



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TM 141585

**PERANCANGAN DAN PENERAPAN SISTEM
PEMELIHARAAN PADA
SULPHUR FILTER FIL-1001A/B DENGAN
METODE RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE (STUDI KASUS: PT
PETROKIMIA GRESIK UNIT SULPHUR
HANDLING)**

**AMANDA PUTRI DWIMA
0211134000016**

**Dosen Pembimbing
Ir. Witantyo, M.Eng.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TM 141585

**PERANCANGAN DAN PENERAPAN SISTEM
PEMELIHARAAN PADA
SULPHUR FILTER FIL-1001A/B DENGAN
METODE RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE (STUDI KASUS: PT
PETROKIMIA GRESIK UNIT SULPHUR
HANDLING)**

**AMANDA PUTRI DWIMA
0211134000016**

**Dosen Pembimbing
Ir. Witantyo, M.Eng.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TM 141585

**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF
MAINTENANCE SYSTEM ON SULPHUR
FILTER FIL-1001A/B USING RELIABILITY
CENTERED MAINTENANCE METHOD
(STUDY CASE: PT PETROKIMIA GRESIK
SULPHUR HANDLING UNIT)**

**AMANDA PUTRI DWIMA
0211134000016**

**Supervisor
Ir. Witantyo, M.Eng.Sc.**

**MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**

**PERANCANGAN DAN PENERAPAN SISTEM
PEMELIHARAAN PADA *SULPHUR FILTER FIL-
1001A/B* DENGAN METODE *RELIABILITY
CENTERED MAINTENANCE* (STUDI KASUS: PT
PETROKIMIA GRESIK UNIT *SULPHUR HANDLING*)**

TUGAS AKHIR

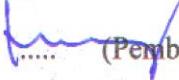
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

AMANDA PUTRI DWIMA

NRP. 0211134000016

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Witantyo, M.Eng. Sc.
NIP. 196303141988031002  (Pembimbing)
2. Ari Kurniawan Saputra, ST, MT
NIP. 198604012015041001  (Penguji I)
3. Ir. Sampurno, MT
NIP. 196504041989031002  (Penguji II)
4. Latifah Nurahmi, ST, MSc, Ph.D
NIP. 1986201712037  (Penguji III)

SURABAYA

JULI, 2018

**PERANCANGAN DAN PENERAPAN SISTEM
PEMELIHARAAN PADA
SULPHUR FILTER FIL-1001A/B DENGAN METODE
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (STUDI
KASUS: PT PETROKIMIA GRESIK UNIT SULPHUR
HANDLING)**

Nama Mahasiswa : Amanda Putri Dwima
NRP : 02111340000016
Departemen : Teknik Mesin
Dosen Pembimbing : Ir. Witantyo, M.Eng. Sc.

ABSTRAK

PT Petrokimia Gresik merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi pupuk dan bahan kimia. Salah satu hasil produksinya adalah asam sulfat dengan bahan baku solid sulphur. Unit Sulphur Handling merupakan unit yang bertugas untuk memproses solid sulphur hingga menjadi filtered sulphur yang nantinya akan digunakan untuk produksi asam sulfat. Data yang diperoleh dari Departemen Pemeliharaan III menunjukkan bahwa terdapat beberapa peralatan mengalami kerusakan sehingga menyebabkan maintenance cost yang tinggi. Salah satu peralatan yang memiliki maintenance cost yang tinggi adalah sulphur filter FIL-1001A/B. Tujuan dari tugas akhir ini yaitu untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya kerusakan komponen pada sulphur filter FIL-1001A/B dan merancang kegiatan pemeliharaan dengan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) untuk menurunkan maintenance cost.

Pada tugas akhir ini, komponen pada sulphur filter FIL-1001A/B dianalisis menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) untuk menentukan kegiatan pemeliharaan yang tepat pada setiap komponen. Analisis diawali dengan melakukan identifikasi masalah, studi lapangan, dan studi literatur untuk mendapatkan informasi dan data-data yang diperlukan. Data historis komponen dianalisis kegagalan dan efeknya

menggunakan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Kemudian, kegagalan dianalisis penyebabnya dengan menggunakan Fault Tree Analysis (FTA). Selanjutnya, perancangan kegiatan pemeliharaan yang sesuai pada setiap komponen dilakukan dengan Logic Tree Analysis (LTA).

Hasil analisis menunjukkan bahwa penyebab utama kegagalan pada sistem sulphur filter FIL-1001A/B adalah kebocoran sulphur. Terdapat tiga kategori maintenance yang dilakukan yaitu predictive maintenance untuk flange sambungan pipa dan vibrator, preventive maintenance untuk packing, proactive maintenance untuk packing, flange sambungan pipa dan vibrator. Maintenance cost sulphur filter FIL-1001A/B menurun menjadi Rp 58.197.780,00/tahun dari sebelumnya Rp 114.944.890,00/tahun.

Kata kunci: *Sulphur Filter, Maintenance, Reliability Centered Maintenance*

**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF MAINTENANCE
SYSTEM ON SULPHUR FILTER FIL-1001A/B USING
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE METHOD
(STUDY CASE: PT PETROKIMIA GRESIK SULPHUR
HANDLING UNIT)**

Name : Amanda Putri Dwima
NRP : 02111340000016
Department : Mechanical Engineering
Supervisor : Ir. Witantyo, M.Eng. Sc.

ABSTRACT

PT Petrokimia Gresik is one of the company that specialized in production of fertilizer and chemicals. One of the product is sulphate acid with solid sulphur as basic ingredient. Sulphur handling unit is a unit that is tasked to process solid sulphur into filtered sulphur that later use to produce sulphate acid. Data acquired from Department Maintenance III shows that there are several broken equipments that cause high maintenance cost. One of the equipments is Sulphur Filter FIL-1001A/B. the purpose of this final project is to identify causing factors of the component damages of sulphur filter FIL-1001A/B and redesign the maintenance using Reliability Centered Maintenance (RCM) to reduce maintenace cost.

In this final project, sulphur filter FIL-1001A/B analyzed using Reliability Centered Maintenance (RCM) to determine the right maintenace for every components. Analysis started with problem identification, field study, and literature study to gather informations and datas needed. Failure and the effects from component historical data are analyzed using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Then, failure analyzed using Fault Tree Analysis (FTA). After that, proper maintenance is designed according to every components using Logic Tree Analysis (LTA).

Analysis result shows that main factor of the failure in sulphur filter FIL-1001A/B system is sulphur leakage. There are three maintenance category which are predictive maintenance for

pipe connector flange and vibrator, preventive maintenance for packing, proactive maintenance for packing, pipe connector flange, and vibrator. Sulphur filter FIL-1001A/B maintenance reduced from Rp 114.944.890,00/year to Rp 58.197.780,00/year.

Keyword: Sulphur Filter, maintenance, Reliability Centered Maintenance

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Tuhan yang Maha Esa, karena dengan karunia-Nya penulisan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Tugas Akhir ini merupakan persyaratan kelulusan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Departemen Teknik Mesin FTI-ITS.

Segala emosi yang dialami selama penyelesaian Tugas Akhir ini akan menjadi pengalaman yang berharga bagi penulis untuk proses kehidupan selanjutnya. Penulis menyadari keberhasilan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karenanya, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Papa dan Mama, Adi Sukaryawan dan Nur Hidayati yang selalu memberikan dukungan dalam segala hal, sehingga apapun dapat terlewati dengan yang terbaik.
2. Andromeda Yoga Pratama, yang dipanggil Mous sebagai kakak lelaki terbaik yang dihadirkan untuk mendengarkan segala cerita dan teman berdiskusi hal apapun.
3. Bapak Ir. Witantyo, M.Eng.Sc selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan arahan dan semangat.
4. Karyawan PT Petrokimia Gresik yang telah membimbing dan membantu dalam pengambilan data dengan penuh kesabaran.
5. Anderson Wellinton, yang telah menjadi apapun dan memberikan warna dalam kehidupan penulis.
6. Vincentia Anna dan Nadya Baskoro, yang selalu bersedia menjadi konsultan dan membantu dalam berbagai hal dan dalam segala kondisi. Kehidupan perkuliahan ini tidak akan mudah dilewati tanpa kehadiran mereka.
7. Nabilah Shafira, Luluk Anjar, Darwin Setiyawan, dan Zebraibow lainnya, teman yang selalu mendukung dari jauh, mendengarkan tangis ataupun canda dan selalu percaya bahwa penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

8. Tamu-Tamu Simanu Squad, Yudish, Andri, Tifanny, Ayup, Riri, Betti, Aldy, Rivaldi yang telah memberikan bantuan dan hiburan sehingga selalu ada tawa setelah air mata.
9. Seluruh teman-teman Barunastra ITS, LBMM ITS, dan M56 yang telah memberikan pengalaman berharga di luar proses belajar di kelas.

Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan maka penulis bersedia menerima kritik dan saran untuk penelitian yang lebih baik.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	7
1.3 Batasan Masalah	7
1.4 Tujuan.....	8
1.5 Manfaat	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	9
2.1 Tinjauan Pustaka.....	9
2.2 Sulphur Filter FIL-1001A/B	11
2.3 Pemeliharaan (<i>Maintenance</i>).....	13
2.3.1 Tujuan Pemeliharaan.....	13
2.3.2 Jenis Pemeliharaan	14
2.4 <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM).....	14
2.4.1 Tujuan <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM).....	15
2.4.2 Prinsip-Prinsip <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)	15
2.4.3 Metode Penerapan <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM)	16
2.5 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	18
2.6 <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA).....	19
2.7 <i>Logic Tree Analysis</i>	22
2.8 <i>Packing</i>	24
2.8.1 Jenis-jenis <i>Gasket</i> Berdasarkan Bentuk	25
2.8.2 Jenis-jenis <i>Gasket</i> Berdasarkan Material	28
BAB III METODOLOGI	31

3.1	Diagram Alir	31
3.2	Metodologi.....	33
3.2.1	Identifikasi Masalah	34
3.2.2	Perumusan Masalah.....	34
3.2.3	Studi Literatur, Studi Lapangan	34
3.2.4	Pengumpulan Data	35
3.2.5	Pengolahan Data.....	35
3.2.6	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>	35
3.2.7	<i>Fault Tree Analysis</i>	35
3.2.8	<i>Logic Tree Analysis</i>	36
3.2.9	Perancangan Kegiatan Pemeliharaan	36
3.2.10	Rekomendasi	36
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Sistem Pemeliharaan yang diterapkan oleh Departemen Pemeliharaan III PT Petrokimia Gresik.....	37
4.2	Analisis <i>Sulphur Filter</i> FIL-1001A/B.....	39
4.2.1	Deskripsi Sistem.....	40
4.2.2	Data Kerusakan	41
4.3	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	49
4.4	<i>Fault Tree Analysis</i> (FTA).....	51
4.5	<i>Logic Tree Analysis</i> (LTA)	52
4.6	Rekomendasi.....	55
4.6.1	Rekomendasi Prosedur Perbaikan	56
4.6.2	Rekomendasi <i>Redesign Seal</i>	57
4.6.3	Rekomendasi <i>Redesign Gasket</i>	63
4.6.4	Perhitungan <i>Maintenance Cost</i>	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		67
5.1	Kesimpulan	67
5.2	Saran	68
DAFTAR PUSTAKA.....		69
BIODATA PENULIS.....		71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Proses pada <i>Unit Sulphur Handling</i> (PT Petrokimia Gresik)	2
Gambar 1.2 Histogram <i>Maintenance Cost</i> Peralatan pada Unit <i>Sulphur Handling</i> periode 1 Januari – 31 Desember 2017.....	4
Gambar 1.3 Histogram <i>Maintenance Cost</i> Komponen pada Sistem <i>Sulphur Filter</i> FIL-1001A/B periode 1 Januari – 31 Desember 2017.....	6
Gambar 2.1 Konstruksi <i>Sulphur Filter</i> FIL-1001A/B (Wuhuan Engineering Co.,Ltd.).....	11
Gambar 2.2 <i>Sulphur Filter</i> FIL-1001A/B (PT Petrokimia Gresik)	11
Gambar 2.3 Komponen pada <i>Sulphur Filter</i> FIL-1001A/B (Wuhuan Engineering Co.,Ltd.).....	12
Gambar 2.4 <i>Basic Event</i>	20
Gambar 2.5 <i>Undeveloped event</i>	20
Gambar 2.6 <i>External event</i>	21
Gambar 2.7 <i>Intermediate event</i>	21
Gambar 2.8 Gerbang AND	21
Gambar 2.9 Gerbang OR	22
Gambar 2.10 Diagram Alur RCM NASA <i>Logic Tree Analysis</i> . ..	24
Gambar 2.11 <i>Flat Gasket</i>	25
Gambar 2.12 <i>Spiral Wound Gasket</i>	25
Gambar 2.13 <i>Metal O-Ring Gasket</i>	26
Gambar 2.14 <i>Metal U-Ring Gasket</i>	27
Gambar 2.15 <i>Metal C-Ring Gasket</i>	27
Gambar 2.16 <i>Metal Spring-Energizing Ring</i>	28
Gambar 2.17 (a) <i>Rubber Gasket</i> (b) <i>Viton Gasket</i> (c) <i>PTFE Gasket</i> (d) <i>Graphite Gasket</i> (e) <i>EPDM Gasket</i>	30
Gambar 3.1 Diagram Alir Proses.....	33
Gambar 4.1 <i>Preventive Maintenance</i> pada <i>Sulphur Filter</i> FIL-1001A/B	38
Gambar 4.2 Proses Perbaikan <i>Flange</i> Sambungan Pipa	39
Gambar 4.3 Kerusakan pada <i>Gasket</i>	42

Gambar 4.4	Gasket yang Digunakan pada <i>Sulphur Filter</i> FIL-1001A/B dengan Material PTFE (kiri) dan <i>Asbestos</i> (kanan)	42
Gambar 4.5	Sambungan <i>Seal</i> pada <i>Cover</i>	43
Gambar 4.6	<i>Seal</i> yang Digunakan pada <i>Sulphur Filter</i> FIL-1001A/B dengan Material <i>Red Silicone Rubber</i>	44
Gambar 4.7	Kerusakan pada <i>Packing Gland</i>	45
Gambar 4.8	Jenis <i>Packing Gland</i> yang Digunakan pada <i>Sulphur Filter</i> FIL-1001A/B (The Rubber Company)	46
Gambar 4.9	Kebocoran pada <i>Flange</i> Sambungan Pipa	47
Gambar 4.10	Jenis <i>Flange</i> yang Digunakan pada <i>Sulphur Filter</i> FIL-1001A/B (Kurt J. Lesker Company)	48
Gambar 4.11	<i>Vibrator</i>	49
Gambar 4.12	<i>Fault Tree Analysis</i> (FTA) Kebocoran pada <i>Sulphur Filter</i> FIL-1001A/B	52
Gambar 4.13	Contoh Form Permintaan Perbaikan	57
Gambar 4.14	<i>Red Silicone Rubber Sheet</i> Lama	58
Gambar 4.15	<i>Red Silicone Rubber Sheet</i> Baru	59
Gambar 4.16	Sambungan <i>Seal</i> Lama	60
Gambar 4.17	Rekomendasi 1 Sambungan <i>Seal</i>	61
Gambar 4.18	Rekomendasi 2 Sambungan <i>Seal</i>	62
Gambar 4.19	Rekomendasi 3 <i>Seal O-Ring</i>	63
Gambar 4.20	<i>Graphite Gasket</i>	64

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 <i>Data Maintenance Cost Peralatan pada Unit Sulphur Handling</i>	3
Tabel 1.2 <i>Data Maintenance Cost Komponen Sulphur Filter FIL-1001A/B</i>	5
Tabel 4.1 <i>Data Sheet Sulphur Filter FIL-1001A/B</i>	40
Tabel 4.2 <i>Sistem Boundary Condition</i>	41
Tabel 4.3 <i>Failure Mode and Effect Analysis Sulphur Filter FIL-1001A/B</i>	50
Tabel 4.4 <i>Logic Tree Analysis (LTA)</i>	54
Tabel 4.5 <i>Rekomendasi Maintenance Task</i>	55

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

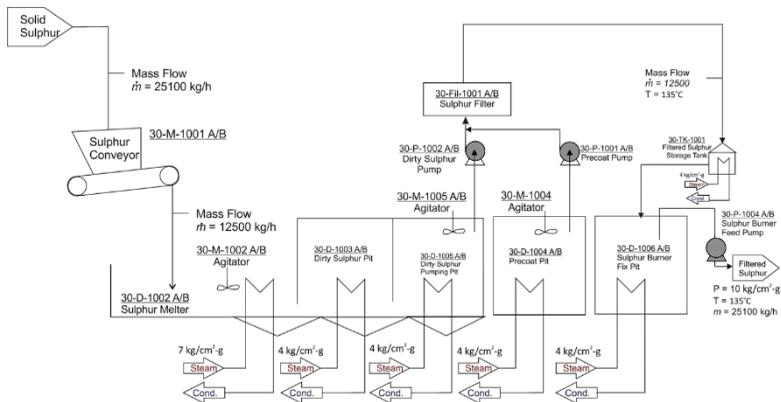
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Petrokimia Gresik merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi pupuk dan bahan kimia (H_2SO_4 , H_2PO_4 , CO_2 , *Cement Retarder*, *Aluminium Fluoride*) dan jasa lainnya. PT Petrokimia Gresik merupakan pabrik pupuk terlengkap diantara pabrik pupuk lainnya di Indonesia. Jenis pupuk yang diproduksi oleh PT Petrokimia Gresik antara lain: *Zwavelzuur Ammonium* (ZA I, ZA II, ZA III), *Super Phospat* (SP-36 I/TSP1, SP-36 II/TSP2), NPK/PHONSKA dan *Urea*.

PT Petrokimia Gresik terbagi menjadi tiga pabrik, yaitu Pabrik I, Pabrik II, dan Pabrik III yang masing-masing memiliki proses produksi dan menghasilkan bahan-bahan yang berbeda. Pabrik I (Pabrik Pupuk Nitrogen) menghasilkan Amoniak, ZA I dan III, *Urea*, CO_2 , *Dry Ice*, dan *Utility*. Pabrik II (Pabrik Pupuk *Phospat*) menghasilkan SP-36 1 dan 2, Phonska, *Tank Yard Amoniak* dan *Phospat*. Pabrik III (Pabrik Asam *Phospat*) menghasilkan Asam Sulfat, Asam *Phospat* (H_3PO_4), *Aluminium Fluoride* (AlF_3), ZA II, dan *Cement Retarder*.

Pada area Pabrik III terdapat *Unit Sulphur Handling* yaitu unit yang memproses *solid sulphur* hingga menjadi *filtered sulphur*. Diagram alir proses produksi pada *Unit Sulphur Handling* ditunjukkan pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Diagram Alir Proses pada *Unit Sulphur Handling* (PT Petrokimia Gresik)

Proses pada *Unit Sulphur Handling* yaitu *solid sulphur* dikirim dengan menggunakan *sulphur conveyor* M-1001A/B menuju *sulphur melter* D-1002A/B yang berfungsi untuk melebur *sulphur* dengan pemanas *steam* bertekanan 7 kg/cm^2 dan *coil* temperatur 170°C . *Sulphur melter* D-1002A/B dilengkapi dengan *agitator* M-1002A/B yang berfungsi untuk meratakan panas dan mengurangi endapan kotoran pada dasar. *Sulphur* yang telah melalui proses pemanasan dialirkan menuju *dirty sulphur pit* D-1003A/B untuk mengendapkan kotoran. Kemudian *sulphur* dialirkan menuju *dirty sulphur pumping pit* D-1005A/B untuk menampung *sulphur* yang telah diendapkan (*dirty molten sulphur*). Selanjutnya, *dirty molten sulphur* dipompa oleh *dirty sulphur pump* P-1002A/B dan ditambahkan *diatomeceus* (bahan *precoat*) sebelum masuk ke dalam *sulphur filter* FIL-1001A/B. Bahan *precoat* yang berfungsi untuk membantu proses penyaringan dipompa oleh *precoat pump* P-1001 dari *precoat pit* D-1004. *Dirty sulphur pumping pit* D-1005A/B dilengkapi dengan *agitator* M-1005A/B dan *precoat pit* D-1004 dilengkapi dengan *agitator* M-1004A/B yang berfungsi untuk meratakan panas pada *dirty molten sulphur* maupun bahan *precoat*. *Sulphur* yang telah dilakukan

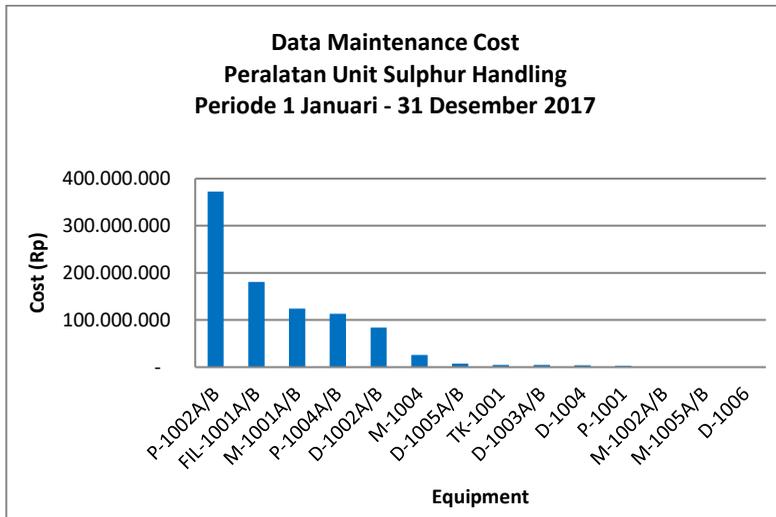
penyaringan oleh *sulphur filter* FIL-1001A/B disebut *filtered sulphur*. Selanjutnya, *filtered sulphur* ditampung dalam *filtered sulphur storage tank* TK-1001. Kemudian, *filtered sulphur* dialirkan menuju *sulphur burner feed pit* D-1006A/B dan dipompa oleh *sulphur burner feed pump* P-1004A/B untuk dibakar pada proses selanjutnya. Semua *pit* dan *storage tank* yang digunakan dilengkapi dengan pemanas *steam* bertekanan 4 kg/cm² dan *coil* temperatur 130-140°C untuk mempertahankan suhu *sulphur*.

PT Petrokimia Gresik telah melakukan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan oleh Departemen Pemeliharaan. Kegiatan tersebut bertujuan agar peralatan memiliki performa yang maksimal dan dapat bekerja secara optimal. Penerapan *maintenance* peralatan yang selama ini dilakukan adalah dengan *redundant equipment*. Oleh karena itu, peralatan dengan kode A/B menunjukkan bahwa terdapat dua peralatan dengan spesifikasi yang identik pada *Unit Sulphur Handling*. Sehingga, jika salah satu peralatan mengalami kerusakan maka akan diganti dengan peralatan jenis yang sama namun dengan kode yang lain agar peralatan yang mengalami kerusakan dapat diperbaiki dan tidak membutuhkan *downtime* yang lama.

Tabel 1.1 Data *Maintenance Cost* Peralatan pada *Unit Sulphur Handling* periode 1 Januari – 31 Desember 2017

Kode Peralatan	Peralatan	Total Maintenance Cost (Rp.)
D-1002A/B	<i>Sulphur Melter</i>	83.864.241
D-1003A/B	<i>Dirty Sulphur Pit</i>	4.763.992
D-1004	<i>Precoat Pit</i>	3.807.000
D-1005A/B	<i>Dirty Sulphur Pumping Pit</i>	7.500.071
D-1006	<i>Sulphur Burner Feed Pit</i>	437.789

FIL-1001A/B	<i>Sulphur Filter</i>	181.007.349
M-1001A/B	<i>Sulphur Conveyor</i>	124.352.467
M-1002A/B	<i>Agitator</i>	875.578
M-1004	<i>Agitator</i>	25.611.975
M-1005A/B	<i>Agitator</i>	752.240
P-1001	<i>Precoat Pump</i>	2.851.440
P-1002A/B	<i>Dirty Sulphur Pump</i>	372.723.529
P-1004A/B	<i>Sulphur Burner Feed Pump</i>	113.279.025
TK-1001	<i>Filtered Sulphur Storage Tank</i>	4.826.067



Gambar 1.2 Histogram *Maintenance Cost* Peralatan pada Unit *Sulphur Handling* periode 1 Januari – 31 Desember 2017

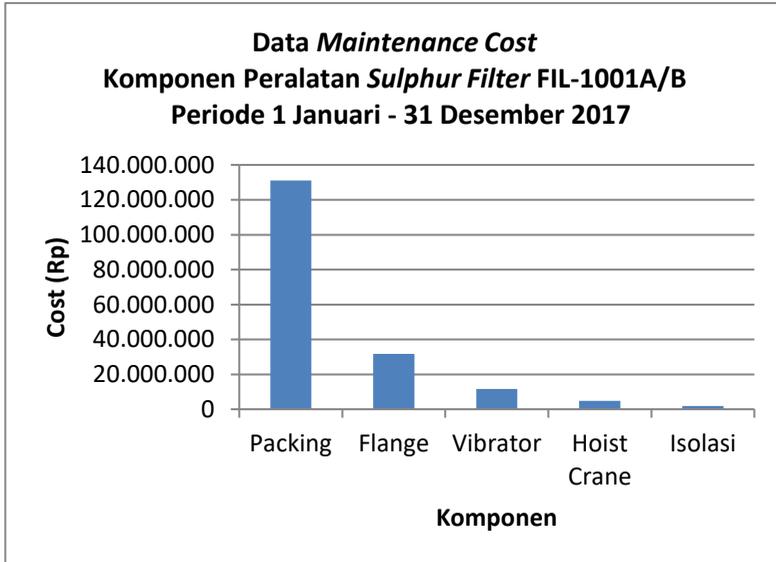
Keterangan gambar 1.2:

1. D-1002A/B : *Sulphur Melter*
2. D-1003A/B : *Dirty Sulphur Pit*
3. D-1004 : *Precoat Pit*
4. D-1005A/B : *Dirty Sulphur Pumping Pit*
5. D-1006 : *Sulphur Burner Feed Pit*
6. FIL-1001A/B : *Sulphur Filter*
7. M-1001A/B : *Sulphur Conveyor*
8. M-1002A/B : *Agitator*
9. M-1004 : *Agitator*
10. M-1005A/B : *Agitator*
11. P-1001 : *Precoat Pump*
12. P-1002A/B : *Dirty Sulphur Pump*
13. P-1004A/B : *Sulphur Burner Feed Pump*
14. TK-1001 : *Filtered Sulphur Storage Tank*

Tabel 1.1 menunjukkan data *maintenance cost* masing-masing peralatan pada *Unit Sulphur Handling* periode 1 Januari – 31 Desember 2017. Gambar 1.2 merupakan histogram dari tabel 1.1 yang menunjukkan *maintenance cost* peralatan pada *Unit Sulphur Handling* periode 1 Januari – 31 Desember 2017. Dari histogram tersebut dapat diketahui bahwa beberapa peralatan membutuhkan *maintenance cost* yang tinggi.

Tabel 1.2 Data *Maintenance Cost* Komponen *Sulphur Filter* FIL-1001A/B periode 1 Januari – 31 Desember 2017

Komponen	Total Maintenance Cost (Rp.)
<i>Vibrator</i>	11.615.796
<i>Hoist Crane</i>	4.726.610
Isolasi	1.909.628
<i>Flange</i>	31.633.467
<i>Packing</i>	131.121.848



Gambar 1.3 Histogram *Maintenance Cost* Komponen pada Sistem *Sulphur Filter* FIL-1001A/B periode 1 Januari – 31 Desember 2017

Tabel 1.2 merupakan data *maintenance cost* komponen pada *sulphur filter* FIL-1001A/B periode 1 Januari – 31 Desember 2017. Gambar 1.3 merupakan histogram dari tabel 1.2 yang menunjukkan *maintenance cost* pada peralatan *sulphur filter* FIL-1001A/B digunakan untuk melakukan perbaikan pada *vibrator*, *hoist crane* serta *flange*, pemasangan *isolator*, dan perbaikan *packing*. Namun, *maintenance cost* tertinggi pada sistem *sulphur filter* FIL-1001A/B dibutuhkan untuk perbaikan *packing*. Perbaikan tersebut meliputi pembelian komponen *packing* dan pemasangan komponen *packing*.

Berdasarkan data *maintenance cost* pada sistem *sulphur filter* FIL-1001A/B dapat dilihat bahwa sistem *sulphur filter* FIL-1001A/B tersebut merupakan permasalahan yang dapat diperbaiki

dengan menentukan kegiatan pemeliharaan yang tepat. Pada tugas akhir ini akan dilakukan analisis untuk merancang kegiatan pemeliharaan dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Sistem *sulphur filter* FIL-1001A/B akan diidentifikasi kegagalan dan penyebab kegagalannya sehingga dapat dianalisis lebih lanjut untuk dilakukan perancangan kegiatan pemeliharaan yang bertujuan agar *maintenance cost* dapat menurun dan kehandalan peralatan dapat meningkat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan yang menjadi objek tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengidentifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya kerusakan komponen pada sistem *sulphur filter* FIL-1001A/B?
2. Bagaimana merancang kegiatan pemeliharaan terhadap *sulphur filter* FIL-1001A/B dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk menurunkan *maintenance cost*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem yang dianalisis adalah *sulphur filter* FIL-1001A/B.
2. Data yang digunakan adalah gambar konstruksi *sulphur filter* FIL-1001A/B *maintenance cost*, dan historis kerusakan semua peralatan pada sistem *Sulphur Handling* periode 1 Januari – 31 Desember 2017.

1.4 Tujuan

Tujuan pada tugas akhir ini berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya kerusakan komponen pada sistem *sulphur filter* FIL-1001A/B.
2. Merancang kegiatan pemeliharaan terhadap *sulphur filter* FIL-1001A/B dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk menurunkan *maintenance cost*.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai sarana untuk mengevaluasi dan memperbaiki sistem pemeliharaan pada *sulphur filter* FIL-1001A/B yang selama ini telah dilakukan.
2. Memberikan saran dan rekomendasi kepada perusahaan dalam melakukan kegiatan pemeliharaan yang tepat terhadap *sulphur filter* FIL-1001A/B sehingga dapat menurunkan *maintenance cost*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Pada bab ini akan dibahas mengenai dasar teori beserta tinjauan pustaka yang digunakan sebagai acuan, prosedur dan langkah-langkah dalam melakukan penelitian. Diharapkan permasalahan yang diangkat dapat terselesaikan dengan baik. Tinjauan pustaka yang digunakan berdasarkan pada permasalahan yang dialami *sulphur filter* FIL-1001A/B serta akan diselesaikan dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

2.1 Tinjauan Pustaka

Kegiatan pemeliharaan merupakan hal yang penting agar proses produksi suatu perusahaan berjalan lancar. Jika terdapat suatu peralatan mengalami kerusakan maka dapat mengakibatkan peralatan mengalami *downtime*, proses produksi berhenti dan membutuhkan *maintenance cost* yang cukup tinggi. Penelitian mengenai perancangan kegiatan pemeliharaan yang tepat dilakukan untuk mengurangi frekuensi kerusakan sehingga dapat menurunkan *maintenance cost*.

Penelitian sebelumnya dengan metode RCM yaitu Perencanaan Pemeliharaan Mesin *Ballmill* dengan Basis *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Pada penelitian ini dilakukan analisis data historis kerusakan pada mesin *ballmill*. Kemudian, melakukan tahap *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang merupakan kegiatan identifikasi kegagalan dari suatu komponen yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi dari sistem. Selanjutnya tahap *Fault Tree Analysis* (FTA) yaitu metode dengan melakukan analisis kualitatif dan *Logic Tree Analysis* yaitu diagram alir proses klasifikasi model pemeliharaan yang sesuai sehingga dapat ditentukan perawatan yang tepat pada setiap komponen (Alghofari dkk,2016)

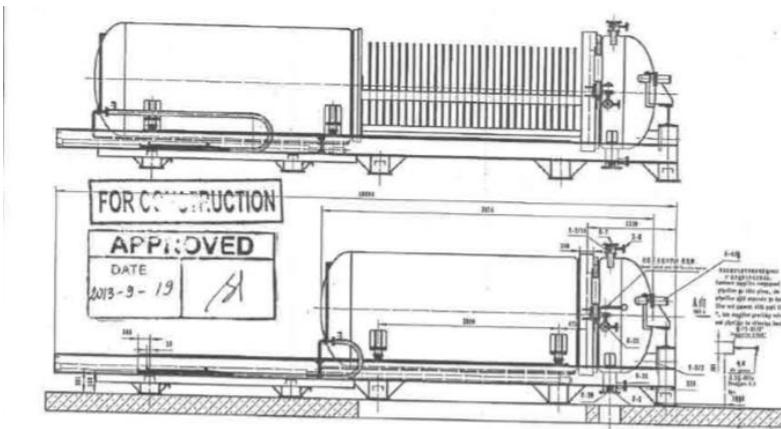
Penelitian lain dalam penggunaan metode RCM yaitu *Reliability Centered Maintenance Methodology for Goliath Crane*

of Transmission Tower. Pada penelitian ini digunakan RCM *Information Worksheet* yang berisi fungsi, kegagalan fungsi, modus kegagalan, dan efek kegagalan pada setiap subsistem. Kemudian dari data *information worksheet* tersebut digunakan dalam RCM *Decision Worksheet* untuk menentukan *maintenance task* yang tepat pada setiap modus kegagalan (Barai dkk, 2012).

Penelitian lain yaitu Perancangan Dan Penerapan Sistem Pemeliharaan Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Studi Kasus: *Automatic Block Subsystem Hard Capsule Machine* PT Kapsulindo Nusantara). Pada penelitian ini digunakan RCM *Information Worksheet* yang berisi fungsi, kegagalan fungsi, modus kegagalan, dan efek kegagalan pada setiap subsistem. Selanjutnya, *Fault Tree Analysis* (FTA) disusun untuk memperkuat RCM *Information Worksheet*. *Fault Tree Analysis* (FTA) yaitu metode dengan melakukan analisis kualitatif. Kemudian dari data *information worksheet* tersebut digunakan dalam RCM *Decision Worksheet* untuk menentukan *maintenance task* yang tepat pada setiap modus kegagalan (Dewi, 2017).

Pada tugas akhir ini akan ditentukan *maintenance task* yang tepat berdasarkan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Tahapan yang dilakukan yaitu mengidentifikasi kegagalan dan efek kegagalan dari sistem dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) (Moubray, 1997). Kemudian, identifikasi penyebab kegagalan dari suatu komponen pada sistem dengan *Fault Tree Analysis* (FTA). Selanjutnya, penentuan kegiatan pemeliharaan untuk mengatasi masalah yang terjadi pada komponen tersebut dilakukan dengan *Logic Tree Analysis* (LTA) (NASA, 2008). Tujuan tugas akhir ini diharapkan dapat menentukan *maintenance task* yang tepat terhadap sistem *sulphur filter* FIL-1001A/B sehingga kegiatan pemeliharaan dapat berjalan dengan baik serta dapat menurunkan *maintenance cost*.

2.2 Sulphur Filter FIL-1001A/B

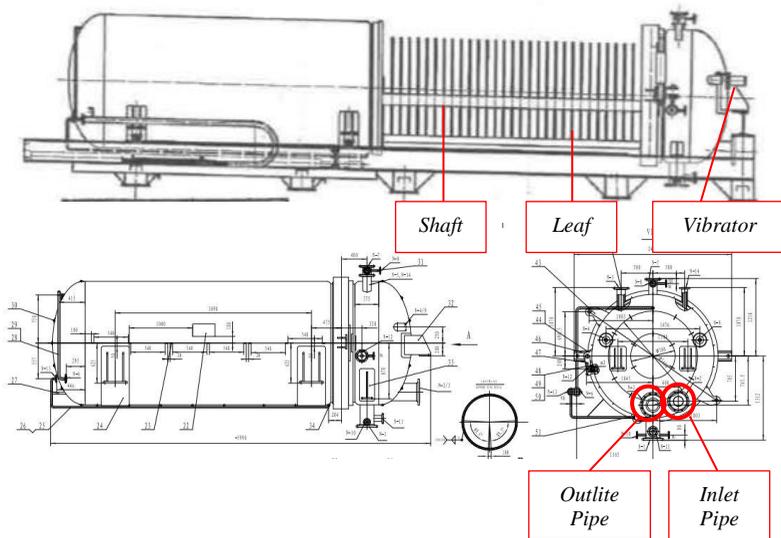


Gambar 2.1 Konstruksi *Sulphur Filter* FIL-1001A/B (Wuhan Engineering Co.,Ltd.)



Gambar 2.2 *Sulphur Filter* FIL-1001A/B (PT Petrokimia Gresik)

Gambar 2.1 menunjukkan konstruksi *sulphur filter* FIL-1001A/B yang digunakan pada *Unit Sulphur Handling*. Sedangkan, gambar 2.2 menunjukkan *sulphur filter* FIL-1001A/B yang digunakan pada *Unit Sulphur Handling*. *Sulphur filter* FIL-1001A/B merupakan produk buatan China dengan tipe *leaf sulphur filter*. Kapasitas *sulphur filter* FIL-1001A/B adalah 16.8 l/jam. *Sulphur filter* FIL-1001A/B digunakan untuk menyaring kotoran dari *sulphur* cair yang sebelumnya alat penyaring (*leaf*) dilapisi dengan cairan *precoat* (*diatomeceus*).



Gambar 2.3 Komponen pada *Sulphur Filter* FIL-1001A/B (Wuhuan Engineering Co.,Ltd.)

Gambar 2.3 menunjukkan komponen pada *sulphur filter* FIL-1001A/B dengan sistem kerja dari *sulphur filter* FIL-1001A/B yaitu bahan *precoat* (*diatomeceus*) dipompa masuk melalui *precoat pipe* untuk melapisi seluruh *leaf* penyaring. Fungsi dari bahan *precoat* tersebut adalah agar kotoran mudah lepas dari *leaf*

ketika dilakukan proses *cleaning*. Kemudian, *dirty molten sulphur* masuk melalui *inlet pipe* dan mengisi seluruh *shell*. *Leaf* tersusun dari dua *screen* sehingga *sulphur* akan masuk ke celah *leaf* sedangkan kotoran akan menempel pada dua sisi bagian luar *leaf*. *Leaf* terbingkai dengan pipa yang memiliki *nozzle* dan terhubung dengan *outlet pipe* untuk keluarnya *sulphur* yang terfiltrasi (*filtered sulphur*). Proses *cleaning* dilakukan setiap dua minggu sekali dengan membuka *shell*, kemudian *shaft* pengait *leaf* digetarkan oleh *vibrator* agar kotoran yang menempel pada *leaf* jatuh ke dalam *pit* penampung. Setelah *leaf* dianggap cukup bersih untuk dilakukan proses filtrasi lagi, *shell* ditutup dan proses dilakukan kembali dari awal.

2.3 Pemeliharaan (*Maintenance*)

Pemeliharaan merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menjaga, memperbaiki, mengganti ataupun memodifikasi suatu komponen atau sistem agar tetap dalam keadaan yang dapat diterima menurut standar yang berlaku. Pemeliharaan ini bertujuan untuk menjaga atau memperbaiki agar komponen tersebut dapat berfungsi seperti spesifikasi yang diinginkan dalam waktu dan kondisi tertentu (Amalia, 2016).

2.3.1 Tujuan Pemeliharaan

Tujuan dilakukan tindakan pemeliharaan adalah sebagai berikut:

1. Menjamin ketersediaan, keandalan fasilitas (mesin dan peralatan) secara ekonomis maupun teknis.
2. Memperpanjang umur pakai fasilitas.
3. Menjamin kesiapan operasional dari seluruh fasilitas yang diperlukan dalam keadaan darurat.
4. Menjamin keselamatan, keamanan dari pengguna yang berada dalam lingkungan proses produksi.

2.3.2 Jenis Pemeliharaan

Secara garis besar kegiatan pemeliharaan (*maintenance*) dapat dikategorikan kedalam dua jenis, yaitu:

1. Pemeliharaan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Preventive Maintenance merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga. Pemeliharaan ini dilakukan sebelum terjadinya kegagalan. *Preventive maintenance* sangat efektif dalam menghadapi komponen atau sistem yang termasuk dalam *critical unit* apabila konsekuensi dari kegagalan tersebut dapat membahayakan keselamatan dari pekerja dan mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan, menyebabkan kemacetan pada seluruh aktifitas produksi dan modal yang ditanamkan untuk fasilitas tersebut relatif besar.

2. Pemeliharaan Korektif (*Corrective Maintenance*)

Corrective Maintenance merupakan kegiatan pemeliharaan yang tidak direncanakan, bertujuan untuk mengembalikan performansi kerja atau kemampuan peralatan ke kondisi semula. Tindakan yang dilakukan berupa penggantian komponen, perbaikan kecil, dan perbaikan besar pada akhir periode tertentu (*overhaul*). Perawatan ini dilakukan karena terdapat kinerja sistem yang tidak sesuai dengan standar yang ada. Pada dasarnya suatu perusahaan harus memiliki strategi yang baik dalam melakukan kegiatan perawatan terhadap aset yang dimiliki. Strategi yang baik akan meningkatkan keandalan dari komponen atau mesin.

2.4 *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan sebuah proses sistematis yang harus dilakukan untuk menjamin

agar seluruh fasilitas fisik dapat beroperasi dengan baik sesuai dengan desain dan fungsinya. RCM merupakan suatu pendekatan pemeliharaan dengan mengkombinasi praktik dan strategi dari *preventive maintenance* dan *corrective maintenance* untuk memaksimalkan umur dan fungsi peralatan.

2.4.1 Tujuan *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Adapun tujuan dari RCM adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh data dan informasi penting untuk melakukan pengembangan pada desain awal yang kurang baik.
2. Mengembangkan sistem perawatan yang mampu mengembalikan keandalan dan menambah umur komponen agar mampu digunakan dengan baik.
3. Memperoleh biaya perawatan yang efektif.

2.4.2 Prinsip-Prinsip *Reliability Centered Maintenance* (RCM)

Adapun prinsip-prinsip dari RCM diantaranya sebagai berikut (Moubray, 1997):

1. RCM memelihara fungsional sistem, bukan sekedar memelihara suatu sistem/alat agar beroperasi tetapi memelihara agar fungsi sistem/alat tersebut sesuai dengan harapan.
2. RCM lebih fokus kepada fungsi sistem daripada suatu komponen tunggal, yaitu apakah sistem masih dapat menjalankan fungsi utama jika suatu komponen mengalami kegagalan.
3. RCM berbasiskan pada kehandalan yaitu kemampuan suatu sistem/ alat untuk terus beroperasi sesuai dengan fungsi yang diinginkan.
4. RCM bertujuan menjaga agar kehandalan fungsi sistem tetap sesuai dengan kemampuan yang didesain untuk sistem tersebut.

5. RCM mengutamakan keselamatan (*safety*) baru kemudian untuk masalah ekonomi.
6. RCM mendefinisikan kegagalan (*failure*) sebagai kondisi yang tidak memuaskan (*unsatisfactory*) atau tidak memenuhi harapan, sebagai ukurannya adalah berjalannya fungsi sesuai *performance standard* yang ditetapkan.
7. RCM harus memberikan hasil-hasil yang nyata/jelas, tugas yang dikerjakan harus dapat menurunkan jumlah kegagalan (*failure*) atau paling tidak menurunkan tingkat kerusakan akibat kegagalan.

2.4.3 Metode Penerapan Reliability Centered Maintenance (RCM)

Langkah - langkah yang harus dilakukan sebelum proses RCM dimulai yaitu sebagai berikut (Dewi, 2017):

1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi (*System Selection and Information Collection*)

Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan sistem, antara lain:

- a. Sistem yang mendapat perhatian tinggi adalah sistem yang berkaitan dengan masalah keselamatan dan lingkungan.
- b. Sistem memiliki tindakan *preventive maintenance* dan biaya *preventive maintenance* yang tinggi.
- c. Sistem yang memiliki tindakan *corrective maintenance* dan biaya *corrective maintenance* yang tinggi.
- d. Sistem yang memiliki kontribusi yang besar terhadap terjadinya *full* atau *partial outage* (*shutdown*).

Adapun dokumen atau informasi yang dibutuhkan dalam analisis RCM antara lain:

- a. *Piping & Instrumentation Diagram (P&ID)* merupakan ilustrasi skematik dari hubungan

fungsi antara perpipaan, instrumentasi, komponen peralatan dan sistem.

- b. *Schematic* atau *block diagram* merupakan sebuah gambaran dari sistem, rangkaian atau program yang masing-masing fungsinya diwakili oleh gambar kotak berlabel dan hubungan diantaranya digambarkan dengan garis penghubung.
 - c. *Vendor manual* atau *manual book* merupakan dokumen data dan informasi mengenai desain atau operasi tiap peralatan dan komponen.
 - d. *Equipment history* merupakan kumpulan data kegagalan komponen dan peralatan dengan data perawatan yang pernah dilakukan.
2. Pendefinisian Batasan Sistem (*System Boundary Definition*)

Definisi batas sistem digunakan untuk mendefinisikan batasan-batasan suatu sistem yang akan dianalisis dengan *Reliability Centered Maintenance (RCM)*, sehingga semua fungsi dapat diketahui dengan jelas dan perumusan *system boundary definition* yang baik dan benar akan menjamin keakuratan proses analisis sistem.

3. Deskripsi Sistem dan Blok Diagram Fungsi (*System Description and Fuctional Block Diagram*)

Deskripsi sistem dan diagram blok merupakan representasi dari fungsi-fungsi utama sistem berupa blok-blok yang berisi fungsi-fungsi dari setiap subsistem yang menyusun sistem tersebut sehingga dibuat tahapan identifikasi detail dari sistem yang meliputi:

- a. Deskripsi sistem

Uraian sistem yang menjelaskan cara kerja sistem serta penggunaan instrumen yang ada dalam sistem.
- b. *Fuctional Block Diagram*

Interaksi antara satu blok diagram fungsi dengan blok diagram fungsi lainnya.

- c. *Masukan dan keluaran sistem (In&Out Interface)*
 Penetapan batas-batas sistem dan pengembangan fungsi subsistem memungkinkan kita untuk melengkapi dan mendokumentasikan fakta dari elemen-elemen yang melintasi batas sistem. Elemen-elemen melintasi sistem dapat berupa energi, panas, sinyal, fluida, dan sebagainya. Beberapa elemen berperan sebagai *input* dan beberapa elemen berperan sebagai *output* yang melintasi setiap subsistem.
- d. *System Work Breakdown System (SWBS)*
 SWBS digunakan untuk menggambarkan kelompok bagian-bagian peralatan yang menjalankan fungsi tertentu.

2.5 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Analisis penyebab dan efek kegagalan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Analisis akan disusun dalam tabel yang berisi *function*, *functional failure*, *failure mode*, dan *failure effect* pada suatu sistem atau subsistem (Moubray, 1997).

- Fungsi (*function*) yaitu didefinisikan sebagai kemampuan yang dapat dilakukan suatu subsistem sesuai dengan konteks operasionalnya untuk memenuhi standar kinerja yang diharapkan.
- Kegagalan fungsi (*functional failure*) yaitu didefinisikan sebagai ketidakmampuan suatu subsistem untuk menjalankan fungsi sesuai dengan operasionalnya sehingga tidak memenuhi standar kinerja yang diharapkan.

- Modus kegagalan (*failure mode*) didefinisikan sebagai hal-hal yang memiliki peluang besar untuk menyebabkan kegagalan fungsi.
- Efek kegagalan (*failure effect*) didefinisikan sebagai akibat dari modus kegagalan atau *failure mode* terhadap subsistem maupun sistem itu sendiri.

2.6 *Fault Tree Analysis* (FTA)

Fault Tree Analysis (FTA) digunakan untuk menganalisis kegagalan dalam suatu sistem. FTA adalah teknik analisis *symbolic logic* dalam ruang lingkup riset operasi untuk menganalisis suatu kejadian yang tidak diinginkan atau yang dapat disebut *undesired event* pada suatu sistem. *Undesired event* adalah analisis kualitatif yang dapat diketahui bagian mana dari sistem yang gagal dan perlu dilakukan tindakan perbaikan dan pencegahan berdasarkan kegagalan yang ada agar kejadian yang sama tidak terulang (Wulandari, 2011).

Dalam menganalisis kegagalan dengan metode FTA ini diawali dengan pembuatan *fault tree* atau pohon kegagalan dari sistem yang dianalisis terlebih dahulu. *Fault tree* adalah model grafis dari kegagalan-kegagalan pada sistem dan kombinasinya yang menghasilkan terjadinya *undesired event*. Kegagalan yang terjadi pada sistem dapat dikarenakan adanya kegagalan pada komponennya, kegagalan pada manusia yang mengoperasikan atau disebut *human error*, dan kejadian-kejadian diluar sistem yang dapat mengarah pada terjadinya *undesired event*. *Fault tree* dibuat berdasarkan pada salah satu *undesired event* yang dapat terjadi pada suatu sistem.

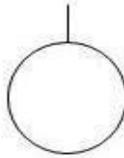
Pada suatu sistem bisa terdapat lebih dari satu *undesired event* dan masing-masing *undesired event* mempunyai representasi *fault tree* yang berbeda-beda dikarenakan faktor atau bagian sistem dan kegagalan yang mengarah pada satu kejadian berbeda dengan lainnya. Pada *fault tree*, *top event* merupakan sebutan untuk *undesired event* yang akan dianalisis.

a. Simbol Kejadian

Simbol kejadian adalah simbol yang berisis keterangan kejaadian pada sistem, sebagai berikut:

1. *Basic event*

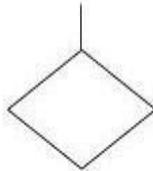
Pada gambar 2.4 merupakan simbol yang digunakan untuk menyatakan *primary event* atau kegagalan mendasar yang tidak perlu dicari penyebabnya. Simbol lingkaran ini merupakan batas akhir penyebab suatu kejadian.



Gambar 2.4 *Basic Event*

2. *Undeveloped event*

Simbol *diamond* gambar 2.5 menyatakan *undeveloped event* atau kejadian tidak berkembang yaitu suatu kejadian kegagalan tertentu yang tidak dicari penyebabnya baik karena kejadiannya tidak cukup berhubungan atau karena tidak tersedia informasi.



Gambar 2.5 *Undeveloped event*

3. *External event*

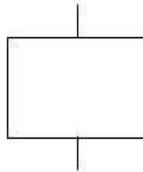
Simbol pada gambar 2.6 menyatakan *external event* yaitu suatu kondisi dimana kejadian yang diharapkan muncul secara normal dan tidak dalam kejadian gagal.



Gambar 2.6 *External event*

4. *Intermediate event*

Simbol pada gambar 2.7 menyatakan *intermediate event* suatu kondisi dimana kejadian yang muncul dari kombinasi kejadian *input* gagal yang masuk gerbang.



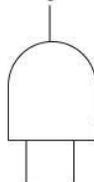
Gambar 2.7 *Intermediate event*

b. Simbol Gerbang

Simbol gerbang dipakai untuk menunjukkan hubungan diantara kejadian *input* yang mengarah pada kejadian *output*. Kejadian *output* disebabkan oleh kejadian *input* yang berhubungan dengan cara tertentu. Adapun jenis-jenis simbol gerbang, sebagai berikut:

1. Gerbang AND

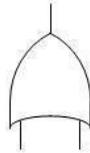
Gerbang AND pada gambar 2.8 yaitu untuk menunjukkan bahwa kejadian *output* terjadi jika semua *input* dari kejadian tersebut terjadi.



Gambar 2.8 Gerbang AND

2. Gerbang OR

Gerbang OR gambar 2.9 dipakai untuk menunjukkan bahwa kejadian yang akan muncul terjadi jika satu atau lebih kejadian gagal yang merupakan *input* dari kejadian tersebut terjadi.



Gambar 2.9 Gerbang OR

2.7 *Logic Tree Analysis*

Logic Tree Analysis digunakan untuk dapat menganalisis pemeliharaan yang tepat pada masing-masing komponen. *Logic Tree Analysis* dilakukan setelah *failure* dan *failure mode* didapatkan dengan metode *Failure Tree Analysis* (FTA). Diagram alur RCM *Logic Tree Analysis* dapat dilihat pada gambar 2.10.

Setiap komponen akan dianalisis dengan menggunakan diagram alur RCM *Logic Tree Analysis*. Hasil akhir dari diagram alur tersebut adalah berupa rekomendasi kegiatan pemeliharaan yang akan digunakan pada setiap komponen yang dianalisis. Kebijakan-kebijakan perawatan yang digunakan dengan menggunakan RCM *Logic Tree Analysis* adalah sebagai berikut (NASA, 2008):

1. *PT & I (Predictive atau Condition-Based Maintenance)*

Jenis Perawatan *Predictive* ini digunakan jika kegagalan yang terjadi memiliki efek terhadap lingkungan, kesehatan, dan keselamatan kerja, atau efek terhadap keamanan, efisiensi, dan kerugian terhadap hal-hal lainnya yang memiliki dampak terhadap perusahaan. Jika terdapat teknologi PT&I yang efektif untuk memantau kondisi dari *equipment*

yang diteliti, maka selanjutnya dikembangkan pekerjaan dan penjadwalan untuk melakukan monitoring dan analisis terhadap kondisi dari *equipment*.

2. *Interval Based Task (Preventive Maintenance)*

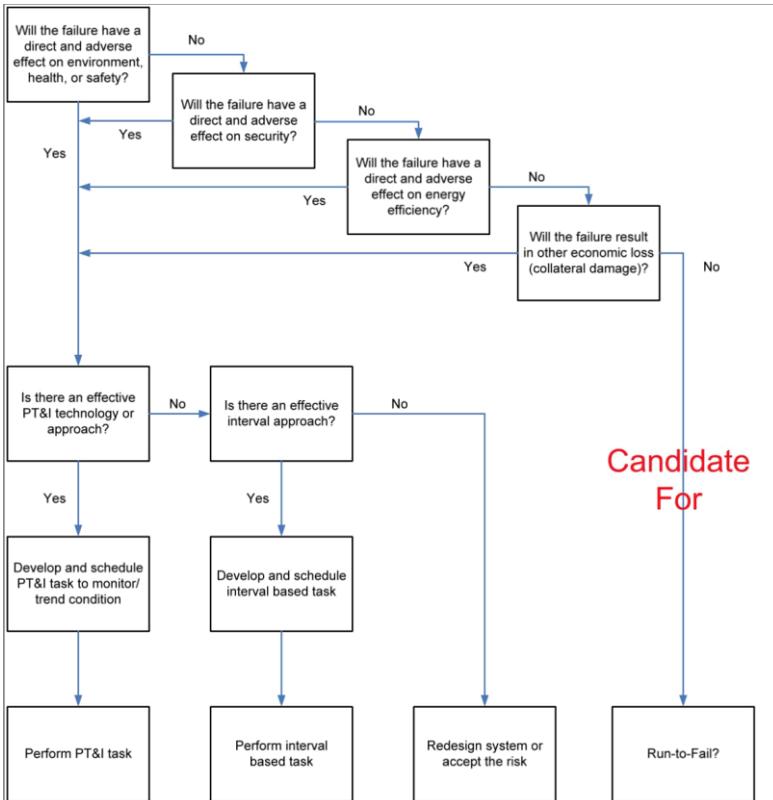
Preventive maintenance dilakukan ketika tidak terdapat pendekatan teknologi PT&I yang efektif. Jika ada pendekatan interval yang efektif, maka digunakan jenis *preventive maintenance* ini.

3. *Run-to-Fail (Corrective Maintenance)*

Run-to-fail dilakukan ketika kegagalan yang terjadi tidak memiliki efek terhadap lingkungan, kesehata, keselamatan kerja, keamanan, efisiensi, dan kerugian yang memiliki dampak terhadap perusahaan. Ketika semua efek yang diperhitungkan ini tidak memiliki dampak, maka *equipment* akan dijalankan hingga mengalami kerusakan dan akan diganti setelahnya.

4. *Redesign System*

Redesign dilakukan jika tidak ada *preventive maintenance* yang efektif untuk dilakukan pada *equipment*, sehingga *equipment* setelah dilakukan *redesign* dapat dilakukan perawatan dengan jenis *preventive* atau *preventive*.



Gambar 2.10 Diagram Alur RCM NASA *Logic Tree Analysis*

2.8 Packing

Packing (Gasket) dapat didefinisikan sebagai bahan atau material yang dipasang diantara dua permukaan benda, di dalamnya terdapat fluida bertekanan. Fungsi gasket yaitu untuk mencegah kebocoran dari sambungan (*joined*) dibawah kondisi bertekanan (*compression*) khususnya pada saat memasang komponen mesin.

2.8.1 Jenis-jenis *Gasket* Berdasarkan Bentuk

Berikut merupakan berbagai jenis *gasket* berdasarkan bentuknya, antara lain:

1. *Flat Gasket*



Gambar 2.11 *Flat Gasket*

Gambar 2.11 menunjukkan *flat gasket* yang berfungsi untuk mencegah kebocoran pada bidang yang sangat rata, biasanya digunakan pada bagian yang mendapatkan atau kemungkinan dalam jangka lama mendapat tekanan dan temperatur yang tinggi.

2. *Spiral Wound Gasket*



Gambar 2.12 *Spiral Wound Gasket*

Gambar 2.12 menunjukkan *Spiral Wound Gasket*. Pada umumnya *Spiral Wound Gasket* digunakan sekali pasang jadi setelah dilepas tidak bisa dipasang kembali, dan gasket ini digunakan pada tekanan dan temperatur yang tinggi sehingga material dibuat dari campuran *Asbestos, Mica, Graphite, dan Ceramic Paper*.

3. *Metal O-Ring Gasket*



Gambar 2.13 Metal O-Ring Gasket

Gambar 2.13 menunjukkan *Metal O-Ring Gasket*. Gasket dengan jenis tersebut termasuk *reused* atau bisa dipergunakan kembali setelah dilepas dengan catatan tidak mengalami kerusakan. Jenis gasket ini tergolong lebih mahal jika dibandingkan dengan *flat gasket* dan *spiral wound gasket*, karena bagian dalamnya bisa diisi dengan tekanan dan temperatur tinggi tergantung kebutuhan sesaat setelah dipasang.

4. *Metal U-Ring Gasket*



Gambar 2.14 Metal U-Ring Gasket

Gambar 2.14 menunjukkan *Metal U-Ring Gasket*. Gasket jenis tersebut membutuhkan dua permukaan yang akan digabungkan benar-benar rata dan sejajar dan fungsi terbaiknya pada saat mendapatkan tekanan tinggi. *Metal U-Ring Gasket* mampu digunakan pada tekanan tinggi antara 12000 Psi atau sekitar 828 Bar.

5. *Metal C-Ring Gasket*

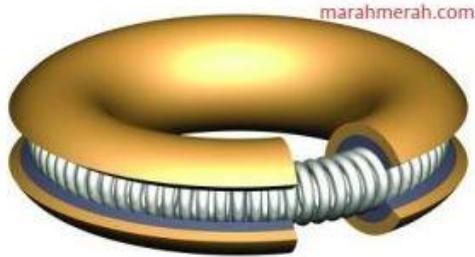


Gambar 2.15 Metal C-Ring Gasket

Gambar 2.15 menunjukkan *Metal C-Ring Gasket*. Jenis gasket tersebut digunakan pada *low pressure* dan *low vacuum*, keunggulannya bersifat *self-energizing*. *Metal C-Ring Gasket* cocok untuk tempat duduk media yang

kecil dan mempunyai *spring back* yang tinggi. Gasket tipe ini tergolong mahal.

6. *Metal Spring-Energizing Ring*



Gambar 2.16 Metal Spring-Energizing Ring

Gambar 2.16 menunjukkan *Metal Spring-Energizing Ring*. Gasket jenis ini sama seperti *metal c-ring gasket* yang bersifat *self-energizing*. Perbedaannya, *Metal Spring-Energizing Ring* digunakan untuk media yang besar, membutuhkan *setting load* yang besar dan harganya pun sangat mahal.

2.8.2 Jenis-jenis Gasket Berdasarkan Material

Terdapat berbagai macam jenis gasket yang digunakan untuk mesin-mesin industri yang dapat dilihat pada gambar 2.17. Jenis-jenis gasket tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Rubber Gasket*

Gasket jenis ini banyak digunakan pada industri. *Rubber gasket* juga memiliki berbagai jenis bahan rubber *sheet* atau lembaran karet yang digunakan, seperti *neoprene*, *nitrile*, *fluorocarbon*, *red rubber*, *aflas* dan *silicone*.

2. *Viton Gasket*

Viton gasket banyak digunakan untuk sistem di mana terdapat bahan kimia yang bersifat asam atau

basa, hidrokarbon dan minyak, baik nabati maupun hewani.

3. PTFE Gasket

PTFE Gasket adalah gasket dengan material *Polytetrafluoroethylene*. Gasket PTFE atau juga disebut *teflon* gasket merupakan gasket yang paling banyak dikenal, karena bersifat multi fungsi. Teflon memiliki ketahanan yang baik terhadap berbagai bahan kimia, termasuk hidrogen peroksida.

4. *Graphite* Gasket

Graphite Gasket merupakan gasket dengan material *graphite* yang memiliki sifat fleksibel dan tahan terhadap panas. Selain itu, gasket jenis ini juga tahan pada kondisi sangat asam dan basa.

5. EPDM Gasket

EPDM Gasket merupakan gasket dengan material *Ethylene Propylene Diene Monomer (M-class) rubber*. Gasket dengan material EPDM tahan terhadap ozon, sinar Ultra Violet, minyak alami dan berbagai jenis bahan kimia.

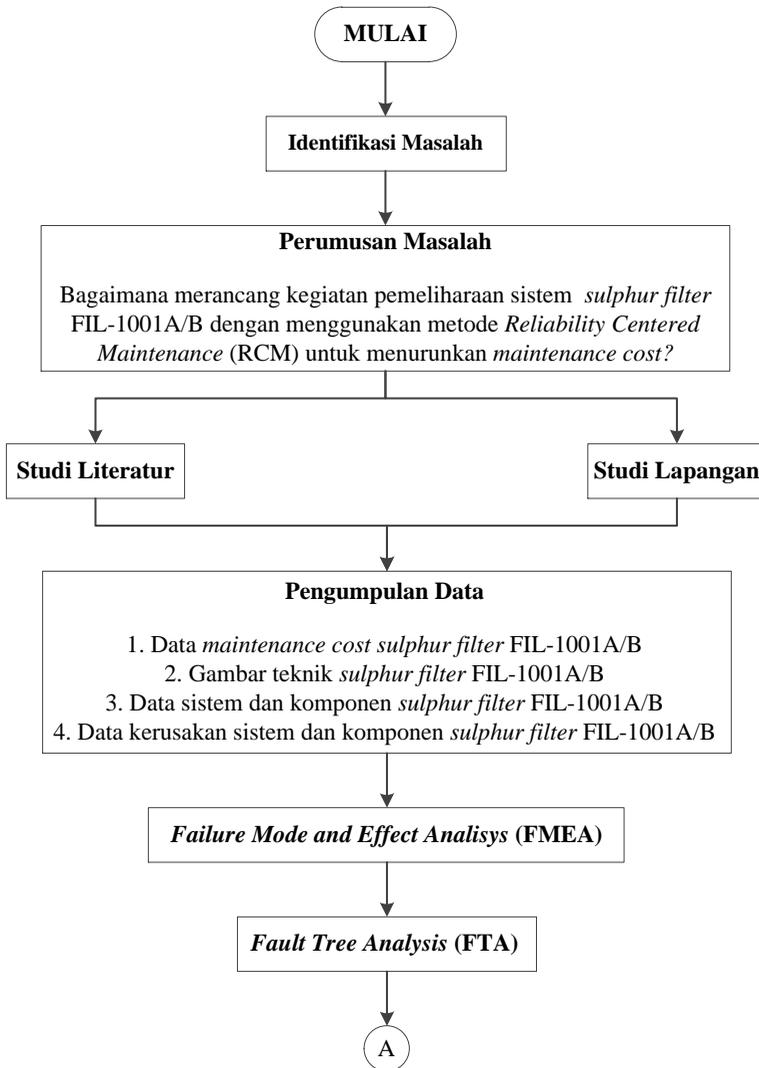


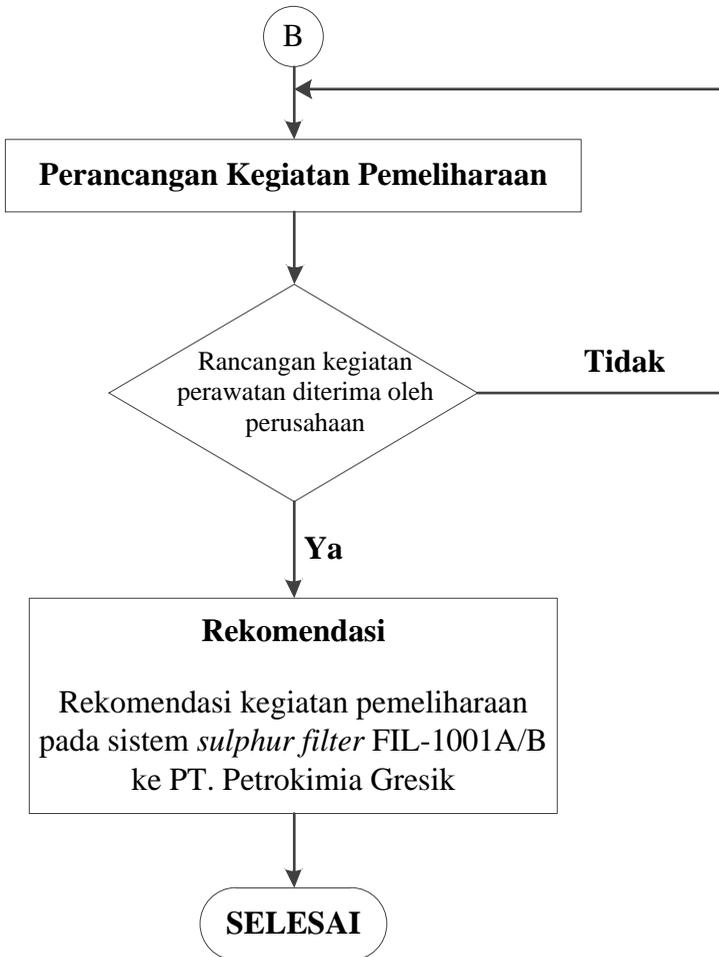
Gambar 2.17 (a) Rubber Gasket (b) Viton Gasket (c) PTFE Gasket (d) Graphite Gasket (e) EPDM Gasket

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir

Tugas Akhir ini dilaksanakan dengan mengikuti diagram alir seperti gambar berikut:





Gambar 3.1 Diagram Alir Proses

3.2 Metodologi

Diagram alir proses penelitian pada gambar 3.1 dapat dijelaskan sebagai berikut :

3.2.1 Identifikasi Masalah

Tahap awal dalam menyusun tugas akhir ini adalah mengidentifikasi permasalahan yang terjadi di PT Petrokimia Gresik. Dari hasil identifikasi, didapatkan bahwa peralatan pada Unit *Sulphur Handling* yang sering mengalami kerusakan adalah *sulphur filter* FIL-1001A/B. Permasalahan pada peralatan tersebut akan menjadi fokus utama dalam penelitian ini karena permasalahan tersebut dapat menyebabkan *maintenance cost* yang tinggi.

3.2.2 Perumusan Masalah

Tahap selanjutnya yang dilakukan adalah perumusan masalah yang dijadikan objek tugas akhir. Objek yang dianalisis yaitu *sulphur filter* FIL-1001A/B khususnya komponen *packing*. Pemilihan peralatan tersebut berdasarkan pada tingginya *maintenance cost* yang dibutuhkan. Oleh karena itu, perlu dirancang kegiatan pemeliharaan yang tepat untuk menurunkan *maintenance cost*.

3.2.3 Studi Literatur, Studi Lapangan

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan informasi lebih dalam mengenai peralatan pada Unit *Sulphur Handling* dan informasi lain yang dapat mendukung penelitian. Studi literatur yang dilakukan berupa gambar detail, cara kerja, dan fungsi tiap subsistem maupun komponen pada Unit *Sulphur Handling* yang kemudian data tersebut diolah dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

Studi lapangan ke PT. Petrokimia Gresik dilakukan untuk mendapatkan informasi lebih dalam mengenai *sulphur filter* FIL-1001A/B. Informasi yang ingin didapatkan mengenai permasalahan mesin dan pemahaman mengenai *maintenance cost*.

3.2.4 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data-data terkait *sulphur filter* FIL-1001A/B yang telah dicatat sebelumnya oleh perusahaan pada saat proses produksi. Data yang digunakan adalah data periode 1 Januari – 31 Desember 2017 yang meliputi:

1. Data *maintenance cost sulphur filter* FIL-1001A/B.
2. Konstruksi *sulphur filter* FIL-1001A/B.
3. Data sistem dan komponen *sulphur filter* FIL-1001A/B.
4. Data kerusakan sistem dan komponen *sulphur filter* FIL-1001A/B.

3.2.5 Pengolahan Data

Berdasarkan data-data yang telah didapatkan, selanjutnya akan dilakukan proses analisis untuk dapat menentukan kegiatan pemeliharaan yang tepat pada *sulphur filter* FIL-1001A/B dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Proses analisis akan dilakukan dengan tahap sebagai berikut :

3.2.6 *Failure Mode and Effect Analysis*

Tahap FMEA merupakan proses mengidentifikasi kegagalan dari suatu komponen yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi daari sistem dan efek kegagalannya.

3.2.7 *Fault Tree Analysis*

Tahap FTA merupakan metode analisis dengan melakukan analisis kualitatif untuk mengetahui bagian mana dari sistem yang gagal dan perlu dilakukan tindakan perbaikan dan pencegahan berdasarkan kegagalan yang ada agar kejadian yang sama tidak terulang.

3.2.8 Logic Tree Analysis

Logic Tree Analysis dilakukan dengan menganalisis *failure* dan *failure modes* untuk ditentukan kegiatan pemeliharaan yang tepat pada masing-masing komponen.

3.2.9 Perancangan Kegiatan Pemeliharaan

Berdasarkan hasil analisis sebelumnya, kemudian tahap selanjutnya adalah menentukan metode pemeliharaan yang tepat pada komponen yang telah dianalisis dimana komponen tersebut berpengaruh besar terhadap kegiatan operasional.

3.2.10 Rekomendasi

Tahap ini merupakan tahap terakhir dari proses pengolahan data. Hasil yang dicapai akan diuraikan setelah melalui proses analisis dan dijadikan sebagai kesimpulan. Selanjutnya akan diberikan rekomendasi berupa daftar kegiatan perbaikan yang harus dilakukan untuk perawatan komponen pada sistem *sulphur filter* FIL-1001A/B.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan analisis dan pembahasan mengenai permasalahan yang terjadi di PT Petrokimia Gresik untuk memperoleh perancangan kegiatan pemeliharaan yang tepat pada *sulphur filter* FIL-1001A/B. Analisis diawali dengan pengumpulan data dan wawancara dengan staf terkait dengan kerusakan yang terjadi pada *sulphur filter* FIL-1001A/B. Kemudian, pengolahan data dilakukan dengan mengidentifikasi sistem pemeliharaan yang diterapkan oleh PT Petrokimia Gresik. Selanjutnya, analisis sistem meliputi deskripsi dari sistem dan batasan dari sistem yang dipilih sebagai objek tugas akhir. Kemudian, analisis dilakukan dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mendeskripsikan fungsi, mengetahui kegagalan fungsi, modus kegagalan serta efek kegagalan komponen. Berdasarkan analisis tersebut, *Fault Tree Analysis* (FTA) dilakukan untuk mengetahui penyebab kegagalan yang sering terjadi. Berikutnya, *Logic Tree Analysis* (LTA) dilakukan berdasarkan informasi dari *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menentukan perancangan kegiatan pemeliharaan yang tepat untuk setiap modus kegagalan. Kemudian dilakukan rekomendasi kegiatan pemeliharaan ke PT Petrokimia Gresik.

4.1 Sistem Pemeliharaan yang diterapkan oleh Departemen Pemeliharaan III PT Petrokimia Gresik

Departemen Pemeliharaan III pada PT Petrokimia Gresik membagi jenis pemeliharaan menjadi dua yaitu:

1. *Preventive Maintenance*

Kegiatan pemeliharaan dilakukan sesuai dengan jadwal pemeliharaan (*time-based/interval-based*) dengan tujuan agar dapat mencegah terjadinya kegagalan. *Preventive Maintenance* yang diterapkan

pada *sulphur filter* FIL-1001A/B dilakukan setiap 2 minggu.



Gambar 4.1 *Preventive Maintenance* pada Sulphur Filter FIL-1001A/B

Gambar 4.1 menunjukkan kondisi *sulphur filter* FIL-1001A/B saat dilakukan *preventive maintenance*. Pemeliharaan yang dilakukan meliputi pembukaan *shell* untuk proses *cleaning* serta mengecek kondisi *leaf* yang terpasang, dan pemasangan *seal* baru.

2. *Corrective Maintenance*

Kegiatan pemeliharaan dilakukan ketika suatu sistem atau komponen tersebut telah mengalami kegagalan. *Corrective Maintenance* dilakukan ketika terdapat sistem atau komponen yang tidak bekerja sesuai dengan standar kerjanya. Salah satu contoh kegiatan *corrective maintenance* yang diterapkan pada *sulphur filter* FIL-1001A/B adalah perbaikan *flange* sambungan pipa oleh operator.



Gambar 4.2 Proses Perbaikan *Flange* Sambungan Pipa

Gambar 4.2 merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan ketika terjadi kerusakan pada *flange* sambungan pipa. Kegiatan penggantian komponen hanya dilakukan ketika jadwal *cleaning* atau ketika pabrik dalam kondisi *shutdown* karena penggantian hanya dapat dilakukan ketika mesin dalam keadaan mati dan dingin.

4.2 Analisis Sulphur Filter FIL-1001A/B

Pada tahap ini dilakukan analisis pada *sulphur filter* FIL-1001A/B yang terdiri dari komponen-komponen yang saling berkaitan. Berdasarkan data *maintenance cost* dari Departemen

Pemeliharaan III PT Petrokimia Gresik, maka *sulphur filter* FIL-1001A/B dipilih sebagai objek tugas akhir ini.

4.2.1 Deskripsi Sistem

Deskripsi sistem dilakukan untuk mengetahui batasan sistem pemeliharaan dan mengetahui sistem kerja *sulphur filter* FIL-1001A/B. Fungsi *sulphur filter* FIL-1001A/B adalah untuk menyaring *dirty molten sulphur* yang dipompa oleh *dirty sulphur pump* P-1002A/B. Kemudian, hasil penyaringan yang disebut *filtered sulphur* ditampung dalam *filtered sulphur storage tank* TK-1001. *Data sheet* dari *sulphur filter* FIL-1001A/B ditunjukkan pada tabel 4.1 dan *system boundary condition* dari *sulphur filter* FIL-1001A/B ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.1 Data Sheet Sulphur Filter FIL-1001A/B

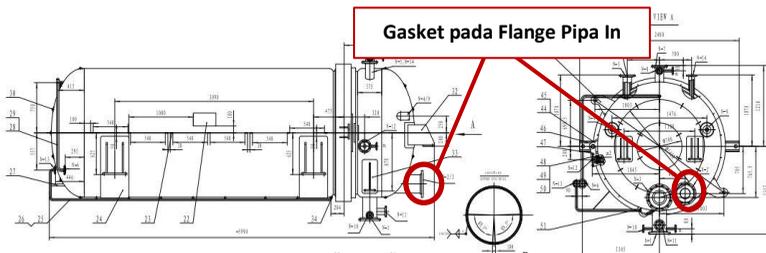
<i>Sulphur Filter</i> FIL-1001A/B	
Manufaktur	JIANGSU JUNENG MACHINERY CO.LTD
Model	WYB-YL-TY-90
Tipe	<i>Leaf Sulphur Filter</i>
<i>Material Handled</i>	<i>Liquid Sulphur with Filter Aid (Korosif)</i>
<i>Filter Aid</i>	<i>Diatomaceous</i>
Kapasitas	16,8 liter/h
Temperatur	150 ^o C
Luas (<i>per leaf</i>)	3,1034 m ²
Total Area Filtrasi	90 m ²
<i>Leaf Spacing</i>	125 mm

Tabel 4.2 Sistem Boundary Condition

SYSTEM BOUNDARY CONDITION	
Plant	: <i>Sulphuric Acid</i> Plant ID : 30SA
Sistem	: <i>Sulphur Handling</i>
Subsistem	: <i>Sulphur Filter</i> Subsistem ID : FIL-1001A/B
Major Equipment Included	
<i>Sulphur Filter</i> FIL-1001A/B	<i>Packing, Flange, Vibrator, Leaf</i>
Primary Physical Boundary	
<p>Dimulai dari: <i>Dirty sulphur pump</i> P-1002A/B memompa <i>dirty molten sulphur</i> menuju <i>sulphur filter</i> FIL-1001A/B. Dalam <i>sulphur filter</i> FIL-1001A/B dilakukan proses penyaringan untuk menghasilkan <i>filtered sulphur</i>.</p> <p>Diakhiri dengan: <i>Filtered sulphur</i> dialirkan menuju <i>filtered sulphur storage tank</i> TK-1001 untuk ditampung.</p>	

4.2.2 Data Kerusakan

Berdasarkan data yang diperoleh dari Departemen Pemeliharaan III PT Petrokimia Gresik, komponen dari *sulphur filter* FIL-1001A/B sering mengalami kerusakan sehingga menyebabkan *maintenance cost* yang tinggi. Kerusakan sering terjadi pada komponen *packing*, *flange* sambungan pipa, dan *vibrator*.

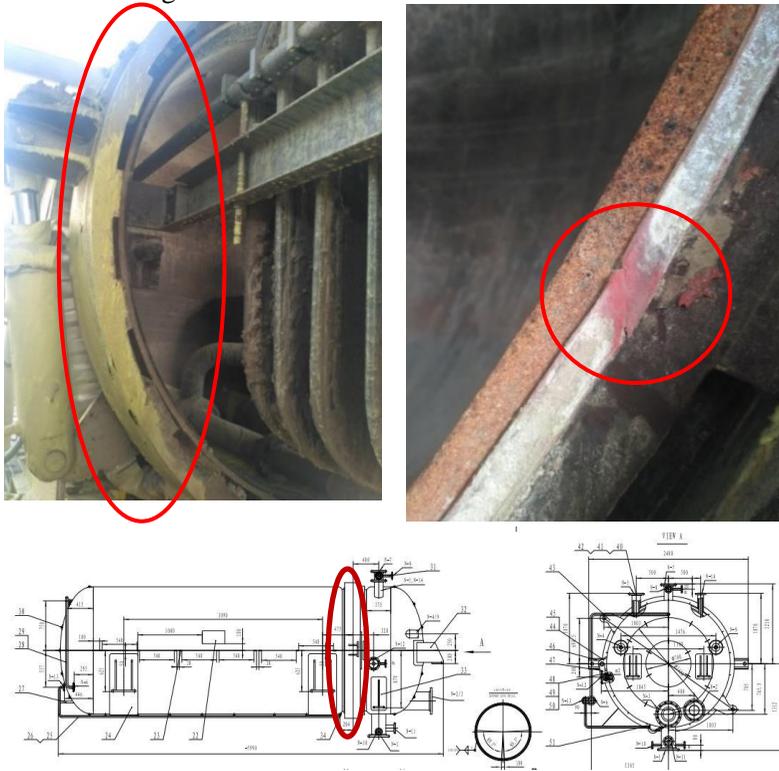


Gambar 4.3 Kerusakan pada Gasket



Gambar 4.4 Gasket yang Digunakan pada *Sulphur Filter FIL-1001A/B* dengan Material PTFE (kiri) dan *Asbestos* (kanan)

Gambar 4.3 merupakan kerusakan yang terjadi pada gasket sehingga terjadi kebocoran pada *flange* sambungan pipa. Kebocoran tersebut terjadi karena *sulphur* cair masuk ke celah antara *flange* dan gasket sehingga merusak gasket. Gambar 4.4 merupakan gasket yang digunakan pada *sulphur filter* FIL-1001A/B dengan material PTFE dan *Asbestos*.

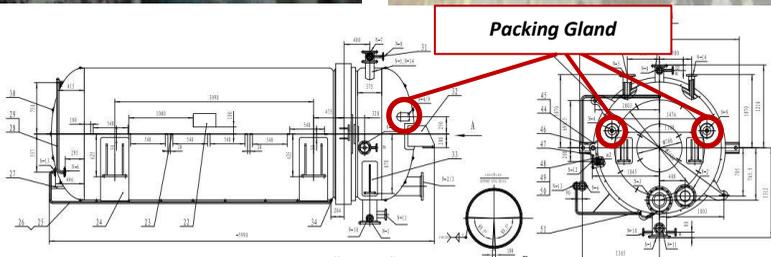


Gambar 4.5 Sambungan *Seal* pada *Cover*



Gambar 4.6 Seal yang Digunakan pada Sulphur Filter FIL-1001A/B dengan Material *Red Silicone Rubber*

Gambar 4.5 menunjukkan sambungan *seal* pada *cover* yang sering mengalami kerusakan. Sambungan *seal* tersebut sering putus sehingga menyebabkan kebocoran yang terletak antara *cover* dan *shell*. Gambar 4.6 menunjukkan potongan *seal* yang terpasang pada *cover*. Dengan pemotongan *seal* secara manual maka kebocoran pada *seal* terjadi karena ketebalan *seal* tidak rata sehingga kebocoran terjadi pada celah antara *shell* dan *cover*.

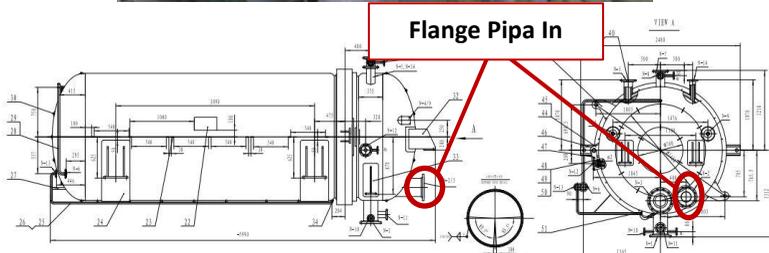


Gambar 4.7 Kerusakan pada *Packing Gland*



Gambar 4.8 Jenis *Packing Gland* yang Digunakan pada *Sulphur Filter* FIL-1001A/B (The Rubber Company)

Gambar 4.7 merupakan kerusakan yang terjadi pada *packing gland*. Kerusakan tersebut terjadi akibat gesekan antara *packing gland* dan *shaft* pengait *leaf* sehingga menyebabkan kebocoran pada sambungan antara *vibrator* dan *shaft* pengait *leaf*. Gambar 4.8 merupakan *packing gland* yang terpasang pada *sulphur filter* FIL-1001A/B dengan material PTFE.

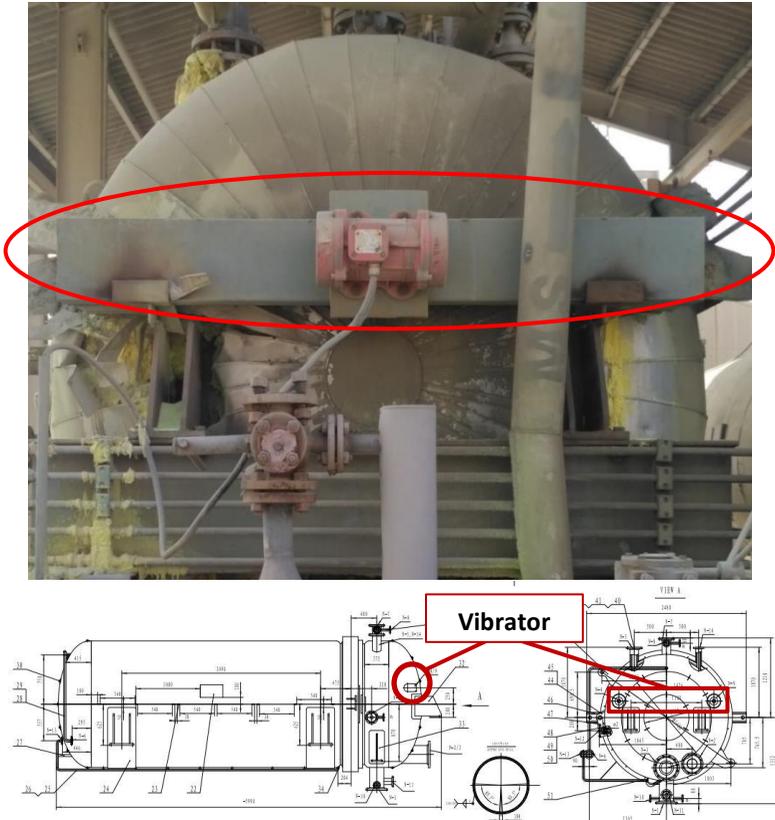


Gambar 4.9 Kebocoran pada *Flange* Sambungan Pipa



Gambar 4.10 Jenis *Flange* yang Digunakan pada *Sulphur Filter* FIL-1001A/B (Kurt J. Lesker Company)

Gambar 4.9 merupakan kebocoran yang terjadi pada *flange* sambungan pipa. Kebocoran tersebut terjadi karena gasket yang berfungsi untuk menjaga kerapatan *flange* sambungan pipa mengalami kerusakan. Sehingga, *sulphur* cair tidak mengalir dengan maksimal. Gambar 4.10 menunjukkan jenis *flange* yang digunakan pada *sulphur filter* FIL-1001A/B.



Gambar 4.11 *Vibrator*

Gambar 4.11 menunjukkan *vibrator* yang sering mengalami kerusakan seperti *shaft* tidak bergetar atau getaran *shaft* lemah. Kerusakan tersebut mengakibatkan proses *cleaning* tidak maksimal.

4.3 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Dari data kerusakan komponen yang telah dijelaskan, selanjutnya dilakukan analisis untuk mengetahui fungsi, kegagalan

fungsi, modus kegagalan dan efek kegagalan dari masing-masing komponen. Analisis dilakukan dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Analisis tersebut akan disusun dalam sebuah tabel yang berisi fungsi (*function*) untuk mendefinisikan mengenai kemampuan suatu komponen untuk memenuhi standar kerjanya, kegagalan fungsi (*functional failure*) untuk mendefinisikan mengenai ketidakmampuan suatu komponen dalam bekerja sesuai fungsinya sehingga tidak dapat memenuhi standar kerjanya, modus kegagalan (*failure mode*) untuk mendefinisikan kejadian-kejadian yang kemungkinan besar menyebabkan kegagalan fungsi, efek kegagalan (*failure effect*) untuk mendefinisikan sebagai dampak dari *failure mode* yang terjadi.

Analisis didapat dengan berdiskusi dengan Departemen Pemeliharaan III PT Petrokimia Gresik. Hasil diskusi tersebut disusun dalam bentuk tabel yang dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 *Failure Mode and Effect Analysis Sulphur Filter FIL-1001A/B*

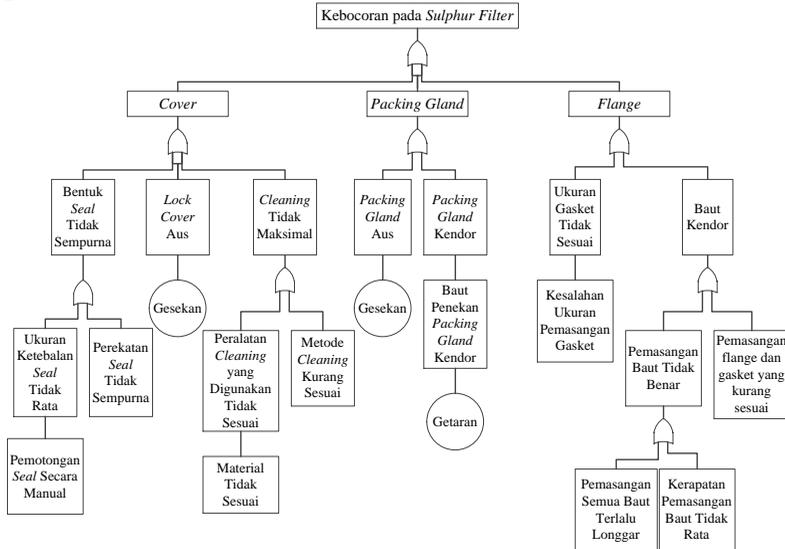
Failure Mode and Effect Analysis Sulphur Filter				
Komponen	Function (Fungsi)	Functional Failure (Kegagalan Fungsi)	Failure Mode (Modus Kegagalan)	Failure Effect (Efek Kegagalan)
<i>Packing</i>	(1) Menjaga kerapatan pada <i>flange</i> sambungan pipa, <i>cover</i> , serta sambungan antara <i>vibrator</i> dan poros pengait <i>leaf</i> .	A) Adanya celah pada <i>flange</i>	(1) Gasket rusak	- Terjadi kebocoran pada <i>flange</i>
		B) Adanya celah pada <i>cover</i>	(1) <i>Seal</i> putus pada sambungan	- Terjadi kebocoran pada <i>cover</i>

		C) Adanya celah pada sambungan antara <i>vibrator</i> dan poros pengait <i>leaf</i>	(1) <i>Gland Packing</i> Kendor	- Terjadi kebocoran pada sambungan antara <i>vibrator</i> dan poros pengait <i>leaf</i>
<i>Flange</i> sambungan pipa	(2) Menyambungkan pipa dengan <i>equipment</i> lain.	A) Pipa tidak tersambung dengan benar	(1) Baut <i>flange</i> kendor	- Terjadi kebocoran pada <i>flange</i> - <i>Sulphur</i> cair tidak mengalir dengan maksimal
			(2) <i>Flange face</i> aus	
<i>Vibrator</i>	(3) Menggetarkan <i>shaft</i> pengait <i>leaf</i> untuk menjatuhkan kotoran dari <i>leaf</i> setelah proses penyaringan	A) <i>Shaft</i> tidak bergetar	(1) Motor yang digunakan mati	- Kotoran sulit untuk terlepas dari <i>leaf</i> sehingga proses <i>cleaning</i> harus dilakukan dengan cara manual
		B) Getaran pada <i>shaft</i> lemah	(1) Motor yang digunakan hanya satu untuk menggerakkan dua <i>shaft</i>	

4.4 *Fault Tree Analysis* (FTA)

Setelah melakukan analisis dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), kemudian dilakukan analisis kegagalan sistem menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA) yang

merupakan salah satu cara untuk mengidentifikasi darimana kegagalan tersebut berasal. Berdasarkan hasil diskusi dengan Departemen Pemeliharaan III PT Petrokimia Gresik, analisis kegagalan untuk *failure mode seal* putus mempunyai pengaruh besar terhadap kerusakan yang terjadi pada *sulphur filter* FIL-1001A/B. Kegagalan tersebut menyebabkan terjadinya kebocoran pada *sulphur filter* FIL-1001A/B.



Gambar 4.12 *Fault Tree Analysis (FTA)* Kebocoran pada Sulphur Filter FIL-1001A/B

Gambar 4.12 merupakan *Fault Tree Analysis (FTA)* mengenai kebocoran pada *sulphur filter* FIL-1001A/B. Kebocoran yang terjadi pada *cover*, *flange* dan *packing gland* diidentifikasi kegagalannya dengan mencari penyebab-penyebabnya.

4.5 *Logic Tree Analysis (LTA)*

Analisis *maintenance task* ditentukan menggunakan *Logic Tree Analysis (LTA)*. Analisis dilakukan berdasarkan tabel *Failure*

Mode and Effect Analysis (FMEA) sebelumnya yang ditunjukkan pada tabel 4.3. Analisis dilakukan sesuai tahap yang telah ditunjukkan pada gambar 2.10, kemudian hasil analisis disusun dalam bentuk tabel. *Logic Tree Analysis* (LTA) digunakan untuk menentukan *maintenance task* yang sesuai agar dapat mengatasi setiap *failure mode* yang terjadi di setiap komponen pada *sulphur filter* FIL-1001A/B.

Tabel *Logic Tree Analysis* (LTA) yang disusun terdiri dari empat kolom utama yang berisi *information reference*, *consequence evaluation*, *maintenance task*, dan *prosposed task*. Pada kolom *information reference* berisi informasi mengenai *function*, *failure function*, dan *failure mode*. Kemudian, kolom *consequence evaluation* merupakan evaluasi konsekuensi kegagalan atau dampak yang ditimbulkan jika kegagalan terjadi. Pada kolom *consequence evaluation* berisi *environment*, *health*, *safety consequences*, *security consequences*, *energy efficiency consequences*, dan *cost consequences*. Selanjutnya, pada kolom *maintenance task* berisi mengenai kegiatan pemeliharaan yang dapat dilakukan, yaitu *predictive maintenance*, *preventive maintenance*, *proactive maintenance*, dan *run to fail*. Kolom *consequence evaluation* dapat diisi dengan Yes (Y) apabila *failure mode* memiliki dampak atau konsekuensi pada masing-masing aspek tersebut dan diisi No (N) apabila *failure mode* tidak memiliki dampak atau konsekuensi pada masing-masing aspek tersebut. Sedangkan, pada kolom *maintenance task* dapat diisi Yes (Y) pada kolom *maintenance task* yang dipilih dan diisi No (N) pada kolom *maintenance task* yang sebelumnya. Hasil dari *Logic Tree Analysis* (LTA) yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 *Logic Tree Analysis (LTA)*

Logic Tree Analysis											
Information Reference			Consequence Evaluation				Maintenance Task				Proposed Task
F	FF	FM	EHS	S	EE	C	P1	P2	P3	RTF	
1	A	1	Y	Y	N	Y	N	N	Y		Memperbaiki prosedur kerja perbaikan gasket
1	B	1	Y	N	N	Y	N	N	Y		Mengubah arah sambungan <i>seal</i> dan ukuran ketebalan <i>red silicone rubber sheet</i>
1	C	1	Y	N	N	Y	N	Y			Mengencangkan baut penekan <i>packing gland</i> setiap proses <i>cleaning</i> selesai dilakukan
2	A	1	Y	Y	N	Y	N	N	Y		Memasang <i>flange</i> dan gasket yang sesuai agar baut tidak kendur akibat perubahan bentuk gasket
2	A	2	Y	Y	N	Y	Y				Mengecek kerusakan <i>flange face</i> pada saat ditemukan gasket rusak
3	A	1	N	N	Y	Y	Y				Cek getaran <i>shaft</i> tidak boleh < 225rpm
3	B	1	N	N	Y	Y	N	N	Y		Menambah satu motor sesuai desain awal

Keterangan :

F : *Function*FF : *Failure Function*FM : *Failure Mode*EHS : *Environment, Health, Safety*

S : *Security*
 EE : *Energy Efficiency*
 C : *Cost*
 P1 : *Predictive*
 P2 : *Preventive*
 P3 : *Proactive*
 RTF : *Run To Fail*

4.6 Rekomendasi

Rekomendasi tindakan yang dihasilkan dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) sebagai perencanaan tindakan pada masing-masing *failure mode* komponen ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Rekomendasi Maintenance Task

No.	Komponen	<i>Failure Mode</i>	Kategori <i>Maintenance</i>	<i>Maintenance Task</i>
1	<i>Packing</i>	Gasket rusak	<i>Proactive Maintenance</i>	Memperbaiki prosedur kerja penggantian gasket
		<i>Seal</i> putus	<i>Proactive Maintenance</i>	Mengubah arah sambungan <i>seal</i> dan ukuran ketebalan <i>red silicone rubber sheet</i>
		<i>Packing gland</i> kendur	<i>Preventive Maintenance</i>	Mengencangkan baut penekan <i>packing gland</i> setiap proses <i>cleaning</i> selesai dilakukan
2	<i>Flange</i> Sambungan Pipa	Baut <i>flange</i> kendur	<i>Proactive Maintenance</i>	Mengukur kekencangan baut <i>flange</i> pada saat proses <i>cleaning</i>

		<i>Flange face</i> aus	<i>Predictive Maintenance</i>	Mengecek kerusakan <i>flange face</i> pada saat ditemukan gasket rusak
3	<i>Vibrator</i>	Motor yang digunakan mati	<i>Predictive Maintenance</i>	Cek getaran <i>shaft</i> tidak boleh < 225rpm
		Motor yang digunakan hanya satu untuk menggetarkan dua <i>shaft</i>	<i>Proactive Maintenance</i>	Menambah satu motor sesuai desain awal

4.6.1 Rekomendasi Prosedur Perbaikan

Berdasarkan permasalahan yang ada, penulis merekomendasikan prosedur kerja pada pemasangan gasket. Prosedur perbaikan yang diusulkan dengan alur sebagai berikut :

1. Pengecekan kerusakan dilakukan berdasarkan laporan dari Bagian Produksi.
2. Bagian Mekanik melakukan identifikasi permasalahan.
3. Mekanik mengisi *form* pekerjaan dan memberikan kepada mekanik yang bertugas. *Form* tersebut berisi no.komponen, komponen yang rusak, penyebab kerusakan, material yang dibutuhkan, alat bantu yang digunakan, pekerjaan yang harus dilakukan, dan pengecekan yang harus dilakukan seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.13.

Prosedur kerja tersebut dilakukan agar tidak terjadi kembali kesalahan ukuran dalam pemasangan gasket pada *sulphur filter* FIL-1001A/B yang disebabkan kurangnya komunikasi antar mekanik. Komunikasi tersebut diperbaiki dengan membuat *form* yang berisi mengenai kerusakan yang perlu diperbaiki secara detail

sehingga dapat mengurangi kesalahpahaman antar mekanik. Dengan meminimalisir kesalahan tersebut maka kebocoran pada *flange* sambungan pipa dapat berkurang.

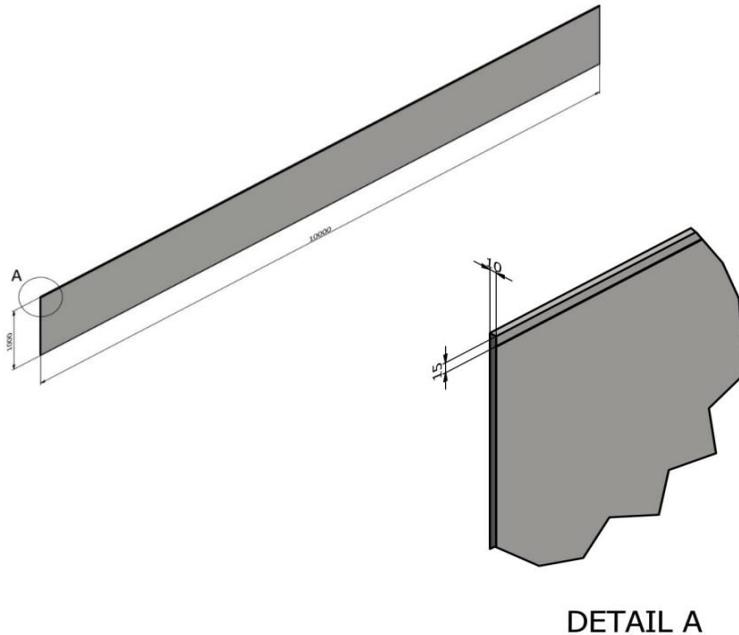
FORM PERMINTAAN TINDAKAN PERBAIKAN						
Tanggal			Tanggal Selesai Perbaikan			
Pabrik						
Sistem						
Subsistem						
DATA KERUSAKAN			DATA PERBAIKAN			
No. Komponen	Komponen	Penyebab	Material	Alat Bantu	Deskripsi Pekerjaan	Pengecekan
Catatan :			Tanda Tangan Mekanik I	Tanda Tangan Mekanik II		

Gambar 4.13 Contoh Form Permintaan Perbaikan

4.6.2 Rekomendasi *Redesign Seal*

Berdasarkan permasalahan yang ada, penulis mengusulkan *redesign* pada *seal*. *Seal* merupakan benda yang terbuat dari *red silicone rubber sheet* yang dipotong sesuai ukuran *groove* pada *cover*. *Seal* dibutuhkan dengan ukuran sebesar tebal 15mm, lebar 10mm dan sepanjang 5000mm. Pemasangan *seal* dilakukan dengan menyambungkan bagian ujung-ujung *seal* dengan perekat *sillicone*. *Red sillicone rubber* memiliki kekuatan tekan sebesar 60-70 durometer. Selain itu, *red sillicone rubber* memiliki ketahanan terhadap panas berkisar 100^o-250^oC sehingga cocok digunakan

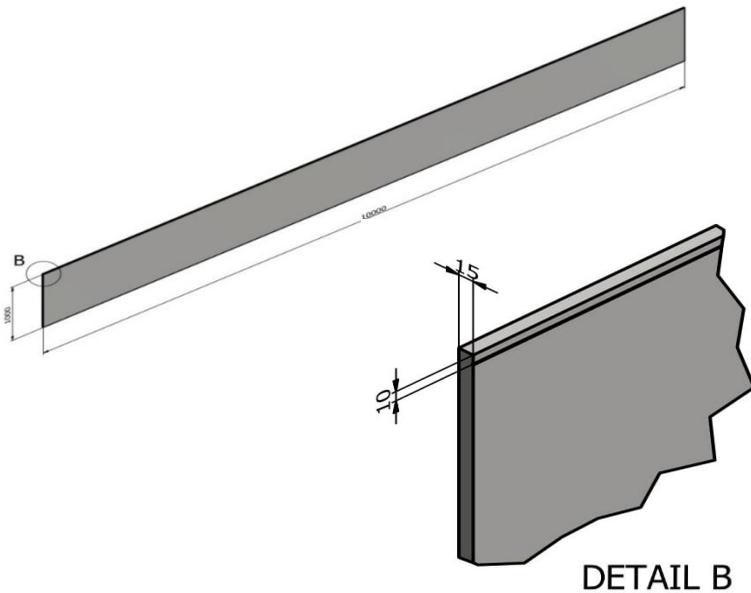
pada *sulphur filter* FIL-1001A/B dengan temperatur *sulphur* cair sebesar 130° - 150°C .



DETAIL A

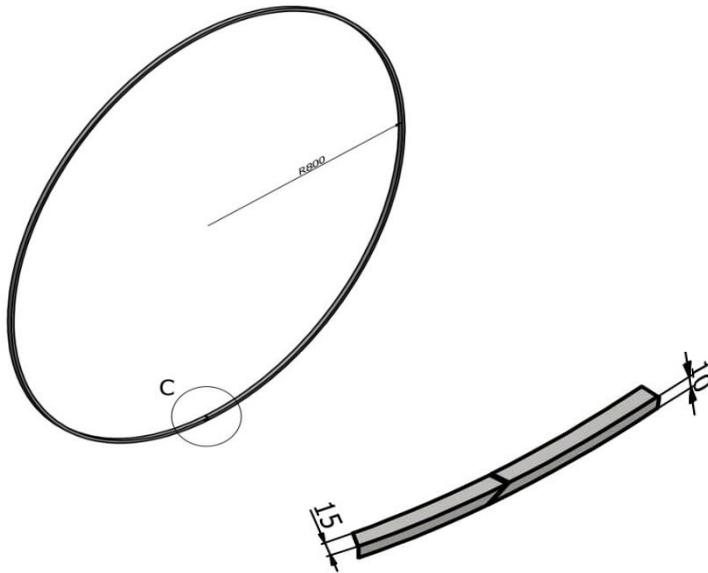
Gambar 4.14 *Red Silicone Rubber Sheet* Lama

Gambar 4.14 merupakan ukuran *red silicone rubber sheet* yang selama ini digunakan oleh PT Petrokimia Gresik yaitu dengan tebal sebesar 10mm lalu dipotong dengan lebar 15mm. Ukuran tersebut kurang sesuai karena ketebalan *seal* yang diperlukan saat pemasangan yaitu sebesar 15mm. Sehingga, jika *red silicone rubber sheet* dipotong secara manual dengan ukuran lebar 15mm maka ketebalan *seal* yang terpasang tidak merata. Hal tersebut memiliki kemungkinan besar menyebabkan kebocoran yang terjadi pada *cover*. Oleh sebab itu, penulis merekomendasikan pembelian *red silicone rubber sheet* dengan ukuran yang berbeda.



Gambar 4.15 *Red Sillicone Rubber Sheet* Baru

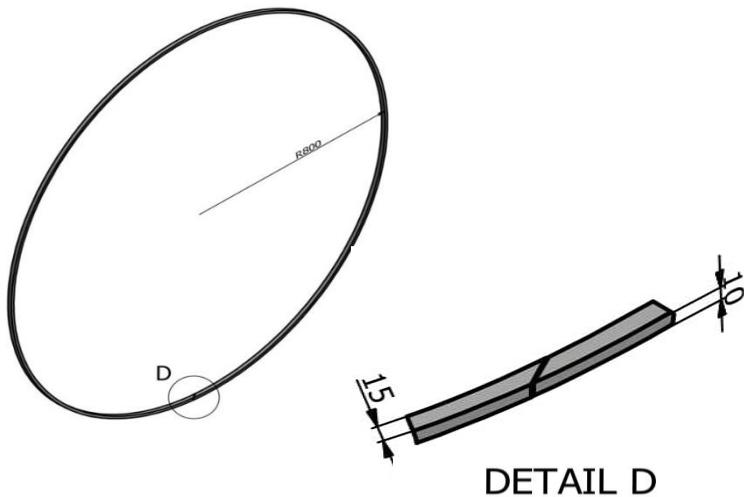
Gambar 4.15 merupakan ukuran *red silicone rubber sheet* yang diusulkan oleh penulis. Ukuran yang diusulkan yaitu dengan tebal sebesar 15mm lalu dipotong selebar 10mm. Jika *red silicone rubber sheet* dipotong secara manual dengan ukuran lebar 10mm maka ketebalan *seal* yang terpasang akan merata. Sehingga, kebocoran yang terjadi pada *cover* dapat teratasi.



DETAIL C

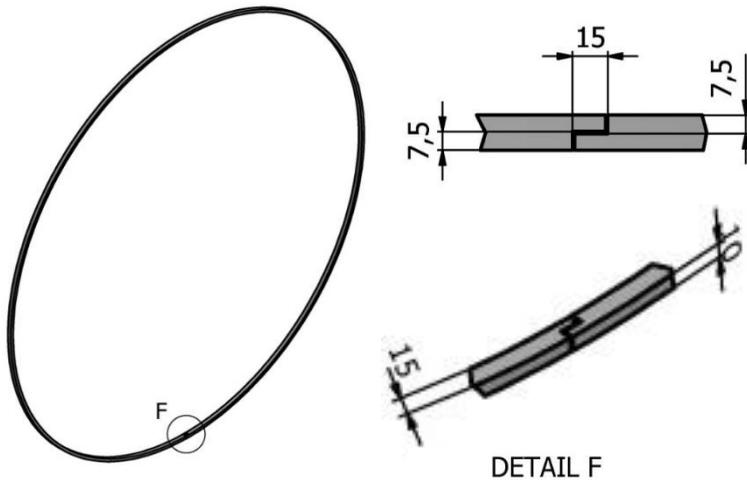
Gambar 4.16 Sambungan *Seal* Lama

Gambar 4.16 merupakan bentuk sambungan *seal* yang saat ini digunakan pada *cover sulphur filter* FIL-1001A/B. Bentuk sambungan tersebut sering putus sehingga menyebabkan kebocoran pada *cover*. Hal tersebut terjadi karena pada saat *seal* ditekan maka bagian permukaan sambungan akan merenggang dan menyebabkan *seal* putus.



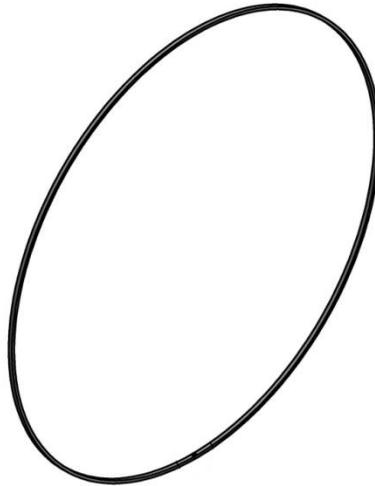
Gambar 4.17 Rekomendasi 1 Sambungan *Seal*

Gambar 4.17 merupakan salah satu bentuk sambungan *seal* yang diusulkan oleh penulis untuk digunakan pada *cover sulphur filter* FIL-1001A/B. Bentuk sambungan *seal* tersebut dapat mengurangi terjadinya *seal* putus karena pada saat *seal* ditekan oleh *shell* maka sambungan akan semakin merekat. Sehingga, kebocoran pada *cover* yang disebabkan *seal* putus dapat teratasi. Namun, jika perekatan menggunakan lem *sillicone* tidak dilakukan dengan sempurna maka sambungan tersebut masih memiliki resiko kebocoran.



Gambar 4.18 Rekomendasi 2 Sambungan *Seal*

Gambar 4.18 merupakan salah satu bentuk sambungan *seal* yang diusulkan oleh penulis untuk digunakan pada *cover sulphur filter* FIL-1001A/B. Bentuk sambungan *seal* tersebut dapat mengurangi terjadinya *seal* putus karena pada saat *seal* ditekan oleh *shell* maka sambungan akan semakin merekat. Namun, sambungan *seal* tersebut memiliki kekurangan yaitu sulitnya dalam pemotongan sambungan secara manual. Sehingga, sambungan tersebut masih memiliki resiko kebocoran jika ukuran pemotongan sambungan tidak sesuai.



Gambar 4.19 Rekomendasi 3 *Seal O-Ring*

Gambar 4.19 merupakan salah satu bentuk *seal* yang diusulkan oleh penulis untuk digunakan pada *cover sulphur filter* FIL-1001A/B. *Seal* tersebut terbentuk dengan ukuran yang sesuai dan tanpa sambungan. Sehingga, kebocoran pada *cover* dapat teratasi. Kekurangan dari *seal* ini adalah harganya yang cukup mahal.

4.6.3 Rekomendasi Redesign Gasket

Berdasarkan permasalahan yang ada, penulis mengusulkan *redesign* pada gasket. Gasket yang digunakan pada *sulphur filter* FIL-1001A/B adalah material *asbestos* dan PTFE. Gasket yang terpasang tidak sesuai dengan *flange* yang digunakan sehingga sering terjadi kebocoran pada *flange*. Sehingga, material yang direkomendasikan adalah material *graphite*. Material *graphite* dipilih karena memiliki sifat fleksibel, tahan panas, dan tahan terhadap keasaman yang cukup tinggi.



Gambar 4.20 *Graphite Gasket*

Gambar 4.20 menunjukkan jenis gasket yang direkomendasikan. *Graphite gasket* merupakan jenis gasket yang sesuai dengan jenis *flange* yang terpasang pada *sulphur filter* FIL-1001A/B yaitu jenis *face flange*. Sehingga, kebocoran yang terjadi pada *sulphur filter* FIL-1001A/B dapat berkurang.

4.6.4 Perhitungan *Maintenance Cost*

Analisis perhitungan *maintenance cost* akan dilakukan untuk setiap komponen dengan *maintenance task* yang dilakukan sebelumnya dan setelah dilakukan rekomendasi *maintenance task*. Sehingga, akan dapat terlihat perbandingan *maintenance cost* yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk *sulphur filter* FIL-1001A/B. Perhitungan *maintenance cost* untuk satu *equipment* dilakukan sebagai berikut:

- Gasket
Penggantian setiap tahun (Sebelum Rekomendasi)
Biaya per gasket: Rp 712.860,00
Total Biaya: $12 \times 712.860,00 = \text{Rp } 8.554.320,00/\text{tahun}$
Penggantian *graphite gasket* setiap tiga tahun (Setelah Rekomendasi)

Biaya per gasket: Rp 850.000,00

Total Biaya: $4 \times 850.000,00 = \text{Rp } 3.400.000,00/\text{tahun}$

- Seal Sambungan

Penggantian tiga kali setiap bulan (Sebelum Rekomendasi)

Biaya per *seal*: Rp 120.000,00

Total Biaya: $36 \times 120.000,00 = \text{Rp } 4.320.000,00/\text{tahun}$

Penggantian setiap dua bulan (Setelah Rekomendasi)

Biaya per gasket: Rp 120.000,00

Total Biaya: $6 \times 120.000,00 = \text{Rp } 720.000,00/\text{tahun}$

- Seal O-Ring

Penggantian tiga kali setiap bulan (Sebelum Rekomendasi)

Biaya per *seal*: Rp 120.000,00

Total Biaya: $36 \times 120.000,00 = \text{Rp } 4.320.000,00/\text{tahun}$

Penggantian setiap dua bulan (Setelah Rekomendasi)

Biaya per gasket: Rp 600.000,00

Total Biaya: $6 \times 600.000,00 = \text{Rp } 3.600.000,00/\text{tahun}$

- *Packing Gland*

Perbaikan setiap tahun (Sebelum Rekomendasi)

Biaya per *packing gland*: Rp 5.207.625,00

Total Biaya: $2 \times 5.207.625,00 = \text{Rp } 10.415.250,00/\text{tahun}$

Penggantian setiap lima tahun (Setelah Rekomendasi)

Biaya per *packing gland*: Rp 5.207.625,00

Total Biaya: $2 \times 5.207.625,00 : 5 = \text{Rp } 2.083.050,00/\text{tahun}$

- Flange*
 Perbaiki setiap tahun (Sebelum Rekomendasi)
 Biaya per *packing gland*: Rp 6.943.500,00
 Total Biaya: 4 x 6.943.500,00 = Rp 27.774.000,00/tahun

Penggantian setiap lima tahun (Setelah Rekomendasi)
 Biaya per *packing gland*: Rp 6.943.500,00
 Total Biaya: 12 x 6.943.500,00 : 5 = Rp 16.664.400,00/tahun
- Motor Vibrator*
 Perbaiki setiap tahun (Sebelum Rekomendasi)
 Biaya per perbaikan: Rp 2.323.500,00
 Total Biaya: 5 x 2.323.500,00 = Rp 11.616.500,00/tahun

Penggantian setiap lima tahun (Setelah Rekomendasi)
 Biaya pembelian satu motor: Rp 19.500.000,00
 Total Biaya: 19.500.000,00 : 5 = Rp 3.900.000,00/tahun

Dari perhitungan yang telah dilakukan, dapat dilihat biaya *maintenance cost* untuk dua *equipment* sebelum rekomendasi adalah Rp 114.944.890,00/tahun. Kemudian, perkiraan biaya *maintenance cost* setelah dilakukan rekomendasi adalah Rp 52.437.780,00/tahun dengan resiko masih adanya kebocoran pada sambungan *seal* jika perekatan tidak dilakukan dengan sempurna dan Rp 58.197.780,00/tahun tanpa adanya resiko kebocoran pada *seal*.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisis *Reliability Centered Maintenance (RCM)* pada *sulphur filter* FIL-1001A/B adalah :

1. Dari analisis kegagalan yang telah dilakukan dapat diketahui penyebab utama kegagalan pada sistem *sulphur filter* FIL-1001A/B adalah sering terjadinya kebocoran pada komponen *packing*, kerusakan pada *vibrator* dan *hoist crane*.
2. Kebocoran terjadi akibat kerusakan komponen *packing* yang disebabkan oleh kurangnya komunikasi dalam mempersiapkan komponen yang akan dipasang.
3. Didapatkan *maintenance task* yang tepat menggunakan Logic Tree Analysis (LTA). Dari 4 komponen yang dianalisis didapatkan 3 kategori *maintenance* yaitu: *predictive maintenance*, *preventive maintenance*, *proactive maintenance*. *Maintenance task* yang didapat sebagai berikut:
 - Komponen *packing* terdiri dari gasket, *seal*, dan *packing gland*. Pemeliharaan gasket dengan *proactive maintenance*, tindakan yang diambil yaitu melakukan *redesign* material gasket yaitu *graphite* gasket dan memperbaiki prosedur penggantian gasket. Pemeliharaan *seal* dengan *proactive maintenance*, tindakan yang diambil yaitu melakukan *redesign* pada sambungan dan ketebalan *red silicone rubber sheet*. Pemeliharaan *packing gland* dengan *preventive maintenance*, tindakan yang diambil yaitu mengencangkan baut penekan *packing gland* setiap proses *cleaning* selesai dilakukan.
 - Pemeliharaan *flange* sambungan pipa dengan *predictive maintenance* untuk *flange face* aus dan

preventive maintenance untuk baut *flange* kendor, tindakan yang diambil yaitu mengecek kerusakan *flange face* pada saat ditemukan kerusakan pada gasket dan mengukur kekencangan baut *flange* pada saat proses *cleaning*.

- Pemeliharaan *vibrator* dengan *predictive maintenance* untuk motor yang digunakan mati dan *proactive maintenance* untuk motor yang digunakan hanya satu untuk menggerakkan dua *shaft*, tindakan yang dilakukan yaitu mengecek getaran *shaft* tidak boleh < 225 rpm dan menambah satu motor sesuai dengan desain awal.
4. Dengan melakukan maintenance task yang direkomendasikan, diperkirakan *sulphur filter* FIL-1001A/B mengalami penurunan biaya *maintenance cost* sebesar Rp 28.373.555,00/tahun.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari tugas akhir ini adalah:

1. Metode pemeliharaan dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dapat diterapkan dalam sistem pemeliharaan seluruh sistem di PT Petrokimia Gresik *Unit Sulphur Handling*.
2. PT Petrokimia Gresik diharapkan mendata atau menyimpan secara lengkap seluruh data kerusakan yang terjadi pada seluruh sistem.
3. Diperlukan pencatatan pada setiap kegiatan pemeliharaan yang dilakukan. Sehingga, tindakan pemeliharaan yang dilakukan dapat mempertimbang mengenai kondisi komponen dan perkiraan biaya yang harus dikeluarkan untuk perbaikan maupun penggantian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alghofari, A. K., Djunaidi, M., & Fauzan, A. (2006). Perencanaan Pemeliharaan Mesin Ballmill Dengan Basis RCM (Reliability Centered Maintenance).
- Amalia, Z. (2016). *Perancangan Sistem Pemeliharaan Pada Turbin 103-JT Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Studi Kasus: PT Petrokimia Gresik Unit Amonia Pabrik I)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Barai, R., Kadam, A., Harde, A., & Barve, P. (2012). Reliability-Centered Maintenance Methodology for Goliath Crane of Transmission Tower. *Mechanical and Civil Engineering*, 20-27.
- Dewi, D. L. (2017). *Perancangan dan Penerapan Sistem Pemeliharaan dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Studi Kasus: Automatic Block Subsystem Hard Capsule Machine PT Kapsulindo Nusantara)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Moubray, J. (1997). *Reliability Centered Maintenance II, 2nd Edition*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- NASA. (2008). *Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment*.
- Wulandari, T. (2011). *Analisis Kegagalan Sistem dengan Fault Tree*. Depok: Universitas Indonesia.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Amanda Putri Dwima lahir di Gresik, 16 Februari 1995. Anak perempuan kesayangan dari pasangan Adi Sukaryawan dan Nur Hidayati merupakan anak terakhir dari dua bersaudara. Riwayat pendidikan penulis dimulai dari TK Bhayangkari Babat, SD Negeri 7 Babat, SMP Negeri 1 Babat, SMA Negeri 1 Babat. Kemudian penulis melanjutkan pendidikannya di jenjang S1 Departemen Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dengan

bidang studi Rekayasa Sistem Industri.

Penulis aktif dalam kegiatan kreatifitas dan inovasi mahasiswa sebagai *Official Coordinator* Barunastra RoboBoat ITS Team yaitu tim yang melakukan riset khusus bidang *Autonomous Boat* di ITS. Selain itu, penulis juga aktif dalam kegiatan kemahasiswaan sebagai Staff Divisi Umum Lembaga Bengkel Mahasiswa Mesin yaitu organisasi yang bergerak dalam bidang otomotif di Teknik Mesin ITS. Penulis pernah mengikuti pelatihan *Quality Management System* oleh ROBERE & ASSOCIATES. Penulis juga mengikuti berbagai pelatihan manajemen diri dan kegiatan pengembangan diri yang diselenggarakan kampus. Untuk semua informasi dan masukan terkait tugas akhir ini dapat menghubungi penulis melalui email amandaputridwima@gmail.com