



TUGAS AKHIR – MO184104

PERENCANAAN SISTEM PEMELIHARAAN  
MENGUNAKAN METODE *RELIABILITY  
CENTERED MAINTENANCE (RCM)* PADA *SCREW  
CONVEYOR CONTINUOUS SHIP UNLOADER (CSU)*-  
STUDI KASUS CSU 02 DERMAGA UTAMA  
PT.XY

Ilham Raka Pramudya  
NRP. 0431164000028

DOSEN PEMBIMBING  
Prof. Ir. DANIEL M. ROSYID, Ph.D.  
SILVIANITA, S.T., M.Sc., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020



FINAL PROJECT – MO184804

**MAINTENANCE SYSTEM PLANNING USING  
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE  
(RCM) METHOD ON SCREW CONVEYOR  
CONTINUOUS SHIP UNLOADER (CSU)-CASE  
STUDY PT. XY MAIN JETTY'S CSU 02**

**ILHAM RAKA PRAMUDYA**  
NRP. 04311640000028

**SUPERVISOR**  
Prof. Ir. DANIEL M. ROSYID, Ph.D  
SILVIANITA, S.T., M.Sc., Ph.D

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020**

## LEMBAR PENGESAHAN

**PERENCANAAN SISTEM PEMELIHARAAN MENGGUNAKAN  
METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) PADA  
SCREW CONVEYOR CONTINUOUS SHIP UNLOADER (CSU)-STUDI  
KASUS CSU 02 DERMAGA UTAMA PT.XY**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik  
pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan,  
Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Ilham Raka Pramudya

NRP. 04311640000028

Disetujui oleh :

1. Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D.

(Pembimbing I)



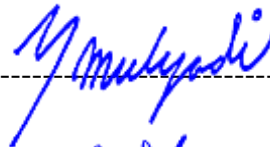
2. Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D.

(Pembimbing II)



3. Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc.

(Penguji I)



4. Dr. Eng. Shade Rahmawati, S.T., M.T.

(Penguji II)



SURABAYA, 8 AGUSTUS 2020

**PERENCANAAN SISTEM PEMELIHARAAN MENGGUNAKAN  
METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)* PADA  
*SCREW CONVEYOR CONTINUOUS SHIP UNLOADER (CSU)*-STUDI  
KASUS CSU 02 DERMAGA UTAMA PT.XY**

**Nama** : Ilham Raka Pramudya  
**NRP** : 04311640000028  
**Jurusan** : Teknik Kelautan  
**Dosen Pembimbing** : Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D.  
Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D.

**ABSTRAK**

Dengan adanya *Continuous Ship Unloader (CSU)* kapasitas bongkar/muat dapat mencapai 1000 ton per jam. Besarnya kapasitas tersebut menjadikan *CSU* sebagai tulang punggung kegiatan bongkar/muat. Namun dengan tingginya utilitas *CSU* angka kerusakan turut mengalami kenaikan, bahkan sering kali *CSU* mengalami *breakdown*. *Reliability Centered Maintenance* menawarkan solusi untuk mengurangi kerusakan dengan memilih tindakan perawatan untuk menyikapi potensi kegagalan yang mungkin dialami oleh *CSU*. Penelitian diawali dengan analisis kuantitatif untuk menentukan interval perawatan. Input yang digunakan pada analisis kuantitatif adalah data *Time Between Failure (TBF)* dari setiap *screw conveyor*. Kemudian dilanjutkan dengan analisis kualitatif menggunakan metode *Failue Mode & Effect Analysis (FMEA)* untuk mengetahui *potential failure mode* dan *potential failure effect* dari masing masing komponen yang ada pada *screw conveyor*. Input yang digunakan untuk melakukan analils kualitatif adalah data komponen yang berasal dari data perusahaan dan katalog mesin yang telah disesuaikan dengan *OREDA 2002*. Setelah proses analisis kualitatif dilakukan penyusunan *RCM II Decison Worksheet* untuk menentukan tindakan perawatan pada setiap *potential failure mode* dan *potential failure effect* yang ada. Metode yang digunakan dalam penyusunan *RCM II Decision Worksheet* adalah *Logic Tree Analysis (LTA)* dengan acuan *RCM II Decision Diagram*.

**Kata kunci** : *continous ship unloader, screw conveyor, reliabliity centered maintenance, RCM II decison worksheet*

**MAINTENANCE SYSTEM PLANNING USING RELIABILITY  
CENTERED MAINTENANCE (RCM) METHOD ON SCREW  
CONVEYOR CONTINOUS SHIP UNLOADER (CSU)-CASE STUDY**

**PT. XY MAIN JETTY'S CSU 02**

**Name** : **Ilham Raka Pramudya**  
**NRP** : **04311640000028**  
**Departement** : **Ocean Engginering**  
**Supervisors** : **Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D.**  
**Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D.**

**ABSTRACT**

With the help of Continous Ship Unloader (CSU) loading/offloading capacity could reach 1000 ton per hour. That capacity made CSU the backbone of loading/offloading activity. However with the high utilities of CSU, number of breakage increased, even sometimes CSU experienced some breakdown. Reliability Centered Maintenance offers solution to reduce breakage by choosing a maintenance action to the potential failures that CSU may has. The research begins with quantitative analysis to determine the intervals of maintenance. The input used in the quantitative analysis is Time Between Failure (TBF) data from each screw conveyor. Then continued with qualitative analysis using Failure Mode & Effect Analysis (FMEA) to determide the potential failure mode and potential failure effect from each component of the screw conveyor. The input used in the qualitative analysis is components data provided by the company and catalogue provided by manufacturer, thus those data is adjusted using the OREDA 2002. After the qualitative analysis process done, the RCM II Decission Worksheet can be arranged to determine the action that needed by each potential failure mode and potential failure effect that may occur. The Method used in arrangement of RCM II Decision Workheet is Logic tree Analysis (LTA), the refrence used inthe analysis is RCM II Decision Diagram.

**Keywords** : *Continous Ship Unloader, Screw Conveyor, Reliablitty Centered Maintenance, RCM II Decision Worksheet*

## **KATA PENGANTAR**

Alhamdulillah dengan kasih sayang, kemurahan hati, dan rahmat Allah yang tiada henti penulis dapat menyelesaikan tugas akhir untuk memenuhi syarat kelulusan. Dengan suasana pandemi ini tentunya tidak mudah untuk menyelesaikan seluruh tahapan penelitian dengan mudah, namun Allah SWT senantiasa selalu ada, tidak pernah meninggalkan hambanya yang kesusahan.

Tidak banyak yang dapat penulis sampaikan mengenai substansi penelitian ini, penelitian ini membahas mengenai perawatan yang dianggap memenuhi kebutuhan dari Screw Conveyor Continuous Ship Unloader. Anggapan ini diperoleh dari dua langkah analisis yaitu analisis kuantitatif dan analisis kualitatif. Hasil analisis tersebut adalah interval perawatan dan tindakan yang diperlukan oleh setiap komponen.

Tentunya Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak aspek yang dapat dikembangkan. Dengan segala kesadaran penulis memohon maaf sebesar besarnya atas segala ketidaksempurnaan yang ada, terlepas dari kodrat manusia yang tidak pernah bisa untuk menjadi sempurna.

Surabaya, 13 Juli 2020

Ilham Raka Pramudya

0431164000028

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Saya selaku Penulis dengan segala hormat menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi secara langsung maupun tidak langsung diantaranya :

1. Ayah dan Bunda yang senantiasa memberikan dukungan secara moral maupun material yang tidak ternilai dibandingkan dengan apa pun.
2. Bapak R. Haryo Dwito A., S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Wali selama berkuliah di Teknik Kelautan atas segala bimbingan yang beliau berikan selama ini.
3. Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan saran dan pembelajaran dalam segala proses penelitian.
4. Ibu Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan saran dan pembelajaran dalam segala proses penelitian.
5. Bapak Ibu penguji sidang tugas akhir yang memberikan saran, nasehat, serta jalan keluar terhadap seluruh permasalahan selama proses penelitian.
6. Yumna Fhasa Salsabila selaku mentor spiritual, yang banyak mengajari kesabaran dan mental tidak pernah menyerah.
7. Rekan-rekan angkatan 2016 Adhiwamastya, yang senantiasa berbagi tawa suka ceria dan nestapa bersama.
8. Teman-Teman Kontrakan Berkah Residence, yang setia menemani setiap waktu.
9. Seluruh Keluarga Besar Departemen Teknik Kelautan ITS.
10. Seluruh pihak yang terlibat dalam penelitian ini, baik secara langsung maupun tidak langsung

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2. Rumusan Masalah</b> .....	11
<b>1.3. Tujuan penelitian</b> .....	11
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	11
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	11
<b>1.6 Sistematika Penulisan Laporan Penelitian</b> .....	12
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b> .....	13
<b>2.1 Tinjauan Pustaka</b> .....	13
<b>2.2 Dasar Teori</b> .....	14
2.2.1 <i>Continuous Ship Unloader (CSU)</i> .....	14
2.2.2 Perawatan.....	17
2.2.3 Keandalan .....	18
2.2.4 <i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i> .....	19
2.2.5 <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i> .....	24
2.2.6 Distribusi Data Waktu Kegagalan.....	25
2.2.7 Pengaruh perawatan Terhadap Keandalan .....	27
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	30
<b>3.1 Diagram Alir Penelitian</b> .....	30
<b>3.2 Deskripsi Alur Penelitian</b> .....	30
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b> .....	35
<b>4.1 Analisis Kuantitatif Screw Conveyor Continuous Ship Unloader 02</b> .....	35
4.1.1 Analisis Kuantitatif Vertical Conveyor CSU-02.....	35
4.1.2 Analisis Kuantitatif <i>Horizontal Conveyor</i> Csu-02.....	39
4.1.3 Analisis Kuantitatif <i>Gantry Conveyor</i> CSU-02 .....	42
<b>4.2 Analisis Kualitatif Screw Conveyor Continuous Ship Unloader 02</b> .....	46
4.2.1 Analisis Kualitatif Vertical Conveyor Continuous Ship Unloader 02 .....	47



4.2.2 Analisis Kualitatif Horizontal Conveyor Continuous Ship Unloader 02.....	52
4.2.3 Analisis Kualitatif Gantry Conveyor 1 Continuous Ship Unloader 02.....	57
4.2.4 Analisis Kualitatif Gantry Conveyor 2 Continuous Ship Unloader 02.....	63
<b>4.3 Penyusunan RCM II Decisoon Worksheet Screw Conveyor Continuous Ship Unloader 02 .....</b>	<b>68</b>
4.3.1 Penyusunan RCM II Decisoon Worksheet Vertical conveyor Continuous Ship Unloader 02.....	68
4.3.2 Penyusunan RCM II Decisoon Worksheet Horizontal Conveyor Continuous Ship Unloader 02.....	70
4.3.3 Penyusunan RCM II Decisoon Worksheet Gantry conveyor 1 Continuous Ship Unloader 02.....	72
4.3.4 Penyusunan RCM II Decisoon Worksheet Gantry conveyor 2 Continuous Ship Unloader 02.....	75
<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>	<b>77</b>
5.1 Kesimpulan.....	77
5.2 Saran .....	78
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>79</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Denah Lokasi Dermaga Operasional Yang Dikelola Oleh <i>PT. XY</i> (Sumber: <i>Google Earth</i> ) .....	2
Gambar 1.2 Tonase Bongkar Muat Yang Ditangani <i>PT.XY</i> Tahun 2014-2018 (Sumber: Dokumen Perusahaan <i>PT. XY</i> ).....	3
Gambar 1.3 Grafik Tonase Bongkar Muat Per Segmen <i>PT.XY</i> Tahun 2014 - 2018 (Sumber: Dokumen Perusahaan <i>PT. XY</i> ).....	4
Gambar 1. 4 <i>Jetty Utilization</i> Dermaga Operasional <i>PT. XY</i> Tahun 2014-2018 (Sumber: Dokumen Perusahaan <i>PT. XY</i> ).....	5
Gambar 1.5 <i>Asset Utilization</i> Dermaga Utama Tahun 2016-2018 (Sumber: Dokumen Perusahaan) .....	6
Gambar 2.1 <i>Continous Ship Unlaoder</i> (Sumber: <i>Siwertell Project Guide:</i> <i>7/12bt01</i> ).....	14
Gambar 2.2 Sketsa <i>Continous Ship Unloader</i> .....	15
Gambar 2.3 Alur Bongkar/Muat Dengan CSU (Sumber: Dokumen Perusahaan).....	16
Gambar 2.4 Alur Laju Muatan Di Dalam CSU (Sumber: Dokumen Perusahaan).....	16
Gambar 2.5 Ilustrasi <i>Screw Conveyor</i> .....	17
Gambar 2.6 Grafik Keandalan Sistem Dengan <i>Preventive Maintenance</i> Untuk <i>Increasing Failure Rate</i> (Sumber : Ebeling (1997)).....	28
Gambar 2.7 Grafik Keandalan Sistem Dengan <i>Preventive Maintenance</i> Untuk <i>Decreasing Failure Rate</i> (Sumber : Ebeling (1997)) .....	29
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	30
Gambar 3.2 <i>RCM II Decison Diagram</i> (Sumber : Moubray (2000)).....	34
Gambar 4.1 Grafik Keandalan Vertical Conveyor CSU 2 Terhadap Waktu Operasional Hingga 7 Hari Waktu Operasional .....	37
Gambar 4.2 Grafik Keandalan Pada Vertical Conveyor CSU 2 Terhadap Waktu Operasional Yang Diperjelas Untuk Mengetahui Interval Perawatan.....	38
Gambar 4.3 Gambaran Perubahan Keandalan Dengan Interval Perawatan 78 Jam Hingga 30 Hari Waktu Operasional .....	38
Gambar 4.4 Grafik Keandalan Horizontal Conveyor CSU 02 Terhadap Waktu Operasional Hingga 7 Hari Waktu Operasional .....	40
Gambar 4.5 Grafik Keandalan Pada Horizontal Conveyor CSU 02 Terhadap Waktu Operasional Yang Diperjelas Untuk Mengetahui Interval Perawatan ....	41
Gambar 4.6 Gambaran Perubahan Keandalan Dengan Interval Perawatan 63 Jam Hingga 30 Hari Waktu Operasional .....	42

Gambar 4.7 Grafik Keandalan Gantry Conveyor CSU 2 Terhadap Waktu Operasional Hingga 7 Hari Waktu Operasional .....	44
Gambar 4.8 Grafik Keandalan Pada Gantry Conveyor CSU-02 Terhadap Waktu Operasional Yang Diperjelas Untuk Mengetahui Interval Perawatan ....	45
Gambar 4.9 Gambaran Perubahan Keandalan Dengan Interval Perawatan 52 Jam Hingga 30 Hari Waktu Operasional .....	45
Gambar 4.10 <i>Function Block Diagram</i> Vertical Conveyor Continous Ship Unloader 02 .....	47
Gambar 4.11 <i>Reliability Block Diagram</i> Vertical Conveyor Continous Ship Unloader 02 .....	48
Gambar 4.12 <i>Function Block Diagram</i> Horizontal Conveyor Continous Ship Unloader 02 .....	52
Gambar 4.13 <i>Reliability Block Diagram</i> Horizontal Conveyor Continous Ship Unloader 02 .....	53
Gambar 4.14 <i>Function Block Diagram</i> Gantry Conveyor 1 Continous Ship Unloader 02 .....	57
Gambar 4.15 <i>Reliability Block Diagram</i> Gantry Conveyor 1 Continous Ship Unloader 02 .....	58
Gambar 4.16 <i>Function Block Diagram</i> Gantry Conveyor 2 Continous Ship Unloader 02 .....	62
Gambar 4.17 <i>Reliability Block Diagram</i> Gantry Conveyor 2 Continous Ship Unloader 02 .....	63
Gambar 4.18 <i>RCM II Decison Worksheet</i> .....	67

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Alat Bongkar/Muat Yang Terdapat Pada Dermaga Utama .....	5
Tabel 1.2 <i>Breakdown</i> Yang Terjadi Pada Vertical Conveyor CSU 02 Dermaga Utama Tahun 2018 (Sumber: Dokumen Perusahaan) .....	6
Tabel 1.3 <i>Breakdown</i> Yang Terjadi Pada Horizontal Conveyor CSU 02 Dermaga Utama Tahun 2018 (Sumber: Dokumen Perusahaan) .....	7
Tabel 1.4 <i>Breakdown</i> Yang Terjadi Pada Ganty Conveyor CSU 02 Dermaga Utama Tahun 2018 (Sumber: Dokumen Perusahaan) .....	8
Tabel 1.6 Data Komponen Berdasarkan Data Perusahaan.....	9
Tabel 1.7 Data Komponen Berdasarkan Katalog Yang Dikeluarkan Oleh Pihak Manufaktur .....	9
Tabel 2.1 Tabel <i>RCM II Decission Worksheet</i> (Sumber: Moubray (2000)) .....	22
Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Kegiatan .....	35
Tabel 4.1 <i>Time Between Failure (TBF)</i> Vertical Conveyor CSU-2.....	35
Tabel 4.2 Data Hasil Uji Distribusi <i>Time Between Failure (TBF)</i> Vertical Conveyor.....	36
Tabel 4.3 <i>Time Between Failure (TBF)</i> Horizontal Conveyor CSU 02.....	39
Tabel 4.4 Data Hasil Uji Distribusi <i>Time Between Failure (TBF)</i> Horizontal Conveyor CSU 02.....	40
Tabel 4.5 <i>Time Between Failure (TBF)</i> Gantry Conveyor CSU 02.....	42
Tabel 4.6 Data Hasil Uji Distribusi <i>Time Between Failure (TBF)</i> Gantry Conveyor.....	43
Tabel 4. 7 Sistem Kerja Dan Komponen Vertical Conveyor CSU 02.....	46
Tabel 4. 8 Hasil <i>Failure Mode &amp; Effect Analysis (FMEA)</i> Vertical Conveyor Continous Ship Unloader 02.....	49
Tabel 4. 9 Sistem Kerja Dan Komponen Horizotal Conveyor CSU 02.....	50
Tabel 4. 10 Hasil <i>Failure Mode &amp; Effect Analysis (FMEA)</i> Horizontal Conveyor Continous Ship Unloader 02.....	54
Tabel 4. 11 Sistem Kerja Dan Komponen Gantry Conveyor 1 CSU 02.....	56
Tabel 4. 12 Hasil <i>Failure Mode &amp; Effect Analysis (FMEA)</i> Gantry Conveyor 1 Continous Ship Unloader 02.....	59
Tabel 4. 13 Sistem Kerja Dan Komponen Gantry Conveyor 2 Continous Ship Unloader 02 .....	61
Tabel 4. 14 Hasil <i>Failure Mode &amp; Effect Analysis (FMEA)</i> Gantry Conveyor 2 Continous Ship Unloader 02.....	64

Tabel 4. 15 <i>RCM II Decission Worksheet</i> Vertical Conveyor Continous Ship Unloader 02 .....	68
Tabel 4. 16 <i>RCM II Decission Worksheet</i> Hoizontal Conveyor Continous Ship Unloader 02 .....	70
Tabel 4. 17 <i>RCM II Decission Worksheet</i> Gantry Conveyor 1 Continous Ship Unloader 02 .....	72
Tabel 4. 18 <i>RCM II Decission Worksheet</i> Gantry Conveyor 2 Continous Ship Unloader 02 .....	74

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perawatan sering kali dianggap sebagai sebuah hal penting dan tidak dapat dipisahkan dari konsep keandalan. Keandalan adalah kemampuan sebuah sistem atau komponen untuk dapat menjalankan fungsinya dengan baik dan mampu bertahan dalam kondisi yang dibutuhkan dalam kurun waktu tertentu. Waktu merupakan salah satu parameter yang cukup penting dalam menentukan keandalan suatu sistem atau komponen. Dalam menjaga keandalan sebuah sistem atau komponen dalam fungsi waktu, perawatan menempatkan diri sebagai salah satu hal penentu.

Sudrajat (2011) menuturkan bahwa perawatan adalah cerminan dari proses yang berlangsung, semakin tinggi proses produksi maka akan semakin intensif juga perawatan yang dibutuhkan. Menurut Wang dan Pham (2006) pada dasarnya perawatan dibagi menjadi dua yaitu *preventive maintenance* dan *corecctive maintenance*. Kedua hal ini memiliki keuntungan dan kerugian masing-masing. Pada proses perawatan, aspek biaya sering kali menjadi kendala bagi para pelaku usaha. Harga komponen pada suatu sistem yang mahal membuat para pelaku usaha menginginkan komponen tersebut dapat berjalan hingga mencapai batas usia maksimal. Namun, di sisi lain apabila sebuah komponen rusak pada saat menjalankan fungsinya maka secara tidak langsung dapat merusak komponen lain dan mengakibatkan sebuah sistem tersebut berhenti atau bahkan mangkrak dalam kurun waktu tertentu. Menurut sebuah penelitian yang dilakukan oleh Sitompul (2017), kebanyakan pelaku usaha tidak memperhatikan *maintenance* dengan alasan menghemat biaya, namun dengan mengabaikan *maintenance* diawal maka akan memperbesar biaya di kemudian hari dan membahayakan masa depan aset yang dimiliki oleh para pelaku usaha.

Penulis mengambil studi kasus pada PT. XY yang merupakan sebuah perusahaan yang bergerak dalam bidang industri pupuk dan bahan kimia. Perusahaan tersebut terletak di wilayah Gresik, Jawa Timur. Perusahaan ini memiliki 4 dermaga bongkar muat untuk menunjang proses produksi. Perusahaan

ini memiliki Divisi Operasional Pengelolaan Pelabuhan yang bertugas untuk mengawasi dan mengatur aktivitas bongkar/muat pada dermaga yang dimiliki oleh perusahaan. Divisi ini secara langsung mengatur operasional 4 dermaga yaitu Dermaga utama, Dermaga Unit Batu Bara (UBB), Dermaga Konstruksi, Dermaga C. Berikut merupakan denah dermaga PT. XY



**Gambar 1. 1 Denah Lokasi Dermaga Operasional yang Dikelola oleh PT. XY  
(Sumber: Google Earth)**

#### 1. Dermaga Utama

Dermaga utama adalah dermaga dengan kepadatan aktivitas tertinggi dibanding 3 dermaga lainnya. Dermaga ini memiliki fasilitas alat bongkar/muat terbanyak dan difungsikan sebagai lokasi bongkar/muat bahan-bahan produksi.

#### 2. Dermaga Konstruksi

Dermaga konstruksi difungsikan secara khusus untuk keperluan kegiatan konstruksi pembangunan Pabrik Amurea.

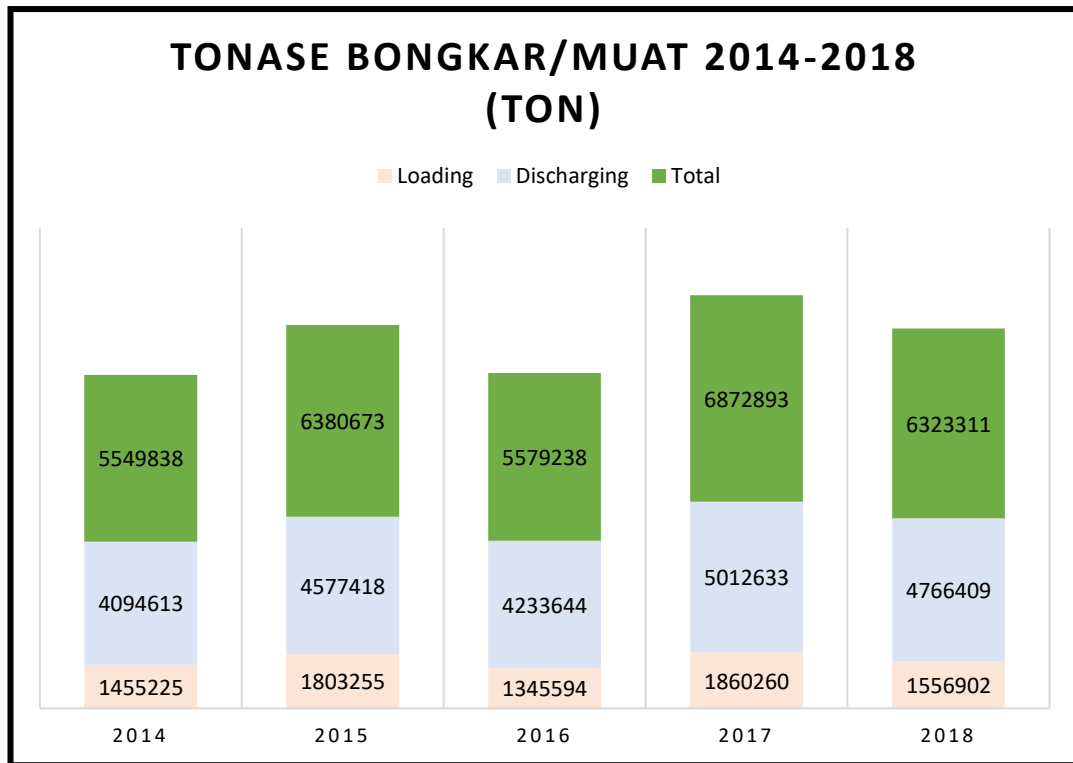
### 3. Dermaga Unit Batu Bara (UBB)

Dermaga ini difungsikan secara khusus untuk aktivitas bongkar/muat batubara yang digunakan sebagai suplai energi yang nantinya diolah oleh anak perusahaan yang secara khusus bergerak di bidang energi.

### 4. Dermaga C

Dermaga C merupakan dermaga baru dan secara khusus difungsikan untuk kegiatan bongkar/muat material *gypsum*.

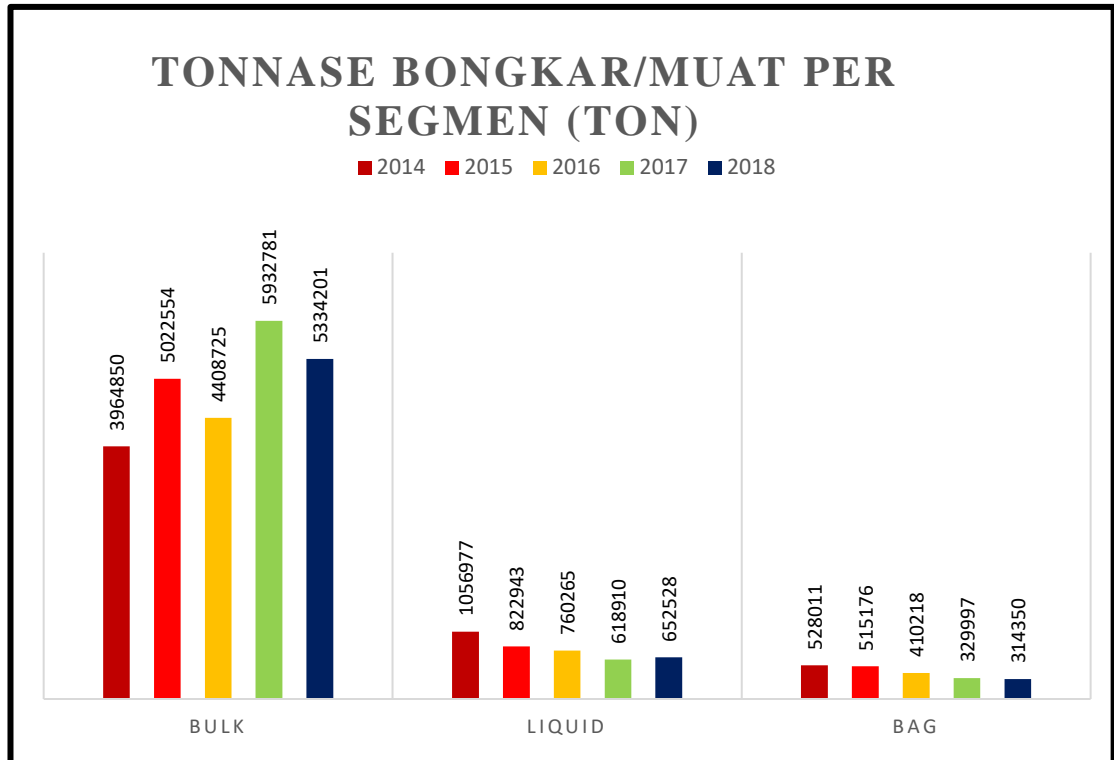
Beralih ke pembahasan berat muatan, berikut merupakan data tonase bongkar/muat perusahaan dalam kurun waktu 2014-2018 yang dapat dilihat pada **Gambar 1.2**.



**Gambar 1.2 Tonase Bongkar Muat yang Ditangani PT.XY Tahun 2014-2018**  
(Sumber: Dokumen Perusahaan PT. XY)

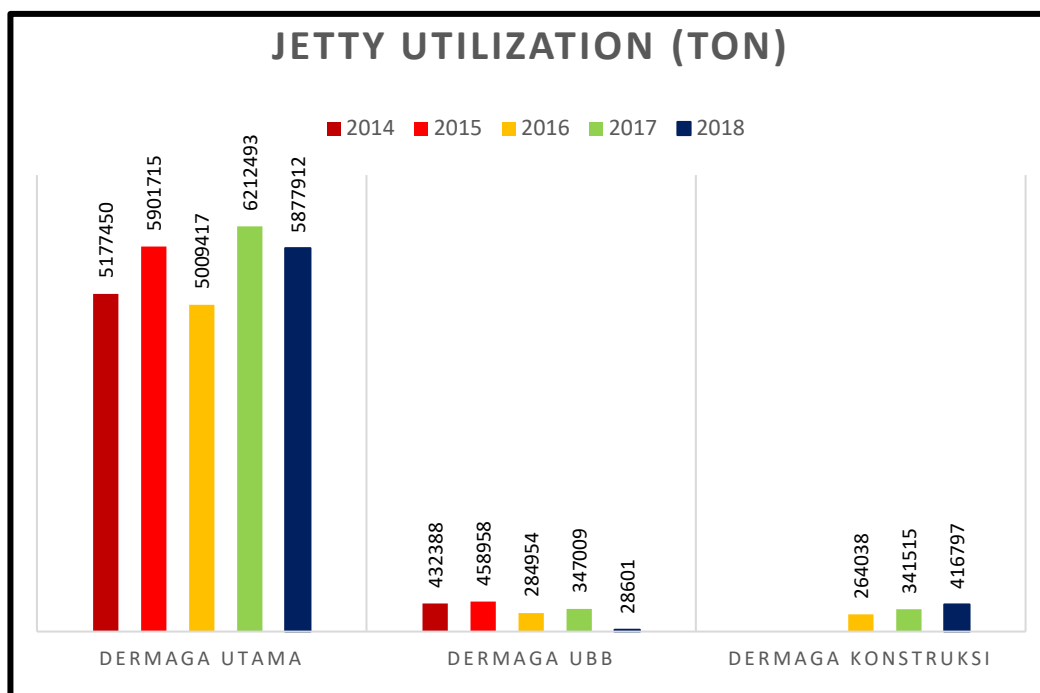
Pada **Gambar 1.2** dapat diasumsikan bahwa tonase bongkar/muat mengalami fluktuasi dari tahun ke tahun, namun menunjukkan tren positif. Tren positif harus disikapi dengan peningkatan pengelolaan pelabuhan yang lebih baik, salah satunya adalah manajemen perawatan yang lebih baik. Berdasarkan data tonase tersebut dibagi menjadi 3 segmen muatan, yaitu muatan curah, *liquid*, dan *bag*. Grafik segmen tonase bongkar muat dalam kurun waktu tahun 2014-2018 dapat dilihat pada **Gambar 1.3** pada halaman selanjutnya.





**Gambar 1.3 Grafik Tonase bongkar Muat Per Segmen PT.XY Tahun 2014 - 2018**  
(Sumber: Dokumen Perusahaan PT. XY)

Pada **Gambar 1.3** dapat disimpulkan bahwa muatan curah menjadi segmen paling tinggi yang ditangani oleh pelabuhan. Hal ini secara langsung mempengaruhi alokasi peralatan bongkar/muat yang menangani segmen muatan curah. Sedangkan pada sisi penggunaan dermaga dapat dilihat pada **Gambar 1.4** untuk melihat secara langsung tingkat *jetty utilization* dalam kurun waktu tahun 2014-2018 berikut (Dermaga C tidak termasuk dikarenakan baru diresmikan pada bulan Desember 2019).



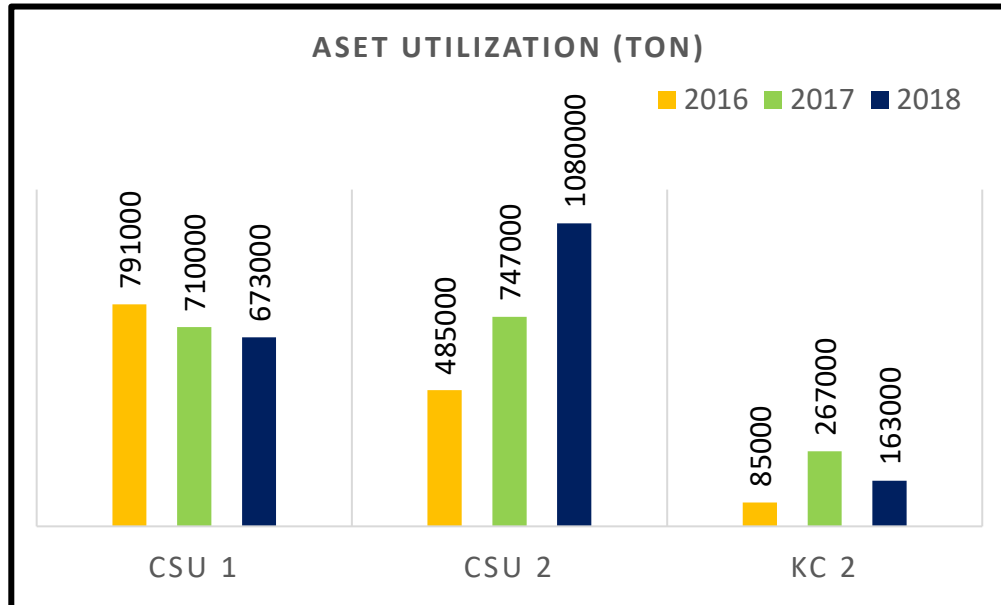
**Gambar 1. 4 Jetty Utilization Dermaga Operasional PT. XY Tahun 2014-2018**  
(Sumber: Dokumen Perusahaan PT. XY)

Berdasarkan **Gambar 1.4** tersebut, *jetty utilization* tahun 2018 di dermaga utama mencapai lebih dari 90 % dengan total tonase bongkar/muat mencapai 5.877.912 ton. Sehingga dapat diasumsikan bahwa alat bongkar/muat pada dermaga utama bekerja 9 kali lebih berat apabila dibandingkan dengan alat pada dermaga lain. Kondisi tersebut menjadi alasan utama penulis untuk melakukan penelitian pada fasilitas bongkar/muat pada Dermaga Utama. Spesifikasi alat bongkar muat pada dermaga utama dapat dilihat pada **Tabel 1.1**.

**Tabel 1.1 Alat Bongkar/Muat yang Terdapat pada Dermaga Utama**  
(Sumber: Dokumen Perusahaan)

NAMA ALAT	SPESIFIKASI	MATERIAL
<i>Continous Ship Unloader 1 (CSU 1)</i>	1000 ton/jam, Curah	P. Rock, MOP
<i>Continous Ship Unloader 2 (CSU 2)</i>	1000 ton/jam, Curah	P. Rock, MOP, Sulphur
<i>Kangaroo Crane 1 (KC 1) (Belom Beroperasi-Baru)</i>	500 ton/jam, Curah	MOP, ZA, Sulphur, Urea, DAP, P. Rock, SP-36
<i>Kangaroo Crane 2 (KC 2)</i>	300 ton/jam, Curah	Belum ada data
<i>Marine Loading Arm (MLA)</i>	Max Pressure : 10 Bar, Temperature : (-40) – 40 °C, Liquid	NH3
<i>Ship Loader – Non-Aktif</i>	-	-

Continuous ship unloader menjadi alat dengan tingkat produktivitas tertinggi mencapai 1000 ton/jam. Hal ini menjadikan CSU menjadi alat yang krusial pada proses bongkar/muat.



**Gambar 1.5 Asset Utilization Dermaga Utama Tahun 2016-2018**  
(Sumber: Dokumen Perusahaan)

Beralih pada *aset utilization*, Pada **Gambar 1.5** dapat dilihat bahwa aset yang memiliki utilitas tertinggi pada tahun 2018 merupakan Continuous Ship Unloader 02 yang telah menangani material melebihi 1.000.000 ton. Tingginya utilitas CSU 02, tidak dipungkiri meningkatkan jumlah *breakdown* yang dialami oleh alat tersebut. Pada tahun 2018 *screw conveyor* pada CSU 02 mengalami *breakdown* sebanyak 58 kali. Data *breakdown* pada *screw conveyor* CSU 02 selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 1.2** hingga **Tabel 1.4** sebagai berikut:

**Tabel 1. 2 Breakdown yang Terjadi Pada Vertical Conveyor CSU 02 Dermaga Utama Tahun 2018** (Sumber: Dokumen Perusahaan)

NO.	SHUT DOWN DATE	FUNCTION DATE	TBF(DAYS)
1	29 Desember 2017	29 Desember 2017	0
2	06 Januari 2018	06 Januari 2018	8
3	10 Februari 2018	10 Februari 2018	4
4	27 Maret 2018	27 Maret 2018	45
5	04 April 2018	04 April 2018	8
6	01 Mei 2018	01 Mei 2018	27
7	04 Mei 2018	04 Mei 2018	3
8	24 Mei 2018	24 Mei 2018	20
9	11 Juni 2018	11 Juni 2018	18

(lanjutan **Tabel 1.2**)

<b>NO.</b>	<b>SHUT DOWN DATE</b>	<b>FUNCTION DATE</b>	<b>TBF(DAYS)</b>
10	12 Juni 2018	12 Juni 2018	1
11	13 Juni 2018	13 Juni 2018	1
12	28 Juli 2018	28 Juli 2018	45
13	29 Juli 2018	29 Juli 2018	1
14	23 Agustus 2018	23 Agustus 2018	25
15	24 Agustus 2018	24 Agustus 2018	1
16	25 Agustus 2018	30 Agustus 2018	1
17	02 September 2018	02 September 2018	3
18	08 November 2018	08 November 2018	6
19	09 November 2018	10 November 2018	1
20	11 November 2018	11 November 2018	1

**Tabel 1.3 Breakdown yang Terjadi Pada Horizontal Conveyor CSU 02 Dermaga Utama Tahun 2018 (Sumber: Dokumen Perusahaan)**

<b>NO.</b>	<b>SHUT DOWN DATE</b>	<b>FUNCTION DATE</b>	<b>TBF( DAYS)</b>
1	13 Desember 2017	13 Desember 2017	0
2	24 Desember 2017	24 Desember 2017	11
3	25 Desember 2017	25 Desember 2017	1
4	26 Desember 2017	26 Desember 2017	1
5	17 Januari 2018	17 Januari 2018	22
6	16 Februari 2018	16 Februari 2018	30
7	19 April 2018	19 April 2018	62
8	20 April 2018	20 April 2018	1
9	06 Mei 2018	06 Mei 2018	16
10	07 Mei 2018	07 Mei 2018	1
11	19 Mei 2018	20 Mei 2018	12
12	21 Mei 2018	21 Mei 2018	1
13	23 Mei 2018	24 Mei 2018	2
14	26 Juni 2018	26 Juni 2018	2
15	28 Juni 2018	28 Juni 2018	2
16	29 Juni 2018	29 Juni 2018	1
17	30 Juni 2018	30 Juni 2018	1
18	12 Juli 2018	12 Juli 2018	12

**Tabel 1. 4 Breakdown yang Terjadi Pada Ganty Conveyor CSU 02 Dermaga Utama Tahun 2018 (Sumber: Dokumen Perusahaan)**

NO.	SHUT DOWN DATE	FUNCTION DATE	TBF( DAYS)
1	10 Desember 2017	10 Desember 2017	0
2	11 Desember 2017	11 Desember 2017	1
3	12 Desember 2017	12 Desember 2017	1
4	13 Desember 2017	13 Desember 2017	1
5	14 Desember 2017	14 Desember 2017	1
6	16 Desember 2017	17 Desember 2017	2
7	18 Desember 2017	18 Desember 2017	1
8	20 Desember 2017	20 Desember 2017	2
9	21 Desember 2017	21 Desember 2017	1
10	02 Januari 2018	02 Januari 2018	12
11	04 Januari 2018	04 Januari 2018	2
12	05 Januari 2018	05 Januari 2018	1
13	31 Maret 2018	31 Maret 2018	85
14	01 April 2018	01 April 2018	1
15	25 April 2018	25 April 2018	24
16	08 Mei 2018	08 Mei 2018	13
17	09 Mei 2018	09 Mei 2018	1
18	26 Juni 2018	26 Juni 2018	48
19	25 Juli 2018	25 Juli 2018	29
20	26 Juli 2018	26 Juli 2018	1

Data beakdown tersebut kemudan dijadikan sumber analisis penelitian untuk menentukan interval perawatan. Data Time Between Failure (TBF) diperoleh dari selilish waktu dari mulai berfungsinya conveyor hingga mengalami *breakdown*. Sedangkan untuk data komponen screw conveyor dapat dilihat pada **Tabel 1.6** dan **Tabel 1.7** pada halaman selanjutnya, kedua data tersebut akan disesuaikan dengan *Offshore reliability Data Handbook 20002 (OREDA 2002)* untuk mengetahui komponen mana saja yang dapat dilakukan perawatan.

**Tabel 1. 5 Data Komponen Berdasarkan Data Perusahaan**

<b>FUNLOC</b>	<b>EQUIPMENT CODE</b>	<b>EQUIPMENT DESCRIPTION</b>	<b>CATEGORY</b>	<b>X</b>
CSU2	BCSU2-2-VC	Vertical Conveyor CSU2	Equipment	CSU2
CSU2	BCSU2-2-VC-MMV	Motor Vertical 1	Sub Equipment	CSU2
CSU2	BCSU2-2-VC-MRV	Gearbox Vertical	Sub Equipment	CSU2
CSU2	BCSU2-3-HC	Horisontal Conveyor CSU2	Equipment	CSU2
CSU2	BCSU2-3-HC-MMH	Motor Horizontal	Sub Equipment	CSU2
CSU2	BCSU2-3-HC-MRH	Gearbox Horizontal	Sub Equipment	CSU2
CSU2	BCSU2-4-GC1	Gantry Conveyor 1 CSU2	Equipment	CSU2
CSU2	BCSU2-4-GC1-MMG-4A	Motor Gantry 4A	Sub Equipment	CSU2
CSU2	BCSU2-4-GC1-MRG-4B	Gearbox Gantry 4B	Sub Equipment	CSU2
CSU2	BCSU2-4-GC1-MMG-4C	Motor Gantry 4C	Sub Equipment	CSU2
CSU2	BCSU2-4-GC1-MRG-4D	Gearbox Gantry 4D	Sub Equipment	CSU2
CSU2	BCSU2-5-GC2	Gantry Conveyor 2 CSU2	Equipment	CSU2
CSU2	BCSU2-5-GC2-MMG-5A	Motor Gantry 5A	Sub Equipment	CSU2
CSU2	BCSU2-5-GC2-MRG-5B	Gearbox Gantry 5B	Sub Equipment	CSU2

**Tabel 1. 6 Data Komponen Berdasarkan Katalog yang Dikeluarkan Oleh Pihak Manufaktur**

<b>REFERENCE</b>	<b>NAME</b>
2	VERTICAL Screw CONVEYOR
2A	Motor
2B	Gear Box
3	HORIZONTAL Screw CONVEYOR
3A	Motor
3B	Gear Box
3C	Drive Bearing
3D	End Bearing
3E	Intermediate Bearing
3F	Universal Joint Shaft

(Lanjutan **Tabel 1.7**)

REFERENCE	NAME
3G	Automatic Lubrication Unit
4	GANTRY Screw CONVEYOR 1
4A	Motor 1
4B	Gear Box 1
4C	Motor 2
4D	Gear Box 2
4E	Drive Bearing
4F	End Bearing
4G	Intermediate Bearing
4H	Automatic Lubrication Unit
5	GANTRY Screw CONVEYOR 2
5A	Motor
5B	Gear box
5C	Drive bearing
5D	End bearing
5E	Automatic lubrication unit

Berdasarkan beberapa hal yang telah penulis paparkan sebelumnya, penulis berasumsi bahwa dengan adanya perencanaan sistem pemeliharaan menggunakan metode *reliability centered maintenance* komponen *screw conveyor* pada Continous Ship Unloader 02 Dermaga Utama mampu memberikan manfaat bagi perusahaan.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas berikut rumusan masalah yang penulis usulkan dalam penelitian ini:

1. Bagaimana interval perawatan dari *vertical conveyor*, *horizontal conveyor*, dan *gantry conveyor*, pada Continuous Ship Unloader 02 Dermaga Utama berdasarkan metode *reliability centered maintenance*.
2. Bagaimana kegiatan perawatan *vertical conveyor*, *horizontal conveyor*, dan *gantry conveyor* pada Continuous Ship Unloader 02 Dermaga Utama menggunakan metode *reliability centered maintenance*.

## 1.3. Tujuan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut berikut tujuan dari penelitian ini:

1. Menentukan interval perawatan dari *vertical Conveyor*, *horizontal conveyer*, dan *gantry conveyor* pada *Continous Ship Unloader 02* Dermaga Utama berdasarkan data perawatan yang ada.
2. Menentukan kegiatan perawatan *vertical conveyor*, *horizontal conveyor*, dan *gantry conveyor* pada *Continous Ship Unloader 02* Dermaga Utama menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance*.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat dilakukannya penelitian ini :

1. Memberikan informasi mengenai interval perawatan dan tindakan perawatan yang diperlukan oleh *Vertical Coonveyor*, *Horizontal Conveyor*, dan *gantry Conveyor* pada CSU 02 Dermaga Utama.
2. Memberikan usulan rekomendasi perawatan Vertical Coonveyor, Horizontal Conveyor, dan gantry Conveyor pada CSU 02 Dermaga Utama.
3. memberikan referensi untuk penelitian selanjutnya pada studi kasus yang serupa.

## 1.5 Batasan Masalah

Berikut merupakan batasan masalah dalam penelitian ini:

1. Data perawatan diperoleh dari laporan kerusakan *Continous Ship Unloader 02* Dermaga Utama yang terdapat pada laporan tahunan PT. XY dalam kurun waktu Desember 2017 hingga Desember 2018.



2. Analisis kuantitatif dilaksanakan pada *vertical conveyor, horizontal conveyor, dan gantry conveyor* pada *Continous Ship Unloader 2* Dermaga Utama.
3. Analisis Kualitatif dilakukan pada komponen mekanik.

### **1.6 Sistematika Penulisan Laporan Penelitian**

Berikut merupakan sistematika penulisan laporan penelitian ini :

#### **1. BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini dijelaskan latar belakang dilakukannya penelitian. Hal-hal yang tercantum pada bab ini adalah rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan batasan masalah. Selain beberapa hal tersebut, terdapat juga sistematika penulisan laporan penelitian ini.

#### **2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

Pada bab ini dijelaskan tinjauan pustaka dari literatur terdahulu yang dijadikan referensi penulisan, serta teori pendukung berdasarkan literatur yang digunakan.

#### **3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini dijelaskan mengenai alur dan metode yang digunakan pada setiap tahapan proses dilakukannya penelitian.

#### **4. BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini termuat proses dilakukannya analisis. Dicantumkan pula data yang digunakan untuk proses analisis. selain itu, hasil analisis akan dibahas sesuai teori dan referensi yang digunakan.

#### **5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini termuat kesimpulan dari setiap hasil analisis yang telah dilakukan. Terdapat pula saran yang mungkin dapat penulis berikan untuk penelitian selanjutnya dikemudian hari.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

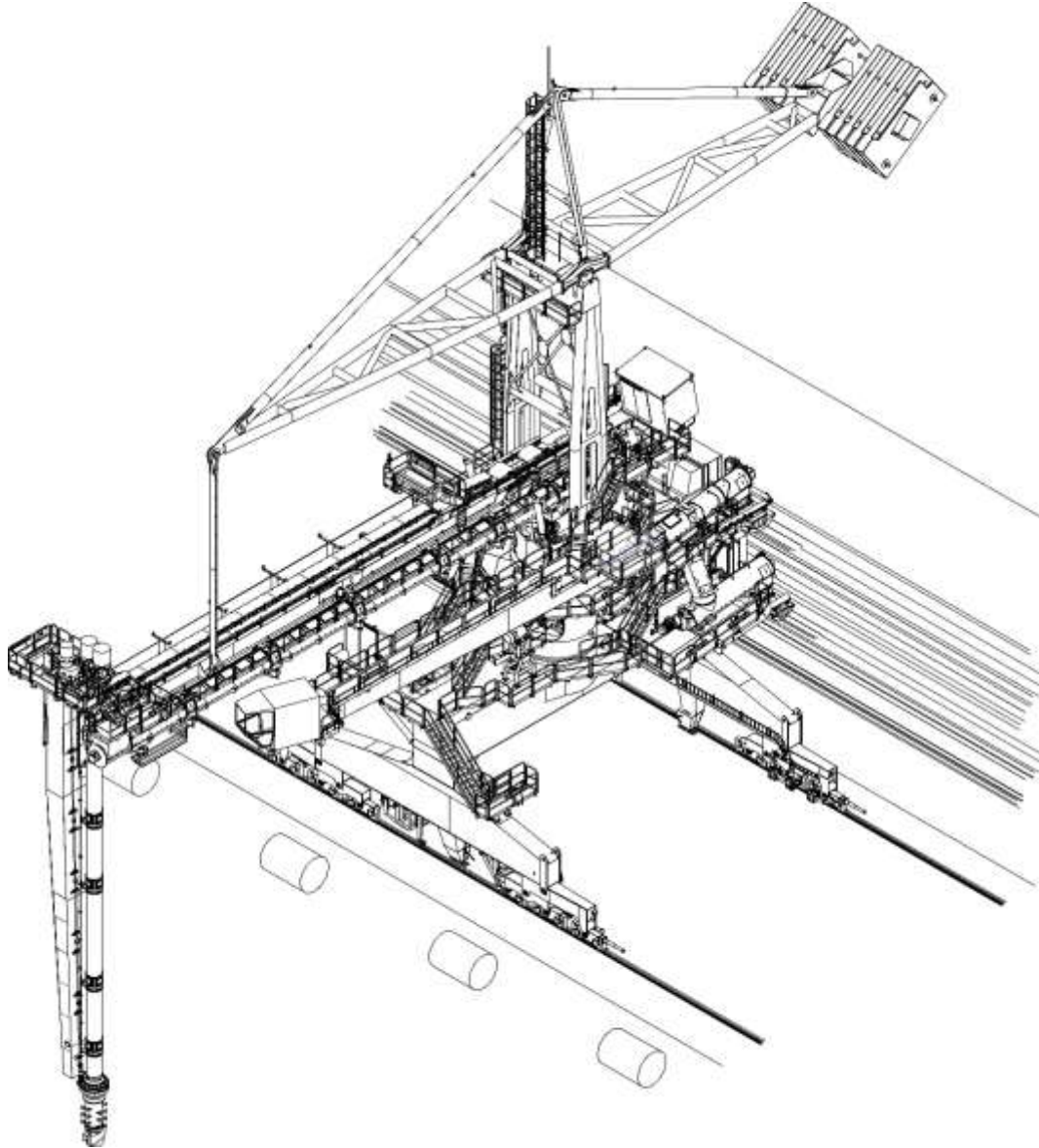
#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Tingginya *downtime* secara langsung menyebabkan kerugian dan mengurangi tingkat produktivitas suatu perusahaan. Tingginya tingkat produktivitas secara tidak langsung berpengaruh pada intensitas perawatan (Sudrajat, 2011). Namun dalam pelaksanaannya, perawatan tidak boleh dilakukan secara sembarangan. Menurut sebuah penelitian yang dilakukan oleh Wang dan Pham (2006) dijelaskan bahwa perawatan yang tidak tepat akan berdampak buruk bagi sebuah sistem. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Sitompul (2017) menyebutkan bahwa masih banyak pelaku usaha yang belum memiliki perawatan sistem yang baik, bahkan beberapa diantaranya masih belum mempertimbangkan manajemen perawatan seperti apa yang cocok diterapkan dalam perusahaan mereka.

Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Deepak dan Jagathy (2013) juga turut mendasari penulis untuk mengangkat topik mengenai manajemen perawatan dengan metode *Reliability Centered Maintenance* untuk menentukan perencanaan pemeliharaan sistem. Analisis kuantitatif dilakukan dengan perhitungan keandalan terhadap waktu operasional, dan penentuan interval perawatan kemudian dilanjutkan dengan analisis kualitatif dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Alasan penggunaan metode FMEA merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Octavia (2010) yang menyebutkan bahwa FMEA masih merupakan salah satu metode yang relevan digunakan dimasa kini. Selain pertimbangan-pertimbangan diatas, Pratama dkk (2017) yang juga melakukan penelitian kerusakan peralatan operasional sangat memberikan dampak kepada hasil produksi perusahaan.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 *Continous Ship Unloader (CSU)*

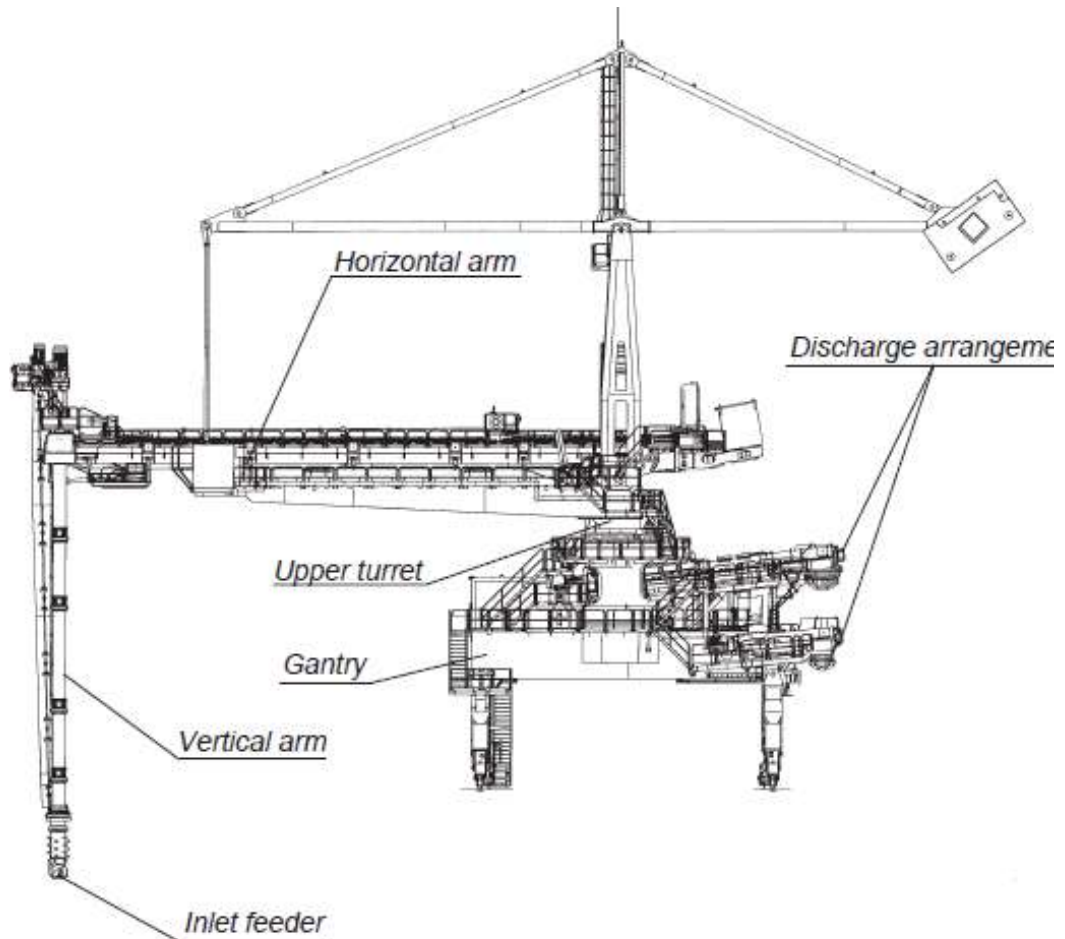


**Gambar 2. 1 *Continous Ship Unlaoder***  
(Sumber: Siwertell Project Guide: 7/12BT01)

*Continous ship unloader* merupakan salah satu alat bongkar/muat yang digunakan untuk menangani muatan curah. Pada studi kasus yang digunakan material yang diangkut oleh fasilitas ini adalah *Rock phosfat*, *Murriate of Potash (MOP)*, Sulfur, dan Urea. *Continous Ship Unloader (CSU)* terdiri dari beberapa bagian yang utama, diantaranya :

- *Inlet feeder* yang bekerja secara *counter-rotating*

- Lengan vertikal dengan *screw conveyor*
- Lengan horizontal dengan *screw conveyor*
- *Upper Turret*
- *Gantry* dengan *screw conveyor* untuk penyaluran ke *belt conveyor* yang berada di dermaga



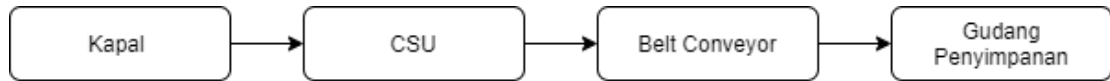
**Gambar 2.2** Sketsa *Continous Ship Unloader*  
(Sumber: Siwertell Project Guide: 7/12BT01)

### 2.2.1.1 Spesifikasi *Contonous Ship Unloader (CSU)*

- Sudut Pergerakan
  - Arm sistem : Berbelok 220<sup>0</sup>
  - Lengan Horizontal : arah atas 20<sup>0</sup> dan kearah ba
  - Lengan Vertikal : Pendulum arah kedalam 30 , ke
- Kapasitas penggunaan : 1000 ton/jam
- Manufakturur : Siwertell

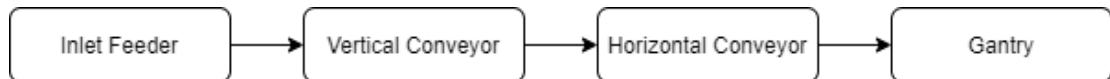
### 2.2.1.2 Alur Bongkar/muat melalui *Continuous Ship Unloader (CSU)*

Berikut merupakan alur bongkar/muat yang melibatkan CSU sebagai alat utama.



**Gambar 2.3 Alur Bongkar/Muat dengan CSU**  
(Sumber: Dokumen Perusahaan)

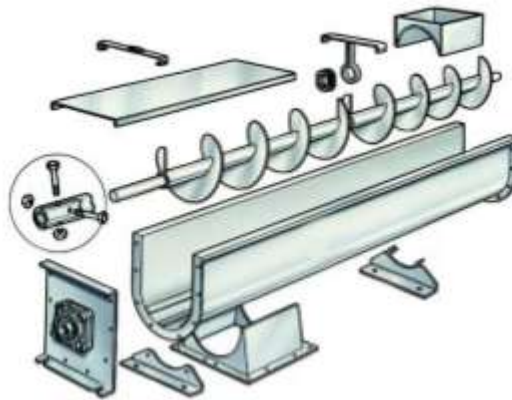
Muatan curah dibawa oleh kapal tanker memasuki pelabuhan kemudian diproses oleh CSU untuk ditransportasikan menuju gudang penyimpanan menggunakan *belt conveyor* yang berada di dermaga. Muatan tersebut melewati *screw conveyor* pada CSU sebelum ditransportasikan menuju *belt conveyor*. Berikut merupakan proses transportasi muatan pada internal CSU.



**Gambar 2.4 Alur Laju Muatan di Dalam CSU**  
(Sumber: Dokumen Perusahaan)

Material yang berasal dari kapal dihisap oleh *inlet feeder* menuju *vertical conveyor*. *Screw* yang berada pada *vertical conveyor* memiliki kecepatan putaran yang konstan dan telah disesuaikan dengan material yang akan di bongkar. Material kemudian disalurkan ke *horizontal conveyor* yang memiliki kapasitas yang lebih besar agar menghindari penyumbatan akibat material itu sendiri. Pindahkan material dari *vertical conveyor* menuju *horizontal conveyor* bisa dilakukan meskipun CSU sedang melakukan gerakan pendulum, karena memiliki segel agar pemindahan material diantara kedua *conveyor* menjadi lebih elastis. Setelah melalui *horizontal conveyor*, material akan melalui saluran vertikal menuju gantry conveyor. Dari *gantry conveyor*, material akan keluar melalui saluran yang terhubung dengan belt conveyor yang telah terpasang pada dermaga. Keempat alat ini merupakan komponen yang berperan dalam transportasi muatan dan saling berhubungan satu sama lain. Apabila terdapat kegagalan dalam salah satu komponen tersebut maka proses bongkar/muat akan terhenti secara total.

### 2.2.1.2 *Screw conveyor*



**Gambar 2. 5 Ilustrasi *screw conveyor***

*Screw conveyor* merupakan salah satu jenis alat transportasi yang sering digunakan dalam kegiatan pemindahan bahan, *screw conveyor* digunakan karena memiliki beberapa kelebihan yang tidak dimiliki oleh jenis alat transportasi yang lain yaitu mudah dalam hal perencanaan, perbaikan, dimensi yang kecil, serta dapat mengeluarkan material pada titik yang dikehendaki, Satriadi (2017) .Alat ini bekerja menggunakan mekanisme perputaran ulir berbentuk spiral yang menyatu dengan *shaft*. perputaran ulir ini akan mendorong pergerakan material sehingga material dapat diangkat dari suatu titik ke titik lain. Keuntungan lain dalam penggunaan *screw conveyor* adalah material yang diangkat tidak mudah berhamburan dan mengakibatkan terjadinya polusi udara. *Screw Conveyor* juga sangat cocok untuk digunakan pada industri bahan kimia.

### 2.2.2 Perawatan

Perawatan dapat didefinisikan sebagai suatu kegiatan yang dilakukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas suatu fasilitas agar mampu berfungsi dengan baik dan selalu dalam kondisi prima saat digunakan. Perawatan merupakan kegiatan pendukung produksi yang sangat dibutuhkan guna mencegah atau mengurangi terjadinya kerusakan pada suatu komponen, peralatan maupun sebuah aset. Perawatan dapat dipandang sebagai cerminan dari tingkat produksi, apabila terjadi produksi dengan kapasitas yang sangat tinggi, maka perawatan akan menjadi lebih intensif (Sudrajat, 2011). Menurut Wang dan Pham (2006), secara garis besar

perawatan dikelompokkan menjadi dua yaitu, *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*.

#### **2.2.2.1 Preventive Maintenance**

Merupakan kegiatan inspeksi dan perawatan yang terjadwal dan teratur pada komponen untuk mencegah terjadinya kerusakan. Trdiri dari inspeksi yang terjadwal dan, pembersihan dan pelumasan dan penggantian suku cadang. *Preventive Maintenance* mengurangi frekuensi *breakdown* dan perbaikan pada suatu sistem, memberikan penjadwalan pada *scheduling parts*, para pekerja, dan proses operasi, dan dapat mempermudah estimasi biaya pemeliharaan berdasarkan jadwal pemeliharaan.

#### **2.2.2.2 Corective maintenance**

*Corrective maintenance* merupakan kegiatan pemeliharaan atau perawatan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan. Perawatan ini dilakukan karena terdapat kinerja sistem yang tidak sesuai dengan harapan. *Corective Maintenance* bertujuan untuk mengembalikan performa dan standar kinerja dari suatu komponen atau sistem agar dapat kembali ke kondisi semula.

#### **2.2.3 Keandalan**

Keandalan adalah probabilitas dari suatu sistem atau komponen untuk dapat melakukan fungsinya dalam kondisi operasional, kondisi lingkungan tertentu, dan kondisi waktu tertentu (Ebeling, 1997). Keandalan sebuah sistem dipengaruhi oleh keandalan komponen-komponen yang terdapat pada sistem tersebut. Keandalan secara langsung mempengaruhi keberhasilan proses operasional. Sebaliknya, kegagalan didefinisikan sebagai ketidakmampuan sebuah sistem atau komponen untuk menjalankan fungsi pada kondisi tertentu. Secara umum terdapat dua metode yang digunakan untuk melakukan analisis keandalan suatu sistem yaitu:

##### **a. Metode Kuantitatif**

Metode kuantitatif merupakan metode analisis berupa perhitungan secara matematik yang dilakukan melalui pendekatan distribusi numerik. Metode ini dilakukan melalui perolehan data sekunder berupa data perawatan terhadap waktu menuju kegagalan (*time between failure*) di mana *time between failure* didefinisikan sebagai waktu yang dilalui komponen saat mulai beroperasi hingga mengalami kegagalan. Waktu perbaikan (*time to repair*) didefinisikan sebagai lamanya perbaikan yang diperlukan komponen agar dapat berfungsi

kembali. *Time to failure* dan *time to repair* komponen mengikuti beberapa pola distribusi yang telah dikenal antara lain distribusi normal, log normal, eksponensial, dan weibull (Globe, William M. 1998 ; Widyoadi dkk, 2017). Untuk penjelasan mengenai distribusi ini akan dijelaskan pada sub bab tersendiri.

#### b. Metode Kualitatif

Metode kualitatif merupakan metode analisis melalui perspektif praktis dari suatu masalah. Untuk merancang metode kualitatif digunakan pola pendekatan secara kualitatif juga, contohnya dengan mode dan dampak kegagalan, seperti *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), *Failure Mode, Effect and Criticality Analysis* (FMECA), *Fault Tree Analysis* (FTA). Analisis kualitatif ini digunakan untuk menganalisis sistem untuk dicari jenis kegiatan yang paling efektif ditinjau dari segi bentuk kegagalan (Hendra 2015).

#### **2.2.4 Reliability Centered Maintenance (RCM)**

*Reliability Centered Maintenance (RCM)* adalah sebuah proses yang digunakan untuk menentukan perlakuan yang dibutuhkan untuk menjamin sebuah aset dapat menjalankan fungsinya sesuai kondisi operasional yang dibutuhkan (Moubray, 2000). Implementasi RCM pada manajemen perawatan bertujuan untuk mendapatkan strategi perawatan yang optimum (Deepak & Jagathy, 2013). Secara umum RCM diharapkan menjaga keandalan sistem, sehingga sistem dapat mencapai usia maksimal dan dapat menekan biaya perawatan yang disebabkan oleh *downtime*.

##### **2.2.4.1 Tujuan RCM**

Tujuan dari penggunaan metode RCM adalah sebagai berikut:

- a. Mengembangkan sistem perawatan yang dapat menjaga umur komponen agar dapat terus menerus menjalankan fungsinya dengan baik.
- b. Meningkatkan keamanan dan keselamatan lingkungan.
- c. Memperoleh data dan informasi untuk mengembangkan sistem perawatan yang lebih baik di kemudian hari.

##### **2.2.4.2 Tinjauan RCM**

Penelitian tentang RCM meninjau 7 pertanyaan mengenai aset (Moubray, 2000), berikut merupakan pertanyaan yang ditinjau:



- a. Apakah fungsi dan kegunaan aset dalam unit operasi?(*system functions*)
- b. Bagaimana aset tersebut mengalami kegagalan dalam menjalankan fungsinya? (*functional failure*)
- c. Apa yang menyebabkan terjadinya kegagalan fungsi tersebut? (*failure modes*)
- d. Apakah yang terjadi pada saat terjadi kerusakan? (*failure effect*)
- e. Bagaimana masing-masing kerusakan tersebut terjadi? (*failure consequence*)
- f. Apakah yang dapat dilakukan dalam memprediksi atau mencegah kerusakan tersebut? (*proactive task and task interval*)
- g. Apakah yang harus dilakukan apabila terjadi kegagalan? (*default action*)

#### **2.2.4.3 Maintenance Task Rekomendasi RCM**

*Maintenance task* merupakan tindakan yang dilakukan untuk melakukan perawatan pada komponen yang beroperasi. secara garis besar Maintenance Task yang digunakan pada Reliability Centered Maintenance dibagi menjadi tiga bagian. diantaranya adalah *proactive task*, *default action*, dan *combination task* yang menggabungkan kedua tindakan tersebut. Berikut akan dijelaskan secara singkat mengenai beberapa istilah *maintenance task*

##### a. *Proactive Task*

pada dasarnya *proactive task* didasari atas kesadaran bahwa suatu peralatan akan senantiasa mengalami penurunan fungsi dari waktu ke waktu dikarenakan alat tersebut menerima beban secara terus menerus, baik beban operasional dan beban lingkungan. *Proactive task* merangkul dua konsep yang telah secara luas diketahui yaitu *predictive* dan *preventive Maintenance* dalam melakukan penanganan terhadap suatu kondisi peralatan.

##### i. *Preventive Task*

*Preventive task* menitik beratkan pada pemikiran bahwa sebuah peralatan akan mengalami kegagalan dengan sendirinya dikarenakan beban operasional yang diterima. sebuah peralatan dianggap akan terus menerus mengalami kemerosotan fungsi hingga kemerosotan tersebut tidak lagi dapat ditoleransi dan peralatan tersebut dinyatakan gagal. terdapat berbagai cara untuk menghitung beban yang diterima oleh sebuah peralatan diataranya adalah jumlah produksi, waktu operasional, jarak tempuh, dll. dalam praktiknya *preventive maintenance* mengambil asumsi bahwa pada peralatan yang identik

akan memiliki umur yang relatif sama terlepas dari beban lingkungan yang diterima. Tindakan yang dapat diambil pada preventive task adalah *Scheduled Restoration task* dan *Scheduled Discard Task*. *Scheduled restoration task* adalah tindakan untuk merestorasi dan memperbaiki komponen lama untuk meningkatkan kinerja komponen. *Schedule discad task* adalah tindakan penggantian sebuah komponen lama dengan komponen baru pada sebuah interval waktu tertentu untuk mendapatkan performa kinerja terbaik.

#### ii. *Predictive Task*

*Predictive task* menitik beratkan pada pemikiran bahwa sebuah peralatan tidak harus mengalami waktu yang panjang untuk mengalami kegagalan. kegagalan dapat terjadi dikarenakan dengan beban lingkungan yang tidak sering kali tidak diperhitungkan dengan baik dalam tahap desing, instalasi, maupun kondisi operasional. beberapa faktor luar yang mempengaruhi diantaranya adalah efek dari temperatur, kelistrikan, kimia, dinamika, dan partikel. hal ini dapat diketahui dengan adanya tanda ditemukannya *crack*, vibrasi, dan perubahan warna pada titik-titik tertentu pada komponen. Tindakan yang dapat diambil apabila ditemukan kondisi ini adalah dengan melakukan *On Condition Task*. *On Condition Task* adalah sebuah tindakan yang dilakukan terhadap adanya tanda bahwa komponen mendapatkan beban eksternal yang tinggi diluar beban kinerja. hal ini biasanya ditemukan dari laporan operator maupun hasil observasi yang dilakukan.

#### b. *Default Acion*

*Default action* dilakukan ketika *proactive task* dirasa tidak memberikan hasil yang signifikan terhadap kinerja komponen. hal ini dapa dikarenakan faktor biaya dan usaha yang dikeluarkan tidak sepadan dengan hasil kinerja komponen atau bahkan tidak ditemukannya penurunan kinerja pada komponen. Tindakan yang dapat diambil pada kondisi ini adalah dengan melakukan *Failure Finding*, *Redesign*, *No Schedule Maintenance*. *Failure Finding* dilakukan pada komponen pelindung yang tidak selalu aktif bekerja pada kondisi operasional. *Failure Finding* dilakukan untuk mengetahui apakah komponen tersebut masih mampu untuk diandalkan pada kondisi kritis saat dibutuhkan seperti malafungsi kinerja, kebakaran, bahkan saat kondisi terjadi bencana. *Redesign* ditujukan kepada

komponen yang apabila gagal memiliki dampak yang sangat berbahaya terhadap pekerja, aset, atau lingkungan. redesign sendiri dilakukan apabila sudah tidak ada lagi tindakan *Proactive Task* yang efisien untuk menangani permasalahan pada suatu komponen. Selanjutnya beralih pada *No Schedule Maintenance*, tindakan ini dilakukan apabila sebuah komponen tidak memiliki dampak signifikan terhadap kegiatan operasional ketika mengalami kegagalan. selain itu biaya penggantian yang tidak mahal juga menjadi alasan dibalik tindakan ini.

#### 2.2.4.4 RCM Decision Worksheet

RCM *Decision Worksheet* adalah sebuah lembar kerja yang digunakan dalam melakukan *record* jawaban dari pertanyaan yang muncul pada RCM *Decision Diagram*. RCM *Decision Diagram* digunakan untuk mengevaluasi konsekuensi serta menganalisis dan menentukan *maintenance task* yang tepat. Informasi yang didapat dari RCM II *Decision Diagram* akan digunakan sebagai acuan teknis pelaksanaan aktivitas perawatan yang tepat kemudian informasi tersebut dimasukkan dalam RCM *Decision Worksheet* (Moubray, 2000). RCM *Decision Diagram* dapat dilihat pada lampiran. RCM *Decision Worksheet* ditunjukkan pada

**Tabel 2.1:**

**Tabel 2. 1 Tabel RCM II *Decision Worksheet***  
(sumber: Moubray (2000))

RCM II							System:						
Decision Worksheet							Sub-system:						
Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task
							S1	S2	S3				
							O1	O2	O3				
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	

RCM II *decision worksheet* memuat informasi dari *Information Reference*, *Consequence Evaluation*, *Failure Management Techniques*, *Default Action* dan *Proposed Task* dengan penjelasan sebagai berikut:

##### 1. *Information Reference*

Berisi informasi yang menunjukkan bagian RCM *Information Worksheet* yang dianalisis meliputi *Failure* (F), *Functional Failure* (FF) dan *Failure Mode* (FM).

## 2. *Consequence Evaluation*

Evaluasi konsekuensi kegagalan atau dampak yang ditimbulkan terhadap sistem. Terdapat beberapa konsekuensi atau dampak yang ditimbulkan, yaitu:

### a. *Hidden Failure (H)*

Suatu *failure mode* digolongkan dalam *hidden failure consequences* jika *failure mode* yang terjadi tidak dapat diketahui operator di kondisi normal.

### b. *Safety (S)*

Suatu *failure mode* digolongkan dalam *safety consequences* jika *failure mode* yang terjadi dapat melukai, membahayakan, atau membunuh manusia.

### c. *Environment (E)*

Suatu *failure mode* digolongkan dalam *environment consequences* apabila *failure mode* yang terjadi berdampak pada lingkungan.

### d. *Operational (O)*

Suatu *failure mode* digolongkan *Operational Consequences* jika *failure* mempengaruhi produksi seperti *output*, kualitas produk, *customer service* dan biaya operasional dalam hal biaya reparasi langsung.

Kolom – kolom tersebut dapat diisi dengan *Yes (Y)* apabila *failure mode* mempunyai dampak atau konsekuensi pada masing-masing aspek tersebut dan dapat diisi *No (N)* apabila sebaliknya.

## 3. *Proactive Task*

*Proactive task* adalah pekerjaan yang dilakukan untuk mencegah kegagalan pada peralatan sebelum terjadinya kegagalan. Kolom-kolom di atas dapat diisi dengan *Yes (Y)* jika ada kebijakan perawatan yang tepat untuk mengantisipasi atau mencegah *failure mode* yang terjadi dan diisi *No (N)* apabila sebaliknya. *Proactive task* dibagi menjadi tiga kategori adalah sebagai berikut:

### a. *Scheduled On-Condition Task (H1/S1/O1/N1)*

### b. *Scheduled Restoration Task (H2/S2/O2/N2)*

### c. *Scheduled Discard Task (H3/S3/O3/N3)*

## 4. *Default Action*

*Default action* adalah kegiatan yang dilakukan pada saat peralatan sudah mengalami kegagalan dan dipilih ketika tidak ditemukan *proactive task* yang efektif. Kolom-kolom di atas dapat diisi dengan *Yes* (Y) apabila kebijakan perawatan yang tepat untuk menangani *failure mode* yang terjadi dan diisi *No* (N) apabila sebaliknya. *Default action* dibagi menjadi tiga kategori yaitu:

- a. *Schedule Failure Finding Task* (H4)
  - b. *Redesign* (H5)
  - c. *Combination Task* (S4)
5. *Proposed Task*

*Proposed task* berisi informasi tindakan perencanaan yang direncanakan untuk menerjemahkan hasil *proactive task* ataupun *default task*.

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

*Failure Mode, Effect and Analysis (FMEA)* adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi bentuk *failure* yang mungkin menyebabkan setiap *functional failure* dan untuk memastikan *failure effects* berhubungan dengan setiap *failure mode* (Moubray, 2000). FMEA adalah pendekatan untuk mengidentifikasi runtutan terjadinya suatu kegagalan dan memperkirakan konsekuensi yang akan diterima.

FMEA dirancang untuk mengidentifikasi dan memahami secara keseluruhan *function*, *functional failure*, *failure mode* dan *failure effect* tersebut. Fungsi (*function*) didefinisikan sebagai kemampuan suatu sub-sistem untuk memenuhi target operasional yang diharapkan. Kegagalan fungsi (*functional failure*) didefinisikan sebagai ketidakmampuan suatu sistem atau sub-sistem untuk memenuhi target operasional yang diharapkan. Moda kegagalan (*failure mode*) didefinisikan sebagai hal yang menentukan terjadinya kegagalan. Efek kegagalan (*failure effect*) merupakan akibat yang ditimbulkan dari *failure mode* yang terjadi terhadap sub sistem atau sistem.

##### **2.2.5.1 Tujuan FMEA**

Terdapat banyak variasi pada analisis menggunakan metode *Failure Modes And Effect Analysis* (FMEA), tetapi secara garis besar, FMEA bertujuan:

1. Mengetahui dan memprediksi potensial kegagalan dari produk atau proses yang dapat terjadi.

2. Memprediksi dan melakukan evaluasi pengaruh dari kegagalan pada fungsi dalam sistem yang ada.
3. Menunjukkan prioritas terhadap perbaikan suatu proses atau sub sistem melalui daftar peningkatan proses atau sub sistem yang harus diperbaiki.
4. Mengidentifikasi dan membangun tindakan perbaikan yang bisa diambil untuk mencegah atau mengurangi kesempatan terjadinya potensi kegagalan atau pengaruh pada sistem.
5. Mendokumentasikan proses secara keseluruhan.

### 2.2.6 Distribusi Data Waktu Kegagalan

Salah satu metode dalam menganalisis keandalan sebuah sistem adalah menggunakan metode kuantitatif. Terdapat 4 cara yang untuk mendistribusikan data waktu kegagalan yaitu distribusi eksponensial, distribusi normal, distribusi lognormal dan distribusi weibull (Globe, William M. 1998 ; Widyoadi dkk, 2017).

#### 2.2.6.1 Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial memiliki laju kegagalan yang konstan (*constant failure rate*) atau dengan kata lain probabilitas terjadinya kerusakan tidak tergantung pada umur alat. Terdapat dua parameter dalam distribusi eksponensial, yaitu  $t$  (fungsi waktu) dan  $\gamma$  (parameter lokasi). Apabila  $\gamma$  bernilai 0, maka menjadi distribusi eksponensial satu parameter (Ebeling, 1997). Terdapat beberapa fungsi matematis dalam distribusi eksponensial yaitu:

- Fungsi distribusi kegagalan:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda(t-t_0)} \quad (2.1)$$

- Fungsi keandalan

$$R(t) = e^{-\lambda(t-t_0)} \quad (2.2)$$

- Fungsi laju kegagalan

$$\lambda(t) = \lambda \quad (2.3)$$

- *Mean Time To Failure*

$$MTTF = \gamma + 1/\lambda \quad (2.4)$$

#### 2.2.6.2 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 rata-rata (*mean*). Dispersi terhadap rata – rata distribusi normal diukur berdasarkan standar deviasi. Dengan kata lain parameter distribusi normal adalah *mean* ( $\mu$ ) dan standar deviasi ( $\sigma$ ) (Ebeling, 1997).

- Fungsi distribusi kegagalan

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

- Fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - \Phi(z) \quad (2.6)$$

$$\text{Dengan } z = \frac{t-\mu}{\sigma}$$

$\phi(z)$  merupakan *standardized normal probabilities*.

- Fungsi laju kegagalan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.7)$$

- *Mean Time To Failure*

$$MTTF = \mu \quad (2.8)$$

### 2.2.6.3 Distribusi Lognormal

Pada saat variabel acak  $t$  (waktu kegagalan) mempunyai distribusi lognormal, logaritma  $t$  memiliki distribusi normal. Karakteristik distribusi lognormal memiliki dua parameter, yaitu parameter lokasi ( $\mu$ ) dan parameter skala ( $\sigma$ ) (Ebeling, 1997).

- Fungsi distribusi kegagalan

$$f(t) = \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{1}{2\sigma^2} (\ln t - \mu)^2 \right] \quad (2.9)$$

- Fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - \int_0^t \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{\ln(t) - \mu}{\sigma} \right)^2 \right] dt \quad (2.10)$$

- Fungsi laju kegagalan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.11)$$

- *Mean Time To Failure*

$$MTTF = \exp \left[ \mu - \left( \frac{\sigma}{2} \right)^2 \right] \quad (2.12)$$

#### 2.2.6.4 Distribusi Weibull

Distribusi weibull merupakan distribusi empiris yang paling banyak digunakan dan hampir muncul pada semua karakteristik kegagalan. Distribusi Weibull memiliki tiga parameter, yaitu parameter *Location or Time Delay Parameter* ( $\gamma$ ), *Shape parameter or slope* ( $\beta$ ), dan *Scale parameter* ( $\eta$ ). Apabila *location parameter* ( $\gamma$ ) bernilai 0, maka distribusi tersebut menjadi distribusi Weibull 2 parameter (Ebeling, 1997). Terdapat beberapa fungsi matematis dalam distribusi Weibull yaitu:

- Fungsi distribusi kegagalan

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \exp \left[ - \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta} \right] \quad (2.13)$$

- Fungsi keandalan

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta} \right] \quad (2.14)$$

- Fungsi laju kegagalan

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (2.15)$$

- *Mean Time To Failure*

$$MTTF = \eta \Gamma \left( \frac{1}{\beta} + 1 \right) \quad (2.16)$$

#### 2.2.7 Pengaruh perawatan Terhadap Keandalan

Setelah mengetahui konsep dan luaran RCM tentunya dapat disadari bahwa perawatan terutama *Preventive maintenance* memiliki hubungan yang cukup erat dengan keandalan, *Preventive Maintenance (PM)* dapat dideskripsikan sebagai perawatan berkala yang dilakukan untuk menjaga suatu peralatan agar selalu dalam kondisi prima saat dioperasikan dengan menyediakan pemeriksaan, deteksi dan koreksi terhadap kegagalan yang belum maupun akan terjadi (Ebeling 1997). Perumusan dari keandalan dengan PM dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$Rm(t) = R(t) \text{ untuk } 0 \leq t \leq T \quad (2.17)$$

$$Rm(t) = R(T) R(t - T) \text{ untuk } T \leq t \leq 2T \quad (2.18)$$

Keterangan:

t = Waktu

T = Interval waktu penggantian kerusakan

R(t) = Keandalan (*reliability*) dari sistem tanpa *Preventive Maintenance*



$R(T)$  = Peluang dari keandalan hingga *Preventive Maintenance* pertama

$R(t-T)$  = Peluang dari keandalan antara waktu  $t-T$  setelah peralatan dikembalikan dari kondisi awal pada saat  $T$ .

$R_m(t)$  = Keandalan dari sistem dengan *Preventive Maintenance*.

Secara umum berikut persamaan yang dapat digunakan:

$$R_m(t) = R(T)^n R(t - nT) \text{ untuk } nT \leq t \leq (n + 1)T \quad (2.19)$$

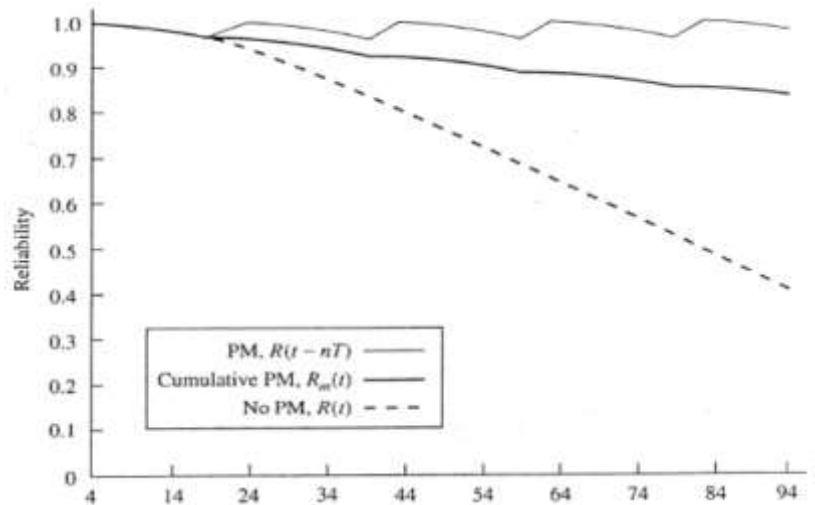
Keterangan:

$n$  = Jumlah perawatan

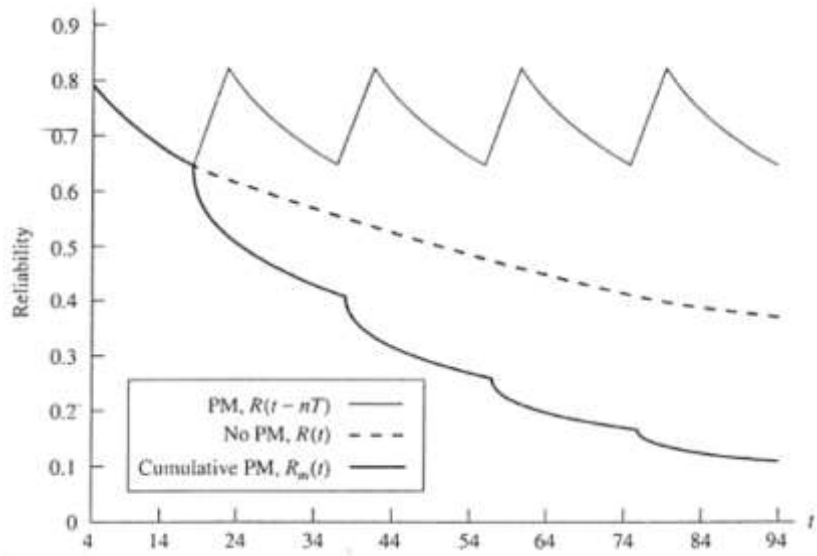
$R(T)^n$  = Probabilitas ketahanan hingga *Preventive Maintenance* ke- $n$

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

Grafik keandalan untuk komponen atau peralatan dengan *Preventive Maintenance* dapat dilihat pada **Gambar 2.5** dan **Gambar 2.6** pada halaman selanjutnya.



**Gambar 2. 6** Grafik Keandalan Sistem dengan *Preventive Maintenance* untuk *Increasing Failure Rate* (sumber : Ebeling (1997))



**Gambar 2.7** Grafik Keandalan Sistem dengan *Preventive Maintenance* untuk *Decreasing Failure Rate* (sumber : Ebeling (1997))

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan alur penelitian yang disusun oleh penulis dalam melaksanakan tugas akhir.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

#### 3.2 Deskripsi Alur Penelitian

Berikut merupakan deskripsi tahapan-tahapan penelitian sesuai dengan diagram alir yang telah disusun oleh penulis.

##### 3.2.1 Studi Literatur

Penelitian diawali dengan proses studi literatur, dikarenakan memang dalam masa perkuliahan tidak ada mata kuliah yang spesifik secara tuntas mengulas

mengenai *reliability centered maintenance*. Diawali dengan membaca literatur berupa buku-buku yang membahas mengenai *reliability centered maintenance*, dilanjutkan dengan membaca referensi tugas akhir terdahulu mengenai kegunaan, manfaat, dan prosedur penyusunan secara baik dan benar.

### **3.2.2 Pengumpulan Data**

Setelah mendapatkan gambaran total mengenai arah dan hasil akhir yang diinginkan, penelitian ini dilanjutkan dengan melakukan pengumpulan data Data yang dimaksud adalah data rekap perawatan yang telah dilakukan oleh perusahaan pada tahun 2018, dan daftar komponen. Data perawatan digunakan sebagai input untuk analisis kuantitatif, sedangkan data komponen akan digunakan sebagai input analisis kualitatif.

### **3.2.3 Pengolahan Data**

Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah agar bisa digunakan sebagai input Analisis. Untuk data perawatan perlu dikelompokkan dan ditata agar bisa dibaca dengan mudah pada saat analisis kuantitatif. Data komponen dikelompokkan sesuai jenis *screw conveyor* dan ditata agar dapat dibaca dengan mudah pada saat analisis kualitatif.

### **3.2.4 Analisis Kuantitatif**

Analisis kuantitatif bertujuan untuk menentukan pola distribusi *Time Between Failure (TBF)*, keandalan terhadap waktu operasional, dan interval perawatan.

#### **1. Uji Distribusi**

Penentuan pola distribusi kegagalan dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan *Software Reliasoft Weibull++6*. *Software* ini dapat menentukan berbagai pola distribusi pada data (*Goodnes of Fit Test*). Diantara beberapa distribusi yang dapat dianalisis oleh *software* tersebut adalah distribusi normal, log normal, eksponensial, dan wibull. Kemudian dengan input data TTF maka selanjutnya dapat diketahui peringkat pola distribusi yang paling sesuai terhadap data *time to failure*.

#### **2. Perhitungan Keandalan terhadap waktu oprasional.**

Setelah diketahui pola distribusi yang sesuai, maka dapat keandalan terhadap waktu dapat dihitung menggunakan persamaan keandalan sesuai pola distribusi yang ada.

### 3. Penentuan Interval Perawatan

Penentuan interval perawatan dilakukan dengan acual saat keandalan mencapai 0,6. Angka ini dinilai merupakan batas minimal sebuah komponen untuk mampu menjalankan fungsinya, selain itu secara biaya 0,6 meberikan hasil biaya perawatan paling hemat (Ratna Bhakti dan Sudiyono K, 2015).

#### 3.2.5 Analisis kualitatif

Analisis dilakukan dengan menentukan sistem kerja dan *maintainable component* yang terdapat pada *screw conveyor*, fungsi pada setiap komponen, sistem kerja komponen dalam sistem dan terhadap komponen lain, dan dilanjutkan dengan *Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)*

##### 1. Penentuan sistem kerja dan *maintainable component*

Proses penentuan sistem kerja dan menentukan *maintainable component* diawali dengan membedah daftar komponen yang berasal dari data perusahaan dan dicocokkan dengan katalog yang dikeluarkan oleh pihak manufaktur, setelah itu daftar hasil komponen akan di sesuaikan dengan acuan dari *Offshore Reliability Data OREDA Handbook 2002 (OREDA 2002)* untuk bagian *maintainable component*

##### 2. Menganalisis fungsi setiap komponen

Setiap komponen memiliki fungsi masing masing, dalam hal ini setiap komponen akan dijelaskan fungsinya secara umum pada *Function Block Diagram*. Fungsi setiap komponen perlu dianalisis agar apabila terjadi kegagalan pada sebuah komponen dapat diketahui dampak yang dihasilkan lebih lanjut.

##### 3. Menganalisis sistem kerja komponen dalam sistem dan terhadap komponen lain

Sistem kerja komponen akan dianalisis lebih lanjut apakah sebuah kegagalan pada komponen akan berpengaruh atau bahkan menjadi kegagalan pada sistem kerja.

##### 4. *Failure Mode & effect Analysis (FMEA)*

Setelah seluruh fungsi dan sistem kerja komponen diketahui maka FMEA dapat dilakukan, hasil dari analisis ini adalah *Potential Failure Effect* dan *Potential Failure Mode*

### 3.2.6 Penyusunan *RCM Decision Worksheet*

Proses ini merupakan lanjutan dari analisis FMEA, setelah mengetahui potential failure mode dan potential Failure Effect maka dapat disusun sebuah worksheet untuk menyikapi hal tersebut. Tahapan penyusunan *RCM II Decision Worksheet* diawali dengan menentukan tipe kegagalan, konsekuensi kegagalan dan *Logic Tree Analysis (LTA)*.

1. Tipe Kegagalan

Tipe kegagalan dibagi menjadi 2 yaitu hidden failure dan evident failure. *Hidden failure* adalah sebuah kondisi dimana ketika sebuah kegagalan terjadi, tidak terdapat tanda-tanda yang dapat diketahui oleh operator. Sedangkan *evident failure* adalah kondisi dimana ketika sebuah kegagalan terjadi terdapat tanda-tanda yang dapat diketahui oleh operator (Moubray, 2000).

2. Konsekuensi Kegagalan

Konsekuensi kegagalan dibagi menjadi 3 yaitu Safety, Environmental, Operation. Konsekuensi kegagalan dibagi menjadi 3 aspek yaitu *safety*, *environment*, dan *operation*. Aspek *safety* adalah keterkaitan kegagalan terhadap keselamatan pekerja. Aspek *environment* adalah keterkaitan kegagalan terhadap lingkungan. Aspek *operation* adalah keterkaitan terhadap proses operasional (Moubray, 2000).

3. Logic Tree Analysis

Analisis ini bertujuan untuk mengklasifikasikan sebuah kegagalan berdasarkan tipe kegagalan dan konsekuensi kegagalan untuk mengetahui tindakan perawatan yang sesuai. Acuan yang digunakan dalam melakukan LTA adalah *RCM II Decision Worksheet*, Moubray (2000). *RCM II Decision Diagram* dapat dilihat pada **Gambar 3.2** pada halaman selanjutnya

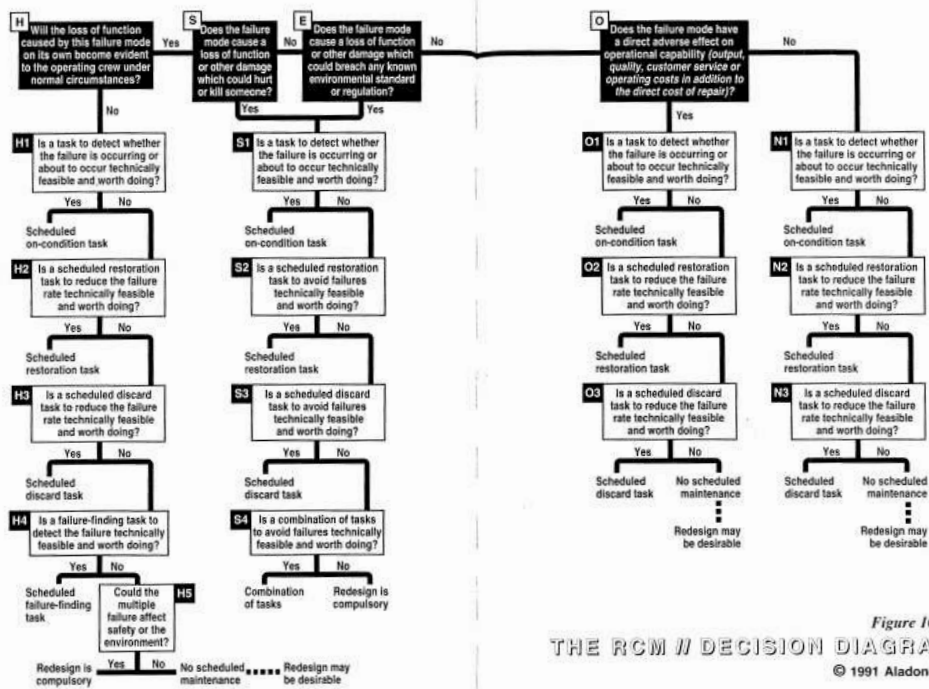


Figure 10.1:  
 THE RCM II DECISION DIAGRAM  
 © 1991 Aladon Ltd

Gambar 3. 2 RCM II Decison Diagram (sumber : Moubray (2000))

## BAB IV

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisis Kuantitatif Screw Conveyor Continuous Ship Unloader 02

Analisis kuantitatif diawali dengan mengolah data rekap perawatan yang dilakukan oleh perusahaan untuk mendapatkan data *Time Between Failure* (TBF) dari masing masing komponen *Vertical Conveyor*, *Horizontal Conveyor*, dan *Gantry Conveyor* pada CSU-02. Dengan menggunakan bantuan *software* Reliasoft Weibull++6 dilakukan uji distribusi terhadap data TBF guna mengetahui pola distribusi dan nilai parameter distribusi data tersebut. analisis dilanjutkan dengan melakukan perhitungan keandalan terhadap waktu, dan penentuan interval perawatan Screw Conveyor CSU 02. Analisis dilakukan pada Vertical Conveyor CSU 02, Vertical Horizontal CSU 02, Gantry Conveyor CSU 02.

##### 4.1.1 Analisis Kuantitatif Vertical Conveyor CSU-02

##### 4.1.1.1 Uji Distribusi Data *Time Between Failure* (Tbf) Vertical Conveyor

##### Csu 02

Tahapan analisis diawali dengan mengolah data rekap perawatan yang dilakukan oleh perusahaan untuk mendapatkan data TBF *Vertical Conveyor*, data TBF dapat dilihat pada **Tabel 4.1** dibawah ini.

**Tabel 4. 1 *Time Between Failure* (TBF) Vertical Conveyor CSU-2**

SHUT DOWN DATE	FUNCTION DATE	TBF (HARI)	TBF (JAM)
29/12/2017	29/12/2017	0	0
06/01/2018	06/01/2018	8	192
10/02/2018	10/02/2018	4	96
27/03/2018	27/03/2018	45	1080
04/04/2018	04/04/2018	8	192
01/05/2018	01/05/2018	27	648
04/05/2018	04/05/2018	3	72
24/05/2018	24/05/2018	20	480
11/06/2018	11/06/2018	18	432
12/06/2018	12/06/2018	1	24
13/06/2018	13/06/2018	1	24
28/07/2018	28/07/2018	45	1080
29/07/2018	29/07/2018	1	24
23/08/2018	23/08/2018	25	600



(Lanjutan **Tabel 4.1**)

SHUT DOWN DATE	FUNCTION DATE	TBF (Hari)	TBF (Jam)
24/08/2018	24/08/2018	1	24
25/08/2018	30/08/2018	1	24
02/09/2018	02/09/2018	3	72
08/11/2018	08/11/2018	6	144
09/11/2018	10/11/2018	1	24
11/11/2018	11/11/2018	1	24

Data TBF tersebut kemudian diolah dengan menggunakan *software* Reliasoft weibull++6 untuk mengetahui pola distribusi yang paling sesuai. Berikut merupakan hasil uji distribusi yang didapatkan dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

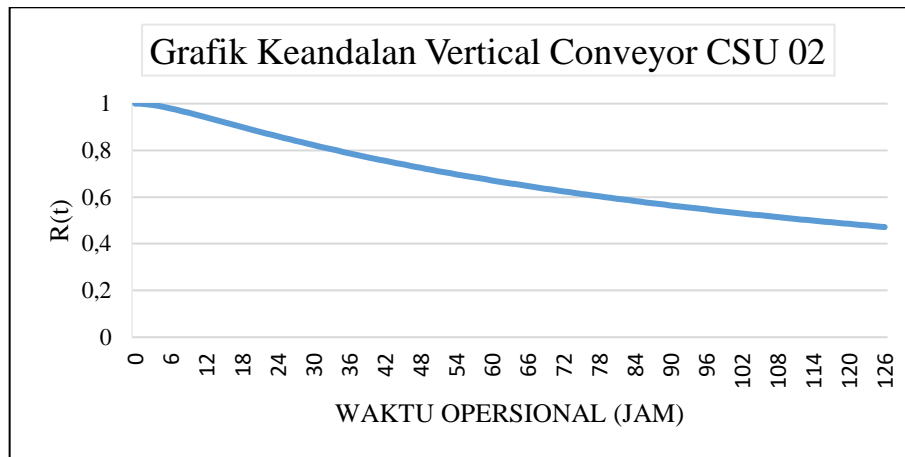
**Tabel 4.2** Data Hasil Uji Distribusi *Time Between Failure (TBF) Vertical Conveyor*

DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV	Rank
Exponensial 1	75.9913530	10.28118333	-126.12030	3
Exponensial 2	DISCARD	DISCARD	DISCARD	5
Normal	76.2986513	10.0414963	-137.77027	4
Lognormal	33.6078956	6.11618466	-123.42855	1
Weibull 2	39.2008498	7.91144952	-125.41080	2
Weibull 3	DISCARD	DISCARD	DISCARD	5

Berdasarkan hasil uji distribusi pada tabel diatas, nilai *Average Goodness of Fit* (AVGOF), *Average of Plot Fit* (AVPLOT) dan *Likelihood Function* (LKV) terkecil terdapat pada distribusi Lognormal, hal ini menunjukkan bahwa pola distribusi tersebut paling sesuai diantara distribusi lainnya. Selain melakukan uji distribusi data, dilakukan juga perhitungan parameter distribusi yang berupa *Mean* ( $\mu$ ) = 4.7332 dan *Standar Deviasi* ( $\sigma$ ) = 1.441. Kemudian kedua parameter tersebut diformulasikan dan di plot kedalam grafik terhadap waktu operasional. Waktu operasional hingga 126 jam dipilih dikarenakan merepresentasikan waktu operasional 7 hari dengan 18 jam oprasional per hari.

#### 4.1.1.2 Keandalan *Vertical Conveyor* Terhadap Waktu Operasional

Keandalan  $R(t)$  dapat dihitung dengan memasukkan parameter distribusi ke dalam persamaan fungsi keandalan pada persamaan (2.10). Grafik keandalan *Vertical Conveyor* CSU 2 terhadap waktu operasional komponen dapat dilihat pada **Gambar 4.1**

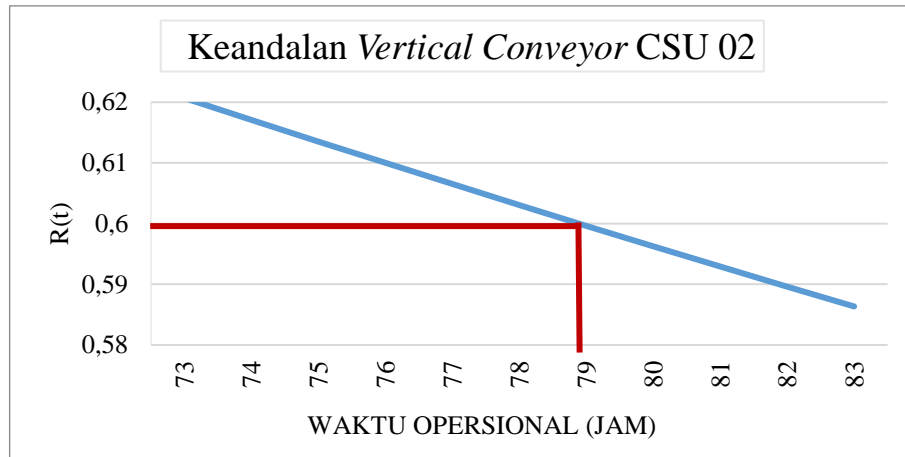


**Gambar 4. 1 Grafik Keandalan Vertical Conveyor CSU 2 terhadap Waktu Operasional hingga 7 hari waktu operasional**

Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa pada awal waktu operasional keandalan sangat tinggi, namun mengalami penurunan yang cukup signifikan. Keandalan *Vertical Conveyor* mencapai 0,47 pada 7 hari waktu operasional. kondisi tersebut menunjukkan bahwa *Vertical Conveyor* dianggap tidak andal pada 7 hari waktu operasional.

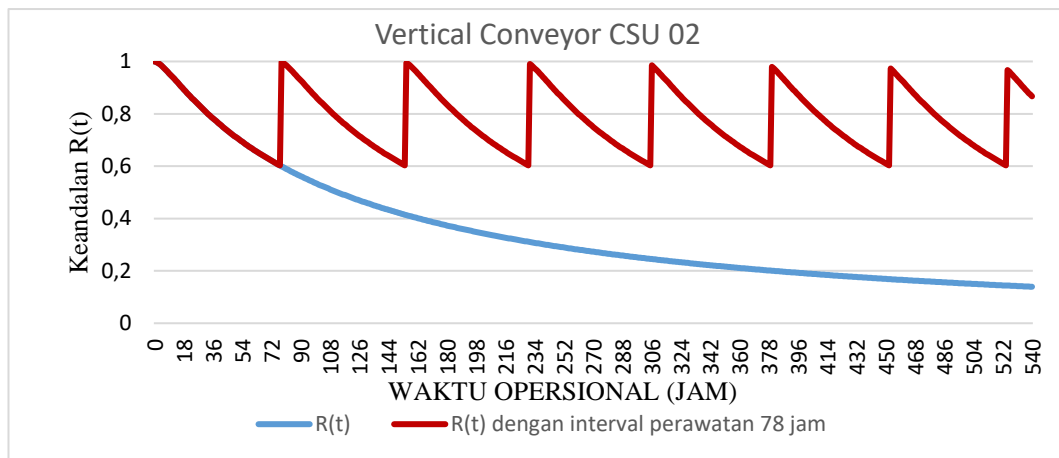
#### 4.1.1.3 Interval Perawatan *Vertical Conveyor* Terhadap Waktu Operasional

Tahapan penentuan inteval perawatan dimulai dengan mencari waktu operasional terhadap keandalan ketika keandalan mencapai 0,6. Waktu ini dinilai merupakan batas aman dari peluang keberhasilan suatu mesin yang beroperasi (Ratna Bhakti dan Sudiyono K, 2015). Berikut merupakan gambaran apabila grafik diperdetail pada saat keandalan mencapai 0,6 dapat dilihat pada **Gambar 4.2** pada halaman selanjutnya.



**Gambar 4. 2 Grafik Keandalan Pada *Vertical Conveyor* CSU 2 Terhadap Waktu Operasional Yang Diperjelas Untuk Mengetahui Interval Perawatan**

Interval perawatan diambil pada waktu 78 jam waktu operasional, apabila dengan menggunakan hitungan hari maka perawatan dapat dilakukan setiap 4 hari. Interval perawatan tersebut diharapkan dapat kembali meningkat keandalan dan mengurangi kemungkinan kerusakan. Berikut harapan dengan dilakukannya perawatan pada setiap interval waktu 78 jam digambarkan pada **Gambar 4.3**.



**Gambar 4. 3 Gambaran Perubahan Keandalan Dengan Interval Perawatan 78 Jam Hingga 30 Hari Waktu Operasional**

Hasil tersebut dapat dijadikan acuan untuk ditinjau kembali di masa mendatang karena hasil tersebut murni hasil analisis kualitatif berdasarkan data perawatan yang ada pada tahun 2018, dimana usia *Vertical Conveyor* memasuki tahun ke 5 beroperasi. Tentunya ditahun tahun mendatang pola perawatan perlu ditinjau ulang seiring bertambahnya usia *Verical Conveyor*. Hasil ini tentunya perlu untuk ditinjau sepanjang tahun dan perlu dikaji kembali di tahun mendatang dikarenakan semakin lama sebuah peralatan maka kemampuan operasionalnya

akan menurun dan membutuhkan penanganan yang lebih intensif serta interval yang lebih singkat.

#### 4.1.2 Analisis Kuantitatif *Horizontal Conveyor* Csu-02

##### 4.2.2.1 Uji Distribusi Data Time Between Failure (Tbf) *Horizontal Conveyor* Csu-02

Tahapan analisis diawali dengan mengolah data rekap perawatan yang dilakukan oleh perusahaan untuk mendapatkan data TBF *Horizontal Conveyor*, data TBF dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.

**Tabel 4. 3 Time Between Failure (TBF) Horizontal Conveyor CSU 02**

SHUT DOWN DATE	FUNCTION DATE	TBF( HARI)	TBF (JAM)
13/12/2017	13/12/2017	0	0
24/12/2017	24/12/2017	11	264
25/12/2017	25/12/2017	1	24
26/12/2017	26/12/2017	1	24
17/01/2018	17/01/2018	22	528
16/02/2018	16/02/2018	30	720
19/04/2018	19/04/2018	62	1488
20/04/2018	20/04/2018	1	24
06/05/2018	06/05/2018	16	384
07/05/2018	07/05/2018	1	24
19/05/2018	20/05/2018	12	288
21/05/2018	21/05/2018	1	24
23/05/2018	24/05/2018	2	48
26/06/2018	26/06/2018	2	48
28/06/2018	28/06/2018	2	48
29/06/2018	29/06/2018	1	24
30/06/2018	30/06/2018	1	24
12/07/2018	12/07/2018	12	288

Data TBF tersebut kemudian diolah dengan menggunakan *software* Reliasoft weibull++6 untuk mengetahui pola distribusi yang paling sesuai. Berikut merupakan hasil uji distribusi yang didapatkan dapat dilihat pada **Tabel 4.4** pada halaman selanjutnya.

Tabel 4.4 Data Hasil Uji Distribusi *Time Between Failure* (TBF) Horizontal Conveyor CSU

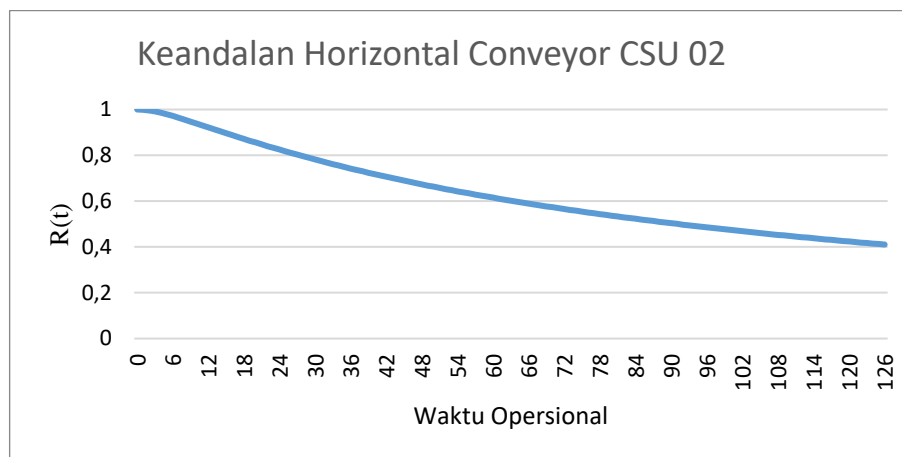
02

DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV	Rank
Exponensial 1	98.7954909	12.8828230	-111.53654	4
Exponensial 2	DISCARD	DISCARD	DISCARD	5
Normal	80.0425731	11.2765625	-124.99301	3
Lognormal	51.1434816	9.57066284	-107.19580	1
Weibull 2	77.6113816	11.9048874	-111.19580	2
Weibull 3	DISCARD	DISCARD	DISCARD	5

Berdasarkan hasil uji distribusi pada tabel diatas, nilai *Average Goodness of Fit* (AVGOF), *Average of Plot Fit* (AVPLOT) dan *Likelihood Function* (LKV) terkecil terdapat pada distribusi Lognormal, hal ini menunjukkan bahwa pola distribusi tersebut paling sesuai diantara distribusi lainnya. Selain melakukan uji distribusi data, dilakukan juga perhitungan parameter distribusi sehingga diketahui nilai *Mean* ( $\mu$ ) = 4.5125 dan Standar Deviasi ( $\sigma$ ) = 1.4297.

#### 4.1.2.1 Keandalan Horizontal Conveyor Terhadap Waktu Operasional

Keandalan  $R(t)$ , dapat dihitung dengan memasukkan parameter distribusi ke dalam persamaan fungsi keandalan pada persamaan (2.10). Grafik Keandalan Horizontal Conveyor CSU 2 terhadap waktu operasional komponen dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



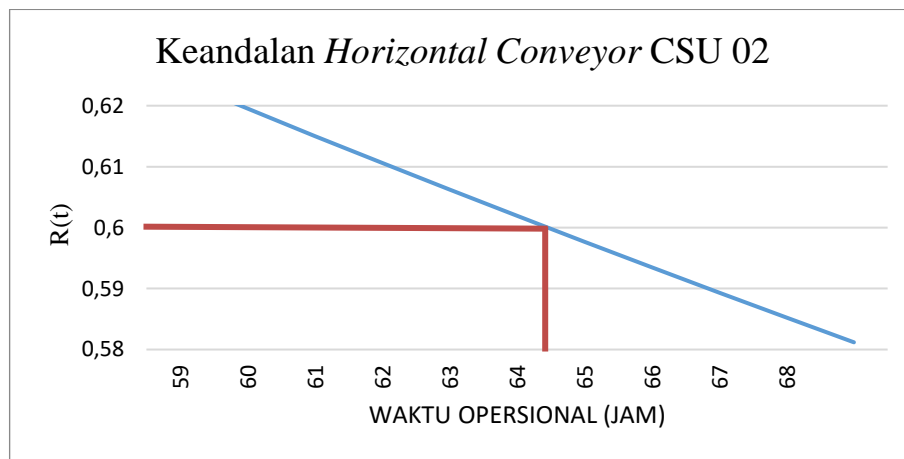
**Gambar 4. 4 Grafik Keandalan Horizontal Conveyor CSU 02 terhadap Waktu Operasional hingga 7 hari waktu operasional**

Berdasarkan grafik pada **Gambar 4.4** diketahui bahwa pada awal waktu operasional keandalan sangat tinggi, namun mengalami penurunan yang cukup signifikan. Keandalan *Horizontal Conveyor* mencapai 0,41 pada 7 hari waktu

operasional. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa *Horizontal Conveyor* dianggap tidak andal pada 7 hari waktu operasional.

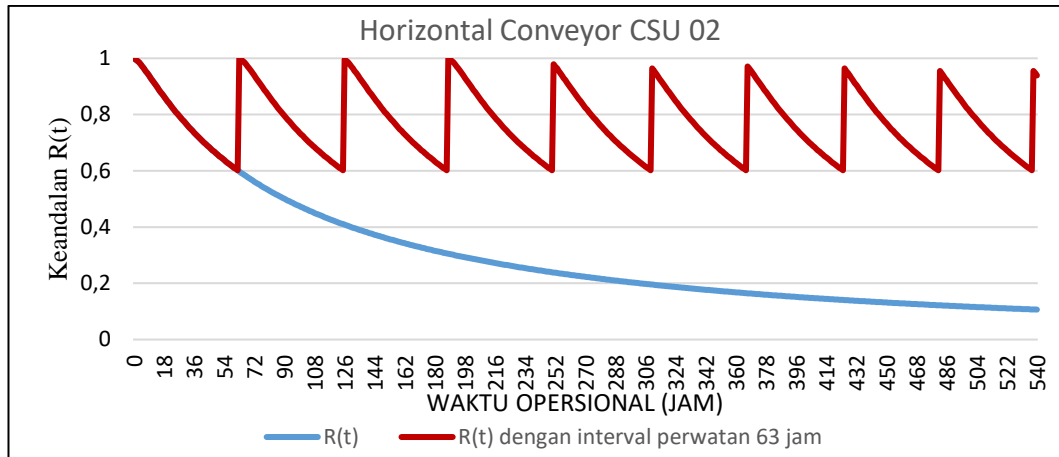
#### 4.1.2.1 Interval Perawatan Horizontal Conveyor Terhadap Waktu Operasional

Tahapan penentuan Interval perawatan dimulai dengan mencari waktu operasional terhadap keandalan ketika keandalan mencapai 0,6. waktu ini diambil karena dinilai merupakan batas minimal aman dari peluang keberhasilan suatu mesin yang beroperasi, (Ratna Bhakti dan Sudiyono K, 2015). Berikut merupakan gambaran yang telah diperdetail dari Grafik Keandalan Vertical Conveyor terhadap waktu operasional ketika keandalan mencapai 0,6 dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



**Gambar 4. 5 Grafik Keandalan Pada Horizontal Conveyor CSU 02 Terhadap Waktu Operasional Yang Diperjelas Untuk Mengetahui Interval Perawatan**

Interval perawatan diambil pada waktu 64 jam waktu operasional, apabila dengan menggunakan hitungan hari maka perawatan dapat dilakukan setiap 3 hari. Harapan utama dilakukannya perawatan pada waktu tersebut supaya keandalan dapat kembali meningkat dan kemungkinan kerusakan berkurang. Berikut harapan dengan dilakukannya perawatan pada interval waktu 64 jam digambarkan pada **Gambar 4.6** pada halaman selanjutnya.



**Gambar 4. 6** Gambaran Perubahan Keandalan Dengan Interval Perawatan 63 Jam Hingga 30 Hari Waktu Operasional

Hasil tersebut dapat dijadikan acuan untuk ditinjau kembali di masa mendatang karena hasil tersebut merupakan murni perhitungan dengan analisis kualitatif berdasarkan data perawatan yang ada pada tahun 2018, dimana usia *Horizontal Conveyor* memasuki tahun ke 5 beroperasi. Tentunya ditahun mendatang pola perawatan perlu ditinjau ulang seiring bertambahnya usia *Horizontal Conveyor*. Hasil ini tentunya perlu untuk ditinjau sepanjang tahun dan perlu dikaji kembali di tahun mendatang dikarenakan semakin lama sebuah peralatan maka kemampuan operasionalnya akan menurun dan membutuhkan penanganan yang lebih intensif serta interval yang lebih singkat.

#### 4.1.3 Analisis Kuantitatif *Gantry Conveyor CSU-02*

##### 4.1.3.1 Uji Distribusi Data *Time Between Failure (TBF) Gantry Conveyor CSU-02*

Tahapan analisis diawali dengan mengolah data rekap perawatan yang dilakukan oleh perusahaan untuk mendapatkan data *TBF Gantry Conveyor*, data *TBF* dapat dilihat pada **Tabel 4.5** dibawah ini.

**Tabel 4. 5** *Time Between Failure (TBF) Gantry Conveyor CSU 02*

SHUT DOWN DATE	FUNCTION DATE	TBF( DAYS)	TBF( HOURS)
10/12/2017	10/12/2017	0	0
11/12/2017	11/12/2017	1	24
12/12/2017	12/12/2017	1	24
13/12/2017	13/12/2017	1	24
14/12/2017	14/12/2017	1	24
16/12/2017	17/12/2017	2	48

(Lanjutan **Tabel 4.5**)

SHUT DOWN DATE	FUNCTION DATE	TBF( DAYS)	TBF (HOURS)
18/12/2017	18/12/2017	1	24
20/12/2017	20/12/2017	2	48
21/12/2017	21/12/2017	1	24
02/01/2018	02/01/2018	12	288
04/01/2018	04/01/2018	2	48
05/01/2018	05/01/2018	1	24
31/03/2018	31/03/2018	85	2040
01/04/2018	01/04/2018	1	24
25/04/2018	25/04/2018	24	576
08/05/2018	08/05/2018	13	312
09/05/2018	09/05/2018	1	24
26/06/2018	26/06/2018	48	1152
25/07/2018	25/07/2018	29	696
26/07/2018	26/07/2018	1	24

Data TBF tersebut kemudian diolah dengan menggunakan *software* Reliasoft weibull++6 untuk mengetahui pola distribusi yang paling sesuai. Berikut merupakan hasil uji distribusi yang didapatkan dapat dilihat pada **Tabel 4.6**.

**Tabel 4.6** Data Hasil Uji Distribusi *Time Between Failure (TBF) Gantry Conveyor*

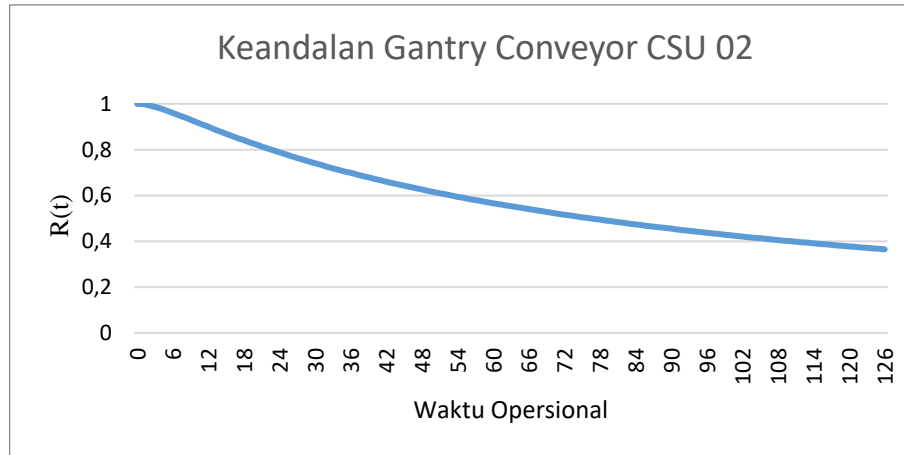
DISTRIBUTION	AvGOF	AvPlot	LKV	Rank
Exponensial 1	99.9923353	19.3552980	-127.62395	4
Exponensial 2	DISCARD	DISCARD	DISCARD	5
Normal	97.9313514	14.2799699	-146.27461	3
Lognormal	83.9992811	12.4499317	-117.57366	1
Weibull 2	95.8961474	14.9982314	-130.73105	2
Weibull 3	DISCARD	DISCARD	DISCARD	5

Berdasarkan hasil uji distribusi pada tabel diatas, nilai *Average Goodness of Fit* (AVGOF), *Average of Plot Fit* (AVPLOT) dan *Likelihood Function* (LKV) terkecil terdapat pada distribusi Lognormal, hal ini menunjukkan bahwa pola distribusi tersebut paling sesuai diantara distribusi lainnya. Selain melakukan uji distribusi data, dilakukan juga perhitungan parameter distribusi yang berupa *Mean* ( $\mu$ ) = 4.3357 dan *Standar Deviasi* ( $\sigma$ ) = 1.4487.



#### 4.1.3.2 Keandalan *Gantry Conveyor* terhadap waktu operasional komponen

Keandalan dapat dihitung dengan memasukkan parameter distribusi ke dalam persamaan fungsi keandalan pada persamaan (2.10). Grafik keandalan *Gantry Conveyor* CSU 2 terhadap waktu operasional komponen dapat dilihat pada **Gambar 4.7** pada halaman selanjutnya.

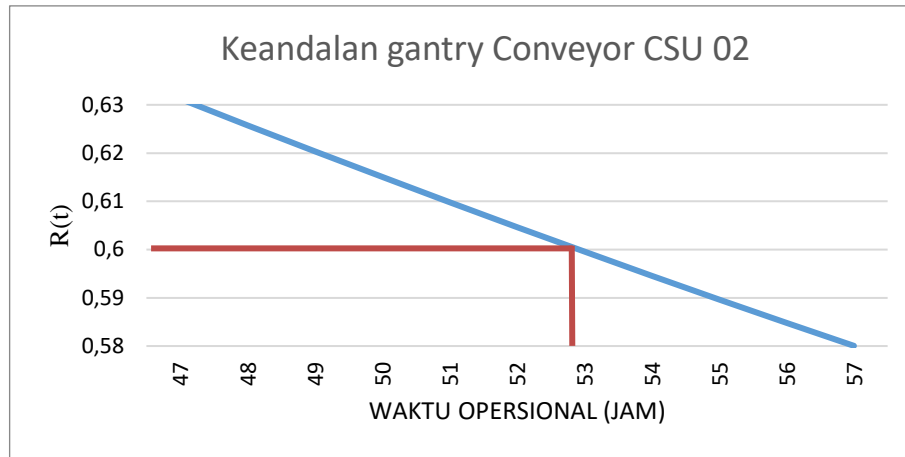


**Gambar 4. 7 Grafik Keandalan *Gantry Conveyor* CSU 2 terhadap Waktu Operasional hingga 7 hari Waktu Operasional**

Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa pada awal waktu operasional keandalan sangat tinggi, namun mengalami penurunan yang cukup signifikan. Keandalan *Horizontal Conveyor* mencapai 0,36 pada 7 hari waktu operasional. kondisi tersebut menunjukkan bahwa *Horizontal Conveyor* dianggap tidak andal pada 7 hari waktu operasional.

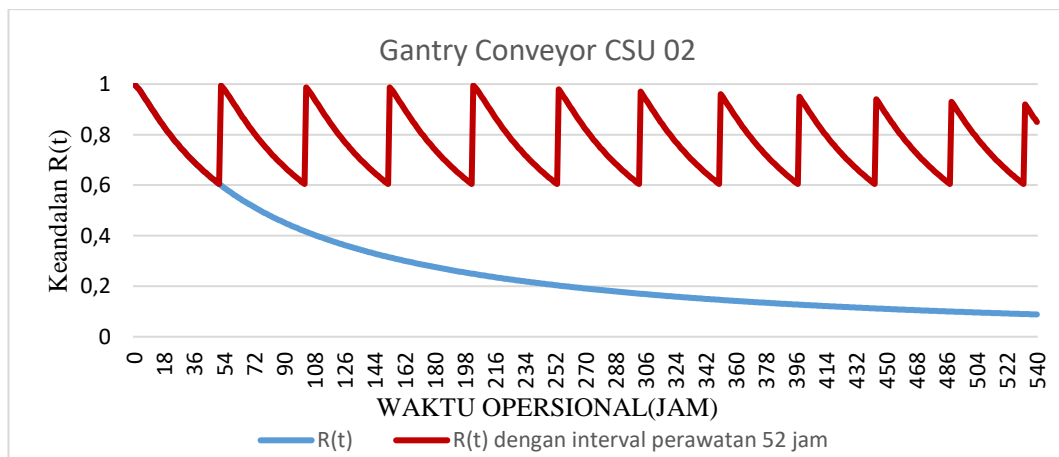
#### 4.1.3.3 Interval Perawatan *Gantry Conveyor* terhadap Waktu Operasional

Tahapan penentuan Inteval perawatan dimulai dengan mencari waktu operasional terhadap keandalan ketika keandalan mencapai 0,6. waktu ini diambil karena dinilai merupakan batas minimal aman dari peluang keberhasilan suatu mesin (Ratna Bhakti dan Sudyono K, 2015). Berikut merupakan gambaran yang telah diperdetail dari Grafik Keandalan *Vertical Conveyor* terhadap waktu operasional ketika mencapai 0,6 dapat dilihat pada **Gambar 4.8** pada halaman selanjutnya.



**Gambar 4. 8 Grafik Keandalan Pada Gantry Conveyor CSU-02 Terhadap Waktu Operasional Yang Diperjelas Untuk Mengetahui Interval Perawatan**

Interval perawatan diambil pada waktu 52 jam waktu operasional, apabila dengan menggunakan hitungan hari maka perawatan dapat dilakukan setiap 2 hari. Dengan dilakukannya perawatan pada waktu tersebut maka diharapkan keandalan dapat kembali meningkat kemungkinan untuk rusak berkurang. Berikut merupakan harapan dengan dilakukannya perawatan pada setiap interval waktu 52 jam.



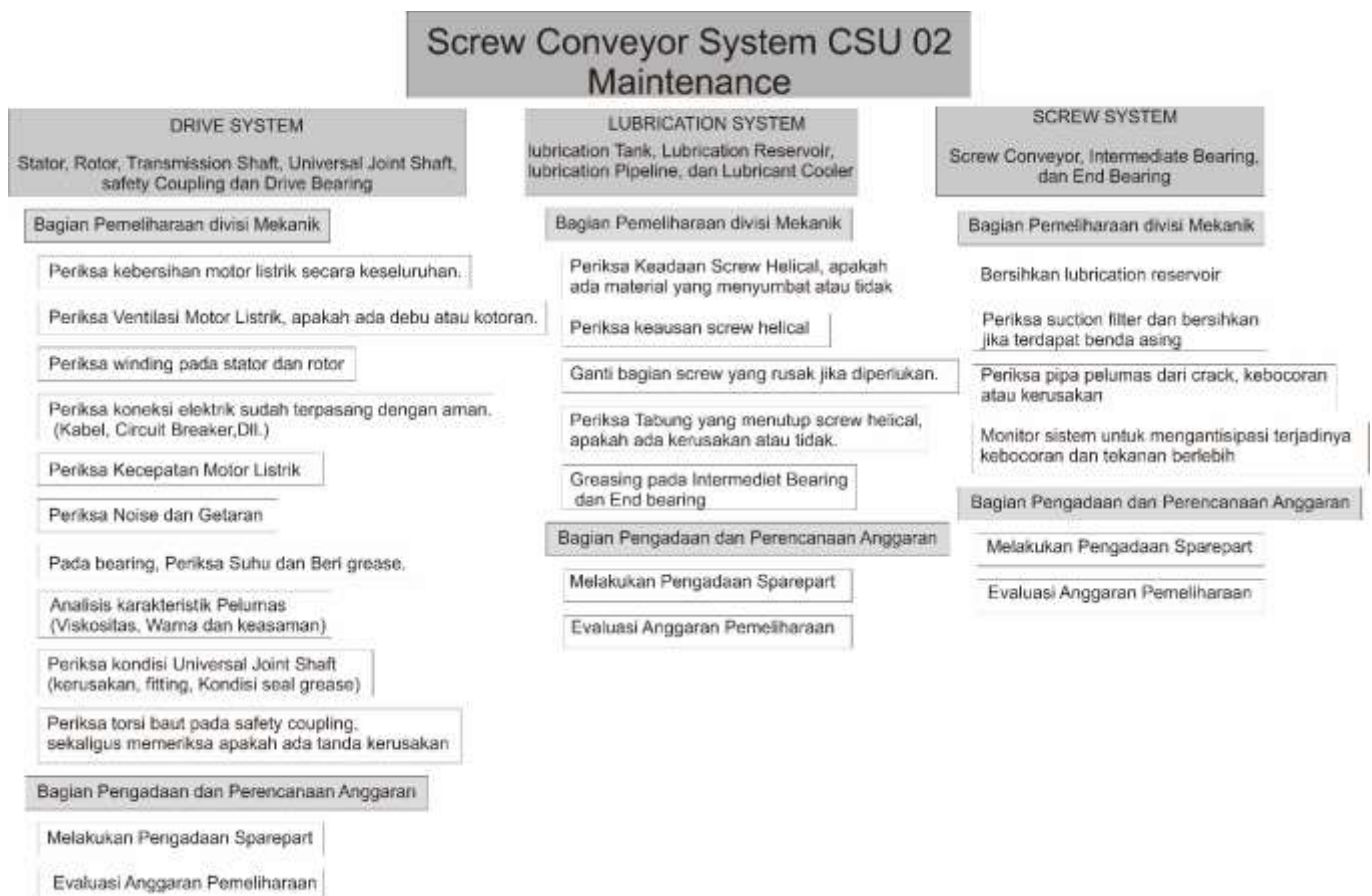
**Gambar 4. 9 Gambaran Perubahan Keandalan Dengan Interval Perawatan 52 Jam Hingga 30 Hari Waktu Operasional**

Hasil tersebut dapat dijadikan acuan untuk ditinjau kembali di masa mendatang karena hasil tersebut merupakan murni perhitungan dengan analisis kualitatif berdasarkan data perawatan yang ada pada tahun 2018, dimana usia *Gantry Conveyor* memasuki tahun ke 5 beroperasi. Tentunya ditahun mendatang pola perawatan perlu ditinjau ulang seiring bertambahnya usia *Gantry Conveyor*. Hasil ini tentunya perlu untuk ditinjau sepanjang tahun dan perlu dikaji kembali di tahun mendatang dikarenakan semakin lama sebuah peralatan maka

kemampuan operasionalnya akan menurun dan membutuhkan penanganan yang lebih intensif serta interval yang lebih singkat.

#### 4.2 Analisis Kualitatif Screw Conveyor Continuous Ship Unloader 02

Proses Analisis kualitatif dilakukan dengan menggunakan metode *Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)*. Analisis dilakukan pada 4 *Equipment Screw Conveyor* pada *Continuous Ship Unloader*. Tahapan dimulai dengan melakukan analisis sistem kerja dan komponen yang bekerja pada screw, keseluruhan fungsi komponen yang dapat dilakukan perawatan. Sistem kerja anatar komponen, hingga akhirnya dapat dilakukan *Failure Mode & Effect Analysis(FMEA)*. Untuk memudahkan tahapan analisis berikut telah disusun Work Breakdown Structure (WBS) untuk mengetahui pembagian komponen dan dan perlakuan yang dilakukan terhadap komponen dalam kegiatan perawatan. Acuan yang digunakan dalam menyusun WBS adalah MIL-STD-881 Work Breakdown Structure Yang disusun oleh departemen pertahanan Amerika Serikat.



Gambar 4. 10 Maintenance Work Breakdown Structure Continous Ship Unloader 02

Secara Umum sistem kerja pada *Continous Ship Unloader* dibagi menjadi 3 sistem kerja yaitu *drive system*, *lubrication system*, dan *screw system*. Terdapat pengecualian terhadap Vertical Conveyor dikarenakan hanya memiliki 2 sistem kerja yaitu *drive system* dan *lubrication ssystem*. *Maintenance* secara mekanik dilakukan oleh Divisi pemeliharaan dan Divisi Pengadaan dan Perencanaan Anggaran. Kegiatan *maintenance* secara langsung di lapangan dilakukan oleh divisi perawatan, sendang kan untuk pengadaan *sparepart* dan pengalokasian dana dikelola oleh divisi pengadaan dan perencanaan anggaran. Selanjutnya dalam hal peraikan komponen, komponen seperti bearing dan joint saja yang tidak dapat diperbaiki (harus diganti dengan komponen baru). Selebihnya komponen lain dapat diperbaiki oleh divisi pemeliharaan bagian mekanik. Namun apabila kerusakan pada komponen terlalu parah seperti terbakar, pecah, ataupun hancur karena terkena torsi berlebih, komponen perlu untuk diganti baru.

#### 4.2.1 Analisis Kualitatif Vertical Conveyor Continous Ship Unloader 02

##### 4.2.1.1 Komponen Vertical conveyor Continous Ship Unloader 02

Daftar Komponen diperoleh dari dokumen Aset Register. Penyusunan dokumen Aset register dilakukan dengan menggunakan acuan Dokumen Perusahaan dan kemudian di cocokkan dengan Katalog yang di keluarkan oleh pihak manufaktur. Dua data tersebut nantinya akan di cocokkan dengan *Offshore Reliability Data 2002 Handbook (OREDA 2002)* untuk mengetahui daftar komponen yang dapat dirawat (*maintainable component*). Berikut Merupakan komponen yang terdapat pada Vertical Conveyor CSU 02 dapat dilihat pada **Tabel**

#### 4.7. Aset Register Vertical Conveyor CSU 02 dapat dilihat pada **Lampiran I**

**Tabel 4. 7 Sistem Kerja dan Komponen Vertical Conveyor CSU 02**

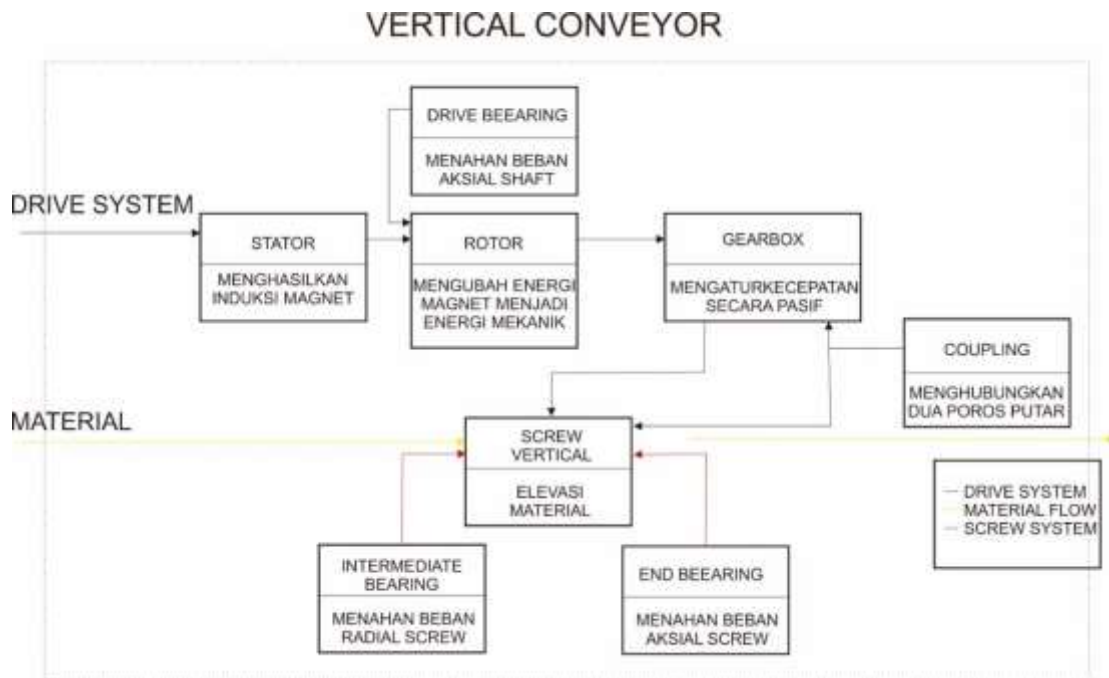
VERTICAL CONVEYOR CSU 02 SYSTEMS AND COMPONENTS			
PLATFORM	EQUIPMENT	SYSTEM	COMPONENET
Continous Ship Unloader 02	Vertical Conveyor	Drive System	Stator
			Rotor
			Drive Bearing
			Gearbox
			Coupling
		Screw System	Screw Vertical
			Intermediate Bearing
			End Bearing

Perputaran *Vertical Conveyor* diakomodasi oleh *drive system*. Putaran ini dihasilkan oleh Motor listrik 3 fasa yang terdiri dari *stator*, *rotor* dan *drive bearing*. Kecepatan putar akan disesuaikan secara pasif oleh *gearbox* kemudian akan disalurkan menuju *screw vertical* menggunakan bantuan *coupling*. Proses transportasi material curah diakomodasi oleh *screw system*. Material akan didorong oleh *screw vertical* menuju ke atas. Komponen *screw vertical* dijaga oleh *end bearing* dan *intermediate bearing* agar tetap stabil pada saat beroperasi.

#### 4.2.1.2 Function Block Diagram Vertical conveyor Continuous Ship

##### Unloader 02

Fungsi komponen-komponen tersebut selanjutnya akan diteliti dan dianalisis untuk mengetahui setiap peranan dalam sebuah sistem kerja. *Function Block Diagram* Vertical Conveyor CSU 02 dapat dilihat pada **Gambar 4.10**.



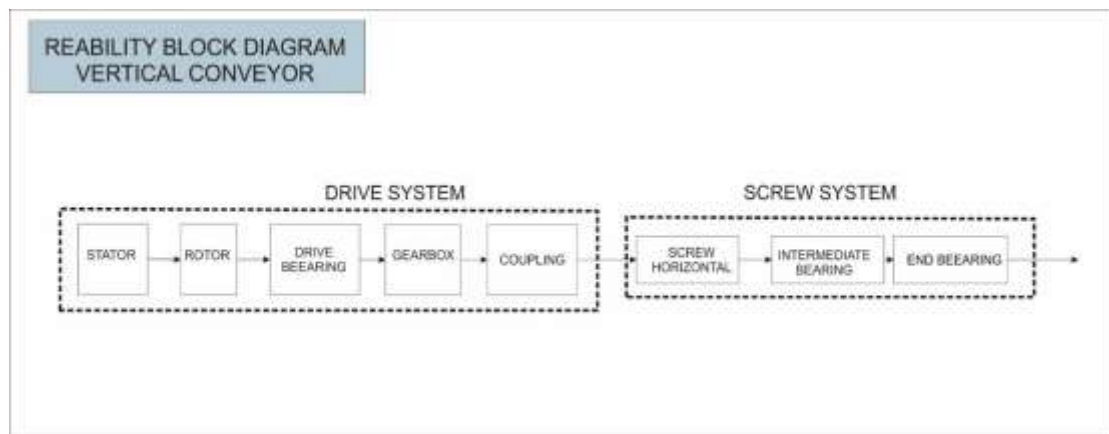
**Gambar 4. 11 Function Block Diagram Vertical Conveyor Continuous Ship Unloader 02**

Proses transportasi material di akomodasi oleh *screw vertical* yang berputar dan mendorong material secara vertikal. Material masuk melalui bagian bawah *screw* dan akan keluar pada bagian atas *screw*. Beban radial *screw* dijaga oleh komponen *intermediate bearing*, sedangkan beban aksial *screw* dijaga oleh *end bearing*. Perputaran *screw conveyor* diakomodasi oleh *drive system*. Tenaga putar dihasilkan oleh motor listrik 3 fasa. Motor listrik tersebut tersusun dari Stator yang berfungsi sebagai penghasil induksi magnet, rotor yang berfungsi menerima induksi

magnet dan berputar menghasilkan tenaga putar, *drive bearing* yang menahan beban aksial dan radial yang dihasilkan oleh perputaran. Mekanisme pengaturan kecepatan dilakukan secara pasif melalui komponen *gearbox*, kemudian disalurkan menuju *screw conveyor* dengan bantuan komponen *coupling* untuk menghubungkan kedua poros putar.

#### 4.2.1.3 Reliability Block Diagram Vertical conveyor Continuous Ship Unloader 02

Penelitian dilanjutkan dengan menentukan dampak kegagalan sebuah komponen dalam sistem kerja terhadap proses operasi dan komponen-komponen lain. Berikut Reliability Block Diagram dapat dilihat pada **Gambar 4.11**.



**Gambar 4. 12 Reliability Block Diagram Vertical conveyor Continuous Ship Unloader 02**

Seluruh komponen pada kedua sistem baik *drive system* maupun *screw system* bekerja secara seri. Dengan adanya kondisi ini dapat disimpulkan bahwa apabila terdapat salah satu komponen pada sistem yang gagal maka keseluruhan sistem dinyatakan gagal.

#### 4.2.1.4 Failure Mode & Effect Analysis (FMEA) Vertical Conveyor Continuous Ship Unloader 02

Setelah mengetahui daftar komponen, sistem kerja dan fungsi setiap komponen penelitian dilanjutkan menuju analisis *Failure Mode & Effect Anaysis (FMEA)*. Pada tahapan ini seluruh komponen akan dianalisis seluruh potensial *failure mode* dan potensial *failure effect* yang berpotensi untuk terjadi. Berikut merupakan rangkuman hasil analisis FMEA Vertical Conveyor CSU 02 dapat dilihat pada **tabel 4.8**. Untuk hasil keseluruhan analisis FMEA secara lengkap dapat dilihat pada **lampiran II**



**Tabel 4. 8 Hasil Failure Mode & Effect Analysis (FMEA) Vertical Conveyor Continuous Ship**

**Unloader 02**

MAJOR SYSTEM		COMPONENTS		FUNCTION	POTENTIAL FAILURE MODE	POTENTIAL FAILURE EFFECT		
1	Drive System	A	Stator	membangkitkan medan magnet untuk memutar rotor	induksi magnet yang dihasilkan lemah	putaran motor tidak sesuai harapan, motor rusak		
					gagal menghasilkan induksi magnet	putaran motor terhenti, motor rusak		
		B	Rotor	mengubah energi magnet menjadi energi mekanik	putaran rotor rendah	putaran motor tidak sesuai harapan, motor rusak		
					rotor macet	rotor berhenti berputar, motor rusak		
					rotor mengalami getaran tinggi ketika berputar	rotor mengalami aus, motor rusak		
					rotor mengalami kenaikan suhu tidak wajar	motor listrik terbakar		
		C	Drive Bearing	menahan beban aksial shaft pada motor	suhu bearing tinggi	motor mengalami overheat		
					terjadi keretakan pada bearing	motor listrik berhenti berputar, motor rusak		
		D	Gearbox	mengubah kecepatan rotasi dari Motor Listrik ke screw secara pasif	putaran gear tidak sesuai harapan	pengaturan kecepatan transport material terganggu		
					gear pada gearbox tidak berputar	putaran motor terhenti		
		E	Coupling	Menghubungkan dua poros putaran	kopling tidak dapat menghubungkan dua poros	transport material terhenti		
		2	screw system	A	Scew Vertical	mendorong material menuju ke atas	screw vertical mengalami getaran tinggi	transport material tidak maksimal
							putaran screw vertical menurun	transport material tidak maksimal
							putaran screw vertical berhenti	transport material terhenti



(lanjutan **Tabel 4. 8**)

MAJOR SYSTEM		COMPONENTS		FUNCTION	POTENTIAL FAILURE MODE	POTENTIAL FAILURE EFFECT
2	Screw System	B	Intermediate Bearing	menopang dan menjaga agar screw tidak mengalami getaran tinggi dan defleksi	bearing lepas	transport material tidak maksimal
		C	End Bearing	menahan screw secara axial	bearing lepas	screw anjlok, transport material terganggu

Berdasarkan hasil analisis FMEA tersebut, Vertical Conveyor CSU 02 memiliki 16 potensial *failure mode* dan potensial *failure effect*. Mayoritas Komponen pada Drive system memiliki kemungkinan kegagalan berupa tidak dapat menjaga dan menyalurkan tenaga putar dengan maksimal sedangkan untuk komponen Screw System memiliki kemungkinan kegagalan berupa tidak dapat menyalurkan material secara maksimal.

#### 4.2.2 Analisis Kualitatif Horizontal Conveyor Continous Ship Unloader 02

##### 4.2.2.1 Komponen Horizontal conveyor Continous Ship Unloader 02

Daftar Komponen diperoleh dari dokumen Aset Register. Penyusunan Aset register dilakukan dengan menggunakan acuan Dokumen Perusahaan dan kemudian di cocokkan dengan Katalog yang di keluarkan oleh pihak manufaktur. Dua data tersebut nantinya akan di cocokkan dengan *Offshore Reliability Data 2002 Handbook (OREDA 2002)* untuk mengetahui daftar komponen yang dapat dirawat (maintainable component). Berikut Merupakan komponen yang terdapat pada Horizontal Conveyor CSU 02 dapat dilihat pada **Tabel 4.9** Untuk Aset Register Horizontal Conveyor CSU 02 dapat dilihat pada **Lampiran I**

**Tabel 4. 9 Sistem Kerja dan Komponen Horizontal Conveyor CSU 02**

HORIZONTAL CONVEYOR CSU 02 SYSTEMS AND COMPONENTS			
PLATFORM	EQUIPMENT	SYSTEM	COMPONENET
Continous Ship Unloader 02	Horizontal Conveyor	Drive System	Stator
			Rotor
			Drive Bearing
			Gearbox
			Coupling
			Universal Joint Shaft

(lanjutan **Tabel 4.9**)

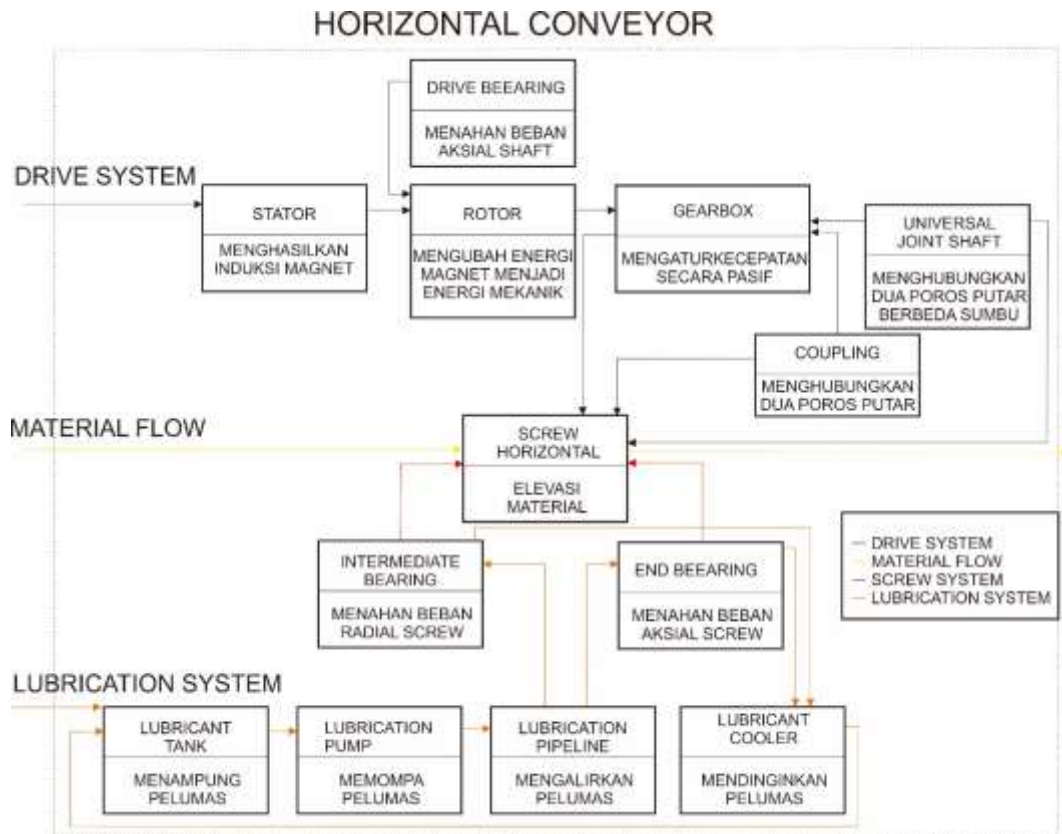
PLATFORM	EQUIPMENT	SYSTEM	COMPONENET
Continous Ship Unloader 02	Horizontal Conveyor	Lubrication System	Lubrication Pipeline
			Oil Pump
			Lubrication Reservoir oil cooler
		Screw System	Screw horizontal
			IntermediateBearing
			End Bearing

Perputaran *horizontal conveyor* diakomodasi oleh *drive system*. Putaran ini dihasilkan oleh Motor listrik 3 fasa yang terdiri dari *stator*, *rotor* dan *drive bearing*. Kecepatan putar akan disesuaikan secara pasif oleh *gearbox* kemudian akan disalurkan menuju *screw horizontal* menggunakan bantuan *coupling*, penyambungan dua komponen ini dibantu dengan *universal joint shaft* dikarenakan memiliki 2 poros putar yang berbeda. Proses transportasi material curah diakomodasi oleh *screw system*. Material akan didorong oleh *screw horizontal* secara horizontal menuju arah dermaga. Komponen *screw horizontal* dijaga oleh *end bearing* dan *intermediate bearing* agar tetap stabil pada saat beroperasi.

#### **4.2.2.2 Function Block Diagram Horizontal Conveyor Continous Ship**

##### **Unloader 02**

Fungsi komponen-komponen tersebut selanjutnya akan diteliti dan dianalisis untuk mengetahui setiap peranan dalam sebuah sistem kerja. *Function Block Diagram Horizontal Conveyor CSU 02* dapat dilihat pada **Gambar 4.12** pada halaman selanjutnya.

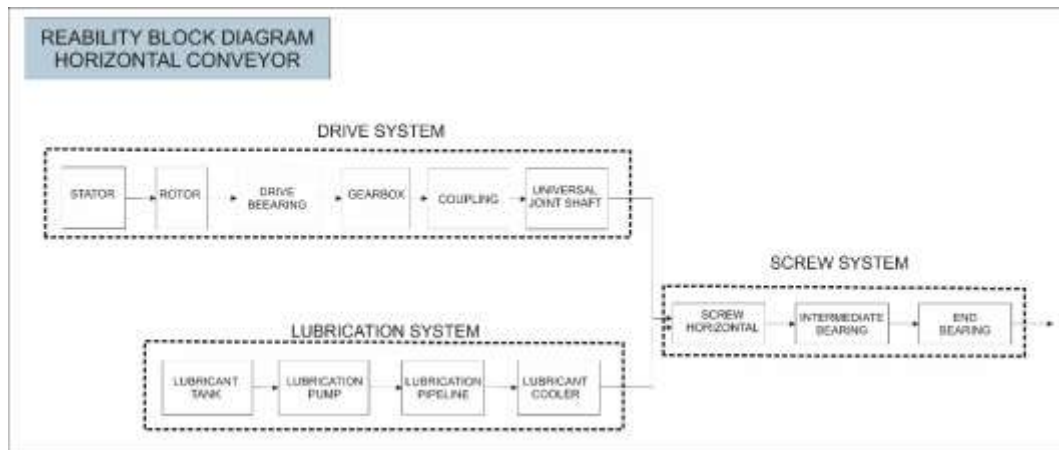


**Gambar 4. 13 Function Block Diagram Horizontal Conveyor Continuous Ship Unloader 02**

Proses transportasi material di akomodasi oleh *screw horizontal* yang berputar dan mendorong material secara Horizontal. Material masuk melalui salah satu ujung *screw* dan akan keluar pada ujung lain *screw*. Beban radial *screw* dijaga oleh komponen *intermediate bearing*, sedangkan beban aksial *screw* dijaga oleh *end bearing*. Perputaran *screw conveyor* diakomodasi oleh *drive system*. Tenaga putar dihasilkan oleh motor listrik 3 fasa. Motor listrik tersebut tersusun dari Stator yang berfungsi sebagai penghasil induksi magnet, rotor yang berfungsi menerima induksi magnet dan berputar menghasilkan tenaga putar, *drive bearing* yang menahan beban aksial dan radial yang dihasilkan oleh perputaran. Mekanisme pengaturan kecepatan dilakukan secara pasif melalui komponen *gearbox*, kemudian disalurkan menuju *screw conveyor* dengan bantuan komponen *coupling* untuk menghubungkan kedua poros putar. Proses pelumasan pada *bearing Screw System* berjenis sistem pelumasan tertutup dan hanya melumasi kedua komponen bearing pada *Screw System*. Lubrication system terdiri dari, Lubrication Pipeline, Oil Pump, Lubrication Reservoir, oil cooler.

#### 4.2.1.3 Reliability Block Diagram Horizontal conveyor Continuous Ship Unloader 02

Penelitian dilanjutkan dengan menentukan dampak kegagalan sebuah komponen dalam sistem kerja terhadap proses operasi dan komponen-komponen lain. Berikut *Reliability Block Diagram* dapat dilihat pada **Gambar 4.13**.



**Gambar 4. 14 Reliability Block Diagram Horizontal Conveyor Continuous Ship Unloader 02** Seluruh komponen pada ketiga sistem kerja baik *drive system*, *lubrication system*, dan *screw system* bekerja secara seri. Hal ini berarti apabila terdapat salah satu komponen pada sistem yang gagal maka keseluruhan sistem dapat dinyatakan gagal.

#### 4.2.2.4 Failure Mode & Effect Analysis (FMEA) Horizontal Conveyor

##### Continuous Ship Unloader 02

Setelah mengetahui daftar komponen, sistem kerja dan fungsi setiap komponen penelitian dilanjutkan menuju analisis *Failure Mode & Effect Analysis* (FMEA). Pada tahapan ini seluruh komponen akan dianalisis seluruh potensial *failure mode* dan potensial *failure effect* yang berpotensi untuk terjadi. Berikut merupakan rangkuman hasil analisis FMEA Horizontal Conveyor CSU 02 dapat dilihat pada **tabel 4.10** pada halaman selanjutnya. Untuk hasil keseluruhan analisis FMEA secara lengkap dapat dilihat pada **lampiran II**.

**Tabel 4. 10 Hasil Failure Mode & Effect Analysis (FMEA) Horizontal Conveyor Continuous Ship Unloader 02**

Major System		Components		FUNCTION	POTENTIAL FAILURE MODE	POTENTIAL FAILURE EFFECT
1	Drive System	A	Stator	membangkitkan medan magnet untuk memutar rotor	induksi magnet yang dihasilkan lemah	putaran motor tidak sesuai harapan, motor rusak
					gagal menghasilkan induksi magnet	putaran motor terhenti, motor rusak
		B	Rotor	mengubah energi magnet menjadi energi mekanik	putaran rotor rendah	putaran motor tidak sesuai harapan, motor rusak
					rotor macet	rotor berhenti berputar, motor rusak
					rotor mengalami getaran tinggi ketika berputar	rotor mengalami aus, motor rusak
					rotor mengalami kenaikan suhu tidak wajar	motor listrik terbakar
		C	Drive Bearing	menahan beban aksial shaft pada motor	suhu bearing tinggi	motor mengalami overheat
					terjadi keretakan pada bearing	motor listrik berhenti berputar, motor rusak
		D	Gearbox	mengubah kecepatan rotasi dari Motor Listrik ke universal Joint Shaft secara pasif	putaran gear tidak sesuai harapan	pengaturan kecepatan transport material terganggu
					gear pada gearbox tidak berputar	putaran motor terhenti
		E	Universal Joint Shaft	Penghubung antara 2 poros dengan sumbu yang berbeda	terjadi getaran tinggi pada joint	transport material terhenti
					joint lepas	transport material terhenti
		F	Coupling	Menghubungkan dua poros putaran	kopling tidak dapat menghubungkan dua poros	transport material terhenti
		2	Lubrication System	A	Lubrication Pipeline	sebagai lintasan saluran pelumas
B	Oil Pump			Memompa oli menuju komponen komponen yang bergesekan	Kecepatan putaran pompa menurun	komponen aus, kerusakan komponen
					penyumbatan aliran pelumas	komponen aus, kerusakan komponen

(lanjutan Tabel 4.10)

Major System		Components		FUNCTION	POTENTIAL FAILURE MODE	POTENTIAL FAILURE EFFECT
2	Lubrication System	C	Lubrication Reservoir	Menampung cairan pelumas	tidak dapat menampung cairan pelumas	kebocoran, kegagalan pelumasan
		D	Oil Cooler	mendinginkan pelumas	terjadi penyumbatan pada saluran oil cooler	pendinginan tidak maksimal
					oil cooler mengalami kebocoran	pendinginan tidak maksimal
3	Screw System	A	Scew Horizontal	mendorong material menuju ke atas	screw horizontal mengalami getaran tinggi	transport material tidak maksimal
					putaran screw horizontal menurun	transport material tidak maksimal
					putaran screw horizontal berhenti	transport material terhenti
		B	Intermediate Bearing	menopang dan menjaga agar screw tidak mengalami getaran tinggi dan defleksi	bearing lepas	transport material tidak maksimal
		C	End Bearing	menahan screw secara axial	bearing lepas	screw lepas, transport material terganggu

Horizontal Conveyor CSU 02 memiliki 24 potensial *failure mode* dan potensial *failure effect*. Mayoritas Komponen pada *drive system* memiliki kemungkinan kegagalan berupa tidak dapat menjaga dan menyalurkan tenaga putar dengan maksimal. Mayoritas komponen pada *lubrication system* memiliki kemungkinan kegagalan berupa tidak dapat melumasi *bearing* dengan maksimal. Sedangkan untuk komponen *screw system* memiliki kemungkinan kegagalan berupa tidak dapat menyalurkan material secara maksimal.

#### 4.2.3 Analisis Kualitatif Gantry Conveyor 1 Continuous Ship Unloader 02

##### 4.2.3.1 Komponen Gantry conveyor 1 Continuous Ship Unloader 02

Daftar Komponen diperoleh dari dokumen Aset Register. Penyusunan Aset register dilakukan dengan menggunakan acuan Dokumen Perusahaan dan

kemudian di cocokkan dengan Katalog yang di keluarkan oleh pihak manufaktur. Dua data tersebut nantinya akan di cocokkan dengan *Offshore Reliability Data 2002 Handbook (OREDA 2002)* untuk mengetahui daftar komponen yang dapat dirawat (maintainable component). Berikut Merupakan komponen yang terdapat pada Gantry Conveyor CSU 02 dapat dilihat pada **Tabel 4.11**. Untuk Aset Register Gantry Conveyor CSU 02 dapat dilihat pada **Lampiran I**.

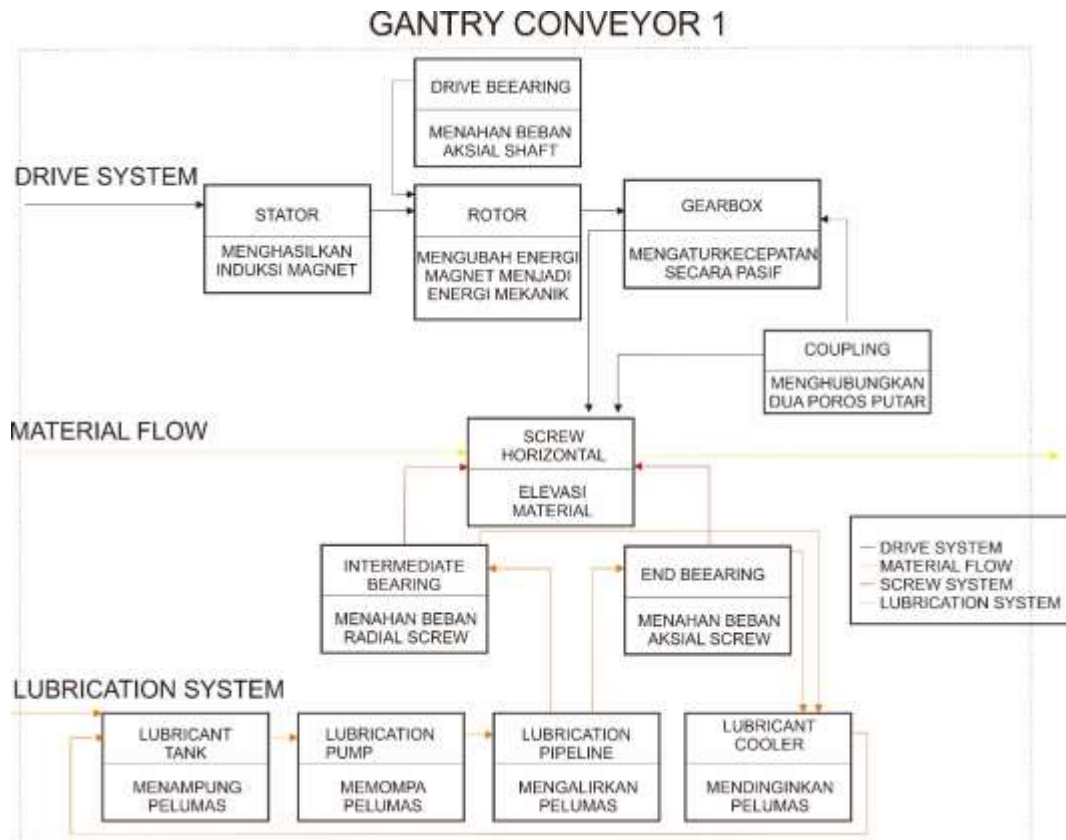
**Tabel 4. 11 Sistem Kerja dan Komponen Gantry Conveyor 1 CSU 02**

GANTRY CONVEYOR 1 CSU 02 SYSTEMS AND COMPONENTS			
PLATFORM	EQUIPMENT	SYSTEM	COMPONENET
Continous Ship Unloader 02	Gantry Conveyor 1	Drive System	Stator A
			Rotor A
			Drive Bearing A
			Gearbox A
			Stator B
			Rotor B
			Drive Bearing B
			Gearbox B
		Lubrication System	Coupling
			Lubrication Pipeline
			Oil Pump
			Lubrication Reservoir
		Screw System	oil cooler
			Screw Gantry 1
			IntermediateBearing
			End Bearing

Perputaran *gantry conveyor* diakomodasi oleh *drive system*. Putaran ini dihasilkan oleh Motor listrik 3 fasa yang terdiri dari *stator*, *rotor* dan *drive bearing*. Kecepatan putar akan disesuaikan secara pasif oleh *gearbox* kemudian akan disalurkan menuju *screw gantry 1* menggunakan bantuan *coupling*.. Proses transportasi material curah diakomodasi oleh *screw system*. Material akan didorong oleh *screw gantry 1* menuju ke atas. Komponen *screw Gantry 1* dijaga oleh *end bearing* dan *intermediate bearing* agar tetap stabil pada saat beroperasi.

#### **4.2.3.2 Function Block Diagram Gantry Conveyor1 Continous Ship Unloader 02**

Fungsi komponen-komponen tersebut selanjutnya akan diteliti dan dianalisis untuk mengetahui setiap peranan dalam sebuah sistem kerja. *Function Block Diagram* Gantry Conveyor 1 CSU 02 dapat dilihat pada **Gambar 4.14**.



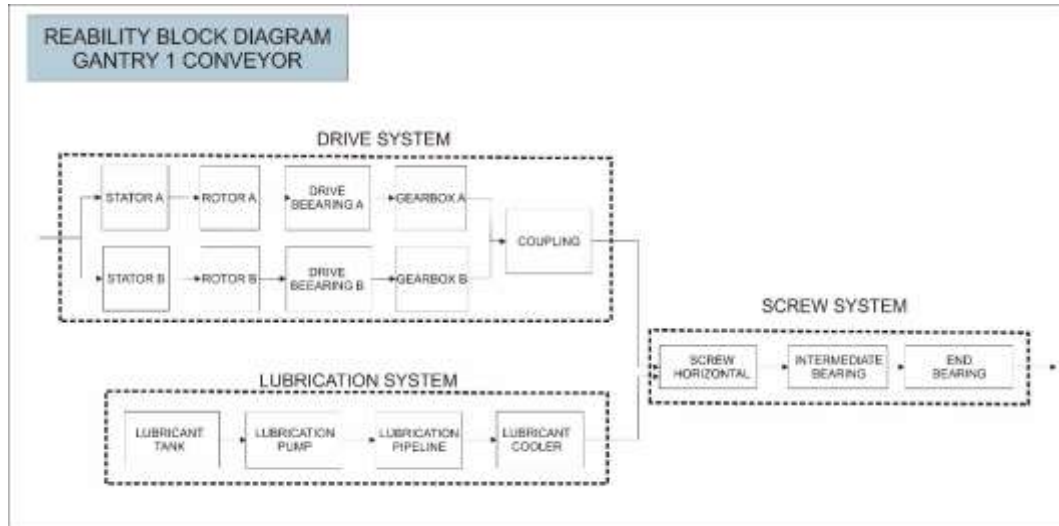
**Gambar 4. 15 Function Block Diagram Gantry Conveyor 1 Continuous Ship Unloader 02**

Proses transportasi material di akomodasi oleh *screw Gantry 1* yang berputar dan mendorong material menuju *belt conveyor* yang terdapat pada dermaga. Material masuk melalui salah satu ujung *screw* dan akan keluar pada ujung lain *screw*. Beban radial *screw* dijaga oleh komponen *intermediate bearing*, sedangkan beban aksial *screw* dijaga oleh *end bearing*. Perputaran *screw conveyor* diakomodasi oleh *drive system*. Tenaga putar dihasilkan oleh motor listrik 3 fasa. Motor listrik tersebut tersusun dari Stator yang berfungsi sebagai penghasil induksi magnet, rotor yang berfungsi menerima induksi magnet dan berputar menghasilkan tenaga putar, *drive bearing* yang menahan beban aksial dan radial yang dihasilkan oleh perputaran. Mekanisme pengaturan kecepatan dilakukan secara pasif melalui komponen *gearbox*, kemudian disalurkan menuju *screw conveyor* dengan bantuan komponen *coupling* untuk menghubungkan kedua poros putar. Selain itu terdapat dua motor listrik yang bersifat redudansi. Proses pelumasan pada *bearing Screw System* berjenis sistem pelumasan tertutup dan hanya melumasi kedua komponen bearing pada *Screw System*. *Lubrication system* terdiri dari *Lubrication Pipeline*, *Oil Pump*, *Lubrication Reservoir*, *oil cooler*.



#### 4.2.1.3 Reliability Block Diagram Gantry Conveyor 1 Continuous Ship Unloader 02

Penelitian dilanjutkan dengan menentukan dampak kegagalan sebuah komponen dalam sistem kerja terhadap proses operasi dan komponen-komponen lain. Berikut *Reliability Block Diagram* dapat dilihat pada **Gambar 4.15**.



**Gambar 4. 16 Reliability Block Diagram Gantry Conveyor 1 Continuous Ship Unloader 02**  
Pada Gantry Conveyor 1 CSU 02, terdapat dua motor listrik yang bersifat redundansi, hal ini menambah keandalan *drive system* menjadi lebih tinggi. Dengan adanya dua motor listrik yang terhubung secara paralel maka apabila ada kegagalan komponen stator, rotor, *drive bearing* pada salah satu motor listrik maka sistem masih bisa berjalan tanpa hambatan. Untuk kedua sistem lain seluruh komponen bekerja secara seri, hal ini berarti apabila terdapat salah satu komponen pada sistem yang gagal maka keseluruhan sistem dapat dinyatakan gagal.

#### 4.2.3.4 Failure Mode & Effect Analysis (FMEA) Gantry Conveyor 1 Continuous Ship Unloader 02

Setelah mengetahui daftar komponen, sistem kerja dan fungsi setiap komponen penelitian dilanjutkan menuju analisis *Failure Mode & Effect Anaysis* (FMEA). Pada tahapan ini seluruh komponen akan dianalisis seluruh potensial *failure mode* dan potensial *failure effect* yang berpotensi untuk terjadi. Berikut merupakan rangkuman hasil analisis FMEA Gantry Conveyor 1 CSU 02 dapat dilihat pada **tabel 4.12**. Untuk hasil keseluruhan analisis FMEA secara lengkap dapat dilihat pada **lampiran II**

**Tabel 4. 12 Hasil *Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)* Gantry Conveyor 1 Continuous Ship Unloader 02**

MAJOR SYSTEM	COMPONENTS	FUNCTION	POTENTIAL FAILURE MODE	POTENTIAL FAILURE EFFECT
1 Drive System	A Stator A	membangkitkan medan magnet untuk memutar rotor	induksi magnet yang dihasilkan lemah	kumparan induksi bengkok
			gagal menghasilkan induksi magnet	kumparan induktor putus
	B Rotor A	mengubah energi magnet menjadi energi mekanik	putaran rotor rendah	penurunan putaran rotor
			rotor macet	rotor berhenti berputar
			rotor mengalami getaran tinggi ketika berputar	rotor mengalami aus
			rotor mengalami kenaikan suhu tidak wajar	motor listrik terbakar
	C Drive Bearing A	menahan beban aksial shaft pada motor	suhu bearing tinggi	motor mengalami overheat
			terjadi keretakan pada bearing	rotor terlepas dari poros
	D Gearbox B	mengubah kecepatan rotasi dari Motor Listrik ke screw secara pasif	putaran gear tidak sesuai harapan	gearbox mengalami aus
	E Stator B	membangkitkan medan magnet untuk memutar rotor	induksi magnet yang dihasilkan lemah	putaran motor tidak sesuai harapan, motor rusak
			gagal menghasilkan induksi magnet	putaran motor terhenti, motor rusak
	F Rotor B	mengubah energi magnet menjadi energi mekanik	putaran rotor rendah	putaran motor tidak sesuai harapan, motor rusak
			rotor macet	rotor berhenti berputar, motor rusak
			rotor mengalami getaran tinggi ketika berputar	rotor mengalami aus, motor rusak
rotor mengalami kenaikan suhu tidak wajar			motor listrik terbakar	
G Drive Bearing B	menahan beban aksial shaft pada motor	suhu bearing tinggi	motor mengalami overheat	
		terjadi keretakan pada bearing	motor listrik berhenti berputar, motor rusak	

(lanjutan Tabel 4.12)

MAJOR SYSTEM		COMPONENTS	FUNCTION	POTENTIAL FAILURE MODE	POTENTIAL FAILURE EFFECT	
1	Drive System	H	Gearbox B	mengubah kecepatan rotasi dari Motor Listrik ke screw secara pasif	putaran gear tidak sesuai harapan	pengaturan kecepatan transport material terganggu
				gear pada gearbox tidak berputar	putaran motor terhenti	
		I	Coupling	Menghubungkan dua poros putaran	kopling tidak dapat menghubungkan dua poros	transport material terhenti
2	Lubrication System	A	Lubrication Pipeline	sebagai lintasan saluran pelumas	terjadi kebocoran pelumas pada pipeline	kebocoran pelumas, komponen aus
		B	Oil Pump	Memompa oli menuju komponen komponen yang bergesekan	Kecepatan putaran pompa menurun	komponen aus, kerusakan komponen
				penyumbatan aliran pelumas	komponen aus, kerusakan komponen	
		C	Lubrication Reservoir	Menampung cairan pelumas	tidak dapat menampung cairan pelumas	kebocoran, kegagalan pelumasan
		D	Oil Cooler	mendinginkan pelumas	terjadi penyumbatan pada saluran oil cooler	pendinginan tidak maksimal
oil cooler mengalami kebocoran	pendinginan tidak maksimal					
3	Screw System	A	Screw Gantry 1	mendorong material menuju ke atas	screw Gantry 1 mengalami getaran tinggi	transport material tidak maksimal
					putaran screw gantry 1 menurun	transport material tidak maksimal
					putaran screw Gantry 1 berhenti	transport material terhenti
		B	Intermediate Bearing	menopang dan menjaga agar screw tidak mengalami getaran tinggi dan defleksi	bearing lepas	transport material tidak maksimal
C	End Bearing	menahan screw secara axial	bearing lepas	screw anjlok, transport material terganggu		

Gantry Conveyor CSU 02 memiliki 32 potensial *failure mode* dan potensial *failure effect*. Mayoritas Komponen pada *drive system* memiliki kemungkinan kegagalan berupa tidak dapat menjaga dan menyalurkan tenaga putar dengan maksimal. Mayoritas komponen pada *lubrication system* memiliki kemungkinan kegagalan berupa tidak dapat melumasi *bearing* dengan maksimal. Sedangkan untuk komponen *screw system* memiliki kemungkinan kegagalan berupa tidak dapat menyalurkan material secara maksimal.

#### 4.2.4 Analisis Kualitatif Gantry Conveyor 2 Continuous Ship Unloader 02

##### 4.2.4.1 Komponen Gantry Conveyor 2 Continuous Ship Unloader 02

Daftar Komponen diperoleh dari dokumen Aset Register. Penyusunan Aset register dilakukan dengan menggunakan acuan Dokumen Perusahaan dan kemudian di cocokkan dengan Katalog yang di keluarkan oleh pihak manufaktur. Dua data tersebut nantinya akan di cocokkan dengan *Offshore Reliability Data 2002 Handbook (OREDA 2002)* untuk mengetahui daftar komponen yang dapat dirawat (*maintainable component*). Berikut Merupakan komponen yang terdapat pada Gantry Conveyor CSU 02 dapat dilihat pada **Tabel 4.13** Untuk Aset Register Gantry Conveyor CSU 02 dapat dilihat pada **Lampiran I**.

**Tabel 4. 13 Sistem Kerja dan Komponen Gantry Conveyor 2 Continuous Ship Unloader 02**

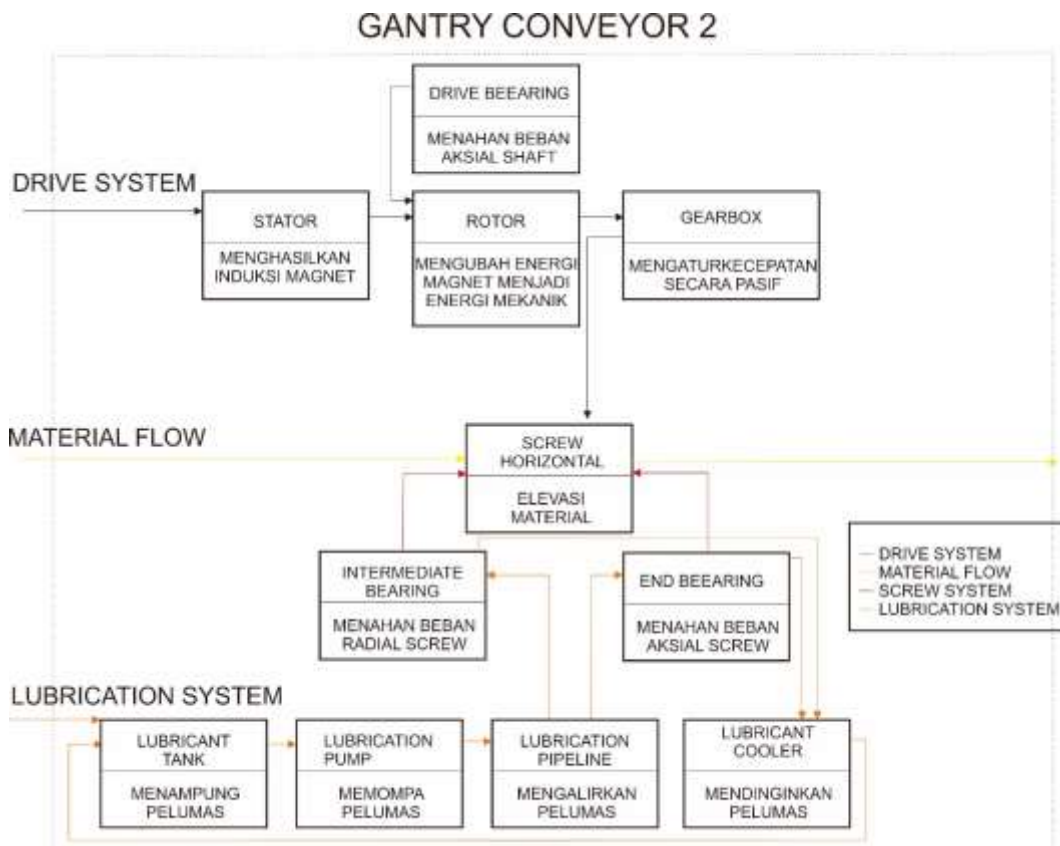
GANTRY CONVEYOR 2 CSU 02 SYSTEMS AND COMPONENTS			
PLATFORM	EQUIPMENT	SYSTEM	COMPONENET
Continuous Ship Unloader 02	Gantry Conveyor 2	Drive System	Stator
			Rotor
			Drive Bearing
			Gearbox
		Lubrication System	Lubrication Pipeline
			Oil Pump
			Lubrication Reservoir oil cooler
		Screw System	Screw Gantry 2
			Intermediate Bearing
			End Bearing

Perputaran *gantry conveyor* diakomodasi oleh *drive system*. Putaran ini dihasilkan oleh Motor listrik 3 fasa yang terdiri dari *stator*, *rotor* dan *drive bearing*. Kecepatan putar akan disesuaikan secara pasif oleh *gearbox* kemudian akan disalurkan menuju *screw Gantry 2* secara langsung, hal ini dikarenakan ukuran *screw* yang pendek jadi tidak memerlukan bantuan *coupling*. Proses transportasi material curah diakomodasi oleh *screw system*. Material akan didorong oleh *screw*

*Gantry 2* menuju menuju *conveyor belt* yang terdapat pada dermaga. Komponen *screw Gantry 2* dijaga oleh *end bearing* dan *intermediate bearing* agar tetap stabil pada saat beroperasi.

#### 4.2.4.2 Function Block Diagram Gantry Conveyor1 Continuous Ship Unloader 02

Fungsi komponen-komponen tersebut selanjutnya akan diteliti dan dianalisis untuk mengetahui setiap peranan dalam sebuah sistem kerja. *Function Block Diagram* Gantry Conveyor 2 CSU 02 dapat dilihat pada **Gambar 4.16**.



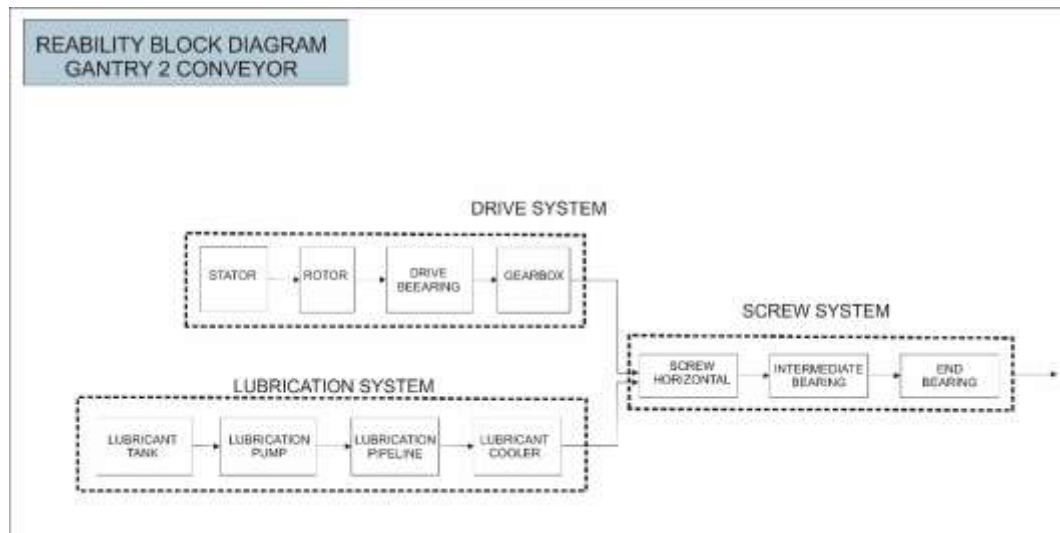
**Gambar 4. 17 Function Block Diagram Gantry Conveyor 2 Continuous Ship Unloader 02**

Proses transportasi material di akomodasi oleh *screw Gantry 2* yang berputar dan mendorong material menuju *belt conveyor* yang terdapat pada dermaga . Material masuk melalui salah satu ujung *screw* dan akan keluar pada ujung lain *screw*. Beban radial *screw* dijaga oleh komponen *intermediate bearing*, sedangkan beban aksial *screw* dijaga oleh *end bearing*. Perputaran *screw conveyor* diakomodasi oleh *drive system*. Tenaga putar dihasilkan oleh motor listrik 3 fasa. Motor listrik tersebut tersusun dari Stator yang berfungsi sebagai penghasil induksi magnet, rotor yang berfungsi menerima induksi magnet dan berputar menghasilkan tenaga putar, *drive*

*bearing* yang menahan beban aksial dan radial yang dihasilkan oleh perputaran. Mekanisme pengaturan kecepatan dilakukan secara pasif melalui komponen *gearbox*, kemudian disalurkan menuju *screw conveyor secara langsung*. Selain itu terdapat dua motor listrik yang bersifat redundansi. Proses pelumasan pada *bearing Screw System* berjenis sistem pelumasan tertutup dan hanya melumasi kedua komponen bearing pada *Screw System*. Lubrication system terdiri dari, Lubrication Pipeline, Oil Pump, Lubrication Reservoir, oil cooler.

#### 4.2.4.3 Reliability Block Diagram Gantry Conveyor 2 Continuous Ship Unloader 02

Penelitian dilanjutkan dengan menentukan dampak kegagalan sebuah komponen dalam sistem kerja terhadap proses operasi dan komponen-komponen lain. Berikut *Reliability Block Diagram* dapat dilihat pada **Gambar 4.17**.



**Gambar 4. 18 Reliability Block Diagram Gantry Conveyor 2 Continuous Ship Unloader 02**  
Seluruh komponen pada ketiga sistem kerja baik *drive system*, lubrication system, dan *screw system* bekerja secara seri. Hal ini berarti apabila terdapat salah satu komponen pada sistem yang gagal maka keseluruhan sistem dapat dinyatakan gagal.

#### 4.2.4.4 Failure Mode & Effect Analysis (FMEA) Gantry Conveyor 2 Continuous Ship Unloader 02

Setelah mengetahui daftar komponen, sistem kerja dan fungsi setiap komponen penelitian dilanjutkan menuju analisis *Failure Mode & Effect Anaysis (FMEA)*. Pada tahapan ini seluruh komponen akan dianalisis seluruh potensial

*failure mode* dan potensial *failure effect* yang berpotensi untuk terjadi. Berikut merupakan rangkuman hasil analisis FMEA Gantry Conveyor 2 CSU 02 dapat dilihat pada **tabel 4.14**. Untuk hasil keseluruhan analisis FMEA secara lengkap dapat dilihat pada **lampiran II**.

**Tabel 4. 14 Hasil Failure Mode & Effect Analysis (FMEA) Gantry Conveyor 2 Continuous Ship Unloader 02**

MAJOR SYSTEM	COMPONENTS	FUNCTION	POTENTIAL FAILURE MODE	POTENTIAL FAILURE EFFECT		
1	Drive System	A	Stator	membangkitkan medan magnet untuk memutar rotor	induksi magnet yang dihasilkan lemah	putaran motor tidak sesuai harapan, motor rusak
				gagal menghasilkan induksi magnet	putaran motor terhenti, motor rusak	
		B	Rotor	mengubah energi magnet menjadi energi mekanik	putaran rotor rendah	putaran motor tidak sesuai harapan, motor rusak
					rotor macet	rotor berhenti berputar, motor rusak
					rotor mengalami getaran tinggi ketika berputar	rotor mengalami aus, motor rusak
					rotor mengalami kenaikan suhu tidak wajar	motor listrik terbakar
		C	Drive Bearing	menahan beban aksial shaft pada motor	suhu bearing tinggi	motor mengalami overheat
					terjadi keretakan pada bearing	motor listrik berhenti berputar, motor rusak
		D	Gearbox	mengubah kecepatan rotasi dari Motor Listrik ke universal Joint Shaft secara pasif	putaran gear tidak sesuai harapan	pengaturan kecepatan transport material terganggu
					gear pada gearbox tidak berputar	putaran motor terhenti
2	Lubrication System	A	Lubrication Pipeline	sebagai lintasan saluran pelumas	terjadi kebocoran pelumas pada pipeline	kebocoran pelumas, komponen aus

(lanjutan Tabel 4.14)

MAJOR SYSTEM		COMPONENTS		FUNCTION	POTENTIAL FAILURE MODE	POTENTIAL FAILURE EFFECT
2	Lubrication System	B	Oil Pump	Memompa oli menuju komponen komponen yang bergesekan	Kecepatan putaran pompa menurun	komponen aus, kerusakan komponen
					penyumbatan aliran pelumas	komponen aus, kerusakan komponen
		C	Lubrication Reservoir	Menampung cairan pelumas	tidak dapat menampung cairan pelumas	kebocoran, kegagalan pelumasan
		D	Oil Cooler	mendinginkan pelumas	terjadi penyumbatan pada saluran oil cooler	pendinginan tidak maksimal
oil cooler mengalami kebocoran	pendinginan tidak maksimal					
3	Screw System	A	Scew Gantry 2	mendorong material menuju ke atas	screw gantry 2 mengalami getaran tinggi	transport material tidak maksimal
					putaran screw gantry 2 menurun	transport material tidak maksimal
					putaran screw gantry 2 berhenti	transport material terhenti
		B	Intermediate Bearing	menopang dan menjaga agar screw tidak mengalami getaran tinggi dan defleksi	bearing lepas	transport material tidak maksimal
C	End Bearing	menahan screw secara axial	bearing lepas	screw anjlok, transport material terganggu		

Berdasarkan hasil analisis tersebut Gantry Conveyor 2 CSU 02 memiliki 21 potensial *failure mode* dan potensial *failure effect*. Mayoritas Komponen pada *drive system* memiliki kemungkinan kegagalan berupa tidak dapat menjaga dan menyalurkan tenaga putar dengan maksimal. Mayoritas komponen pada *lubrication system* memiliki kemungkinan kegagalan berupa tidak dapat melumasi *bearing* dengan maksimal. Sedangkan untuk komponen *screw system* memiliki kemungkinan kegagalan berupa tidak dapat menyalurkan material secara maksimal.



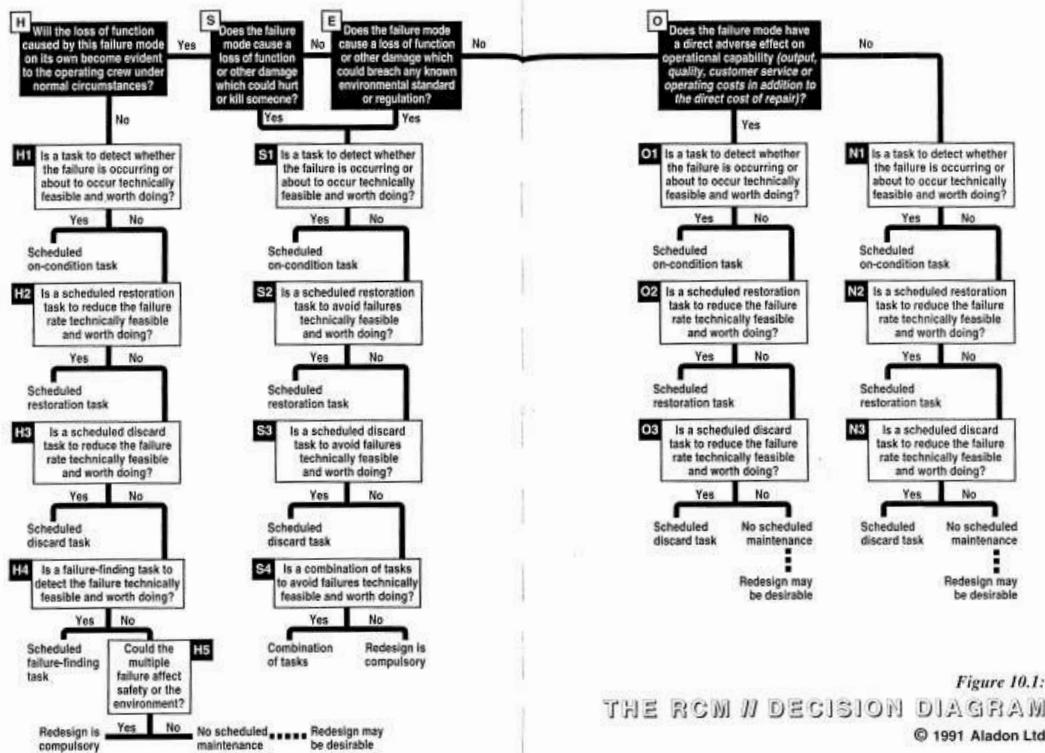
### **4.3 Penyusunan RCM II Decision Worksheet Screw Conveyor Continuous Ship Unloader 02**

#### **4.3.1 Penyusunan RCM II Decision Worksheet Vertical conveyor Continuous Ship Unloader 02**

Setelah mengetahui potensial *failure mode* dan *failure effect*, penelitian dilanjutkan dengan menyusun *decision workheet* yang berisi tindakan perawatan untuk menyikapi *potensial failure mode* dan *failure effect* yang ada. Penyusunan diawali dengan menganalisis tipe kegagalan yang terjadi, Menurut Moubray (2000) kegagalan dibagi menjadi dua yaitu *hidden failure* dan *evident failure*. *Hidden failure* adalah sebuah kondisi dimana ketika sebuah kegagalan terjadi, tidak terdapat tanda-tanda yang dapat diketahui oleh operator Sedangkan *evident failure* adalah kondisi dimana ketika sebuah kegagalan terjadi terdapat tanda-tanda yang dapat diketahui oleh operator. Dari hasil analisis berdasarkan 16 potensial failure mode dan failure effect yang ada pada Vertical Conveyor 2 CSU 02, tidak terdapat hidden Failure dan terdapat 16 evident failure

Tahapan kedua penyusunan *decision worksheet* adalah analisis konsekuensi kegagalan. Menurut Moubray (2000) konsekuensi kegagalan dibagi menjadi 3 aspek yaitu *safety*, *environment*, dan *operation*. Aspek *safety* adalah keterkaitan kegagalan terhadap keselamatan pekerja. Aspek *environment* adalah keterkaitan kegagalan terhadap lingkungan. Aspek *operation* adalah keterkaitan terhadap proses operasional. Pada Vertical Conveyor CSU 02 kegagalan tidak memberikan dampak pada aspek *safety* dan *environmental*, namun kegagalan cenderung memberikan dampak pada aspek *operation*, kegagalan akan mempengaruhi proses Transportasi material dan pada akhirnya akan berdampak kepada proses produksi perusahaan.

Setelah tipe dan dampak kegagalan diketahui, penelitian dilanjutkan dengan memilih tindakan perawatan untuk menyikapi kegagalan tersebut. Metode analisis yang digunakan adalah metode *Logic Tree Analysis (LTA)*. Acuan yang digunakan dalam melakukan LTA adalah *RCM II Decission Worksheet*, Moubray (2000). *RCM II Decission Diagram* dapat dilihat pada **Gambar 4.18** pada halaman selanjutnya.



Gambar 4. 19 RCM II Decison Worksheet

Berdasarkan hasil analisis tersebut, dipilih tindakan perawatan *Scheduled On Condition Task* untuk menyikapi 15 Potensial *Failure Mode*. Dan *Scheduled Discard task* untuk menyikapi 1 Potensial *Failure Mode*. Tindakan *Scheduled On Condition Task* dipilih karena ketika kegagalan terjadi terdapat tanda-tanda kegagalan yang dapat diketahui oleh operator, seperti adanya getaran tinggi pada conveyor, putaran screw yang tidak stabil, dan debit aliran material yang menurun. Sedangkan untuk komponen *coupling* dipilih *Sheduled Discard Task* dikarenakan komponen *coupling* oleh pihak manufaktur CSU tidak disarankan untuk diperbaiki, lebih baik diganti baru dalam waktu berkala. Berikut merupakan hasil analisis berupa RCM II decission Worksheet Diagram yang telah disusun menggunakan RCM II Decision Diagram dapat dilihat pada **Tabel 4.15** pada halaman selanjutnya.

**Tabel 4. 15 RCM II Decision Worksheet Vertical Conveyor Continuous Ship Unloader 02**

SYSTEM	COMPONENT	INFORMATION REFERENCE			CONSEQUENCE EVALUATION				H1	H2	H3	H3	DEFAULT ACTON		PROPOSED TASK
		F	FF	FM	H	S	E	0	O1	O2	N3	H4	H5	S4	
									N1	N2	N3				
DRIVE SYSTEM	Stator	1	A	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Scheduled On Condition Task
		1	A	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Scheduled On Condition Task
	Rotor	1	B	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Scheduled On Condition Task
		1	B	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Scheduled On Condition Task
		1	B	3	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Scheduled On Condition Task
	Drive Bearing	1	B	4	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Scheduled On Condition Task
		1	C	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Scheduled On Condition Task
	Gearbox	1	C	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Scheduled On Condition Task
		1	D	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Scheduled On Condition Task
	Coupling	1	D	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Scheduled On Condition Task
1		E	1	N	N	N	Y	N	N	Y	N	N	N	Scheduled Discard Task	
SCREW SYSTEM	Screw Vertical	3	A	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Scheduled On Condition Task
		3	A	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Scheduled On Condition Task
		3	A	3	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Scheduled On Condition Task
	Intermediate Bearing	3	B	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Scheduled On Condition Task
	End Bearing	3	C	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Scheduled On Condition Task

Keterangan : F = Function, FF= Function Failure, FM = Failure Mode,

H = Hidden/Evident, S = Safety, E = Environmental, O = Operation

#### 4.3.2 Penyusunan RCM II Decision Worksheet Horizontal Conveyor Continuous Ship Unloader 02

Setelah mengetahui potensial *failure mode* dan *failure effect* pada *horizontal conveyer*, penelitian dilanjutkan dengan menyusun *decision workheet* yang berisi tindakan perawatan untuk menyikapi *potensial failure mode* dan *failure effect* yang ada. Penyusunan diawali dengan menganalisis tipe kegagalan yang terjadi, Menurut Moubray (2000) kegagalan dibagi menjadi dua yaitu *hidden failure* dan *evident failure*. *Hidden failure* adalah sebuah kondisi dimana ketika sebuah kegagalan terjadi, tidak terdapat tanda-tanda yang dapat diketahui oleh operator Sedangkan *evident failure* adalah kondisi dimana ketika sebuah kegagalan terjadi terdapat tanda-tanda yang dapat diketahui oleh operator. Dari hasil analisis berdasarkan 24 *potensial failure mode* dan *failure effect* yang ada pada Horizontal Conveyor CSU 02, terdapat 6 *hidden Failure* dan 18 *evident failure*. *Hidden failure* terjadi pada komponen yang terdapat pada *lubrication system* namun dapat dilakukan

pengecekan kondisi komponen secara berkala untuk mengetahui tanda-tanda kegagalan.

Tahapan kedua penyusunan *decision worksheet* adalah analisis konsekuensi kegagalan. Menurut Moubray (2000) konsekuensi kegagalan dibagi menjadi 3 aspek yaitu *safety*, *environment*, dan *operation*. Aspek *safety* adalah keterkaitan kegagalan terhadap keselamatan pekerja. Aspek *environment* adalah keterkaitan kegagalan terhadap lingkungan. Aspek *operation* adalah keterkaitan terhadap proses operasional. Pada Horizontal Conveyor CSU 02 kegagalan tidak memberikan dampak pada aspek *safety* dan *environmental*, namun kegagalan cenderung memberikan dampak pada aspek *operation*, kegagalan akan mempengaruhi proses transportasi material dan pada akhirnya akan berdampak kepada proses produksi perusahaan.

Setelah tipe dan dampak kegagalan diketahui, penelitian dilanjutkan dengan memilih tindakan perawatan untuk menyikapi kegagalan tersebut. Metode analisis yang digunakan adalah metode *Logic Tree Analysis (LTA)*. Acuan yang digunakan dalam melakukan LTA adalah *RCM II Decission Worksheet*, Moubray (2000). *RCM II Decission Diagram* dapat dilihat pada **Gambar 4.18**. berdasarkan analisis tersebut dipilih tindakan Perawatan *Scheduled On Condition Task* untuk menyikapi 21 Potensial *Failure Mode*. Dan *Scheduled Discard Task* untuk menyikapi 3 Potensial *failure mode*. Tindakan *Scheduled On Condition Task* dipilih karena ketika kegagalan terjadi terdapat tanda-tanda kegagalan yang dapat diketahui oleh operator, seperti adanya getaran tinggi pada *screw*, putaran *screw* yang tidak stabil, dan debit aliran material yang menurun. Selain itu, untuk komponen pada *lubrication system* dapat dilakukan kegiatan rutin untuk mengetahui apakah sedang terjadi kegagalan atau tidak seperti mengecek kebocoran pelumas dan melihat kondisi *lubrication reservoir*. Sedangkan untuk komponen *universal joint shaft* dan *coupling* dipilih *Sheduled Discard Task* dikarenakan oleh pihak manufaktur CSU komponen tersebut tidak disarankan untuk diperbaiki, lebih baik diganti baru dalam kurun waktu berkala. Berikut merupakan hasil analisis berupa RCM II decision Worksheet Diagram yang telah disusun menggunakan RCM II Decision Diagram dapat dilihat pada **Tabel 4.16** pada halaman selanjutnya.

**Tabel 4. 16 RCM II Decision Worksheet Horizontal Conveyor Continuous Ship Unloader 02**

SYSTEM	COMPONENT	INFORMATION REFERENCE			CONSEQUENCE EVALUATION				H1	H2	H3	H3	DEFAULT ACTON			PROPOSED TASK
									H2	H2	H3	H3				
		F	FF	FM	H	S	E	0	O1	O2	N3	H4	H5	S4		
DRIVE SYSTEM	stator	1	A	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
		1	A	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
	rotor	1	B	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
		1	B	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
		1	B	3	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
		1	B	4	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
	Drive bearing	1	C	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
		1	C	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
	gearbox	1	D	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
		1	D	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
	universal joint shaft	1	F	1	N	N	N	Y	N	N	Y	N	N	N	sheduled discard task	
		1	F	2	N	N	N	Y	N	N	Y	N	N	N	sheduled discard task	
	coupling	1	E	1	N	N	N	Y	N	N	Y	N	N	N	sheduled discard task	
LUBRICATION SYSTEM	lubrication pipeline	2	A	1	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
	lubricant pump	2	B	1	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
		2	B	2	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
	lubricant reservoir	2	C	1	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
	lubricant cooler	2	D	1	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
2		D	2	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task		
SCREW SYSTEM	screw horizontal	3	A	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
		3	A	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
		3	A	3	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
	intermediate bearing	3	B	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
	end bearing	3	C	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	

Keterangan : F = Function, FF= Function Failure, FM = Failure Mode,

H = Hiden/Evident, S = Safety, E = Environmental, O = Operation

### 4.3.3 Penyusunan RCM II Decisoon Worksheet Gantry conveyor 1 Continuous Ship Unloader 02

Setelah mengetahui potensial *failure mode* dan *failure effect* pada Gantry Conveyor 1, penelitian dilanjutkan dengan menyusun *decision workheet* yang berisi tindakan perawatan untuk menyikapi *potensial failure mode* dan *failure effect* yang ada. Penyusunan diawali dengan menganalisis tipe kegagalan yang terjadi, Menurut Moubray (2000) kegagalan dibagi menjadi dua yaitu *hidden failure* dan *evident failure*. *Hidden failure* adalah sebuah kondisi dimana ketika sebuah kegagalan

terjadi, tidak terdapat tanda-tanda yang dapat diketahui oleh operator. Sedangkan *evident failure* adalah kondisi dimana ketika sebuah kegagalan terjadi terdapat tanda-tanda yang dapat diketahui oleh operator. Dari hasil analisis berdasarkan 32 potensial *failure mode* dan *failure effect* yang ada pada Gantry Conveyor 1 CSU 02, terdapat 6 *hidden Failure* dan 26 *evident failure*. *Hidden failure* terjadi pada komponen yang terdapat pada *lubrication system* namun dapat dilakukan tindakan untuk mengecek kondisi komponen secara berkala.

Tahapan kedua penyusunan *decision worksheet* adalah analisis konsekuensi kegagalan. Menurut Moubray (2000) konsekuensi kegagalan dibagi menjadi 3 aspek yaitu *safety*, *environment*, dan *operation*. Aspek *safety* adalah keterkaitan kegagalan terhadap keselamatan pekerja. Aspek *environment* adalah keterkaitan kegagalan terhadap lingkungan. Aspek *operation* adalah keterkaitan terhadap proses operasional. Pada Gantry conveyor 1 CSU 02 kegagalan tidak memberikan dampak pada aspek *safety* dan *environment*, namun kegagalan cenderung memberikan dampak pada aspek *operation*, kegagalan akan mempengaruhi proses Transportasi material dan pada akhirnya akan berdampak kepada proses produksi perusahaan.

Setelah tipe dan dampak kegagalan diketahui, penelitian dilanjutkan dengan memilih tindakan perawatan untuk menyikapi kegagalan tersebut. Metode analisis yang digunakan adalah metode *Logic Tree Analysis (LTA)*. Acuan yang digunakan dalam melakukan LTA adalah *RCM II Decission Worksheet*, Moubray (2000). *RCM II Decission Diagram* dapat dilihat pada **Gambar 4.18**. Berdasarkan hasil analisis tersebut dipilih tindakan perawatan *Scheduled On Condition Task* untuk menyikapi 31 potensial *failure mode* Dan *Scheduled Discard task* untuk menyikapi 1 Potensial *failure mode*. Tindakan *Scheduled On Condition Task* dipilih karena ketika kegagalan terjadi terdapat tanda-tanda kegagalan dapat diketahui oleh operator, seperti adanya getaran tinggi pada *screw*, putaran *screw* yang tidak stabil, dan debit aliran material yang menurun. Selain itu, untuk komponen pada *lubrication systems* dapat dilakukan kegiatan rutin untuk mengetahui apakah sedang terjadi kegagalan atau tidak seperti mengecek kebocoran pelumas dan melihat kondisi *lubrication reservoir*. Sedangkan untuk komponen *coupling* dipilih *Sheduled Discard Task* dikarenakan oleh pihak manufaktur CSU komponen *coupling* tidak

disarankan untuk diperbaiki, lebih baik diganti baru dalam kurun waktu berkala. Berikut merupakan hasil analisis berupa RCM II decision Worksheet Diagram yang telah disusun menggunakan acuan RCM II Decision Diagram dapat dilihat pada **Tabel 4.17**.

**Tabel 4. 17 RCM II Decision Worksheet Gantry Conveyor 1 Continous Ship Unloader 02**

SYSTEM	COMPONENT	INFORMATION REFERENCE			CONSEQUENCE EVALUATION				H1	H2	H3	H3	DEFAULT ACTON		PROPOSED TASK
		F	FF	FM	H	S	E	0	O1	O2	N3	H4	H5	S4	
									N1	N2	N3				
DRIVE SYSTEM	Stator A	1	A	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task
		1	A	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task
	Rotor A	1	B	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task
		1	B	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task
		1	B	3	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task
		1	B	4	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task
	Drive Bearing A	1	C	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task
		1	C	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task
	Gearbox A	1	D	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task
		1	D	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task
	Stator B	1	A	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task
		1	A	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task
	Rotor B	1	B	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task
		1	B	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task
		1	B	3	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task
		1	B	4	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task
	Drive Bearing B	1	C	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task
		1	C	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task
	Gearbox B	1	D	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task
		1	D	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task
Coupling	1	E	1	N	N	N	Y	N	N	Y	N	N	N	Sheduled Discard Task	
LUBRICATION SYSTEM	Lubrication Pipeline	2	A	1	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task	
	Lubricant Pump	2	B	1	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task	
		2	B	2	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task	
	Lubricant Reservoir	2	C	1	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task	
	Lubricant Cooler	2	D	1	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task	
2		D	2	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task		
SCREW SYSTEM	Screw Gantry 2	3	A	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task	
		3	A	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task	
		3	A	3	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task	
	Intermediate Bearing	3	B	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task	
	End Bearing	3	C	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	Sheduled On Condition Task	

Keterangan : F = Function, FF= Function Failure, FM = Failure Mode,  
H = Hidden/Evident, S = Safety, E = Environmental, O = Operation

#### 4.3.4 Penyusunan *RCM II Decission Worksheet* Gantry conveyor 2 Continuous Ship Unloader 02

Setelah mengetahui potensial *failure mode* dan *failure effect*, penelitian dilanjutkan dengan menyusun *decision workheet* yang berisi tindakan perawatan untuk menyikapi *potensial failure mode* dan *failure effect* yang ada. Penyusunan diawali dengan menganalisis tipe kegagalan yang terjadi, Menurut Moubray (2000) kegagalan dibagi menjadi dua yaitu *hidden failure* dan *evident failure*. *Hidden failure* adalah sebuah kondisi dimana ketika sebuah kegagalan terjadi, tidak terdapat tanda-tanda yang dapat diketahui oleh operator Sedangkan *evident failure* adalah kondisi dimana ketika sebuah kegagalan terjadi terdapat tanda-tanda yang dapat diketahui oleh operator. Dari hasil analisis berdasarkan 21 potensial failure mode dan failure effect yang ada pada gantry Conveyor 2 CSU 02, terdapat 6 *hidden Failure* dan 15 *evident failure*. *Hidden failure* terjadi pada komponen yang terdapat pada *lubrication system* namun dapat dilakukan tindakan untuk mengecek kondisi komponen secara berkala.

Tahapan kedua penyusunan *decision worksheet* adalah analisis konsekuensi kegagalan. Menurut Moubray (2000) konsekuensi kegagalan dibagi menjadi 3 aspek yaitu *safety*, *environment*, dan *operation*. Aspek *safety* adalah keterkaitan kegagalan terhadap keselamatan pekerja. Aspek *environment* adalah keterkaitan kegagalan terhadap lingkungan. Aspek *operation* adalah keterkaitan terhadap proses operasional. Pada Gantry Conveyor CSU 02 kegaglaan tidak memberikan dampak pada aspek *safety* dan *environmental*, namun kegagalan cenderung memberikan dampak pada aspek *operation*, kegagalan akan mempengaruhi proses Transportasi material dan pada akhirnya akan berdampak kepada proses produksi perusahaan.

Setelah tipe dan dampak kegagalan diketahui, penelitian dilanjutkan dengan memilih tindakan perawatan untuk menyikapi kegagalan tersebut. Metode analisis yang digunakan adalah metode *Logic Tree Analysis (LTA)*. Acuan yang digunakan dalam melakukan LTA adalah *RCM II Decission Worksheet*, Moubray (2000). *RCM II Decission Diagram* dapat dilihat pada **Gambar 4.18**. Berdasarkan hasil analisis tersebut dipilih tindakan perawatan *Schedulled On Condition Task* untuk



menyikapi 21 potensial *failure mode*.. Tindakan Scheduled On Condition Task dipilih karena ketika kegagalan terjadi terdapat tanda-tanda kegagalan yang dapat diketahui oleh operator, seperti adanya getaran tinggi pada conveyor, putaran screw yang tidak stabil, dan debit aliran material yang menurun. Berikut merupakan hasil analisis berupa RCM II decision Worksheet Diagram yang telah disusun menggunakan RCM II Decision Diagram dapat dilihat pada **Tabel 4.18**.

**Tabel 4. 18 RCM II Decission Worksheet Gantry Conveyor 2 Continous Ship Unloader 02**

SYSTEM	COMPONENT	INFORMATION REFERENCE			CONSEQUENCE EVALUATION				H1	H2	H3	H3	DEFAULT ACTON		PROPOSED TASK	
		F	FF	FM	H	S	E	0	O1	O2	N3	H4	H5	S4		
									H2	H2	H3					H3
									N1	N2	N3					
DRIVE SYSTEM	stator	1	A	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
		1	A	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
	rotor	1	B	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
		1	B	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
		1	B	3	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
		1	B	4	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
	Drive bearing	1	C	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
		1	C	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
	gearbox	1	D	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
		1	D	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
LUBRICATION SYSTEM	lubrication pipeline	2	A	1	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
	lubricant pump	2	B	1	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
		2	B	2	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
	lubricant reservoir	2	C	1	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
	lubricant cooler	2	D	1	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
2		D	2	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task		
SCREW SYSTEM	screw horizontal	3	A	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
		3	A	2	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
		3	A	3	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
	intermediate bearing	3	B	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	
	end bearing	3	C	1	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	N	sheduled on condition task	

Keterangan : F = Function, FF= Function Failure, FM = Failure Mode,  
H = Hiden/Evident, S = Safety, E = Environmental, O = Operation

## BAB V

### KESIMPULAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil analisis kuantitatif yang telah dilakukan, didapatkan interval waktu yang optimal untuk melakukan perawatan yaitu:

- a. Interval perawatan pada *Vertical Conveyor* adalah setiap 78 jam operasional atau setiap 4 hari
- b. Interval perawatan pada *Horizontal Conveyor* adalah setiap 64 jam operasional atau setiap 3 hari.
- c. Interval perawatan pada *Gantry Conveyor* adalah setiap 52 jam operasional atau setiap 2 hari.

Berdasarkan hasil tersebut diharapkan Gantry Conveyor mendapatkan perhatian lebih dalam kegiatan maintenance dikarenakan paling berpotensi untuk mengalami kerusakan.

2. Berdasarkan Hasil Analisis Kualitatif dan penyusunan RCM II Decision

Worksheet dapat diambil kesimpulan bahwa

- a. Komponen *Vertical Conveyor* memiliki 16 potensial failure mode. Dari 16 potensial *failure mode* tersebut dipilih tindakan perawatan *Scheduled on Condition* untuk mengatasi 15 potensial *Failure mode* dan *Scheduled Discard task* untuk mengatasi 1 potensial *failure mode*.
- b. Komponen *Horizontal Conveyor* memiliki 24 potensial *failure mode*. Dari 24 potensial *failure mode* tersebut dipilih tindakan perawatan *Scheduled on Condition* untuk mengatasi 21 potensial *Failure mode* dan *Scheduled Discard task* untuk mengatasi 3 potensial *failure mode*
- c. Komponen *Gantry Conveyor 1* memiliki 32 potensial *failure mode*. Dari 32 potensial *failure mode* tersebut dipilih tindakan perawatan *Scheduled on Condition* untuk mengatasi 31 potensial *Failure mode* dan *Scheduled Discard task* untuk mengatasi 1 potensial *failure mode*
- d. Komponen *Gantry Conveyor 1* memiliki 21 potensial *failure mode*. Dari 21 potensial *failure mode* tersebut dipilih tindakan perawatan *Scheduled on Condition* untuk mengatasi seluruh potensial *Failure Mode*.

## **5.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan penulis untuk penelitian lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil penelitian perlu untuk ditinjau lebih lanjut secara rutin setiap bulan di masa mendatang mengingat usia CSU yang semakin menua.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut secara langsung di lapangan mengenai komponen kelistrikan dikarenakan komponen kelistrikan juga mejadi salah satu bagian dari CSU 02 mengingat komponen tersebut tidak dicantumkan pada data perusahaan dan katalog yang dikeluarkan oleh pihak manufaktur

## DAFTAR PUSTAKA

- Bhakti, Ratna dan Sudiyono K. 2015. **Perancangan Sistem Pemeliharaan Menggunakan Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Pulverizer (Studi Kasus : PLTU Paiton Unit 3)**. Jurnal Teknik ITS Vol. 6. No. 1
- BRUKS Siwertel. 2018. **Siwertell Project Guide, Project : 7/12BT01 Rev.00/13-01-21**. Georgia : BRUKS Siwertell.
- Deepak Prabhakar P. dan Jagathy Raj V.P. 2013. **A New Model For Reliability Centered Maintenance In Petroleum Refineries**. International Journal Of Scientific & Technology Research Volume 2, Issue 5.
- Departement of Defense United States of America. 2008. **MIL-STD-881 Work Breakdown Structure Guidance**. United States of America.
- Ebeling, Charles E. 1997. **An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering**. New York: McGraw-Hill Internasional.
- Globe, William M. 1998. **Control System Safety Evaluation & Reliability 2nd Edition**. North Carolina: Internasional Society of Automation.
- Hendra, Dion. 2015. **Evaluasi Reliability dengan Metode Kuantitatif dan Kualitatif RCFA Unit Superheater dan Desuperheater pada HRSG 3.1 Plant di PT. PJB Unit Pembangkit Gresik**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Moubray, John. 2000. **Reliability Centered Maintenance**. North Carolina: Lutterworth-Heinemann Ltd.
- Octavia, Lily. 2010. **Aplikasi Metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) untuk Pengendalian Kualitas pada Proses Heat Treatment PT. Mitsuba Indonesia**. Jakarta: Universitas Mercu Buana.
- Pratama, Matius Eka dkk. 2017. **Pengaruh Utilisasi Alat Continuous Ship Unloaders Terhadap Produktivitas Bongkar Muat Curah Kering (Phosphate Rock) di Pelabuhan Khusus Petrokimia Gresik**. Jurnal Aplikasi Pelayaran dan Kepelabuhanan, Volume 7, Nomor 2.
- PT. XY. 2018. **Annual Report 2018**. Gresik : PT. XY
- Satriadi. 2017. **Analisa Kecepatan Alir Semen Pada Horizontal Screw Conveyor dengan Ukuran 315 mm X 2155 mm Di PT. Semen Padang**. Padang : Universitas Bung Hatta.

- SINTEF Technology and Society. 2009. **Offshore Reliability Data (OREDA)**, 5th ed. Norway: Oreda Paticipants.
- Sudrajat, Ating. 2011. **Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri**. Makassar: PT. Refika Aditama.
- Susana, Charles Sitompul dan Hari Ardianto. 2007. **Penerapan Model Preventive Maintenance Smith dan Dekker Di Pd. Industri Unit Inkaba**. Bandung : Institut Teknologi Nasional.
- Wang, H. Dan Pham, H. 2006. **Reliability and Optimal Maintenance**. New York: Springer.
- Widyodadi, Muhamamd Arif dkk. 2016. **Perencanaan Sistem Pemeliharaan Mesin Roller Head Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance II (RCM II)**. Semarang: Universitas Diponegoro.

## **Lampiran I Aset Register**

**Aset Register Vertical Conveyor**

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7	Level 8	Level 9	Keterangan
PT. XY									
	Direktur Teknik dan Pengembangan								
		Dept. Pengelo-laan Pelabuhan							
			Dermaga Utama						
				Continous Ship Unloader 2					
					BCSU2-1-VC				Vertical Conveyor CSU 2
						BCSU2-1-VC-EM			Drive System
							BCSU2-1-VC-EM-SE		Stator
							BCSU2-1-VC-EM-RE		Rotor
							BCSU2-1-VC-EM-DB		Drive Bearing
							BCSU2-1-VC-EM-GB		Gearbox
							BCSU2-1-VC-EM-CS		Coupling

(lanjutan Aset register Vertical Conveyor Continous Ship Unloader 02)

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7	Level 8	Level 9	Keterangan
						BCSU2-1-VC-SH			Screw System
							BCSU2-1-VC-SH1		Screw Vertical
								BCSU2-1-VC-SH1-IB	Intermediate Bearing
								BCSU2-1-VC-SH1-EB	End Bearing

**Aset Register Horizontal Conveyor Conveyor Continous Ship Unloader 02**

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7	Level 8	Level 9	Keterangan
PT. XY									
	Direktur Teknik Dan Pengembangan								
		Dept. Pengelolaan Pelabuhan							
			Dermaga Utama						
				Continous Ship Unloader2					
					BCSU2-3-HC				Horisontal Conveyor CSU2
						BCSU2-3-HC-EM			Drive System
							BCSU2-3-HC-EM-SE		Stator
							BCSU2-3-HC-EM-RE		Rotor
							BCSU2-3-HC-EM-DB		Drive bearing



(lanjutan Aset register Horizontal Conveyor Continous Ship Unloader 02)

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7	Level 8	Level 9	Keterangan
							BCSU2-3- HC-EM-GB		gearbox
							BCSU2-3- HC-EM-CS		Coupling
							BCSU2-3- HC-SH-UJS		Universal Joint Shaft
						BCSU2-3- HC-SL			Lubrication System
							BCSU2-3- HC-SL-LP		Lubrication Pipeline
							BCSU2-3- HC-SL-OP		Oil Pump
							BCSU2-3- HC-SL-LT		Lubrication Reservoir
							BCSU2-3- HC-SL-OC		oil cooler
						BCSU2-3- HC-SH			Screw System
							BCSU2-3- HC-SH1		Screw Horizontal
								BCSU2-- HC-SH1-IB	Intermediate Bearing
								BCSU2-3- HC-SH1-EB	End Bearing

## Aset Register Gantry Conveyor 1

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7	Level 8	Level 9	Keterangan
PT. XY									
	Direktur Teknik dan Pengembangan								
		Dept. Pengelolaan Pelabuhan							
			Dermaga Utama						
				Continous Ship Unloader 2					
						BCSU2-4-GC1			Gantry 1 Conveyor CSU2
							BCSU2-4-GC1-EM1		Drive System A
							BCSU2-4-GC1-EM1-SEA		Stator A
							BCSU2-4-GC1-EM1-REA		Rotor A
							BCSU2-4-GC1-EM1-DBA		Drive bearing A
							BCSU2-4-GC1-EM1-GBA		gearbox A
							BCSU2-4-GC1-EM2		Drive System B
							BCSU2-4-GC1-EM2-SEB		Stator B
							BCSU2-4-GC1-EM2-REB		Rotor B
							BCSU2-4-GC1-EM2-DBB		Drive bearing B
							BCSU2-4-GC1-EM2-GBB		gearbox B

(lanjutan Aset Register Gantry Conveyor CSU 02)

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7	Level 8	Level 9	Keterangan
							BCSU2-4-GC1-EM2-CS		Coupling
						BCSU2-4-GC1-SL			Lubrication System
							BCSU2-4-GC1-SL-LP		Lubrication Pipeline
							BCSU2-4-GC1-SL-OP		Oil Pump
							BCSU2-4-GC1-SL-LT		Lubrication Reservoir
							BCSU2-4-GC1-SL-OC		Oil cooler
						BCSU2-4-GC1-SH			Scew System
							BCSU2-4-GC1-SH1		Screw Horizontal
								BCSU2-4-GC1-SH1-IB	Intermediate Bearing
								BCSU2-4-GC1-SH1-EB	End Bearing

**Aset Register Gantry Conveyor 2 CSU 02**

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7	Level 8	Level 9	Type
PT. XY									
	Direktur Teknik dan Pengembangan								
		Dept. Pengelolaan Pelabuhan							
			Dermaga Utama						
				Continous Ship Unloader 2					

(Lanjutan Aset Register Gantry Conveyor 2 CSU 02)

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7	Level 8	Level 9	Type
					BCSU2-5-GC2				Gantry 2 Conveyor CSU2
						BCSU2-5-GC2-EM			Drive System
							BCSU2-5-GC2-EM-SE		stator
							BCSU2-5-GC2-EM-RE		Rotor
							BCSU2-5-GC2-EM-DB		Drive bearing
							BCSU2-5-GC2-EM-GB		Gearbox
						BCSU2-5-GC2-SL			Lubrication System
							BCSU2-5-GC2-SL-LP		Lubrication Pipeline
							BCSU2-5-GC2-SL-OP		Oil Pump
							BCSU2-5-GC2-SL-LT		Lubrication Reservoir
							BCSU2-5-GC2-SL-OC		Oil Cooler
						BCSU2-5-GC2-SH	BCSU2-4-GC2-SH1		Screw System
								BCSU2-4-GC2-SH1-IB	Intermediate Bearing
								BCSU2-4-GC2-SH1-EB	End Bearing

## **Lampiran II FMEA**

## Failure Mode & Effect Analysis Vertical Conveyor Continuous Ship Unloader 02

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		PLATFORM		PLATFORM N <sup>Ω</sup>	Facilitator	Date	Sheet N <sup>Ω</sup>	FORM : FMEA	
		EQUIPMENT		EQUIPMENT Ω	Auditor	Date	of		
MAJOR SYSTEM		COMPONENTS		FUNCTION	FUNCTION FAILURE	POTENTIAL FAILURE MODE	POTENTIAL CAUSE OF FAILURE	POTENTIAL FAILURE EFFECT	
1	Drive Sysem	A	stator	membangkitkan medan magnet untuk memutar rotor	gagal membangkitkan medan magnet secara maksimal	induksi magnet yang dihasilkan lemah	terkena benturan keras	putaran motor tidak sesuai harapan, motor rusak	
						gagal menghasilkan induksi magnet			putaran motor terhenti, motor rusak
		B	rotor	mengubah energi magnet menjadi energi mekanik	gagal mengubah energi magnet menjadi energi mekanik secara maksimal	putaran rotor rendah	tersangkut benda asing	putaran motor tidak sesuai harapan, motor rusak	
						rotor macet			rotor berhenti berputar, motor rusak
						rotor mengalami getaran tinggi ketika berputar			rotor mengalami aus, motor rusak
						rotor mengalami kenaikan suhu tidak wajar		motor listrik terbakar	
		C	Drive bearing	menahan beban aksial shaft pada motor	gagal menahan beban aksial shaft pada motor secara maksimal	suhu bearing tinggi	bearing mengalami aus	motor mengalami overheat	
						terjadi keretakan pada bearing	bearing aus	motor listrik berhenti berputar, motor rusak	
		D	gearbox	mengubah kecepatan rotasi dari Motor Listrik ke screw secara pasif	gagal mengubah kecepatan rotasi dari Motor Listrik ke universal Joint Shaft Secara maksimal	putaran gear tidak sesuai harapan	kehabisan oli	pengaturan kecepatan transport material terganggu	

(Lanjutan **Failure Mode & Effect Analysis Vertical Conveyor Continuous Ship Unloader 02**)

MAJOR SYSTEM		COMPONENTS		FUNCTION	FUNCTION FAILURE	POTENTIAL FAILURE MODE	POTENTIAL CAUSE OF FAILURE	POTENTIAL FAILURE EFFECT
1	Drive Sysem	D	gearbox	mengubah kecepatan rotasi dari Motor Listrik ke screw secara pasif	gagal mengubah kecepatan rotasi dari Motor Listrik ke universal Joint Shaft Secara maksimal	gear pada gearbox tidak berputar	tersumbat material asing	putaran motor terhenti
		E	coupling	Menghubungkan dua poros putaran	gagal menghubungkan dua poros putaran	kopling tidak dapat menghubungkan dua poros	menerima torsi berlebih	transport material tehenti
2	screw system	A	screw vertical	mendorong material menuju ke atas	gagal mendorong material secara maksimal	screw vertical mengalami getaran tinggi	debit aliran material yang terlalu rendah	transport material tidak maksimal
						putaran screw vertical menurun	debit aliran materal terlalu tinggi	transport material tidak maksimal
						putaran screw vertical berhenti	tersumbat material asing	transport material terhenti
		B	intermediate bearing	menopang dan menjaga agar screw tidak mengalami getaran tinggi dan defleksi	Tidak mampu menopang dan menjaga agar screw tidak mengalami getaran tinggi dan defleksi	bearing lepas	goncangan berlebihan pada alat	transport material tidak maksimal
C	end bearing	menahan screw secara axial	Tidak mampu menahan screw secara axial	bearing lepas	goncangan berlebihan pada alat	screw anjlok, transport material terganggu		

## Failure Mode & Effect Analysis Horizontal Conveyor Continuous Ship Unloader 02

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		PLATFORM		PLATFORM N <sup>o</sup>	Facilitator	Date	Sheet N <sup>o</sup>	FORM : FMEA
		EQUIPMENT		EQUIPMENT N <sup>o</sup>	Auditor	Date	of	
MAJOR SYSTEM		COMPONENTS		FUNCTION	FUNCTION FAILURE	POTENTIAL FAILURE MODE	POTENTIAL CAUSE OF FAILURE	POTENTIAL FAILURE EFFECT
1	drive system	A	stator	membangkitkan medan magnet untuk memutar rotor	gagal membangkitkan medan magnet secara maksimal	induksi magnet yang dihasilkan lemah	terkena benturan keras	putaran motor tidak sesuai harapan, motor rusak
						gagal menghasilkan induksi magnet		putaran motor terhenti, motor rusak
		B	rotor	mengubah energi magnet menjadi energi mekanik	gagal mengubah energi magnet menjadi energi mekanik secara maksimal	putaran rotor rendah	tersangkut benda asing	putaran motor tidak sesuai harapan, motor rusak
						rotor macet		rotor berhenti berputar, motor rusak
						rotor mengalami getaran tinggi ketika berputar		rotor mengalami aus, motor rusak
						rotor mengalami kenaikan suhu tidak wajar	aliran udara tersumbat	motor listrik terbakar
		C	Drive bearing	menahan beban aksial shaft pada motor	gagal menahan beban aksial shaft pada motor secara maksimal	suhu bearing tinggi	bearing mengalami aus	motor mengalami overheat
						terjadi keretakan pada bearing	bearing aus	motor listrik berhenti berputar, motor rusak



(lanjutan **Failure Mode & Effect Analysis Horizontal Conveyor Continous Ship Unloader 02**)

MAJOR SYSTEM		COMPONENTS		FUNCTION	FUNCTION FAILURE	POTENTIAL FAILURE MODE	POTENTIAL CAUSE OF FAILURE	POTENTIAL FAILURE EFFECT
1	drive system	D	gearbox	mengubah kecepatan rotasi dari Motor Listrik ke universal Joint Shaft secara pasif	gagal mengubah kecepatan rotasi dari Motor Listrik ke universal Joint Shaft Secara maksimal	putaran gear tidak sesuai harapan	kehabisan oli	pengaturan kecepatan transport material terganggu
						gear pada gearbox tidak berputar		tersumbat material asing
		E	universal joint shaft	Penghubung antara 2 poros dengan sumbu yang berbeda	gagal Menghubungkan 2 poros dengan sumbu yang berbeda dengan maksimal	terjadi getaran tinggi pada joint	menerima torsi berlebih, kelebihan muatan	transport material tehenti
						joint lepas		transport material tehenti
		F	coupling	Menghubungkan dua poros putaran	gagal menghubungkan dua poros putaran	kopling tidak dapat menghubungkan dua poros	menerima torsi berlebih	transport material tehenti
		2	lubrication system	A	lubrication pipeline	sebagai lintasan saluran pelumas	gagal mengalirkan pelumas secara maksimal	terjadi kebocoran pelumas pada pipeline
B	oil pump			Memompa oli menuju komponen komponen yang bergesekan	Memompa oli dengan maksimal	Kecepatan putaran pompa menurun	kontaminasi material asing	komponen aus, kerusakan komponen
						penyumbatan aliran pelumas		komponen aus, kerusakan komponen
C	lubrication reservoir	Menampung cairan pelumas	gagal menjaga volume tampungan cairan pelumas	tidak dapat menampung cairan pelumas	terjadi kebocoran pada reservoir	kebocoran, kegagalan pelumasan		

(lanjutan **Failure Mode & Effect Analysis Horizontal Conveyor Continuous Ship Unloader 02**)

MAJOR SYSTEM		COMPONENTS		FUNCTION	FUNCTION FAILURE	POTENTIAL FAILURE MODE	POTENTIAL CAUSE OF FAILURE	POTENTIAL FAILURE EFFECT
		D	oil cooler	mendinginkan pelumas	gagal mendinginkan pelumas secara maksimal	terjadi penyumbatan pada saluran oil cooler	timbulnya endapan kotoran selama proses operasi	pendinginan tidak maksimal
						oil cooler mengalami kebocoran	panas selama siklus kerja	pendinginan tidak maksimal
3	screw system	A	screw vertical	mendorong material menuju ke atas	gagal mendorong material secara maksimal	screw vertical mengalami getaran tinggi	debit aliran material yang terlalu rendah	transport material tidak maksimal
						putaran screw vertical menurun	debit aliran material terlalu tinggi	transport material tidak maksimal
						putaran screw vertical berhenti	tersumbat material asing	transport material terhenti
		B	intermediate bearing	menopang dan menjaga agar screw tidak mengalami getaran tinggi dan defleksi	Tidak mampu menopang dan menjaga agar screw tidak mengalami getaran tinggi dan defleksi	bearing lepas	goncangan berlebihan pada alat	transport material tidak maksimal
C	end bearing	menahan screw secara axial	Tidak mampu menahan screw secara axial	bearing lepas	goncangan berlebihan pada alat	screw anjlok, transport material terganggu		

**Failure Mode & Effect Analysis Gantry Conveyor 1 Continous Ship Unloader 02)**

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		PLATFORM		PLATFORM N <sup>Ω</sup>	Facilitator	Date	Sheet N <sup>Ω</sup>	FORM : FMEA
		EQUIPMENT		EQUIPMENT Ω	Auditor	Date	of	
MAJOR SYSTEM		COMPONENTS		FUNCTION	FUNCTION FAILURE	POTENTIAL FAILURE MODE	POTENTIAL CAUSE OF FAILURE	POTENTIAL FAILURE EFFECT
1	drive system	A	stator A	membangkitkan medan magnet untuk memutar rotor	gagal membangkitkan medan magnet secara maksimal	induksi magnet yang dihasilkan lemah	terkena benturan keras	kumpanan induksi bengkok
						gagal menghasilkan induksi magnet		kumpanan nduktor putus
		B	rotor A	mengubah energi magnet menjadi energi mekanik	gagal mengubah energi magnet menjadi energi mekanik secara maksimal	putaran rotor rendah	tersangkut benda asing	penurunan putaran rotor
						rotor macet		rotor berhenti berputar
						rotor mengalami getaran tinggi ketika berputar		rotor mengalami aus
						rotor mengalami kenaikan suhu tidak wajar	aliran udara tersumbat	motor listrik terbakar
		C	Drive bearing A	menahan beban aksial shaft pada motor	gagal menahan beban aksial shaft pada motor secara maksimal	suhu bearing tinggi	bearing mengalami aus	motor mengalami overheat
						terjadi keretakan pada bearing	bearing aus	rotor terlepas dari poros
		D	gearbox B	mengubah kecepatan rotasi dari Motor Listrik ke screw secara pasif	gagal mengubah kecepatan rotasi dari Motor Listrik ke universal Joint Shaft Secara maksimal	putaran gear tidak sesuai harapan	kehabisan oli	gearbox mengalami aus

(lanjutan Failure Mode & Effect Analysis Gantry Conveyor 1 Continuous Ship Unloader 02)

MAJOR SYSTEM		COMPONENTS	FUNCTION	FUNCTION FAILURE	POTENTIAL FAILURE MODE	POTENTIAL CAUSE OF FAILURE	POTENTIAL FAILURE EFFECT	
1	drive system	E	stator B	membangkitkan medan magnet untuk memutar rotor	gagal membangkitkan medan magnet secara maksimal	induksi magnet yang dihasilkan lemah	terkena benturan keras	putaran motor tidak sesuai harapan, motor rusak
						gagal menghasilkan induksi magnet		putaran motor terhenti, motor rusak
		F	rotor B	mengubah energi magnet menjadi energi mekanik	gagal mengubah energi magnet menjadi energi mekanik secara maksimal	putaran rotor rendah	tersangkut benda asing	putaran motor tidak sesuai harapan, motor rusak
						rotor macet		rotor berhenti berputar, motor rusak
						rotor mengalami getaran tinggi ketika berputar		rotor mengalami aus, motor rusak
						rotor mengalami kenaikan suhu tidak wajar	aliran udara tersumbat	motor listrik terbakar
		G	Drive bearing B	menahan beban aksial shaft pada motor	gagal menahan beban aksial shaft pada motor secara maksimal	suhu bearing tinggi	bearing mengalami aus	motor mengalami overheat
						terjadi keretakan pada bearing	bearing aus	motor listrik berhenti berputar, motor rusak
		H	gearbox B	mengubah kecepatan rotasi dari Motor Listrik ke screw secara pasif	gagal mengubah kecepatan rotasi dari Motor Listrik ke universal Joint Shaft Secara maksimal	putaran gear tidak sesuai harapan	kehabisan oli	pengaturan kecepatan transport material terganggu
						gear pada gearbox tidak berputar	tersumbat material asing	putaran motor terhenti
		I	coupling	Menghubungkan dua poros putaran	gagal menghubungkan dua poros putaran	kopling tidak dapat menghubungkan dua poros	menerima torsi berlebih	transport material terhenti

**(lanjutan Failure Mode & Effect Analysis Gantry Conveyor 1 Continous Ship Unloader 02)**

MAJOR SYSTEM	COMPONENTS		FUNCTION	FUNCTION FAILURE	POTENTIAL FAILURE MODE	POTENTIAL CAUSE OF FAILURE	POTENTIAL FAILURE EFFECT			
2	lubrication system	A	lubrication pipeline	sebagai lintasan saluran pelumas	gagal mengalirkan pelumas secara maksimal	terjadi kebocoran pelumas pada pipeline	menerima getaran dan panas berlebih	kebocoran pelumas, komponen aus		
		B	oil pump	Memompa oli menuju komponen komponen yang bergesekan	Memompa oli dengan maksimal	Kecepatan putaran pompa menurun	kontaminasi material asing	komponen aus, kerusakan komponen		
						penyumbatan aliran pelumas		komponen aus, kerusakan komponen		
		C	lubrication reservoir	Menampung cairan pelumas	gagal menjaga volume tampungan cairan pelumas	tidak dapat menampung cairan pelumas	terjadi kebocoran pada reservoir	kebocoran, kegagalan pelumasan		
		D	oil cooler	mendinginkan pelumas	gagal mendinginkan pelumas secara maksimal	terjadi penyumbatan pada saluran oil cooler	timbulnya endapan kotoran selama proses operasi	pendinginan tidak maksimal		
						oil cooler mengalami kebocoran	panas selama siklus kerja	pendinginan tidak maksimal		
		3	screw system	A	screw vertical	mendorong material menuju ke atas	gagal mendorong material secara maksimal	screw vertical mengalami getaran tinggi	debit aliran material yang terlalu rendah	transport material tidak maksimal
								putaran screw vertical menurun	debit aliran material terlalu tinggi	transport material tidak maksimal
putaran screw vertical berhenti	tersumbat material asing							transport material terhenti		
B	intermediate bearing			menopang dan menjaga agar screw tidak mengalami getaran tinggi dan defleksi	Tidak mampu menopang dan menjaga agar screw tidak mengalami getaran tinggi dan defleksi	bearing lepas	goncangan berlebihan pada alat	transport material tidak maksimal		
C	end bearing			menahan screw secara axial	Tidak mampu menahan screw secara axial	bearing lepas	goncangan berlebihan pada alat	screw anjlok, transport material terganggu		

**Failure Mode & Effect Analysis Gantry Conveyor 2 Continous Ship Unloader 02**

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		PLATFORM		PLATFORM N <sup>o</sup>	Facilitator	Date	Sheet N <sup>o</sup>	FORM : FMEA
		EQUIPMENT		EQUIPMENT N <sup>o</sup>	Auditor	Date	of	
MAJOR SYSTEM		COMPONENTS		FUNCTION	FUNCTION FAILURE	POTENTIAL FAILURE MODE	POTENTIAL CAUSE OF FAILURE	POTENTIAL FAILURE EFFECT
1	drive system	A	stator	membangkitkan medan magnet untuk memutar rotor	gagal membangkitkan medan magnet secara maksimal	induksi magnet yang dihasilkan lemah	terkena benturan keras	putaran motor tidak sesuai harapan, motor rusak
						gagal menghasilkan induksi magnet		
		B	rotor	mengubah energi magnet menjadi energi mekanik	gagal mengubah energi magnet menjadi energi mekanik secara maksimal	putaran rotor rendah	tersangkut benda asing	putaran motor tidak sesuai harapan, motor rusak
						rotor macet		rotor berhenti berputar, motor rusak
						rotor mengalami getaran tinggi ketika berputar		rotor mengalami aus, motor rusak
						rotor mengalami kenaikan suhu tidak wajar	aliran udara tersumbat	motor listrik terbakar
		C	Drive bearing	menahan beban aksial shaft pada motor	gagal menahan beban aksial shaft pada motor secara maksimal	suhu bearing tinggi	bearing mengalami aus	motor mengalami overheat
						terjadi keretakan pada bearing	bearing aus	motor listrik berhenti berputar, motor rusak

(lanjutan **Failure Mode & Effect Analysis Gantry Conveyor 2 Continous Ship Unloader 02**)

MAJOR SYSTEM		COMPONENTS		FUNCTION	FUNCTION FAILURE	POTENTIAL FAILURE MODE	POTENTIAL CAUSE OF FAILURE	POTENTIAL FAILURE EFFECT
1	drive system	D	gearbox	mengubah kecepatan rotasi dari Motor Listrik ke universal Joint Shaft secara pasif	gagal mengubah kecepatan rotasi dari Motor Listrik ke universal Joint Shaft Secara maksimal	putaran gear tidak sesuai harapan	kehabisan oli	pengaturan kecepatan transport material terganggu
						gear pada gearbox tidak berputar	tersumbat material asing	putaran motor terhenti
2	lubrication system	A	lubrication pipeline	sebagai lintasan saluran pelumas	gagal mengalirkan pelumas secara maksimal	terjadi kebocoran pelumas pada pipeline	menerima getaran dan panas berlebih	kebocoran pelumas, komponen aus
						Kecepatan putaran pompa menurun	kontaminasi material asing	komponen aus, kerusakan komponen
		penyumbatan aliran pelumas	komponen aus, kerusakan komponen					
		C	lubrication reservoir	Menampung cairan pelumas	gagal menjaga volume tampungan cairan pelumas	tidak dapat menampung cairan pelumas	terjadi kebocoran pada reservoir	kebocoran, kegagalan pelumasan
						D	oil cooler	mendinginkan pelumas
		oil cooler mengalami kebocoran	panas selama siklus kerja	pendinginan tidak maksimal				
3	screw system	A	screw vertical	mendorong material menuju ke atas	gagal mendorong material secara maksimal	screw vertical mengalami getaran tinggi	debit aliran material yang terlalu rendah	transport material tidak maksimal
						putaran screw vertical menurun	debit aliran material terlalu tinggi	transport material tidak maksimal
						putaran screw vertical berhenti	tersumbat material asing	transport material terhenti

(lanjutan **Failure Mode & Effect Analysis Gantry Conveyor 2 Continuous Ship Unloader 02**)

MAJOR SYSTEM		COMPONENTS		FUNCTION	FUNCTION FAILURE	POTENTIAL FAILURE MODE	POTENTIAL CAUSE OF FAILURE	POTENTIAL FAILURE EFFECT
3	screw system	B	intermediate bearing	menopang dan menjaga agar screw tidak mengalami getaran tinggi dan defleksi	Tidak mampu menopang dan menjaga agar screw tidak mengalami getaran tinggi dan defleksi	bearing lepas	goncangan berlebihan pada alat	transport material tidak maksimal
		C	end bearing	menahan screw secara axial	Tidak mampu menahan screw secara axial	bearing lepas	goncangan berlebihan pada alat	screw anjlok, transport material terganggu



## **Biodata Penulis**



Ilham Raka Pramudya lahir di Kabupaten Semarang, 30 November 1998. Menempuh pendidikan dasar di SDN Gentan 04. Pada jenjang sekolah menengah pertama, penulis menempuh pendidikan di SMPN 1 Salatiga. Jenjang sekolah menengah atas ditempuh di SMAN 1 Salatiga. Memasuki masa pendidikan tinggi pilihan berkuliah jatuh kepada Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember di Kota Pahlawan. Selama berkuliah, dua tahun dihabiskan untuk berkecimpung pada dunia legislatif mahasiswa dengan menjabat sebagai Dewan Perwakilan Mahasiswa ITS dan dilanjutkan menjadi Dewan Mahasiswa sebagai perwakilan distrik FTK pada Badan legislatif Mahasiswa ITS. Memiliki ketertarikan tinggi pada ilmu bahasa dan sastra Indonesia.