



**TUGAS AKHIR TF 141581**

**DETEKSI BAHAYA DENGAN ANALISIS HAZOP  
PADA UNIT SULFUR HANDLING DI PABRIK III  
PT.PETROKIMIA GRESIK**

Ahdan Fauzi Sanusi  
NRP 2410100007

Dosen Pembimbing  
Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes  
Hendra Cordova, ST. MT.

JURUSAN TEKNIK FISIKA  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



FINAL PROJECT TF 141581

***HAZARD DETECTION USING HAZOP ANALYSIS  
IN SULPHUR HANDLING AT PT. PETROKIMIA  
GRESIK PLANT III***

Ahdan Fauzi Sanusi  
NRP 2410100007

Supervisors  
Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes  
Hendra Cordova, ST. MT.

DEPARTEMENT OF ENGINEERING PHYSICS  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2015

**LEMBAR PENGESAHAN  
DETEKSI BAHAYA DENGAN ANALISIS HAZOP PADA  
UNIT SULFUR *HANDLING* DI PABRIK III PT.  
PETROKIMIA GRESIK**

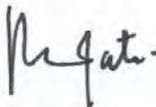
**TUGAS AKHIR**

**Oleh:**

**AHDAN FAUZI SANUSI  
NRP. 2410100007**

**Surabaya, 27 Januari 2015  
Mengetahui/Menyetujui**

**Pembimbing I,**



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

**Pembimbing II,**



**Hendra Cordova, S.T., M.T.  
NIP. 19690530 199412 1 001**



**LEMBAR PENGESAHAN  
DETEKSI BAHAYA DENGAN ANALISIS HAZOP PADA  
SULFUR HANDLING DI PABRIK III  
PT. PETROKIMIA GRESIK**

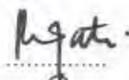
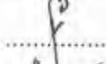
**TUGAS AKHIR**

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:

**AHDAN FAUZI SANUSI  
NRP 2410100007**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

- |    |                                |   |                 |
|----|--------------------------------|---|-----------------|
| 1. | Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes  |    | (Pembimbing I)  |
| 2. | Hendra Cordova, S.T, M.T       |   | (Pembimbing II) |
| 3. | Ir. Yaumar, M.T                |  | (Penguji I)     |
| 4. | Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA |  | (Penguji II)    |
| 5. | Bagus Tris Atmaja, S.T, M.Sc   |  | (Penguji III)   |

**SURABAYA, 27 JANUARI 2015**

**DETEKSI BAHAYA DENGAN ANALISIS HAZOP PADA UNIT  
SULFUR HANDLING DI PABRIK III PT.PETROKIMIA  
GRESIK**

**Nama Mahasiswa** : Ahdan Fauzi Sanusi  
**NRP** : 2410 100 007  
**Jurusan** : Teknik Fisika FTI-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes  
Hendra Cordova, ST. MT

**Abstrak**

*Telah dilakukan penelitian untuk mendeteksi bahaya pada unit sulfur handling pabrik III PT. Petrokimia Gresik dimana pada sulfur handling terjadi proses pencairan sulfur padat. Sulfur cair memiliki bahaya seperti mudah terbakar dan dapat beracun, oleh karena itu diperlukan adanya analisis bahaya. Analisis bahaya dalam penelitian ini dilakukan menggunakan analisis HAZOP. Node yang dipakai adalah melter dan storage tank yang merupakan komponen utama penyusun sulfur handling. Guide word dan deviasi ditentukan berdasarkan control chart yang dibentuk oleh data proses masing-masing komponen selama bulan November 2014. Estimasi likelihood dilakukan berdasarkan data maintenance PT. Petrokimia Gresik selama 5 tahun, sedangkan estimasi consequences dilakukan secara kualitatif berdasarkan kriteria risiko yang ditimbulkan. Hasil perkalian likelihood dan consequences dengan risk matrix menghasilkan kriteria risiko dari komponen. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh hasil bahwa komponen yang memiliki risiko bahaya paling besar adalah temperature indicator storage tank dengan risiko bernilai extreme pada deviasi high temperature dengan kategori consequences yang menyebabkan kebakaran dan berakibat pada penurunan rate dan kualitas produksi kemudian kriteria likelihood bernilai 3 dimana kegagalan dapat terjadi lebih dari tiga kali dalam kurun waktu lima tahun. Untuk menurunkan risiko, maka dilakukan perawatan dan kalibrasi secara rutin, serta penambahan safeguard.*

***Kata kunci: bahaya, resiko, HAZOP, sulfur handling***

**HAZARD DETECTION USING HAZOP ANALYSIS IN SULPHUR  
HANDLING AT PT. PETROKIMIA GRESIK PLANT III**

**Name** : Ahdan Fauzi Sanusi  
**NRP** : 2410 100 007  
**Departement** : Teknik Fisika FTI-ITS  
**Supervisor** : Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes  
Hendra Cordova, ST. MT

**Abstract**

*This study has been done to detect hazard from sulphur handling unit where its function is to melt solid sulfur. Liquid sulfur has hazards such as flammable and can be toxic, therefore it is necessary to analyze the hazard. Hazard analysis in this study was conducted using HAZOP analysis. Nodes used in this study are melter and storage tanks which is the main component constituent for sulfur handling. Guideword and deviation is determined based on the control chart which is formed by the data of the respective components during November 2014. The estimated likelihood be based on data maintenance PT. Petrokimia Gresik for 5 years, while the estimated Consequences conducted qualitatively based on the criteria of the risk posed. The result of multiplying the likelihood and Consequences with risk matrix generating risk criteria of the component. Based on the analysis, the result that the component that has greatest hazard is storage tank temperature indicator with extreme-value risk with high temperature deviation, consequences criteria that can lead to fire, and likelihood criteria C where the equipment failure may occur more than three times within a period of five years. To lower the risk, it is necessary to maintenance and calibration of the instrument on a regular basis, as well as adding additional safeguards.*

**Keywords:** hazard, risk, HAZOP, sulfur handling

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur kepada Allah SWT Yang Maha Agung dan Maha Bijaksana. Atas berkah, petunjuk, dan karunia-Nya penulis mampu untuk melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“DETEKSI BAHAYA PADA DENGAN ANALISIS HAZOP PADA UNIT SULFUR HANDLING DI PABRIK III PT. PETROKIMIA GRESIK”**

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama menyelesaikan tugas akhir ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA selaku ketua Jurusan Teknik Fisika, FTI – ITS.
2. Ibu Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes selaku pembimbing 1, terimakasih atas bimbingan, saran, dan motivasi yang telah Ibu berikan
3. Bapak Hendra Cordova, ST.,MT. selaku pembimbing 2, terimakasih atas bimbingan, saran, dan materi yang telah Bapak berikan
4. Bapak Ir. Sarwono, M.M selaku dosen wali yang selalu memberikan perhatian dan bimbingan selama penulis menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Fisika.
5. Bapak Ir. Yaumar, M.T selaku kepala laboratorium Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol.
6. Bapak Abdurrohman dan Bapak Budiono, selaku pembimbing penulis selama melakukan pengambilan dan pengolahan data di PT. Petrokimia Gresik, terimakasih atas waktu dan arahan yang telah Bapak berikan
7. Seluruh karyawan PT Petrokimia Gresik terutama kepada Ibu Nanik Departemen Diklat yang telah memberikan saya kesempatan untuk melakukan tugas akhir di PT. Petrokimia Gresik serta yang tidak bisa penulis sebutkan namanya satu

persatu, terimakasih atas bantuan yang diberikan kepada penulis selama tugas akhir.

8. Wisnu Rozaaq dan Elmidian yang telah berjuang bersama dan membantu dalam melakukan tugas akhir.
9. Yoga, Iqbal dan Indri yang telah memberikan bantuan moral dan materi serta selalu memberikan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
10. Teman-teman angkatan 2010 lainnya, terimakasih atas persahabatan yang hangat selama kita bersama menempuh pendidikan di kampus perjuangan ini.

Penulis juga ingin secara spesial mengucapkan rasa terimakasih yang tidak terhingga kepada ayah penulis, Bapak Ridwan A. Sanusi dan Ibu penulis, Ibu Kartikawati, Adik penulis Rahmi Fadhilah dan Lutfan Hakim Sanusi. Selalu ada saat penulis membutuhkan dukungan dan senantiasa memberikan penulis kasih sayang yang melimpah melebihi apapun.

Penulis menyadari bahwa terdapat banyak kekurangan dalam tugas akhir ini, tetapi penulis berharap hasil penelitian tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi dunia engineering dan dapat menambah wawasan bagi pembaca dan mahasiswa Teknik Fisika yang nantinya dapat digunakan sebagai referensi pengerjaan tugas akhir selanjutnya.

Semoga hasil penelitian tugas akhir ini banyak memberikan manfaat untuk kemajuan bidang Health, Safety and Environment khususnya dan bidang Instrumentasi dan Kontrol umumnya.

Surabaya, Januari 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	<b>5</b>
2.1 Sulfur <i>Handling</i>	5
2.1.1 <i>Melter</i>	6
2.1.2 <i>Storage Tank</i>	6
2.2 SIS dan SIF	7
2.3 <i>Control Chart</i>	7
2.4 Identifikasi <i>Hazard</i>	9
2.5 HAZOP	9
2.6 Resiko	12
2.7 Australian/New Zealand Standards AS/NZS 4360:2004	13
2.8 <i>Risk Matrix</i>	14
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>17</b>
3.2 Langkah-Langkah Penelitian	17
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>25</b>
4.1 Alur Proses Unit Asam Sulfat	25
4.2 Analisis Potensi Bahaya dan Analisa Resiko	26
4.2.1 Potensi Bahaya dan Analisis Resiko <i>Melter</i>	26
4.2.2 Potensi Bahaya dan Analisis Resiko <i>Storage</i>	35

<i>Tank</i>	
4.3 Pembahasan	42
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>45</b>
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	45
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>47</b>
<b>LAMPIRAN A</b>	
<b>LAMPIRAN B</b>	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Unit Sulfur Handling PT. Petrokimia Gresik	6
<b>Gambar 2.2</b>	<i>Bentuk Grafik Diagram Kendali</i> (Montgomery, 2009)	8
<b>Gambar 2.3</b>	Bentuk Risk Matrix umum sesuai standar AS/NZS 4360:2004	14
<b>Gambar 2.4</b>	<i>Financial Risk Matrix (Hyatt, 2003)</i>	16
<b>Gambar 3.1</b>	Flowchart Penelitian	17
<b>Gambar 3.2</b>	P&ID Node Melter	19
<b>Gambar 3.3</b>	P&ID Node Storage Tank	19
<b>Gambar 4.1</b>	<i>Node Melter</i>	27
<b>Gambar 4.2</b>	<i>Grafik control chart <math>\bar{x}</math> untuk TI-1003-1</i>	28
<b>Gambar 4.3</b>	Grafik control chart $\bar{x}$ -s untuk TI 1003-1	28
<b>Gambar 4.4</b>	<i>Node Storage Tank</i>	36
<b>Gambar 4.5</b>	Grafik <i>control chart <math>\bar{x}</math> untuk LT-6212</i>	37
<b>Gambar 4.6</b>	Grafik <i>control chart <math>\bar{x}</math>-s untuk LT 1002</i>	38

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Kategori <i>likelihood</i> sesuai standar AS/NZS 4360:2004	12
<b>Tabel 2.2</b>	Kategori <i>consequences</i> dengan standar Profil Kriteria Resiko pabrik III PT. Petrokimia Gresik	15
<b>Tabel 2.3</b>	Tingkat Potensi Kerugian (Hyatt, 2003)	16
<b>Tabel 3.1</b>	Penentuan <i>Guideword</i>	20
<b>Tabel 3.2</b>	Kriteria Likelihood (Profil Kriteria Profil Resiko Pabrik III Petrokimia Gresik)	22
<b>Tabel 3.3</b>	Kriteria Consequences Kategori Kerusakan Alat PT. Petrokimia Gresik	23
<b>Tabel 3.4</b>	<i>Risk Matrix</i> HAZOP <i>study</i>	24
<b>Tabel 4.1</b>	GuideWord dan Deviasi komponen Melter	29
<b>Tabel 4.2</b>	Kriteria <i>Likelihood Node Melter</i>	31
<b>Tabel 4.3</b>	Kriteria <i>Consequences Node Melter</i>	32
<b>Tabel 4.4</b>	Analisis Resiko <i>Node Melter</i> Dengan Standar PT. Petrokimia Gresik	33
<b>Tabel 4.5</b>	Analisis Resiko <i>Node Melter</i> Dengan Standar AS/NZS	34
<b>Tabel 4.6</b>	<i>GuideWord</i> dan Deviasi komponen <i>Storage Tank</i>	38
<b>Tabel 4.7</b>	Kriteria <i>Likelihood Node Storage Tank</i>	39
<b>Tabel 4.8</b>	Kriteria <i>Consequences Node Storage Tank</i>	40
<b>Tabel 4.9</b>	Analisis Resiko Dengan Standar PT. Petrokimia Gresik	41
<b>Tabel 4.10</b>	Analisis Resiko Dengan Standar AS/NZS	41
<b>Tabel 4.11</b>	Hasil Resiko dengan standar pabrik	42
<b>Tabel 4.12</b>	Hasil Resiko dengan standar AS/NZS	43

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Cirebon pada tanggal 29 September 1991 merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Ridwan A. Sanusi dan Kartikawati. Tahun 1998 penulis masuk SD Muhammadiyah Condongcatur Yogyakarta kemudian pindah domisili dan sekolah di SD Islam Al-Azhar 7 Sukabumi dan lulus pada tahun 2004. Penulis melanjutkan studi ke SMPN 1 Sukabumi hingga 2007 dan kemudian melanjutkan studi di SMAN 4 Sukabumi dan lulus pada tahun 2010. Pada tahun 2010 penulis diterima sebagai mahasiswa di Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Selama kuliah di ITS penulis sempat aktif mengikuti beberapa seminar yang diadakan jurusan maupun institut.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam setiap proses tentu memiliki resiko bahaya sehingga *safety* merupakan salah satu hal terpenting dalam setiap proses. Jika tidak terdapat sistem *safety* yang sesuai dapat berdampak selain pada keselamatan personil juga berdampak pada kerugian ekonomi dari pabrik tersebut. Kegagalan proses tidak hanya disebabkan oleh proses, tetapi juga dapat terjadi karena kesalahan manusia sebagai operator, mesin yang digunakan, metode *safety* yang kurang baik, manajemen yang buruk, serta kondisi lingkungan yang kurang mendukung. Jika terjadi kesalahan pada salah satu diantara penyebab-penyebab kegagalan tersebut, maka dapat membahayakan bagi keberlangsungan proses serta dapat menimbulkan banyak kerugian. Salah satu upaya *safety* adalah dengan mengaplikasikan *safeguard unit* pada setiap komponen yang memiliki resiko bahaya apabila terjadi kegagalan. *Safeguard* adalah upaya pengamanan untuk mengurangi dan mencegah terjadinya bahaya yang dapat ditimbulkan apabila terjadi sebuah kegagalan pada tiap komponen penyusun unit tersebut (Hyatt, 2003). penggunaan *safeguard* yang tepat dapat secara efektif mengurangi dan mencegah terjadinya bahaya yang ditimbulkan akibat kegagalan suatu komponen. Namun apabila *safeguard* yang terpasang tidak sesuai dengan resiko yang dapat ditimbulkan maka hal tersebut perlu dievaluasi agar persyaratan *safety* dari unit terpenuhi.

PT. Petrokimia Gresik merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pembuatan pupuk terbesar di Indonesia. PT. Petrokimia Gresik mempunyai tiga lokasi pabrik, yaitu Pabrik I Pabrik II dan Pabrik III. Pada pabrik III salah satu produksinya adalah asam sulfat. Dalam memproduksi asam sulfat, belerang padat dilewatkan pada beberapa unit proses hingga menjadi produk yang diinginkan yaitu asam sulfat. Proses awal dari pengolahan belerang cair terjadi di unit sulfur *handling*, dimana pada unit sulfur *handling* terdapat proses pencairan belerang

padat hingga menjadi belerang cair bersih yang merupakan salah satu zat kimia penting untuk memproduksi asam sulfat. Pada belerang padat biasanya terdapat zat kimia  $H_2S$ . Jika terjadi kegagalan pada unit sulfur handling maka akan muncul resiko dan bahaya yang cukup besar karena ketika belerang dilelehkan dan menjadi cair kandungan  $H_2S$  akan menguap dan menjadi gas, gas tersebut sangat mudah terbakar dan berpotensi menyebabkan ledakan. Dengan adanya resiko tersebut diperlukan analisis bahaya yang dapat terjadi dari proses yang terdapat unit sulfur *handling*. Selain itu juga dilakukan analisis pada unit *safeguard* yang terpasang apakah sudah sesuai dengan resiko yang dapat terjadi atau belum. HAZOP merupakan studi keamanan yang sistematis berdasarkan pada sistem pendekatan ke arah sebuah penilaian keamanan dan operabilitasnya dari peralatan proses yang kompleks atau proses jalannya produksi. Dengan analisis ini maka dapat diestimasikan suatu proses dapat dicegah ataupun ditangani dari kondisi yang tidak diinginkan agar tidak menimbulkan risiko yang lebih besar.

## 1.2 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang diatas maka permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini adalah bagaimana mengevaluasi potensi bahaya menggunakan analisis Hazop (Hazard and Operability Analysis) pada unit sulfur handling di pabrik III PT. Petrokimia Gresik.

## 1.3 Batasan Masalah

Agar tidak menyimpang dari tujuan, maka diberikan beberapa batasan masalah dalam penelitian sebagai berikut:

- a. Data-data yang dipakai adalah data *report maintenance* selama 5 tahun dan data proses selama satu bulan pada unit *sulfur handling* pada pabrik III PT. Petrokimia Gresik.
- b. Analisis yang dilakukan adalah analisis risiko HAZOP (Hazard and Operability).

- c. Standar yang digunakan untuk menyusun HAZOP menggunakan standar AS/NZS 4360:2004 dan Kriteria Profil Resiko PT. Petrokimia Gresik.
- d. Analisis bahaya yang dilakukan adalah analisis bahaya pada instrumen penyusun unit *sulfur handling* pabrik III PT. Petrokimia Gresik.

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan utama dari penelitian ini adalah melakukan analisis HAZOP (*Hazard and Operability*) berdasarkan kemungkinan bahaya yang terjadi pada unit *sulfur handling* dan melakukan manajemen risiko.

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai bahan pertimbangan bagi Departemen Perencanaan, Keandalan, dan Pemeliharaan Produksi III PT. Petrokimia Gresik untuk menjalankan sistem keamanan yang semakin baik serta memberikan rekomendasi terhadap potensi bahaya yang terjadi dan menjalankan langkah-langkah preventif terhadap potensi bahaya yang mungkin terjadi pada unit *sulfur handling*, sehingga kemungkinan adanya bahaya pada unit *sulfur handling* tersebut dapat dikurangi.

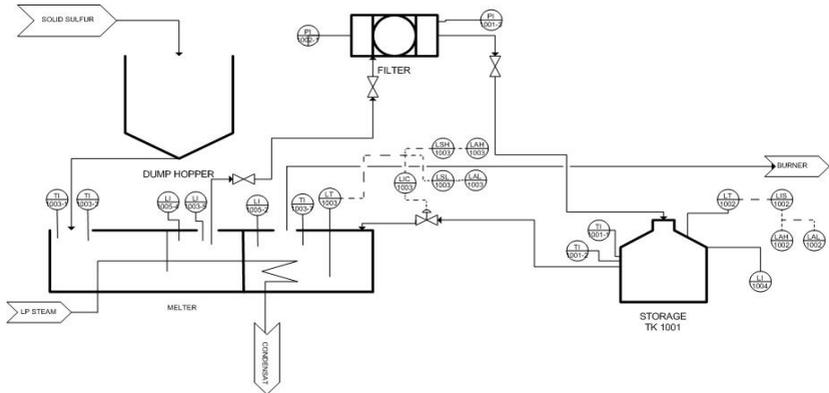
Halaman ini memang dikosongkan

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Sulfur Handling

Salah satu produk dari PT. Petrokimia Gresik adalah asam sulfat. Dalam proses produksi asam sulfat salah satu proses awalnya ialah pencairan belerang padat yang kemudian menjadi *molten sulfur*. Proses tersebut terjadi pada unit *sulfur handling*. Pada unit *sulfur handling* di PT. Petrokimia Gresik terdapat tiga unit penyusun terdiri dari *melter*, *filter*, dan *storage tank*. Proses dari unit Asam Sulfat yaitu Sulfur padat yang didatangkan dari PT. Exxon Aceh, Timur Tengah dan Kanada disimpan didalam *storage* kemudian dimasukkan ke *Hopper* yang selanjutnya dimasukkan ke dalam *melter*. Di dalam *melter* sulfur padat tersebut dipanaskan dengan menggunakan LP *steam* dengan suhu  $175^{\circ}\text{C}$  dan dengan tekanan  $7 \text{ kg/cm}^2$ . Setelah dari *melter*, sulfur yang telah cair diendapkan di dalam *settler* dan dipanaskan dengan LP *steam* suhu  $175^{\circ}\text{C}$  dan tekanan  $4 \text{ kg/cm}^2$ . Selanjutnya sulfur cair dialirkan oleh *pumping pit* ke *filter* untuk difiltrasi. Sebelum *filter* dimasukkan sulfur cair, sebelumnya dilakukan *coating* dengan larutan *diatomaceous earth* untuk memperkecil mesh agar filtrasi optimal dan menghasilkan filtrate belerang cair dengan kadar ash atau abu max 50 ppm. Setelah didapatkan sulfur cair bersih kemudian disimpan didalam *storage tank*. Kemudian dari *storage tank*, sulfur cair akan dipanaskan kembali dan dilairkan ke *burner*. Setelah dari *burner* didapatkan gas  $\text{SO}_2$  lalu diteruskan ke *converter* untuk menghasilkan  $\text{SO}_3$ . Proses terakhir yaitu pada unit *absorber* dimana  $\text{SO}_3$  direaksikan dan menghasilkan asam sulfat  $\text{H}_2\text{SO}_4$  baru kemudian asam sulfat tersebut dikirim ke *storage* dan didistribusikan. Dalam tugas akhir ini penyusun hanya menganalisis study HAZOP dan manajemen resiko pada unit *sulfur handling*. Peran unit *sulfur handling* menjadi vital

dalam menghasilkan sulfur cair dimana sulfur cair tersebut merupakan bahan dasar dari proses produksi asam sulfat.



**Gambar 2.1** Unit Sulfur Handling PT. Petrokimia Gresik

### 2.1.1 *Melter*

*Melter* merupakan unit dimana proses pencairan belerang padat menjadi belerang cair yang dipanaskan dengan LP *steram* dengan suhu  $175^{\circ}\text{C}$ . Pada unit *melter* dibagi menjadi 3 bagian yaitu bagian melter untuk mencairkan belerang, *settler* yang merupakan tempat pengendapan dan *pumping pit* yang berfungsi untuk mengalirkan belerang cair dari *storage tank* menuju *furnace*.

### 2.1.2 *Storage Tank*

Setelah belerang padat dicairkan oleh *melter* kemudian belerang yang telah cair difiltrasi dengan dilewatkan pada filter sehingga diperoleh belerang cair bersih dengan *ash* maksimal 50 ppm. Setelah difiltrasi kemudian akan dialirkan menuju *storage tank*.

## 2.2 SIS dan SIF

Sistem proteksi biasanya disebut sebagai *safety instrumented system* (SIS) yang terdiri dari beberapa instrumen yang bekerja dalam satu sistem yang disebut sebagai *safety instrumented function* (SIF) (Goble, 2005).

Menurut standar IEC, SIF adalah "fungsi keamanan dengan SIL tertentu yang diperlukan untuk mencapai keselamatan fungsional dan yang dapat berfungsi sebagai pengaman instrumentasi *safety* atau sebagai instrumentasi *safety* fungsi kontrol." Sebuah SIS adalah "sistem instrumentasi yang digunakan untuk mengimplementasikan satu atau lebih SIF. SIS terdiri dari kombinasi sensor, *logic solver*, dan *final element*." SIS dikhususkan untuk merespon situasi darurat. SIS terdiri dari instrumentasi yang berfungsi untuk *shutdown* darurat dan dengan demikian membawa proses ke keadaan yang aman ketika terjadi kegagalan. Instrumentasi sistem *shutdown* darurat termasuk gas yang mudah terbakar, gas beracun dan sistem proteksi kebakaran merupakan SIS.

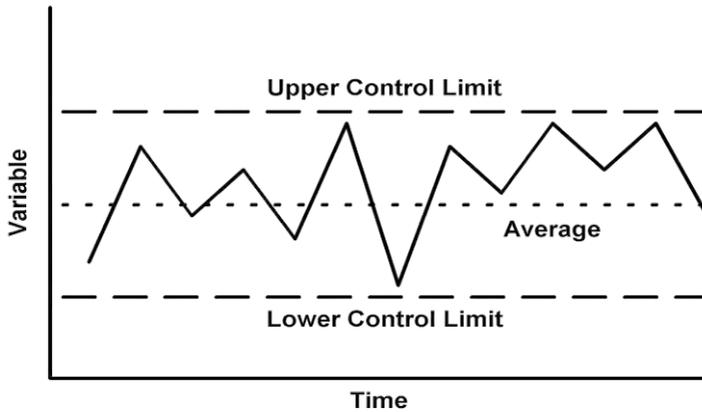
## 2.3 Control Chart

Control Chart atau diagram kendali memiliki banyak kegunaan yang fungsinya untuk mendeteksi variasi yang terkendali dan tidak terkendali.

Pada diagram kendali terdapat unsur unsur sebagai berikut:

1. *Uper Control Limit* atau batas kendali atas
2. *Center Line* atau batas tengah
3. *Lower Control Limit* atau batas kendali bawah

Diagram kendali pada suatu proses memiliki bentuk umum seperti pada gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Bentuk Grafik Diagram Kendali (Montgomery, 2009)

Garis tengah (*Center Line/CL*) bersesuaian dengan mean populasi yang diperkirakan dari nilai yang diamati dalam proses. Daerah antara batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL) menunjukkan variasi yang terkontrol. Namun jika pengamatan berada di luar daerah tersebut (di atas UCL atau di bawah LCL) hal ini menunjukkan terdapatnya suatu variasi yang tak terkontrol atau variasi karena sebab khusus (Montgomery, 2009).

Salah satu fungsi *control chart* yang digunakan untuk penelitian ini adalah *control chart* rata-rata dan standar deviasi ( $\bar{\bar{X}}-\bar{S}$ ). Diagram rata-rata ( $\bar{\bar{X}}$ ) digunakan untuk menganalisis nilai rata-rata dari data suatu proses. Sedangkan grafik standar deviasi digunakan untuk mengukur tingkat keakurasian pada suatu proses.

Dalam menentukan batas kendali untuk diagram  $\bar{\bar{X}}$  dapat digunakan persamaan berikut ini (Montgomery, 2009):

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

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

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

Dimana:

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

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

$A_3$  = Konstanta

Sedangkan persamaan yang digunakan dalam menentukan batas kendali diagram kendali  $\bar{S}$  digunakan persamaan sebagai berikut (Montgomery, 2009):

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

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

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

Dengan  $\bar{s}$  merupakan standar deviasi rata-rata sedangkan  $B_3$  dan  $B_4$  merupakan konstanta.

## 2.4 Identifikasi *Hazard*

Resiko tidak dapat dievaluasi sebelum diketahui bahaya (*hazard*) yang dapat terjadi. Beberapa bahaya dapat diidentifikasi dengan melakukan PHA (*Process Hazard Analysis*) yang salah satu contohnya adalah analisis HAZOP. Kemungkinan adanya bahaya dapat disebabkan oleh banyak hal seperti adanya potensi kebakaran, ledakan, adanya gas beracun, dan lainnya. Beberapa hal tersebut berpotensi menyebabkan bahaya bagi personel, properti, maupun lingkungan sekitar. Namun pada tahap identifikasi tidak ada gambaran yang jelas atau ringkas dari apa bahaya yang dapat terjadi atau seberapa besar kemungkinan terjadinya bahay tersebut. Pada tahap inilah diperlukannya suatu analisis HAZOP, yang merupakan salah satu bentuk dari PHA, dimana analisis tersebut menggunakan *risk matrix* yang terdiri dari hasil perkalian antara *severity* atau tingkat keparahan dengan *likelihood* atau kemungkinan terjadinya kegagalan sehingga mempermudah dalam mengkuantifikasi resiko (Hyatt, 2003).

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

- *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

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.
- *Scenario*. Merupakan skenario yang diidentifikasi untuk tiap unit berdasarkan acuan *guideword* yang telah ditentukan.
- *Consequence* (Akibat/konsekuensi). Akibat yang timbul dari adanya penyimpangan.
- *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 dimana perlu mengurangi konsekuensi.
- *Node* (Titik Studi). Merupakan jumlah komponen dan ditentukan berdasarkan fungsi dari sistem.
- *Severity*. Merupakan tingkat keparahan yang diperkirakan dapat terjadi.
- *Likelihood*. Adalah kemungkinan terjadinya konsekuensi dengan sistem pengaman yang ada.
- *Scoring*. Merupakan nilai dari resiko hasil dari perkalian *consequences* dan *likelihood*. Semakin tinggi nilainya maka semakin besar kriteria resikonya.
- *Recommendation*. Rekomendasi adalah upaya yang sekiranya perlu diimplementasikan untuk meningkatkan tingkat keamanan dari komponen tersebut.
- *Mitigation*. Kegiatan yang diperlukan untuk mengurangi *consequences* yang dapat terjadi, contohnya jika terdapat *consequences* kebaran maka diperlukan adanya sistem pemadaman api dan asap.

Metode Hazop memiliki tahapan dalam penyelesaiannya yang dimulai dengan analisis alur proses yang terdapat pada plant yang akan dianalisis. Setelah diketahui alur dari prosesnya maka dapat ditentukan node (titik studi) pada plant yang digambarkan melalui P&ID (Piping & Instrument Diagram) maupun PFD (Process Flow

Diagram). Jika sudah ditentukan maka perlu untuk identifikasi permasalahan yang kemungkinan terjadi pada alur proses tersebut.

## 2.6 Resiko

Kriteria risiko dapat diperoleh dengan persamaan kriteria *likelihood* dimana nilai yang dimasukkan kedalam persamaan tersebut merupakan data *maintenance*. *Likelihood* merupakan frekuensi kemungkinan suatu risiko dapat terjadi pada suatu komponen pada suatu periode waktu tertentu. Dari data kegagalan pada masing-masing komponen pada periode waktu tertentu tersebut, dicari nilai *Mean Time to Failure* (MTTF), yaitu waktu rata-rata komponen tersebut mengalami *failure*. nilai *likelihood* diperoleh dari perbandingan antara jumlah jam operational terhadap nilai MTTF. Berikut adalah persamaan *likelihood*:

$$\text{Kriteria likelihood} = \frac{\text{Lama jam operasi}}{\text{MTTF}} \quad (2.7)$$

Setelah didapatkan nilai *likelihood* kemudian disesuaikan dengan kriteria pada tabel 2.1 berikut.

**Tabel 2.1** Kategori *likelihood* sesuai standar 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

Nilai MTTF (*Mean Time To Failure*) diperoleh dari data *maintenance* pada setiap instrumen tetapi jika tidak diketahui maka data MTTF diperoleh dari nilai *failure rate* berdasarkan pada

OREDA (*Offshore Reliability Data Handbook*). Dan berikut persamaan nilai MTTF yang diperoleh dari *failure rate* ( $\lambda$ ) :

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

*Consequences* dapat dievaluasi dengan melalui tahapan sebagai berikut :

- Menggunakan kata tanya HOW MUCH (misalnya kg, ton, lbs) dari WHAT (misalnya bahan kimia apa, terbakarnya atau meledaknya bahan) HOW LONG (misalnya semenit, sejam, sehari)
- Efek fisik yang terjadi, tergantung dari karakteristik bahaya yang ada.
- Dampaknya pada manusia, flora dan fauna, benda-benda, serta terhadap lingkungan.

Frekuensi atau *likelihood* dapat devaluasi dengan beragam cara. Dapat dengan menggunakan data historis unit yang memiliki kesamaan atau juga menggunakan *failure rate* dari tiap komponen penyusun.

Dikarenakan resiko merupakan hasil dari perkalian *consequences* dengan *likelihood*, dengan mengetahui kemungkinan bahaya atau kecelakaan dari *consequences* dan dengan mengetahui tingkat potensi terjadinya kegagalan komponen yn diketahui dari frekuensi atau *likelihood*, maka resiko dapat diklasifikasikan. Dari hasil perkalian antara *consequences* dengan *likelihood* dapat dibuat sebuah *risk matrix* untuk mengklasifikasikan resiko yang dapat terjadi pada suatu unit.

## 2.7 Australian/New Zealand Standards AS/NZS 4360:2004

AS/NZS 4360:2004 adalah salah satu standar yang dibuat oleh asosiasi *Australian Standards* untuk kategori manajemen resiko. Standar ini menetapkan unsur-unsur dari proses manajemen resiko, namun standar ini masih dapat digabung dengan standar manajemen resiko lainnya. Terminologi yang digunakan dalam standar ini telah dipilih agar dapat diterima untuk berbagai macam disiplin

manajemen resiko (Australian Standards, 2004). Bentuk umum dari *risk matrix* AS/NZS 4360:2004 dapat dilihat pada gambar 2.3.

## 2.8 Risk Matrix

Kebanyakan pabrik menggunakan *risk matrix* sebagai bagian dari penyusunan HAZOP. Mayoritas *risk matrix* merupakan hasil perkalian dari *severity* dan *likelihood* dengan kriteria *severity* berdasarkan kriteria berikut:

- Penyebab kematian dan tingkat bahaya
- Kerusakan properti
- Penurunan produksi
- Dampak terhadap lingkungan.

Resiko yang menyebabkan kematian dan yang membahayakan fisik dijadikan prioritas utama agar dijaga tingkat resikonya pada tingkat yang aman. Contoh *risk matrix* bentuk umum dapat dilihat pada gambar 2.3.

<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

**Gambar 2.3** Bentuk *Risk Matrix* umum sesuai standar AS/NZS 4360:2004

Kriteria resiko pada *risk matrix* tersebut dibagi menjadi empat kriteria yaitu:

- Low :Resiko rendah dimana dapat teratasi dengan prosedur pengamanan standar
- Moderate :Resiko sedang, dibutuhkan prosedur pengamanan khusus

- High :Resiko tinggi, untuk mengatasinya dibutuhkan personil manajemen senior
- Extereme :Resiko ekstrim, upaya pengamanan perlu diprioritaskan

Dengan kategori *likelihood* yang dapat dilihat pada tabel 2.1 dan kategori *consequences* pada tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Kategori *consequences* dengan standar Profil Kriteria Resiko pabrik III PT. Petrokimia Gresik

Kategori	Deskripsi
Kategori Alat C	Apabila terjadi kerusakan <b>tidak berpengaruh</b> terhadap operasional unit pabrik
Kategori Alat B	Apabila terjadi kerusakan unit pabrik tidak sampai <i>shutdown</i> , tetapi terjadi <b>penurunan rate produksi</b>
Kategori Alat B	Apabila terjadi kerusakan unit pabrik tidak sampai <i>shutdown</i> , tetapi <b>terjadi penurunan rate produksi</b>
Kategori Alat A	Apabila terjadi kerusakan, unit <b>pabrik akan shutdown atau tidak bisa start-up.</b>
Kategori Alat A&L	Apabila terjadi kerusakan, unit <b>pabrik shutdown atau tidak bisa start-up</b> dan <i>equipment</i> yang <b>terkait dengan Peraturan Pemerintah atau UU</b>

Selain *risk matrix* bentuk umum terdapat pula jenis *risk matrix* yang berbasis pada asset dimana *risk matrix* tersebut mengkategorikan resiko berdasarkan kerugian produksi dan kerusakan properti. *Risk matrix* ini biasanya menggunakan satu parameter yaitu kerugian biaya. Kategorinya adalah sebagai berikut:

- Kerugian biaya akibat cedera hingga kematian dari personil pabrik
- Biaya perbaikan lingkungan yang rusak
- Biaya rehabilitasi *plant*
- Rugi produksi

Bahaya yang menyebabkan kematian dianggap "tak ternilai" dan tidak ada jumlah perbaikan yang dapat mengganti kerugian tersebut. Namun, berdasarkan konsep kriteria risiko yang dapat diterima, sebagian besar pekerja yang terkena beberapa tingkat risiko, mungkin mencerminkan kerugian berkisar 1 hingga 2 juta dolar total per individu. Biaya lingkungan dapat dievaluasi

berdasarkan lokasi, apakah kejadian tersebut merupakan tumpahan atau pelepasan gas, dan apakah hal itu mempengaruhi flora, fauna, tanah dan / atau saluran air. Biaya kerusakan pabrik dapat dihitung dari perkiraan pembongkaran / membangun kembali pabrik tersebut. Produksi yang hilang selama *shutdown*, kehilangan pangsa pasar, dll dapat diperkirakan. *Risk matrix* kategori kerugian aset dapat dilihat pada gambar 2.4. Dan dengan kategori resiko atau tingkat kerugian yang dapat dilihat pada tabel 2.3.

<b>L</b> <b>i</b> <b>k</b> <b>e</b> <b>i</b> <b>h</b> <b>o</b> <b>o</b> <b>d</b>	10 times a year	4	5	6	7	8
	Once a year	3	4	5	6	7
	Once every 10 years	2	3	4	5	6
	Once every 100 years	1	2	3	4	5
	Once every 1000 years	0	1	2	3	4
		\$1,000	\$10,000	\$100,000	\$1MM	\$10MM
<b>Severity in \$ Total Loss</b>						

**Gambar 2.4** *Financial Risk Matrix* (Hyatt, 2003)

**Tabel 2.3** Tingkat Potensi Kerugian (Hyatt, 2003)

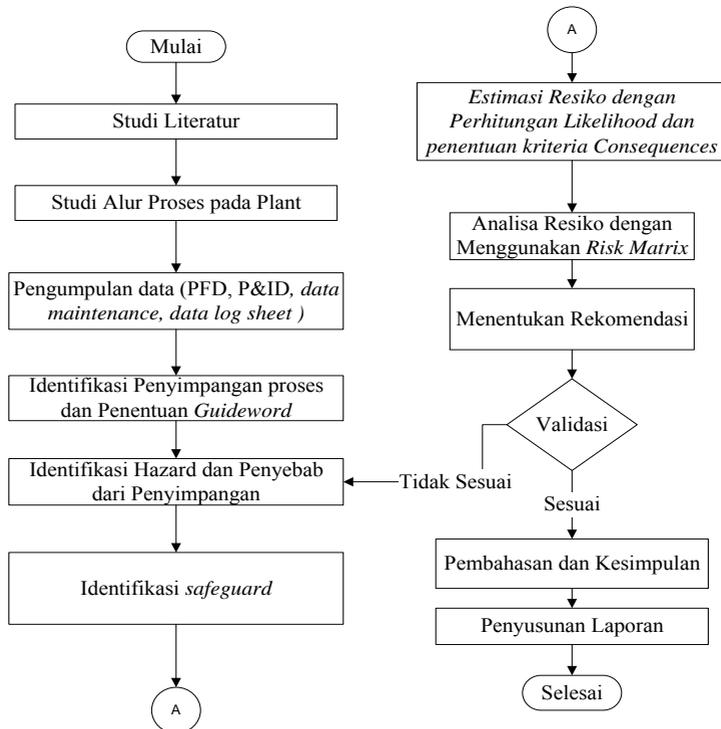
Tingkat Kerugian per tahun	Designation	Risk Index Power
\$100 juta	Ultra High Risk	8
\$10 juta	High Risk	7
\$1 juta	Medium High Risk	6
\$100.000	Medium Risk	5
\$10.000	Medium Low Risk	4
\$1.000	Low Risk	3
\$100	Very Low Risk	2
\$10	Ultra Low Risk	1
\$1	Nil Risk	0

## BAB III METODOLOGI

Pada bab ini menjelaskan mengenai langkah langkah dalam melakukan penelitian mulai dari studi literatur, pengambilan data hingga pembahasan dan kesimpulan.

### 3.1 Langkah-Langkah Penelitian

Tahapan dalam penelitian tugas akhir ini akan dijelaskan dalam *flowchart* pada gambar di bawah ini.



**Gambar 3.1.** *Flowchart* Penelitian

Berdasarkan *flowchart* tersebut, maka dapat dijelaskan langkah-langkah untuk melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

**a. Studi Literatur**

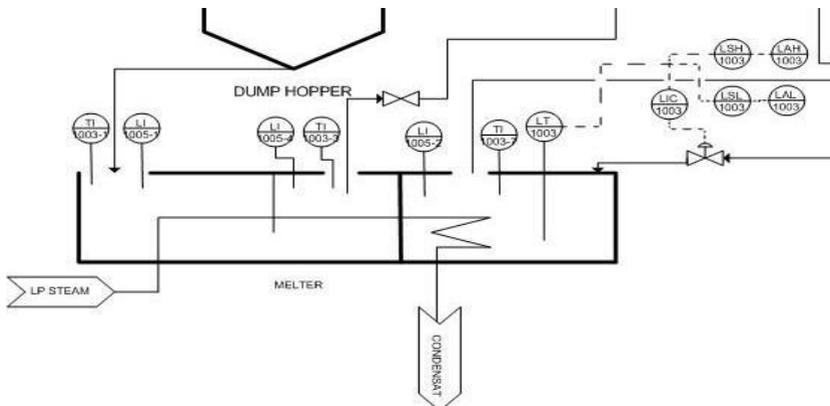
Mempelajari materi materi yang behubungan dengan permasalahan penelitian meliputi studi unit sulfur *handling*, *risk assessment* dan HAZOP. Studi literature diperoleh dari buku buku penunjang dan jurnal ilmiah.

**b. Studi Alur Proses pada Plant**

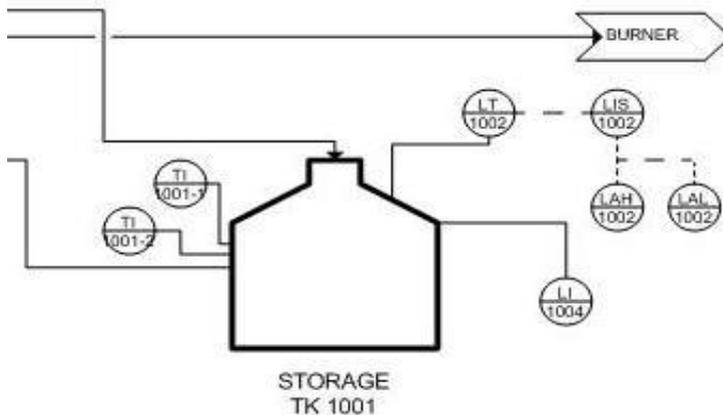
Dilakukan studi mengenai alur proses pabrik asam sulfat khususnya unit sulfur *handling*. Bahan-bahan serta semua referensi yang berkaitan tentang PT. Petrokimia di dapatkan di ruang Perencanaan, Pengendalian dan Pemeliharaan Produksi III. Studi yang dilakukan mencakup proses kegunaan sulfur *handling* dalam plant pabrik III PT Petrokimia Gresik.

**c. Pengumpulan Data**

Data-data yang diperlukan dalam tugas akhir ini antara lain berupa dokumen serta gambar dari proses yang terdapat di sulfur *handling* unit *Sulfuric Acid* Pabrik III PT Petrokimia Gresik. Dokumen tersebut meliputi piping and instrumentation diagram (P&ID), maintenance data atau data mean time to failure dari setiap komponen yang terdapat pada unit sulfur handling, dan data proses pada setiap komponen sulful handling yang beroperasi penuh sepanjang hari, data ini diambil selama satu bulan, yaitu pada tanggal 1 November hingga 31 November 2014. Data-data ini yang kemudian digunakan untuk penentuan risiko serta analisis risiko pada masing-masing komponen di unit sulfur handling. P&ID pada tiap *node* ditunjukkan pada gambar 3.1 dan 3.2.



**Gambar 3.2 P&ID Node Melter**



**Gambar 3.3 P&ID Node Storage Tank**

#### d. Identifikasi Penyimpangan Proses

Untuk mengidentifikasi penyimpangan proses dilakukan langkah langkah seagai berikut:

- Menentukan *node* atau titik studi berdasarkan data P&ID yang telah didapatkan. Dalam tugas akhir ini, node ditentukan

berdasarkan komponen utama yang menyusun sistem *sulfur handling*, yaitu *melter* dan *storage tank*.

- Untuk setiap node tersebut, ditentukan komponen apa saja yang terdapat pada bagian tersebut, yang mengatur semua proses yang terjadi, dari input sampai menghasilkan output. Misalnya berupa temperature transmitter, pressure transmitter, valve serta komponen safety yang ikut mendukung proses pada node tersebut. Penentuan komponen ini didasarkan pada komponen-komponen yang terdapat pada P&ID unit sulfur handling di PT PETROKIMIA .
- Menentukan guideword dengan menggunakan data proses yang diambil untuk masing-masing komponen selama bulan November dan menggambar chart berdasarkan data tersebut, kemudian dengan menggunakan control chart dilihat trend dan deviasinya.

#### e. Identifikasi Hazard

Identifikasi kemungkinan bahaya yang dapat terjadi sesuai dengan *guideword* yang telah disusun. Kemudian dicari penyebab dari adanya penyimpangan yang terjadi.

Penggunaan *guideword* adalah dengan mengkombinasikan penyimpangan dari hasil *control chart* dengan parameter seperti pada tabel berikut.

**Tabel 3.1** Penentuan *Guideword*

<b>Deviasi</b>	<b>Parameter</b>	<b>Guideword</b>
High	Temperatur	High Temperature
	Level	High Level
Low	Temperatur	Low Temperature
	Level	Low Level
More	Flow	More Flow
Less	Flow	Less Flow

Hazard atau bahaya yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan pada tingkat kerusakan alat dan bahaya proses. Kerusakan alat meliputi seberapa parah efek kerusakan alat tersebut terhadap operasional unit pabrik, penurunan *rate* produksi hingga apakah kerusakan tersebut dapat menyebabkan pabrik *shutdown*. Sedangkan dari proses mencakup bahaya apabila ada paparan gas berbahaya dan kemungkinan terjadinya kebakaran. Karena pada unit *sulfur* handling, sulfur cair dapat membentuk gas  $H_2S$  dimana gas tersebut bisa berbahaya bila kadarnya mencapai lebih dari 50 ppm dan gas tersebut merupakan gas yang mudah terbakar, sekalipun tidak terpantik oleh sumber api (OSH Sulfur, 1993).

#### **f. Identifikasi *Safeguard***

Setelah diketahui bahaya yang bisa terjadi akibat adanya penyimpangan kemudian disesuaikan dengan *safeguard* yang terdapat pada unit tersebut apakah sudah sesuai dengan kemungkinan bahaya yang dapat terjadi atau belum. Identifikasi *safeguard* diperlukan untuk mengevaluasi tingkat keamanan apakah sudah terpenuhi atau belum dalam mereduksi bahaya karena setiap unit proses harus memiliki *safeguard* untuk penanganan resiko. *Safeguard* pada unit setidaknya berupa instruksi kerja berupa SOP. Pada unit sulfur *handling* PT. Petrokimia Gresik kebanyakan menggunakan *safeguard* berupa SOP untuk penanganan bahaya seperti kebakaran pada sulfur *tank* dan juga jika terjadi *liquid sulfur spill*. Dari evaluasi *safeguard* berdasarkan bahaya yang data terjadi kemudian didapat apakah unit tersebut membutuhkan penambahan *safeguard* atau tidak

#### **g. Estimasi Resiko**

Estimasi risiko ini terdiri atas analisis-*analisis* terhadap dua bagian, yaitu :

- *Likelihood*

Dalam melakukan estimasi *likelihood* ini digunakan data *maintenance* yang terdokumentasi pada Work Order pada bagian *Instrumentation* PT Petrokimia Gresik. Dari data kegagalan pada

masing-masing komponen pada periode waktu tertentu tersebut, dicari nilai *Mean Time to Failure* (MTTF), yaitu waktu rata-rata komponen tersebut mengalami *failure*. Nilai *likelihood* diperoleh dari perbandingan antara jumlah hari operational per tahun terhadap nilai MTTF. PT PETROKIMIA tidak pernah berhenti berproduksi, sehingga dalam satu hari perusahaan menjalankan produksi selama 24 jam. Setelah dilakukan perhitungan, maka ditentukan level *likelihood* pada komponen berdasarkan kriteria yang telah ditentukan pada **Tabel 3.2** yang merupakan kriteria peluang berdasarkan Profil Kriteria Resiko Pabrik III PT. Petrokimia Gresik pada kategori kerusakan alat. Perhitungan *likelihood* menggunakan persamaan 2.7 dengan periode waktu yang dipakai adalah selama 5 tahun.

**Tabel 3.2** Kriteria *Likelihood* (Profil Kriteria Profil Resiko Pabrik III Petrokimia Gresik)

<b>Nilai</b>	<b>Kriteria Nilai Peluang</b>	<b>Keterangan</b>
1	Brand New Excellence	Resiko jarang sekali muncul
2	Very Good atau Good, Serviceable	Resiko terjadi 2-3 kali dalam 5 tahun
3	Acceptable atau Barely Acceptable	Resiko terjadi lebih dari 3 atau kurang dari 4 kali dalam 5 tahun
4	Below Standard atau Poor	Resiko terjadi 4-5 kali dalam 5 tahun
5	Bad atau Unusable	Resiko terjadi lebih dari 5 kali dalam 5 tahun

- *Consequences*

*Consequences* ini ditentukan secara kualitatif berdasarkan seberapa besar kerugian yang ditimbulkan dari bahaya yang telah diidentifikasi. *Consequences* bisa ditinjau dari segi kerusakan komponen sampai tidak dapat beroperasi kembali, dari segi pengaruhnya pada manusia, atau dari segi biaya yang dikeluarkan akibat adanya bahaya yang telah disebutkan tersebut. Pada penelitian ini *consequences* yang digunakan berdasarkan kriteria kerusakan alat maka digunakan standar Profil Kriteria Resiko Pabrik III PT.Petrokimia Gresik dengan kategori kerusakan alat. Tingkat *consequences* dapat ditentukan dengan kriteria seperti pada **Tabel 3.3**.

**Tabel 3.3** Kriteria *Consequences* Kategori Kerusakan Alat PT. Petrokimia Gresik

<b>Kategori</b>	<b>Deskripsi</b>
Kategori Alat C	Apabila terjadi kerusakan <b>tidak berpengaruh</b> terhadap operasional unit pabrik
Kategori Alat B	Apabila terjadi kerusakan unit pabrik tidak sampai <i>shutdown</i> , tetapi terjadi <b>sedikit penurunan rate produksi</b>
Kategori Alat B	Apabila terjadi kerusakan unit pabrik tidak sampai <i>shutdown</i> , tetapi <b>terjadi penurunan rate produksi tinggi</b>
Kategori Alat A	Apabila terjadi kerusakan, unit <b>pabrik akan <i>shutdown</i> atau tidak bisa <i>start-up</i>.</b>
Kategori Alat A&L	Apabila terjadi kerusakan, unit <b>pabrik <i>shutdown</i> atau tidak bisa <i>start-up</i> dan <i>equipment</i> yang terkait dengan Peraturan Pemerintah atau UU</b>

#### **h. Analisis Risiko**

Analisis terhadap risiko dilakukan dengan cara mengkombinasikan *likelihood* dan *consequences* yang telah didapat pada tahap estimasi. Dari perkalian *likelihood* dan *consequences* maka kemudian disusun dan disesuaikan dengan tabel *risk matrix* berikut.

**Tabel 3.4 Risk Matrix HAZOP study**

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 Standart/Poor)	L 4	M 8	M 12	H 16	H 20
5 (Bad/Unusable)	M 5	M 10	H 15	H 20	H 25

Keterangan:

L: Low Risk

M: Moderate Risk

H: High Risk

#### **i. Menentukan Rekomendasi dan Mitigasi**

Setelah diketahui resiko berikut penyebab dan *safeguard* yang terpasang maka untuk meningkatkan tingkat keamanan sistem dan memperkecil kemungkinan terjadinya kecelakaan dibutuhkan rekomendasi yang sesuai pada setiap instrumen penyusun unit sulfur *handling*. Kemudian disusunlah *worksheet* HAZOP.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Alur Proses Unit Asam Sulfat

Unit Asam Sulfat PT. Petrokimia Gresik adalah unit yang akan memproduksi asam sulfat. Pada unit Asam Sulfat proses pertamanya yaitu pelelehan belerang padat yang disebut *sulfur handling*. Proses dari unit Asam Sulfat yaitu Sulfur padat yang didatangkan dari PT. Exxon Aceh, Timur Tengah dan Kanada disimpan didalam *storage* kemudian dimasukkan ke *Hopper* yang selanjutnya dimasukkan ke dalam *melter*. Di dalam *melter* sulfur padat tersebut dipanaskan dengan menggunakan LP *steam* dengan suhu  $175^{\circ}\text{C}$  dan dengan tekanan  $7 \text{ kg/cm}^2$ . Setelah dari *melter*, sulfur yang telah cair diendapkan di dalam *settler* dan dipanaskan dengan LP *steam* suhu  $175^{\circ}\text{C}$  dan tekanan  $4 \text{ kg/cm}^2$ . Selanjutnya sulfur cair dialirkan oleh *pumping pit* ke *filter* untuk difiltrasi. Sebelum *filter* dimasukkan sulfur cair, sebelumnya dilakukan *coating* dengan larutan *diatomaceous earth* untuk memperkecil mesh agar filtrasi optimal dan menghasilkan filtrate belerang cair dengan kadar ash atau abu max 50 ppm. Setelah didapatkan sulfur cair bersih kemudian disimpan didalam *storage tank*. Kemudian dari *storage tank*, sulfur cair akan dipanaskan kembali dan dilairkan ke *burner*. Setelah dari *burner* didapatkan gas  $\text{SO}_2$  lalu diteruskan ke *converter* untuk menghasilkan  $\text{SO}_3$ . Proses terakhir yaitu pada unit *absorber* dimana  $\text{SO}_3$  direaksikan dan menghasilkan asam sulfat  $\text{H}_2\text{SO}_4$  baru kemudian asam sulfat tersebut dikirim ke *storage* dan didistribusikan. Dalam tugas akhir ini penyusun hanya menganalisis study HAZOP dan manajemen resiko pada unit *sulfur handling*. Peran unit *sulfur handling* menjadi vital dalam menghasilkan sulfur cair dimana sulfur cair tersebut merupakan bahan dasar dari proses produksi asam sulfat. Karena pada unit filter tidak terdapat instrumen sehingga dalam tugas akhir ini analisis HAZOP dan manajemen resiko disusun atas dua bagian vital pada unit sulfur *handling*, yaitu *melter*, dan *storage*.

## 4.2 Analisis Potensi Bahaya dan Analisis Resiko

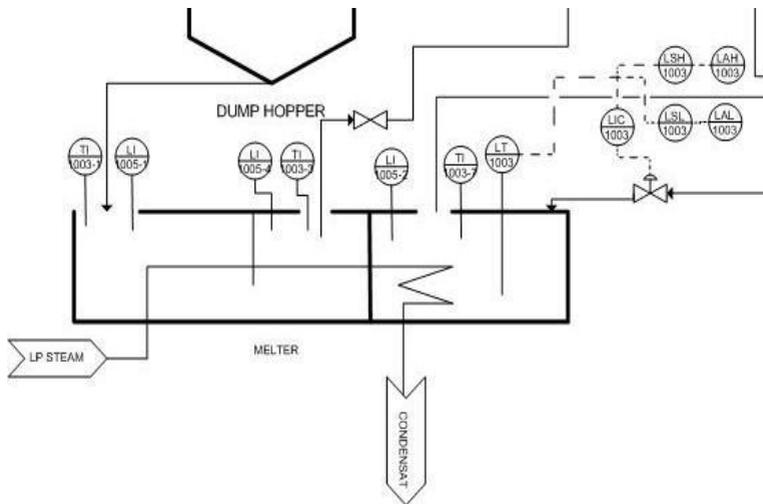
Berdasarkan titik studi (*node*) yang diambil dalam evaluasi potensi bahaya pada unit *sulfur handling* yaitu *melter*, dan *storage* akan dapat ditentukan *guideword*, *deviasi*, dan *likelihood*. Data yang dijadikan acuan pengolahan adalah data proses yang didapat dari *log sheet sulfur handling* selama 1 bulan pada November 2014. Potensi bahaya yang ditimbulkan dapat dilihat pada penyimpangan dari kondisi rata-rata operasi yang ditentukan dengan *guide word* dan dinyatakan dengan deviasi.

Analisis resiko adalah evaluasi terhadap kemungkinan bahaya yang dapat terjadi akibat adanya penyimpangan dari kondisi operasi rata-rata. Resiko sendiri dapat dinilai dengan meninjau dua parameter, yaitu *likelihood* (peluang) dan *consequences* (dampak). *Likelihood* merupakan kecenderungan suatu alat mengalami kegagalan dan *consequences* adalah dampak yang terjadi bila terjadi kegagalan. Resiko merupakan hasil dari kombinasi kedua parameter tersebut yang kemudian dibuat menjadi tabel *risk matrix* seperti pada **Tabel 2.3**. PT Petrokimia Gresik memiliki *risk matrix* dengan standar *likelihood* dan *consequences* yang telah disesuaikan dengan kondisi pabrik. Sehingga pada tugas akhir ini menggunakan acuan untuk analisis resiko yaitu berdasarkan standar Profil Kriteria Resiko PT. Petrokimia Gresik.

### 4.2.1 Potensi Bahaya dan Analisis Resiko *Node Melter*

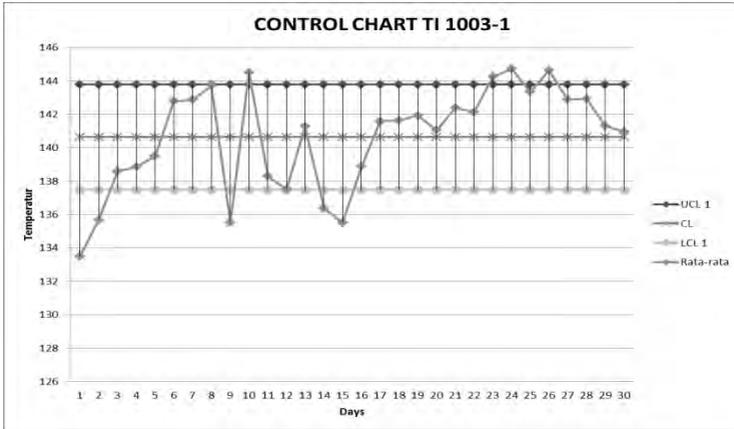
*Melter* merupakan unit dimana proses pencairan belerang padat menjadi belerang cair yang dipanaskan dengan LP *steram* dengan suhu 175°C. Pada unit *melter* dibagi menjadi 3 bagian yaitu bagian *melter* untuk mencairkan belerang, *settler* yang merupakan tempat pengendapan dan *pumping pit* yang berfungsi untuk mengalirkan belerang cair dari *storage tank* menuju *furnace*. Pada *melter* potensi bahaya yang terjadi ialah kebakaran jika suhu untuk melelehkan belerang padat terlalu tinggi dan juga jika *level* terlalu tinggi atau rendah dapat mengganggu proses produksi asam sulfat. Terdapat 2 komponen instrumentasi yang terdapat pada *melter* yaitu *temperature indicator* TI 1003-1 dan

*temperature indicator* TI 1003-2. Pada bagian *settler* terdapat dua indikator *level* yaitu LI 1005-4 dan LI 1005-5. Sedangkan pada bagian *pumping pit* terdapat instrumen *temperature indicator* TI 1006 dan *level indicator* LI 1003.



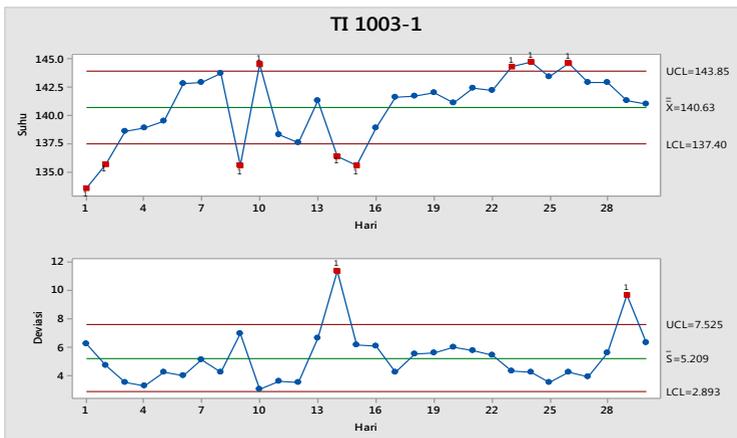
**Gambar 4.1** *Node Melter*

- *Guide Word* dan *Deviasi*  
Berdasarkan data proses dari *node melter* dapat diperoleh grafik pembacaan transmitter terhadap rata-rata operasi harian untuk komponen dengan membuat control chart x atau rata-rata pada setiap instrumen seperti grafik berikut.



**Gambar 4.2** Grafik *control chart*  $\bar{x}$  untuk TI-1003-1

Kemudian untuk mengetahui deviasi atau penyimpangan dari kondisi operasi rata-rata dapat terkontrol atau tidak digunakan *control chart* deviasi dengan menggunakan *software* Minitab pada komponen TI 1003-1 sebagai berikut:



**Gambar 4.3** Grafik *control chart*  $\bar{x}$ -s untuk TI 1003-1

Dari kedua gambar didapatkan kecenderungan proses yang terbaca dari instrumen tersebut apakah terkendali atau tidak. Kemudian dari hasil grafik deviasi rata-rata dapat diketahui penyimpangan dari proses tersebut. Dari penyimpangan tersebut dapat dibuat *guideword* yang sesuai dengan deviasi yang terjadi. Pada instrumen TI 1003-1 didapatkan *guideword high* dan *low* karena terdapat deviasi ketika data berada diatas dan dibawah batas kontrol. Sehingga untuk deviasinya adalah *high temperature* dan *low temperature*. *Guideword* dan *deviasi* dari keseluruhan instrumen unit *melter* dapat dilihat pada **Tabel 4.1** sedangkan untuk grafik *control chart* rata-rata dan deviasi pada komponen instrumen yang lain pada *node economizer* dapat dilihat pada lampiran A.

**Tabel 4.1** *GuideWord* dan Deviasi komponen *Melter*

No.	Component	Guideword	Deviation
1	Temperature Indicator (TI 1003-1)	High	High Temperature
		Low	Low Temperature
2	Temperature Indicator (TI 1003-2)	Low	Low Temperature
3	Temperature Indicator (TI 1003-7 pada D 1006)	High	High Temperature
		Low	Low Temperature
4	Level Indicator (LI 1005-5)	More	More Level
5	Level Indicator (LI 1005-4)	More	More Level
6	Level Indicator LI 1005 C	More	More Level
		Less	Less Level
7	Level Transmitter LT 1003	More	More Level

- Identifikasi *Hazard*

Identifikasi bahaya berdasarkan deviasi yang ada pada node *melter* yaitu pada *temperature indicator* ketika deviasi *high temperature* maka bahaya yang dapat terjadi adalah terbakarnya sulfur cair yang berakibat pada turunnya rate produksi, kerusakan alat dan bahaya bagi keselamatan personil. Pada *level indicator* bila deviasi *less level* berakibat pada turunnya rate produksi, dan kerusakan alat seperti pompa dan *agitator*. Sedangkan deviasi *more level* beresiko adanya tumpahan sulfur cair keluar dari unit *melter*. Sulfur cair ini berbahaya jika terkena bagian tubuh dan paparan gas  $H_2S$  yang melebihi batas yaitu diatas 50 ppm berbahaya bila dihirup (MSDS Sulfur, 2006).

- Identifikasi *safeguard*

*Safeguard* pada unit *melter* mayoritasnya berupa SOP penanganan keadaan darurat seperti ketika terjadi kebakaran maupun jika sulfur cair tumpah. Hanya sistem *level* pada *pumping pit* yang terdapat sistem alarm dan *level switch*.

- Estimasi *Likelihood*

Estimasi *likelihood* ini dilakukan dengan berdasarkan data *maintenance* dari setiap instrumen yang ada pada unit *melter* dengan rentang waktu selama 5 tahun. Kriteria *likelihood* didapat dengan membandingkan waktu operasi dengan MTTF (*Mean Time to Failure*), dapat dilihat pada persamaan . Jika terdapat instrumen yang tidak terdapat data *maintenance* dan tidak pernah terjadi kerusakan atau tidak pernah dikalibrasi maka dicari dengan menggunakan *handbook* OREDA 2002. Penentuan *likelihood* menggunakan persamaan 2.7. Kriteria *likelihood* dari node *melter* dapat dilihat pada **Tabel 4.2** berikut.

**Tabel 4.2** Kriteria *Likelihood Node Melter*

<i>Instrument</i>	<b>MTTF</b>	<i>Likelihood</i>	<b>Rating <i>Likelihood</i></b>
TI 1003-1	19656	3,12	2
TI 1003-2	19608	3,13	2
TI 1003-7	27792	2,21	1
LI 1005-4	30984	1,98	1
LI 1005-5	30984	1,98	1
LI 1005C	29148	2,10	1
LI 1003	30984	1,98	1

Kriteria *likelihood* disesuaikan dengan kriteria menurut standar AS/NZS 4360:2002 yang ditunjukkan dengan notasi huruf dan kriteria Profil Resiko PT. Petrokimia Gresik dengan notasi angka.

- Estimasi *Consequences*

Estimasi *consequences* ini ditentukan secara kualitatif berdasarkan seberapa besar kerugian yang ditimbulkan dari bahaya yang telah diidentifikasi. *Consequences* bisa ditinjau dari segi kerusakan komponen sampai tidak dapat beroperasi kembali, dari segi pengaruhnya pada manusia, atau dari segi biaya yang dikeluarkan akibat adanya bahaya yang telah disebutkan tersebut. Tingkat *consequences* dapat ditentukan berdasarkan kriteria seperti pada tabel 2.2. berdasarkan pada Kriteria Profil Resiko PT. Petrokimia Gresik dan sebagai perbandingan juga menggunakan standar AS/NZS. Estimasi *consequences* dari *node melter* dapat dilihat pada **Tabel 4.3** berikut.

**Tabel 4.3** Kriteria *Consequences Node Melter*

No	Instrument	Deviasi	Kriteria Consequences Pabrik	Kriteria Consequences AS/NZS
1	TI 1003-1	High Temperature	2	3
		Low Temperature	2	2
2	TI 1003-2	Low Temperature	2	3
3	TI 1003-7	High Temperature	3	3
		Low Temperature	2	2
4	LI 1005C	More Level	3	3
		Less Level	3	3
5	LI 1005-4	More	3	3
6	LI 1005-5	More	3	3
7	LI 1003	More	3	3

Dari **Tabel 4.3** dapat diketahui adanya perbedaan antara kriteria *consequences* menggunakan standar AS/NZS dan standar yang dibuat oleh PT. Petrokimia. Rata rata kriteria *consequences* dari *node melter* adalah *moderate*, yaitu sistem dapat tetap beroperasi, jika terjadi kegagalan maka akan mengganggu kinerja sistem yang berakibat menurunnya *rate* produksi. Pada *high* temperature memiliki nilai *consequences* 2 karena bahaya yang terjadi adalah kebakaran dan penurunan kualitas produk. Jika sulfur cair terbakar maka distribusinya terganggu dan mengakibatkan berkurangnya *rate* produksi dari asam sulfat dan juga penurunan kualitas sulfur cair karena ketika terbakar maka akan ada penambahan *ash* pada sulfur cair tersebut namun hal tersebut tidak akan berpengaruh secara signifikan karena setelah

dari *melter* sulfur cair dialirkan menuju *filter* dimana pada *filter* sulfur cair difiltrasi hingga *ash* menjadi 50 ppm. Pada deviasi *low temperature* memiliki nilai *consequences* 2 karena walaupun terjadi kegagalan tidak berdampak signifikan terhadap *rate* produksi. Bahaya yang timbul dari deviasi *low temperature* adalah terbentuknya sulfur *cake* yaitu sulfur cair yang kembali membeku. Penanggulangannya hanya perlu dihancurkan dan kemudian dipanaskan kembali dengan menaikkan suhu pada LP *steam*. Pada deviasi *more level* bahaya yang terjadi adalah *spill* yang jelas mengurangi bahan dasar dan berakibat pada bertambahnya konsumsi bahan bak dan juga mengurangi *rate* produksi. Dari pertimbangan adanya bahaya tersebut maka nilai *consequences* deviasi *more level* adalah 3. Untuk deviasi *less level* bahayanya adalah dapat merusak kerja pompa dan *agitator* dan jugamengurangi *rate* produksi.

- Analisis Resiko

Hasil dari analisis resiko pada *node melter* dengan menggunakan standar PT. Petrokimia Gresik dapat dilihat pada **Tabel 4.4** dan analisis resiko dengan menggunakan standar AS/NZS pada **Tabel 4.5**.

**Tabel 4.4** Analisis Resiko *Node Melter* Dengan Standar PT. Petrokimia Gresik

No	Deviasi	Risk Score			Risk Level
		C	L	RR	
1	<i>High Temperature Liquid Sulfur Melter A</i>	3	2	6	Moderate
2	<i>Low Temperature Liquid Sulfur MelterA</i>	2	2	4	Low
3	<i>Low Temperature Liquid Sulfur MelterB</i>	2	2	4	Low
4	<i>High Temperature Liquid Sulfur Pumping Pit</i>	3	1	3	Low

**Tabel 4.4** Lanjutan

No	Deviasi	Risk Score			Risk Level
		C	L	RR	
5	<i>Low Temperature Liquid Sulfur Pumping Pit</i>	2	1	2	Low
6	<i>More Level liquid sulphur Filter Feeding Pit</i>	3	1	3	Low
7	<i>Less Level liquid sulfur Filter Feeding Pit</i>	3	1	3	Low
8	<i>More Level liquid sulfur Settler A</i>	3	1	3	Low
9	<i>More Level liquid sulfur Settler B</i>	3	1	3	Low
10	<i>More Level liquid sulfur Pumping Pit</i>	3	1	3	Low

**Tabel 4.5** Analisis Resiko *Node Melter* Dengan Standar AS/NZS

No	Deviasi	Risk Score			Risk Level
		C	L	RR	
1	<i>High Temperature Liquid Sulfur Melter A</i>	4	2	8	High
2	<i>Low Temperature Liquid Sulfur MelterA</i>	3	2	6	Moderate
3	<i>Low Temperature Liquid Sulfur MelterB</i>	3	2	6	Moderate
4	<i>High Temperature Liquid Sulfur Pumping Pit</i>	4	1	4	High
5	<i>Low Temperature Liquid Sulfur Pumping Pit</i>	3	1	3	Moderate
6	<i>More Level liquid sulphur Filter Feeding Pit</i>	3	1	3	Moderate
7	<i>Less Level liquid sulfur Filter Feeding Pit</i>	3	1	3	Moderate
8	<i>More Level liquid sulfur Settler A</i>	3	1	3	Moderate

**Tabel 4.5** Lanjutan

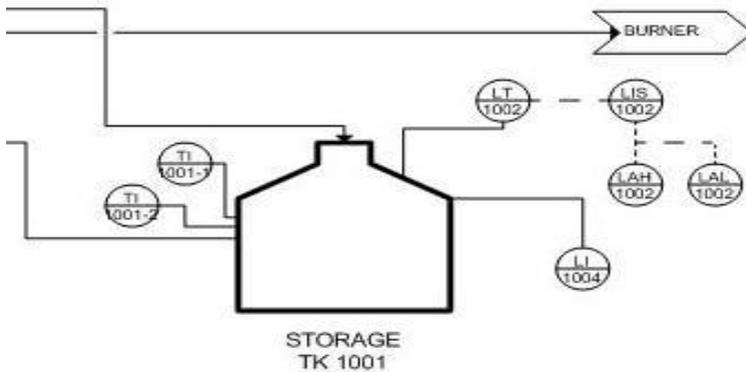
No	Deviasi	Risk Score			Risk Level
		C	L	RR	
9	<i>More Level liquid sulfur Settler B</i>	3	1	3	Moderate
10	<i>More Level liquid sulfur Pumping Pit</i>	3	1	3	Moderate

Pada analisis resiko dengan standar PT. Petrokimia mayoritas instrumen memiliki kategori resiko *low* yaitu terdapat Sembilan deviasi dan satu deviasi dengan kategori resiko *moderate*. Sedangkan analisis resiko dengan menggunakan standar AS/NZS terdapat delapan deviasi dengan kategori resiko *moderate* dan dua deviasi dengan kategori resiko *high*. Perbedaan kedua *risk matrix* dikarenakan perbedaan kriteria dan penyusunan *risk matrix* dari keduanya.

Bedasarkan data dan hasil analisa yang telah dilakukan kemudian dibuat tabel HAZOP *worksheet* untuk *node storage tank* yang terdapat pada **Tabel B1** Lampiran B.

#### 4.2.2 Potensi Bahaya dan Analisis Resiko Storage Tank

Setelah belerang padat dicairkan oleh *melter* kemudian belerang yang telah cair difiltrasi dengan dilewatkan pada filter sehingga diperoleh belerang cair bersih dengan *ash* maksimal 50 ppm. Setelah difiltrasi kemudian akan dialirkan menuju *storage tank*. Potensi bahaya dari *storage* tidak berbeda dengan *melter*, yaitu jika temperature terlalu tinggi maka sulfur cair akan terbakar dan jika ketinggian sulfur cair terlalu tinggi atau rendah maka akan mengganggu proses produksi yang berakibat berkurangnya *rate* produksi.

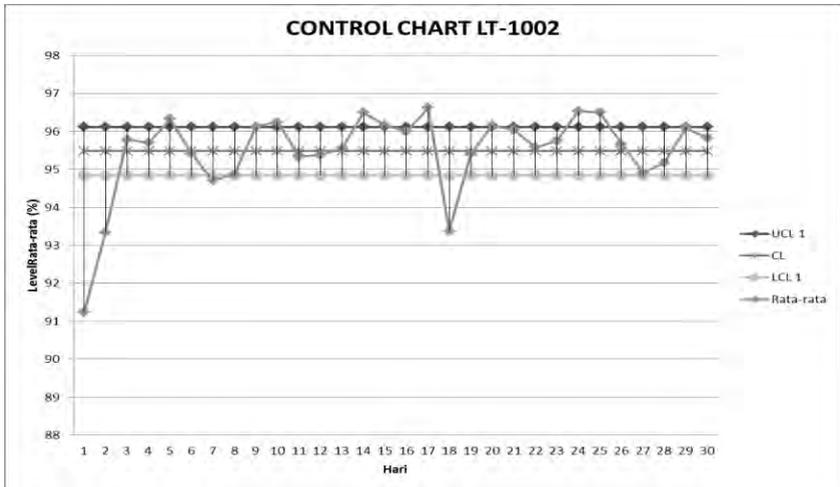


**Gambar 4.4** *Node Storage Tank*

Ada 4 komponen instrumentasi utama dalam *storage tank* yang membantu proses didalamnya yaitu *level transmitter* LT 1002, *level indicator* LI 1004, *temperature indicator* TI 1001-2 dan TI 1001-1.

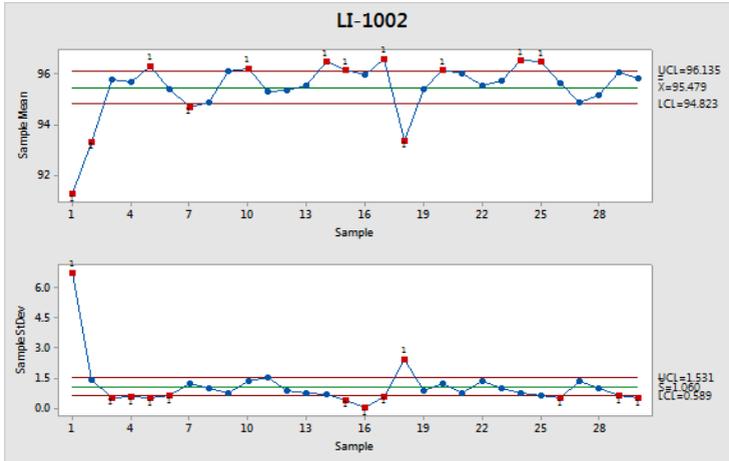
- *Guide Word* dan *Deviasi*

Dari data proses harian pada *node storage tank*, dapat diperoleh grafik *control chart* terhadap rata-rata operasi untuk semua komponen, salah satunya contohnya yaitu pada instrumen LT 1002.



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

Dari grafik operasi rata rata tersebut didapatkan kondisi operasi harian beberapa kali berada dibawah rata rata dan menyimpang cukup jauh dari rata-rata operasi bahkan hingga melewati batas kotrol. Salah satu penyebab dari rendahnya ketinggian sulfur cair pada *storage tank* ialah kegagalan pada unit filter dimana pada filter tidak terdapat instrumen untuk mengontrol proses yang terjadi sehingga harus dikontrol secara manual dan mengakibatkan filter harus sering dilakukan pengecekan. Deviasi operasi dalam satu bulan dapat dilihat pada *control chart* deviasi pada **Gambar 4.6** berikut.



**Gambar 4.6** Grafik *control chart*  $\bar{x}$ -s untuk LT 1002

Karena adanya penurunan data ketinggian yang cukup jauh sehingga pada grafik deviasi juga terdapat penyimpangan yang tinggi. Dengan demikian maka *guideword* pada instrumen LT 1002 adalah *less* dengan deviasi *less level*. Grafik *control chart* pada komponen instrumen dari *node storage tank* yang lain dapat dilihat pada lampiran A. Sedangkan untuk *guide word* dan deviasi dari semua komponen instrumen *node storage tank* terdapat pada **Tabel 4.6** berikut ini:

**Tabel 4.6** *GuideWord* dan Deviasi komponen *Storage Tank*

No.	Component	Guideword	Deviation
1	Temperature Indicator (TI 1001-1)	High	High temperature
		Low	Low Temperature
2	Level Transmitter (LT-1002)	Less	Less level
3	Level Indicator (LI 1004)	More	More Level
		Less	Less Level

**Tabel 4.6** Lanjutan

No.	Component	Guideword	Deviation
4	Temperature Indicator (TI 1001-2)	High	High Temperature
		Low	Low Temperature

- Identifikasi *Hazard*

Bahaya akibat dari deviasi yang ada pada node *storage tank* tidak berbeda dengan node *melter* yaitu adanya kebakaran pada deviasi *high temperature*, dan paparan gas H<sub>2</sub>S jika sulfur cair pada *storage tank* tumpah. Sedangkan deviasi lainnya menyebabkan turun *rate* produksi dan menurunnya kualitas produk.

- Identifikasi *safeguard*

*Safeguard* yang terdapat pada node *storage tank* yaitu *firefighting* dengan menggunakan *steam* jika terjadi kebakaran dan sistem alarm dengan *level switch* jika *level* dari sulfur cair terlalu tinggi.

- Estimasi *Likelihood*

Berdasarkan data *maintenance* dan OREDA 2002, estimasi *likelihood* dari node *storage tank* dapat dilihat pada **Tabel 4.7** berikut.

**Tabel 4.7** Kriteria *Likelihood Node Storage Tank*

<i>Instrument</i>	MTTF	<i>Likelihood</i>	Rating <i>Likelihood</i>
LT 1002	26784	3,51	3
LI 1004	55586	2,52	2
TI 1001-1	641025	3,25	3
TI 1001-2	641025	0,07	1

- Estimasi *Consequences*

Sesuai dengan tabel *consequences* dengan standar AS/NZS dan standar PT. Petrokimia Gresik maka didapat estimasi *consequences* dari *node storage tank* sebagai berikut.

**Tabel 4.8** Kriteria *Consequences Node Storage Tank*

No	Instrumen	Deviasi	Kriteria Consequences Pabrik	Kriteria Consequences AS/NZS
1	LI 1004	More Level	3	3
		Less Level	3	3
2	LT 1002	Less Level	3	3
3	TI 1001-1	High Temperature	3	4
		Low Temperature	2	3
4	TI 1001-2	High Temperatur	3	3
		Low Temperatur	2	3

Pada deviasi *more level* sama sepertipada *node melter* yaitu memiliki nilai *consequences* 3 karena memiliki bahaya yang sama. Sedangkan pada deviasi *high* temperatur memiliki nilai *consequences* 3 karena setelah dari *storage tank*, sulfur cair langsung dialirkan menuju *sulfur furnace* dan tidak melalui tahap filtrasi kembali.

- Analisis Resiko

Hasil analisis resiko berdasarkan *risk marix* untuk *node storage tank* terdapat pada **Tabel 4.8** dan **Tabel 4.9** berikut.

**Tabel 4.9** Analisis Resiko Dengan Standar PT. Petrokimia Gresik

No	Deviasi	Risk Score			Risk Level
		C	L	RR	
1	<i>More Level Liquid Sulfur Storage Tank Level Indicator</i>	3	2	6	Moderate
2	<i>Less Level Liquid Sulfur Storage Tank Level Indicator</i>	3	2	6	Moderate
3	<i>Less Level Liquid Sulfur Storage Tank Level Transmitter</i>	3	3	6	Moderate
4	<i>High Temperature Liquid Sulfur Storage Tank Upper</i>	3	3	9	Moderate
5	<i>Low Temperature Liquid Sulfur Storage Tank Upper</i>	2	3	2	Low
6	<i>High Temperature Liquid Sulfur Storage Tank Lower</i>	3	1	3	Low
7	<i>Low Temperature Liquid Sulfur Storage Tank Low</i>	2	1	2	Low

**Tabel 4.10** Analisis Resiko Dengan Standar AS/NZS

No	Deviasi	Risk Score			Risk Level
		C	L	RR	
1	<i>More Level Liquid Sulfur Storage Tank Level Indicator</i>	3	2	6	Moderate
2	<i>Less Level Liquid Sulfur Storage Tank Level Indicator</i>	3	2	6	Moderate
3	<i>Less Level Liquid Sulfur Storage Tank Level Transmitter</i>	3	3	9	High
4	<i>High Temperature Liquid Sulfur Storage Tank Upper</i>	4	3	12	Extreme
5	<i>Low Temperature Liquid Sulfur Storage Tank Upper</i>	2	3	6	Moderate
6	<i>High Temperature Liquid Sulfur Storage Tank Lower</i>	3	1	3	Moderate
7	<i>Low Temperature Liquid Sulfur Storage Tank Low</i>	3	1	3	Moderate

Pada analisis dengan standar PT. Petrokimia terdapat tiga deviasi dengan kategori resiko *low* dan empat deviasi dengan kategori resiko *moderate*. Sedangkan analisis dengan menggunakan standar AS/NZS terdapat lima deviasi dengan kategori resiko *moderate*, satu deviasi dengan kategori resiko *high* dan satu deviasi dengan kategori *extreme*. Sama seperti pada *node melter*, perbedaan kedua resiko dikarenakan perbedaan kriteria dan penyusunan *risk matrix* dari keduanya.

Berdasarkan data dan hasil analisa yang telah dilakukan kemudian dibuat tabel HAZOP *worksheet* untuk *node storage tank* yang terdapat pada **Tabel B2** Lampiran B.

### 4.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil dari analisis data di atas, analisis bahaya dari kedua node pada unit sulfur handling terdapat potensi bahaya dan resiko dengan kategori yang berbeda beda. Kategori resiko beberapa komponen berdasarkan standar Kriteria Profil Resiko PT. Petrokimia Gresik ditampilkan pada tabel 4.11.

**Tabel 4.11** Hasil Resiko dengan Standar Pabrik

No	Deviasi	Risk Score			Risk Level
		C	L	RR	
1	<i>High Temperature Liquid Sulfur MelterA</i>	3	2	6	<i>Moderate</i>
3	<i>Low Level Liquid Sulfur Melter</i>	2	1	2	<i>Low</i>
4	<i>High Temperature Liquid Sulfur Storage Tank</i>	3	3	9	<i>Moderate</i>
5	<i>Less Level Liquid Sulfur Storage Tank</i>	3	3	9	<i>Moderate</i>

Jika menggunakan standar PT. Petrokimia Gresik kategori resiko yang paling tinggi adalah *moderate*. Resiko tersebut terdapat pada komponen TI 1003-1 yaitu indicator suhu sulfur cair pada melter. Bahaya yang dapat terjadi yaitu jika suhu sulfur cair sudah melebihi batas maka dapat menyebabkan sulfur cair tersebut terbakar dimana konsekuensinya adalah menurunnya rate

produksi dan kualitas produk. Pada *node storage* tank juga memiliki kriteria resiko yang sama dengan bahaya yang sama yaitu terbakarnya sulfur cair.

Sedangkan hasil resiko dengan menggunakan standar AS/NZS 4360:2004 ditampilkan pada tabel 4.12.

**Tabel 4.12** Hasil Resiko dengan Standar AS/NZS

No	Deviasi	Risk Score			Risk Level
		C	L	RR	
1	<i>High Temperature Liquid Sulfur MelterA</i>	4	2	8	<i>High</i>
3	<i>Low Level Liquid Sulfur Melter</i>	2	1	2	<i>Low</i>
4	<i>High Temperature Liquid Sulfur Storage Tank</i>	4	3	9	<i>Extreme</i>
5	<i>Less Level Liquid Sulfur Storage Tank</i>	3	3	9	<i>High</i>

Terdapat perbedaan kategori resiko antara standar PT. Petrokimia Gresik dan standar AS/NZS. Pada standar AS/NZS resiko yang dihasilkan lebih tinggi karena pada standar AS/NZS memiliki kategori *consequences* yang berbeda dan juga klasifikasi resiko yang berbeda pula, pada AS/NZS terdapat 4 kategori resiko mulai dari *low*, *moderate*, *high* dan *extreme* sedangkan pada standar PT. Petrokimia Gresik hanya terdapat tiga kategori resiko yaitu *low*, *moderate*, dan *high risk*. Selain itu pada standar PT. Petrokimia Gresik kriteria *consequences* yang tinggi mengacu pada tingkat kerusakan alat hingga terjadi *shutdown*. Sedangkan AS/NZS kriteria *consequences* selain mengacu pada kerusakan alat juga pada keselamatan dan terganggunya proses produksi.

Pada *node melter* kebanyakan *safeguard* berupa SOP dan hanya ada satu *safeguard* untuk sistem peringatan dini yaitu *Level Alarm High* dan *Level Alarm Low* yang terdapat pada *sulphur burner feeding pit*.

Pada *node storage tank* sudah terdapat *safeguard* bila terjadi kebakaran yaitu dengan adanya *firefighting* dengan menggunakan *steam* dan SOP dalam menanggulangi kebakaran, namun dengan kategori resiko *extreme* maka diperlukan tambahan *safeguard* untuk mereduksi kategori resikonya seperti penambahan sistem *safety* alarm sebagai peringatan dini bila temperature sulfur cair mulai naik mendekati batas temperatur yang disarankan.

Berdasarkan analisis HAZOP *worksheet* tersebut, dapat diketahui resiko tertinggi pada unit *sulfur handling* adalah kebakaran yang diakibatkan oleh naiknya suhu steam untuk mencairkan dan memanaskan belerang, selain itu kenaikan suhu juga bisa diakibatkan karena perubahan cuaca sekitar. Dengan besarnya resiko maka diperlukan adanya rekomendasi dalam meningkatkan tingkat keselamatan agar dapat mereduksi potensi resiko yang dapat terjadi.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

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

1. Dari analisis HAZOP didapatkan resiko terbesar pada komponen temperature indikator *node storage tank*. Dengan bahaya yang dapat terjadi adalah rugi produksi akibat kebakaran yang diakibatkan oleh naiknya suhu LP *steam*. Jika menurut standar PT. Petrokimia Gresik memiliki *high risk* bernilai 9 dengan nilai *consequences* 3. Nilai *likelihood* 3 dimana terjadi perbaikan atau kerusakan sebanyak 3-4 kali selama lima tahun. Pada unit tersebut *safeguard* yang terpasang adalah *safety valve* dan *steam firefighting*.
2. Kebanyakan *safeguard* pada unit *sulfur handling* berupa instruksi kerja atau SOP sehingga diperlukan *safeguard* tambahan seperti sistem *safety alarm* sebagai sistem peringatan dini adanya bahaya.

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut:

1. Diperlukan studi lebih lanjut meliputi analisis resiko berdasarkan kategori lain agar analisis HAZOP lebih terperinci
2. Diperlukannya dokumentasi yang lebih baik pada pabrik untuk memudahkan menganalisa permasalahan.
3. Untuk mengurangi kesalahan pada proses produksi perlu dilakukan perubahan sistem pengendalian pabrik dengan menggunakan sistem otomatis.
4. Untuk melengkapi analisis bahaya pada pabrik asam sulfat diperlukan studi identifikasi bahaya pada unit proses lainnya.

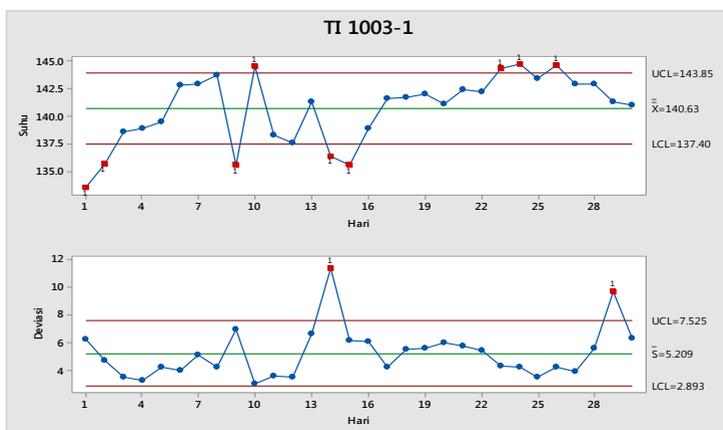
Halaman ini memang dikosongkan

## LAMPIRAN A

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 pada bulan November

### A-2 Node Melter

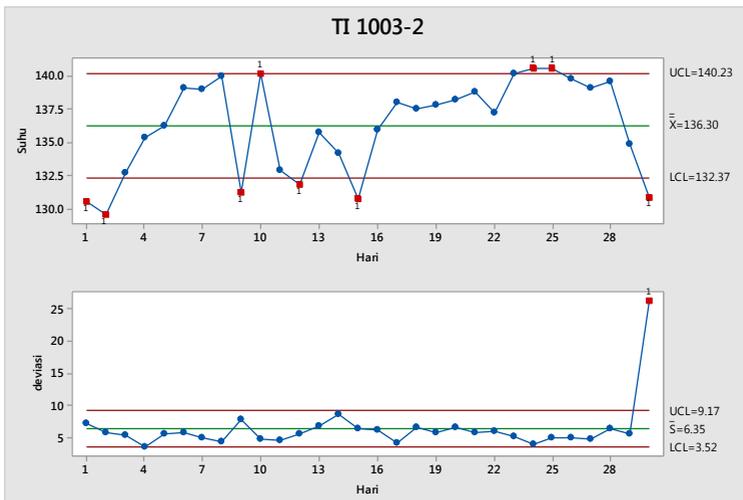
Melter merupakan komponen pertama dalam proses *sulfur melter*. Melter dibagi menjadi tiga bagian yaitu *melter* dimana sulfur dicairkan dengan *steam*, *settler* atau tempat pengendapan sulfur cair, dan kemudian *pumping pit*, yaitu tempat dimana sulfur cair dipompa menuju unit *burner* yang sebelumnya berasal dari *storage tank*. Pada node melter instrumen yang diamati adalah *temperature indicator* TI-1003-1, *temperature indicator* TI-1003-2, *temperature indicator* TI-1003-7, *level indicator* LI-1005-4, *level indicator* LI-1005-5, *level indicator* LI-1005C, dan *level transmitter* LT-1003. Berikut merupakan grafik *control chart*  $\bar{x}$ -s untuk TI-1003-1.



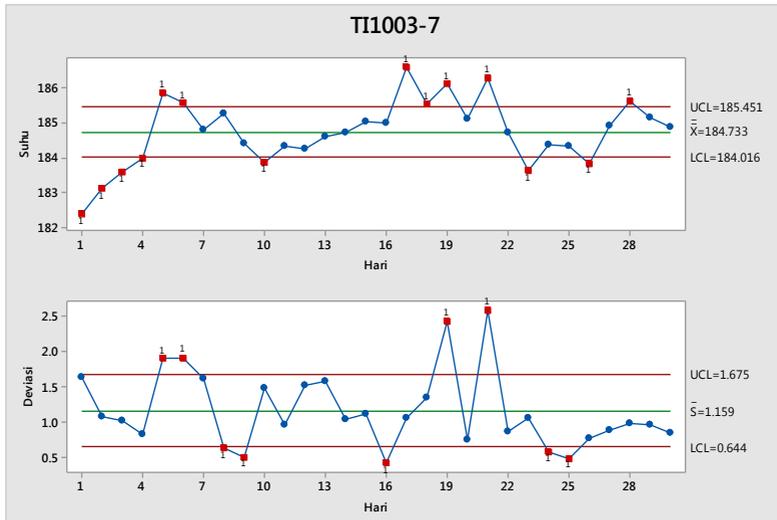
**Gambar A-8** *control chart*  $\bar{x}$ -s TI-1003-1

Hasil pembacaan pada TI 1003-1 masih dapat dikategorikan stabil karena hanya beberapa data saja yang berada diluar batas kendali dengan pembacaan suhu rata rata  $140,63^{\circ}\text{C}$ . Penyimpangan yang terjadi ketika terjadi penurunan suhu pada tanggal 14 dan kenaikan suhu pada tanggal 23. Kenaikan dan penurunan suhu tersebut dapat diakibatkan karena pengaruh cuaca ataupun suhu *steam* yang dialirkan terlalu tinggi. Dari hasil deviasi yang terbaca maka *guideword* yang digunakan adalah *high* dan *low*.

Tidak berbeda dengan TI-1003-1, TI-1003-2 juga masih dikategorikan stabil dari hasil pembacaan datanya. Dengan suhu rata rata  $136,3^{\circ}\text{C}$  dan deviasi rata rata  $6,35$ . Deviasi yang terjadi yaitu ketika suhu mengalami penurunan yang cukup signifikan pada tanggal 30. Sehingga *guideword* yang digunakan adalah *low*. Grafik *control chart*  $\bar{x}$ -s TI-1003-2 dapat dilihat pada gambar A-9 berikut.

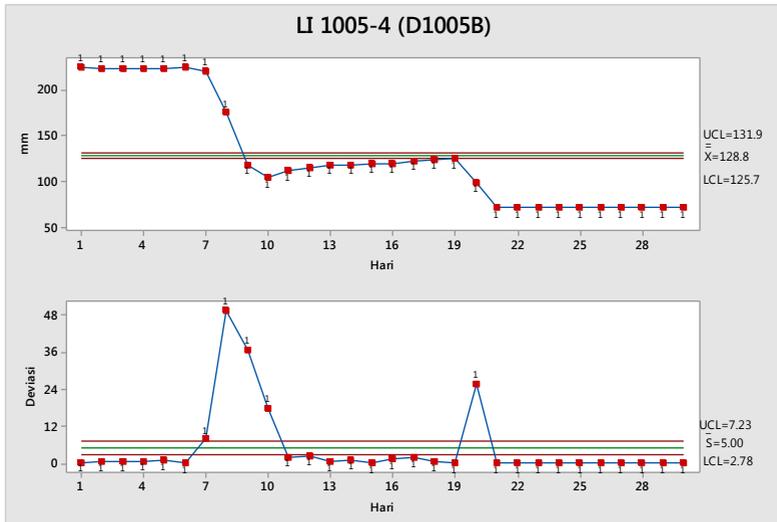


**Gambar A-9** control chart  $\bar{x}$ -s TI-1003-2



**Gambar A-10** control chart  $\bar{x}$ -s TI-1003-7

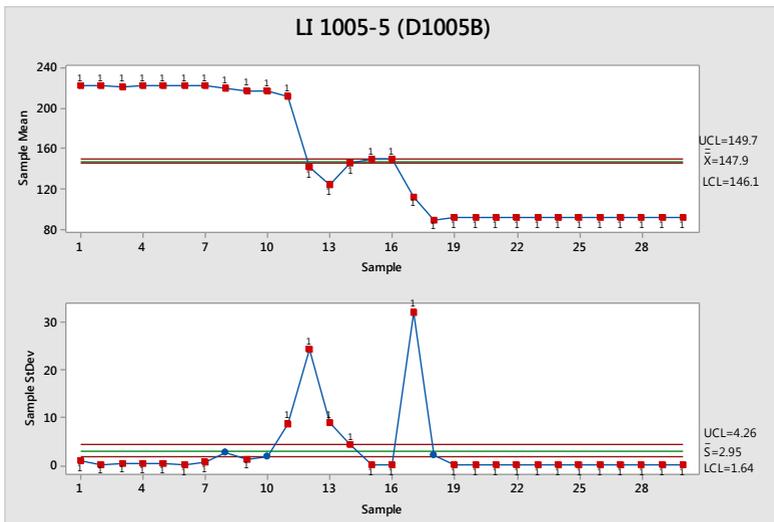
Pada gambar A-10 dapat terlihat pada data pembacaan suhu TI-1003-7 terdapat beberapa penyimpangan. Penyimpangan yang tertinggi yaitu pada tanggal 19 dan 21. Penyimpangan tersebut terjadi karena adanya kenaikan suhu. Selain karena kenaikan suhu juga terdapat deviasi akibat dari penurunan suhu yaitu pada tanggal 9. Pembacaan rata rata suhu adalah  $184,7^{\circ}\text{C}$  dengan deviasi rata rata 1,159. Dari deviasi yang terjadi maka *guideword* yang digunakan adalah *high* dan *low*.



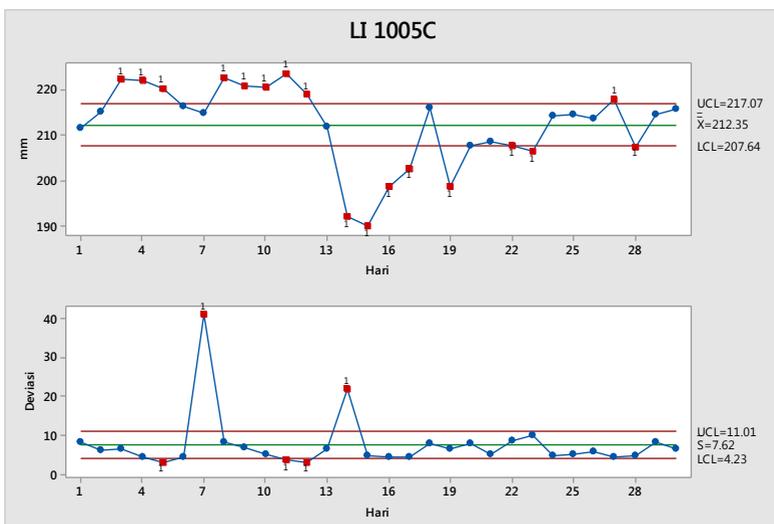
**Gambar A-11** *control chart  $\bar{x}$ -s* LI-1005-4

Berdasarkan gambar A-11 pembacaan data dari LI-1005-4 memiliki kecenderungan tidak terkendali karena banyaknya data yang berada diluar batas kendali. Hal tersebut dikarenakan terjadinya penurunan tingkat ketinggian sulfur cair hampir setiap harinya.

Pada LI-1005-5 juga memiliki pembacaan yang mirip, yaitu hampir setiap hari terjadi penurunan *level*. Grafik *control chart  $\bar{x}$ -s* LI-1005-5 dapat dilihat pada gambar A-12.

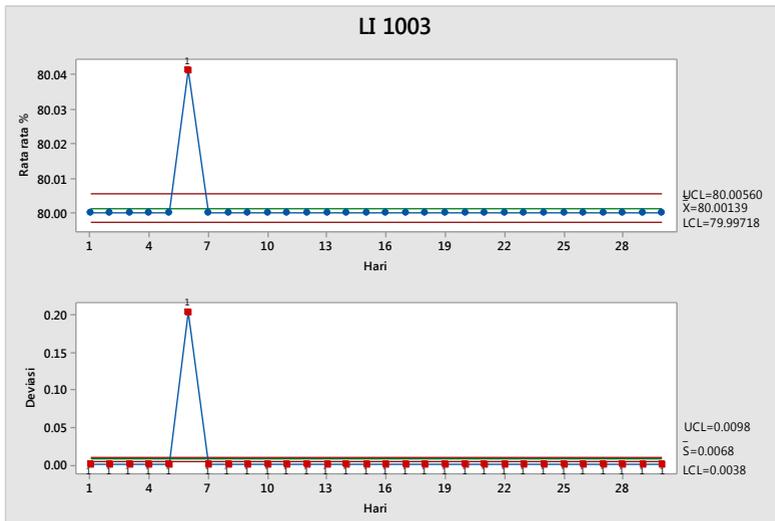


**Gambar A-12 control chart  $\bar{x}$ -s LI-1005-5**



**Gambar A-13 control chart  $\bar{x}$ -s LI-1005C**

Pada gambar A-13 dapat dilihat grafik pembacaan pada instrumen LI-1005C. Pada grafik tersebut data kebanyakan berada diluar batas kendali terutama pada tanggal 15 dimana terdapat penurunan *level* yang cukup signifikan. Dan beberapa kali data berada diatas suhu rata rata dan diluar batas kendali.



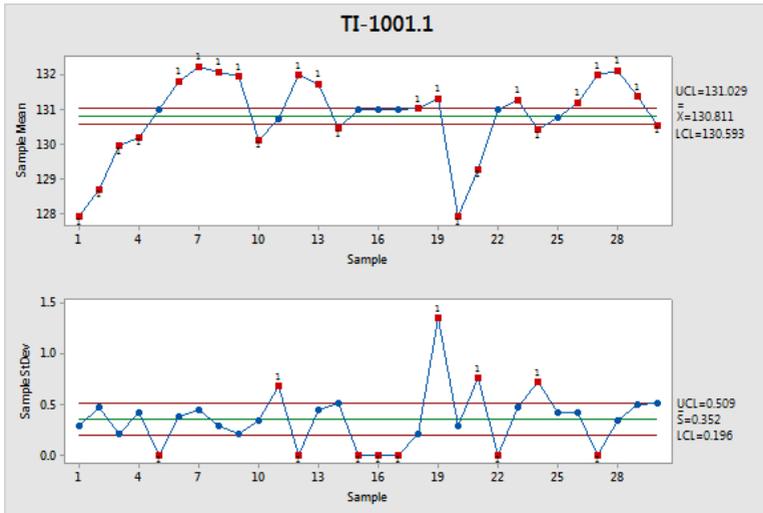
**Gambar A-14** control chart  $\bar{x}$ -s LT-1003

Pembacaan data pada instrumen LT-1003 sangat stabil yaitu hampir setiap harinya ketinggian sulfur cair berada pada presentase yang sama. Dalam satu bulan hanya terjadi satu kali kenaikan *level* yaitu pada tanggal 6 dan mengakibatkan deviasi yang cukup tinggi pada tanggal tersebut. Dari deviasi tersebut *guideword* yang digunakan adalah *more* dengan deviasi *more level*.

### A-2 Node Storage Tank

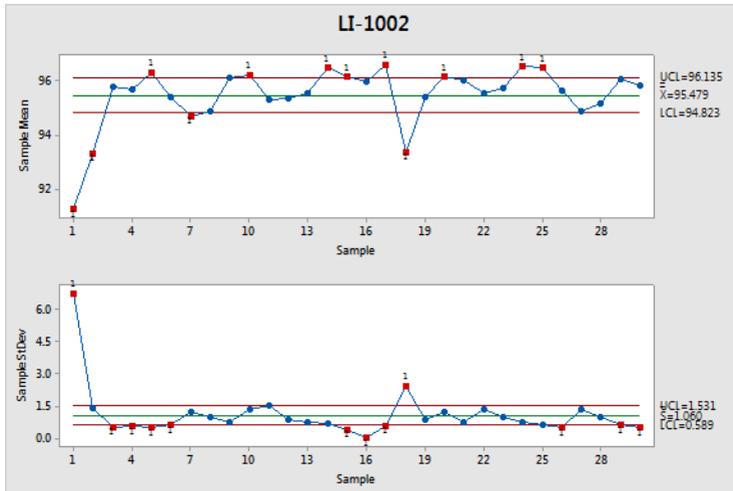
*Storage Tank* merupakan komponen tempat menyimpan sulfur cair sementara sebelum dialirkan ke burner untuk proses pembentukan  $\text{SO}_2$ . *Node storage tank* memiliki 4 komponen yang diamati yaitu *Temperature Indicator* (TI-1001-1), (TI-1001-2),

*Level Indicator* (LI-1004) dan *Level Transmitter* (LT 1002). Berikut merupakan grafik *control chart*  $\bar{x}$ -s untuk TI-1001.1



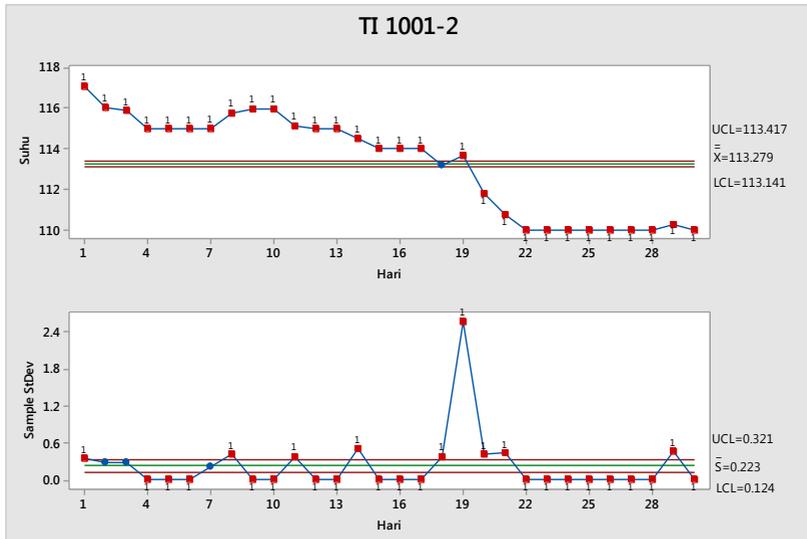
**Gambar A-1** *control chart*  $\bar{x}$ -s TI-1001.1

Pada grafik  $\bar{x}$  dapat dilihat cukup banyak data yang berada diluar batas kendali dengan rata rata suhu  $130^{\circ}\text{C}$ . Data suhu yang berada diluar batas kendali sebenarnya kenaikan atau penurunannya tidak signifikan namun karena pembacaan suhu pada transmitter tersebut hampir setiap harinya stabil atau hampir sama sehingga jika terjadi perubahan walaupun kecil akan berpengaruh pada pembacaan rata ratanya. Dan dapat terlihat pada grafik standar defiasi terdapat penyimpangan yang cukup tinggi ketika data berada dibawah maupun diatas batas kendali sehingga *guideword* yang digunakan adalah *high* dan *low*.



**Gambar A-2** control chart  $\bar{x}$ -s LT-1002

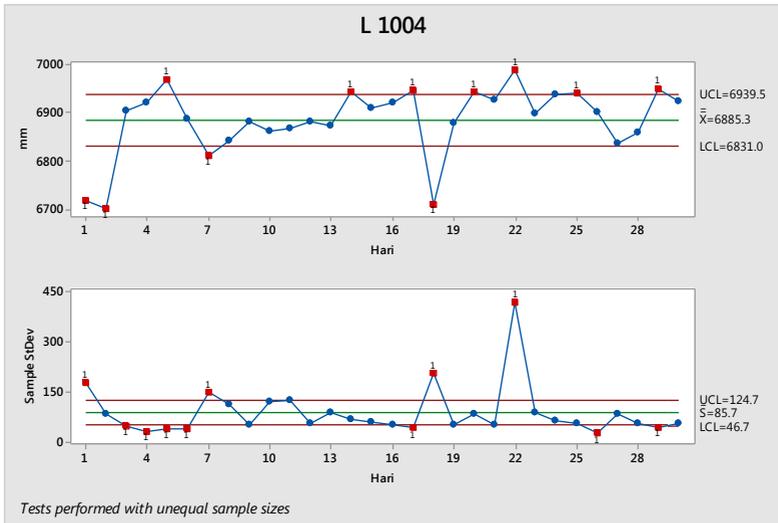
Untuk pembacaan komponen LI-1002 juga terdapat data yang menyimpang cukup jauh dari batas kendalinya. Hal tersebut juga dikarenakan adanya penurunan atau kenaikan *level* yang terjadi ketika proses sedang stabil. Deviasi terjadi ketika terjadi kenaikan ketinggian namun kenaikan tersebut terjadi ketika data sedang berada dibawah batas kendali. Dan deviasi berikutnya terjadi ketika data ketinggian mengalami penurunan sehingga *guideword* yang digunakan adalah *less*.



**Gambar A-3** control chart  $\bar{x}$ -s TI-1001-2

Hasil grafik menunjukkan hanya sedikit data yang berada didalam batas kendali. Hal tersebut dikarenakan rata rata suhu setiap harinya mengalami perubahan dan cukup signifikan. Untuk deviasi tertinggi yaitu terjadi pada tanggal 19. Pada tanggal tersebut suhu mengalami penurunan yang signifikan dan kemudian stabil. Titik stabil pada sebelum tanggal 19 dan sesudah tanggal 19 memiliki perbedaan yang jauh. Deviasi tertinggi terjadi ketika suhu turun sehingga *guideword* yang digunakan adalah *low*.

Tidak seperti pembacaan pada *temperature indicator*, pembacaan pada LI-1004 terlihat lebih stabil dan hanya beberapa kali terjadi penyimpangan. Rata rata data ketinggian pada LI 1004 6885 cm dan dengan rata rata deviasi sebesar 85,7. Deviasi terjadi pada tanggal 18 ketika terjadi penurunan ketinggian sehingga *guideword* yang digunakan adalah *less*.



**Gambar A-4** control chart  $\bar{x}$ -s LI-1004

## LAMPIRAN B

Tabel B1. Worksheet HAZOPS Node Melter

Node: 1. Melter					Drawing: Gambar 4.2	
1.1 High Temperature sulfur cair						
Cause	Consequences	Saferguards	Risk Score			Rekomendasi
			C	L	RR	
1. Control Valve steam mengalami kegagalan	1.1. Tekanan pada pipa LP steam tinggi	SOP	3	2	6	1. Pemasangan safety alarm system TAH
	1.2 Berpotensi terjadi kebakaran		3	2	6	2. Otomatisasi flow LP steam
2. Pengaruh cuaca	2.1 Menaikan titik didih sulfur cair		3	2	6	3. Cek control valve secara berkala
	2.2 Berpotensi terjadi kebakaran		3	2	6	4. Kalibrasi indicator TI 1003 secara berkala
1.2 Low Temperature Sulfur cair						
1. Control Valve Steam mengalami kegagalan	1.1. Suhu LP steam rendah	SOP	2	2	4	1. Pemasangan alarm TAL bila temperature rendah
	1.2 Butuh waktu lebih lama untuk mencairkan sulfur		2	2	4	2. Otomatisasi flow LP steam
	1.3 Dapat terbentuk sulfur cake pada melter		2	2	4	3. Cek control valve secara berkala
	1.4 Rate produksi turun		2	2	4	4. Kalibrasi indicator TI 1003 secara berkala
2. Pengaruh Cuaca	2.1 Mempersulit pencairan sulfur cair		2	2	4	5. Cek sistem drain steam secara rutin
	2.2 Dapat terbentuk sulfur cake pada melter		2	2	4	
3. Steam pada pipa LP steam melter jenuh	3.1 Suhu LP steam rendah		2	2	4	

Tabel B1. Lanjutan

1.2 <i>More level melter</i>						
<i>Cause</i>	<i>Consequences</i>	<i>Saferguards</i>	<i>Risk Score</i>			Rekomendasi
			C	L	RR	
1. <i>Feed</i> belerang berlebih dari <i>dump hopper</i>	1.1. Belerang cair tumpah, berbahaya bila terkena kontak langsung	SOP	3	1	3	1. Pemasangan <i>safety alarm system</i> LAH untuk <i>level tinggi</i>
	1.3 <i>Rate</i> produksi turun		3	1	3	2. Cek dan kalibrasi <i>dump hopper</i> secara rutin
	1.4 Kerugian bahan baku		3	1	3	3. Kalibrasi <i>level indicator</i> secara berkala
2. Adanya endapan sulfur <i>cake</i>	2.1 menaikkan <i>level</i> sulfur cair		3	1	3	
	2.2 Kerugian bahan baku					
1.3 <i>Less level melter</i>						
1. Distribusi belerang menuju <i>dump hopper</i> terganggu	1.1 volume sulfur cair pada <i>melter</i> kurang		3	1	3	1. Pemasangan <i>safety alarm system</i> LAL untuk <i>level rendah</i>
	1.2 mengganggu distribusi sulfur cair		3	1	3	2. Cek dan kalibrasi <i>dump hopper</i>
	1.3 Turun rate produksi		3	1	3	3. Cek dan kalibrasi sulfur <i>conveyor</i>
	1.4 Dapat merusak kerja pompa dan <i>agitator</i>		3	1	3	4. kalibrasi <i>level indicator</i> secara berkala
2. Kegagalan pada <i>dump hopper</i>	2.1 Mengganggu distribusi <i>melter</i>		3	1	3	
	2.2 Turun rate produksi		3	1	3	

Tabel B.2 Worksheet HAZOP Node Storage Tank

Node: 2. Storage Tank						Drawing: Gambar 4.3
2.1 High Temperature sulfur cair						
Cause	Consequences	Saferguards	Risk Score			Rekomendasi
			C	L	RR	
1. Control Valve steam mengalami kegagalan	1.1. Tekanan pada pipa LP steam tinggi	1. Firefighting	3	3	9	1. Pemasangan <i>safety alarm system</i> TAH bila temperature tinggi
	1.2 Berpotensi terjadi kebakaran	2. Safety valve	3	3	9	2. Otomatisasi <i>flow LP steam</i>
2. Pengaruh cuaca	2.1 Menaikan titik didih sulfur cair		3	3	9	3. Cek <i>control valve</i> secara berkala
	2.2 Berpotensi terjadi kebakaran		3	3	9	4. Kalibrasi indicator TI 1001 secara berkala
1.2 Low Temperature Sulfur cair						
1. Control Valve Steam mengalami kegagalan	1.1. Suhu LP steam rendah	SOP	2	2	4	1. Pemasangan alarm TAL bila temperature rendah
	1.2 Dapat terbentuk sulfur cake pada storage tank		2	2	4	2. Otomatisasi <i>flow LP steam</i>
	1.3 Rate produksi turun		2	2	4	3. Cek <i>control valve</i> secara berkala
2. Pengaruh Cuaca	2.1 Dapat terbentuk sulfur cake pada melter		2	2	4	4. Kalibrasi indicator TI 1001 secara berkala
			2	2	4	5. Cek sistem <i>drain steam</i> secara rutin
3. Steam pada pipa LP steam melter jenuh	3.1 Suhu LP steam rendah		2	2	4	

Tabel B2 Lanjutan

1.2 More level storage tank						
Cause	Consequences	Saferguards	Risk Score			Rekomendasi
			C	L	RR	
1. Feed sulfur cair berlebih dari <i>filer</i> F1001A/B	1.1. Belerang cair tumpah, berbahaya bila terkena kontak langsung	<i>Safety Alarm System LAH</i>	3	3	9	1. Kalibrasi <i>control valve</i> secara berkala
	1.2 Paparan H <sub>2</sub> S		3	3	9	2. Pemasangan instrumen pada unit <i>filter</i> F1001A/B
	1.3 <i>Rate</i> produksi turun		3	3	9	2. Penambahan <i>safety alarm Level alarm high high</i>
	1.4 Kerugian bahan baku		3	3	9	3. Kalibrasi <i>level indicator</i> dan <i>transmitter</i> secara berkala
2. Adanya endapan sulfur <i>cake</i>	2.1 menaikkan <i>level</i> sulfur cair		3	3	9	
	2.2 Kerugian bahan baku		3	3	9	
1.3 Less level storage tank						
1. Kegagalan <i>control valve</i> dan <i>filter</i> F1001A/B untuk distribusi sulfur cair dari <i>melter</i>	1.1 volume sulfur cair pada <i>strage tank</i> kurang	<i>Safety Alarm System LAL</i>	2	3	6	1. Pemasangan instrumen pada unit <i>filter</i> F1001A/B
	1.2 mengganggu distribusi sulfur cair		2	3	6	2. Cek dan kalibrasi <i>melter pump</i> secara rutin dan berkala
	1.3 Turun rate produksi		2	3	6	3. Cek dan kalibrasi sulfur <i>conveyor</i>
	1.4 Dapat merusak kerja pompa		2	3	6	4. kalibrasi <i>level indicator</i> dan <i>transmitter</i> secara berkala

Tabel B.2 Lanjutan

1.2 Less level sulphur burner feed pit						
Cause	Consequences	Saferguards	Risk Score			Rekomendasi
			C	L	RR	
1. Kegagalan pada valve VRE19J untuk menutup	1.1 Mengganggu distribusi sulfur cair menuju sulfur burner	1. Safety Alarm System LAL	4	1	4	1. Cek control valve VRE19J secara rutin
	1.2 Dapat merusak kerja pompa P1004 hingga terjadi trip	2. Level switch low	4	1	4	2. Penambahan safety alarm level alarm low low
	1.3 Kurangnya feed sulfur cair dapat menyebabkan temperatur furnace sulfur burner drop		4	1	4	3. Kalibrasi level indicator dan transmitter secara berkala
	1.4 Turun rate produksi		4	1	4	3. Cek level indicator control LIC 1003 secara rutin

## DAFTAR PUSTAKA

- Australian Standard/ New Zealand Standard 4360:1999.1999. **Risk Management**. Australian Standard.
- Dep Manajemen Risiko. 2014. **Kriteria Profil Risiko Pabrik III 2014**. Gresik: Dep Produksi III dan Dep Pemeliharaan III PT. Petrokimia Gresik.
- Dhillon B.S. 2005. **Reliability, Quality and Safety for Engineers**. CRC Press. Boca Aton, London, New York, Washington D.C.
- Hyatt, Nigel.2004. **Guidelines for Process Hazards Analysis, Hazards Identification & Risk Analysis**. Richmond Hill: Ontario.
- Kristianingsih, Luluk. “Analisis Safety System Dan Manajemen Risiko Pada Steam Boiler Pltu Di Unit 5 Pembangkitan Paiton, Pt. Ytl”. Surabaya: **Tugas Akhir Program Sarjana Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember**. 2013
- Montgomery, Douglas C., 2009. **Introduction to Statistical Quality Control 6<sup>th</sup> Edition**. United States of America
- Musyafa’, Ali dan Adiyagsa, H., September 2012. “Hazard and Operability in Boiler System of The Steam Power Plant”. **IEESE International Journal of Science and Technology (IJSTE)**, Vol. 1 No. 3. 1-10 ISSN : 2252-5297
- Occupational Safety and Health Service. 1993. **Prevention of Sulphur Fires and Explisions**. Wellington, New Zealand
- Pradana, Septian. “Analisis Hazard and Operability Untuk Deteksi Bahaya dan Manajemen Resiko Pada Unit Boiler (B-6203) di Pabrik III PT. Petrokimia Gresik”. Surabaya: **Tugas Akhir Program Sarjana Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember**. 2014

Tecks Metal Ltd. 2014. **Sulfur Material Safety Data Sheet.**  
Vancouver, British Columbia