



**TUGAS AKHIR TF 141581**

**IMPLEMENTASI RELIABILITY CENTERED  
MAINTENANCE PADA PROSES PELEBURAN  
POLIMER KERAMIK DI PT. FERRO INDONESIA**

MUHAMMAD FAIZAL  
NRP 2414.106.015

Dosen Pembimbing :  
Hendra Cordova, ST, M.T.

Departemen Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2016



**FINAL PROJECT TF 141581**

**IMPLEMENTATION OF RELIABILITY CENTERED  
MAINTENANCE (RCM) ON POLYMER MELTING  
CERAMICS SYSTEM AT PT. FERRO INDONESIA**

MUHAMMAD FAIZAL  
NRP 2414.106.015

*Advisor Lecturer :*  
Hendra Cordova, ST, MT.

*Department of engineering physics  
Faculty of industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2016*

**LEMBAR PENGESAHAN**

**IMPLEMENTASI *RELIABILITY CENTERED*  
MAINTENANCE (RCM) PADA PROSES PELEBURAN  
POLIMER KERAMIK DI PT. FERRO INDONESIA**

**TUGAS AKHIR**

**OLEH:  
MUHAMMAD FAIZAL  
NRP. 2414.106.015**

**Surabaya, Januari 2017**

**Mengetahui/Menyetujui,**

**Ketua Jurusan  
Teknik Fisika FTI – ITS**

**Agus Muhammad Hatta, ST, Ms, Ph.D  
NIP:19650309-199002 1 001**

**Dosen Pembimbing ,**



**Hendra Cordova, ST, MT  
NIP:19690530 199412 1 001**



***Halaman ini sengaja dikosongkan***

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**IMPLEMENTASI *RELIABILITY CENTERED  
MAINTENANCE (RCM)* PADA PROSES PELEBURAN  
POLIMER KERAMIK DI PT. FERRO INDONESIA**

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

Oleh :

**MUHAMMAD FAIZAL**  
**NRP. 2414.106.015**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

- 1...Hendra Cordova, ST, MT.....<sup>P</sup>.....(Dosen Pembimbing)
- 2...Dr. Ir. Totok Sochartanto, DEA.....<sup>T</sup>.....(Dosen Penguji I)
- 3...Dr. Katherin Indriawati ST, MT.....<sup>K</sup>.....(Dosen Penguji II)

---

**SURABAYA**  
**Januari 2017**

***Halaman ini sengaja dikosongkan***

## **“IMPLEMENTASI *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)* PADA PROSES PELEBURAN POLIMER KERMAIK DI PT. FERRO INDONESIA”**

**Nama Mahasiswa** : Muhammad Faizal  
**NRP** : 2414.106.015  
**Departemen** : Teknik Fisika, FTI-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Hendra Cordova, ST. MT

### ***Abstrak***

Pemeliharaan merupakan suatu proses yang dilakukan untuk menjaga keandalan, ketersediaan dan sifat mampu rawat peralatan atau mesin. Program pemeliharaan yang efektif dan efisien akan mendukung peningkatan produktifitas sistem produksi. Namun seringkali program pemeliharaan mengabaikan kebutuhan aktual dari peralatan atau mesin. Untuk mendapatkan program pemeliharaan yang efektif dan efisien serta sesuai dengan kebutuhan mesin diperlukan studi kebutuhan pemeliharaan berdasarkan kehandalan, *Reliability Centered Maintenance (RCM)* adalah suatu analisis sistematis berdasarkan resiko (*risk*) untuk menciptakan metode pemeliharaan yang akurat, fokus dan optimal dengan tujuan mencapai keandalan optimal dari aset. Studi RCM telah dilakukan pada mesin-mesin rotari, khususnya pompa, di industri pengolah minyak dan gas. Studi dilakukan dengan mengikuti tujuh langkah RCM, termasuk didalamnya adalah penentuan lingkup studi, *Failure Mode and Effect Analysis*, *Logic Tree Analysis* dan penetapan strategi pemeliharaan. Analisis resiko berdasarkan pada matrik resiko yang disusun melalui konsensus semua pemangku kepentingan. Matrik resiko meliputi bidang-bidang kejadian (*occurrence*), deteksi (*detection*), serta tingkat resiko (*severity*) pada aspek ekonomi (*economy*) kesehatan dan keselamatan (*health & safety*), lingkungan (*environment*.) Selanjutnya berdasarkan matrik resiko ini dihitung *Risk Priority Number (RPN)*. Berdasarkan nilai RPN dan *Logic Tree Analysis*, disusunlah strategi pemeliharaan untuk setiap jenis *failure mode*. Hasil studi menunjukkan bahwa jadwal *preventive*

*maintenance* untuk semua peralatan berkisar antara 3500 s/d 11500 jam operasi. Studi RCM juga telah berhasil menetapkan strategi pemeliharaan yang sesuai untuk setiap *failure mode* yang selanjutnya dijadikan dasar penyusunan program pemeliharaan yang baru.

**Kata Kunci:** Pemeliharaan, pompa, RCM, FMEA, resiko, strategi pemeliharaan

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**“IMPLEMENTATION OF RELIABILITY CENTERED  
MAINTENANCE (RCM) ON POLYMER MELTING  
CERAMICS SYSTEM AT PT. FERRO INDONESIA”**

**Name** : Muhammad Faizal  
**NRP** : 2414.106.015  
**Department** : *Engineering Physics, FTI-ITS*  
**Advisor** : Hendra Cordova, ST. MT

***Abstract***

*In the final research carried Implementation singer reliability centered maintenance (RCM) at ceramic polymer Smelting process in PT. Ferro Indonesia. Consolidation of ceramic polymer system comprises several subsystems from where every subsystem consists from several components Supporting functions combustion process and producing ceramic polymers well as increasing quality findings. Singer study aims to review determine critical components that affects the reliability of systems, analyzing the impact the reliability components on maintenance system effective prevention determine the effort to review anticipate the failure, and provide input to the review included put in RCM desktop software. Singer Research conducted with prayer That analysis of qualitative and quantitative analysis of at each constituent components of the System. The results indicate that the on critical component system Is Singer front O<sub>2</sub> burner proportional valve (S1BR-PV06), weighing wontrol, flow transmitter and motorized conveyor. every subsystem reliability value is a mass hopper, feeder motor, burner and conveyor. The subsystem reliability value Ie hopper mass of 0.7475 in 3000 hours of operation, amounting to 0.7484 feeder in 1000 hours of operation, amounting to 0.7902 burner in 3000 hours and conveyor of 0.7165 in 2000 hours operation.*

***Keywords*** : RCM, critical components, and type maintenance

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir beserta laporanya yang berjudul :

### **“IMPLEMENTASI *REALIBILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)* PADA PROSES PELEBURAN POLIMER KERAMIK DI PT. FERRO INDONESIA”**

Selama pengerjaan tugas akhir ini, penulis telah mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Agus Muhamad Hatta, ST, MSi, Ph.D selaku Kepala Jurusan Teknik Fisika ITS Surabaya yang telah memberikan arahan selama menjalani masa perkuliahan hingga menyelesaikan tugas akhir ini
2. Bapak Hendra Cordova, ST. MT atas kesabarannya yang telah membimbing, memotivasi dan memberikan banyak pengetahuan kepada penulis selama pengerjaan tugas akhir hingga penyusunan laporan.
3. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA, Ibu Dr. Katherin Indriawati ST, MT, Bapak Dr. Dhany Arifianto, ST., M.Eng. selaku dosen penguji tugas akhir yang telah membimbing, memotivasi dan memberikan banyak pengetahuan kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Seluruh karyawan dan karyawan Teknik Fisika ITS atas pelayanan yang diberikan.
5. Bapak, Ibu, Adik-adik dan seluruh keluarga yang telah menjadi inspirasi dan motivas penulis dalam menyelesaikan studi di jurusan Teknik Fisika FTI ITS
6. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua

pihak demi tercapainya hasil yang lebih baik. Semoga laporan tugas akhir ni dapat memberikan manfaat bagi semua pihak

Surabaya, Januari 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

	Hal.
LEMBAR JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK .....	vii
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xix

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	8
1.3 Tujuan .....	9
1.4 Batasan Masalah .....	9

### BAB II TEORI PENUNJANG

2.1 Keandalan ( <i>Realibility</i> ) .....	12
2.2 <i>Maintainability</i> .....	12
2.3 <i>Availability</i> .....	12
2.4 Laju Kegagalan ( <i>Failure Rate</i> ).....	13
2.4.1.....Distribusi Normal.....	13
2.4.2.....Distribusi Lognormal.....	14
2.4.3.....Distribusi Weibull.....	15
2.4.4.....Distribusi Eksponensial.....	16
2.5 <i>Preventife Maintenance</i> .....	17
2.6 <i>Realibility Centered Maintenance</i> .....	19
2.6.1..... <i>System Function &amp; Function Failure</i> .....	19
2.6.2..... <i>Failure Mode &amp; Effect Analysis</i> .....	20
2.6.3.....Konsekuensi Kegagalan ( <i>Failure Consequence</i> ) .	22
2.6.4..... <i>Saverity Class Type</i> .....	23
2.6.5..... <i>Proactive Task &amp; Initial Interval</i> .....	24
2.6.6..... <i>Default Action</i> .....	24

### **BAB III METODOLOGI**

3.1	Diagram Alir Penelitian .....	27
3.2	Proses RCM .....	28
3.2.1.	Penentuan Sistem.....	28
3.2.1.1	<i>Equipment</i> Pompa/Motor.....	28
3.2.1.2	<i>Equipment Pressure Transmitter</i> .....	28
3.2.1.3	<i>Equipment Proportional Valve</i> .....	29
3.2.2.	Batasan Sistem Pompa/Motor.....	29
3.2.2.1	Batasan Sistem Pompa/Motor .....	29
3.2.2.2	Batasan Sistem Flow Transmitter .....	29
3.2.2.3	Batasan Sistem Proportional Valve ..	30
3.2.3.	Definisi Fungsi Sistem .....	30
3.2.3.1	Definisi Fungsi Sistem Pompa .....	30
3.2.3.2	Definisi Fungsi Sistem Pressure Transm .....	30
3.2.3.3	Definisi Fungsi Sistem Porportional Valve.....	31
3.2.4.	Definisi Kegagalan Fungsi .....	31
3.2.4.1	Definisi Kegagalan Fungsi Pompa .	31
3.2.4.2	Definisi Kegagalan Fungsi PT .....	31
3.2.4.3	Definisi Kegagalan Fungsi PV .....	32
3.2.5.	<i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i> .....	32
3.2.6.	Penentuan Penyebab Kegagalan .....	32
3.2.7.	Pemilihan Tinda Pemeliharaan yang Sesuai .....	33
3.3	Alur Proses Kerja Peleburan Polimer Keramik .....	34
3.3.1	<i>Mass Hopper</i> .....	34
3.3.2	<i>Feeder</i> .....	34
3.3.3	<i>Burner</i> .....	34
3.3.4	<i>Conveyor</i> .....	35
3.3.5	<i>Diagram Funtion</i> dari seluruh subsistem .....	36
3.4	Analisa Kuantitatif .....	36
3.4.1	Penentuan Nilai <i>Time to Failure (TTF)</i> .....	36
3.4.2	Penentuan Nilai <i>Mean Time to Failure (MTTF)</i>	

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1	Rekoleksi Data.....	41
4.2	Penentuan HAZOP dan Resiko .....	42
4.3	Proses RCM .....	56
	4.3.1 Penentuan Sistem .....	57
	4.3.2 Penentuan Batasan Sistem .....	57
	4.3.3 Definisi Fungsi Sistem .....	58
	4.3.4 Definisi Kegagalan Fungsi .....	58
	4.3.5 Failure Mode and Effect Analysis .....	66
	4.3.6 Penentuan Penyebab Kegagalan .....	66
	4.3.7 Pemilihan Tindak Pemeliharaan yang Sesuai ....	66
4.4	<i>Schedule Maintenance</i> dan kehandalan Sistem .....	69
	4.4.1 Subsistem <i>Mass Hopper</i> .....	69
	4.4.2 Subsistem <i>Feeder</i> .....	72
	4.4.3 Subsistem <i>Burner</i> .....	74
	4.4.4 Subsistem <i>Conveyor</i> .....	80

## **BAB V PENUTUP**

5.1.....	Kesimpulan .....	83
5.2.....	Saran .....	85
5.3.....	Daftar Pustaka .....	87
5.4.....	Biodata Diri .....	89

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

***Halaman Ini Sengaja Dikosongkan***

## DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 2.1 P&ID Smelter .....	11
Gambar 2.2 Grafik kehandalan sistem <i>increase failure rate</i> .	18
Gambar 2.3 Grafik kehandalan sistem <i>decrease failure rate</i> .	18
Gambar 2.4 Diagram <i>default action</i> .....	25
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	27
Gambar 3.2 Diagram RCM .....	33
Gambar 3.3 <i>Diagram Function Smelter</i> .....	36
Gambar 3.4 Nilai AVGOF, AVPLOT dan LKV Reliasoft ...	37
Gambar 3.5 Tampilan ranking distribusi pada Reliasoft ....	38
Gambar 3.6 Grafik laju kegagalan weibull 2 .....	39
Gambar 3.7 Grafik laju kegagalan eksponensial .....	39
Gambar 3.8 Grafik laju kegagalan lognormal .....	40
Gambar 3.9 Tampilan nilai parameter sistem yang terpilih ..	40
Gambar 4.1 Gambar <i>Risk Matrix</i> .....	48
Gambar 4.2 Batasan sistem motor <i>feeder</i> .....	58
Gambar 4.3 Form 1 Definisi Seleksi Sistem .....	60
Gambar 4.4 Form 2 Definisi Batasan Sistem .....	62
Gambar 4.5 Form 3 Detail Batasan Sistem.....	63
Gambar 4.6 Form 4 Diagram P&ID fungsi .....	65
Gambar 4.7 Perbandingan kehandalan <i>Mass Hopper</i> .....	71
Gambar 4.8 Perbandingan kehandalan <i>Feeder</i> .....	73
Gambar 4.9 Perbandingan kehandalan <i>Burner</i> .....	78
Gambar 4.10 Perbandingan kehandalan <i>Conveyor</i> .....	81

***Halaman Ini Sengaja Dikosongkan***

## DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 1.1 Hubungan <i>reliability, maintainability, availability</i> ....	4
Tabel 4.1 Identifikasi <i>Hazard</i> dan resiko.....	43
Tabel 4.2 Kriteria <i>Likelihood</i> .....	45
Tabel 4.3 Kriteria <i>Consequences</i> .....	46
Tabel 4.4 Temuan potensi bahaya ( <i>Risk level</i> ).....	49
Tabel 4.5 Jenis perawatan dan interval PM <i>Mass Hopper</i> .....	70
Tabel 4.6 Jenis perawatan dan interval PM <i>Feeder</i> .....	72
Tabel 4.7 Jenis perawatan dan interval PM <i>Burner</i> .....	75
Tabel 4.8 Jenis perawatan dan interval PM <i>Conveyor</i> .....	80

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Proses *maintenance* (pemeliharaan) merupakan kegiatan yang harus dilakukan dalam kehidupan. Kegiatan pemeliharaan merupakan usaha untuk menjaga agar suatu benda/hal dapat terus memberikan nilai fungsi yang optimal selama masa kerjanya. Proses mempertahankan fungsi menjadi sangat penting dalam dunia industri. Suatu industri mengoperasikan berbagai macam peralatan untuk dapat menghasilkan produk dengan efisien. Dapat dikatakan, kebanyakan peralatan ini memiliki biaya awal (starting cost) tinggi. Namun biaya tersebut tertutupi dengan estimasi break-even. Estimasi ini mengkalkulasi jumlah waktu (atau jam kerja) yang harus dipenuhi oleh peralatan guna menutupi biaya awal. Setelah biaya awal terbayar, peralatan tersebut menghasilkan keuntungan (profit). Oleh karena itu, dalam dunia industri penting untuk menjaga fungsi peralatan tetap optimal baik selama masa break-even dan setelah masa break-even. Proses tersebut dilakukan dengan pemeliharaan.

*Reliability, availability, maintainability* sebagai tujuan utama dilakukan proses pemeliharaan. Menurut *McGraw-Hill Concise Encyclopedia of Engineering [1]* “*Reliability* adalah kemungkinan suatu sistem akan melaksanakan fungsi/kinerja dengan memuaskan; di dalam lingkungan kerja dan kondisi operasi tertentu.” *Reliability* berurusan dengan pengurangan dari frekuensi terjadinya kegagalan terhadap interval waktu tertentu.

Keuntungan dari periode lama tanpa kegagalan akan meningkatkan kapasitas produksi. Di saat yang bersamaan, sedikitnya kegagalan juga menjadi penghematan biaya karena berkurangnya penggunaan sumber daya serta waktu kerja untuk pemeliharaan. Peningkatan *reliability* terjadi dengan penambahan biaya kapital, namun dengan harapan bahwa akan terjadi pengurangan downtime serta biaya *maintenance* yang lebih rendah, sehingga biaya-biaya awal akan tertutupi dari peningkatan pemasukan karena peningkatan *reliability*.

Dalam perhitungan reliability seperti pada rumusan diatas, failure rate dapat dianggap konstan, namun dalam perhitungan lebih lanjut failure rate dapat tidak konstan sesuai dengan pertimbangan *failure mode*, antara lain *infant mortality* (pengurangan *failure rate* seiring dengan waktu), *chance failure* (*failure rate constant*) atau *wear out* (peningkatan *failure rate* seiring dengan waktu).

Menurut *McGraw-Hill Concise Encyclopedia of Engineering* [1] “Maintainability adalah kemungkinan bahwa proses pemeliharaan akan menjaga, atau mengembalikan, fungsi/kinerja dari sistem dalam kurun waktu tertentu.” *Maintainability* membandingkan durasi (waktu) untuk pengerjaan suatu proses pemeliharaan terhadap suatu datum. Datum yang dipergunakan adalah proses pemeliharaan tersebut oleh seorang teknisi dengan skill level tertentu, mengikuti prosedur dan menggunakan sumber daya tertentu, pada tiap tingkat perawatan. Keluaran dari *maintainability* adalah *mean time to repair* (MTTR) serta batas durasi maksimum untuk suatu pekerjaan pemeliharaan. Beberapa faktor yang mempengaruhi *maintainability* adalah

- a. *active repair time* (fungsi dari desain, pelatihan, dan skill dari teknisi pemeliharaan),
- b. *logistic time* (waktu yang hilang untuk proses supply),
- c. *administratif time* (fungsi dari struktur operasi dari organisasi yang bersangkutan).

Menurut *McGraw-Hill Concise Encyclopedia of Engineering*[9] “*Availability* adalah kemungkinan bahwa kinerja sistem memuaskan, dan hal ini bergantung pada *reliability* dan *maintainability*.” *Availability* berhubungan dengan durasi *up-time* untuk suatu proses dan merupakan suatu pengukuran akan seberapa sering sistem “sehat”. Umumnya dirumuskan sebagai ( $up-time / up-time + downtime$ ). Apabila *up-time* merupakan kondisi sehat, maka *downtime* sebagai kebalikan dari *up-time*; kondisi dimana sistem tidak sehat/berjalan dengan sesuai. Mengutip dari referensi “*Availability, Reliability, Maintainability, and Capability*”[2], *Availability* berhubungan dengan 3 hal utama yaitu (*Davidson 1988*) :

1. Memperpanjang waktu menuju failure,
2. mengurangi downtime akibat perbaikan atau perawatan berkala,
3. melaksanakan poin 1 dan 2 dengan cara yang efektif. Akibat peningkatan availability, pemasukan meningkat karena peralatan dapat bekerja lebih lama.

Mengutip dari referensi “*Availability, Reliability, Maintainability, and Capability*”[2] juga, tiga istilah *availability* yang umum (Ireson 1996),

*Inherent availability*, dirasakan oleh pekerja pemeliharaan adalah  $A_i = \text{MTBF}/(\text{MTBF} + \text{MTTR})$

\*MTBF=Mean Time Between Failure

\*MTTR=Mean Time to Repair

*Achieved availability*, dirasakan oleh departemen pemeliharaan, adalah  $A$

$a = \text{MTBM}/(\text{MTBM} + \text{MAMT})$

\*MTBM=Mean Time Between Maintenance

\*MAMT=Mean Active Maintenance Time

*Operational availability*, dirasakan oleh *user*, adalah

$A_o = \text{MTBM}/(\text{MTBM} + \text{MDT})$

\*MDT=Mean Down Time

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang kuantitatif, harus ditentukan nilai terendah dari *operational availability*. Nilai terendah ini menjadi batas, yang mana apabila *operational availability* dari sistem/proses turun dibawah nilai tersebut, dikatakan terjadi kegagalan (*failure*) fungsi. Umumnya, satu metode untuk menentukan nilai tersebut adalah dengan menetapkan pada berapa persen dari *availability*, sistem mulai membawa kerugian finansial dalam pengoperasiannya.

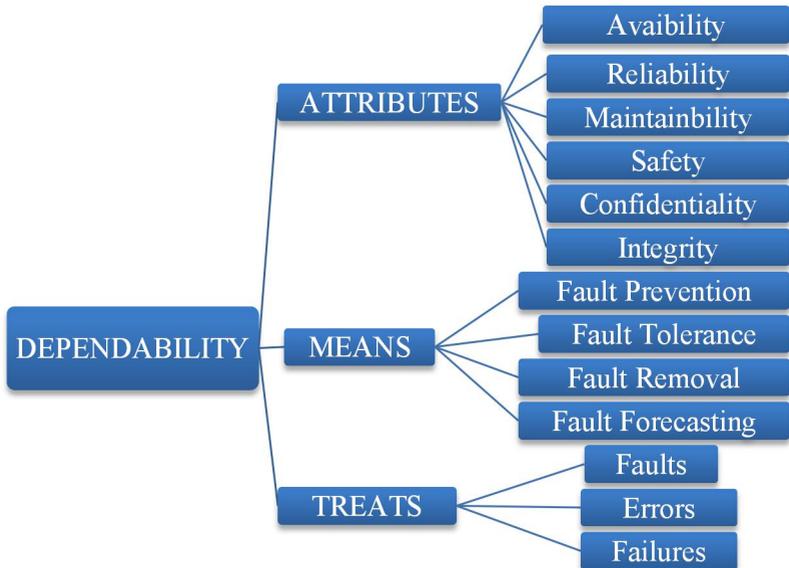
Hubungan antara *availability*, *reliability* dan *maintainability* ditampilkan pada tabel 1.1. Ketiga hal tersebut dalam suatu sistem menghasilkan *dependability* dari peralatan/proses. Dependability adalah kondisi dimana suatu sistem memiliki keandalan (dalam bahasa inggris, reliable).

Dependability terdiri dari 3 hal utama, yaitu attributes (atribut),

means (cara) dan threats (ancaman).

Tabel 1.1 Hubungan antara *reliability*, *maintainability*, *availability*, sumber: weibull.com

	<i>Realiability</i>		<i>Maintainbility</i>	<i>Avaibility</i>
	<i>Constant</i>		<i>Decreases</i>	<i>Decreases</i>
	<i>Constant</i>		<i>Increases</i>	<i>Increases</i>
	<i>Increases</i>		<i>Constant</i>	<i>Decreases</i>
	<i>Decreases</i>		<i>Constant</i>	<i>Decreases</i>



Dapat dilihat bahwa dari aspek *attributes*, *dependability* berhubungan erat dengan *reliability*, *maintainability*, *availability*. Hal ini karena dari banyak aspek yang mempengaruhi, aspek

yang bersifat kuantitatif dari pengukuran langsung antarlain *reliability* dan *availability*. Aspek lainnya umumnya bersifat lebih subjektif.

*Threats* adalah aspek-aspek yang dapat mempengaruhi sistem, dan menurunkan nilai *dependability*. Antara lain *threats* dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu *errors*, *faults*, dan *failures*. *Errors* adalah kondisi ketidaksesuaian antara perilaku (kerja) yang diharapkan terhadap perilaku (kerja) aktual dari sistem. *Faults* adalah cacat bawaan dari sistem, dan umumnya bersifat tak aktif hingga terjadi aktivasi. *Faults* dikatakan sebagai penyebab teoritis dari *error*, karena *error* terjadi saat sistem mengalami aktivasi *fault*. *Failure* adalah kejadian saat sistem menunjukkan perilaku yang berkebalikan dengan perilaku yang seharusnya. *Failures* tercatat pada tingkat sistem *boundary*. *Failures* pada dasarnya adalah *error* yang mengalami propagasi sampai tingkat sistem sehingga *error* tersebut dapat diamati. *Faults*, *errors* dan *failures* selalu terjadi menurut suatu mekanisme, yang dinamakan *fault-error-failure chain*. *Fault-error-failure chain* yang terlalu banyak pada suatu sistem menjadi penyebab turunnya ketergantungan dari sistem tersebut, oleh karena itu penting agar *fault error-failure chain* dikurangi. Metode-metode untuk mendapatkan *dependability* dinamakan *means* (cara) di dalam *tree* yang tercantum sebelumnya. *Means* secara garis besar antara lain

1. *fault prevention*,
2. *fault removal*,
3. *fault forecasting*,
4. *fault tolerance*.

*Fault prevention* adalah proses pencegahan agar *fault* tidak tertanam dalam sistem. Hal ini dicapai dengan metodologi pengembangan dan implementasi teknik yang baik. *Fault removal* dibagi menjadi dua, yaitu penghilangan saat pengembangan dan penghilangan saat penggunaan. *Fault* dapat dihilangkan dengan memastikan bahwa *fault* tersebut terdeteksi dan dihilangkan sebelum sistem diproduksi, lalu saat pengoperasian *fault* yang timbul dicatat untuk kemudian dapat dihilangkan saat

pemeliharaan. *Fault forecasting* memperkirakan fault yang mungkin timbul dan menghilangkan fault tersebut. *Fault tolerance* menambahkan suatu mekanisme agar sistem dapat tetap memberi kinerja meskipun adanya fault, walaupun kinerja pada tingkat yang lebih rendah..

Dependability penting dalam industri manapun, terutama bagi industri proses seperti kilang gas alam karena proses pengolahan gas agar efisien waktu dan biaya harus dilakukan secara kontinyu selama 24 jam, terkadang sampai 356 hari dalam setahun. Kejadian apapun yang menyebabkan kegiatan pengolahan tidak optimal bahkan sampai terhenti akan membawa kerugian dalam skala yang cukup signifikan bagi industri tersebut, bahkan bagi industri yang mengoperasikan lebih dari satu lini produksi.

Paradigma yang berlaku dalam dunia pemeliharaan adalah lebih baik mencegah daripada mengobati. Preventive maintenance adalah inspeksi periodik untuk mendeteksi kondisi yang mungkin menyebabkan kerusakan, produksi terhenti, atau berkurangnya fungsi peralatan. Preventive maintenance adalah deteksi dan penanganan dini kondisi abnormal mesin sebelum kondisi mesin tersebut menyebabkan cacat atau kerugian yang lebih besar[4]. *Preventive maintenance* termudah dilakukan dengan tiga cara paling umum, yaitu *essential care*, *fixed time maintenance*, dan *condition monitoring*. *Essential care* merupakan proses pemeliharaan dan perawatan kepada bagian-bagian terpenting peralatan - bagian-bagian peralatan yang berhubungan langsung dengan fungsi peralatan tersebut. *Fixed time maintenance* merupakan proses pemeliharaan berkala peralatan. Termasuk dalam proses perawatan ini adalah penggantian suku cadang, penyetelan ulang, dan lain sebagainya. Proses ini memakan biaya karena membutuhkan suku cadang, personil, dan waktu shut down peralatan. Oleh karena itu, pemeliharaan ini dilakukan dengan batasan waktu (time constrain) untuk mendapatkan rasio terbaik antara kegiatan pemeliharaan dan produktivitas mesin. *Condition monitoring* merupakan metode pemantauan kondisi peralatan untuk memutuskan apakah

peralatan bekerja normal atau tidak. Proses ini dilakukan baik secara obyektif (mengumpulkan data dengan peralatan lainnya) maupun subyektif (menggunakan panca indera pelaku pemeliharaan).

Sayangnya, 72% sampai dengan 92% kegagalan mesin/peralatan tidak terjadi dalam suatu domain waktu[4]. Hal ini berarti bahwa proses fixed time maintenance tidak efektif. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengembangan metode maintenance. Salah satu metode analisis yang dilakukan adalah *Reliability Centered Maintenance*, atau biasa disebut RCM. RCM adalah suatu pendekatan sistematis berdasarkan resiko (*risk*) untuk menciptakan metode pemeliharaan yang akurat, fokus dan optimal dengan tujuan mencapai keandalan (*reliability*) optimal fasilitas[4]. RCM merupakan suatu metode yang sifatnya *continuous and ongoing process*. Artinya, proses ini dapat (bahkan sebaiknya) diulang untuk mendapatkan tingkat keandalan yang lebih tinggi lagi dari fasilitas. RCM merupakan metode yang sistematis karena memerlukan dilakukan beberapa tahapan sebelum dilakukan analisis dari data yang diperoleh. Tahapan tersebut antara lain adalah 7 questions, 7 step (metode penentuan batasan, fungsi, peralatan, business goals, dsb), *criticality assessment*, *Logic Tree Analysis*, *Root Cause Failure Analysis*, *Failure mode and Effects Analysis*, dan *task selection*. Hasil dari RCM merupakan suatu metode pemeliharaan gabungan yang khusus (*custom made*) bagi fasilitas tersebut.

Salah satu peralatan yang sangat umum dijumpai dalam industri manapun merupakan *rotating equipment*. *Rotating equipment* merupakan peralatan yang memindahkan cairan, padatan atau gas melalui suatu sistem penggerak (turbin, motor, mesin), sistem yang digerakkan (kompresor, pompa), sistem transmisi (gir, kopling, sambungan) dan peralatan penunjang (lube and seal system, sistem pendinginan, buffer gas system)[5]. Contoh *rotating equipment* antara lain pompa. *Rotating equipment* sangat umum di industri mana pun, karena hampir semua industri melakukan proses perpindahan fluida, padatan, maupun gas – baik itu termasuk proses produksi utama

maupun itu sebagai penunjang proses produksi. *Rotating equipment* merupakan salah satu zona dimana kejadian kegagalan akan terjadi. Hal ini karena ada banyak komponen, baik stasioner maupun bergerak, dan proses perpindahan energi. Selain itu, pada sistem ini peralatan dan benda yang dikerjakan bersentuhan langsung. *Rotating equipment* dipergunakan dalam berbagai ukuran dan kapasitas, dan masing-masing memiliki aplikasinya tersendiri. Karena *rotating equipment* merupakan sistem yang sangat *work and condition dependent*, proses pemeliharaan yang bersifat sangat umum tidak akan dapat menghasilkan *reliability* yang baik-perlu dilakukan peningkatan.

Atas dasar-dasar tersebut maka dilakukan pengembangan metode pemeliharaan untuk *rotating equipment* dengan menggunakan proses *Reliability Centered Maintenance*. Diharapkan dari proses RCM didapatkan suatu metode pemeliharaan *rotating equipment* yang komprehensif, namun dikhususkan pada sistem tersebut. Komprehensif karena studi dilakukan kepada keseluruhan sistem tersebut. Khusus karena faktor lingkungan, kondisi kerja dan lain sebagainya turut menjadi bahan pertimbangan dalam task selection process. Diharapkan sebagai hasil dari implementasi studi adalah peningkatan signifikan dalam keandalan kinerja peralatan *smelter* yang dilakukan analisa.

## 1.2 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas. Permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini adalah:

- a. Bagaimana menentukan komponen instrumen atau mekanik yang sering mengalami kegagalan.
- b. Bagaimana menentukan jadwal *preventive maintenance* pada tiap komponen berdasarkan *reliability*, *maintability*, dan *availability*.
- c. Bagaimana menentukan jenis tindakan pencegahan terjadinya kegagalan untuk menjaga serangkaian proses pembakaran.

### 1.3 Tujuan

Tujuan pada penelitian tugas akhir ini antara lain :

Penentuan Reliability Centered Maintenance pada proses peleburan polimer keramik di PT. Ferro Indonesia.

### 1.4 Batasan Masalah

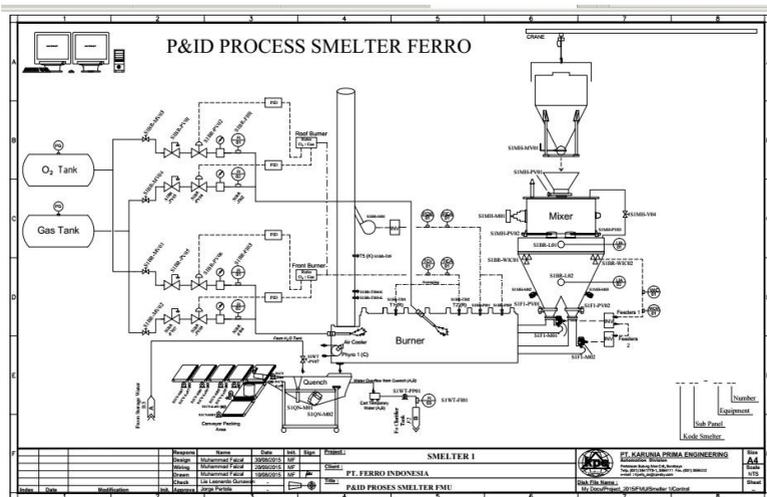
Agar penelitian ini tidak menimbulkan permasalahan yang meluas dan diluar topik yang diangkat, maka dibuat beberapa batasan masalah, yaitu.

- a. Analisa dilakukan pada seluruh rangkaian proses pembakaran yaitu *hoist, mass hopper, feeder, burner, quench, conveyor* dan *bagging* di PT. Ferro Indonesia.
- b. Seluruh data kegagalan dan kerusakan yang diidentifikasi yaitu selama kurun waktu 4 tahun, yaitu mulai tahun 2012 sampai Agustus 2016.
- c. *Software* yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu *software Reliasoft Weibull++* untuk menentukan distribusi kegaagalan atau kerusakan setiap komponen.
- d. Analisa kualitatif didapat dari hasil wawancara dengan narasumber di perusahaan untuk mengetahui bentuk kegagalan, penyebab kegagalan, komponen penyusun dan akibat yang akan ditimbulkan.
- e. Analisa kuantitatif berdasarkan dari *range* waktu data *maintenance* komponen kritis dan P&ID.

***Halaman ini sengaja dikosongkan***

## BAB II TEORI PENUNJANG

Burner adalah ruang pembakaran untuk melebur bahan yang dijadikan polimer untuk lapisan atas keramik. Terdapat beberapa tahap sebelum memulai proses pembakaran yaitu tekanan udara dan kandungan gas CO<sub>2</sub>. Tekanan dalam ruangan burner di control agar tekananya lebih kecil dari pada tekanan diluar agar saat proses pembakaran api tidak keluar ruangan [1] dan yang kedua yaitu gas CO<sub>2</sub> harus dihilangkan dengan cara ruangan burner diberi gas O<sub>2</sub>. Setelah kedua syarat tersebut selesai maka proses selanjutnya yaitu memberikan gas oksigen dan gas bakar sesuai rasio selama beberapa detik agar oksigen dan gas bakar tersebut memenuhi ruangan untuk menstabilkan saat proses pemantikan api [2]..



**Gambar 2.1.**P&ID Proses smelter peleburan polimer keramik

### 2.1 Keandalan (*Reliability*)

Keandalan atau *reability* merupakan besarnya probabilitas suatu komponen atau sistem untuk dapat beroperasi atau melaksanakan fungsinya dalam jangka waktu dan kondisi waktu tertentu (Ebeling, 1997). Dengan kata lain, keandalan merupakan kemungkinan suatu sistem atau komponen untuk tidak mengalami kegagalan atau dapat melaksanakan fungsinya selama periode waktu (t) tertentu. Nilai keandalan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.1 berikut.

$$R(t) = 1 - F(t) = \quad (2.1)$$

dimana :

$F(t)$  = *Cumulative Distribution Function* (CDF)

$R(t)$  = *Reliability Function*

$f(t)$  = *Probability Density Function* (PDF)

Evaluasi keandalan dapat ditentukan dengan menggunakan metode kuantitatif dan kualitatif.

## 2.2 *Maintainability*

*Maintainability* adalah kemampuan suatu komponen yang rusak untuk dirawat/diperbaiki agar kembali seperti keadaan semula dan dalam periode tertentu sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan. *Maintainability* memiliki rumus matematis yang berbeda-beda, bergantung dari distribusi datanya (Ebeling, 1997).

## 2.3 *Availability*

*Availability* adalah kemungkinan sebuah komponen untuk menjalankan fungsinya (dengan berbagai aspek keandalan, kemampuan perawatan, serta dukungan pemeliharaan). *Availability* juga dapat diartikan sebagai ketersediaan suatu komponen dalam jangka waktu tertentu. *Availability* yang berubah terhadap waktu dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Ebeling, 1997):

## 2.4 Laju Kegagalan (*Failure Rate*)

*Failure Rate* atau laju kegagalan ( $\lambda$ ) adalah banyaknya kegagalan per satuan waktu. Laju kegagalan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu tertentu dengan parameter total operasi komponen, subsistem, dan sistem. Laju kegagalan dapat dihitung dengan Persamaan 2.3 dan 2.4 berikut (Ebeling, 1997).

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

$$\lambda = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.4)$$

dimana:

$f$  = Banyaknya kegagalan selama jangka waktu operasi

$T$  = Total waktu operasi

Distribusi laju kegagalan terbagi menjadi 4 jenis yang akan dijelaskan lebih lanjut sebagai berikut.

#### 2.4.1 Distribusi Normal

Distribusi normal atau biasa disebut distribusi gaussian merupakan salah satu jenis distribusi yang paling sering digunakan untuk menjelaskan penyebaran data. *Probability Density Function* (PDF) dari distribusi normal adalah simetris terhadap nilai rata-rata (*mean*). Dispersi terhadap nilai rata-rata distribusi normal diukur berdasarkan nilai standar deviasi. Dengan kata lain parameter distribusi normal adalah *mean* dan standar deviasi. PDF dari distribusi normal dapat ditulis seperti Persamaan 2.5 berikut (Ebeling, 1997) :

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{t - \mu}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (2.5)$$

Jika distribusi waktu antar kegagalan suatu sistem mengikuti distribusi *normal*, maka [6]:

a. Fungsi keandalan distribusi *normal* adalah:

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) \quad (2.6)$$

b. Laju kegagalan distribusi *normal* adalah:

$$\lambda(t) = \frac{\exp[-(t - \mu)^2 / 2\sigma^2]}{\int_t^{\infty} \exp[-(t - \mu)^2 / 2\sigma^2] dt} \quad (2.7)$$

### 2.4.2 Distribusi Lognormal

Pada saat variabel acak T (waktu kegagalan) mempunyai distribusi lognormal, logaritma T memiliki distribusi normal. Fungsi kerapatan peluang untuk distribusi lognormal ditunjukkan pada Persamaan 2.10 berikut (Ebeling, 1997).

$$f(t) = \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad (2.10)$$

Karakteristik distribusi lognormal memiliki dua parameter, yaitu parameter lokasi ( $\mu$ ) dan parameter skala ( $\sigma$ ), sama dengan standar deviasi. Jika distribusi waktu antar kegagalan mengikuti distribusi lognormal, maka (Ebeling, 1997) :

a. Fungsi keandalan distribusi lognormal adalah:

$$R(t) = 1 - \int_0^t \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right)^2\right] dt \quad (2.11)$$

b. Laju kegagalan distribusi lognormal adalah:

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

(2.12)

c. Waktu rata-rata kegagalan distribusi lognormal adalah:

$$\text{MTTF} = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \quad (2.13)$$

### 2.4.3 Distribusi Weibull

Pada analisis keandalan, distribusi *weibull* telah digunakan secara luas. Penambahan parameter di dalam distribusi *weibull* dapat merepresentasikan banyaknya *probability density function* (PDF), sehingga distribusi ini dapat digunakan untuk variasi data yang luas. Karakteristik distribusi *weibull* adalah memiliki beberapa parameter pada distribusinya, yaitu dua parameter ( $\eta, \beta$ ) dan tiga parameter ( $\eta, \beta, \gamma$ ). Berikut ini adalah fungsi dari parameter distribusi *weibull* :

- a.  $\eta$ , sebagai parameter skala (*scale parameter*),  $\eta > 0$ , disebut sebagai *characteristic life*.
- b.  $\beta$ , sebagai parameter bentuk (*shape parameter*),  $\beta > 0$ , mendeskripsikan bentuk dari PDF.
- c.  $\gamma$ , sebagai parameter lokasi (*locations parameter*), yaitu merepresentasikan *failure-free* atau awal periode dari penggunaan alat. Jika  $\gamma = 0$  maka distribusi akan berubah menjadi 2 parameter.

PDF distribusi *weibull* ditunjukkan pada Persamaan 2.15 berikut (Ebeling, 1997).

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left[ \left( \frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta - 1} \right] \exp \left[ - \left( \frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta} \right] \quad (2.15)$$

Jika distribusi waktu kegagalan suatu komponen, subsistem, ataupun sistem mengikuti distribusi *weibull*, maka (Ebeling, 1997) :

a. Fungsi keandalan distribusi *weibull* adalah:

$$R(t) = \exp\left\{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right\} \quad (2.16)$$

b. Laju kegagalan distribusi *weibull* adalah:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left[\frac{t-\gamma}{\eta}\right]^{\beta-1} \quad (2.17)$$

Saat nilai  $\beta$  kurang dari 1, penurunan fungsi laju kegagalan akan diperoleh. Saat nilai  $\beta$  lebih dari 1, peningkatan fungsi laju kegagalan akan diperoleh. Sedangkan apabila nilai  $\beta$  sama dengan 1 menunjukkan fungsi distribusi eksponensial.

c. Waktu rata-rata kegagalan distribusi *weibull* adalah:

$$\text{MTTF} = \gamma + \eta\Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (2.18)$$

#### 2.4.4 Distribusi Eksponensial

PDF distribusi eksponensial ditunjukkan pada Persamaan 2.20 berikut (Ebeling, 1997) :

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda(t-\gamma)}, t > 0, \lambda > 0, t \geq \gamma \quad (2.20)$$

Jika distribusi waktu antar kegagalan suatu sistem mengikuti distribusi eksponensial, maka (Ebeling, 1997) :

a. Fungsi keandalan distribusi eksponensial adalah:

$$R(t) = e^{-\lambda(t\gamma)} \quad (2.21)$$

b. Laju kegagalan distribusi eksponensial adalah:

$$\lambda(t) = \lambda \quad (2.22)$$

c. Waktu rata-rata kegagalan distribusi eksponensial adalah:

$$MTTF = \gamma + \frac{1}{\lambda} \quad (2.23)$$

## 2.4 *Preventive Maintenance*

*Preventive maintenance* merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan sebelum komponen mengalami kerusakan. Kegiatan ini penting dilakukan untuk mencegah gangguan pada proses produksi akibat kerusakan komponen. Secara matematis, *preventive maintenance* dirumuskan sebagai berikut (Ebeling, 1997).

Dimana :

$$nT \leq t < (n+1) t$$

$$n = 0, 1, 2, \dots$$

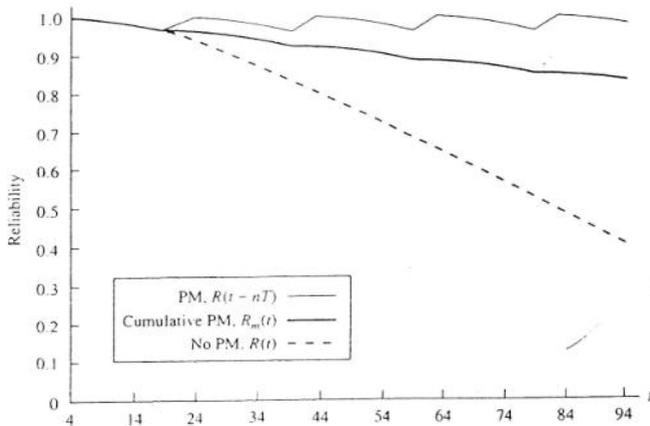
Dimana :

$R_m(t)$  = Fungsi keandalan setelah dilakukan *preventive maintenance*.

$R(T)^n$  = Probabilitas ketahanan sampai dengan *preventive maintenance* ke- $n$ .

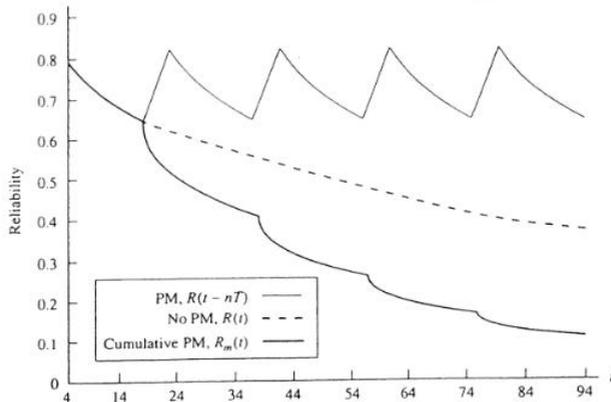
$R(t-nT)$  = Probabilitas ketahanan selama jangka waktu  $t-nT$  yang telah ditentukan sebelumnya pada kondisi awal.

Grafik keandalan untuk komponen/peralatan dengan *preventive maintenance* dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut.



(a)

**Gambar 2.2** Gambar Grafik Keandalan Sistem dengan *Preventive Maintenance* untuk *increasing failure rate*



(b)

**Gambar 2.3** Gambar Grafik Keandalan Sistem dengan *Preventive Maintenance* untuk *decreasing failure rate*

## 2.5 Reliability Centered Maintenance

*Reliability centered maintenance* (RCM) merupakan suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang seharusnya dilakukan untuk menjamin setiap aset fisik atau sistem dapat

berjalan dengan baik sesuai dengan fungsi yang diinginkan penggunaannya. Pada dasarnya penelitian RCM merupakan usaha untuk menjawab tujuh pertanyaan utama yang berkaitan dengan aset atau peralatan yang diteliti. Ketujuh pertanyaan utama tersebut antara lain sebagai berikut (John Moubray, 2000).

- a. Apakah fungsi dan hubungan performansi standar dari aset dalam konteks operasional pada saat ini (*system functions*)?
- b. Bagaimana aset tersebut rusak dalam menjalankan fungsinya (*functional failure*)?
- c. Apa yang menyebabkan terjadinya kegagalan fungsi aset tersebut (*failure modes*)?
- d. Apa yang terjadi pada saat terjadi kerusakan (*failure effect*)?
- e. Bagaimana masing-masing kerusakan tersebut dapat terjadi (*failure consequences*)?
- f. Apa yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegah masing-masing kerusakan tersebut (*proactive task and task interval*)?
- g. Apa yang harus dilakukan apabila kegiatan proaktif yang sesuai tidak ditemukan (*default action*)?

### **2.5.1 System Function and Functional Failure**

*System function* bertujuan untuk membuat suatu informasi yang dapat mendefinisikan fungsi sistem. Analisa yang digunakan pada *system function* didasarkan pada fungsi bukan peralatan yang ada pada sistem tersebut. *Functional failure* bertujuan untuk menjelaskan bagaimana sistem tersebut dapat mengalami kegagalan dalam melaksanakan *system function* (John Moubray, 2000). Tabel 2.1 merupakan tabel RCM yang mendeskripsikan *system function* dan *functional failure*.

### **2.5.2 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)**

*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan suatu teknik manajemen kegagalan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan suatu aset yang tidak mampu melaksanakan fungsinya sesuai dengan yang diharapkan oleh pengguna. *Failure Mode* bertujuan untuk menentukan akar permasalahan dari

kegagalan yang terjadi, sedangkan *failure effect* menjelaskan dampak yang diakibatkan apabila *failure mode* telah terjadi. Proses identifikasi terhadap fungsi, *failure mode*, dan *failure effect* sangat penting untuk dilakukan karena dapat menentukan perbaikan performansi suatu aset (John Moubray, 2000). Deskripsi *failure mode* dan *failure effect* dijelaskan pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.1.** Deskripsi *System Function* dan *Functional Failure* dari *Exhaust System 5 MW Turbine* (John Moubray, 2000).

<i>System Function</i>		<i>Functional Failure</i>	
1	Untuk menyalurkan semua gas buang panas turbin tanpa pembatasan <i>fixed point</i> 10 meter di atas atap ruangan turbin.	A	Sama sekali tidak dapat menyalurkan gas.
		B	Aliran gas terbatas
		C	Gagal menampung gas
		D	Gagal mengalirkan gas sampai ke titik 10 meter di atas atap
2	Untuk mengurangi tingkat kebisingan gas buang ( <i>exhaust noise level</i> ) berdasarkan ISO <i>noise rating</i> 30 pada ketinggian 150 meter	A	Tingkat kebisingan melebihi ISO <i>noise rating</i> 30 pada ketinggian 150 meter
3	Untuk memastikan temperatur saluran permukaan di dalam ruang turbin tidak meningkat melebihi 60° C	A	Temperatur saluran permukaan melebihi 60° C

**Tabel 2.2.** Deskripsi *Failure Mode and Failure Effect* (John Moubray, 2000).

<i>Failure Mode</i>		<i>Failure Effect</i>
1	Kemacetan pada <i>gearbox bearing</i>	Motor berhenti dan alarm berbunyi di <i>control room</i> . Dibutuhkan waktu 3 jam ( <i>downtime</i> ) untuk mengganti <i>gearbox</i> yang macet dengan cadangan. Persiapan penggantian <i>bearing</i> yang baru dilakukan di <i>workshop</i> .
2	<i>Gear teeth stripped</i>	Motor tidak berhenti tetapi mesin berhenti. Dibutuhkan waktu 3 jam ( <i>downtime</i> ) untuk mengganti <i>gearbox</i> yang macet dengan cadangan. Persiapan penggantian <i>gear</i> yang baru dilakukan di <i>workshop</i> .
3	<i>Gearbox</i> macet karena kekurangan oli	Motor berhenti dan alarm berbunyi di <i>control room</i> . Dibutuhkan waktu 3 jam ( <i>downtime</i> ) untuk mengganti <i>gearbox</i> yang macet dengan cadangan. <i>Gearbox</i> yang macet akan dibuang.

Terdapat beberapa *failure mode* untuk sistem *flash gas compression* yang telah dijelaskan dalam buku OREDA berikut (SINTEF Technology and Society, 2009).

- a. *Abnormal Instrument Reading* adalah mode kegagalan yang disebabkan oleh pembacaan *Instrument* yang tidak normal.
- b. *External Leakage-Process Medium* adalah mode kegagalan yang disebabkan oleh kebocoran akibat pengaruh eksternal pada proses.
- c. *Structural Deficiency* adalah mode kegagalan yang disebabkan oleh penyimpangan desain struktural.
- d. *Plugged/Chocked* adalah mode kegagalan yang disebabkan oleh komponen yang mengalami sumbatan atau buntu.

- e. *Minor In-Service Problem* adalah mode kegagalan yang tidak diketahui/tidak disengaja pada saat melakukan perbaikan/pemasangan.
- f. *Failed To Regulate* adalah mode kegagalan yang disebabkan oleh gagalnya alat untuk membuka atau menutup sesuai dengan instruksi dari *controller*.
- g. *Valve Leakage In Closed Position* adalah mode kegagalan yang disebabkan oleh kegagalan *valve* dalam menutup sehingga fluida masih bisa mengalir meskipun *valve* sudah menutup (biasa disebut *passing*).
- h. *Failed To Open On Demand* adalah mode kegagalan yang disebabkan oleh *valve* yang tidak bisa membuka.
- i. *Failed To Close On Demand* adalah mode kegagalan yang disebabkan oleh *valve* tidak bisa menutup sesuai dengan instruksi *controller*.
- j. *Delayed Operation* yaitu mode kegagalan yang disebabkan oleh keterlambatan *valve* dalam memberikan respon.
- k. *Insufficient Heat Transfer* adalah mode kegagalan yang disebabkan oleh *heat exchanger* yang tidak berhasil menukarkan panas.

### 2.5.3 Konsekuensi Kegagalan (*Failure Consequences*)

Dalam *reliability centered maintenance*, konsekuensi kegagalan diklasifikasikan menjadi empat bagian yaitu (John Moubray, 2000).

- a. *Hidden Failure Consequences*  
*Hidden failure consequences* merupakan kegagalan yang tidak dapat dibuktikan secara langsung sesaat setelah kegagalan berlangsung.
- b. *Safety and Environment Consequences*  
*Safety consequences* terjadi apabila sebuah kegagalan fungsi mempunyai konsekuensi terhadap keselamatan pekerja/manusia lainnya. *Environment consequences* terjadi apabila kegagalan fungsi berdampak pada kelestarian lingkungan.

- c. *Operational Consequences*  
Suatu kegagalan dikatakan memiliki konsekuensi operasional ketika berakibat pada produksi atau operasional (keluaran, kualitas produk, pelayanan terhadap konsumen atau biaya operasional untuk perbaikan komponen).
- d. *Non Operational Consequences*  
Bukti kegagalan pada kategori ini adalah yang bukan tergolong dalam konsekuensi keselamatan ataupun produksi, jadi kegagalan ini hanya melibatkan biaya perbaikan komponen.

#### 2.5.4 *Severity Class Type*

Setiap kegagalan yang terjadi dapat dikategorikan ke dalam salah satu dari keempat *severity class* berikut ini (SINTEF Technology and Society, 2009).

- a. *Critical Failure*  
Kegagalan yang menyebabkan kerugian secara langsung dan menyeluruh terhadap kapabilitas alat dalam menghasilkan *output*.
- b. *Degraded Failure*  
Kegagalan yang tidak bersifat kritis, namun dapat menghambat kinerja alat dalam menghasilkan *output* di beberapa kondisi. Tipe kegagalan ini biasanya terjadi secara bertahap dan lambat laun dapat meningkat menjadi *critical failure*.
- c. *Incipient Failure*  
Jenis kegagalan ini secara tidak langsung mempengaruhi kinerja alat dalam menghasilkan *output*. Namun jika tidak diperhatikan (dibiarkan), dapat menyebabkan *degraded failure* atau bahkan *critical failure* dimasa mendatang.
- d. *Unknown*  
Pada tipe kegagalan ini, tidak ada rekaman tingkat keparahan atau dengan kata lain tidak dapat terdeteksi

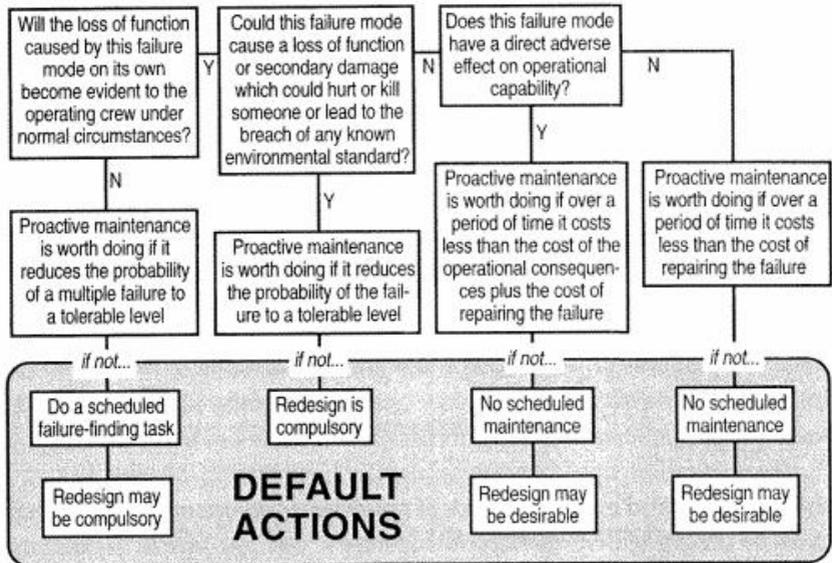
### **2.5.5 Proactive Task dan Initial Interval**

*Proactive task* dan *initial interval* dilakukan sebelum terjadi kegagalan untuk menghindarkan aset dari kondisi yang dapat menyebabkan kegagalan. Kegiatan ini biasa dikenal dengan *predictive* dan *preventive maintenance*. Dalam RCM, *predictive maintenance* dikategorikan ke dalam aktivitas *scheduled on condition task*, sedangkan *preventive maintenance* dikategorikan ke dalam *scheduled restoration task* ataupun *scheduled discard task*. Adapun kategori-kategori dalam melakukan pemeliharaan adalah sebagai berikut (John Moubray, 2000).

- a. *Scheduled on-condition task*  
*Scheduled on-condition task* merupakan kegiatan untuk mengecek potensi kegagalan pada saat mesin sedang beroperasi, sehingga kegagalan tersebut dapat dicegah untuk menghindarkan alat dari konsekuensi terjadinya kegagalan fungsi.
- b. *Scheduled restoration task*  
*Scheduled restoration task* merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan dengan cara memperbaiki komponen sesuai jadwal tertentu sebelum mesin mengalami kegagalan fungsi. Dalam pelaksanaannya, mesin harus dihentikan.
- c. *Scheduled discard task*  
*Scheduled discard task* merupakan kegiatan pergantian komponen dengan komponen yang baru pada interval waktu tertentu tanpa memperhatikan kondisi komponen pada saat itu.

### **2.5.6 Default Action**

*Default action* adalah suatu tindakan yang dilakukan jika kondisi sudah berada dalam *failed scale*, dan dipilih ketika tindakan *proactive task* yang efektif tidak mungkin dapat dilakukan (John Moubray, 2000). Diagram *default action* ditunjukkan pada Gambar 2.3 berikut.



**Gambar 2.3.** Diagram *Default Action* (John Moubray, 2000).

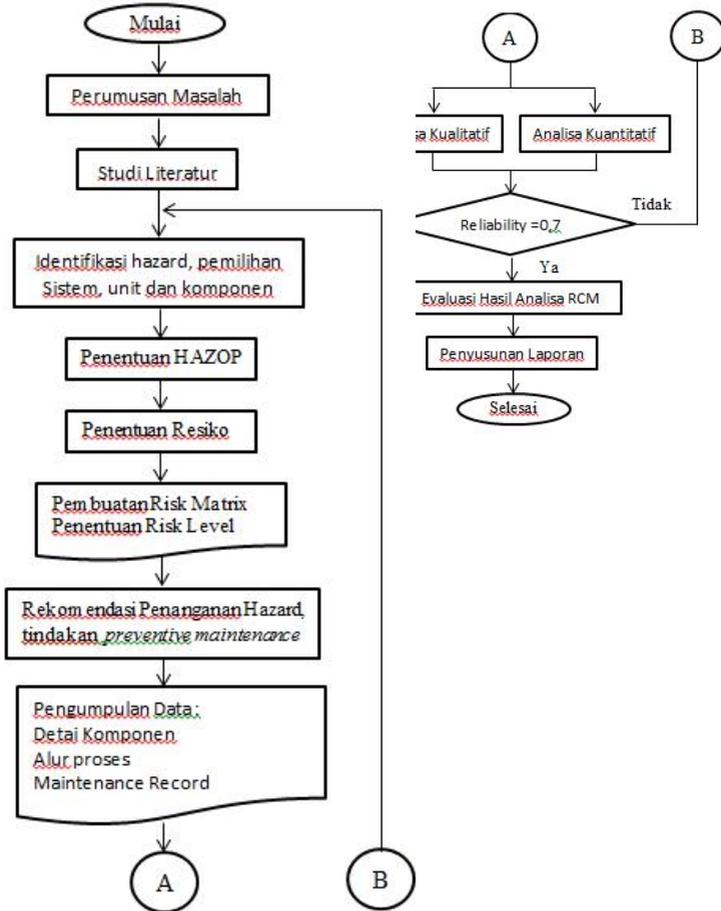
*Default action* meliputi :

- a. *Scheduled Failure Finding*  
*Scheduled failure finding* merupakan kegiatan pengecekan secara periodik terhadap fungsi-fungsi yang tersembunyi untuk mengetahui apakah item tersebut telah mengalami kegagalan fungsi.
- b. *Re-design*  
*Re-design* merupakan kegiatan membuat suatu perubahan (modifikasi terhadap perangkat keras dan juga perubahan prosedur) untuk mengembalikan kondisi suatu alat kembali seperti semula.
- c. *Run to Failure*  
*Run to failure* merupakan kegiatan membiarkan suatu alat beroperasi sampai terjadi kegagalan. Hal ini dilakukan karena berdasarkan pertimbangan finansial tindakan pencegahan yang dilakukan dinilai tidak menguntungkan.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Diagram Alir Penelitian.

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu seperti yang ada pada flowchart di bawah ini :



**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian

### **3.2. Proses RCM**

Sesuai dengan yang telah ditulis sebelumnya, proses RCM dilakukan dengan 7 langkah

#### **3.2.1 Penentuan Sistem**

Sesuai pembatasan masalah, penulis akan melakukan proses RCM pada rotating equipment pompa. *Sensing equipment pressure transmitter, actuator equipment proportional valve*. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan sistem, antara lain[10] :

1. Sistem memiliki ongkos PM yang tinggi.
2. Sistem memiliki jumlah kegiatan *corrective maintenance* yang tinggi selama 2 tahun.
3. Sistem memiliki biaya *corrective maintenance* yang tinggi setelah pemakaian lebih dari 2 tahun.
4. Sistem melewati umur pakai
5. Sistem memiliki dampak yang tinggi dari segi ekonomi, kerugian waktu, keselamatan dan keamanan.

##### **3.2.1.1 Equipment Pompa/motor**

Dari data yang dimiliki penulis, proses pengkajian akan dilakukan untuk 5 unit motor yang terpilih memiliki tingkat kekritisan tertinggi di plant smelter. Penentuan pada pompa dilakukan karena peralatan ini memiliki fungsi yang sangat penting dan tingkat kekritisan tinggi pada proses produksi plant smelter. Sebagai tambahan pengetahuan, plant smelter merupakan plant peleburan polimer keramik.

##### **3.2.1.2 Equipment Pressure transmitter**

Pemilihan pada pressure transmitter dilakukan karena peralatan ini memiliki fungsi utama pada terutama pada saat proses *heating up mode* dan *production mde* pada pembakaran di *burner* sehingga sangat penting dan memiliki tingkat kekritisan tinggi.

### **3.2.1.3 Equipment *Proportional Valve***

Pemilihan pada proportional valve ini karena berkaitan dengan pressure transmitter karena memiliki fungsi yang sangat penting dan apabila mengalami kegagalan maka menyebabkan resiko kerugian pada persediaan O<sub>2</sub> dan gas karena proses pembakaran dimulai dari awal.

### **3.2.2 Batasan Sistem**

Batasan sistem dilakukan sesuai dengan panduan yang disediakan OREDA-2002[9] batasan pada rotating equipment pompa. Sensing equipment pressure transmitter, actuator equipment proportional valve

#### **3.2.2.1 Batasan Sistem Pompa/Motor**

Batasan sistem dilakukan sesuai dengan panduan yang disediakan OREDA-2002 untuk batasan sistem pompa, dimana termasuk dalam boundary sistem pompa adalah :

1. Power transmission
2. Pump unit
3. Control and monitoring
4. Lubrication
5. Miscellaneous

Bentuk batasan fisik sistem diilustrasikan pada gambar 2.3. Komponen yang dapat dipelihara seperti pada tabel 2.1, Maintainable Items pompa menurut OREDA 2002 (page 333, Table 11) [9]

#### **3.2.2.2 Batasan Sistem Flow Transmitter**

Batasan sistem dilakukan sesuai dengan panduan yang disediakan OREDA-2002 untuk batasan sistem flow, dimana termasuk dalam boundary sistem flow adalah :

1. Sensor & Electronics
2. Miscellaneous

Komponen yang dapat dipelihara seperti pada tabel 2.1, Maintainable Items pompa menurut OREDA 2002 (page 537, Table 16)[9].

### 3.2.2.3 Batasan Sistem Proportional Valve

Batasan sistem dilakukan sesuai dengan panduan yang disediakan OREDA-2002 untuk batasan sistem valve, dimana termasuk dalam boundary sistem valve adalah :

1. Valve
2. Actuator
3. Control & Monitoring
4. Miscellaneous

Komponen yang dapat dipelihara seperti pada tabel 2.1, Maintainable Items pompa menurut OREDA 2002 (page 567, Table 17)[9].

### 3.2.3 Definisi Fungsi Sistem

Penjelasan fungsi sistem sangat penting dalam proses RCM agar identifikasi dan efek kegagalan lebih mudah diketahui dan ditindaklanjuti sehingga dapat menekan kerugian akibat kegagalan.

#### 3.2.3.1 Definisi Fungsi Sistem Pompa

Fungsi primer sebuah pompa adalah “Mengalirkan fluida kerja „a“ dari lokasi „x“ ke „y“ dengan debit „M“ dan head „h“” Untuk isian huruf „a“, „x“, „y“, „M“, dan „h“ disesuaikan untuk tiap-tiap pompa yang terdapat dalam daftar pompa yang hendak di tinjau.

#### 3.2.3.2 Definisi Fungsi Sistem Pressure Transmitter

Fungsi primer pressure transmitter pada plant smelter yaitu untuk membaca tekanan oksigen atau gas yang masuk ruang pembakaran kemudian hasil pembacaan tekanan 0-5Mpa tersebut diubah dengan program *scaling* menjadi arus dengan range 4-20mA, namun arus 4-20mA tersebut diubah kembali menjadi 0-10 VDC agar dapat diterima oleh PLC sebagai *controller* karena tipe PLC yang digunakan hanya dapat menerima tegangan 0-10 VDC.

### **3.2.3.3 Definisi Fungsi Sistem Proportional Valve**

Proportional valve pada plant smelter terletak pada proses pembakaran pada burner sehingga pada plant ini fungsi primer dari proportional valve yaitu mengatur laju oksigen dan gas yang masuk ke ruang pembakaran dimana pengaturan laju tersebut berdasarkan nilai arus 4-20mA yang dikeluarkan oleh PLC. Nilai arus 4-20mA linier terhadap bukaan valve dari 0-100%.

### **3.2.4 Definisi Kegagalan Fungsi**

Saat equipment tersebut bekerja, maka dapat dimungkinkan terjadi kegagalan-kegagalan dari fungsi equipment tersebut.

#### **3.2.4.1 Definisi Kegagalan Fungsi Pompa**

Kegagalan-kegagalan yang mungkin terjadi antara lain :

1. Pompa gagal mengalirkan fluida kerja dari 'x' ke 'y'.
2. Pompa dapat mengalirkan fluida kerja, namun tidak memenuhi spesifikasi kerja.
3. Pompa memenuhi spesifikasi kinerja, namun tidak memindahkan dari 'x' ke 'y'.

#### **3.2.4.2 Definisi kegagalan Fungsi Pressure Transmitter**

Kegagalan-kegagalan yang mungkin terjadi saat pressure transmitter bekerja diantaranya :

1. Tidak dapat membaca tekanan oksigen atau gas yang masuk ke ruang pembakaran.
2. PT dapat membaca namun rasio pembacaannya tidak valid.
3. PT tidak dapat bekerja karena tidak dapat tegangan supply atau tegangan yang masuk diluar spesifikasi PT tersebut.

### **3.2.4.3 Definisi kegagalan Fungsi Proportional Valve**

Kegagalan-kegagalan yang mungkin terjadi saat pressure transmitter bekerja diantaranya :

1. PV gagal dalam membuka atau menutup sesuai rasio arus 4-20mA ke bukaan valve 0-100%.
2. Motorized PV dapat bekerja sesuai perintah PLC namun mekanikal valve tidak dapat mengatur fluida masuk.
3. Terjadi kebocoran pada instrument valve.

### **3.2.5 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)***

Proses pengkajian FMEA dilakukan dengan cara mendaftarkan kegagalan-kegagalan yang pernah terjadi pada masing-masing pompa, kemudian kegagalan-kegagalan ini yang dilakukan criticality ranking sesuai dengan Risk matrix yang telah ditentukan. Daftar kegagalan komponen didapat dari maintenance record (dalam kasus ini dari file SAP). Risk matrix yang dipergunakan merupakan Risk matrix yang sudah diadaptasi sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lapangan di perusahaan P. Risk matrix dapat diubah-ubah sesuai dengan kebutuhan masing-masing. Sesuai seperti yang penulis singgung sebelumnya, karena pengkajian ini dilakukan untuk mesin yang sudah berjalan, proses FMEA dibatasi hanya pada komponen yang mengalami kerusakan. Merupakan asumsi aman bahwa suatu mode pemeliharaan juga sudah dijalankan oleh pihak plant P, dan kegagalan-kegagalan komponen yang terjadi dapat berupa kejadian wajar atau kejadian yang tidak tercover oleh mode pemeliharaan yang berjalan.

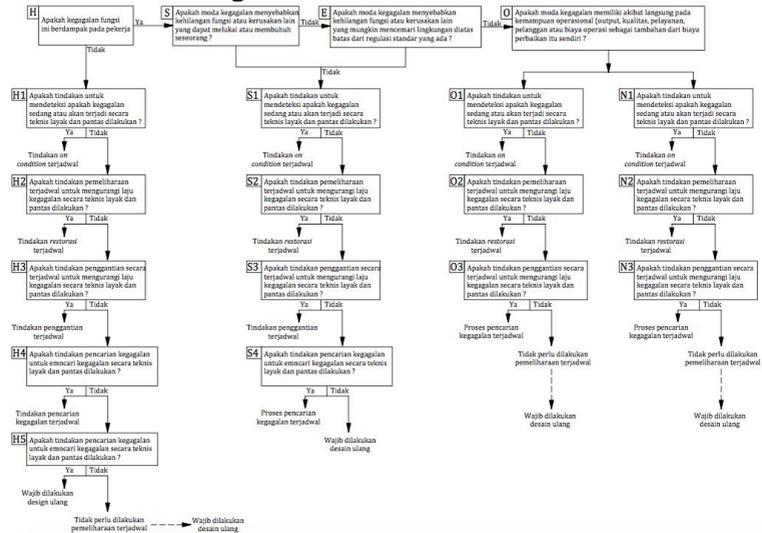
### **3.2.6 Penentuan Penyebab Kegagalan**

Penentuan penyebab kegagalan dilakukan dengan metode pencarian penyebab kegagalan (root cause failure analysis). Penentuan kegagalan idealnya dilakukan dengan mengacu pada data maintenance serta data unjuk kerja, data spesifikasi desain peralatan. Untuk penentuan kegagalan dapat dilakukan berdasarkan 1) panduan failure descriptor vs. failure mode dari buku OREDA- 2002, dan 2) handbook dari masing-masing

komponen yang memiliki informasi mengenai moda kegagalan yang umum bagi komponen tersebut.

### 3.2.7 Pemilihan Tindak Pemeliharaan Yang sesuai

Tindak pemeliharaan didasarkan proses ini atas guidelines yang diberikan dalam buku RCM II, seperti yang telah ditulis sebelumnya. Tindak pemeliharaan yang dapat dipilih adalah secara garis besar tindakan preventif dan default action. Tindak pemeliharaan yang baru didasarkan atas kerusakan peralatan tersebut, lalu kesesuaian dengan task selection yang didasarkan oleh nilai RPN yang didapat sebelumnya. Salah satu metode menentukan tindak pemeliharaan yang sesuai dengan kegagalan yang terjadi adalah dengan membuat logic tree analysis dengan mengikuti decision diagram seperti yang pada gambar 3.1 Flowchart Decision Diagram RCM



Gambar 3.2 Diagram RCM

### **3.3 Alur Proses Kerja Peleburan Polimer Keramik.**

Terdapat beberapa tahapan proses peleburan polimer keramik di PT. Ferro Indonesia dimana pada tahapan tersebut terdapat beberapa subsistem yang tersusun secara seri. Subsistem tersebut diantaranya yaitu *mass hopper*, *feeder*, *burner*, dan *conveyor*.

#### **3.3.1. *Mass Hopper***

Mass Hopper merupakan proses untuk mengaduk 16 komponen seberat 1,2 ton sampai tingkat homogeneous bahan tercapai atau diaduk selama 35 menit dengan menggunakan motor mixer. Setelah selesai diaduk maka bahan didamkan sementara selama 10 menit atau menunggu saat suhu pembakaran pada burner mencapai 1000 °C atau *production mode*. Bahan keluar menuju subsistem feeder melalui jalur outlet valve mixer 1 (S1MH-PV02) dan jalur outlet valve mixer 2 (S1MH-PV03) kemudian selama tercampur rata sebelum dimasukkan ke dalam ruang pembakaran.

#### **3.3.2. *Feeder***

Setelah bahan diolah pada subsistem *mass hopper*, maka bahan akan dimasukkan ke dalam ruangan pembakaran *burner* melalui subsistem feeder dengan menggunakan 2 motor feeder dimana setiap motor feeder tersebut dapat diatur kecepatan putaran rotasinya menggunakan inverter. Fungsi dari control kecepatan putaran tersebut bertujuan untuk mengatur flow rate bahan secara otomatis. Flow rate tersebut dapat dibaca dari weighing indicator sehingga kehandalan weighing control dan motor feeder harus dijaga agar waktu yang dibutuhkan untuk memasukkan semua bahan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan sebelumnya.

#### **3.3.3. *Burner***

*Burner* merupakan subsistem untuk melakukan proses peleburan polimer keramik. Sebelum memulai proses pembakaran,

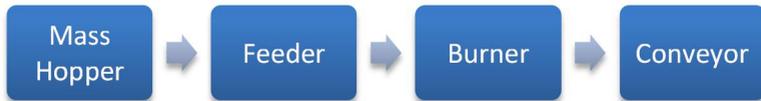
ada beberapa tahapan keselamatan yang harus dipenuhi diantaranya tekanan udara didalam ruang pembakaran harus lebih rendah atau sebesar 1 atm sama dengan tekanan udara diluar ruang pembakaran karena apabila tekanan udara didalam ruang pembakaran lebih besar daripada tekanan udara diluar ruang pembakaran maka berpotensi api akan keluar ruang pembakaran atau menyebabkan ledakan ruang pembakaran saat proses pembakaran berlangsung. Selain itu juga harus dijaga kandungan karbondioksida CO<sub>2</sub> karena karbondioksida sifatnya bertentangan dengan proses pembakaran yang dapat menyebabkan proses pembakaran terhambat jika kandungan karbondioksida didalam ruangan tinggi. Setelah 2 syarat tersebut terpenuhi maka mulai dilakukan proses pembakaran dengan tahapan awal *low fire* dengan membuka 5 % valve gas S1BR-PV05 untuk oksigen dan valve S1BR-PV07 untuk jalur gas, valve tersebut terus membuka hingga suhu mencapai 1000 °C. pembakaran dengan suhu 30-1000 °C dinamakan heating mode. Pada saat suhu mencapai 760 °C maka pembakaran pada roof burner mulai menyala hingga 1600 °C. pada saat suhu 1000 °C tersebut bahan mulai dimasukkan ke dalam ruang pembakaran menggunakan motor feeder. Bahan mengalami proses peleburan hingga suhu 1600 °C dan didiamkan selama 120 menit hingga bahan tersebut meleleh dan jatuh melalui jalur outlet valve kemudian dicampur dengan air bersuhu 27 °C untuk proses pendinginan dan pembentukan butiran polimer keramik.

#### **3.3.4. Conveyor**

Setelah proses pendinginan di meja *quench* maka meja akan digetarkan menggunakan motor vibrator sehingga bahan jatuh ke bawah dan ditampung oleh tas yang sudah tersedia di atas conveyor maka bahan tersebut akan jatuh. Setiap tas hanya menampung bahan sampai 1 ton dengan berdasarkan pembacaan weighing indicator terhadap load cell yang ada dibawah conveyor. Keandalan pembacaan berat ini harus dijaga dan terus dirawat agar tidak merugikan perusahaan dan konsumen yang diakibatkan pembacaan berat yang tidak sesuai dengan aktualnya.

### 3.3.5 Diagram Function dari seluruh subsistem smelter

Susbsistem pada plant smelter di PT. Ferro Indonesia tersusun secara seri.



Gambar 3.3 *Diagram Function Smelter*

### 3.4 Analisa Kuantitatif

Pada tahap analisa kuantitatif ini dilakukan dalam beberapa tahap untuk beberapa nilai dari perhitungan *reliability* dan *preventive maintenance*. Nilai-nilai perhitungan dalam analisa kuantitatif tersebut ada beberapa tahap yaitu :

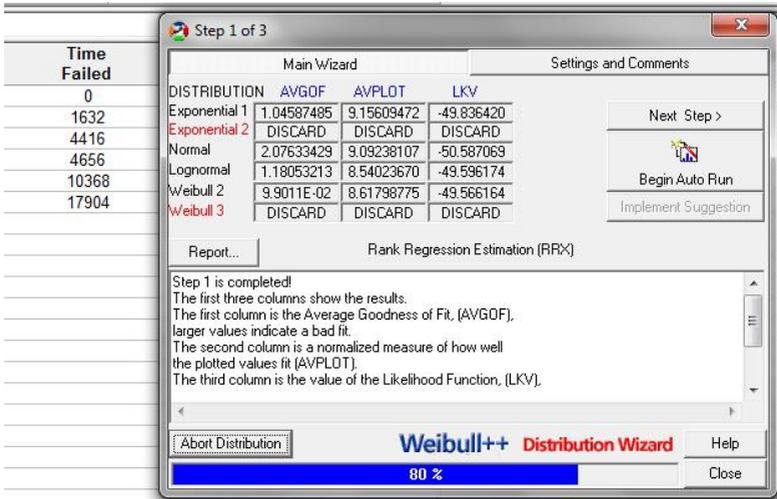
#### 3.4.1 Penentuan Nilai *Time To Failure (TTF)*

Cara menentukan nilai TTF ini adalah mengambil dari data *maintenance record* dari tiap komponen yang ada pada proses peleburan yang beroperasi kurang lebih selama 4 tahun, yaitu dari tahun 2012 sampai dengan tahun 2016.

#### 3.4.2 Penentuan Nilai *Mean Time To Failure (MTTF)*

Penentuan distribusi kegagalan komponen proses *smelter* dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak berupa software Reliasoft Weibull ++6. Distribusi kegagalan komponen digunakan dalam penentuan keandalan masing-masing komponen proses. Komponen yang digunakan sebagai contoh dalam laporan ini adalah *O<sub>2</sub> Front Burner Valve* Adapun tahapan yang harus dilakukan dalam penentuan distribusi kegagalan masing-masing komponen adalah sebagai berikut :

1. TTF yang didapat berdasarkan masing-masing komponen dimasukkan ke dalam software Reliasoft Weibull ++6.
2. Penentuan distribusi akan diketahui dengan menggunakan fitur distribution wizard pada software Weibull ++6 dengan mengetahui parameter uji average of fit (AVGOF) dan likelihood function (LKV).

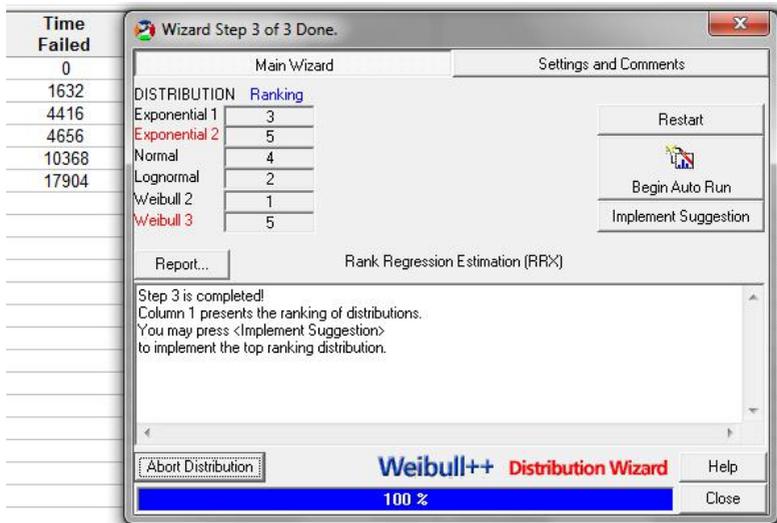


Gambar 3.4 Nilai AVGOF, AVPLOT dan LKV pada *Reliasoft Weibull*.

Hasil di atas yaitu semakin kecil nilai (AVGOF) maka menunjukkan hasil parameter uji sesuai. Jika semakin besar maka nilai error juga semakin besar. Parameter uji average goodness of plot fit (AVPLOT) yang menunjukkan ukuran yang digunakan untuk mengplot nilai hasil uji distribusi. Pada parameter uji likelihood function (LKV), nilai terkecil merupakan nilai terbaik untuk hasil uji distribusi.

### 3. Penentuan Peringkat Distribusi

Nilai distribusi yang telah diolah dalam software Reliasoft Weibull ++6 setelah mengetahui nilai AVGOF dan LKV. Semakin besar nilai peringkat yang diperoleh, maka semakin baik distribusi tersebut digunakan



Gambar 3.5 Tampilan *ranking distribusi* pada *Reliasoft Weibull*

Setelah itu maka harus di periksa terhadap grafik laju kegagalanya, secara teori diketahui bahwa semakin lama atau sering suatu komponen beroperasi maka laju kagalannya akan semakin naik. Hal itu dapat dilihat pada grafik laju kegagalan.

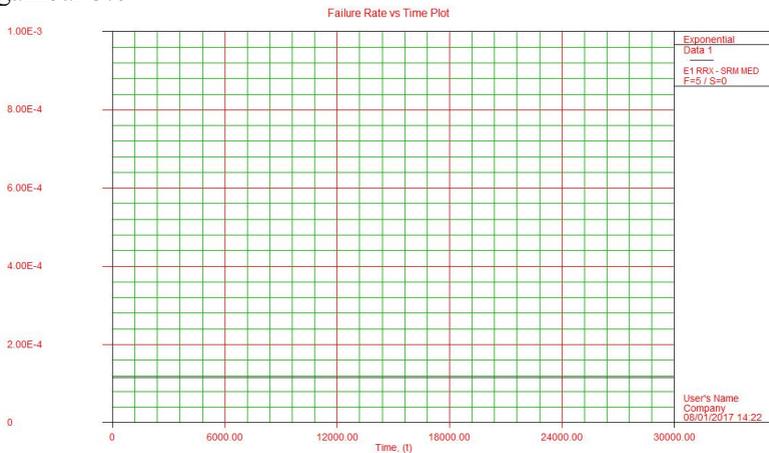
#### 4. Penentuan Parameter Distribusi

Setelah diketahui peringkat distribusi yang mempunyai nilai terbesar, kemudian pilih sesuai peringkat distribusi yang telah didapatkan pada set analysis. Setelah itu pilih calculate pada menu sehingga diketahui nilai parameter persebaran datanya sesuai deng an peringkat distribusi.



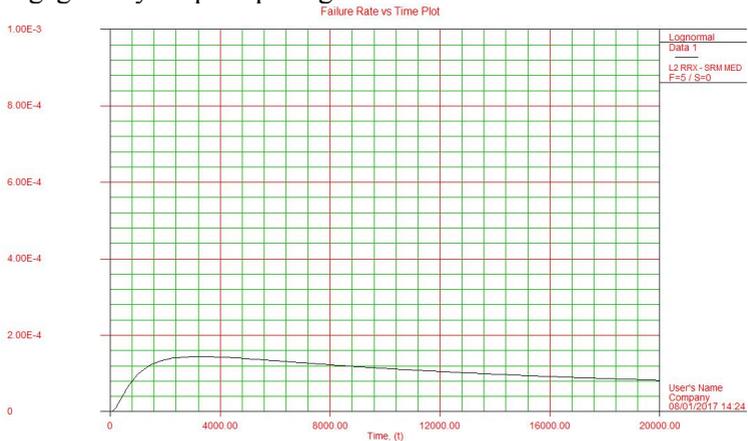
Gambar 3.6 Grafik laju kegagalan weibul 2

Dari gambar menggunakan distribusi weibull dapat diketahui bahwa laju kegagalan sesuai teori karena semakin lama beroperasi maka komponen itu akan semakin naik laju kegagalannya. Sedangkan jika menggunakan distribusi kedua yaitu eksponensial maka grafik laju kegagalannya seperti pada gambar 3.6



Gambar 3.7 Laju kegagalan menggunakan distribusi eksponensial

Sedangkan jika menggunakan distribusi ketiga sebagai perbandingan yaitu distribusi lognormal maka grafik laju keagalannya seperti pada gambar 3.7



Gambar 3.8 Laju kegagalan menggunakan distribusi eksponensial

dari grafik diketahui bahwa laju kegagalan tidak sesuai dengan teori karena laju kegagalan semakin menurun terhadap waktu. Sehingga penentuan distribusi dapat diperoleh dari rangking distribusi dan pencocokkan teori laju kegagalan dengan grafik laju kegagalan dari masing-masing distribusi.



Gambar 3.9 Tampilan nilai parameter dari distribusi yang dipilih

## **BAB IV**

### **ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Rekoleksi Data**

Rekoleksi data yang dilakukan penulis adalah pengumpulan data *maintenance* periode 2012-2016 plant *smelter*, P&ID serta general process flow diagram dari plant *smelter*. Data *maintenance* berisi catatan proses pemeliharaan yang dilakukan oleh plant *smelter* selama periode tersebut. Namun, data ini sebenarnya masih sangat kurang karena belum dapat ditentukan MTBF untuk periode yang panjang (mis. kerusakan per periode 10 tahun) sehingga lebih terlihat pola umur dari peralatan dan komponen di dalamnya. Meskipun begitu, tingkat *severitas* kerusakan komponen sudah sangat terlihat jelas mulai periode tahun 2009. Selama periode tersebut, tidak jarang bahwa ada komponen yang mengalami kegagalan sampai 2 kali selama periode tersebut. Komponen seperti pompa yang memiliki intensitas kegagalan tertinggi adalah bearing, coupling, serta mechanical seal. Perbaikan untuk ketiga komponen ini mengharuskan pompa dihentikan untuk dapat dilakukan perbaikan/penggantian komponen. Menurut klausa 2.1.1 API 610 [11], intensitas kerusakan ini sangat kritis. Diharapkan bahwa suatu pompa yang dipergunakan dalam industri migas memiliki service life minimal 20 tahun, dengan minimal 3 tahun operasi tanpa henti[11].

Data yang didapat dari P&ID dipergunakan untuk membuat batasan fisik dari peralatan, menentukan instrumentasi apa saja yang terdapat pada masing-masing unit pompa, *pressure transmitter*, *proportional valve* dan lainnya serta untuk mencocokkan data lapangan (P&ID) dengan data teori (data *maintainable items* OREDA) mengenai komponen apa saja yang dapat dipelihara. Process flow diagram penulis pergunakan untuk mendapatkan suatu “tingkat kepentingan” dari masing-masing komponen. Yang penulis maksud adalah apakah komponen yang ditinjau tersebut merupakan bagian dari proses produksi utama, atau bagian dari penunjang proses produksi.

## 4.2 Penentuan HAZOP dan Resiko

Untuk mengidentifikasi potensi bahaya apa saja yang terdapat pada proses peleburan polimer keramik di PT. Ferro Indonesia maka perlu diketahui alur dari proses produksi tersebut sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya pada subbab 3.2

Setelah itu dilakukan observasi lapangan secara langsung dan wawancara terhadap narasumber yang terpercaya untuk memperoleh temuan potensi bahaya (*hazard*). Tabel 1 menunjukkan hasil identifikasi *hazard and risk*.

Setelah itu, dilakukan perangkaan dengan memperhatikan kriteria-kriteria tingkat keparahan atau perangkaan risiko sebagai berikut:

1. Likelihood (L) adalah kemungkinan terjadinya kecelakaan (tabel 2).
2. Severity atau Consequences (C) adalah tingkat keparahan cedera dan kehilangan hari kerja (tabel 3)

**Tabel 4.1** Identifikasi *Hazard* dan resiko

<b>No.</b>	<b>Proses</b>	<b>Uraian Temuan Hazard</b>	<b>Resiko</b>
1.	Memasukkan 16 bahan ke tanki mixer menggunakan crane	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pekerja tidak menggunakan APD (helm safety, sarung tangan dan safetu shoes.</li> <li>2. Pekerja tidak mematuhi SOP crane</li> <li>3. Lubang outlet hoist tidak tersambung secara sempurna dengan lubang inlet tangki.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kepala terluka jika terkena jatuhnya material</li> <li>2. Tangan menjadi gatal jika terkena bahan.</li> <li>3. Tanki hoist menabrak dinding hoist dan dapat melukai operator</li> <li>4. Material jatuh ke lantai</li> </ol>
2.	Proses pengadukan bahan pada tanki mixer	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Motor mixer dijalankan ketika valve outlet belum tertutup sempurna.</li> <li>2. Proses pengadukan tidak dimulai dengan low speed.</li> <li>3. Pemasangan coupling motor dengan stik pengaduk belum sempurna.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bahan tumpah menimpa motor feeder dan operator.</li> <li>2. Merusak motor mixer</li> <li>3. Menyebabkan copling motor patah atau rusak sehingga menghambat produksi.</li> </ol>
3.	Memasukkan bahan ke dalam ruang pembakaran <i>burner</i> melalui	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Motor vibrator tidak dijalankan terlebih dahulu sebelum proses pengadukan dimulai</li> <li>2. Proses pengadukan tidak dimulai</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Terjadi penyumbatan laju bahan sehingga kehilangan waktu kerja.</li> <li>2. Beraing dan coupling motor</li> </ol>

	motor feeder	dengan low speed. 3. Terjadi penyumbatan bahan pada screw motor feeder	dengan screw rusak. 3. Merusak coupling motor feeder dan dapat melukai tangan operator ketika pembersihan bahan yang tersumbat.
4.	Proses pembakaran pada <i>furnace</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tekanan udara didalam ruang pembakaran lebih tinggi dari pada diluar.</li> <li>2. Kandungan gas CO2 tinggi saat proses pembakaran.</li> <li>3. Kebocoran seal pada valve gas S1BR-PV07.</li> <li>4. Percikan lelehan bahan tidak jatuh ke dalam meja <i>quench</i>.</li> <li>5. Pekerja tidak menggunakan APD (masker, safety clothes, sarung tangan)</li> <li>6. Lantai licin terkena air yang bocor dari atap burner</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Api keluar atau terjadi ledakan sehingga menyebabkan kematian atau luka bakar pekerja yang ada disekitarnya.</li> <li>2. Menghambat proses heating up dan menyebabkan hilang waktu kerja.</li> <li>3. Pekerja mengalami keracunan gas bakar.</li> <li>4. Menyebabkan luka bakar pada pekerja.</li> <li>5. Gangguan pernafasan, tubuh terkena paparan panas yang tinggi, menyebabkan luka bakar pada tangan atau lecet.</li> <li>6. Terpeleset dan cidera</li> </ol>

5.	Proses bagging dan pengiriman melalui conveyor	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Valve outlet quench dibuka secara manual.</li> <li>2. Operator berada terlalu dekat dengan jalur outlet valve quench</li> <li>3. Lantai licin terkena tumpahan air dari meja quench</li> <li>4. Operator tidak segera menjauh dari area bagging ketika tas sudah terisi 1 ton.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tangan operator tersayat plat penutup jalur outlet quench</li> <li>2. Operator terkena tumpahan bahan sehingga menyebabkan luka gores dan gatal</li> <li>3. Terpeleset dan cidera ringan</li> <li>4. Tertabrak oleh forklift yang mengambil tas seberat 1 ton</li> </ol>
----	--	---	--

**Tabel 4.2** Kriteria *Likelihood*  
*Likelihood*

<i>Likelihood</i>			
Level	Kriteria	Deskripsi	
		Kualitatif	Semi kualitatif
1.	Jarang	Dapat dipikirkan tetapi tidak hanya saat keadaan ekstrim	Kurang dari 1 kali dalam 5 tahun
2.	Kemungkinan Kecil	Belum terjadi tetapi bisa muncul/terjadi pada suatu waktu	Terjadi 1 kali per 5 tahun
3.	Mungkin	Seharusnya terjadi dan mungkin telah menjadi/muncul disini atau ditempat lain	1 kali per 2 tahun sampai 1 kali pertahun

4.	Kemungkinan	Dapat terjadi dengan mudah, mungkin muncul dalam keadaan yang paling banyak terjadi	Lebih dari 1 kali per tahun hingga 1 kali per bulan
5.	Hamper Pasti	Sering terjadi, diharapkan muncul dalam keadaan yang paling banyak terjadi	Lebih dari 1 kali per bulan

**Tabel 4.3** Kriteria *Concequences*  
*Consequences/Severity*

Level	Uraian	Deskripsi	
		Keparahan Cidera	Hari Kerja
1.	Tidak Signifikan	Kejadian tidak menimbulkan kerugian atau cidera pada manusia	Tidak menyebabkan kehilangan hari kerja
2.	Kecil	Menimbulkan cidera ringan, kerugian kecil dan tidak menimbulkan dampak serius terhadap kelangsungan bisnis	Masih dapat bekerja pada hari/shift yang sama
3.	Sedang	Cedera berat dan dirawat dirumah sakit, tidak menimbulkan cacat tetap, kerugian finansial sedang	Kehilangan hari kerja dibawah 3 hari

4.	Berat	Menimbulkan cedera parah dan cacat tetap dan kerugian finansial besar serta menimbulkan dampak serius terhadap kelangsungan usaha.	Kehilangan hari kerja 3 hari atau lebih
5.	Bencana	Mengakibatkan korban meninggal dan kerugian parah bahkan dapat menghentikan kegiatan usaha selamanya.	Kehilangan hari kerja selamanya

Setelah menentukan nilai likelihood dan consequences dari masing-masing sumber potensi bahaya, maka langkah selanjutnya adalah mengalikan nilai likelihood dan consequences sehingga diperoleh tingkat bahaya (risk level) pada risk matrix yang mana nantinya akan digunakan dalam melakukan perancangan terhadap sumber potensi bahaya yang akan dijadikan acuan sebagai rekomendasi perbaikan apa yang sesuai dengan permasalahan yang ada. Penilaian risiko itu sendiri dilakukan dengan menggunakan risk matrix seperti pada gambar 4.1

SKALA		CONSEQUENCE				
		1	2	3	4	5
LIKELIHOOD	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	6	8	10
	3	3	6	9	12	15
	4	4	8	12	16	20
	5	5	10	15	20	25

Gambar 4.1 Risk Matrix

	Resiko Rendah
	Resiko Sedang
	Resiko Tinggi
	Ekstrim

Dari risk matrix di atas kemudian dapat dihitung skor risiko dan prioritas untuk melakukan tindakan perbaikan. Untuk menghitung skor risiko adalah sebagai berikut:

$$\text{Skor risiko} = \text{likelihood} \times \text{consequences} \dots (1)$$

Contoh perhitungan pada skor risiko pertama diketahui nilai likelihood sebesar 3 dan nilai consequences sebesar 2, maka perhitungan adalah sebagai berikut :

$$\text{Skor risiko} = 3 \times 2 = 6$$

Tabel 4.4 Temuan Potensi Bahaya (Risk Level)

<b>No</b>	<b>Proses</b>	<b>Temuan Hazard</b>	<b>Resiko</b>	<b>Sumber Hazard</b>	<b>L</b>	<b>C</b>	<b>S</b>	<b>Risk Level</b>
1	Memasukkan 16 bahan ke tanki mixer menggunakan crane	Pekerja tidak menggunakan APD (helm safety, sarung tangan dan safetu shoes.	Kepala terluka terkena jatuhnya material & tangan menjadi gatal jika terkena bahan	Sikap Pekerja	2	4	8	Resiko Tinggi
		Pekerja tidak mematuhi SOP crane	Tanki hoist menabrak dinding hoist dan dapat melukai operator	Sikap Pekerja	2	5	10	Resiko Tinggi
		Lubang outlet hoist tidak tersambung secara sempurna dengan lubang inlet tangki.	Material jatuh ke lantai, dan merugikan perusahaan	Bahan Produksi	4	2	8	Resiko Tinggi
2.	Proses pengadukan bahan pada tanki mixer	Motor mixer dijalankan ketika valve outlet belum tertutup sempurna.	Bahan tumpah menimpa motor feeder dan operator.	Bahan produksi	4	2	8	Resiko Tinggi

		Proses pengadukan tidak dimulai dengan low speed.	Merusak motor mixer	Sikap Pekerja	3	2	6	Resiko Sedang
		Pemasangan coupling motor dengan stik pengaduk belum sempurna.	Menyebabkan coupling motor patah atau rusak sehingga menghambat produksi.	Serpihan patahan coupling	3	2	6	Resiko Sedang
3.	Memasukkan bahan ke dalam ruang pembakaran <i>burner</i> melalui motor feeder	Motor vibrator tidak dijalankan terlebih dahulu sebelum proses pengadukan dimulai	Terjadi penyumbatan laju bahan sehingga kehilangan waktu kerja.	Sikap Pekerja	3	2	6	Resiko Sedang
		Proses pengadukan tidak dimulai dengan low speed.	Beraing dan coupling motor dengan screw rusak.	Sikap Pekerja	3	3	9	Resiko Tinggi
		Terjadi penyumbatan bahan pada screw motor feeder	Merusak coupling motor feeder dan dapat melukai tangan operator ketika pembersihan bahan yang tersumbat.	Bahan produksi yang tersumbat	5	2	10	Ekstrim

4.	Proses pembakaran pada <i>furnace</i>	Tekanan udara didalam ruang pembakaran lebih tinggi dari pada diluar.	Api keluar atau terjadi ledakan sehingga menyebabkan kematian atau luka bakar pekerja yang ada disekitarnya.	Api	2	5	10	Ekstrim
		Kandungan gas CO <sub>2</sub> tinggi saat proses pembakaran.	Menghambat proses heating up dan menyebabkan kehilangan waktu kerja.	Gas CO <sub>2</sub>	3	3	9	Resiko Tinggi
		Kebocoran seal pada valve gas S1BR-PV07.	Pekerja mengalami keracunan gas bakar.	Seal Rusak	4	3	12	Ekstrim
		Percikan lelehan bahan tidak jatuh ke dalam meja <i>quench</i> .	Menyebabkan luka bakar pada pekerja.	Lelehan Bahan Produksi	3	4	12	Ekstrim
		Pekerja tidak menggunakan APD (masker, safety	Gangguan pernafasan, tubuh terkena paparan	Sikap Pekerja	4	4	16	Ekstrim

		clothes, sarung tangan)	panas yang tinggi, menyebabkan luka bakar pada tangan atau lecet.					
		Lantai licin terkena air yang bocor dari atap burner	Terpeleset dan cidera	Genangan Air	5	2	10	Ekstrim
5.	Proses bagging dan pengiriman melalui conveyor	Valve outlet quench dibuka secara manual.	Tangan operator tersayat plat penutup jalur outlet quench	Plat penutup quench	5	2	10	Resiko Sedang
		Operator berada terlalu dekat dengan jalur outlet valve quench	Operator terkena tumpahan bahan sehingga menyebabkan luka gores dan gatal	Bahan Produksi dan sikap pekerja	2	3	6	Resiko Ringan
		Lantai licin terkena tumpahan air dari meja quench	Terpeleset dan cidera ringan	air	4	2	8	Resiko Sedang
		Operator tidak segera menjauh dari area bagging ketika tas sudah terisi 1 ton	Tertabarak oleh forklift yang mengambil tas seberat 1 ton	Forklift & sikap pekerja	2	4	8	Resiko Sedang

Risiko bahaya yang ditimbulkan pada area proses peleburan polimer keramik antara lain adalah:

1. Resiko ekstrim, yaitu pada area pembakaran atau *burner* dengan uraian resiko sebagai berikut :
  - 1.1 Api keluar ruang ruang pembakaran karena tekanan udara didalam pembakaran lebih tinggi dari pada tekanan di luar ruang pembakaran.
  - 1.2 Pekerja mengalami keracunan karena kebocoran gas bakar melalui seal vale S1BR-PV07
  - 1.3 Pekerja mengalami luka bakar karena terkena lelehan bahan yang turun ke meja quench/pendingin.
  - 1.4 Gangguan pernafasan dan luka pada kulit karena pekerja yang tidak memakai APD.
  
2. Resiko tinggi terutama pada subsistem *mass hopper* dan *feeder* dengan uraian resiko sebagai berikut :
  - 2.1 Kepala terluka karena kejatuhan butiran material dan pekerja tidak memakai APD *helm safety*.
  - 2.2 Kerusakan pada dinding *hoist* karena kesalahan prosedur pengoperasian sehingga tanki *hoist* menabrak dinding.
  - 2.3 Material banyak yang jatuh di lantai karena lubang outlet *hoist* tidak tersambung sempurna dengan inlet *tangki* mixer isehingga menyebabkan kerugian dari segi ekonomi perusahaan.
  - 2.4 Terjadi penyumbatan material pada screw feeder sehingga menyebabkan kerugian waktu kerja dan berpotensi melukai tangan pekerja yang membersihkan.
  - 2.5 Coupling atau bearing ruak sehingga merugikan waktu kerja yang hilang.
  
3. Resiko tinggi terutama pada subsistem *conveyor* dengan uraian resiko sebagai berikut :
  - 3.1. Terpeleset genangan air karena terjadi tumpahan pada meja *quench*.
  - 3.2. Operator mengalami kulit gata karena terkena butiran bahan yang turun k etas diatas *conveyor*.

Selanjutnya adalah perancangan rekomendasi perbaikan. Perancangan rekomendasi atau usulan perbaikan dilakukan berdasarkan hazard (potensi bahaya) yang terjadi. Penulis menganalisis dan memberikan rancangan perbaikan untuk semua sumber bahaya yang ada. Ini bertujuan agar semua permasalahan dari sumber bahaya yang ada didapatkan solusinya. Dengan adanya usulan perbaikan yang diberikan nanti perusahaan dapat mengurangi tingkat kecelakaan dan mencegah adanya kecelakaan yang serupa lagi dengan sebelumnya. Berikut merupakan analisis kejadian dari sumber bahaya dan usulan perbaikan yang diberikan:

1. Rekomendasi perbaikan sikap pekerja. Rekomendasi perbaikan yang diusulkan oleh penulis untuk menanggulangi potensi bahaya yang disebabkan oleh potensi bahaya (hazard) sikap pekerja yang tidak memenuhi standard dalam keselamatan kerja dan prosedur kerja yang baik adalah:
  - 1.1 Berupa jadwal pelatihan K3 tentang penggunaan APD yang akan diselenggarakan oleh pihak manajemen. Bagi para pekerja yang yang tidak dapat menghadiri pelatihan akan dikenakan sanksi. Bentuk dari sanksi yang akan dijatuhkan sesuai dengan kesepakatan pihak perusahaan.
  - 1.2 Membuat worksheet dalam penggunaan APD di area kerja supaya para pekerja dapat langsung membaca apa saja potensi bahaya yang akan mereka alami apabila tidak menggunakan APD.
  - 1.3 Membuat visual display mengenai penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) pada area kerja yang memiliki potensi-potensi kecelakaan kerja dan membuat Standard Operating Procedure (SOP) penggunaan Alat Pelindung Diri (APD). Visual display ini nantinya dipasang di beberapa tempat untuk memberikan himbauan kepada para pekerja agar selalu menggunakan APD dengan baik.
  
2. Rekomendasi perbaikan atap burner agar tidak terjadi

kebocoran air hujan yang menyebabkan lantai licin dan berpotensi bahaya terpeleset terhadap operator atau pekerja disekitarnya.

3. Rekomendasi pelatihan prosedur pengoperasian sistem secara berkala dan melakukan evaluasi secara berkala untuk menghindari kesalahan prosedur pengoperasian yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi, kerugian ekonomi dan keselamatan pekerja.
4. Rekomendasi untuk melakukan *tindakan preventive maintenance* secara berkala dan tersruktur menggunakan metode RCM II untuk menganalisis fungsi dan kegagalan potensial dari suatu asset fisik dengan fokus terhadap mempertahankan fungsi sistem, daripada mempertahankan peralatan itu sendiri[6].
5. Rekomendasi untuk mengembangkan suatu rencana perawatan (*maintenance plan*) dengan tingkat pengoperasian yang tertentu, dengan tingkat risiko tertentu, yang efisien dan efektif harga
6. Rekomendasi perbaikan kondisi lingkungan kerja. Banyak material yang menumpuk terlalu tinggi tidak tertata rapi dan teratur juga tidak ada pembatas keamanan pada tumpukan kaca. Hal ini disebabkan kurangnya pemantauan dari pihak manajemen terhadap kondisi lingkungan kerja. Tidak adanya prosedur yang baik juga mempengaruhi terjadinya pelanggaran sehingga di lingkungan kerja yang dapat mengakibatkan potensi kecelakaan kerja yang diakibatkan oleh material yang tidak teratur dan baik dalam penataannya. Untuk mengatasi hal ini maka diberikan rekomendasi perbaikan yaitu pembuatan prosedur penataan dan pengaturan bahan baku ataupun material lainnya dengan rapi dan bersih sehingga dapat menurangi risiko potensi kecelakaan yang dapat terjadi. Selain itu, pihak manajemen agar lebih mempertegas peraturan yang dibuat, sehingga proses produksi dapat berjalan dengan baik serta tingkat keselamatan kerja lebih tinggi.
7. Rekomendasi perbaikan genangan air dan bahan kimia

berbahaya. Pada area kerja tertentu terdapat banyak genangan air pada lantai produksi karena kurangnya perhatian terhadap kondisi lingkungan kerja oleh pihak manajemen dan juga para pekerja. Rekomendasi yang diberikan adalah dengan memberikan saluran air secara langsung dan memberikan APD yang cukup.

### 4.3 Proses RCM

Sesuai yang dikatakan sebelumnya, proses RCM dilakukan pada *plant smelter* ini yaitu *mass hopper*, *feeder*, *burner* dan *conveyor*. Garis besar dari proses adalah input data peralatan masuk ke dalam database, lalu melakukan input parameter Risk matrix guna RPN number aset. Input parameter Risk matrix berdasarkan data *maintenance record* periode 2012-2016 dari *plant smelter* yang penulis miliki. Penulis melakukan proses RCM dengan dasar referensi dua buku, yaitu buku OREDA-2002 dan buku *Reliability Centered Maintenance* oleh John Moubray.

Proses RCM memiliki suatu bentuk keluaran (output) yang berupa datasheet. Datasheet ini mencatat hasil setiap langkah dari 7 langkah RCM. Menggunakan datasheet ini memudahkan dalam proses pencatatan dan tinjauan ulang. Terdapat 6 form data yang harus diisi. Enam form tersebut adalah [12]:

1. FORM 1 Seleksi Sistem.
2. FORM 2 Definisi Batasan Sistem.
3. FORM 3 Detail Batasan Sistem.
4. FORM 4 Diagram Blok Fungsi.
5. FORM 5 *Failure mode and Effect Analysis*.
6. FORM 6 *Logic Tree Analysis*.

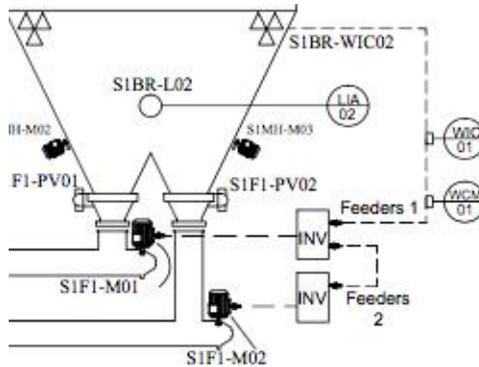
Metode pengisian serta data yang diisi dalam form akan dijelaskan seiring dengan contoh proses pelaksanaan RCM yang dilakukan penulis untuk *plant smelter*.

#### **4.3.1 Penentuan Sistem**

Penentuan sistem berdasarkan atas masukan dari dosen pembimbing. Seperti yang penulis katakan sebelumnya, data mentah *plant smelter* adalah 26 peralatan *instrument, electric* maupun mekanik (sebagian besar motor). Data ini sudah dilakukan proses *criticality ranking* awal dan didapatkan sebanyak 18 unit peralatan yang memiliki tingkat kekritisitas tertinggi di *plant smelter*. Proses RCM sebenarnya memiliki aplikasi sangat luas, dan pengkajian RCM yang sebenarnya dapat memakan waktu hingga 6 bulan lebih, dan membutuhkan kerja dari satu tim. Hal ini karena proses RCM bersifat komprehensif, dan dalam aplikasinya membutuhkan kinerja dari satu tim spesialis dalam bidang masing-masing. Antara lain proses yang memakan waktu cukup lama adalah proses pengumpulan data dan penentuan kekritisitas dari seluruh peralatan/unit. Penulis sangat terbantu karena untuk data yang akan dianalisis sudah berupa data dari peralatan-peralatan terkritis.

#### **4.3.2 Penentuan Batasan Sistem**

Telah mengetahui sistem yang akan dikaji, yaitu *plant smelter* yang terdiri dari *motor, valve, pressure transmitter* dan *weighing control*. Penulis merujuk pada buku OREDA-2002 untuk menentukan batasan sistem. Penggunaan buku OREDA-2002 sebagai rujukan diharapkan penulis memberi keabsahan akan pemilihan batasan sistem. Batasan sistem yang diberikan oleh OREDA-2002 yaitu *power transmission, pump, control and monitoring, lubrication system, miscellaneous*. Batasan yang diberikan OREDA-2002 mengisolasi unit motor penggerak dan katup *inlet* dan *outlet*. Dengan mengasumsikan bahwa peletakan instrumentasi *monitoring* proses berada sebelum katup inlet dan outlet, maka dapat dibenarkan merujuk pada *logsheet* untuk melihat kinerja pompa (*flow, pressure*).



**Gambar 4.2** Batasan sistem motor feeder

#### 4.3.3 Definisi Fungsi Sistem

Penulis mendefinisikan fungsi sistem sesuai dengan contoh yang penulis lihat dalam buku RCM II [14]. Karena mesin yang hendak dikaji adalah *motor*, *valve*, dan *pressure transmitter*, penulis memberikan definisi fungsi yang secara umum mewakili fungsi seluruh komponen itu pada *plant smelter*. Untuk beberapa motor yang sifatnya sebagai pompa cadangan fungsi tersebut menjadi fungsi sekunder pada kondisi normal (fungsi primernya adalah menggantikan fungsi pompa utama saat pompa utama tidak dapat memenuhinya).

#### 4.3.4 Definisi Kegagalan Fungsi

Secara simpel penulis mendefinisikan kegagalan fungsi sebagai kondisi apabila fungsi sistem tidak terpenuhi. Penulis menyatakan bahwa ada dua parameter yang harus terpenuhi dalam fungsi sistem, yaitu 1. Pompa memindahkan fluida kerja, 2. Proses perpindahan fluida kerja memiliki spesifikasi kinerja tertentu. Apabila salah satu dari kedua parameter tidak terpenuhi, maka terjadi kegagalan fungsi. Penting untuk dicatat jenis kegagalan fungsi yang terjadi, karena akan membantu menyortir kegagalan komponen apa yang terjadi yang menyebabkan kegagalan tersebut.

RCM ANALYSIS SHEET						
FORM 1 SELEKSI SISTEM	Plant	Smelter	Rev		Halaman	
Description	Analysis		Tanggal		Remarks	
	Reviewed		Tanggal			
<b>System yang termasuk dalam analisis</b>						
System ID	Name	Fungsi	Alasan Ditinjau		Comment	
S1FI-M01	<i>Motor Feeder</i>	Untuk memasukkan bahan ke dalam ruang pembakaran	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memiliki biaya <i>preventive maintenance</i> yang tinggi</li> <li>2. Membutuhkan tenaga kerja yang banyak untuk melakukan <i>maintenance</i>.</li> <li>3. Berdampak signifikan jika mengalami kegagalan.</li> <li>4. Menyebabkan hilangnya waktu kerja jika mengalami kegagalan saat proses bekerja.</li> <li>5. Motor sudah melewati umur pakai yaitu lebih dari 3 tahun.</li> </ol>			

S1BR-PV06	<i>O<sub>2</sub> Front Burner Proportional Valve</i>	Untuk mengatur laju aliran oksigen yang masuk ke ruang pembakaran	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memiliki dampak yang tinggi terhadap keselamatan &amp; keamanan.</li> <li>2. Memiliki intensitas yang tinggi, keakuratan nilai tinggi dan menyebabkan kerugian secara ekonomi apabila terjadi kegagalan</li> </ol>	
S1BR-FI03	<i>O<sub>2</sub> Front Burner Pressure Transmitter</i>	Merubah besaran tekanan menjadi besaran arus dengan range 4-20mA	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menyebabkan kerugian yang tinggi dari segi ekonomi jika mengalami kegagalan.</li> <li>2. Sebagai instrument utama yang memberikan informasi ke PLC sehingga tingkat keakuratan data dan keandalannya harus dijaga.</li> </ol>	

**Gambar 4.3** FORM 1 Definisi Seleksi Sistem

- 1.5 Untuk contoh diatas hanya ditampilkan 3 peralatan. Form ini harus diisi seluruh target RCM, yaitu seluruh peralatan kritis yang menjadi target proses RCM. Selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Form 2 seperti gambar 4.3, Kolom yang diisi adalah:

1. Peralatan major, peralatan besar yang termasuk dalam unit tersebut.
2. Batasan Fisik Primer (Dimulai), batasan fisik dimana dapat dikatakn proses memasuki sistem yang di tinjau
3. Batasan Fisik Primer (Diakhiri), batasan fisik dimana dapat dikatakn proses keluar dari sistem yang di tinjau
4. Catatan Penting, catatan dan komentar yang tidak dapat dicantumkan dalam kolom yang lain.

**1.6**

**1.7**

RCM ANALYSIS SHEET							
FORM 2 Definisi Batasan Sistem				Plant	Rev	Halaman	
Sistem ID	S1F1-M01	Analysis		Tanggal		Remarks	
Name	Motor Feeder 1	Subsystem		Tanggal			
<b>1. Peralatan Major</b>				<b>2. Batasan Fisik primer</b>			
Power Transmission	Gearbox/var drives, coupling to drive, lubrication	Dimulai : Open valve mixer S1F1-PV01					
Pump unit	Support, casing, impeller, shaft, radial bearing, seal, alignment	Diakhiri : Ruang pembakaran burner S1BR					
Control and monitoring	Instrument, cabling, junction box, control unit, actuating device, monitoring, internal power supply	<b>Catatan Penting :</b> Referensi batasan primer pada P&ID motor yang bersangkutan.					
Lubrication	Instrument, reservoir heating element, filter, cooler, valve & piping, oil, seal actuating device, monitoring	Referensi peralatan major berdasarkan <b>OREDA 2002 (page 333, Table 11).</b>					
Miscellaneous	Purge air, cooling/heating system, filter,						

**Gambar 4.4** FORM 2 Definisi Batasan Sistem

RCM ANALYSIS SHEET						
FORM 3 Detail Batasan Sistem	Plant	Feeder	Rev		Halaman	
	Analysis		Tanggal		Remarks	
	Reviewed		Tanggal			
<b>System ID</b>	<b>S1F1-M01</b>					
<b>Name</b>	<b>Motor Feeder 1</b>					
<b>Jenis Interface</b>	<b>Batasan Sistem</b>	<b>Lokasi Interface</b>		<b>Referensi</b>		
IN	Tekanan masuk dari jalur output mixer melalui output valve mixer	Output Valve Mixer 4"		S1MH-PV02 P&ID [6C]		
OUT	Daya putar dari coupling shaft motor	Coupling Shaft		P&ID [6E]		
OUT	Fluida proses keluar (menuju <i>burner</i> )	End shaft and inlet burner		S1BR P&ID [6E]		

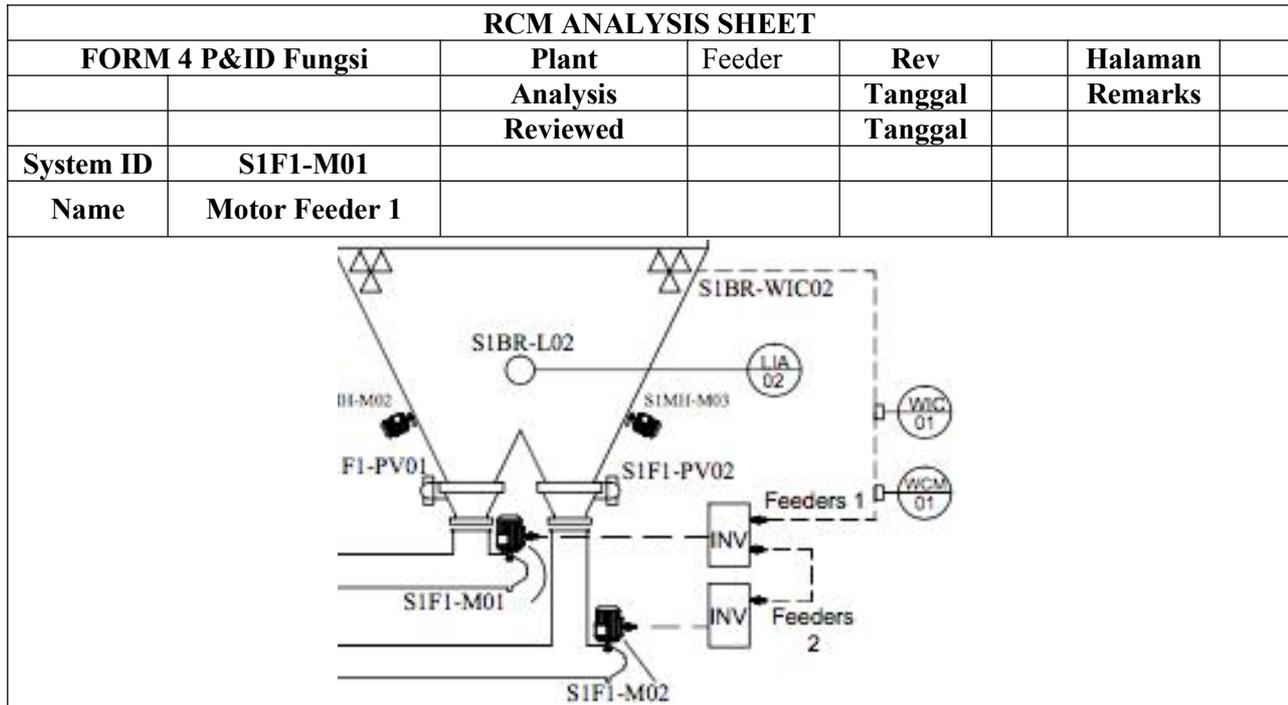
**Gambar 4.5** FORM 3 Detail Batasan Sistem

Kolom yang diisi pada form 3 adalah:

1. Jenis Interface, yaitu apakah proses berjalan keluar atau masuk ke sistem.
2. Batasan Sistem, yaitu penjelasan proses interface yang terjadi.
3. Lokasi Interface, yaitu batasan fisik dari sistem dimana interface terjadi.
4. Referensi, yaitu referensi P&ID yang diberikan dari peralatan tersebut

Form ini dibuatkan untuk masing-masing peralatan yang ditinjau. Adapun pengisian informasi harus dibuat selengkap-lengkap nya . Untuk dapat mengisi informasi ini dengan lengkap dibutuhkan data yang komplit dari peralatan.

Contoh untuk FORM 4 yang terisi pada gambar 4.6. Data yang diisi adalah wujud batasan sistem yang diberikan untuk sistem yang bersangkutan. Selain itu juga sebaiknya dimasukkan alur-alur dari proses-proses yang terjadi pada sistem tersebut. Form ini dibuatkan untuk masing-masing sistem yang ditinjau.



**Gambar 4.6** FORM 4 Diagram P&ID Fungsi

#### **4.3.5 Failure Mode and Effect Analysis**

Untuk failure mode, penulis mengambil rujukan dari buku OREDA-2002. Menurut penulis, failure mode yang tercantum dalam OREDA secara garis besar sudah mewakili spektrum kegagalan yang mungkin terjadi (atau sudah terjadi) dalam suatu oil refinery unit. Langkah yang ditempuh, yaitu untuk masing-masing kegagalan yang terjadi dimasukkan ke dalam kategori failure masing-masing. Untuk kasus ini, karena failed items sudah terlebih dahulu diketahui, maka untuk penunjuk kegagalan yang terjadi sebelumnya merupakan suatu educated guess.

#### **4.3.6 Penentuan Penyebab Kegagalan**

Penentuan penyebab kegagalan merupakan bagian yang hampir tidak menggunakan rujukan. Penyebab kegagalan dapat berupa banyak hal, dan bergantung sekali pada kondisi di lapangan. Penyebab bearing rusak prematur bisa jadi karena mis-alignment, bearing yang dipergunakan tidak memenuhi spesifikasi, pelumasan bearing tidak baik, instalasi bearing tidak sesuai standar operasi dan lain dan sebagainya. Bagan failure descriptor vs. failure mode yang didapat dari OREDA-2002 juga cukup membantu untuk menseleksi dan mensortir kegagalan dan penyebabnya. Bagan ini berisi data persentase failure rate dari failure descriptor/failure mode yang pernah terjadi. Dapat diasumsikan bahwa kejadian kegagalan di plant P akan sesuai kepada bagan ini.

Mengacu pada output dari proses FMEA, ada tiga komponen pompa yang mengalami kegagalan, yaitu mechanical seal, bearing, dan coupling. Untuk dapat melakukan penentuan penyebab kegagalan yang paling benar (untuk plant P) harus dilakukan tinjauan ke lapangan dan studi prosedur pengerjaan.

#### **4.3.7 Pemilihan Tindak Pemeliharaan yang Sesuai**

Penulis kembali mendasarkan proses ini atas guidelines yang diberikan dalam buku RCM, seperti yang telah ditulis sebelumnya. Tindak pemeliharaan yang dapat dipilih adalah

secara garis besar tindakan preventif dan default action. Tindakan pemeliharaan yang baru didasarkan atas tindakan korektif terbaik atas kerusakan peralatan tersebut, lalu kesesuaian dengan syarat pemilihan yang diberikan sebelumnya. Target dari tindakan pemeliharaan yang baru tentunya adalah mencoba mendapatkan nilai keandalan yang baik, sebagai target riil bisa mencoba untuk kembali memenuhi standar-standar yang ditetapkan dalam API 610, karena standar tersebut termasuk diantara standar untuk keandalan dan performa dari pompa yang digunakan dalam bidang kerja dari plant P.

Cara melakukan pemilihan tindakan pemeliharaan yang dilakukan dapat dengan menggunakan Logic Tree Analysis (LTA). Untuk LTA RCM kali ini penulis mengacu pada panduan decision diagram seperti pada Gambar 3.1 Flowchart Decision Diagram RCM II. Decision diagram ini didapat dari buku RCM II[16].

Lalu hasil dari proses LTA dicatat ke dalam FORM 6 Logic Tree Analysis. Contoh hasil yang sudah dicatat pada gambar 4.11. Kolom yang diisi adalah:

1. ID Fungsi, sesuai dengan ID yang diberikan pada form sebelumnya. ID ini mengacu pada masing-masing fungsi peralatan yang dicantumkan.
2. ID Kegagalan Fungsi, sesuai dengan ID yang diberikan pada form sebelumnya. ID ini mengacu pada kegagalan-kegagalan fungsi yang diisi pada form sebelumnya.
3. ID Failure mode, sesuai dengan ID yang diberikan pada form sebelumnya. ID ini mengacu pada bentuk kegagalan yang diisi pada form sebelumnya.
4. Evaluasi Akibat,
  - 1.1 H, atau health, yaitu akibat kepada kesehatan,
  - 1.2 S, atau safety, yaitu akibat kepada keamanan dan keselamatan,
  - 1.3 E, atau environment, yaitu akibat kepada lingkungan,
  - 1.4 O, atau operational capability, yaitu akibat pada kemampuan operasional dari peralatan.

5. Failure Management Strategy, yaitu isian untuk masing-masing nilai HSEO yang diberikan dalam decision tree. Tiap tingkat memberi hasil tindak pemeliharaan yang sesuai.
2. Default Action, yaitu tindak default yang harus ditempuh, apakah tidak dilakukan tindak pemeliharaan berkala atau desain ulang.
3. Proposed Maintenance Task, adalah tindak pemeliharaan yang disarankan apabila mengikuti alur dari LTA. Tindak pemeliharaan yang diisikan berkesesuaian dengan hasil yang didapat dari kolom Failure Management Strategy.
4. Interval, yaitu interval dari tindak pemeliharaan dilakukan.
5. Dapat Dilakukan Oleh, mengacu pada individual yang saat penerapan tindak pemeliharaan ini akan melakukan tindak pemeliharaan tersebut.

Menggabungkan hasil dari proses Penentuan Penyebab Kegagalan dengan hasil dari LTA akan menghasilkan hasil akhir berupa tindak pemeliharaan yang sesuai dengan kondisi peralatan yang ditinjau. Proses penentuan penyebab kegagalan menunjukkan bagian-bagian mana yang kritis dan seringkali menyebabkan failure peralatan. Meskipun begitu, pengetahuan tersebut belum tentu berguna apabila tidak diketahui bagaimana (intensitas) perbaikan dapat dilakukan serta apakah penerapan perbaikan tersebut dapat dibenarkan, efektif biaya dan waktu. Dengan melakukan logic tree analysis, didapat bagaimana (sesuai dengan kritikalitas–akibat kegagalan terhadap faktor HSEO) intensitas proses perbaikan/tindak pemeliharaan baru sebaiknya dilakukan. Dengan kata lain, dapat ditentukan apakah tindak pemeliharaan baru untuk peralatan (atau komponen peralatan) tersebut harus dilakukan dengan scheduled on-condition task, scheduled restoration task, scheduled discard task, scheduled failure finding task, no scheduled maintenance atau redesign. Seperti yang sebelumnya telah disinggung, output proses RCM adalah tindak pemeliharaan yang baru. Tindak pemeliharaan ini

harus dapat menghilangkan atau meminimalkan akibat kegagalan. Namun agar tindak pemeliharaan ini dapat diterapkan harus dapat dibenarkan pelaksanaannya.

#### **4.4 Schedule Maintenance dan Kehandalan Sistem**

Penentuan schedule maintenance berdasarkan interval jam operasi yang didapatkan dari hasil analisa kuantitatif dari tiap komponen yang sudah diplot ke dalam grafik preventive maintenance,. Dari grafik maintenance tersebut juga terdapat grafik reliability komponen yang kemudian ditentukan jam operasi sedemikian hingga hasil perhitungan kehandalan ssubistemnya mendekati standart yang telah ditentukan yaitu 0,7. Dalam melakukan penentuan nilai *standart reliability*, penulis mengikuti standart reliability yang telah ditetapkan oleh manajemen maintenance PT. Ferro yaitu 0,7. Penetapan nilai 0,7 tersebut berdasarkan jenis plant yang di kontrol yaitu sistem smelter atau peleburan yaitu pengolahan bahan mentah menjadi bahan setengah jadi untuk dikirimkan lagi ke prusahaan lain untuk diproduksi menjadi bahan jadi. Sedangkan jika sistem pengolahan minyak seperti PT. Pertamina maka *standart reliabilitynya* 0,9 dan sedangkan industry manufaktur seperti PT. Petrokimia maka *standart reliability* 0,6. Pada plant smelter ini terdapat bebrapa subsistem yaitu *mass hopper, feeder, burner* dan *conveyor*

##### **4.3.1 Subsistem Mass Hopper**

*Mass hopper* terdapat 3 komponen yaitu motor *mixer* (S1MH-M01), *Output Valve Mixer 1* (S1MH-PV01) dan *Output Valve Mixer 2* (S1MH-PV02). Evaluasi kehadalan komponen ini adalah sebagai berikut.. Berdasarkan hasil pengolahan data secara kuantitatif yang telah dilakukan pada subsistem *mass hopper*, Tabel 4.5 merupakan hasil rekap untuk tindakan perawatan setiap komponen yang ada pada subsistem *Mass Hopper* yang menjadi penjadwalan perawatan dari setiap komponen itu sendiri, yang dilakukan secara maksimal dan efektif sebelum mencapai jam operasi masing-masing komponen.

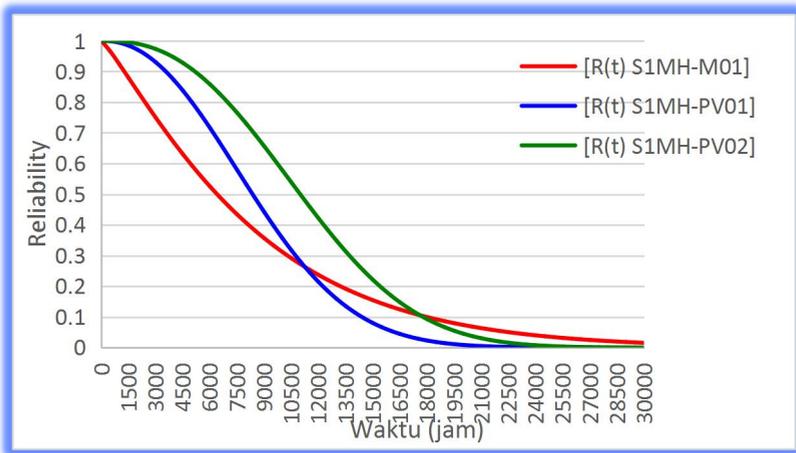
Harapannya pada tabel dapat menyajikan hasil penerapan *preventive maintenance* dan dapat menjadikan sebuah rekomendasi kepada perusahaan yaitu PT. Ferro Indonesia.

**Tabel 4.5** Jenis Perawatan dan Interval Berdasarkan Hasil Implementasi *Preventive Maintenance*

No.	Komponen	Jenis dan Interval Perawatan
1.	Motor Mixer (S1MH-M01)	Scheduled Restoration Task (3500 jam operasi)
2.	<i>Output mixer valve 1</i> (S1MH-PV01)	Scheduled Restoration Task (6000 jam operasi)
3.	<i>Output mixer valve 2</i> (S1MH-PV02)	Scheduled Restoration Task (8000 jam operasi)

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa tindakan perawatan setiap komponen pada subsistem *mass hopper* yang terjadwal secara sistematis dan mengacu pada tindakan *preventive* atau pencegahan sebelum terjadinya kegagalan yang berulang dapat lebih efektif jika dibandingkan dengan penggantian komponen secara terus-menerus jika terjadi kerusakan berulang.

Berdasarkan dari hasil analisis masing-masing keandalan pada tiap komponen, maka dapat terlihat pada plot grafik keandalan yang telah disajikan sebelumnya. Hasil plot grafik keandalan dari masing-masing komponen dapat dilakukan perbandingan dari keseluruhan komponen.



**Gambar 4.7** Perbandingan Kehandalan Seluruh Komponen *Mass Hopper*

Gambar 4.7 diatas menunjukkan bahwa komponen *output mixer valve 2* memiliki penurunan nilai kehandalan yang relatif tinggi apabila dibandingkan dengan komponen yang lainnya pada subsistem *mass hopper*. Hal itu disebabkan *output mixer valve 2* memiliki jam operasi yang lebih sedikit dengan *output mixer valve 1* dimana kedua komponen tersebut secara fungsi terpasang paralel. Sedangkan motor *mixer* memiliki nilai kehandalan yang relatif paling rendah terhadap waktu.

Untuk menghitung nilai kehandalan subsistem maka terlebih dahulu mengetahui nilai kehandalan masing-masing komponen. Kehandalan pada *mass hopper* dapat dihitung dengan persamaan konfigurasi seri dan paralel sesuai dengan *reliability blok diagram* (lampiran 2).

Dimana :

$$R_1 = R (\text{Motor Mixer})$$

$$R_2 = R (\text{Output Mixer Valve 1})$$

$$R_3 = R (\text{Output Mixer Valve 2})$$

Nilai kehandalan pada jam operasional selama 3000 jam

$$R_1 = 0.749$$

$$R_2 = 0.93$$

$$R3 = 0.973$$

Maka nilai kehandalan subsistem *mass hopper* adalah :

$$\begin{aligned} R_{\text{mass hopper}} &= P(E1 \cap (P(E2 \cup E3))) \\ &= (R1) (1-(1-R2)(1-R3)) \\ &= (0.749)(1-(1-0.93)(1-0.973)) \\ &= (0.749)(0.99811) \\ &= 0,7475 \end{aligned}$$

#### 4.3.2 Subsistem Motor Feeder

Pada subsistem *Feeder* terdapat 3 komponen yaitu motor *feeder 1* (S1F1-M01), motor *feeder 2* (S1F1-M02) dan *weighing control* (S1F1-WIC01). Evaluasi kehandalan komponen ini adalah sebagai berikut. Berdasarkan hasil pengolahan data secara kuantitatif yang telah dilakukan pada subsistem *feeder*, Tabel 4.6 merupakan hasil rekap untuk tindakan perawatan setiap komponen yang ada pada subsistem *feeder* yang menjadi penjadwalan perawatan dari setiap komponen itu sendiri, yang dilakukan secara maksimal dan efektif sebelum mencapai jam operasi masing-masing komponen. Harapannya pada tabel dapat menyajikan hasil penerapan *preventive maintenance* dan dapat menjadikan sebuah rekomendasi kepada perusahaan yaitu PT. Ferro Indonesia.

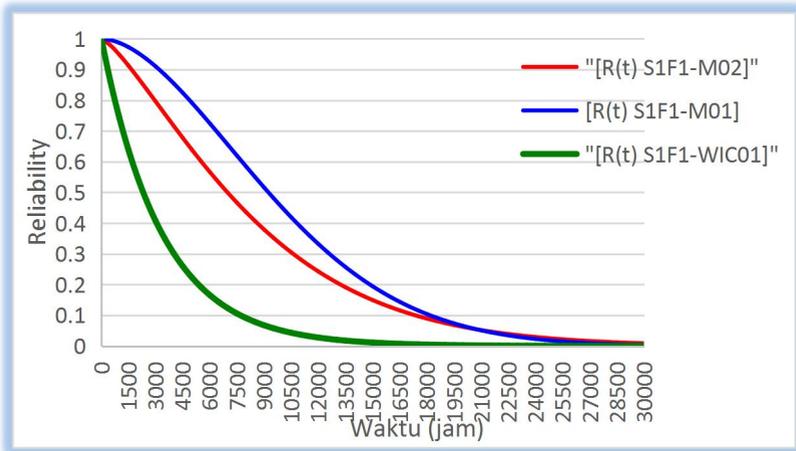
**Tabel 4.6** Jenis Perawatan dan Interval Verdasarkan Hasil Implementasi *Preventive Maintenance*

No.	Komponen	Jenis dan Interval Perawatan
1.	Motor <i>Feeder 1</i> (S1F1-M01)	<i>Scheduled Restoration Task</i> (4000 jam operasi)
2.	Motor <i>Feeder 2</i> (S1F1-M02)	<i>Scheduled Restoration Task</i> (6000 jam operasi)
3.	<i>Weighing Control</i> (S1F1-WIC01)	<i>Schedule on Condition Task</i> (1000 jam operasi)

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa tindakan perawatan setiap komponen pada subsistem *mass hopper* yang terjadwal secara sistematis dan mengacu pada tindakan *preventive* atau pencegahan sebelum terjadinya kegagalan yang berulang dapat

lebih efektif jika dibandingkan dengan penggantian komponen secara terus-menerus jika terjadi kerusakan berulang.

Berdasarkan dari hasil analisis masing-masing keandalan pada tiap komponen, maka dapat terlihat pada plot grafik keandalan yang telah disajikan sebelumnya. Hasil plot grafik keandalan dari masing-masing komponen dapat dilakukan perbandingan dari keseluruhan komponen. Perbandingan tersebut disajikan pada Gambar 4.8 berikut ini.



**Gambar 4.8** Perbandingan Keandalan Seluruh Komponen Feeder

Grafik 4.8 diatas menunjukkan bahwa komponen *motor feeder 1* memiliki penurunan nilai keandalan yang relatif tinggi apabila dibandingkan dengan komponen yang lainnya pada subsistem *feeder*. Hal itu disebabkan *motor feeder 1* memiliki jam operasi yang lebih sedikit dengan *motor feeder 2* dimana kedua komponen tersebut secara fungsi terpasang paralel. Sedangkan *weighing control* memiliki nilai keandalan yang relatif paling rendah terhadap waktu.

Untuk menghitung nilai keandalan subsistem maka terlebih dahulu mengetahui nilai keandalan masing-masing komponen. Keandalan pada *weighing control* dapat dihitung dengan

persamaan konfigurasi seri dan parare sesuai dengan *reliability blok diagram* (lampiran 2.2).

Dimana :

R1 = R (Motor *feeder 1*)

R2 = R (Motor *feeder 2*)

R3 = R (*Weighning Control*)

Nilai kehandalan pada jam operasional selama 1000 jam

R1 = 0.986

R2 = 0.947

R3 = 0.741

Maka nilai kehandalan subsistem *Feeder* adalah :

$$\begin{aligned}
 R_{\text{mass hopper}} &= P(E3 \cap (P(E1 \cup E2))) \\
 &= (R3) (1-(1-R1)(1-R2)) \\
 &= (0.741)(1-(1-0.986)(1-0.947)) \\
 &= (0.749)(0.99811) \\
 &= 0,7484
 \end{aligned}$$

### 4.3.3 Subsistem *Burner*

Pada subsitem burner ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu *front burner* dan *roof burner* yang bekerja secara seri, artinya *front burner* bekerja terlebih dahulu untuk memulai proses pembakaran dan setelah mencapai suhu 760°C maka bagian *roof burner* memulai pembakaran *Burner* sehingga dapat diketahui bahwa komponen pada *front burner* memiliki jam operasi atau *running hours* lebih lama daripada *roof burner* sehingga laju kegagalan komponen *front burner* lebih tinggi dari pada komponen pada *roof burner*. Pada bagian front burner terdapat komponen O<sub>2</sub> *front burner valve* (S1BR-PV06), gas *front burner valve* (S1BR-PV08), O<sub>2</sub> *front burner flow transmitter* (S1BR-FI03), gas *front burner flow transmitter* (S1BR-FI04). Pada *roof burner* terdapat beberapa komponen yaitu O<sub>2</sub> *roof burner valve* (S1BR-PV02), gas *roof burner valve* (S1BR-PV04), O<sub>2</sub> *roof burner flow transmitter* (S1BR-FI01), gas *roof burner flow transmitter* (S1BR-FI02). Selain itu juga ada *pressure control*

*blower* yang menjaga agar tekanan udara didalam ruang pembakaran lebih rendah atau sama dengan tekanan udara diluar ruang pembakaran.

Berdasarkan hasil pengolahan data secara kuantitatif yang telah dilakukan pada subsistem *feeder*, Tabel 4.7 merupakan hasil rekap untuk tindakan perawatan setiap komponen yang ada pada subsistem *feeder* yang menjadi penjadwalan perawatan dari setiap komponen itu sendiri, yang dilakukan secara maksimal dan efektif sebelum mencapai jam operasi masing-masing komponen. Harapannya pada tabel dapat menyajikan hasil penerapan *preventive maintenance* dan dapat menjadikan sebuah rekomendasi kepada perusahaan yaitu PT. Ferro Indonesia.

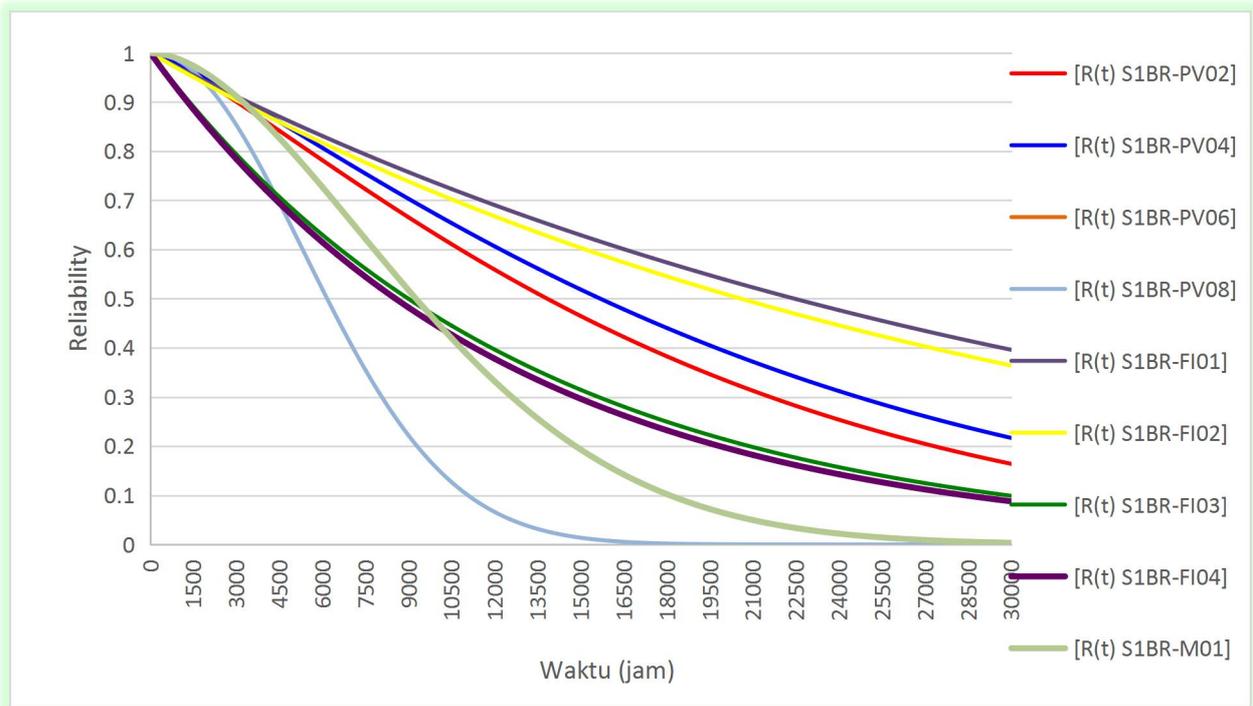
**Tabel 4.7** Jenis Perawatan dan Interval Berdasarkan Hasil Implementasi *Preventive Maintenance*

No.	Komponen	Jenis dan Interval Perawatan
1.	Oksigen <i>Roof Burner Valve</i> (S1BR-PV02)	<i>Scheduled Restoration Task</i> (8000 jam operasi)
2.	Gas <i>Roof Burner Valve</i> (S1BR-PV04)	<i>Scheduled Restoration Task</i> (9000 jam operasi)
3.	Oksigen <i>Front Burner Valve</i> (S1BR-PV06)	<i>Scheduled Restoration Task</i> (6000 jam operasi)
4.	Gas <i>Front Burner Valve</i> (S1BR-PV08)	<i>Scheduled Restoration Task</i> (4000 jam operasi)
5.	Oksigen <i>Roof Burner Flow Transmitter</i> (S1BR-FI01)	<i>Scheduled on Condition Task</i> (11500 jam operasi)
6.	Gas <i>Roof Burner Flow Transmitter</i> (S1BR-FI02)	<i>Scheduled on Condition Task</i> (10500 jam operasi)
7.	Oksigen <i>Front Burner Flow Transmitter</i> (S1BR-FI03)	<i>Scheduled on Condition Task</i> (4500 jam operasi)
8.	Gas <i>Front Burner Flow Transmitter</i>	<i>Scheduled on Condition Task</i> (4000 jam operasi)

	(S1BR-FI04)	
9.	<i>Pressure Control Blower</i> (S1BR-FI01)	<i>Scheduled Restoration Task</i> (6000 jam operasi)

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa tindakan perawatan setiap komponen pada subsistem *mass hopper* yang terjadwal secara sistematis dan mengacu pada tindakan *preventive* atau pencegahan sebelum terjadinya kegagalan yang berulang dapat lebih efektif jika dibandingkan dengan penggantian komponen secara terus-menerus jika terjadi kerusakan berulang.

Berdasarkan dari hasil analisis masing-masing keandalan pada tiap komponen, maka dapat terlihat pada plot grafik keandalan yang telah disajikan sebelumnya. Hasil plot grafik keandalan dari masing-masing komponen dapat dilakukan perbandingan dari keseluruhan komponen. Perbandingan tersebut disajikan pada gambar berikut ini.



**Gambar 4.9** Perbandingan Kehandalan Seluruh Komponen *Burner* Terhadap Waktu

Grafik 4.9 diatas menunjukkan bahwa rata-rata komponen subsistem *front burner* memiliki kehandalan yang relatif rendah apabila dibandingkan dengan subsistem *roof burner*, salah satu faktor yang menyebabkan hal itu terjadi adalah jam operasional sub sistem *front burner* lebih lama karena harus memulai pembakaran dari *low fire* 50°C hingga saat *production mode* 1600°C. Begitu juga nilai kehandalan *oressure control blower* juga relatif rendah bila dibandingkan dengan semua komponen subsitem *burner* lainnya.

Untuk menghitung nilai kehandalan subsistem *burner* maka terlebih dahulu mengetahui nilai kehandalan masing-masing komponen. Kehandalan pada subsistem *burner* dapat dihitung dengan persamaan konfigurasi seri dan paralel sesuai dengan *reliability blok diagram* (lampiran 2.2).

Dimana :

R1 = R (Oksigen *Roof Burner Valve*)

R2 = R (*Gas Roof Burner Valve*)

R3 = R (Oksigen *Front Burner Valve*)

R4 = R (*Gas Front Burner Valve*)

R5 = R (Oksigen *Roof Burner Flow Transmitter*)

R6 = R (*Gas Roof Burner Flow Transmitter*)

R7 = R (Oksigen *Front Burner Flow Transmitter*)

R8 = R (*Gas Front Burner Flow Transmitter*)

R9 = R (*Pressure Control Blower*)

Nilai kehandalan pada jam operasional selama 3000 jam

R1 = 0.9

R2 = 0.912

R3 = 0.91

R4 = 0.804

R5 = 0.911

R6 = 0.903

R7 = 0.793

R8 = 0.783

R9 = 0.911

Maka nilai kehandalan subsistem *mass hopper* adalah :

$$R_{Burner} = P(PCB) \cap (P(Front) \cup P(Roof))$$

$$\begin{aligned}
R_{PCB} &= R_9 \\
R_{Front\ Burner} &= P(E1 \cap E5) \cup P(E2 \cap E6) \\
&= ((R1)(R5)) \cup ((R2)(R6)) \\
&= (0.9)(0.911) \cup (0.912)(0.903) \\
&= (0.8199) \cup (0.8235) \\
&= 1 - ((1-0.8199)(1-0.8235)) \\
&= 0.9682
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
R_{Roof\ Burner} &= P(E3 \cap E7) \cup P(E4 \cap E8) \\
&= ((R3)(R7)) \cup ((R4)(R6)) \\
&= (0.91)(0.793) \cup (0.804)(0.783) \\
&= (0.7216) \cup (0.6295) \\
&= 1 - ((1-0.7216)(1-0.6295)) \\
&= 0.8968
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
R_{Burner} &= P(PCB) \cap P(Front) \cap P(Roof) \\
&= (R_{PCB})(R_{front\ Burner})(R_{Roof\ Burner}) \\
&= (0.911)(0.9682)(0.8968) \\
&= 0.7902
\end{aligned}$$

Dari perhitungan total kehandalan subsistem *burner* jika dihitung saat 3000 jam beroperasi maka kehandalannya turun menjadi 0.7902.

#### 4.3.4 Subsistem *Conveyor*

Pada subsistem conveyor terdapat beberapa komponen yaitu *Weighing Control* (S1CN-WIC01) dan *Motor Conveyor Rotater* (S1CN-M03). Evaluasi kehandalan komponen ini adalah sebagai berikut : Berdasarkan hasil pengolahan data secara kuantitatif yang telah dilakukan pada subsistem *Conveyor*, Tabel 4.3 merupakan hasil rekap untuk tindakan perawatan setiap komponen yang ada pada subsistem *feeder* yang menjadi penjadwalan perawatan dari setiap komponen itu sendiri, yang dilakukan secara maksimal dan efektif sebelum mencapai jam operasi masing-masing komponen. Harapannya pada tabel dapat menyajikan hasil penerapan *preventive maintenance* dan dapat

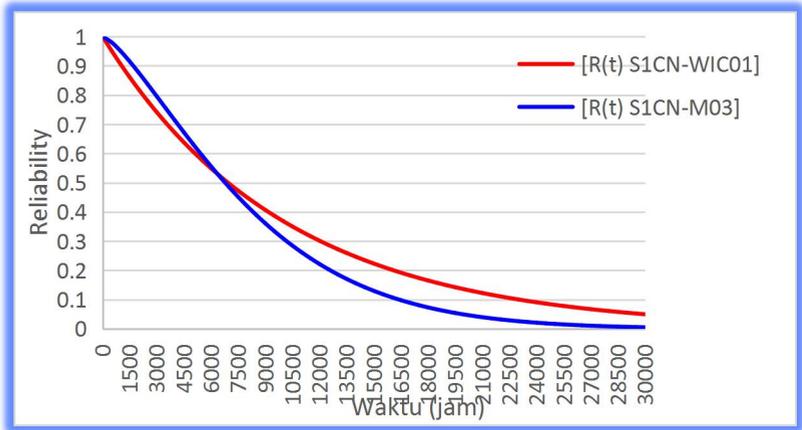
menjadikan sebuah rekomendasi kepada perusahaan yaitu PT. Ferro Indonesia.

**Tabel 4.8** Jenis Perawatan dan Interval Berdasarkan Hasil Implementasi *Preventive Maintenance*

No.	Komponen	Jenis dan Interval Perawatan
1.	Weighing Control (S1CN-WIC01)	<i>Scheduled Restoration Task</i> (4000 jam operasi)
2.	Motor <i>Conveyor Rotater</i> (S1CN-M03)	<i>Scheduled Restoration Task</i> (6000 jam operasi)

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa tindakan perawatan setiap komponen pada subsistem *conveyor* yang terjadwal secara sistematis dan mengacu pada tindakan *preventive* atau pencegahan sebelum terjadinya kegagalan yang berulang dapat lebih efektif jika dibandingkan dengan penggantian komponen secara terus-menerus jika terjadi kerusakan berulang.

Berdasarkan dari hasil analisis masing-masing keandalan pada tiap komponen, maka dapat terlihat pada plot grafik keandalan yang telah disajikan sebelumnya. Hasil plot grafik keandalan dari masing-masing komponen dapat dilakukan perbandingan dari keseluruhan komponen. Perbandingan tersebut disajikan pada Gambar 4.10 berikut ini.



**Gambar 4.10** Perbandingan Kehandalan Seluruh Komponen *Conveyor*

Grafik 4.15 diatas menunjukkan bahwa komponen *weighing control* memiliki nilai kehandalan yang relatif lebih rendah daripada motor *rotater conveyor*. Sehingga berdasarkan kehandalan dan grafik laju kegagalan *weighing control* tersebut harus dilakukan tindakan *preventive maintenace* dengan *schedule on condition task* setiap 3500 jam operasi.

Untuk menghitung nilai kehandalan subsistem maka terlebih dahulu mengetahui nilai kehandalan masing-masing komponen. Kehandalan pada subsistem *conveyor* dapat dihitung dengan persamaan konfigurasi seri dan parare sesuai dengan *reliability blok diagram* (lampiran 2).

Dimana :

$R1 = R$  (*Weighing Control*)

$R2 = R$  (*Motor Rotater Conveyor*)

Nilai kehandalan pada jam operasional selama 2000 jam

$R1 = 0.778$

$R2 = 0.876$

Maka nilai kehandalan subsistem *Conveyor* adalah :

$$\begin{aligned} R_{Conveyor} &= P(E1 \cap E2) \\ &= (R1)(R2) \\ &= (0.778)(0.876) \\ &= 0.7165 \end{aligned}$$

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari analisa yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

8. RCM membawa keuntungan bagi perusahaan dalam jangka panjang, karena menghasilkan task master pemeliharaan yang disesuaikan dengan tingkat kekritisn peralatan, serta mampu membuat pembenaran untuk menghilangkan kegiatan pemeliharaan yang ternyata tidak diperlukan.
  
9. Komponen yang sering mengalami kegagalan (*failure* dan *repair*) pada proses peleburan polimer antara lain *weighing control feeder (SIFI-WIC01)* dilihat dari penurunan kehandalan dengan waktu operasi yang pendek dan juga laju kegagalan ( $\lambda$ ) dari masing-masing komponen yang terus meningkat seiring bertambahnya waktu operasi atau waktu produksi sehingga menyebabkan ketidakcocokan kegiatan *preventive maintenance* untuk diterapkan sebagai jenis perawatan kepada komponen tersebut (*no schedule maintenance*).
10. Jadwal *preventive maintenance* yang efektif guna meningkatkan kehandalan komponen dan mencegah terjadinya kejadian kegagalan adalah sebagai berikut :.
  - Motor Mixer* (3500 jam operasi)
  - Output tangki mixer valve 1* (6000 jam operasi)
  - Output tangki mixer valve 2* (8000 jam operasi)
  - Motor Feeder 1* (6000 jam operasi)
  - Motor Feeder 2* (4000 jam operasi)
  - Oksigen Front Burner Valve* (8000 jam operasi)
  - Gas Front Burner Valve* (6000 jam operasi)
  - Oksigen Roof Burner Valve* (6000 jam operasi)

*Gas Roof Burner Valve* (4000 jam operasi)  
*Oksigen Front Burner Flow Transmitter* (11500 jam operasi)  
*Gas Front Burner Flow Transmitter* (10500 jam operasi)  
*Oksigen Roof Burner Flow Transmitter* (4500 jam operasi)  
*Gas Roof Burner Flow Transmitter* (4000 jam operasi)  
*Pressure Control Blower* (6000 jam operasi)  
*Pump Outlet Quench 1* (9500 jam operasi)  
*Pump Outlet Quench 2* (6500 jam operasi)  
*Weighing Control Conveyor* (3500 jam operasi)  
*Motor Conveyor Rotater* (4000 jam operasi)

11. Berikut jenis tindakan pencegahan terjadinya kegagalan dapat dilakukan tindakan pemeliharaan berupa.
  - *Schedule restoration task*, atau perbaikan komponen pada :  
*Motor Mixer, Output tangki mixer valve 1, Output tangki mixer valve 2, Motor Feeder 1, Motor Feeder 2, Oksigen Front Burner Valve, Gas Front Burner Valve, Oksigen Roof Burner Valve, Gas Roof Burner Valve, Pressure Control Blower, Pump Outlet Quench 1, Pump Outlet Quench 2 dan Motor Conveyor Rotater*
  - *Schedule on condition Task*, atau pengecekan pada :  
*Oksigen Front Burner Flow Transmitter, MGas Front Burner Flow Transmitter, Oksigen Roof Burner Flow Transmitter, Gas Roof Burner Flow Transmitter, dan Weighing Control Conveyor.*
  - *No schedule maintenance*, atau tidak ada kegiatan *maintenance* pada :  
*Weighing Control Mass Hopper*

## 5.2 Saran

Untuk mengembangkan penelitian ini kedepannya dapat dilakukan penentuan interval perawatan berdasarkan metode validasi yang sedang berkembang (*fuzzy logic* dan *neural network*) terhadap komponen penyusun sistem *smelter*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] McGraw-Hill Concise Encyclopedia of Engineering. © 2002
- [2] H. Paul Barringer, P.E.,(1997). *Article Availability, Reliability, Maintainability, and Capability*, Barringer & Associates, Inc.
- [3] Dian Palupi Restuputri, "Analisis Kecelakaan Kerja dengan Menggunakan Metode *Hazard and Operability Study (HAZOP)*," Universitas Muhammadiyah, Malang, Disetation ISSN 1412-686.
- [4] Materi Kuliah Pemantauan dan Pemeliharaan Mesin DTM FTUI tahun 2011
- [5] <http://www.weibull.com/basics/rcm.htm> diakses bulan Oktober 2011
- [6] Islam H. Afety, article Reliability-Centered Maintenance Methodology and Application: A Case
- [7] John Moubray Reliability-Centered Maintenance II, Butterworth-Heinemann, 1994
- [8] Ebeling Charles, *An Introduction To Reliability And Maintenance Engineering*. New York, USA: Waveland Press Inc, 1997.
- [9] SINTEF Technology and Society, *Offshore Reliability Data (OREDA)*, 5th ed. Norway: Oreda Participants, 2009.
- [10] Azka Nur Aufar, "Usulan Kebijakan Perawatan Area Produksi Trim *Chassis* dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (Studi Kasus : PT. Nissan Motor Indonesia)" Institut Teknologi Nasional, Malang, Disetation ISSN 2338-5081.
- [11] American Petroleum Institute (API) 610 standard <http://www.dalyfan.com.au/PTAPI.html> (diakses tanggal 19 Juni 2012)
- [12] Aulia Winandi, "*Reliability Centered Maintenance pada Pompa*" Universitas Indonesia, Depok. Juli 2012

## BIODATA PENULIS



Nama Penulis Muhammad Faizal, dilahirkan di Surabaya, 30 Desember 1991. Riwayat pendidikan penulis dimulai dari SDN Wonokusumo XI, dilanjutkan di SMP Negeri 5 Surabaya, dilanjutkan di SMK Negeri 5 Surabaya, dilanjutkan di D3 Teknik Elektro Industri PENS-ITS, dan tahun 2015 masuk S1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS

Surabaya dengan NRP : 2414 106 015. Apabila terdapat pertanyaan tentang tugas akhir penulis maka dapat menghubungi No.Telpon Penulis yaitu : 081231716446, dan dapat juga melalui Email Penulis yaitu [mfaizal@kpesby.com](mailto:mfaizal@kpesby.com)

RCM ANALYSIS SHEET						
FORM 1 SELEKSI SISTEM	Plant	Mass Hopper	Rev		Halaman	
Description	Analysis		Tanggal		Remarks	
	Reviewed		Tanggal			
<b>System yang termasuk dalam analisis</b>						
System ID	Name	Fungsi	Alasan Ditinjau		Comment	
S1MH-M01	<i>Motor Feeder</i>	Untuk memasukkan bahan ke dalam ruang pembakaran	Memiliki peran penting dan awal dari sebuah proses serta desain mekanik yang rumit			
S1MH-PV01	<i>Output Valve mixer 1</i>	Untuk membuka dan menutup jalur 1 untuk aliran bahan hasil <i>mixer</i> ke <i>feeder 1</i>	Merupakan jalur utama aliran bahan dari subsistem mass hopper ke feeder 1			
S1MH-PV02	<i>Output Valve mixer 1</i>	Untuk membuka dan menutup jalur 2 untuk aliran bahan hasil <i>mixer</i> ke <i>feeder 2</i>	Merupakan jalur utama aliran bahan dari subsistem mass hopper ke feeder 2			

**Lampiran 1.1.1** FORM 1 Seleksi Sistem Mass Hopper

RCM ANALYSIS SHEET									
FORM 2 Definisi Batasan Sistem				Plant		Rev		Halaman	
Sistem ID	S1MH-M01			Analysis		Tanggal		Remarks	
Name	Motor Mixer			Subsystem		Tanggal			
<b>1. Peralatan Major</b>				<b>2. Batasan Fisik primer</b>					
Power Transmission	Gearbox/var drives, coupling to drive, lubrication			Dimulai : Hoist					
Pump unit	Support, casing, impeller, shaft, radial bearing, seal, alignment			Diakhiri : Open valve mixer S1F1-PV01 & S1F1-PV02					
Control and monitoring	Instrument, cabling, junction box, control unit, actuating device, monitoring, internal power supply			<b>Catatan Penting :</b> Referensi batasan primer pada P&ID motor yang bersangkutan					
Lubrication	Instrument, reservoir heating element, filter, cooler, valve & piping, oil, seal actuating device, monitoring								
Miscellaneous	Purge air, cooling/heating system, filter,								

**Lampiran 1.1.2** Form 2 Definisi Batasan Sistem

<b>RCM ANALYSIS SHEET</b>						
<b>FORM 2 Definisi Batasan Sistem</b>		<b>Plant</b>		<b>Rev</b>		<b>Halaman</b>
<b>Sistem ID</b>	S1MH-PV02	<b>Analysis</b>		<b>Tanggal</b>		<b>Remarks</b>
<b>Name</b>	Output Valve Mixer 1	<b>Subsystem</b>		<b>Tanggal</b>		
<b>1. Peralatan Major</b>		<b>2. Batasan Fisik primer</b>				
Valve	Closure member, flange, packing, seals, seat rings, valve body	Dimulai : Hoist				
Actuator	Case, diaphragm, gear, indicator, positioner, seals, spring	Diakhiri : Open valve mixer S1F1-PV01 & S1F1-PV02				
Control and monitoring	Instrument, cabling, junction box, control unit, actuating device, monitoring, internal power supply	<b>Catatan Penting :</b> Referensi batasan primer pada P&ID motor yang bersangkutan				
Miscellaneous	Other					

**Lampiran 1.1.3** Batasan Sistem Output Valve Mixer 1 (S1MH-PV01)

RCM ANALYSIS SHEET							
FORM 2 Definisi Batasan Sistem			Plant	Rev	Halaman		
Sistem ID	S1MH-PV03		Analysis	Tanggal	Remarks		
Name	Output Valve Mixer 2		Subsystem	Tanggal			
<b>1. Peralatan Major</b>			<b>2. Batasan Fisik primer</b>				
Valve	Closure member, flange, packing, seals, seat rings, valve body		Dimulai : Hoist				
Actuator	Case, diaphragm, gear, indicator, positioner, seals, spring		Diakhiri : Open valve mixer S1F1-PV02 & S1F1-PV03				
Control and monitoring	Instrument, cabling, junction box, control unit, actuating device, monitoring, internal power supply		<b>Catatan Penting :</b> Referensi batasan primer pada P&ID motor yang bersangkutan				
Miscellaneous	Other						

**Lampiran 1.1.4 Batasan Sistem Output Valve Mixer 2 (S1MH-PV02)**

<b>RCM ANALYSIS SHEET</b>						
<b>FORM 3 Detail Batasan Sistem</b>	<b>Plant</b>	<b>Mass Hopper</b>	<b>Rev</b>		<b>Halaman</b>	
	<b>Analysis</b>		<b>Tanggal</b>		<b>Remarks</b>	
	<b>Reviewed</b>		<b>Tanggal</b>			
<b>System ID</b>	<b>S1MH-M01</b>					
<b>Name</b>	<b>Motor Mixer 1</b>					
<b>Jenis Interface</b>	<b>Batasan Sistem</b>	<b>Lokasi Interface</b>		<b>Referensi</b>		
IN	Bahan masuk dari hoist melalui S1MH-PV01	Hoist		S1MH-PV01 P&ID [6B]		
OUT	Daya putar dari coupling shaft motor mixer	Coupling Shaft		P&ID [6C]		
OUT	Aduk bahan tercampur	Tangki mixer		S1MH P&ID [6C]		

**Lampiran 1.1.5** Detail Batasan Sistem Motor Mixer (S1MH-M01)

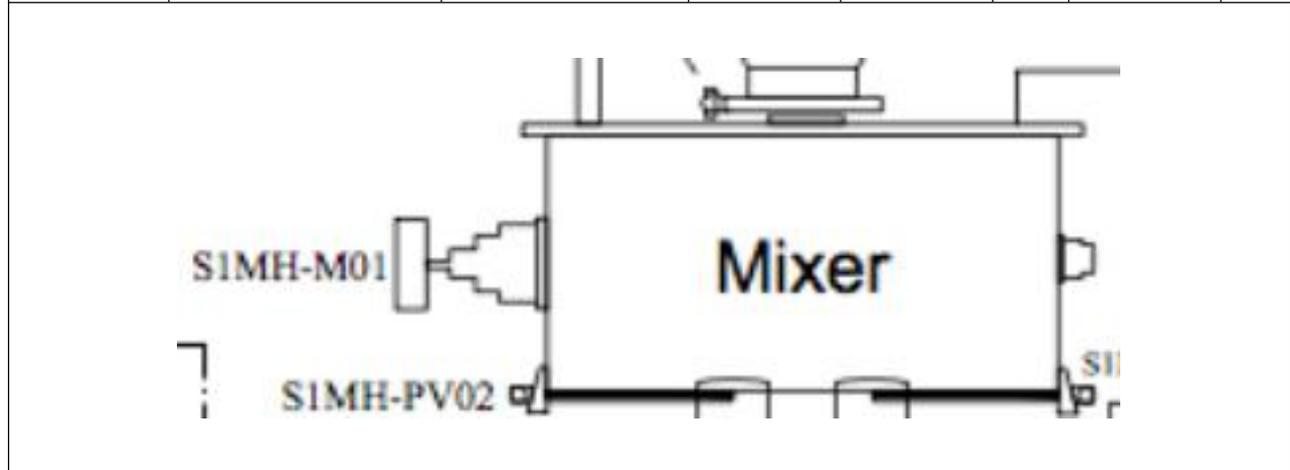
<b>RCM ANALYSIS SHEET</b>						
<b>FORM 3 Detail Batasan Sistem</b>		<b>Plant</b>	<b>Mass Hopper</b>	<b>Rev</b>		<b>Halaman</b>
		<b>Analysis</b>		<b>Tanggal</b>		<b>Remarks</b>
		<b>Reviewed</b>		<b>Tanggal</b>		
<b>System ID</b>	<b>S1MH-PV02</b>					
<b>Name</b>	<b>Output Valve Mixer 2</b>					
<b>Jenis Interface</b>	<b>Batasan Sistem</b>	<b>Lokasi Interface</b>			<b>Referensi</b>	
IN	Bahan keluar melalui jalur outlet tanki mixer kemudian ke S1MH-PV02	Hoist			S1MH-PV02 P&ID [6B]	
OUT	Coupling actuator valve	Coupling Shaft			P&ID [6C]	
OUT	Silo Feeder	Feeder			S1MH P&ID [6C]	

**Lampiran 1.1.6** Detail Batasan Sistem Output Valve Mixer (S1MH-PV02)

<b>RCM ANALYSIS SHEET</b>						
<b>FORM 3 Detail Batasan Sistem</b>		<b>Plant</b>	<b>Mass Hopper</b>	<b>Rev</b>	<b>Halaman</b>	
		<b>Analysis</b>		<b>Tanggal</b>		<b>Remarks</b>
		<b>Reviewed</b>		<b>Tanggal</b>		
<b>System ID</b>	<b>S1MH-PV03</b>					
<b>Name</b>	<b>Output Valve Mixer 2</b>					
<b>Jenis Interface</b>	<b>Batasan Sistem</b>	<b>Lokasi Interface</b>			<b>Referensi</b>	
IN	Bahan keluar melalui jalur outlet tanki mixer kemudian ke S1MH-PV02	Hoist			S1MH-PV03 P&ID [7C]	
OUT	Coupling actuator valve	Coupling Shaft			P&ID [6C]	
OUT	Silo Feeder	Feeder			S1MH P&ID [6C]	

**Lampiran 1.1.7** Detail Batasan Sistem Output Valve Mixer (S1MH-PV03)

RCM ANALYSIS SHEET						
FORM 4 P&ID Fungsi	Plant	Mass Hopper	Rev		Halaman	
		Analysis		Tanggal	Remarks	
		Reviewed		Tanggal		
System ID	S1MH-M01					
Name	Motor Mixer					



Lampiran 1.1.8 P&ID Fungsi Motor Mixer S1MH-M01

RCM ANALYSIS SHEET							
FORM 4 P&ID Fungsi		Plant	Mass Hopper	Rev		Halaman	
		Analysis Reviewed		Tanggal		Remarks	
		Reviewed		Tanggal			
<b>System ID</b>	<b>S1MH-PV02</b>						
<b>Name</b>	<b>Outlet Valve Mixer 1</b>						

Lampiran 1.1.9 P&ID Fungsi Output Valve Mixer S1MH-PV02

RCM ANALYSIS SHEET						
FORM 4 P&ID Fungsi	Plant	Mass Hopper	Rev		Halaman	
		Analysis Reviewed		Tanggal		Remarks
		Reviewed		Tanggal		
System ID	S1MH-PV03					
Name	Outlet Valve Mixer 2					

Lampiran 1.1.10 P&ID Fungsi Output Valve Mixer S1MH-PV03

<b>RCM ANALYSIS SHEET</b>						
<b>FORM 1 SELEKSI SISTEM</b>	<b>Plant</b>	<b>Feeder</b>	<b>Rev</b>		<b>Halaman</b>	
<b>Description</b>	<b>Analysis</b>		<b>Tanggal</b>		<b>Remarks</b>	
	<b>Reviewed</b>		<b>Tanggal</b>			
System yang termasuk dalam analisis						
<b>System ID</b>	<b>Name</b>	<b>Fungsi</b>	<b>Alasan Ditinjau</b>		<b>Comment</b>	
S1F1-M01	<i>Motor Feeder 1</i>	Untuk memasukkan bahan ke dalam ruang pembakaran melalui jalur inlet burner 1	Sistem utama yang memasukkan bahan ke ruang pembakaran dan tidak boleh ada delay waktu lama dalam proses distribusi			
S1F1-M02	<i>Motor Feeder 2</i>	Untuk memasukkan bahan ke dalam ruang pembakaran melalui jalur inlet burner	Sistem utama yang memasukkan bahan ke ruang pembakaran dan tidak boleh ada delay waktu lama dalam proses distribusi			

**Lampiran 1.2.1** FORM 1 Seleksi Sistem Motor Feeder 1 dan 2 (S1F1-M01 dan S1F1-M02)

RCM ANALYSIS SHEET							
FORM 2 Definisi Batasan Sistem		Plant		Rev		Halaman	
Sistem ID	S1F1-M01 dan S1F1-M02	Analysis		Tanggal		Remarks	
Name	Motor Feeder 1 dan 2	Subsystem		Tanggal			
<b>1. Peralatan Major</b>		<b>2. Batasan Fisik primer</b>					
Power Transmission	Gearbox/var drives, coupling to drive, lubrication	Dimulai : Open valve mixer S1F1-PV02 & S1F1-PV03					
Pump unit	Support, casing, impeller, shaft, radial bearing, seal, alignment	Diakhiri : Jalur Inlet Burner 1 & 2					
Control and monitoring	Instrument, cabling, junction box, control unit, actuating device, monitoring, internal power supply	<b>Catatan Penting :</b> Referensi batasan primer pada P&ID motor yang bersangkutan.					
Lubrication	Instrument, reservoir heating element, filter, cooler, valve & piping, oil, seal actuating device, monitoring	Referensi peralatan major berdasarkan <b>OREDA 2002 (page 333, Table 11)</b> .					
Miscellaneous	Purge air, cooling/heating system, filter,						

**Lampiran 1.2.2** FORM 2 Batasan Sistem Motor Feeder 1 dan 2 (S1F1-M01 dan S1F1-M02)

<b>RCM ANALYSIS SHEET</b>						
<b>FORM 3 Detail Batasan Sistem</b>		<b>Plant</b>	<b>Feeder</b>	<b>Rev</b>	<b>Halaman</b>	
		<b>Analysis</b>		<b>Tanggal</b>	<b>Remarks</b>	
		<b>Reviewed</b>		<b>Tanggal</b>		
<b>System ID</b>	<b>S1F1-M01 &amp; 2</b>					
<b>Name</b>	<b>Motor Feeder 1 &amp; 2</b>					
<b>Jenis Interface</b>	<b>Batasan Sistem</b>		<b>Lokasi Interface</b>		<b>Referensi</b>	
IN	Bahan masuk dari mass hopper melalui S1MH-PV02 & S1MH-PV03		Output tanki mixer		S1MH-PV01 & 2 P&ID [6C & 7C]	
OUT	Daya putar dari coupling shaft motor mixer		Shaft screw feeder		P&ID [6D & 6E]	
OUT	Inlet Burner 1 & 2		Inlet Burner		S1BR P&ID [6D & 6E]	

**Lampiran 1.2.3 FORM 3 Detail Batasan Sistem Motor Feeder 1 & 2 (S1F1-M01 & S1F1-M02)**

RCM ANALYSIS SHEET						
FORM 4 P&ID Fungsi	Plant	Feeder	Rev		Halaman	
		Analysis		Tanggal		Remarks
		Reviewed		Tanggal		
System ID	S1F1-M01&M02					
Name	Motor Feeder					

The diagram illustrates the functional components of the Motor Feeder system. It features two feeders, S1F1-M01 and S1F1-M02, which are driven by two inverters (INV). The feeders are controlled by two pressure valves, S1F1-PV01 and S1F1-PV02. A WCM 01 symbol is also present in the diagram.

Lampiran 1.2.4 FORM 4 P&ID Fungsi Motor Feeder 1& 2 (S1F1-M01 & S1F1-M02)

RCM ANALYSIS SHEET						
FORM 1 SELEKSI SISTEM	Plant	Burner	Rev		Halaman	
Description	Analysis		Tanggal		Remarks	
	Reviewed		Tanggal			
<b>System yang termasuk dalam analisis</b>						
System ID	Name	Fungsi	Alasan Ditinjau	Comment		
S1BR-M01	<i>Pressure Control Blower</i>	Untuk mengurangi tekanan udara di dalam ruang pembakaran	Syarat utama dan harus dipenuhi sebelum memulai proses pembakaran	P&ID Location [4C]		
S1BR-PV02 S1BR-PV04 S1BR-PV06 S1BR-PV08	<i>O<sub>2</sub> &amp; Gas Proportional Valve</i>	Untuk mengatur laju <i>O<sub>2</sub> &amp; Gas</i> agar kenaikan suhu sesuai <i>heat ramp up</i>	Merupakan komponen utama untuk mengatur kenaikan suhu pembakaran	[3B] [3C] [3D] [3D]		
S1BR-F101 S1BR-F102 S1BR-F103 S1BR-F104	<i>O<sub>2</sub> &amp; Gas Flow Transmitter</i>	Untuk membaca laju <i>O<sub>2</sub> &amp; Gas</i> yang kemudian datanya dikirim ke PLC	Merupakan komponen utama yang membaca laju <i>O<sub>2</sub> &amp; Gas</i> sehingga harus dijaga kehandalannya dalam membaca dan akurasi datanya	[3B] [3C] [3D] [3D]		

**Lampiran 1.3.1** FORM 1 Seleksi Sistem komponen Burner

RCM ANALYSIS SHEET							
FORM 2 Definisi Batasan Sistem				Plant	Rev	Halaman	
Sistem ID	S1BR-M01			Analysis	Tanggal	Remarks	
Name	Pressure Control Blower			Subsystem	Tanggal		
<b>1. Peralatan Major</b>				<b>2. Batasan Fisik primer</b>			
Power Transmission	Gearbox/var drives, coupling to drive, lubrication			Dimulai : Roof Burner			
Pump unit	Support, casing, impeller, shaft, radial bearing, seal, alignment			Diakhiri : Damper Burner			
Control and monitoring	Instrument, cabling, junction box, control unit, actuating device, monitoring, internal power supply			<b>Catatan Penting :</b> Referensi batasan primer pada P&ID motor yang bersangkutan.			
Lubrication	Instrument, reservoir heating element, filter, cooler, valve & piping, oil, seal actuating device, monitoring			Referensi peralatan major berdasarkan <b>OREDA 2002 (page 333, Table 11).</b>			
Miscellaneous	Purge air, cooling/heating system, filter,						

**Lampiran 1.3.2 FORM 2 Definisi Batasan Sistem**

RCM ANALYSIS SHEET							
FORM 2 Definisi Batasan Sistem		Plant		Rev		Halaman	
Sistem ID	S1BR-PV02, 04, 06 & 08	Analysis		Tanggal		Remarks	
Name	O <sub>2</sub> & Gas Proportional Valve	Subsystem		Tanggal			
<b>1. Peralatan Major</b>		<b>2. Batasan Fisik primer</b>					
Valve	Closure member, flange, packing, seals, seat rings, valve body	Dimulai : O <sub>2</sub> tank & Gas tank					
Actuator	Case, diaphragm, gear, indicator, positioner, seals, spring	Diakhiri : Flow transmitter S1BR-FI01, 02,03 & 04					
Control and monitoring	Instrument, cabling, junction box, control unit, actuating device, monitoring, internal power supply	<b>Catatan Penting :</b> Referensi batasan primer pada P&ID motor yang bersangkutan					
Miscellaneous	Other	Referensi peralatan major berdasarkan <b>OREDA 2002 (page 567, Table 17).</b>					

**Lampiran 1.3.3** Definisi Batasan Sistem O<sub>2</sub> & Gas Proportional Valve (S1BR-FI01, 02,03 & 04)

RCM ANALYSIS SHEET							
FORM 2 Definisi Batasan Sistem			Plant		Rev		Halaman
Sistem ID	S1BR-PV02, 04, 06 & 08		Analysis		Tanggal		Remarks
Name	O <sub>2</sub> & Gas Flow Transmitter		Subsystem		Tanggal		
<b>1. Peralatan Major</b>			<b>2. Batasan Fisik primer</b>				
Sensor & electronics	Sensing Element dan electronics		Dimulai : O <sub>2</sub> tank & Gas tank				
Miscellaneous	Isolation Valve, piping		Diakhiri : Flow transmitter S1BR-FI01, 02,03 & 04				
			<b>Catatan Penting :</b> Referensi batasan primer pada <b>P&amp;ID</b> Flow transmitter yang bersangkutan. Referensi peralatan major berdasarkan <b>OREDA 2002 (page 537, Table 16)</b> .				

**Lampiran 1.3.4** Definisi Batasan Sistem O<sub>2</sub> & Gas Flow Transmitter (S1BR-FI01, 02,03 & 04)

<b>RCM ANALYSIS SHEET</b>						
<b>FORM 3 Detail Batasan Sistem</b>	<b>Plant</b>	<b>Burner</b>	<b>Rev</b>		<b>Halaman</b>	
		<b>Analysis</b>		<b>Tanggal</b>		<b>Remarks</b>
		<b>Reviewed</b>		<b>Tanggal</b>		
<b>System ID</b>	<b>S1BR-M01</b>					
<b>Name</b>	<b>Pressure Control Blower</b>					
<b>Jenis Interface</b>	<b>Batasan Sistem</b>	<b>Lokasi Interface</b>			<b>Referensi</b>	
IN	Tekanan udara yang keluar dari Outlet roof burner	Roof Burner			S1MH-br01 P&ID [6B]	
OUT	Daya putar dari motor blower	Motor blower			P&ID [4C]	
OUT	Udara yang keluar dari damper burner	damper			P&ID [4C, 4B]	

**Lampiran 1.3.5** Detail Batasan Sistem Pressure Control Blower (S1BR-M01).

<b>RCM ANALYSIS SHEET</b>						
<b>FORM 3 Detail Batasan Sistem</b>		<b>Plant</b>	<b>Burner</b>	<b>Rev</b>	<b>Halaman</b>	
		<b>Analysis</b>		<b>Tanggal</b>		<b>Remarks</b>
		<b>Reviewed</b>		<b>Tanggal</b>		
<b>System ID</b>	<b>S1BR-PV02, 04, 06 &amp; 08</b>					
<b>Name</b>	<b>O<sub>2</sub> &amp; Gas Proportional Valve</b>					
<b>Jenis Interface</b>	<b>Batasan Sistem</b>	<b>Lokasi Interface</b>			<b>Referensi</b>	
IN	O <sub>2</sub> dan gas keluar dari O <sub>2</sub> dan gas tank	O <sub>2</sub> dan gas tank			P&ID [1B], [1C]	
OUT	Indicator flow dari flow transmitter	S1BR-FI01, 02, 03 & 04			P&ID [3B], [3C], [3D]	
OUT	Nozzle fire	Front and roof burner			S1BR P&ID [5D] & [4D]	

**Lampiran 1.3.6** Detail Batasan Sistem O<sub>2</sub> & Gas Proportional Valve (S1BR-PV02, 04, 06 & 08)

<b>RCM ANALYSIS SHEET</b>						
<b>FORM 3 Detail Batasan Sistem</b>		<b>Plant</b>	<b>Burner</b>	<b>Rev</b>	<b>Halaman</b>	
		<b>Analysis</b>		<b>Tanggal</b>		<b>Remarks</b>
		<b>Reviewed</b>		<b>Tanggal</b>		
<b>System ID</b>	<b>S1BR-FI01, 02, 03 &amp; 04</b>					
<b>Name</b>	<b>O<sub>2</sub> &amp; Gas Flow Transmitter</b>					
<b>Jenis Interface</b>	<b>Batasan Sistem</b>	<b>Lokasi Interface</b>			<b>Referensi</b>	
IN	O <sub>2</sub> dan gas proportional valve	S1BR-PV02, 04, 06 & 08			P&ID [1B], [1C]	
OUT	Indicator flow dari flow transmitter	Nozzle fire front & roof burner			S1BR P&ID [5D] & [4D]	
OUT	Trend data from SCADA	Overview SCADA			P&ID [1A]	

**Lampiran 1.3.7** Detail Batasan Sistem O<sub>2</sub> & Gas Flow Transmitter (S1BR-FI01, 02, 03 & 04)

RCM ANALYSIS SHEET						
FORM 4 P&ID Fungsi	Plant	Burner	Rev		Halaman	
	Analysis		Tanggal		Remarks	
	Reviewed		Tanggal			
System ID	S1BR-M01					
Name	Pressure Control Blower					

Lampiran 1.3.8 FORM 4 P&ID Fungsi Pressure Control Blower S1BR-M01

RCM ANALYSIS SHEET						
FORM 4 P&ID Fungsi	Plant	Burner	Rev		Halaman	
	Analysis		Tanggal		Remarks	
	Reviewed		Tanggal			
System ID	S1BR-PV02, 04, 06 & 08					
Name	Proportional Valve					

The diagram illustrates the functional role of proportional valves S1BR-PV02, 04, 06, and 08. It shows the flow paths from O<sub>2</sub> and Gas tanks through various control valves and instruments to three burner systems: Roof Burner, Front Burner, and a main Burner. Each burner system is controlled by a specific proportional valve (S1BR-PV02, S1BR-PV04, S1BR-PV06, S1BR-PV08) and includes associated instrumentation like pressure indicators (PI), differential pressure transmitters (DPT), and temperature sensors (TS, T1, T2, T3). The main Burner also includes an Air Cooler and a Phyo 1 (C) sensor.

Lampiran 1.3.9 FORM 4 P&ID Fungsi Proportional Valve S1BR-PV02, 04, 06 & 08



RCM ANALYSIS SHEET						
FORM 1 SELEKSI SISTEM	Plant	Conveyor	Rev		Halaman	
Description	Analysis		Tanggal		Remarks	
	Reviewed		Tanggal			
<b>System yang termasuk dalam analisis</b>						
System ID	Name	Fungsi	Alasan Ditinjau	Comment		
S1CN-WIC01	<i>Weighing Control</i>	Untuk menimbang berat bahan hasil produksi yang akan dimasukkan ke bagging	Memiliki toleransi yang kecil dalam pengukuran sehingga dibutuhkan kehandalan alat ukur yang tinggi	P&ID Location [3E]		
S1CN-M03	<i>Motor Conveyor Rotater</i>	Untuk mengalirkan tas yang berisi bahan 1 ton ke area right conveyor	Motor utama dalam sistem conveyor dan memiliki design mekanik yang rumit dalam fungsinya sebahai rotater	[3B] [3C] [3D] [3D]		

**Lampiran 1.4.1** Seleksi Sistem komponen Conveyor

RCM ANALYSIS SHEET							
FORM 2 Definisi Batasan Sistem				Plant	Rev	Halaman	
Sistem ID	S1CN-M03			Analysis	Tanggal	Remarks	
Name	Motor Conveyor Rotater			Subsystem	Tanggal		
<b>1. Peralatan Major</b>				<b>2. Batasan Fisik primer</b>			
Power Transmission	Gearbox/var drives, coupling to drive, lubrication			Dimulai : Roof Burner			
Pump unit	Support, casing, impeller, shaft, radial bearing, seal, alignment			Diakhiri : Damper Burner			
Control and monitoring	Instrument, cabling, junction box, control unit, actuating device, monitoring, internal power supply			<b>Catatan Penting :</b> Referensi batasan primer pada P&ID motor yang bersangkutan. Referensi peralatan major berdasarkan <b>OREDA 2002 (page 333, Table 11).</b>			
Lubrication	Instrument, reservoir heating element, filter, cooler, valve & piping, oil, seal actuating device, monitoring						
Miscellaneous	Purge air, cooling/heating system, filter,						

**Lampiran 1.4.2** Form 2 Definisi Batasan Sistem Motor Conveyor Rotater (S1CN-M03)

RCM ANALYSIS SHEET							
FORM 2 Definisi Batasan Sistem		Plant		Rev		Halaman	
Sistem ID	S1CN-WIC01	Analysis		Tanggal		Remarks	
Name	Weighing Control	Subsystem		Tanggal			
<b>1. Peralatan Major</b>		<b>2. Batasan Fisik primer</b>					
Control and monitoring	Instrument, cabling, junction box, control unit, actuating device, monitoring, internal power supply, summing box, metler toledo	Dimulai : Outlet Quench					
Actuator	Case, load cell,	Diakhiri : Conveyor					
Miscellaneous	Other	<b>Catatan Penting :</b> Referensi batasan primer pada P&ID motor yang bersangkutan.					

**Lampiran 1.4.3** FORM 2 Definisi Batasan Sistem Weighing Control (S1CN-WIC01)

<b>RCM ANALYSIS SHEET</b>						
<b>FORM 3 Detail Batasan Sistem</b>		<b>Plant</b>	<b>Conveyor</b>	<b>Rev</b>		<b>Halaman</b>
		<b>Analysis</b>		<b>Tanggal</b>		<b>Remarks</b>
		<b>Reviewed</b>		<b>Tanggal</b>		
<b>System ID</b>	<b>S1CN-M01</b>					
<b>Name</b>	<b>Motor Conveyor Rotater</b>					
<b>Jenis Interface</b>	<b>Batasan Sistem</b>	<b>Lokasi Interface</b>			<b>Referensi</b>	
IN	Bhahan keluar dari outlet Burner	Front Burner			S1BR P&ID [4EB]	
OUT	Daya putar & mekanik rotater dari motor conveyor	Motor Rotater			P&ID [3E]	
OUT	Alirkan bahan ke conveyor selanjutnya	Conveyor			P&ID [3E]	

**Lampiran 1.4.4** FORM 3 Detail Batasan Sistem Motor Conveyor Rotater (S1CN-M03)

<b>RCM ANALYSIS SHEET</b>						
<b>FORM 3 Detail Batasan Sistem</b>		<b>Plant</b>	<b>Conveyor</b>	<b>Rev</b>	<b>Halaman</b>	
		<b>Analysis</b>		<b>Tanggal</b>		<b>Remarks</b>
		<b>Reviewed</b>		<b>Tanggal</b>		
<b>System ID</b>	<b>S1CN-WIC01</b>					
<b>Name</b>	<b>Weighing Control</b>					
<b>Jenis Interface</b>	<b>Batasan Sistem</b>		<b>Lokasi Interface</b>		<b>Referensi</b>	
IN	Load cell dibawah S1CN-M03 & Summing box		O <sub>2</sub> dan gas tank		P&ID [1B], [1C]	
OUT	Indicator weighing K3HB OMRON & metler toledo		Panel Conveyor & Panel Entech			
OUT	Weighing value pada SCADA		Overview SCADA		S1BR P&ID [5D] & [4D]	

**Lampiran 1.4.5** Detail Batasan Sistem Weighing Control (S1CN-WIC01)

RCM ANALYSIS SHEET							
FORM 4 P&ID Fungsi	Plant	Conveyor	Rev		Halaman		
		Analysis		Tanggal		Remarks	
		Reviewed		Tanggal			
System ID	S1CN-M01						
Name	Motor Conveyor Rotater						
<p>The diagram illustrates a conveyor system for a packing area. It features a series of rollers supported by a frame. A motor, labeled S1CV-M03, is connected to the system via a drive shaft and pulley arrangement. Various components are labeled with codes: S1CV-M07, S1CV-La07, S1CV-M06, S1CV-La06, S1CV-M05, S1CV-La05, S1CV-La01, and S1CV-La03. The entire assembly is identified as the 'Conveyor Packing Area'.</p>							

Lampiran 1.4.6 P&ID Fungsi Motor Conveyor Rotater (S1CN-M03)