4	-0,2	-0,13	0,478051601		
17/03/2014	0,6	-0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	1,3	0,16	-0,22	-1,5	-0,13	0,19	1,56	1,86	0,13	0,02	0,04	-0,1	0,06	-0,05	0,39	-0,08	-0,08	-0,12	0,20125	0,638437627		
18/03/2014																												
19/03/2014	0,22	-0,24	0,15	0,12	0,05	0,57	0,02	0,1	0,1	0,1	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,14	-0,16	0,18	0,06875	0,146467075		
20/03/2014	0,26	0,3	0,25	0,16	0,1	-0,07	1,4	0,49	-0,48	-0,21	-0,73	0,21	-0,55	0,15	-0,65	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	1	-0,16	0,07375	0,45573944		
21/03/2014	0,69	0,28	0,5	-0,1	0,11	0,16	-0,12	0,14	0,51	0,17	0,12	0,03	0,01	0,63	0,35	0,04	0,31	-0,02	-0,07	0,1	0	0	0	0	0,15	0,224406625		
22/03/2014	0	0	0	0	0	0	0	-0,1	-0,14	0,09	-0,02	0,03	0,57	0,34	0,06	0,1	-0,03	0,05	0,1	0,02	0,01	0,22	-0,13	0,15	0,035	0,147507062		
23/03/2014	0,16	0,08	-0,04	-0,08	-0,05	0,01	0,04	-0,03	0,07	-0,25	0,19	0,15	0,28	-0,36	0,13	-0,04	0,08	-0,01	-0,04	0	-0,05	0,15	0,67	-0,27	0,032917	0,196478989		
24/03/2014	-0,17	0,56	0,09	-0,16	-0,63	-0,31	0,69	0,3	-0,25	-0,85	1,22	0,36	0,21	0,61	0,37	-0,97	0,54	-0,07	-0,1	0,02	0,24	0	-0,07	-0,1	0,06375	0,483656322		
25/03/2014	0	0	-0,1	0	0	0	0	-0,13	-0,05	-0,46	-0,38	0,04	0,16	1,05	-3,51	0,28	0,26	0,32	-0,61	0,1	0,1	0,4	1,9	1	0,014583	0,894403301		
26/03/2014	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	0	0	0,19	-0,03	0,06	0,06	0	0,1	-0,13	-0,23	-0,53	-0,53	-0,34	-0,04	0,07	0,1	0,6	0,05	-0,02	0,0075	0,236242284		
27/03/2014	0,12	0,03	0	-0,02	0,03	0,16	0,33	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,5	-0,7	-0,1	0,09	-0,2	-0,27	0,85	0,34	0,006667	0,287165264	
28/03/2014	-0,42	-0,19	0,22	-0,03	0,13	-0,08	0,35	0	0	-0,3	0,2	0,1	-0,2	0,7	-0,3	-0,4	0	0	0,2	-0,11	0,52	-2,23	-0,03	-0,06	-0,08042	0,519306281		
29/03/2014	0,08	0,1	0,15	0,11	0,88	0,86	-0,79	0,23	0,01	-0,03	0,54	-1,34	-0,88	0,7	-0,17	0	0	0	0	0	0	0	-0,5	0	0,18	0,005417	0,496034098	
30/03/2014	0,05	0,01	-0,02	-0,12	-0,1	-0,06	0,04	0,04	-0,06	0,08	-0,17	-1,93	0	0,21	-0,68	-0,2	-0,1	-0,1	0	0	-0,1	0	0	0	0,11	-0,12917	0,407542602	
31/03/2014	-0,07	0,28	0,24	0,11	0,18	0,21	-1,27	0,55	-0,09	-0,16	-0,14	-0,27	-0,97	-0,12	-0,44	0	0	0	0	0	0	0	-0,2	-0,4	-0,11083	0,3727814		
																										CL	0,039917	0,398462837

Tabel E-6 Data Pembacaan PI-6213

DATA PEMBACAAN PADA Pressure Indicator (PI-6213) (Psig)																											
Tanggal	Waktu Pengambilan Data (jam ke-)																										
	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	Rata-rata	Standar Deviasi	
01/03/2014	7,91	8,58	7,26	7,74	7,93	7,8	7,65	10,5	10,5	10,5	10,5	9,2	9,2	10,5	9,5	8,4	9,3	9,5	9,2	9,17	10,44	10,49	8,49	9,08	9,180833	1,047047104	
02/03/2014	9,18	9,47	9,32	9,11	9,21	9,25	8,94	8,96	9,12	10,49	10,49	7,34	9,03	7,99	8,08	8,7	8,7	8,6	8,2	9,2	9	8,9	8,9	10,49	9,02375	0,736426125	
03/03/2014	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,04	9,15	6,55	10,49	7,98	6,73	9,27	8,4	8,75	9,5	9,42	9,5	9,1	8,1	7,8	7,8	9,6	9,237917	1,198158237	
04/03/2014	9,6	9,8	10	10,1	10	9,9	9,9	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	8,84	8,71	9,12	10,49	10,49	10,2	10,49	9,6	9,96	8,8	9,77	9,942083	0,570343312		
05/03/2014	9,61	9,99	9,71	9,68	9,96	10,06	9,51	7,23	7,51	7,66	8,21	7,37	7,94	7,75	9,79	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,5	9,433333	1,187924193		
06/03/2014	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	9,6	9,6	8,7	8,7	8,7	10,19458	0,618596982	
07/03/2014	8,7	10,1	10,3	10,5	10,5	10,5	10,5	9,69	10,01	9,12	10,49	10,49	10,49	9,75	8,68	10,47	10,49	10,49	10,49	10,24	10,49	10,15	10,13	8,04	10,03375	0,683515697	
08/03/2014	8,1	9,19	9,09	8,93	9,09	8,61	8,25	10	10,1	8,1	9,7	10,2	9,5	9,3	9,3	7,9	10,3	10,3	10,31	10,49	9,97	9,27	10,49	9,407917	0,785769152		
09/03/2014	10,48	9,63	10,33	10,49	10,45	10,49	9,9	9,9	9,9	10,5	10,5	10,5	8,5	10,2	10,2	10,2	8,5	7,7	7,9	7,58	9,11	8,61	8,95	9,625833	0,975362824		
10/03/2014	9,09	8,67	8,98	8,99	10,09	10,08	10	10,4	10,1	9,8	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	7,1	7,34	7,57	8,12	9,62	8,06	9,500417	1,112895919	
11/03/2014	8,12	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	7,37	9,66	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	8,8	8,8	8,9	9,2	8,7	8,7	8,7	8,7	9,13	9,619167	0,959995298		
12/03/2014	9,13	9,18	8,7	8,69	8,7	7,73	7,32	8,45	8,6	9,15	10,15	7,86	7,34	9,01	8,85	9,66	9,83	10,11	9,18	9,3	10	10,1	10,5	10,5	9,085	0,905115094	
13/03/2014	10,5	10,5	10,2	10	10	10	10,48	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	9,32	6,48	6,47	6,66	10,2	10,49	10,49	10,49	9,65	7,69	9,69	9,69	1,332178667		
14/03/2014	7,61	7,8	8,22	8,38	8,4	8,4	9,04	8,15	8,78	8,95	8,29	8,28	8,3	8,83	6,98	8,25	9,48	10,49	7,5	8,1	8,71	8,61	8,94	9	8,47875	0,683722846	
15/03/2014	9,7	9,7	9,7	9,7	10,5	8,9	8,6	8,84	10,47	10,48	6,77	8,29	8,74	8,38	7,39	8,3	8,32	9,17	8,95	7,7	6,6	10,5	7	6	8,698333	1,270521273	
16/03/2014	5,4	9,2	8,5	8	7,2	7,1	7,1	8,61	7,75	7,84	7,88	10,49	7,76	6,75	6,25	10,49	10,49	10,49	10,49	10,5	9,5	9,2	9,3	9,3	8,565	1,479504422	
17/03/2014	10,2	9,2	10,5	10,5	7,1	8,5	7,6	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	9,01	8,99	9,31	9,32	9,2	8,94	9,04	10,49	8,96	10,49	10,49	10,26	9,60625	0,969914469	
18/03/2014																											
19/03/2014	10,49	10,49	10,49	10,36	10,49	10,48	10,49	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,49	10,49	10,49	9,79	8,46	10,29208	0,811608378	
20/03/2014	6,03	6	5,71	5,33	5,11	4,62	10,49	10,49	9,56	9	9,83	10,43	9,34	9,26	9	8,1	9	8,7	8,7	7,8	10,49	10,49	10,4	10,5	10,49	8,557917	1,933485581
21/03/2014	9,54	6,75	5,29	10,49	10,49	10,49	10,49	8,38	8,39	6,62	8,75	9,39	10	10,49	10,15	10,02	9,19	9,07	9,3	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,282917	1,192984863	
22/03/2014	10	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,47208	0,098329994
23/03/2014	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	9,94	8,84	10,4025	0,324117391	
24/03/2014	8,49	10,1	9,22	10,49	7,03	7,63	8,4	9,09	9,15	7,8	6,99	10,48	10,43	10,42	10,23	8,24	8,12	7,96	7,54	7,51	10,49	10,49	10,49	10,49	8,6	8,974583	1,236961934
25/03/2014	9,4	8,9	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,49	10,49	10,49	10,49	9,9	10,49	6,65	5,65	7,57	8,11	8,49	10,49	10,5	10,5	4,5	7,5	9,5	9,275417	1,71782581	
26/03/2014	9,6	10,3	10,2	10,3	10,4	10,4	10,4	10,49	10,49	8,56	8,59	8,5	10,39	10,4	10,49	10,08	10,5	8,35	10,49	10,49	10,25	10,25	9,88	10,36	10,015	0,701391474	
27/03/2014	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	8,6	8,6	7,2	7,5	8,17	10,49	7,98	7,65	10,36	9,749167	1,181492406	
28/03/2014	10,49	10,49	9,3	7,56	7,31	10,49	10,49	10,5	10,5	10,5	10,5	10,1	10,5	10,5	10,5	10,5	9,8	9,5	9,5	10,49	6,94	7,22	8,51	9,57	9,696667	1,191954511	
29/03/2014	10,49	9,94	10,01	10,25	10,49	10,48	10,49	10,49	9,96	9,65	10,37	9,14	8,77	9,14	9,93	9	9	9,1	7,8	9	9	9	9	8,76	9,560833	0,735237584	
30/03/2014	9,19	9,02	8,9	8,53	9	9,53	9,52	9,61	10,32	10,33	10,33	10,49	8,6	9,34	9,75	10,5	9,6	9,6	9,1	9,1	8,1	8,5	8,5	8,48	9,3725	0,644510473	
31/03/2014	8,44	9,05	8,98	8,97	9,1	8,7	9,55	10,48	10,23	9,73	9,9	10,49	10,48	9,77	8,19	8,9	9,9	9,9	9,9	9,7	9,6	9,4	9,4	9,3	9,3	9,56125	0,542189321

Tabel E-7 Data Pembacaan TI-6211

DATA PEMBACAAN PADA Temperature Indicator (TI-6211) (deg C)																											
Tanggal	Waktu Pengambilan Data (jam ke-)																						Rata-rata	Standar Deviasi			
	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00			22.00	23.00	
01/03/2014	423	423	423	423	423	423	423	419	419	435	435	434	434	419	422	422	422	423	423	422	423	422	423	424,1667	4,792934615		
02/03/2014	423	422	423	422	423	423	423	423	427	421	417	418	429	421	421	423	425	425	430	430	429	430	430	424,125	3,7679321108		
03/03/2014	421	421	422	423	421	421	421	421	420	432	414	408	422	421	422	421	429	431	429	431	430	430	431	432	423,9167	5,964594612	
04/03/2014	431	432	432	432	432	431	432	431	430	430	429	429	429	433	427	430	435	427	430	431	431	422	420	420	429,4167	3,740729281	
05/03/2014	420	420	423	424	421	418	390	392	393	393	392	400	400	392	392	384	378	378	377	378	377	378	376	394,7083	16,84111825		
06/03/2014	376	376	376	376	377	377	376	377	378	377	377	378	378	379	377	378	379	380	383	384	384	383	384	384	378,9167	2,928547232	
07/03/2014	384	385	383	385	384	385	385	385	385	400	415	414	415	419	416	419	416	417	416	417	417	417	417	404,125	15,61599741		
08/03/2014	424	420	418	419	425	424	417	416	416	420	413	423	421	421	421	421	421	414	414	414	415	415	414	416	416,5	3,547299442	
09/03/2014	415	415	415	413	413	413	413	413	412	412	412	412	412	412	412	412	426	427	416	418	404	422	428	415,375	5,53633829		
10/03/2014	426	429	429	429	428	428	429	430	433	423	423	424	424	412	412	412	412	425	418	417	417	418	417	418	417,9583	6,754499529	
11/03/2014	418	402	396	394	396	396	396	395	390	393	390	393	387	388	387	386	388	390	390	390	390	390	390	389	389	392,625	6,485962406
12/03/2014	389	389	389	389	391	392	391	393	392	390	388	388	395	393	394	394	394	393	393	394	394	393	394	391,9167	2,196904388		
13/03/2014	395	396	395	394	394	395	394	393	393	392	392	392	392	392	392	393	405	404	421	419	411	408	413	413	399,5	8,331845119	
14/03/2014	413	413	413	409	409	409	409	409	407	408	407	409	407	409	407	409	407	409	417	412	424	425	426	428	412,2917	6,496660467	
15/03/2014	428	428	428	429	426	427	426	423	425	424	429	424	425	425	425	424	430	425	430	422	420	424	426	420	425,5417	2,707692232	
16/03/2014	420	420	428	426	424	422	422	424	411	422	424	417	416	417	413	416	414	415	417	408	409	415	414	417	417,9583	5,18394289	
17/03/2014	390	390	393	390	386	386	385	402	410	415	420	428	424	411	409	406	409	408	395	398	398	398	398	402,375	11,91571966		
18/03/2014																											
19/03/2014	396	396	396	397	398	399	399	389	387	388	387	388	387	383	384	383	384	385	386	385	390	380	382	393	399	389,6667	5,497474167
20/03/2014	396	396	397	396	397	398	399	400	407	428	412	411	407	413	414	414	414	413	414	415	416	416	419	399	395	404,9583	12,89512462
21/03/2014	402	405	408	396	398	399	398	415	418	419	417	418	415	417	396	398	397	398	388	389	389	389	389	390	401,9833	11,17257906	
22/03/2014	397	397	395	395	395	396	395	395	395	395	384	383	384	385	384	384	384	385	384	385	384	385	386	384	384,8333	0,942809042	
23/03/2014	385	385	386	386	386	386	385	382	381	379	379	379	379	378	374	374	374	375	375	375	374	387	382	389	380,625	4,897384506	
24/03/2014	389	420	419	420	405	402	403	403	401	402	401	402	410	421	407	407	407	408	409	413	417	418	422	408,875	6,156349776		
25/03/2014	421	422	421	406	406	406	406	406	406	407	409	401	408	409	420	422	422	421	428	419	413	413	421	421	413,9167	7,593399912	
26/03/2014	407	408	407	408	405	405	405	405	405	402	412	412	412	407	406	408	408	408	411	383	384	384	384	384	403,375	9,11448799	
27/03/2014	384	384	384	384	384	383	383	383	381	387	381	385	385	385	385	385	385	385	385	385	385	385	385	385	384,2083	1,322219304	
28/03/2014	408	400	401	407	408	406	405	405	402	402	404	404	403	402	402	404	402	404	392	402	406	408	409	406	403,8333	3,472111109	
29/03/2014	405	408	408	406	406	406	403	408	408	407	408	411	410	409	409	410	417	412	412	412	412	412	412	412	409,3333	3,064129385	
30/03/2014	413	413	413	413	418	418	417	412	413	412	413	414	414	413	419	426	426	427	431	417	427	426	426	426	419,25	6,740734381	
31/03/2014	432	432	433	433	433	432	432	434	432	432	432	434	431	432	431	431	431	431	432	431	434	434	434	435	432,4167	1,187317237	
																								CL	407,1431	6,332129408	

Tabel E-9 Data Pembacaan PIC-6221

DATA PEMBACAAN PADA Pressure Indicating Controller (PIC-6221) (Kgm/cm2)																											
Tanggal	Waktu Pengambilan Data (jam ke-)																							Rata-rata	Standar Deviasi		
	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00			23.00	
01/03/2014	33,74	33,74	33,75	33,63	33,67	33,6	33,7	33,54	33,76	33,61	33,9	33,54	33,61	33,6	33,6	33,7	33,6	33,61	33,65	32,2	32,3	33,5	33,6	33,7	33,54208	0,369984726	
02/03/2014	33,71	33,6	33,6	33,7	33,8	33,6	33,61	33,62	33,63	33,62	33,64	33,61	33,6	33,6	33,6	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,4	33,7	33,8	33,65167	0,064541246	
03/03/2014	33,64	33,64	33,61	33,7	33,6	33,64	33,65	33,76	33,6	33,7	33,6	33,5	33,4	33,7	33,7	33,2	33,5	33,65	33,61	33,7	33,5	33,6	33,7	33,8	33,59983	0,123539309	
04/03/2014	33,54	33,62	33,21	33,21	33,76	33,41	33,45	33,7	33,6	33,7	33,73	33,6	33,7	33,6	33,65	33,61	33,54	33,7	33,5	33,6	33,6	33,7	33,5	33,54	33,58208	0,147393441	
05/03/2014	33,1	33,65	33,64	33,64	33,67	33,68	33,78	33,6	33,7	33,7	33,65	33,54	33,53	33,52	33,76	33,6	33,5	33,7	33,76	33,6	33,62	33,62	33,65	33,66	33,70292	0,300048318	
06/03/2014	33,5	33,63	33,63	33,62	33,74	33,41	33,31	33,45	33,56	33,48	33,49	33,65	33,7	33,21	33,5	33,42	33,56	33,5	33,6	33,7	33,7	33,6	33,6	33,54	33,54625	0,123093715	
07/03/2014	33,65	33,4	33,6	33,4	33,42	33,44	33,76	33,5	33,54	33,76	33,2	33,21	33,2	33,1	33,2	33,4	33,5	33,6	33,7	33,6	33,5	33,42	33,67	33,68	33,47792	0,189214841	
08/03/2014	33,21	33,45	33,65	33,54	33,66	33,61	33,74	33,52	33,11	33,1	33	33,21	33,24	33,35	33,54	33,98	33,78	33,64	33,65	33,65	33,45	33,4	33,2	33,1	33,44083	0,252337682	
09/03/2014	33,42	33,76	33,65	33,54	33,44	33,61	33,61	33,61	33,61	33,6	33,69	33,7	33,6	33,4	33,6	33,5	33,4	33,3	33,2	33,1	33,8	33,5	33,76	33,87	33,55292	0,181830488	
10/03/2014	33,2	33,1	33,2	33,4	33,4	33,4	33,6	33,5	33,61	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,7	33,2	33,4	33,5	33,62	33,21	33,24	33,46583	0,171777877	
11/03/2014	33,2	33,3	33,4	33,4	33,4	33,4	33,5	33,5	33,6	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	33,2	33,4	33,5	33,6	33,65	33,65	33,45	33,4	33,2	33,1	33,47292	0,180265526
12/03/2014	33,21	33,2	33,4	33,4	33,72	33,12	33,12	33,6	33,65	33,76	33,45	33,46	33,47	33,32	33,21	33,2	33,1	33,7	33,8	33,8	33,9	33,7	33,65	33,45	33,47458	0,244301371	
13/03/2014	33,9	33,1	33,32	33,61	33,62	33,4	33,6	33,7	33,4	33,6	33,7	33,6	33,62	33,64	33,65	33,67	33,88	33,45	33,76	33,7	33,67	33,68	33,78	33,6	33,60208	0,162838856	
14/03/2014	33,7	33,5	33,6	33,1	33,62	33,65	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,7	33,5	33,4	33,7	33,61	33,43	33,32	33,65	33,56167	0,13189953	
15/03/2014	33,4	33,67	33,6	33,6	33,7	33,3	33,4	33,5	33,6	33,5	33,2	33,5	33,63	33,63	33,62	33,74	33,41	33,31	33,45	33,5	33,6	33,6	33,9	33,43	33,55792	0,17859169	
16/03/2014	33,7	33,8	33,8	33,7	33,2	33,64	33,66	33,71	33,75	33,76	33,7	33,6	33,5	33,4	33,7	33,7	33,2	33,5	33,65	33,61	33,7	33,2	33,9	33,8	33,62	0,190219172	
17/03/2014	33,61	33,61	33,6	33,69	33,7	33,6	33,4	33,7	33,3	33,4	33,5	33,8	33,5	33,2	33,5	33,63	33,63	33,62	33,74	33,6	33,65	33,6	33,68	33,69	33,58125	0,138242314	
18/03/2014																											
19/03/2014	33,65	33,54	33,53	33,52	33,76	33,6	33,9	33,1	33,32	33,61	33,62	33,87	33,6	33,6	33,7	33,7	33,2	33,4	33,5	33,6	33,61	33,7	33,2	33,6	33,57208	0,204755528	
20/03/2014	33,61	33,9	33,76	33,54	33,61	33,6	33,7	33,6	33,61	33,74	33,74	33,75	33,63	33,67	33,6	33,7	33,54	33,76	33,6	33,64	33,6	33,49	33,2	33,5	33,62875	0,12910953	
21/03/2014	33,62	33,64	33,61	33,6	33,6	33,6	33,6	33,7	33,71	33,6	33,6	33,7	33,8	33,6	33,61	33,62	33,63	33,6	33,62	33,76	33,2	33,54	33,45	33,61292	0,11062245		
22/03/2014	33,7	33,6	33,5	33,4	33,7	33,7	33,2	33,5	33,65	33,64	33,64	33,61	33,7	33,6	33,64	33,65	33,76	33,6	33,5	33,65	33,67	33	33,6	33,8	33,58375	0,171581188	
23/03/2014	33,7	33,73	33,6	33,7	33,6	33,65	33,61	33,34	33,7	33,54	33,62	33,21	33,21	33,76	33,41	33,45	33,7	33,6	33,76	33,62	33,74	33,69	33,6	33,5	33,60208	0,15269739	
24/03/2014	33,7	33,65	33,54	33,53	33,52	33,76	33,6	33,5	33,7	33,1	33,65	33,64	33,64	33,67	33,68	33,78	33,6	33,7	33,4	33,4	33,42	33,6	33,2	33,45	33,64292	0,331228511	
25/03/2014	33,48	33,49	33,65	33,7	33,21	33,5	33,42	33,56	33,5	33,5	33,63	33,63	33,62	33,74	33,41	33,31	33,45	33,56	33,62	33,45	33,66	33,7	33,21	33,9	33,5375	0,158909041	
26/03/2014	33,78	33,2	33,21	33,2	33,1	33,2	33,4	33,5	33,6	33,65	33,4	33,6	33,4	33,42	33,44	33,76	33,5	33,54	33,6	33,76	33,44	33,45	33,65	33,67	33,47792	0,190131077	
27/03/2014	33,1	33	33,21	33,24	33,35	33,54	33,98	33,78	33,64	33,21	33,45	33,65	33,54	33,66	33,61	33,74	33,32	33,11	33,63	33,1	33,4	33,7	33,6	33,61	33,46542	0,25207458	
28/03/2014	33,6	33,69	33,7	33,6	33,4	33,6	33,5	33,4	33,3	33,42	33,76	33,65	33,54	33,44	33,61	33,61	33,61	33,61	33,5	33,3	33,4	33,6	33,62	33,6	33,54417	0,121412406	
29/03/2014	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,7	33,2	33,1	33,2	33,4	33,4	33,4	33,6	33,5	33,61	33,5	33,2	33,72	33,2	33,61	33,7	33,48933	0,181605484	
30/03/2014	33,7	33,7	33,7	33,7	33,2	33,4	33,5	33,6	33,2	33,3	33,4	33,4	33,4	33,4	33,4	33,5	33,5	33,6	33,7	33,1	33,62	33,7	33,4	33,65	33,50292	0,178995321	
31/03/2014	33,76	33,45	33,46	33,47	33,32	33,24	33,2	33,1	33,7	33,24	33,2	33,4	33,4	33,72	33,12	33,12	33,6	33,65	33,4	33,61	33,62	33,4	33,6	33,7	33,5089	0,186434221	

Tabel E-12 Data Pembacaan PI-6217

Tanggal	DATA PEMBACAAN PADA Pressure Indicator (PI-6217) [Psig]																							Rata-rata	Standar Deviasi			
	Waktu Pengambilan Data (jam ke-)																											
	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00			23.00		
01/03/2014	1,9	1,9	1,9	1,89	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,82	1,91	1,92	1,9	1,91	1,902083	0,00644151		
02/03/2014	1,88	1,81	1,91	1,81	1,91	1,81	1,91	1,9	1,91	1,9	1,92	1,9	1,91	1,92	1,92	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,905	0,008660254	
03/03/2014	1,88	1,81	1,9	1,89	1,89	1,89	1,91	1,89	1,91	1,9	1,93	1,92	1,92	1,92	1,92	1,91	1,92	1,91	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,905833	0,012355433	
04/03/2014	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,92	1,92	1,93	1,93	1,92	1,94	1,93	1,93	1,92	1,92	1,94	1,91	1,92	1,9	1,9	1,9	1,9	1,914583	0,012903218	
05/03/2014	1,92	1,92	1,9	1,9	1,92	1,92	1,94	1,95	1,95	1,96	1,95	1,95	1,95	1,95	1,97	1,97	1,98	1,97	1,94	1,95	1,96	1,96	1,96	1,9	1,94375	0,023240141		
06/03/2014	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,95	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,929583	0,028647817	
07/03/2014	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,94	1,94	1,95	1,95	1,94	1,94	1,94	1,93	1,94	1,94	1,94	1,94	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,926667	0,017950549	
08/03/2014	1,85	1,83	1,92	1,81	1,92	1,92	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9075	0,011273124	
09/03/2014	1,89	1,89	1,91	1,9	1,9	1,91	1,91	1,9	1,9	10,5	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,91	1,89	1,91	1,91	1,9	2,259583	1,718256091		
10/03/2014	1,91	1,92	1,91	1,9	1,91	1,89	1,89	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,92	1,93	1,92	1,92	1,91	1,905417	0,009991318		
11/03/2014	1,93	1,95	1,95	1,84	1,94	1,94	1,95	1,84	1,9	1,97	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,931667	0,025827248	
12/03/2014	1,95	1,95	1,94	1,94	1,94	1,94	1,95	1,95	1,95	1,96	1,96	1,95	1,95	1,96	1,95	1,97	1,96	1,95	1,96	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9825	0,192402573	
13/03/2014	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,93	1,94	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,96	1,96	1,92	1,92	1,93	1,93	1,93	1,93	1,94	1,92875	0,021274496		
14/03/2014	1,93	1,93	1,83	1,83	1,93	1,93	1,93	1,93	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,95	1,95	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,92	1,92	1,9	1,930417	0,012068957		
15/03/2014	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,92	1,92	1,94	1,93	1,92	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,914167	0,014665993	
16/03/2014	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,92	1,91	1,93	1,9	1,93	1,93	1,94	1,93	1,93	1,92	1,92	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,910833	0,013818927	
17/03/2014	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,92	1,93	1,96	1,96	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,94	1,94	1,94	1,93	1,93	1,91	1,94	1,927083	0,02207547		
18/03/2014																												
19/03/2014	1,94	1,94	1,94	1,84	1,94	1,93	1,95	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,914167	0,018689718	
20/03/2014	1,93	1,83	1,93	1,92	1,93	1,93	1,92	1,93	1,94	1,92	1,93	1,94	1,94	1,93	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,919583	0,015405401	
21/03/2014	1,93	1,93	1,92	1,91	1,91	1,91	1,92	1,9	1,93	1,94	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,96	1,96	1,96	1,95	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,924167	0,019561158	
22/03/2014	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,96	1,98	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,94	1,94	1,95	1,95	1,96	1,94	1,94	1,95	1,95	1,95	1,95	1,937917	0,028816527	
23/03/2014	1,94	1,95	1,94	1,84	1,94	1,94	1,94	1,95	1,96	1,98	1,97	1,96	1,95	1,96	1,95	1,95	1,95	1,96	1,99	1,96	1,97	1,95	1,99	1,99	1,99	1,958333	0,014665993	
24/03/2014	1,94	1,93	1,91	1,81	1,93	1,92	1,93	1,84	1,94	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,94	1,94	1,93	1,92	1,92	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9325	0,015877132	
25/03/2014	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,94	1,95	1,97	1,95	1,95	1,95	1,91	1,91	1,93	1,93	1,93	1,92	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,918333	0,022110832	
26/03/2014	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,94	1,96	1,95	1,97	1,72	1,97	1,95	1,94	1,95	1,9	1,94	1,93	1,95	1,95	1,92	1,95	1,93	1,9	1,921667	0,048534066	
27/03/2014	1,94	1,93	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,94	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,9225	0,020258743	
28/03/2014	1,93	1,84	1,94	1,92	1,93	1,91	1,93	1,99	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,918333	0,022852182	
29/03/2014	1,94	1,94	1,93	1,93	1,94	1,93	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,93	2,22875	1,492873897
30/03/2014	1,93	1,93	1,93	1,93	1,9	1,9	1,9	1,92	1,94	1,94	1,93	1,95	1,92	1,92	1,92	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,915	0,016328932	
31/03/2014	1,91	1,81	1,91	1,91	1,91	1,89	1,91	1,93	1,92	1,95	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,91125	0,012686114	
																										CL	1,944847	0,127962505

Tabel E-14 Data Pembacaan FIC-6219A

DATA PEMBACAAN PADA Flow Indicating Controller [FIC-6219A] [%]																												
Tanggal	Waktu Pengambilan Data (jam ke-)																									Rata-rata	Standar Devias	
	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00				
01/03/2014	50	50	50	50	50	52	52	50	50	50	54	54	54	54	48	48	48	48	48	48	48	50	50	50	50,25	2,02587429		
02/03/2014	50	50	50	50	50	50	50	48	48	52	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	48	83333	0,79930529		
03/03/2014	47	47	47	48	49	49	49	49	49	49	55	43	43	43	48	47	50	50	50	50	50	51	51	51	48,98333	2,69129254		
04/03/2014	48	48	48	48	48	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	46	46	46	46	46	46	46	46	48,25	1,76186454		
05/03/2014	46	46	47	48	49	42	42	43	43	40	31	32	33	34	35	36	37	38	39	30	21	22	23	24	36,79167	8,55653021		
06/03/2014	27	27	27	27	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	29	29	29	29	29	29	29	31	31	31	28,375	1,252081		
07/03/2014	31	46	52	41	42	43	44	45	46	47	48	49	40	45	44	43	46	41	40	47	48	41	42	44,15667	4,15999465			
08/03/2014	43	43	43	43	43	43	44	45	46	43	42	41	44	44	42	47	47	47	47	47	47	47	47	47	44,66667	2,03442593		
09/03/2014	47	47	47	47	47	47	47	47	47	43	43	43	43	43	43	42	42	48	48	49	52	53	54	56	46,875	3,77836494		
10/03/2014	55	55	55	55	55	55	53	53	53	53	52	51	44	43	41	41	41	41	41	44	44	53	53	51	49	48,98333	5,35347759	
11/03/2014	35	35	35	35	34	36	35	37	39	36	38	34	36	35	37	38	39	37	38	35	38	34	33	36,04167	1,64517391			
12/03/2014	35	35	33	33	33	33	33	33	32	32	32	32	32	32	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	34,33333	1,69967517	
13/03/2014	36	36	36	36	36	36	36	36	34	33	33	33	34	33	33	34	38	38	38	38	44	44	44	40	42	36,79167	3,52348273	
14/03/2014	45	45	44	44	44	44	42	39	39	40	40	40	40	40	40	41	54	54	54	54	54	54	54	54	54	45,20833	5,92297199	
15/03/2014	54	54	54	54	54	55	55	52	52	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	50	54	55	50,79167	2,97180033		
16/03/2014	55	55	55	55	55	55	55	47	49	49	49	48	48	45	45	45	45	45	45	45	44	45	47	47	48,98333	4,11783890		
17/03/2014	35	35	33	33	33	35	45	48	49	41	41	41	41	41	41	41	41	41	40	40	40	40	38	40	40	40,41667	3,82890166	
18/03/2014																												
19/03/2014	40	40	40	40	40	37	37	37	37	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	37	36,45833	1,97861834		
20/03/2014	37	40	40	40	40	40	40	42	42	42	44	44	46	46	46	46	46	46	46	46	35	35	35	39	43	41,66667	3,67045259	
21/03/2014	38	39	43	45	45	45	47	47	45	45	45	44	44	44	37	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	41,875	3,24438617	
22/03/2014	38	38	38	38	38	38	38	38	38	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	32	32	32	35,21739	2,33976070		
23/03/2014	32	32	32	32	32	32	32	30	30	30	30	30	30	30	27	28	29	29	28	29	31	33	35	35	30,75	1,98431346		
24/03/2014	35	42	42	37	40	40	38	37	37	40	40	40	40	40	40	44	44	44	46	46	46	46	46	46	46	44,41667	3,29034783	
25/03/2014	46	46	41	41	41	41	41	41	40	40	40	40	40	42	38	49	52	48	49	48	50	45	45	45	43	43,83333	3,82608009	
26/03/2014	42	42	42	42	42	42	42	42	37	37	37	37	37	37	37	37	50	39	34	34	34	34	34	34	34	38,41667	4,01991569	
27/03/2014	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	42	42	47	47	45	45	36,66667	4,73168995	
28/03/2014	47	45	45	47	47	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	33	37	37	41	41	46	46	46	46	44,33333	3,64767810	
29/03/2014	38	40	40	40	39	39	39	41	41	40	43	43	43	43	43	43	43	43	45	45	45	43	43	51	51	47,54167	3,24010204	
30/03/2014	40	40	40	40	40	40	42	42	49	49	49	49	43	45	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	51	47,5	5,66421515
31/03/2014	51	50	50	50	50	50	51	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	52,08333	1,32024829	
																									CL	42,42252	3,29602543	