



TUGAS AKHIR - ME184834

**IMPLEMENTASI *RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE (RCM)* UNTUK MENENTUKAN
PRIORITAS PERAWATAN PADA *MARINE LOADING
ARM***

FEIZAR FAHREZA
NRP. 0421164000090

Dosen Pembimbing
Nurhadi Siswantoro, S.T., M.T.
Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020



TUGAS AKHIR – ME 184834

**IMPLEMENTASI *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)*
UNTUK MENENTUKAN PRIORITAS PERAWATAN PADA *MARINE
LOADING ARM***

FEIZAR FAHREZA
0421164000090

DOSEN PEMBIMBING
Nurhadi Siswanto, S.T., M.T.
Dr.Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

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



UNDERGRADUATE THESES – ME 184834

**IMPLEMENTATION OF RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE
(RCM) TO DETERMINE MAINTENANCE PRIORITY ON MARINE
LOADING ARM**

FEIZAR FAHREZA
0421164000090

SUPERVISOR
Nurhadi Siswantoro, S.T., M.T.
Dr.Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

IMPLEMENTASI *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)* UNTUK MENENTUKAN PRIORITAS PERAWATAN PADA *MARINE LOADING ARM*

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi *Digital Marine Operation and Maintenance (DMOM)*
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Insitut Teknologi Sepuluh Nopember

Penulis :

Feizar Fahreza
NRP. 04211640000090

Disetujui Oleh
Pembimbing Tugas Akhir,

Nurhadi Siswantoro, S.T., M.T.
NIP. 1992201711049



Dr.Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.
NIP. 197708022008011007



SURABAYA, 19 AGUSTUS 2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

**IMPLEMENTASI *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM)
UNTUK MENENTUKAN PRIORITAS PERAWATAN PADA *MARINE
LOADING ARM***

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi *Digital Marine Operation and Maintenance* (DMOM)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Insitut Teknologi Sepuluh Nopember

Penulis:

FEIZAR FAHREZA

NRP. 0421164000090

Disetujui Oleh,
Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 197903192008011008

SURABAYA

AGUSTUS, 2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

SURAT PERNYATAN

Saya dengan ini yang menandatangani di bawah menyatakan bahwa:

Tesis sarjana ini telah ditulis dan di kembangkan secara mandiri tanpa tindakan plagiarism saya,dan menginformasikan dengan hati-hati bahwa semua data desain konsep,refrensi dan bahan dalam laporan ini dimiliki oleh Fakultas Teknologi Kelautan di Departemen Teknin Sistim Perkapalan ITS yang merupakan produk studi penelitian dan berhak menggunakan untuk studi penelitian lebih lanjut dan pengembangannya.

Nama : Feizar Fahreza
NRP : 0421164000090
Judul Skripsi : Implementasi *Reliability Centered Maintenance* (RCM)
Unttuk Menentukan Prioritas Perawatan Pada *Marine Loading Arm*
Jurusan : Departemen Teknik Sistsim Perkapalan

Jika ada tindakan palgiasm dimasa akan datang, saya akan sepenuhnya bertanggung jawab dan menerima hukuman yang diberikan oleh ITS sesuai dengan peraturan yang berlaku

Surabaya,24 Juli 2020

Feizar Fahreza

Halaman ini sengaja dikosongkan

IMPLEMENTASI *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)* UNTUK MENENTUKAN PRIORITAS PERAWATAN PADA *MARINE LOADING ARM*

Nama mahasiswa : Feizar Fahreza
NRP : 0421164000090
Pembimbing : 1. Nurhadi Siswanto, ST., MT.
2. Dr.Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.

ABSTRAK

PT. Petrokimia Gresik merupakan salah satu produsen pupuk terbesar di Indonesia. Dalam proses produksinya tentu saja membutuhkan bahan baku kimia dari luar. *Marine Loading Arm* merupakan satu-satunya peralatan bongkar yang dimiliki Terminal Untuk Kepentingan Sendiri (TUKS) PT. Petrokimia Gresik. Alat ini menopang seluruh kegiatan bongkar muat curah cair khususnya impor bahan baku kimia berupa NH_3 , H_2SO_4 , dan H_3PO_4 . Pada Laporan Tahunan Departemen Pengelolaan Pelabuhan PT. Petrokimia Gresik tahun 2018 menunjukkan tingginya permintaan bahan baku kimia cair. Hal ini mengharuskan MLA bekerja lebih banyak daripada sebelumnya. Oleh karena itu, untuk meminimalisir terjadinya kegagalan perlu adanya suatu metode perawatan. *Reliability Centered Maintenance* merupakan metode perawatan yang berfokus pada peningkatan keandalan komponen dalam sistem. RCM menggunakan prinsip manajemen risiko untuk menentukan tugas dan jadwal perawatan dengan tepat. Proses RCM diimplementasikan menggunakan *ABS Guidance*.

Berdasarkan hasil penelitian ini, terdapat tiga macam kategori tugas pemeliharaan, dimana kategori A memiliki 14 tugas pemeliharaan, kategori B memiliki 21 tugas pemeliharaan, dan tidak ada tugas pemeliharaan kategori C. Pada semua kategori pemeliharaan untuk *Preventive Maintenance* sebesar 54% dengan 19 tugas, untuk *Condition Monitoring* sebesar 37% dengan 13 tugas, sedangkan untuk *Run-To-Failure* sebesar 9% dengan 3 tugas.

Kata kunci: *FMECA, Maintenance Schedule, Marine Loading Arm, RCM*

Halaman ini sengaja dikosongkan

IMPLEMENTATION OF RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) TO DETERMINE MAINTENANCE PRIORITY ON MARINE LOADING ARM

Nama mahasiswa : Feizar Fahreza
NRP : 0421164000090
Pembimbing : 1. Nurhadi Siswanto, ST., MT.
2. Dr.Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.

ABSTRACT

PT. Petrokimia Gresik is one of the largest fertilizer producers in Indonesia. In the production process requires chemical raw materials from other chemical producers. Marine Loading Arm (MLA) is the only unloading equipment owned by the *Terminal Untuk Kepentingan Sendiri* (TUKS) of PT. Petrokimia Gresik. This equipment supports all liquid bulk loading and unloading activities, especially imports of chemical raw materials such as NH_3 , H_2SO_4 , and H_3PO_4 . In the Annual Report of the Port Management Department of PT. Petrokimia Gresik in 2018 shows the high demand for liquid chemical raw materials. This requires MLA to work more often than before. Therefore, to minimize the occurrence of failure it is necessary to have a treatment method. Reliability Centered Maintenance is a maintenance method that focuses on increasing the reliability of components in the system. RCM uses the principle of risk management to determine tasks and maintenance schedules appropriately. The RCM process is implemented using ABS Guidance.

Based on the results of this study, there are three types of maintenance tasks, in which category A has 14 maintenance tasks, category B has 21 maintenance tasks, and there are no maintenance tasks in category C. In all maintenance categories for Preventive Maintenance by 54% with 19 tasks, for Condition Monitoring of 37% with 13 tasks, while for Run-To-Failure of 9% with 3 tasks.

Keyword: FMECA, Maintenance Schedule, Marine Loading Arm, RCM

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis haturkan atas rahmat dan kuasa Allah SWT, karena dengan nikmat rahmat, berkat dan karunia-Nya lah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik, lancar dan tepat waktu. Tugas akhir yang berjudul “Implementasi Reliability Centered Maintenance (RCM) Untuk Menentukan Prioritas Perawatan Pada Marine Loading Arm” ini diajukan sebagai salah satu persyaratan kelulusan program strata satu teknik di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam menulis tugas akhir ini, penulis banyak mendapat dukungan dari beberapa pihak seperti sebagai berikut:

1. Allah Subhanahu Wata’ala atas segala nikmat dan kuasa-Nya, serta junjungan besar Nabi Muhammad SAW yang telah memimpin kita ke jalan yang benar,
2. Ayah, ibu, beserta keluarga besar penulis yang selalu memberikan semangat dan doanya setiap hari,
3. Bapak Benny Cahyono, S.T, M.T, Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS,
4. Bapak Nurhadi Siswantoro, S.T, M.T. dan Bapak Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, S.T, M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir penulis,
5. Bapak-bapak karyawan Departemen Pemeliharaan Pelabuhan PT. Petrokimia Gresik yang telah memberikan penulis kesempatan untuk mengambil data serta berdiskusi mengenai tugas akhir yang penulis buat selama di PT. Petrokimia Gresik,
6. Tim penguji bidang DMOM, Bapak Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, S.T, M.T, Bapak Ir. Dwi Priyanta, M.SE, Bapak Ir. Hari Prastowo, M.Sc, Bapak Dr. Eng. Trika Pitana, ST, M.Sc dan Bapak Nurhadi Siswantowo, S.T, M.T.,
7. Bapak Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T., M.Sc, selaku dosen wali penulis selama belajar di Teknik Sistem Perkapalan ITS,
8. Teman- teman Lab DMOM yang telah memberikan tumpangan kepada penulis selama pengerjaan tugas akhir,
9. Keluarga dan teman seperjuangan yang telah memberikan banyak bantuan, doa, dan kasih sayang selama penulis kuliah,
10. Pihak- pihak lainnya yang berperan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat berharap atas segala bentuk saran dan kritik guna penyempurnaan laporan tugas akhir ini. Akhir kata, penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak yang membutuhkan, baik sebagai referensi kegiatan penelitian maupun pengembangan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang.

Gresik, Juli 2020

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAN.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1 Ikhtisar Permasalahan	5
2.2 <i>Marine Loading Arm (MLA)</i>	6
2.2.1 Spesifikasi <i>Marine Loading Arms</i>	7
2.2.2 Proses pada <i>Marine Loading Arm</i>	8
2.2.3 Bagian-Bagian <i>Marine Loading Arm</i>	8
2.3 <i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i>	14
2.3.1 Definisi	14
2.3.2 Manfaat RCM.....	14
2.3.3 Prinsip-Prinsip RCM.....	15
2.3.4 Tujuh Pertanyaan Dasar RCM	15
2.3.5 Langkah-Langkah RCM.....	17

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1 Perumusan Masalah	33
3.2 Studi Literatur	33
3.3 Pengumpulan Data	33
3.4 Mendefinisikan Batasan Sistem	33
3.5 Mengidentifikasi Mode dan Konteks Operasi	33
3.6 Menentukan Definisi Sistem	34
3.7 Mengidentifikasi Diagram Blok Sistem dan Fungsi	34
3.7.1 Diagram Blok	34
3.7.2 Fungsi Sistem	34
3.8 Identifikasi Sistem dengan Metode FMECA	34
3.9 Menentukan <i>Maintenance Task</i>	35
3.10 Kesimpulan dan Saran.....	35
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Identifikasi Pengumpulan Data	37
4.2 Obyek Penelitian	37
4.3 Analisis RCM Berdasarkan <i>ABS Guidance</i>	39
4.3.1 Mode Operasi dan Konteks	39
4.3.2 Definisi Sistem	39
4.3.3 Diagram Blok Sistem dan Fungsi.....	39
4.3.4 Identifikasi Kegagalan Fungsional.....	39
4.3.5 <i>Failure Mode Effects and Critically Analysis (FMECA)</i>	40
4.3.6 <i>Selection of the Failure Management Task</i>	44
4.3.7 <i>Workpackage</i>	46
BAB 5.....	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Data Tonase Bongkar/Muat TUKS Petrokimia Gresik 2014-2018...	2
Gambar 2.1 Data <i>Discharging rate liquid cargo</i>	5
Gambar 2.2 <i>Marine Loading Arm</i>	7
Gambar 2.3 Sketsa Aliran Material	8
Gambar 2.4 Komponen dalam Sistem Hidrolis	9
Gambar 2.5 Tangki Hidrolis (<i>Reservoir</i>)	10
Gambar 2.6 Motor Hidrolis	10
Gambar 2.7 Pompa Hidrolis Tipe <i>External Gear</i>	11
Gambar 2.8 Direction Control Valve	11
Gambar 2.9 <i>Pressure Relief Valve</i>	12
Gambar 2.10 Jalur Pipa Hidrolis	12
Gambar 2.11 Akumulator	13
Gambar 2.12 Tabung Aktuator	13
Gambar 2.13 Contoh Pembagian Kelompok Fungsional	19
Gambar 2.14 Contoh Diagram Blok Sistem	21
Gambar 2.15 Diagram Alir <i>Task Selection RCM</i>	26
Gambar 2.16 Diagram Alir <i>Spares Holding Decision</i>	28
Gambar 3.1 <i>Flow Chart</i> Pengerjaan Skripsi	32
Gambar 4.1 Marine Loading Arm Milik PT. Petrokimia Gresik	38
Gambar 4.2 Hasil Tingkat Keparahan (<i>Severity</i>)	42
Gambar 4.3 Hasil Rekapitulasi Tingkat Risiko	44
Gambar 4.4 Rekapitulasi Kategori Pemeliharaan	45
Gambar 4.5 Tipe Tugas Pemeliharaan	46

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Peralatan Bongkar Muat PT. Petrokimia Gresik.....	1
Tabel 2.1 Komponen Hidrolis <i>Marine Loading Arm</i>	9
Tabel 2.2 Contoh Mode Operasi dan Konteks Operasinya.....	18
Tabel 2.3 Contoh Daftar Fungsi dan Kegagalannya.....	22
Tabel 2.4 Contoh Format FMECA Bottom-Up.....	23
Tabel 2.5 Contoh <i>Failure Management Task</i>	24
Tabel 2.6 Contoh <i>Spares Holding Determination</i>	27
Tabel 4.1 Format Definisi Konsekuensi/Tingkat Keparahan.....	41
Tabel 4.2 Kemungkinan Kriteria Kegagalan.....	42
Tabel 4.3 Risk Matrix.....	43
Tabel 4.4 Analisis Tingkat Kekritisian.....	43

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

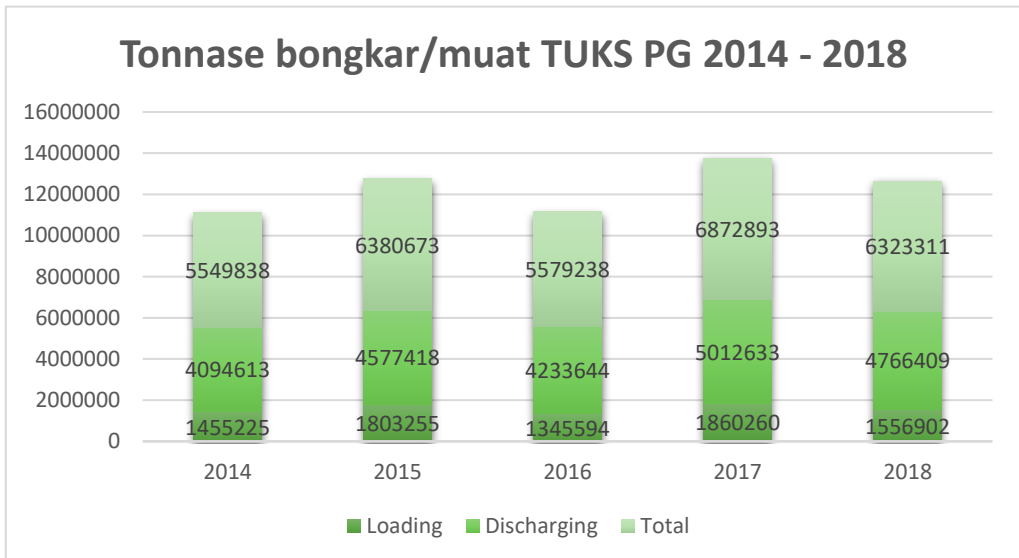
PT. Petrokimia Gresik merupakan salah satu perusahaan pupuk terlengkap di Indonesia. PT. Petrokimia Gresik merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang berada dibawah naungan Pupuk Indonesia Holding Company (PIHC). Produk yang dihasilkan oleh PT. Petrokimia Gresik adalah jenis pupuk urea, *non urea*, dan pupuk organik. Permintaan pupuk dari konsumen, baik di Indonesia maupun mancanegara dipenuhi PT. Petrokimia Gresik melalui kerjasama dengan beberapa *supplier* bahan baku agar kegiatan produksi bisa berjalan sesuai dengan target yang diinginkan. Pengadaan bahan baku dilaksanakan dengan kerjasama antara perusahaan, *supplier* dan *ship owner* untuk mengirimkan bahan baku dari lokasi *supplier* menuju ke Terminal Untuk Kepentingan Sendiri (TUKS) milik PT. Petrokimia Gresik. Untuk aktivitas bongkar menggunakan mesin seperti *Continuous Ship Unloader (CSU)*, *Kangaroo Crane (KC)*, *Fix Grab Unloader (FGU)*, dan *Marine Loading Arm (MLA)*.

Tabel 1.1 Peralatan Bongkar Muat PT. Petrokimia Gresik

Nama Alat	Spesifikasi
<i>Continous Ship Unloader 1 (CSU 1)</i>	1000 ton/jam, Curah
<i>Continous Ship Unloader 2 (CSU 1)</i>	1000 ton/jam, Curah
<i>Kangaroo Crane 1 (KC 1)</i>	500 ton/jam, Curah
<i>Kangaroo Crane 2 (KC 2)</i>	300 ton/jam, Curah
<i>Marine Loading Arm (MLA)</i>	Max Pressure : 10 Bar, Temperature : -40 °C – 40 °C, Liquid
<i>Ship Loader – Non-Aktif</i>	-

Berdasarkan data *Annual Report Pelabuhan 2018* milik Departemen Pengelolaan pelabuhan PT. Petrokimia Gresik, aktivitas bongkar muat di Terminal Untuk Kepentingan Sendiri (TUKS) Petrokimia Gresik cukup tinggi dengan *Berth Occupancy Ratio (BOR)* mencapai sekitar 66,9%. Disisi lain, penjualan produk pupuk juga meningkat hingga 4%

menjadi 5.482.612 ton. Kegiatan distribusi penjualan pupuk paling banyak melalui TUKS Petrokimia Gresik sekitar 86,9% dengan menggunakan transportasi kapal laut.



Gambar 1.1Data Tonase Bongkar/Muat TUKS Petrokimia Gresik 2014-2018

(sumber: *Annual Report 2018 Dep. Lolapel*)

Mengingat tingginya permintaan bongkar/muat serta pentingnya peralatan bongkar/muat, maka pihak Departemen Pengelolaan Pelabuhan membuat kebijakan tentang program dan penjadwalan perawatan terhadap aset perusahaan. Hal ini berguna untuk menjamin kondisi peralatan bongkar/muat tetap dalam kondisi siap digunakan. Namun program perawatan yang telah diterapkan dirasa masih belum optimal, sering kali peralatan bongkar/muat mengalami *downtime* sehingga terjadi keterlambatan waktu bongkar/muat. Oleh sebab itu, perlu adanya suatu metode perawatan yang lain agar bisa mengurangi *downtime*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah untuk menjawab pertanyaan bagaimana solusi yang tepat dalam merekomendasikan kegiatan perawatan terhadap *Marine Loading Arm* agar dapat meningkatkan nilai keandalan dari peralatan tersebut dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

1.3 Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk merekomendasikan kegiatan perawatan terhadap *Marine Loading Arm* untuk meningkatkan nilai keandalan peralatan tersebut dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

1.4 Batasan Masalah

Bahasan masalah pada penelitian ini yaitu peralatan yang dianalisa meliputi sistem penggerak pada *Marine Loading Arm* Petrokimia Gresik dan data yang digunakan adalah riwayat kerusakan peralatan pada periode 17 Desember 2017 – 31 Desember 2019.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan saran yang bisa direkomendasikan kepada pihak pemeliharaan pelabuhan PT. Petrokimia Gresik dalam perawatan yang tepat pada *Marine Loading Arm* dan sistem pompa.
2. Sebagai sarana untuk mengevaluasi dan memperbaiki sistem perawatan pada *Marine Loading Arm* yang telah dilakukan.
3. Sebagai *database* yang dapat digunakan untuk karyawan/staff baru yang minim pengalaman untuk melakukan kegiatan *maintenance*

Halaman ini sengaja dikosongkan

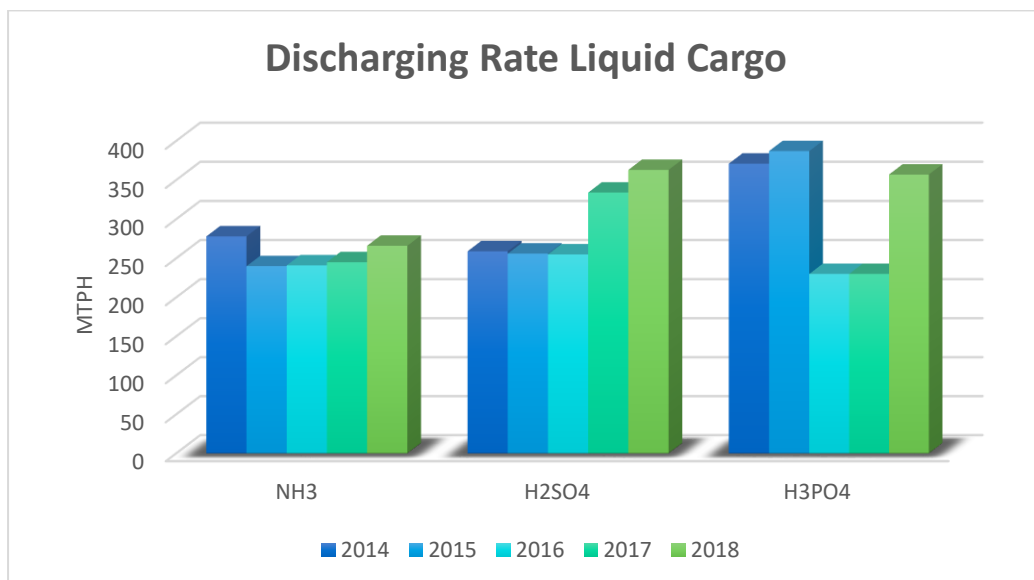
BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini penjelasan terhadap penelitian terdahulu akan diberikan sebagai referensi untuk penelitian ini beserta penjabaran dari berbagai teori yang akan digunakan untuk menyelesaikan kasus pada penelitian ini.

2.1 Ikhtisar Permasalahan

Proses produksi pupuk dari bahan baku jenis curah menjadi produk pupuk kimia memerlukan alur produksi yang panjang. Pengadaan bahan baku pupuk yang diimpor langsung dari luar negeri membutuhkan kapal-kapal besar sebagai transportasi yang efisien. PT. Petrokimia Gresik membuat Terminal Untuk Kepentingan Sendiri (TUKS) yang dilengkapi dengan 6 alat bongkar untuk muatan curah. Salah satu peralatan yang digunakan untuk aktivitas bongkar curah cair adalah *Marine Loading Arm (MLA)*. MLA merupakan salah satu alat bongkar curah cair yang sering digunakan dibandingkan dengan *Loading Arm*. MLA lebih sering digunakan karena lebih simpel dalam pengoperasiannya dan dinilai lebih aman saat proses bongkar. Beberapa jenis cairan kimia yang dibongkar antara lain Amoniak (NH_3), Asam sulfat (H_2SO_4), dan Asam fosfat (H_3PO_4). Berdasarkan data dari *Annual Report* Departemen Pengelolaan Pelabuhan Petrokimia Gresik pada **gambar 2.1**, laju bongkar kargo curah cair terus meningkat tiap tahunnya.



Gambar 2.1 Data *Discharging rate liquid cargo*

(sumber: *Annual Report 2018 Dep. Lolapel*)

Namun seiring berjalannya waktu, alat-alat tersebut telah mengalami berbagai kerusakan. Kegagalan fungsi dari suatu komponen dapat mempengaruhi kinerja dari suatu sistem. Status pada saat alat tidak dapat digunakan karena satu atau beberapa komponen yang mengalami kerusakan disebut dengan istilah *breakdown*. Jika suatu alat mengalami *breakdown*, maka alat tersebut harus segera diperbaiki. Sedangkan waktu yang digunakan untuk memperbaiki alat tersebut disebut dengan istilah *downtime*. *Downtime* inilah yang mengakibatkan kegiatan bongkar bisa molor dari jadwal yang seharusnya, dan hal ini juga berdampak pada kerugian perusahaan.

Peran MLA ini sangat penting pada proses bongkar cairan kimia mengingat MLA merupakan satu-satunya alat bongkar cairan yang masih aktif digunakan sampai sekarang. Untuk mengatasi masalah yang terjadi, maka penelitian ini mencoba untuk mengajukan rencana pemeliharaan menggunakan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

2.2 Marine Loading Arm (MLA)

Pelabuhan PT. Petrokimia Gresik memiliki 4 dermaga untuk memenuhi kebutuhan produksinya. Dermaga utama difungsikan sebagai pusat distribusi bahan baku maupun produk jadi. Produksi pupuk kimia membutuhkan berbagai jenis bahan-bahan kimia berbentuk curah kering maupun curah cair. Di dermaga utama terdapat 4 unit alat bongkar curah (2 unit *Kangaroo Crane* serta 2 unit *Continuous Ship Unloader*) dan 2 unit alat bongkar curah cair (*Marine Loading Arms* dan *Loading Arms*).

Marine Loading Arms (MLA) merupakan salah satu alat bongkar muatan jenis cair (*liquid cargo*) untuk kemudian disalurkan ke tangki-tangki penyimpanan melalui jalur pipa. MLA didatangkan pada tahun 2010 untuk menggantikan LA yang termakan usia. MLA lebih mudah pengoperasiannya karena lengan MLA digerakkan dengan hidrolis dan bisa menyesuaikan pergerakan kapal akibat gelombang air laut sehingga dinilai lebih aman. **Gambar 2.2** merupakan MLA alat bongkar cairan kimia.



Gambar 2.2 Marine Loading Arm

2.2.1 Spesifikasi Marine Loading Arms

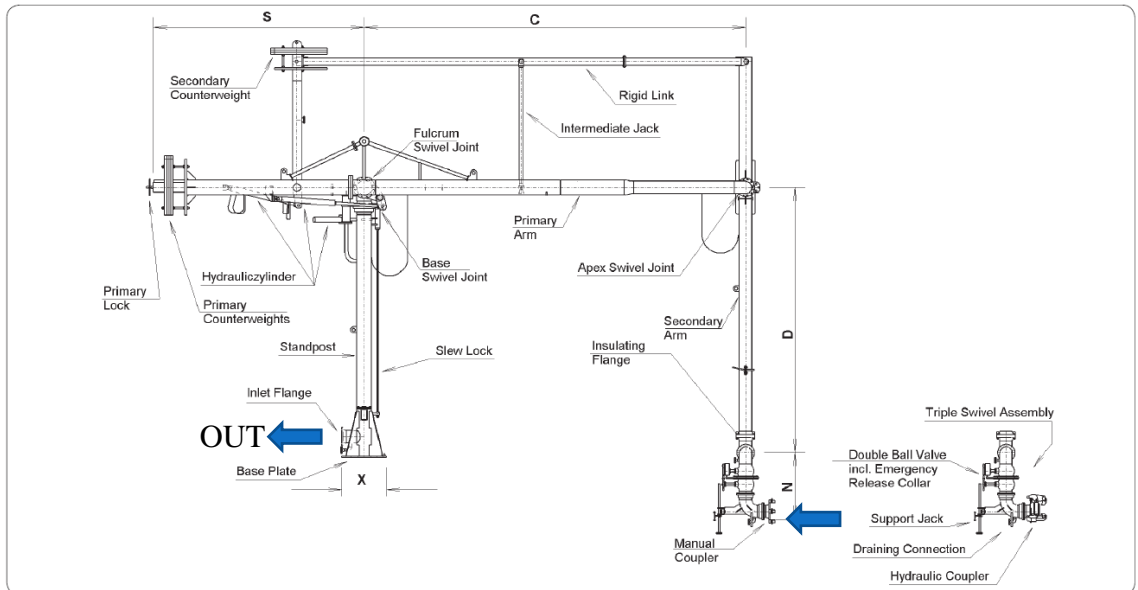
<i>Type</i>	: <i>Hydraulic</i>
<i>Capacity</i>	: <i>330 ton/hour</i>
<i>Maker</i>	: <i>Emco Wheaton</i>
<i>First operating</i>	: <i>2010</i>
<i>Temperature</i>	: <i>-50°C up to 200°C</i>

Marine Loading Arms (MLA) ini berfungsi untuk membongkar bahan baku jenis curah cair. Kapasitas bongkar alat ini mencapai 330 ton/jam. Bahan-

bahan kimia curah cair yang dapat dibongkar dengan MLA antara lain seperti amoniak (NH_3), asam sulfat (H_2SO_4), dan asam fosfat (H_3PO_4).

2.2.2 Proses pada *Marine Loading Arm*

Proses bongkar muatan curah cair dengan MLA melalui beberapa tahapan sebelum berakhir di tangki penyimpanan. Skema aliran menurut data *project guide* Siwertell seperti yang ditunjukkan pada **gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Sketsa Aliran Material

Uraian proses aliran material yaitu :

1. Material bahan baku curah cair dihisap melalui *inlet*
2. Material ditransferkan dari tangki kapal melalui lengan MLA
3. Dari MLA material akan dikeluarkan melalui *outlet* untuk disalurkan ke *piping system*
4. Material akan terkumpul di dalam tangki penyimpanan

2.2.3 Bagian-Bagian *Marine Loading Arm*

Marine Loading Arm merupakan alat yang digunakan untuk memuat atau membongkar muatan kapal tanker. Alat ini dapat dipasang di atas kapal dan di pelabuhan. Dengan desain yang menyediakan keseimbangan akurat di seluruh posisi manuver dan sambungan, alat ini turut serta untuk mengaplikasikan standar keselamatan tinggi dengan pengoperasian yang mudah. Kelebihannya dibandingkan dengan fasilitas pemuatan selang biasa adalah kemudahan penanganan, *availability* yang lebih tinggi, tenaga kerja lebih sedikit, dan sedikit perawatan yang dilakukan oleh pemiliknya.

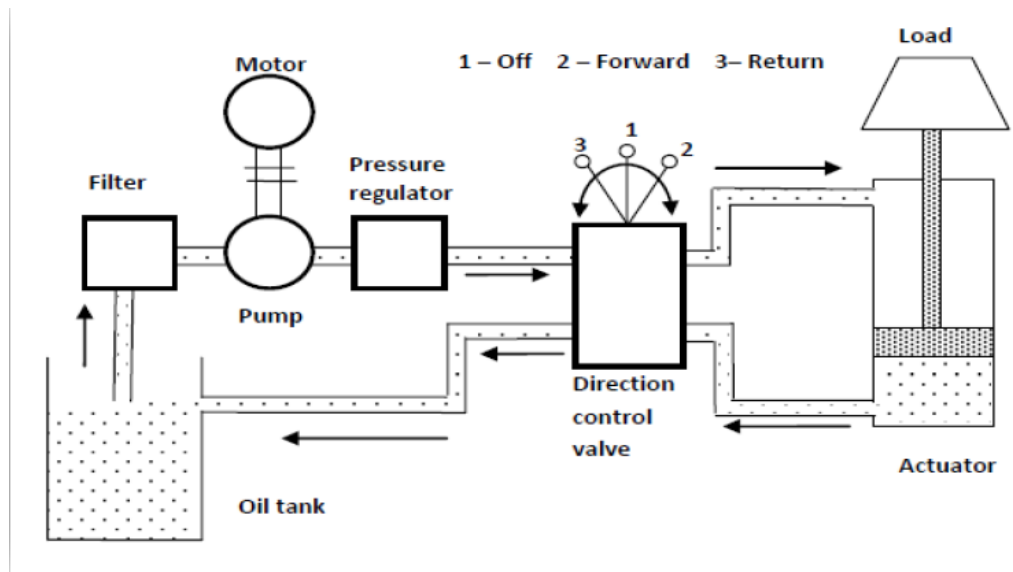
Marine Loading Arm dapat dioperasikan dengan cara manual ataupun hidrolis. Alat ini dioperasikan secara hidrolis di pelabuhan PT. Petrokimia Gresik

untuk meminimalkan tenaga kerja saat pengoperasiannya. Berikut ini merupakan bagian-bagian dari sistem hidrolis *Marine Loading Arm*.

Tabel 2.1 Komponen Hidrolis *Marine Loading Arm*

	Description	Equipment Tag
Hydraulic System MLA	Hydraulic Power Unit	B25M801-HS-HPU
	Emergency Hand Pump	B25M801-HS-EHP
	Hydraulic Tank	B25M801-HS-HT
	Hydraulic Solenoids Valves	B25M801-HS-HSV
	Hydraulic Controls	B25M801-HS-HC
	Hydraulic Accumulator	B25M801-HS-HA
	Eex-ed Electrical Control Panel	B25M801-HS-ECP
	Ex-D Housing	B25M801-HS-EH
	Hydraulic Piping	B25M801-HS-HP

Sistem hidrolis terdiri dari banyak komponen untuk mengoperasikan sistem. Sistem hidrolis adalah rakitan pemancar daya yang menggunakan cairan bertekanan sebagai tenaga untuk mentransmisikan energi dari sumber penghasil energi (*energy-generating source*) ke titik penggunaan energi (*energy-using point*) untuk menyelesaikan pekerjaan (Jadhav, 2015).



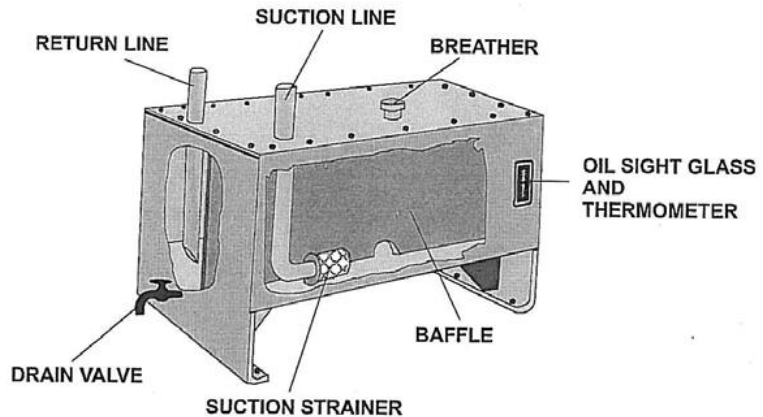
Gambar 2.4 Komponen dalam Sistem Hidrolis

1) *Hydraulic Power Unit*

Power unit merupakan satu istilah yang diberikan untuk suatu kesatuan dari unit sumber tenaga sistem hidrolis. Unit ini terdiri dari beberapa komponen antara lain yaitu :

- a) *Hydraulic Tank (Reservoir)*

Tangki hidrolis merupakan wadah untuk menampung fluida untuk memasok sistem, termasuk cadangan untuk menutupi kerugian akibat kebocoran kecil dan penguapan (Ahmed, 2016). Reservoir dapat dirancang untuk memberikan ruang bagi ekspansi cairan, memungkinkan udara yang masuk dalam fluida keluar, dan membantu mendinginkan fluida.



Gambar 2.5 Tangki Hidrolis (*Reservoir*)

b) Hydraulic Motor

Motor induksi atau asinkron adalah motor listrik AC di mana arus listrik di rotor yang diperlukan untuk menghasilkan torsi diperoleh dengan induksi elektromagnetik (Ganesh, et al, 2014). Motor listrik berfungsi sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan pompa. Motor yang digunakan pada sistem hidrolis MLA ini menggunakan motor berjenis sangkar tupai 3 fasa. Motor induksi sangkar tupai tiga fase banyak digunakan dalam drive industri karena mereka kuat, andal, dan ekonomis.

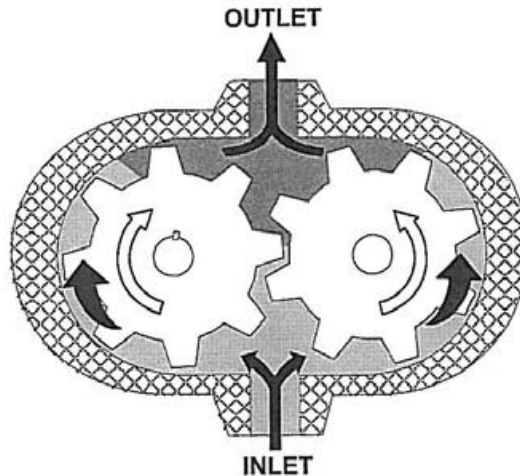


Gambar 2.6 Motor Hidrolis

c) Hydraulic Pump

Pompa hidrolis adalah jantung dari sistem hidrolis. Fungsinya untuk mengubah energi gerak mekanik menjadi energi hidrolis

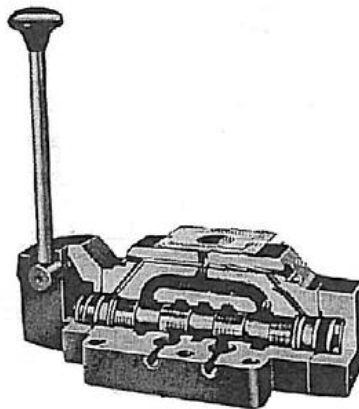
dengan mendorong cairan hidrolis ke dalam sistem. Pompa hidrolis mengubah energi mekanik dari penggerak utama (mesin atau motor listrik) menjadi energi hidrolis (tekanan). Energi tekan digunakan untuk mengoperasikan aktuator. Pompa mendorong cairan hidrolis dan menciptakan aliran.



Gambar 2.7 Pompa Hidrolis Tipe *External Gear*

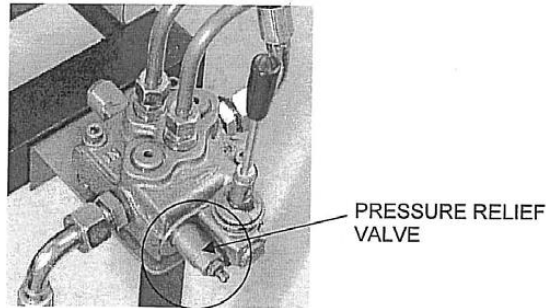
2) *Hydraulic Control Valves*

Katup digunakan dalam sistem hidrolis untuk mengontrol operasi aktuator. Katup mengatur tekanan dengan menciptakan kondisi tekanan khusus dan dengan mengontrol berapa banyak oli yang akan mengalir di bagian sirkuit dan ke mana ia akan pergi. Tiga kategori katup hidrolis adalah kontrol tekanan, kontrol aliran (volume-), dan katup kontrol arah memiliki banyak fungsi, menempatkannya ke dalam lebih dari satu kategori.



Gambar 2.8 Direction Control Valve

Tujuan dari katup *directional* adalah untuk mengirim atau mengarahkan aliran oli ke tempat yang diperlukan (biasanya ke aktuator).

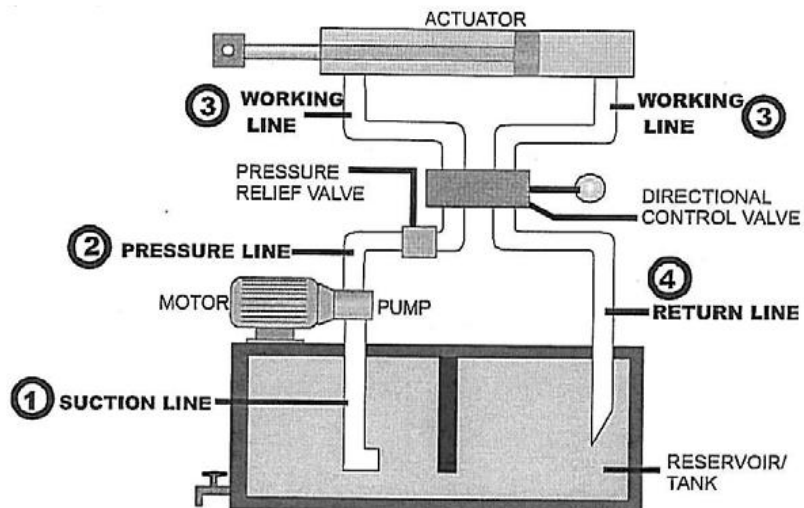


Gambar 2.9 Pressure Relief Valve

Tujuan katup *relief valve* adalah untuk "membatasi" tekanan yang menumpuk di sistem ke tekanan yang "aman". Dengan kata lain, katup ini berfungsi untuk mencegah sistem dari kelebihan beban. Katup pelepas tekanan dapat diletakkan di mana saja di sepanjang jalur tekanan. Namun paling umum untuk menemukan katup ini tergabung dalam katup kontrol arah.

3) Hydraulic Piping/line

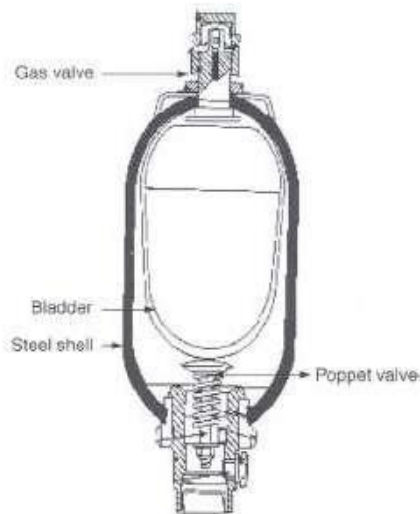
Komponen hidrolis "terhubung" dengan berbagai "jalur" yang terdiri dari pipa dan selang. Jalur-jalur ini mentransmisikan (membawa) aliran minyak dari satu tempat ke tempat lain. Jalur ini terdiri dari dua jenis yaitu *steel tube* atau pipa yang terbuat dari baja dan *flexible hose* atau selang yang terbuat dari karet. Jalur minyak hidrolis ini terbagi menjadi 4 bagian utama yaitu *suction line*, *pressure line*, *working line*, dan *return line*.



Gambar 2.10 Jalur Pipa Hidrolis

4) *Accumulator*

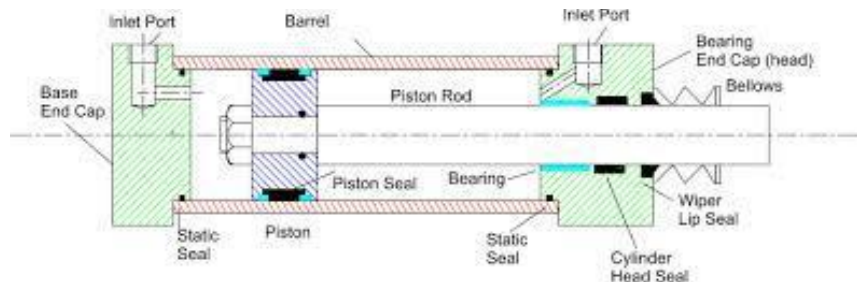
Seperti halnya baterai penyimpan listrik, akumulator hidrolis menyimpan daya potensial, dalam hal ini cairan yang bertekanan. Cairan ini digunakan untuk konversi pada saat dibutuhkan. Pekerjaan ini dapat mencakup operasi silinder dan motor fluida, mempertahankan tekanan sistem yang diperlukan jika terjadi kegagalan pompa atau daya, dan mengkompensasi kehilangan tekanan karena kebocoran. Akumulator dapat digunakan sebagai dispenser cairan dan penghalang fluida dan dapat menyediakan peredam kejut aksi (bantalan).



Gambar 2.11 Akumulator

5) *Actuator (Cylinder)*

Silinder penggerak atau aktuator terdiri dari rumah silinder, satu atau lebih piston dan batang piston, dan satu atau lebih *seal*. Rumah silinder berisi lubang yang dipoles di mana piston beroperasi dan satu atau lebih *port* tempat cairan masuk dan meninggalkan lubang (*port inlet & outlet*).



Gambar 2.12 Tabung Aktuator

2.3 *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

2.3.1 **Definisi**

Reliability adalah karakteristik bawaan dari suatu aset yang terkait dengan kemampuannya untuk mempertahankan fungsi ketika digunakan sebagaimana yang ditentukan (Knezevic, n.d.). *Reliability Centered Maintenance (RCM)* merupakan suatu metode analisis pemeliharaan yang secara sistematis menetapkan tugas-tugas pemeliharaan preventif yang sesuai untuk aset pada frekuensi yang optimal untuk mempertahankan kemampuan sesuai fungsi yang diperlukan selama periode tertentu (Johan O. Asmundvaag, et al 2014). Moubray mendefinisikan RCM dengan dua cara (Moubray, 1997) :

- a) Suatu proses yang digunakan dalam penentuan persyaratan perawatan dari setiap aset fisik dalam konteks operasinya.
- b) Suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk memastikan bahwa setiap aset fisik dapat terus melakukan apa yang diinginkan penggunaannya dalam konteks operasi.

Pada basis standar IEC 60300-3-11 mendefinisikan RCM sebagai pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi tugas pemeliharaan preventif yang efektif dan efisien untuk item sesuai dengan serangkaian prosedur tertentu dan untuk menetapkan interval antara tugas pemeliharaan (Johan O. Asmundvaag, Per Schjøberg, Peter Okoh, 2014). RCM telah terbukti untuk meningkatkan *availability* sistem dengan mencapai sifat keandalan dan keamanannya sembari mengurangi biaya perawatan (Kammerer, 2009).

2.3.2 **Manfaat RCM**

RCM mengatur kebijakan pemeliharaan pada tingkat jenis pabrik atau peralatan. RCM adalah cara yang lebih terstruktur dalam penggunaan metode dan disiplin terbaik. Kekuatan RCM ialah menghasilkan program pemeliharaan yang terencana dan efektif, bahkan dalam situasi dimana tim pengembangan memiliki akses yang sedikit atau tidak ada data historis (S. Fore, A. Mispha, 2010).

- Kelebihan RCM (S. Fore, A. Mispha, 2010) :
 - a) Menurunkan biaya dengan meniadakan perawatan peralatan yang tidak perlu
 - b) Memfokuskan kegiatan perawatan pada komponen sistem kritis
 - c) Meningkatkan keandalan peralatan
 - d) Meminimalkan frekuensi perbaikan
 - e) Memasukkan analisis akar masalah
 - f) Mengurangi kemungkinan kegagalan peralatan secara mendadak
 - g) Menjadi program perawatan yang paling efisien
- Kekurangan RCM (S. Fore, A. Mispha, 2010) :

Biaya awal yang signifikan terkait dengan pelatihan staf dan kebutuhan peralatan yang menyebabkan penarikan dukungan dari

manajemen, sehingga membuat pengenalan tentang RCM mengalami kegagalan.

2.3.3 Prinsip-Prinsip RCM

Terdapat beberapa prinsip-prinsip yang ada pada metode RCM, antara lain (Anon., 2008):

- a) RCM memelihara fungsional sistem, bukan sekadar memelihara agar fungsi sistem atau alat tersebut sesuai dengan harapan.
- b) RCM lebih fokus terhadap fungsi sistem daripada suatu komponen tunggal, yaitu apakah sistem masih dapat menjalankan fungsi utama jika suatu komponen mengalami kegagalan.
- c) RCM berbasiskan pada keandalan yaitu kemampuan suatu sistem atau peralatan untuk terus beroperasi sesuai dengan fungsi yang diinginkan.
- d) RCM bertujuan untuk menjaga keandalan sistem agar tetap sesuai dengan kemampuan yang didesain.
- e) RCM mengutamakan keselamatan daripada masalah ekonomi.
- f) RCM mendefinisikan kegagalan (*failure*) sebagai kondisi yang tidak memenuhi harapan, sebagai ukurannya adalah berjalannya fungsi sesuai *performance standard* yang telah ditetapkan.
- g) RCM harus memberikan hasil yang nyata dan jelas, tugas yang dikerjakan harus dapat menurunkan jumlah kegagalan atau paling tidak menurunkan tingkat kerusakan akibat kegagalan.

2.3.4 Tujuh Pertanyaan Dasar RCM

Terdapat tujuh pertanyaan mendasar terhadap sistem atau aset yang sedang ditinjau. Penjelasan proses RCM oleh Moubray dengan pertanyaan sebagai berikut (Moubray, 1997) :

1. Apa fungsi dan standar performa yang diharapkan dari aset dalam pengoperasiaannya? (fungsi)
Berikut ini merupakan kategori fungsi berdasarkan Moubray :
 - a. Fungsi utama, yang merangkum mengapa aset itu diperoleh sejak awal. Kategori fungsi ini mencakup masalah seperti kecepatan, keluaran, daya dukung atau kapasitas penyimpanan, dan kualitas produk dan *customer service*.
 - b. Fungsi sekunder, yang mengakui bahwa setiap aset diharapkan untuk melakukan lebih dari sekadar memenuhi fungsi utamanya. Para pengguna juga memiliki harapan diberbagai aspek seperti keselamatan, control, pengendalian, kenyamanan, integritas structural, ekonomi, perlindungan, efisiensi operasi, kepatuhan terhadap peraturan lingkungan, dan penampilan aset.
2. Dalam bentuk apa aset tersebut tidak dapat memenuhi fungsinya? (Kegagalan fungsi)

Kegagalan fungsi disebabkan ketika aset tidak dapat memenuhi standar performa yang diterima oleh pengguna. Berdasarkan SAE JA1011, mode kegagalan yang harus dipertimbangkan antara lain :

- a. Kegagalan yang sebelumnya terjadi pada suatu peralatan serupa.
 - b. Kemungkinan kegagalan yang belum pernah terjadi sebelumnya namun bisa mengakibatkan dampak yang serius
 - c. Mode kegagalan pemeliharaan preventif telah dilakukan untuk mencegah kegagalan.
3. Apa penyebab setiap kegagalan? (Mode kegagalan)
Tindakan pemeliharaan dilakukan untuk mengatasi penyebab dan bukan gejala kegagalan.
 4. Apa yang terjadi ketika terjadi kegagalan? (Efek kegagalan)
Pada langkah ini perlu efek kegagalan untuk menggambarkan dampak ketika setiap mode kegagalan terjadi. Semua informasi juga diperlukan untuk mendukung evaluasi konsekuensi kegagalan.
 5. Apa dampak akibat dari masing-masing kegagalan? (Konsekuensi kegagalan)
Kekuatan terbesar dari RCM ialah bahwa ia mengakui bahwa konsekuensi kegagalan lebih jauh daripada karakteristik teknis mereka. Setelah konsekuensi kegagalan telah diidentifikasi, mereka dikategorikan, yang membantu dalam penentuan tugas pemeliharaan yang tepat. Moubray mengategorikan konsekuensi sebagai:
 - a. Konsekuensi kegagalan tersembunyi, yang tidak memiliki dampak langsung tetapi mengekspos organisasi untuk beberapa kegagalan dengan konsekuensi serius, seringkali bencana.
 - b. Konsekuensi keselamatan atau lingkungan: kegagalan ini melukai atau membunuh seseorang. Konsekuensi lingkungan melanggar standar perusahaan, regional, nasional, dan lingkungan.
 - c. Konsekuensi operasional, yang mempengaruhi produksi (output, kualitas produk, layanan pelanggan, atau biaya operasi, selain biaya perbaikan langsung).
 - d. Konsekuensi non-operasional: kegagalan nyata yang melibatkan biaya perbaikan langsung.
 6. Apa yang harus dilakukan untuk mencegah kegagalan? (Tindakan preventif dan intervalnya)
 7. Apa yang seharusnya dilakukan jika tindakan proaktif yang sesuai tidak dapat ditemukan? (Tindakan default)
RCM menyediakan bagan keputusan terperinci untuk setiap mode kegagalan.

2.3.5 Langkah-Langkah RCM

Untuk penerapan RCM diperlukan langkah-langkah untuk memulainya. Berikut ini merupakan langkah-langkah yang harus ditempuh proses RCM berdasarkan ABS yaitu (Shipping, 2016):



Gambar 2.3 Langkah-Langkah Utama RCM

(ABS Guide for Surveys, 2016)

Langkah-langkah utama dalam pelaksanaan metode RCM merupakan bentuk proses yang secara struktur dan sistematis dalam pengidentifikasian sistem atau mesin yang akan dianalisa secara komprehensif serta menghasilkan hasil yang terintegrasi antar sistem. Berikut ini merupakan penjelasan dari masing-masing langkah-langkah utama RCM :

- 1) *Operating Modes and Context*
Untuk mendefinisikan karakteristik operasi dengan benar, berbagai mode untuk aset atau peralatan harus diidentifikasi. Konteks operasi

harus dikembangkan untuk setiap tingkat hirarki mesin. Contoh mode operasi, beserta konteks operasinya ditunjukkan oleh tabel di bawah ini:

Tabel 2.2 Contoh Mode Operasi dan Konteks Operasinya

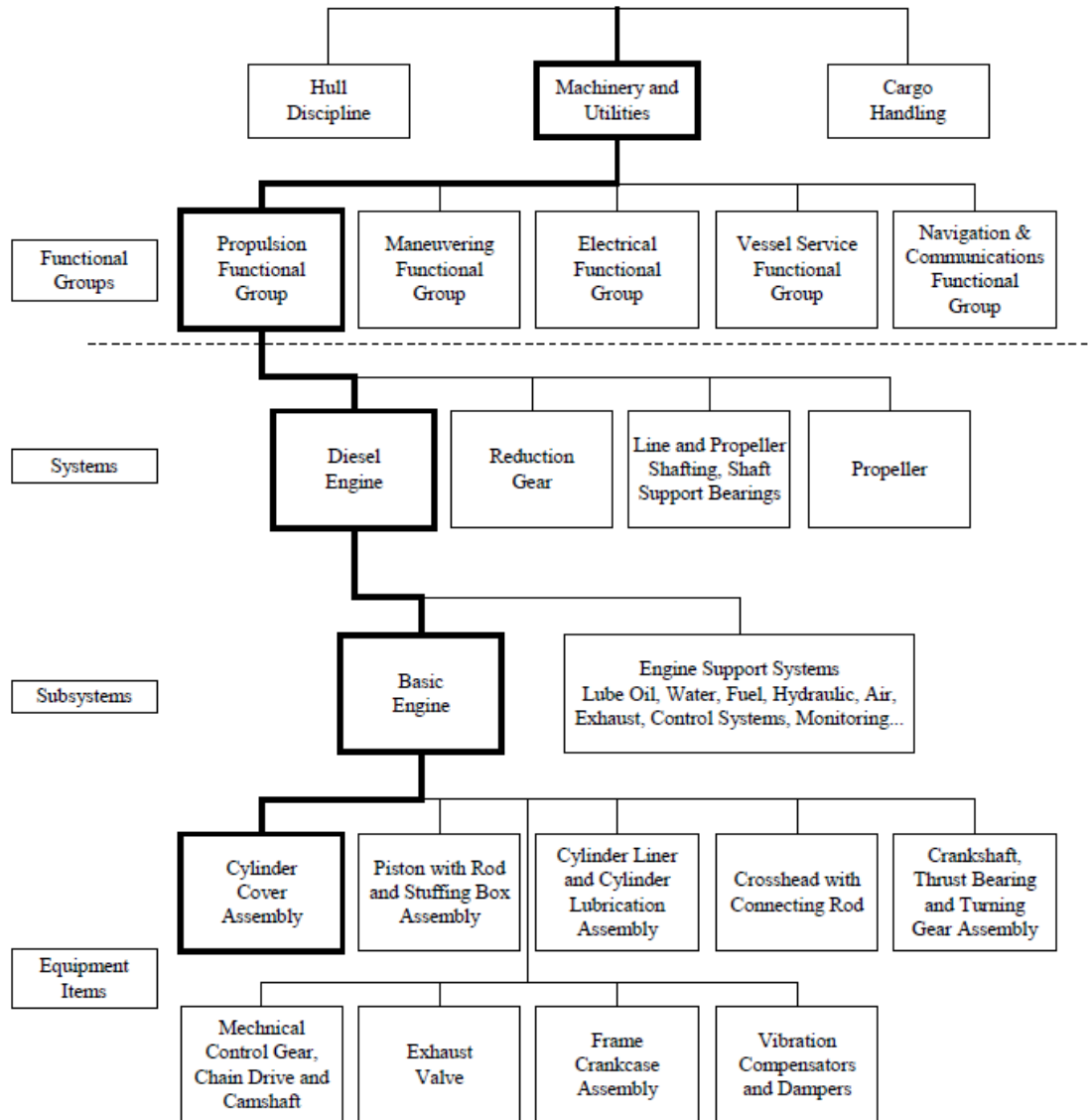
(Sumber: ABS Guide for Surveys, 2016)

<i>Operating Context of Diesel Engine</i>				
The propulsion system consists of a <i>Manufacturer Diesel Type Model Number</i> low-speed diesel engine rated 16,860 kW MCR at 91 RPM, coupled directly to a shaft supported by one intermediate bearing and two stern tube bearings, and driving a fixed pitched propeller.				
<i>Common Characteristic</i>	<i>Operating Modes</i>			
	<i>At Sea</i>	<i>Congested Waters</i>	<i>Manoeuvring</i>	<i>Cargo Handling</i>
Environmental Parameters	Nominal ambient air temperature at 25°C (range from -29°C to 45°C). Barometric air pressure (dry) at 101.3 kPa (abs) Nominal sea water inlet temperature at 32°C (range from -2°C to 50°C)	Dependent on geographical location. If ports to visit are known, list environmental parameter ranges.	Dependent on geographical location. If ports to visit are known, list environmental parameter ranges.	Not used
Manner of Use	Propels vessel at 20 knots at 85% of MCR. Capable of continous operation for up to 22 days. Single-engine installation.	Propels vessel from 2 to 10 knots, with reversing and stopping capabilities.	Propels vessel from 2 to 10 knots, with reversing and stopping capabilities, and assists in mooring.	Not used
Performance Capability	To output 16,860 kW at 91 RPM; controllable from bridge, centralized control station and locally	To output 30 to 85 RPM; reversing at 63 RPM; controllable from bridge, centralized control station and locally	To output 30 to 85 RPM; reversing at 63 RPM; controllable from bridge, centralized control station and locally	Not applicable

2) System Definition

Setiap sistem yang dipilih untuk analisis RCM harus didefinisikan. Definisi sistem melibatkan:

- Pembagian kelompok fungsional aset ke dalam sistem (sebagaimana diperlukan karena kompleksitas), *item* peralatan, dan komponen



Gambar 2.13 Contoh Pembagian Kelompok Fungsional
(ABS Guide for Surveys, 2016)

- Pengembangan lebih lanjut dari deskripsi naratif untuk setiap kelompok fungsional, sistem, *item* peralatan dan komponen.

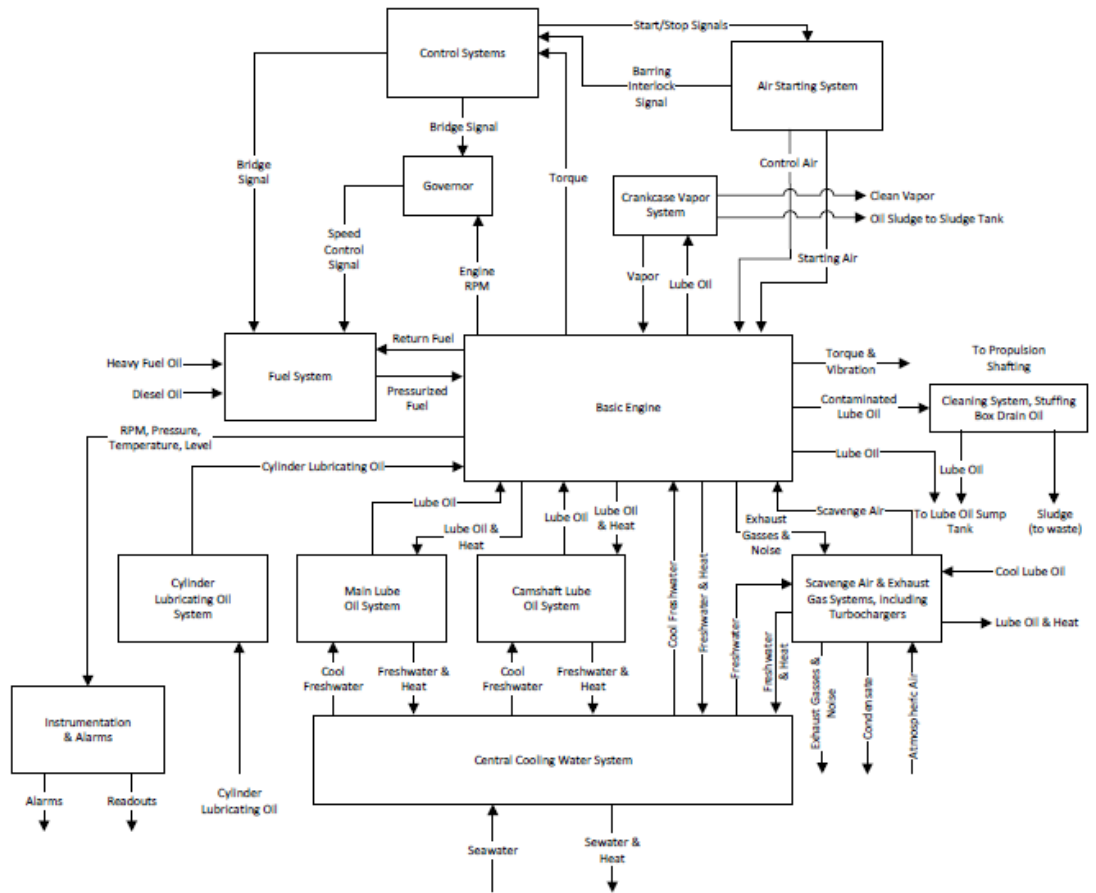
3) *System Block Diagram and Functions*

Fungsi untuk kelompok fungsional, sistem, item peralatan, dan komponen harus diidentifikasi. Saat mengidentifikasi fungsi, mode operasi yang berlaku dan konteks operasi harus terdaftar. Semua fungsi harus diidentifikasi dengan jelas.

Block diagram akan dikembangkan menunjukkan urutan aliran fungsional dari kelompok fungsional, baik untuk pemahaman teknis tentang fungsi dan operasi sistem dan untuk analisis selanjutnya.

Minimal, diagram blok mengandung:

- a. Partisi grup fungsional ke dalam sistem, item peralatan, dan komponen
- b. Semua input dan output berlabel yang sesuai dan nomor identifikasi dimana setiap sistem secara konsisten menjadi referensi
- c. Semua redundansi, jalur sinyal alternatif, dan fitur teknik lainnya yang menyediakan ukuran "fail-safe"



Gambar 2.14 Contoh Diagram Blok Sistem
(ABS Guide for Surveys, 2016)

4) *Identification of Functional Failure*

Daftar kegagalan fungsional untuk setiap fungsi yang diidentifikasi dalam diagram blok sistem dan fungsinya harus diidentifikasi untuk masing-masing kelompok fungsional, sistem, item peralatan, dan komponen.

Setiap kegagalan fungsional harus didokumentasikan dalam pernyataan kegagalan fungsional yang berisi kata kerja, objek, dan deviasi fungsional. Contoh fungsi dan kegagalan fungsional ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.3 Contoh Daftar Fungsi dan Kegagalannya

(Sumber: ABS Guide for Surveys, 2016)

Equipment Item: Low speed diesel engine for main propulsion, driving a controllable pitch propeller				
<i>Function</i>			<i>Functional Failure</i>	
<i>Item No.</i>	<i>Function Statement</i>	<i>Function Type</i>	<i>Item No.</i>	<i>Functional Failure Statement</i>
1	Transmit 16,860 kW of power at 91 RPM to the propulsion shafting	Primary	1.1	No transmission of power to the propulsion shafting
			1.2	Transmits less than 16,860 kW of power to propulsion shafting
			1.3	Transmits more than 16,860 kW of power to propulsion shafting
			1.4	Operates at less than 91 RPM
			1.5	Operates at more than 91 RPM
2	Exhaust engine gases after the turbochargers are to be in the range 275°C to 325°C	Secondary	2.1	Exhaust gases are less than 275°C
			2.2	Exhaust gases are more than 275°C

5) *Failure Mode Effects and Critically Analysis (FMECA)*

FMECA harus dipertimbangkan menggunakan pendekatan bottom-up, mulai dari tingkat detail terendah yang diidentifikasi selama partisi sistem. Contoh format FMECA bottom-up ditunjukkan seperti di bawah ini:

Tabel 2.4 Contoh Format FMECA Bottom-Up
(Sumber: ABS Guide for Surveys, 2016)

Item	Failure Mode	Causes	Failure Characteristic	Local Effects	Functional Failures	End Effects	Matrix	Severity	Current Likelihood	Current Risk	Failure Detection/Corrective Measures
15.1	Fails off while running (on-line pump) (evident)	Pump motor failure Pump seizure Pump motor control failure Pump coupling failure	Random failure, Wear-out failure Random failure, Wear-out failure Random failure, Wear-out failure Wear-out failure	Interruption of lubrication to the camshaft, requiring the standby pump to be started	No flow of lubricant to the camshaft	Brief shutdown of the engine until standby lube oil pump is started	Propulsion	Minor	Remote	Low	Upon low pressure, sensor sends signal to automatic changeover controller which starts standby pump
15.2	Starts prematurely/operates too long (standby pump)					No effect of interest					
15.3	Operates at degraded head/flow performance (on-line pump) (evident)	Worn pump gears	Wear-out failure	Insufficient pressure or flow of lubricant to the camshaft, resulting in a low pressure alarm and requiring standby pump to be started	Flows less than 10.3 m ³ /hr of lubricant to the camshaft Flows lubricant to the camshaft at a pressure less than 4 bar	Brief engine shutdown until the standby pump is operating	Propulsion	Minor	Remote	Low	Upon low pressure, sensor sends signal to automatic changeover controller which starts standby pump

6) *Selection of the Failure Management Tasks*

Semua penyebab setiap mode kegagalan harus dievaluasi. Tugas manajemen kegagalan yang tepat harus dipilih untuk semua tindakan korektif. Semua rekomendasi perawatan dari pabrikan (manufacturer) harus dipertimbangkan selama pemilihan tugas manajemen kegagalan. Jika perubahan atau penghapusan rekomendasi pabrikan dilakukan, ini harus didokumentasikan dalam analisis. Jenis tugas yang harus diidentifikasi adalah sebagai berikut:

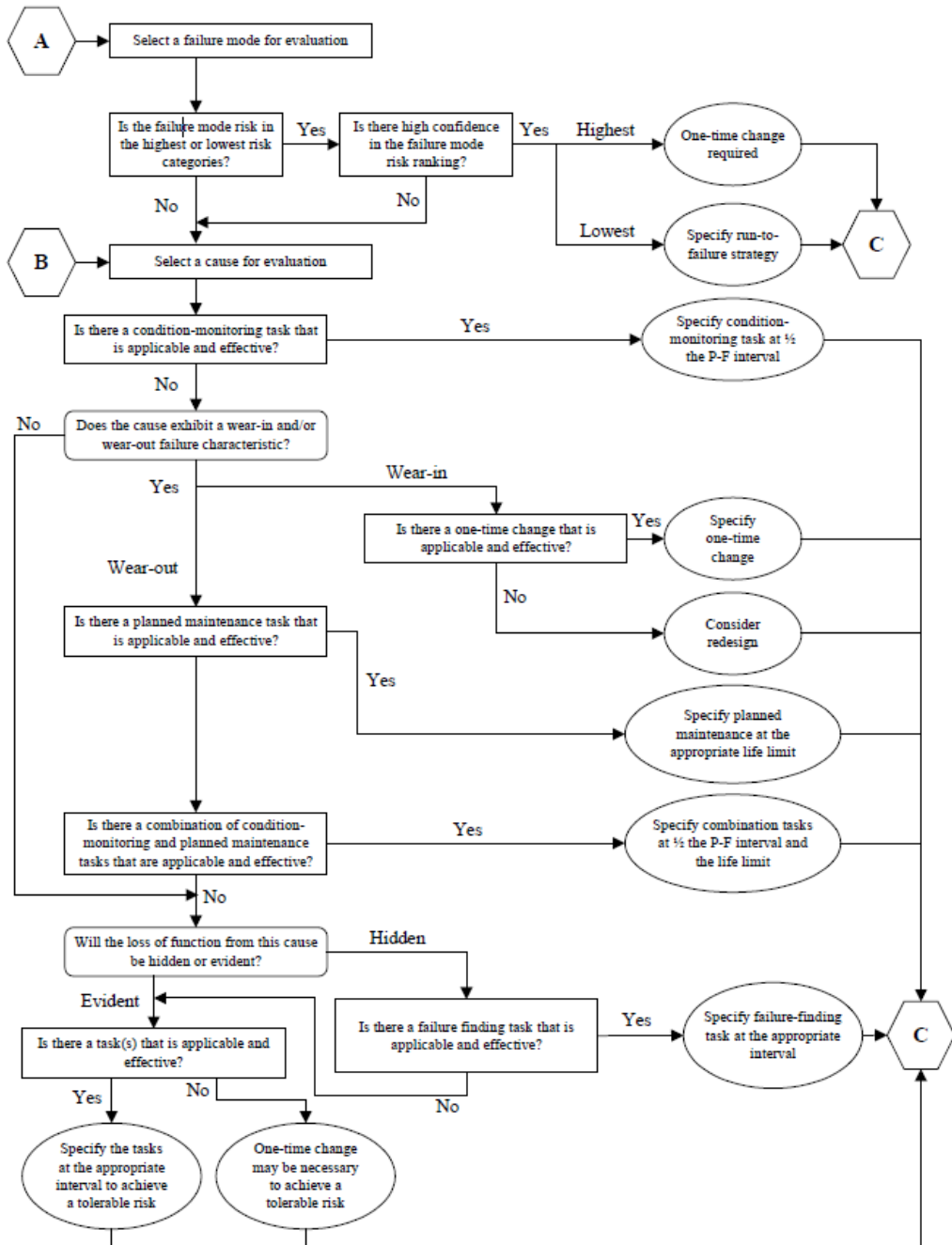
1. *Condition Monitoring (CM)*
2. *Planned Maintenance (PM)*
3. *Combination of CM and PM (CM/PM)*
4. *Failure Finding (FF)*
5. *One-time Charge (OTC)*
6. *Run-to-Failure (RTF)*
7. *Any Applicable and Effective Task (AAET)*

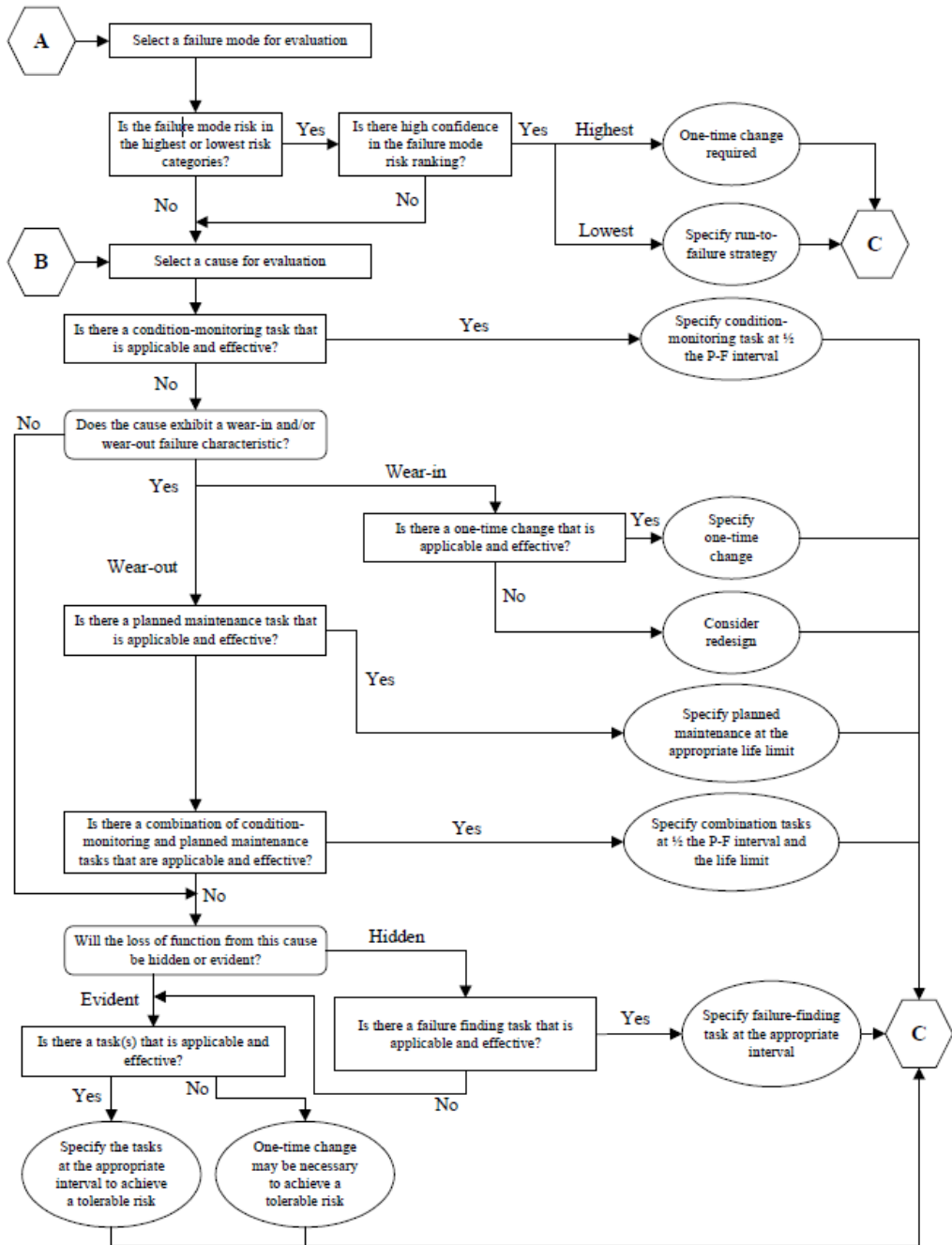
Tabel 2.5 Contoh *Failure Management Task*

(Sumber: ABS Guide for Surveys, 2016)

<i>Equipment Item/Component Failure Characteristic</i>	<i>Suggested Failure Management Task</i>
Wear-in failure	Eliminate or reduce wear-in Condition-monitoring task to detect onset of failure One-time change or redesign
Random failure	Condition-monitoring task to detect onset of failure Failure-finding task to detect hidden failure One-time change or redesign
Wear-out failure	Condition-monitoring task to detect onset of failure Planned-maintenance task Failure-finding task to detect hidden failure

Dan berikut merupakan diagram alir yang merupakan *Logic Tree Analysis (LTA)* dalam pemilihan tugas (*task selection*) untuk menentukan *failure management task* yang tepat pada analisa RCM.





Gambar 2.15 Diagram Alir Task Selection RCM
(ABS Guide for Surveys, 2016)

7) *Critical Spare Holding Determination*

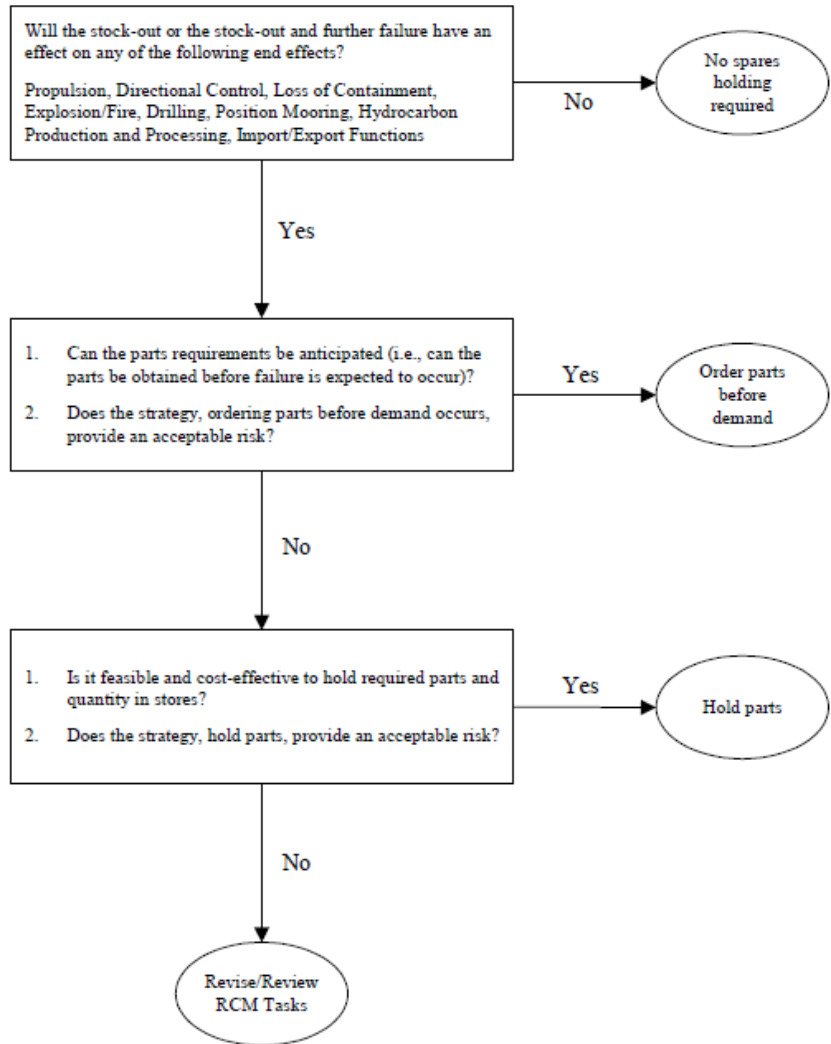
Agar jadwal perawatan yang diusulkan dapat berjalan, penting agar suku cadang yang mendukung tugas pemeliharaan yang diidentifikasi tersedia pada waktu yang tepat.

Tabel 2.6 Contoh *Spares Holding Determination*

(Sumber: ABS Guide for Surveys, 2016)

Maintenance Category:		Category A, B or C						
Functional Group:		Indicate group name, e.g., Propulsion						
System:		Indicate system name						
Equipment Item:		Indicate equipment item name						
Component:		Indicate component name						
<i>Task</i>	<i>Task Type</i>	<i>Item No.</i>	<i>Out-of-Stock Effect</i>	<i>Risk due to out-of-stock</i>			<i>Procedure No. or Class Reference</i>	<i>Spare Parts Identification</i>
				<i>Order parts before demand</i>	<i>Hold parts</i>	<i>Revise/Review RCM Tasks</i>		
Visual inspection of the cooling water passages with a borescope	CM	1.3, 1.5	Yes	Low			MA 901-3.1	-Cooling water connection O-rings
Removal and function testing of the cylinder puncture valve	PM	1.2	Yes		Medium		MA 911-2	-Cleaning solvent -Valve seat O-rings -Cooling water connection O-rings
Replacement of the cylinder cover O-ring	PM	1.1	Yes	Medium			MA 901-1	-Cylinder cover sealing ring -Cooling water connection O-rings
Removal and function testing of the cylinder relief valve	PM	1.2	Yes	Medium			MA 911-2	-Cleaning solvent -Valve seat O-rings -Cooling water connection O-rings

Berikut ini merupakan diagram alir untuk menentukan suku cadang yang disediakan pada interval waktu tertentu.



Gambar 2.16 Diagram Alir Spares Holding Decision
(ABS Guide for Surveys, 2016)

8) *Sustainment Plan*

Untuk perencanaan keberlanjutan (*sustainment plan*), rencana untuk perbaikan lanjutan harus diserahkan ke kantor teknik. Analisis akan dilakukan untuk semua peralatan dan sistem yang diusulkan untuk pendaftaran dalam program RCM. Selanjutnya, laporan RCM tahunan harus disiapkan untuk ditinjau oleh surveyor yang hadir pada survei konfirmasi tahunan. Studi terperinci tentang

sistem atau mesin yang menjadi subjek analisis RCM harus dilakukan melalui penggunaan gambar sistem, gambar item peralatan, dokumen yang berisi persyaratan perawatan untuk sistem, *item* atau komponen peralatan, dan pengalaman operator.

Dokumentasi analisis RCM terdiri dari beberapa langkah dimana untuk setiap langkahnya terdiri topik-topik berikut yang harus didokumentasikan yakni:

1. Hasil langkah analisis
2. *Tools* dalam pengambilan keputusan yang digunakan
3. Informasi terkait lainnya yang terkait dengan langkah (asumsi, peralatan dikecualikan dari analisis)

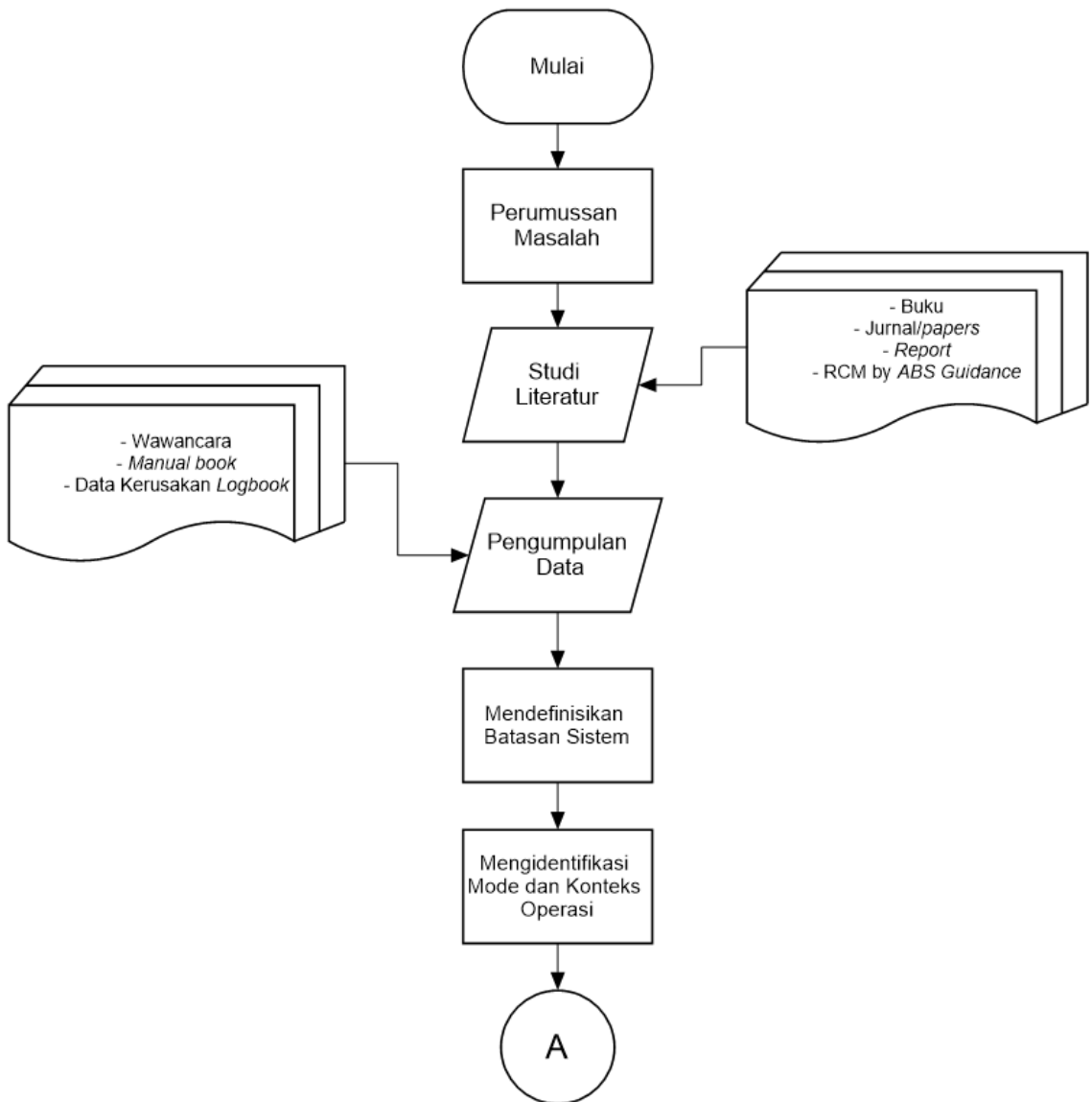
Berdasarkan tugas pemeliharaan yang diidentifikasi dalam analisis RCM, rencana pemeliharaan harus dikembangkan dan didokumentasikan sesuai dengan program pemeliharaan preventif.

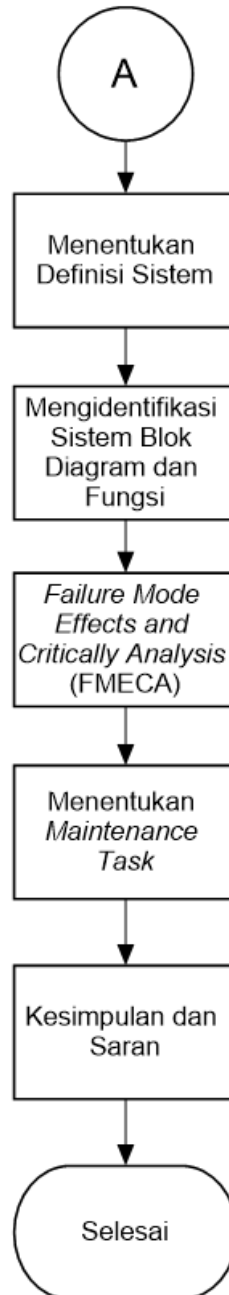
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang penjelasan tahapan penelitian yang termasuk langkah-langkah atau prosedur yang harus dilakukan, waktu yang dibutuhkan, data yang diperlukan, dan cara yang digunakan. Berikut ini adalah tahapan yang akan dilakukan pada penelitian ini yang dapat dilihat pada **Gambar 3.1**





Gambar 3.1 *Flow Chart* Pengerjaan Skripsi

3.1 Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan langkah awal untuk mengidentifikasi suatu masalah yang akan dijadikan latar belakang penulisan penelitian. Tahap ini memiliki tujuan untuk menjelaskan latar belakang, merumuskan masalah, menetapkan tujuan yang akan dicapai, dan menetapkan batasan yang akan membantu dalam penulisan serta penyelesaian masalah.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk merangkum teori dasar, acuan secara umum dan khusus, serta mendapatkan berbagai macam sumber informasi pendukung. Studi literature bisa dilakukan dengan cara membaca dan merangkum isi buku, jurnal, skripsi yang berhubungan, ataupun dengan melakukan diskusi dengan dosen pembimbing. Hasil studi literatur nantinya akan digunakan sebagai acuan untuk menentukan langkah-langkah dalam penyelesaian masalah.

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data digunakan sebagai objek penelitian. Data-data yang dikumpulkan oleh penulis diperoleh dari Departemen Pemeliharaan Pelabuhan PT. Petrokimia Gresik. Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

1. Data peralatan bongkar/muat yang ada di Pelabuhan PT. Petrokimia Gresik.
2. Data historis kerusakan mesin bongkar/muat yang ada di Pelabuhan PT. Petrokimia Gresik.
3. Data waktu kerusakan dan waktu perbaikan masing-masing mesin bongkar/muat yang ada di Pelabuhan PT. Petrokimia Gresik.
4. Penyebab kerusakan yang terjadi pada mesin bongkar/muat yang ada di Pelabuhan PT. Petrokimia Gresik.
5. Cara perbaikan yang dilakukan terhadap kerusakan mesin.

3.4 Mendefinisikan Batasan Sistem

Pada penelitian ini, peralatan yang dianalisa adalah *Marine Loading Arm (MLA)*. Berdasarkan sistem kerja bongkar amoniak cair, MLA bertindak sebagai *connector* antara pipa kapal dengan pipa di daratan yang digerakkan menggunakan motor hidrolis. Beberapa sub-sistem tersebut saling terintegrasi dan ketika terjadi kegagalan pada satu sub-sistem, maka akan berpengaruh pada proses bongkar amoniak.

3.5 Mengidentifikasi Mode dan Konteks Operasi

Mode operasi digunakan untuk menentukan konteks operasi setiap item yang akan diidentifikasi. Identifikasi mode operasi terbagi menjadi tiga kategori :

- Parameter lingkungan berdasarkan aset fungsional beroperasi.
- Penggunaan berdasarkan fungsi operasionalnya.
- Kemampuan performa yang ditentukan dari grup fungsional.

Pengembangan konteks operasi bertujuan untuk memberi pertimbangan pada kinerja atau kualitas, pengaturan sistem, standar keselamatan dan lingkungan, dan juga cara operasi. Konteks operasi dikembangkan pada setiap tingkat hierarki. Keterkaitan

fungsional dari sistem pada kelompok fungsional akan dijelaskan melalui blok diagram atau diagram *fault-tree* dalam bentuk narasi agar memungkinkan efek kegagalan dapat dipahami secara komprehensif.

3.6 Menentukan Definisi Sistem

Pada sistem yang akan dianalisis RCM harus didefinisikan dengan cara :

1. Pembagian grup fungsional ke dalam sistem, subsistem, peralatan/item, serta komponen.
2. Pengembangan lebih lanjut dari deskripsi naratif pada setiap kelompok fungsional, sistem, item, serta komponen.

Deskripsi naratif pada setiap tingkat hierarki dan persyaratan fungsional akan dikembangkan dan memberikan informasi berikut :

1. Gambaran secara umum operasi dan struktur.
2. Hubungan fungsional dari setiap item atau komponen peralatan.
3. Pertimbangan setiap mode operasi pada batas kinerja fungsional yang dapat diterima dari item atau komponen.
4. Kendala yang dihadapi dalam operasional.

3.7 Mengidentifikasi Diagram Blok Sistem dan Fungsi

Semua fungsi harus diidentifikasi termasuk fungsi pada grup fungsional, sistem, item, dan komponen. Saat mengidentifikasi fungsi, mode operasi dan konteks operasi harus tercatat dengan baik.

3.7.1 Diagram Blok

Diagram blok digunakan untuk pengembangan yang menunjukkan urutan aliran fungsional, baik teknis tentang fungsi dan operasi sistem. Diagram blok harus berisi minimal :

1. Grup fungsional yang dibagi menjadi sistem, item, serta komponen.
2. Semua input dan output berlabel sesuai dengan nomor identifikasi.
3. Semua redundansi, jalur sinyal alternatif, dan fitur teknik lainnya yang menunjukkan ukuran tindakan “*fail-safe*”.

3.7.2 Fungsi Sistem

Standar kinerja merupakan persyaratan minimum yang dapat diterima untuk konteks operasi dibandingkan dengan kemampuan desain sistem. Standar kinerja harus diidentifikasi secara jelas karena digunakan untuk menentukan kegagalan. Fungsi harus dikategorikan sebagai berikut :

1. *Primary functions*, yaitu fungsi pokok yang menjadi alasan mengapa ada kelompok fungsional atau item atau komponen.
2. *Secondary functions*, merupakan tambahan untuk fungsi-fungsi utama pada sistem.

3.8 Identifikasi Sistem dengan Metode FMECA

Pemodelan kegagalan tiap *equipment* dan pendeskripsianannya. Setelah ditentukan *failure mode* pada sub sistem, tahap selanjutnya menentukan efek dari masing – masing

kegagalan yang terjadi, atau biasa disebut dengan *Failure Modes, Effect and Critically Analysis* (FMECA). Setelah ditentukan *failure mode* maka di dapatkan data *failure effect*. *Failure effect* inilah yang menentukan jenis *maintenance task* apa saja yang harus dilakukan. Dari FMECA ini dapat dilakukan penentuan tingkat ke kritisitas aset. Untuk memperoleh nilai ke kritisitas pada komponen maka dapat dilakukan dengan cara mengkonversi nilai dari *probability rating* terhadap nilai *consequence rating* yang telah ditentukan dengan menggunakan matriks risiko perusahaan.

3.9 Menentukan Maintenance Task

Hasil dari penelitian ini adalah menentukan *maintenance task*. Penjadwalan dan *Maintenance task* diperoleh dari analisis FMECA sebelumnya. Rangkaian *maintenance task* berupa *work package* yang menggambarkan strategi perawatan berdasarkan RCM. Pembuatan *work package* berupa *spreadsheet* yang hasilnya akan diserahkan kepada perusahaan sebagai rekomendasi terkait dengan hal perawatan pada *Marine Loading Arm*.

3.10 Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan tahap akhir yang dilakukan pada penelitian ini. Tahapan ini berisi tentang simpulan dari proses yang telah dilakukan dan menjawab atas permasalahan yang diambil. Selain pengambilan kesimpulan, pemberian saran atas penelitian juga dilakukan untuk koreksi atas kekurangan dan ketidaksempurnaan penelitian yang telah dilakukan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Pengumpulan Data

Data yang diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik diperoleh dengan tiga cara yaitu, pengamatan di lapangan, wawancara dengan karyawan, dan pengambilan data informasi berupa *technical data*, dan dokumentasi-dokumentasi lain yang berkaitan dengan sistem tersebut. Data-data tersebut dapat dijelaskan seperti berikut ini.

1. Pengamatan di Lapangan
 - Pengamatan dilakukan untuk mengetahui sistem perawatan, yaitu bagaimana perusahaan bisa mengatasi *breakdown* dengan metode perawatannya.
2. Wawancara
 - Wawancara dilakukan untuk mengetahui aktivitas perawatan, yaitu bagaimana para pegawai berkoordinasi dengan atasan atau departemen lain.
3. Data perusahaan
 - Data spesifikasi MLA, untuk mengetahui spesifikasi komponen yang terpasang pada alat tersebut.
 - Data Operasional, untuk mengetahui tentang riwayat operasional MLA.
 - Data Kerusakan dan Perbaikan, untuk mengetahui seberapa sering komponen mengalami kerusakan.
 - PID dan PFD, untuk melihat diagram alir sistem yang terdapat di MLA.

4.2 Obyek Penelitian

Tahap pertama pada metode *Reliability Centered Maintenance* adalah dengan memilih obyek yang akan dianalisa. Penelitian ini meneliti tentang *Marine Loading Arm* yang dimiliki oleh PT. Petrokimia Gresik. Setelah mempelajari data-data yang telah diperoleh dari perusahaan, dipilihlah sistem hidrolis. Berikut ini merupakan data-data spesifikasi dari *Marine Loading Arm*.



Gambar 4.1 Marine Loading Arm Milik PT. Petrokimia Gresik

Informasi Umum Marine Loading Arm	
Tahun Pembuatan	2010
Pembuat	Emco Wheaton
Tipe	B0030
Design Pressure	10 Bar
Design Temperature	-40 - 40°C
Berat	13,5 ton
Spesifikasi Motor Penggerak	
Pembuat	SIEMENS
Tipe	Motor 3 fasa
Frekuensi	50Hz

Power	5,0 kW
RPM	1445
Spesifikasi Pompa	
Tipe	External Gear Pump

4.3 Analisis RCM Berdasarkan *ABS Guidance*

4.3.1 Mode Operasi dan Konteks

Untuk menentukan karakteristik operasi, berbagai mode operasi harus diidentifikasi. Mode operasi yang digunakan untuk penentuan konteks operasi dapat ditunjukkan pada **Lampiran 1**.

Saling keterkaitan antar fungsi pada sistem yang dipilih dalam grup fungsional harus dijelaskan melalui penggunaan diagram blok dalam format naratif agar lebih mudah untuk dipahami. Daftar mode kegagalan untuk setiap sistem yang akan dianalisis akan dikembangkan dengan mempertimbangkan pengaturan sistem, kinerja atau standar kualitas, standar lingkungan, standar keselamatan, dan cara operasi.

4.3.2 Definisi Sistem

Definisi sistem meliputi pembagian grup fungsional, sistem, subsistem, dan komponen. Pembagian tiap kelompok dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan *top-down* sampai tingkat rincian tercapai untuk mengidentifikasi batas-batas komponen. Pembagian dari penelitian ini dapat ditunjukkan pada **Lampiran 2**.

4.3.3 Diagram Blok Sistem dan Fungsi

Diagram blok menunjukkan urutan dari aliran grup fungsional, pemahaman teknis fungsi, dan operasi sistem dan untuk analisis selanjutnya. Diagram blok sistem juga dapat diketahui efek dan urutan kejadian yang akan dan mungkin terjadi karena kegagalan dari komponen. Jadi jika terjadi suatu kegagalan, maka sistem atau komponen lain yang terpengaruh terhadap kegagalan dapat diketahui dari diagram blok sistem. Pada **Lampiran 3** telah ditunjukkan diagram blok sistem.

4.3.4 Identifikasi Kegagalan Fungsional

Saat mengidentifikasi fungsi, mode operasi yang berlaku dan konteks operasi harus didaftar. Standar kinerja adalah untuk menunjukkan persyaratan minimum yang dapat diterima untuk konteks operasi daripada kemampuan desain. Standar kinerja dibagi menjadi dua, fungsi primer dan fungsi sekunder.

Daftar kegagalan fungsional untuk setiap fungsi yang diidentifikasi untuk setiap kelompok fungsional, sistem, dan komponen. Setiap kegagalan fungsional harus didokumentasikan dalam pernyataan kegagalan fungsional

yang berisi kata kerja, objek, dan deviasi fungsional. Kegagalan fungsional dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

4.3.5 *Failure Mode Effects and Critically Analysis (FMECA)*

Untuk setiap mode kegagalan, FMECA harus menunjukkan semua kerugian-kerugian fungsional, tingkat keparahan, probabilitas kegagalan dan risiko yang dihasilkannya. Kategori konsekuensi harus dipertimbangkan dalam FMECA ketika mode kegagalan secara langsung memulai konsekuensi.

4.3.5.1 *Identifikasi Mode Kegagalan*

Mode Kegagalan adalah suatu cara dimana kegagalan dapat teramati. Mode kegagalan mungkin memiliki lebih dari satu penyebab, oleh karena itu semua penyebab independen yang potensial untuk setiap mode kegagalan harus diidentifikasi. Setiap mode kegagalan dapat memengaruhi kinerja, keselamatan, keandalan, dan berpotensi menyebabkan kegagalan yang fatal. Karakteristik kegagalan pada setiap mode kegagalan harus diidentifikasi menjadi tiga seperti, *wear-in failure*, *random failure*, dan *wear-out failure*. Dalam penelitian ini, mode kegagalan diperoleh dari berbagai sumber, riwayat perbaikan, OREDA, dan rekomendasi pembuat.

4.3.5.2 *Efek Kegagalan*

Efek kegagalan pada setiap mode kegagalan harus didaftar sebagai *local effect*, *functional failure* dan *end effect*. *Local effect* menjelaskan tentang perubahan awal dalam komponen atau peralatan saat mode kegagalan terjadi. *Local effect* akan berlanjut ke *End effect* yang merupakan penggambaran efek keseluruhan yang akan terjadi.

4.3.5.3 *Deteksi Kegagalan*

Untuk informasi berikut perlu dimasukkan ke dalam kolom deteksi kegagalan/tindakan perbaikan pada lembar kerja FMECA :

1. Alat deteksi kegagalan, seperti perangkat peringatan/alarm yang dapat terlihat dan terdengar (*visible & audible*), perangkat penginderaan otomatis, instrumentasi *sensing*, atau indikasi lainnya. Apabila kegagalan dapat terdeteksi dengan instrumen-instrumen tersebut maka diberi istilah "*evident*".
2. Ketika deteksi kegagalan tidak dapat ditunjukkan maka istilah "*hidden*" harus diberikan.

4.3.5.4 *Analisis Kekritisan*

Analisis kekritisan dilakukan untuk menjadi bagian dari proses perancangan sistem. Analisis kekritisan dimulai sebagai part yang utuh dari proses desain awal dan kemudian diperbarui seiring dengan perkembangan desain. Analisis ini menghasilkan ukuran relatif dari efek mode kegagalan terhadap keberhasilan operasi dan keamanan sistem. Analisis kekritisan dapat terselesaikan setelah efek lokal dan

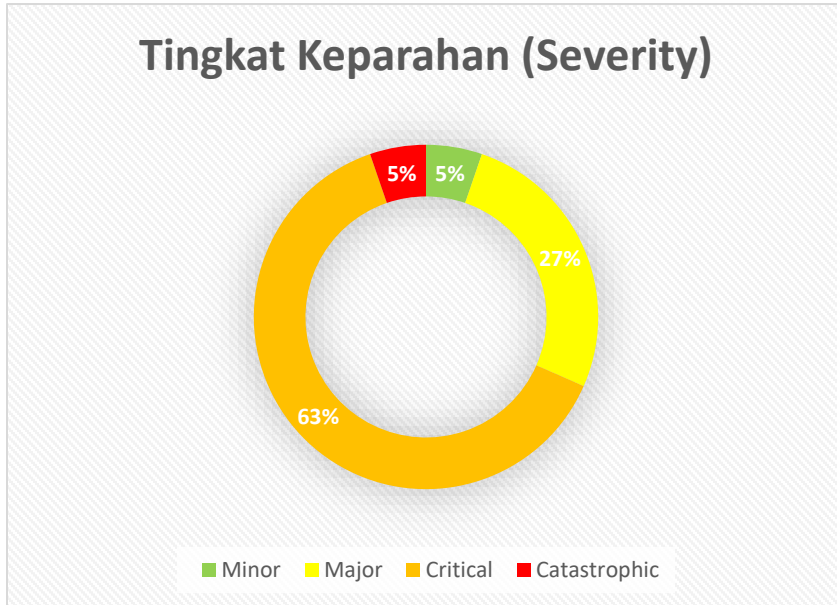
efek akhir dari kegagalan telah dievaluasi. Hasil dari analisis kekritisan dapat ditunjukkan seperti pada lembar FMECA di **Lampiran 5**. *Logic Tree Analysis* pada **Lampiran 6**, seerta solusi yang diusulkan pada **Lampiran 7**.

Tingkat keparahan konsekuensi harus dijelaskan dan didefinisikan menggunakan format tabel *ABS Guide* seperti tabel berikut

Tabel 4.1 Format Definisi Konsekuensi/Tingkat Keparahan

Severity Level	Description for Severity Level	Definition for Severity Level	Applicable to Functional Groups for
1	Minor, Negligible	Function is not affected, no significant operational delays. Nuisance.	Propulsion Directional Control Drilling Position Mooring (Station Keeping) Hydrocarbon Production and Processing Import and Export Functions
2	Major, Marginal, Moderate	Function is not affected, however failure detection/corrective measures not functional. OR Function is reduced resulting in operational delays.	
3	Critical, Hazardous, Significant	Function is reduced, or damaged machinery, significant operational delays	
4	Catastrophic, Critical	Complete loss of function	

Hasil yang diperoleh dari analisis tingkat keparahan terhadap sistem hidrolis *Marine Loading Arm* ditunjukkan pada **Gambar 4.2**. Terdapat 5% tingkat keparahan *minor*, 27% tingkat keparahan *major*, 63% tingkat keparahan *critical*, dan 5% tingkat keparahan *catastrophic*.



Gambar 4.2 Hasil Tingkat Keparahan (*Severity*)

Untuk kemungkinan kegagalan (*Likelihood*), terdapat lima kategori untuk mendeskripsikan dan mendefinisikan kemungkinan kegagalan, seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 4.2**. Rentang waktu kejadian berdasarkan angka kejadian per tahun berdasarkan *ABS Guidance*.

Tabel 4.2 Kemungkinan Kriteria Kegagalan

Likelihood Description	Description
Improbable	Fewer than 0.001 events/year
Remote	0.001 to 0.01 events/year
Occasional	0.01 to 0.1 events/year
Probable	0.1 to 1 events/year
Frequent	1 more events/year

Matriks risiko juga harus dibuat sesuai dengan *ABS Guidance* seperti contoh format yang ditunjukkan dalam **Tabel 4.3**. Matriks ini dapat dikembangkan untuk kategori grup fungsional dan konsekuensi. Selama pengembangan matriks risiko, tingkat risiko dari kemungkinan dan keparahan tertentu mungkin bervariasi ketika membandingkan kategori fungsional dan konsekuensi.

Tabel 4.3 Risk Matrix

Severity Level	Likelihood of Failure				
	Improbable	Remote	Occasional	Prbobable	Frequent
4	Medium	Medium	High	High	High
3	Low	Medium	Medium	Medium	High
2	Low	Low	Meedium	Medium	High
1	Low	Low	Low	Medium	Medium

Untuk memperoleh nilai kekritisan pada setiap komponen dapat dilakukan dengan cara mengkonversi nilai dari *severity level* terhadap nilai *likelihood* yang telah ditentukan. Tingkat kekritisan dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Kegagalan fungsional pada nomor item 1 termasuk dalam matriks *loss of containment* yang memiliki tingkat keparahan (*severity*) yang tergolong tinggi (*critical*). Penilaian frekuensi kemungkinan kegagalan (*current likelihood*) berdasarkan kegagalan fungsional tersebut masuk ke dalam tingkat *remote* yakni kemungkinan terjadinya kegagalan tersebut berkisar antara 0.001 hingga 0.01 kali kejadian per tahun berdasarkan perhitungan *probability of failure* (PoF). Hal tersebut menyebabkan penilaian terhadap resiko pada kegagalan fungsional tersebut masuk ke dalam kategori resiko menengah (*medium*).

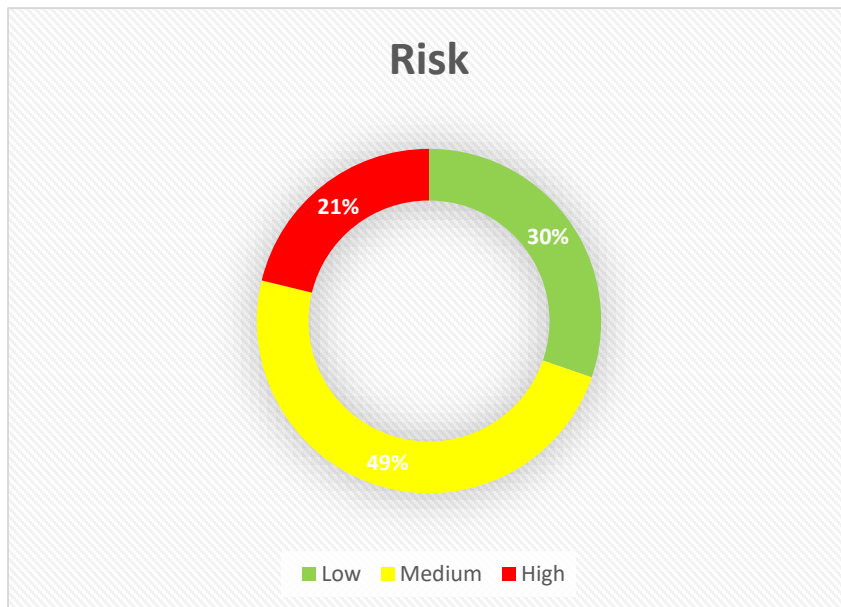
Tabel 4.4 Analisis Tingkat Kekritisan

No. Item	Failure Mode	Causes	Failure Characteristic	Local effects	Functional Failure
1	Kerusakan pada shaft travel motor (Evident)	Putaran motor disalurkan oleh shaft travel motor dari motor listrik ke pompa. Terjadinya korosi pada shaft travel motor akan mengurangi gesekan sehingga pemindahan daya dari motor ke pompa tidak sempurna (berkurang)	Random Failure	Berkurangnya kecepatan yang disalurkan dari motor listrik	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar

End Effect	Matrix	Severity	Current Likelihood	Current Risk	Failure Detection
Putaran yang dihasilkan pompa tidak mencapai 180bar	Loss of Containment	Critical	Remote	Medium	Kerusakan dapat terdeteksi secara visual dengan pengecekan secara berkala

Deteksi kegagalan fungsional dapat diketahui dengan inspeksi visual secara berkala. Untuk hasil analisis FMECA dari setiap kegagalan item lainnya ditampilkan pada **Lampiran 5**.

Berikut ini merupakan rekapitulasi dari analisis tingkat risiko FMECA pada sistem hidrolis MLA yang ditunjukkan pada **Gambar 4.3**. Terdapat 30% risiko rendah, 49% risiko sedang, dan 21% risiko tinggi.



Gambar 4.3 Hasil Rekapitulasi Tingkat Risiko

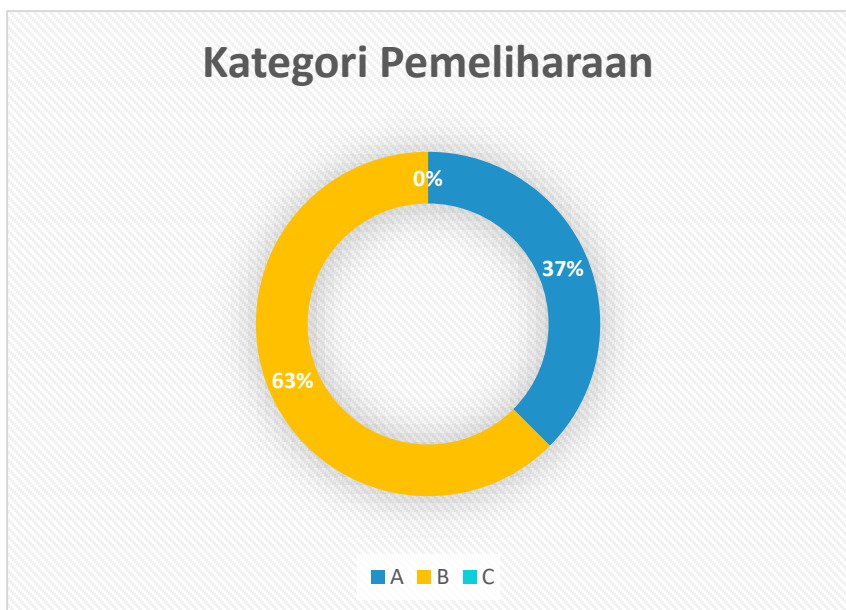
4.3.6 Selection of the Failure Management Task

Tugas-tugas pemeliharaan dapat diidentifikasi dalam setiap langkah yang terorganisir berdasarkan beberapa macam kategori :

- Kategori A – Dapat dilakukan di lokasi (di laut, *offshore*) oleh personil mekanik ditempat.
- Kategori B – Harus dilakukan bersamaan oleh vendor peralatan atau fasilitas di daratan.
- Kategori C – Harus dilakukan di galangan.

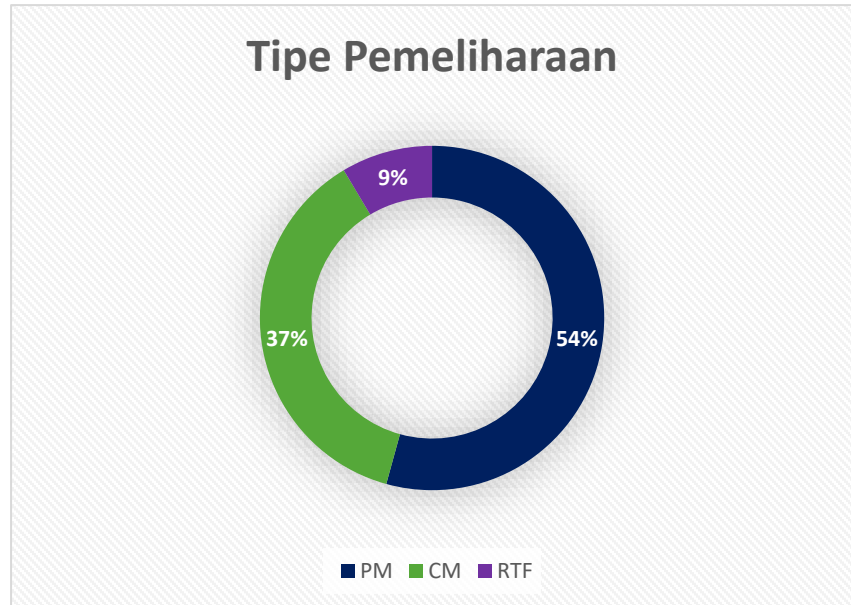
Setiap tindakan yang diajukan untuk menangani mode kegagalan yang terjadi di analisis FMECA, akan dibagi menjadi beberapa kategori. Untuk mengkategorikannya berdasarkan tugas pemeliharaan yang sesuai dengan rekomendasi pemeliharaan. Terdapat *Preventive Maintenance* (PM), *Condition Monitoring* (CM), *Failure Finding* (FF), dan *One-Time Change* (OTC). Langkah-langkah penentuan tipe pemeliharaan berdasarkan *Logic Tree Analysis* yang ditunjukkan pada **Lampiran 6**. Kemudian hasil *Logic Tree Analysis* akan menentukan rekomendasi tindakan di lembar FMECA seperti pada **Lampiran 7**.

Gambar 4.4 menunjukkan rekapitulasi dari kategori pemeliharaan analisis FMECA. Terdapat 37% yang termasuk dalam kategori pemeliharaan A, 63% kategori pemeliharaan B, dan 0% kategori pemeliharaan C.



Gambar 4.4 Rekapitulasi Kategori Pemeliharaan

Gambar 4.5 menunjukkan hasil rekapitulasi tipe tugas pemeliharaan dari semua kategori. Terdapat 54% tipe *Preventive Maintenance*, 37% tipe *Condition Monitoring*, dan 9% tipe *Run-To-Failure*.



Gambar 4.5 Tipe Tugas Pemeliharaan

Rangkuman dari tipe-tipe pemeliharaan dapat dilihat pada **Lampiran 8**. Setiap tindakan pemeliharaan dianalisa untuk menentukan tipe pemeliharaan yang tepat. Untuk menentukan tipe pemeliharaan diputuskan berdasarkan *logic tree analysis* sesuai referensi *ABS Guidance*.

4.3.7 Workpackage

Setelah menentukan tipe tugas pemeliharaan, kemudian dapat disusun *workpackage* yang dibuat per alat. *Workpackage* ini tersusun atas interval pemeliharaan, pelaksana pemeliharaan, dan tugas pemeliharaan apa saja yang harus dilakukan. Penyusunan ini didasarkan pada *manual book* dan tugas pemeliharaan yang telah dilakukan. Untuk tabel lebih jelasnya dapat dilihat pada **Lampiran 9**.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini untuk menentukan prioritas perawatan *Marine Loading Arm* digunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Proses analisis yang dilakukan menggunakan data riwayat perbaikan tahun 2017-2018 dan berbagai sumber yang lainnya. Berdasarkan pada alokasi tugas pemeliharaan dan analisis perencanaan, maka didapatkan hasil seperti berikut :

1. Terdapat tiga macam kategori tugas pemeliharaan, dimana kategori A memiliki 14 tugas pemeliharaan, kategori B memiliki 21 tugas pemeliharaan, dan tidak ada tugas pemeliharaan kategori C.
2. Terdapat 35 tugas pemeliharaan di semua kategori. Untuk *Preventive Maintenance* sebesar 54% dengan 19 tugas, untuk *Condition Monitoring* sebesar 37% dengan 13 tugas , sedangkan untuk *Run-To-Failure* sebesar 9% dengan 3 tugas.Rekomendasi utama tugas pemeliharaan adalah *Preventive Maintenance* dan *Condition Monitoring* untuk meningkatkan waktu operasional.

5.2 Saran

Terdapat beberapa saran untuk meningkatkan akurasi dari hasil penelitian ini, antara lain :

1. Perlu data kerusakan yang lebih spesifik untuk pengembangan penelitian ini.
2. Perhitungan analisis biaya pemeliharaan bisa ditambahkan dengan tujuan analisis RCM lebih efektif dan efisien.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, S. M., 2016. Study on the Basic Components of Hydraulic Systems. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, Volume 39, pp. 268-273.
- Anon., 2008. RCM GUIDE. In: *Reliability-Centered Maintenance For Facilities and Collateral Equipment*. s.l.:National Aeronautics and Space Administration, pp. 3-4.
- Ganesh, S. K., Ramakrishnan, J., Selvaraj, D. E., Ganesan, J., Ramathilagam, J., Dhilip, B., Jeyakumar, N., Vinayagamoorthy, C., 2014. A Review on Maintenance of Induction Motor. *Journal Club for Electrical Engineering (JCEE)*, Volume 1, pp. 68-74.
- Jadhav, S. R., 2015. Design of Hydraulic System - A Review. *International Journal of Trend in Research and Development*, Volume 2 (5), pp. 356-360.
- Johan O. Asmundvaag, Per Schjøberg, Peter Okoh, 2014. *Reliability Centered Maintenance*. 1st ed. Norway: Norsk Forening for Vedlikehold.
- Kammerer, C. C., 2009. Reliability Centered Maintenance - Methodologies. pp. 1-5.
- Knezevic, J., n.d. Reliability, Maintainability and Supportability. In: *A Probabilistic Approach*. London: McGraw-Hill Book Company, p. 11.
- Moubray, J., 1997. *Reliability Centered Maintenance II*. New York: Industrial Pres Inc..
- Pelabuhan, D. P., 2018. *Annual Report*, Gresik: s.n.
- Pratiwi, M. N., 2020. Implementation Reliability Centered Maintenance (RCM) Method For The Main Engine Of Tugboat X To Select Maintenance Task and Schedule.
- S. Fore, A. Mispha, 2010. PREVENTIVE MAINTENANCE USING RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE (RCM): A CASE STUDY OF A FERROCHROME MANUFACTURING COMPANY. *South African Journal of Industrial Engineering*, 21(1), pp. 207-235.
- Shaoping Wang, Mileta Tomovic, Hong Liu, 2016. Aircraft Hydraulic Systems. In: *Commercial Aircraft Hydraulic Systems*. Shanghai: Shanghai Jiaotong University Press, pp. 53-114.

Shipping, A. B. o., 2016. *GUIDE for SURVEYS BASED ON MACHINERY RELIABILITY AND TECHNIQUES*. Houston, USA: American Bureau of Shipping.

Sukandar, R. A., 2019. Penentuan Maintenance Task pada Rotary Equipment dengan Metode RCM II (Studi Kasus: Liquid Incenerator Badak LNG).

Utomo, M. R. W., 2018. PERENCANAAN PERAWATAN MESIN PUMP 107 DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DI. *JURNAL ENERGI DAN TEKNOLOGI MANUFAKTUR(JETM)*, Volume 01, pp. 33-38.

Vinade, C. A., 2003. *SYSTEMATIZATION OF THE DESIGN PROCESS FOR RELIABILITY AND MAINTAINABILITY APPLIED TO HYDRAULIC SYSTEMS AND IMPLEMENTATION OF A SPECIALIST SYSTEM*, Florianopolis: s.n.

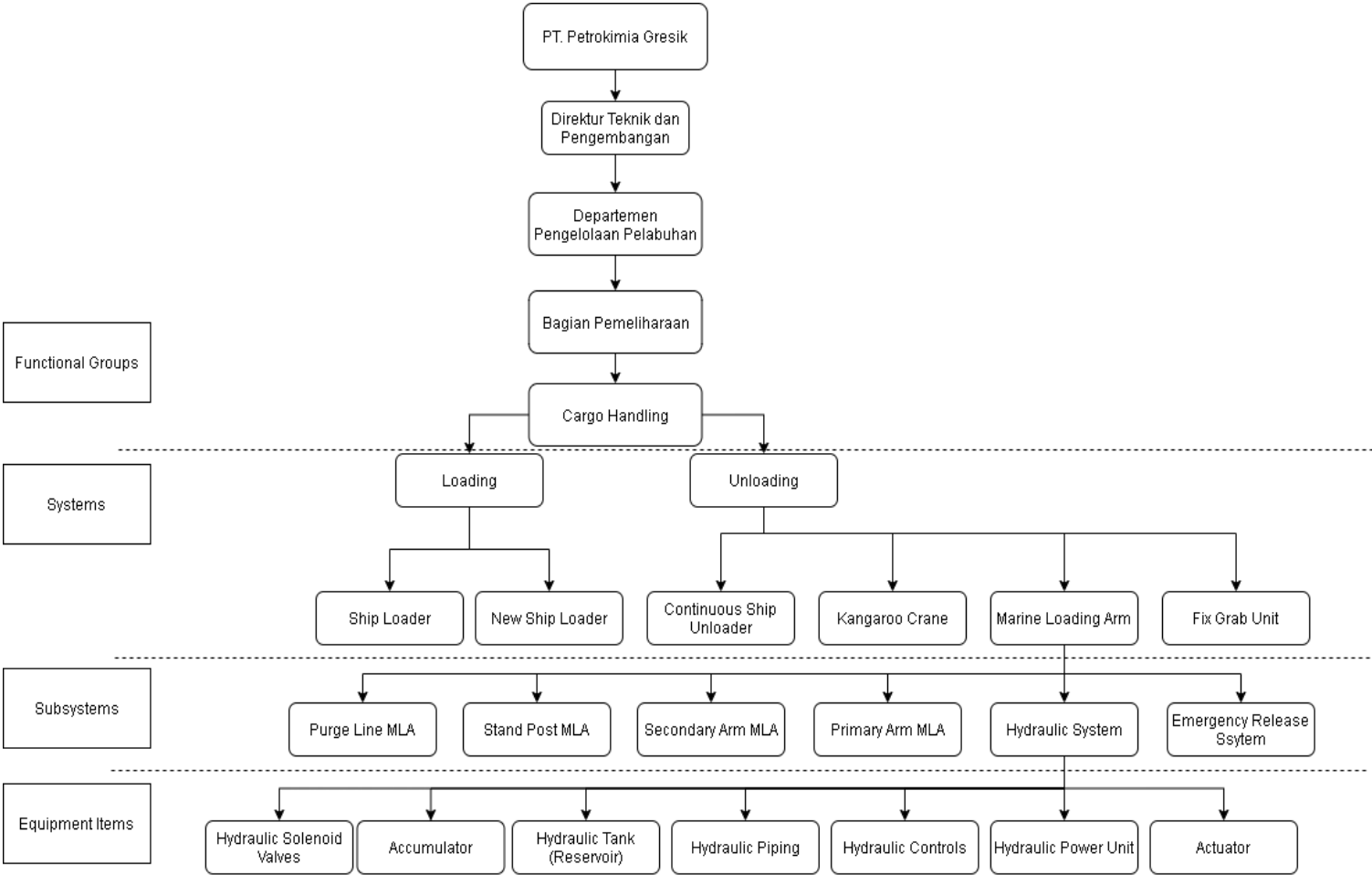
LAMPIRAN 1 : OPERATING MODES AND CONTEXT

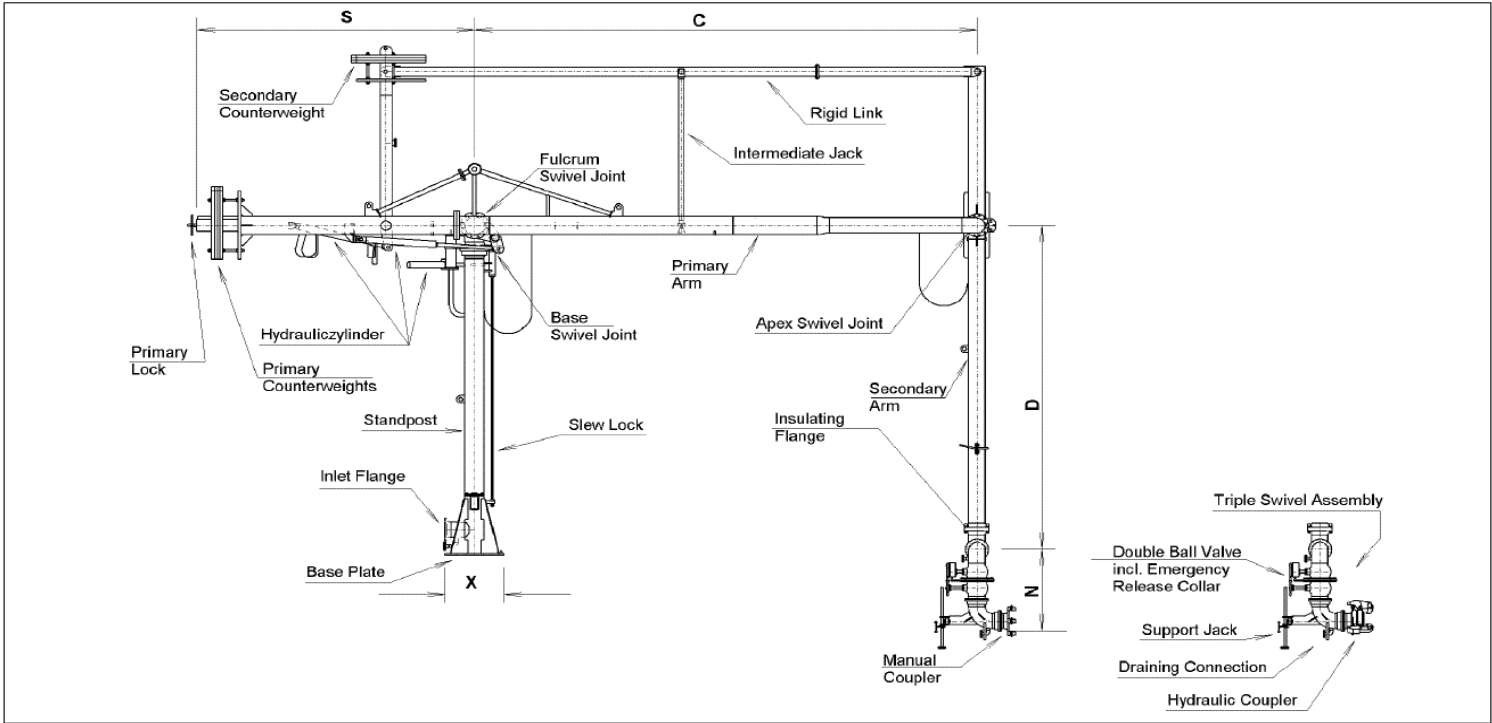
Operating Modes and Context MLA			
Marine Loading Arm beroperasi di dermaga, digerakkan oleh pompa hidrolis dengan tekanan sistem 180bar menggunakan motor listrik 5,0kW pada 1445rpm			
Karakteristik Umum	Operating Modes		
	At sea	Manouvering Alongside	Cargo Handling
Environmental Parameters	Not Used	Not Used	Tekanan 1 atm pada tangki reservoir Temperatur oli hidrolis <70°C
Manner of Use	Not Used	Not Used	Menggerakkan lengan MLA dengan tekanan 180bar menggunakan pompa hidrolis 5,0kW
Performance Capability	Not Used	Not Used	Menghasilkan 5,0kW pada 1445rpm untuk menyediakan tekanan hidrolis 180 bar

LAMPIRAN 2 : ASSET REGISTER AND FUNCTIONAL HIERARCHY

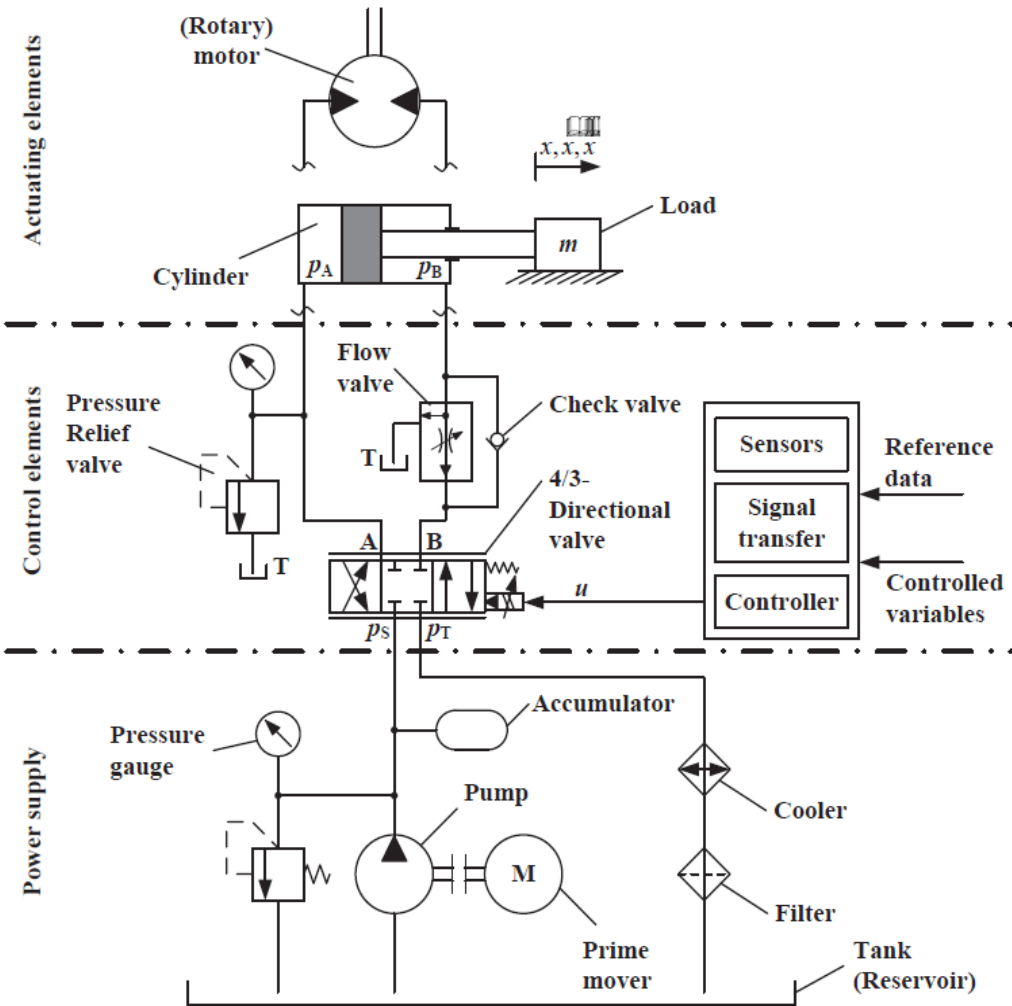
Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7	Equipment Tag	Equipment Type	Description
PT. Petrokimia Gresik									
	Direkur Teknik dan Pengembangan								
		Dep. Pengelolaan Pelabuhan							
			Bagian Pemeliharaan						
				Marine Loading Arm					
					B25M801-ERS		B25M801-ERS	Emergency Release System MLA	
						B25M801-ERS-SCP	B25M801-ERS-SCP		Stray Current Protectors
						B25M801-ERS-TSA	B25M801-ERS-TSA		Triple Swivel Assembly
						B25M801-ERS-TSJ	B25M801-ERS-TSJ		Triple Support Jack
						B25M801-ERS-DS	B25M801-ERS-DS		Drainage System
						B25M801-ERS-CC	B25M801-ERS-CC		Camlock Coupling
					B25M801-SA		B25M801-SA	Secondary Arm MLA	
						B25M801-SA-ASJ1	B25M801-SA-ASJ1		Apex Swivel Joint 1
						B25M801-SA-ASJ2	B25M801-SA-ASJ2		Apex Swivel Joint 2
						B25M801-SA-ASJ3	B25M801-SA-ASJ3		Apex Swivel Joint 3
					B25M801-PA		B25M801-PA	Primary Arm MLA	
						B25M801-PA-FSJ1	B25M801-PA-FSJ1		Fulcrum Swivel Joint 1
						B25M801-PA-FSJ2	B25M801-PA-FSJ2		Fulcrum Swivel Joint 2
						B25M801-PA-PCW	B25M801-PA-PCW		Primary Counter Weight
					B25M801-SP		B25M801-SP	Stand Post MLA	
						B25M801-SP-ELB	B25M801-SP-ELB		Earth Lug Baseplate
						B25M801-SP-OF	B25M801-SP-OF		Outlet Flange
						B25M801-SP-LD	B25M801-SP-LD		Ladder
						B25M801-SP-SL	B25M801-SP-SL		Slew Lock
						B25M801-SP-BSJ	B25M801-SP-BSJ		Base Swivel Joint
						B25M801-SP-DV	B25M801-SP-DV		Drain Valve
						B25M801-SP-PI	B25M801-SP-PI		Pressure Indicator
					B25M801-HS		B25M801-HS	Hydraulic System MLA	
						B25M801-HS-HPU	B25M801-HS-HPU		Hydraulic Power Unit
						B25M801-HS-EHP	B25M801-HS-EHP		Emergency Hand Pump
						B25M801-HS-HT	B25M801-HS-HT		Hydraulic Tank
						B25M801-HS-HSV	B25M801-HS-HSV		Hydraulic Solenoids Valves
						B25M801-HS-HC	B25M801-HS-HC		Hydraulic Controls
						B25M801-HS-HA	B25M801-HS-HA		Hydraulic Accumulator
						B25M801-HS-ECP	B25M801-HS-ECP		Ex-ed Electrical Control Panel
						B25M801-HS-EH	B25M801-HS-EH		Ex-D Housing
						B25M801-HS-HP	B25M801-HS-HP		Hydraulic Piping
					B25M801-PL		B25M801-PL	Purge Line MLA	
						B25M801-PL-FH	B25M801-PL-FH		Flexible Hose
						B25M801-PL-BV	B25M801-PL-BV		Block Valve

LAMPIRAN 2 : ASSET REGISTER AND FUNCTIONAL HIERARCHY

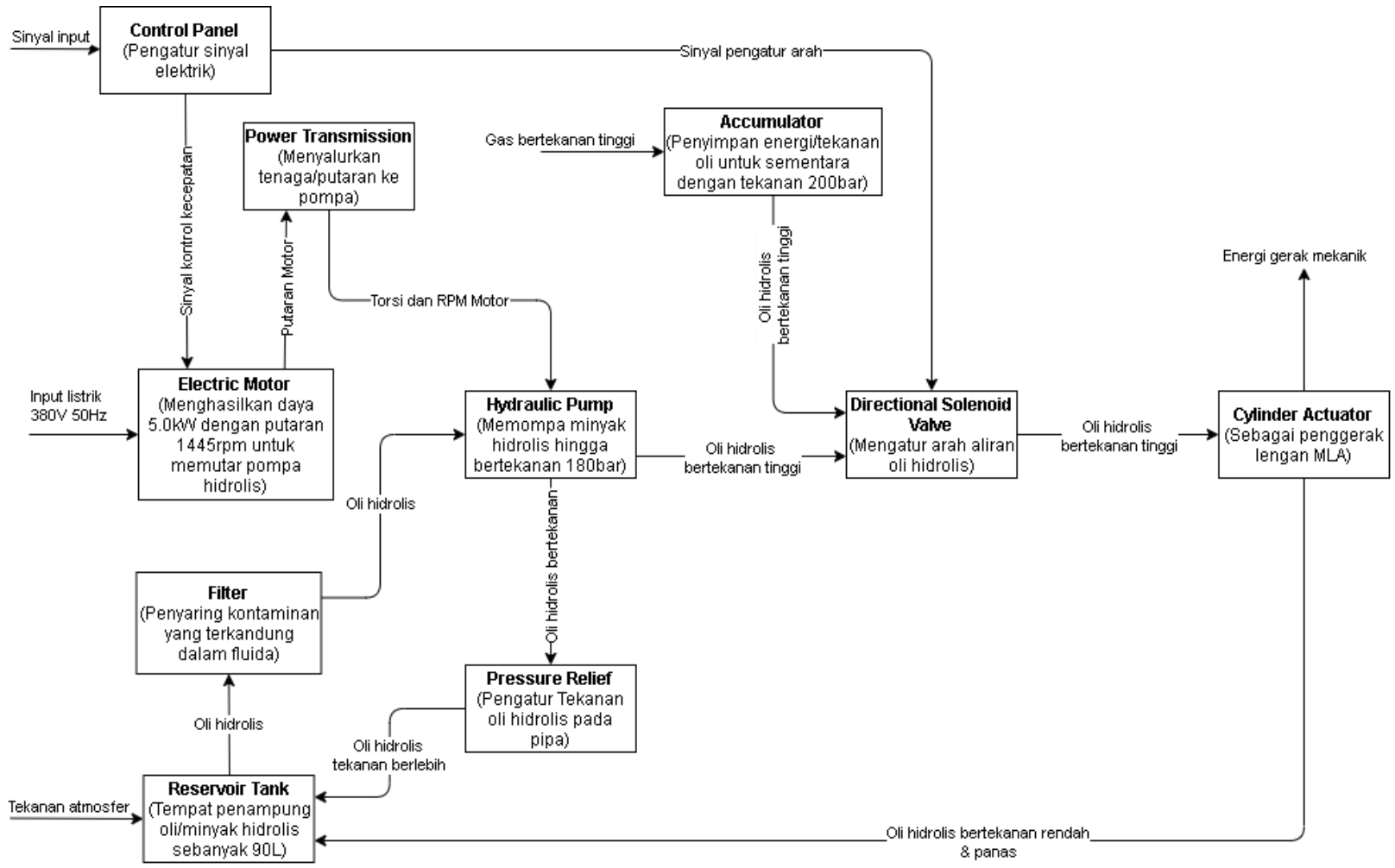




LAMPIRAN 3 : FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



LAMPIRAN 3 : FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



LAMPIRAN 4 : FUNCTIONAL FAILURE LIST

Equipment Item : Pompa hidrolis sebagai penggerak utama Marine Loading Arm				
Function			Function Failure	
No. Item	Functional Statement	Function Type	No. Item	Functional Failure
1	Untuk menghasilkan tekanan hidrolis sebesar 180bar digerakkan dengan motor listrik 5,0kW pada 1445rpm	Primer	1.1	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar
			1.2	Tekanan yang dihasilkan lebih dari 180bar
			1.3	Tidak ada oli yang mengalir
			1.4	Pompa bising, bergetar, dan cepat panas
			1.5	Tekanan naik turun

LAMPIRAN 5 : FMECA

FMECA Worksheet

Item No.	Failure Mode	Function	Causes	Failure Characteristic	Local Effects	Functional Failure	End Effects	Matrix	Severity	Current Likelihood	Current Risk	Failure Detection/Corrective Measures
1	Kerusakan pada <i>shaft travel motor (Evident)</i>	Putaran motor disalurkan oleh shaft travel motor dari motor listrik ke pompa.	Terjadinya korosi pada <i>shaft travel motor</i> akan mengurangi gesekan sehingga pemindahan daya dari motor ke pompa tidak sempurna (berkurang)	Random Failure	Berkurangnya kecepatan yang disalurkan dari motor listrik	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar	Putaran yang dihasilkan pompa tidak mencapai 180bar	Loss of Containment	Critical	Remote	Medium	Kerusakan dapat terdeteksi secara visual dengan pengecekan secara berkala
2	Kebocoran pada seal solenoid valve	Solenoid valve berfungsi untuk mengatur arah aliran oli ke arah aktuator yang diinginkan	Penggunaan yang lama dan tekanan yang berlebih dapat merusak seal pada solenoid valve	Random Failure, Wear out	Oli hidrolik akan merembes atau keluar sistem karena seal yang tidak lagi menahan tekanan sistem	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar	Tekanan yang ada di solenoid valve akan berkurang sehingga menghambat pergerakan aktuator	Loss of Containment	Major	Occasional	Medium	Kerusakan dapat terdeteksi secara visual dengan pengecekan secara berkala
3	<i>Gear dan Housing</i> pompa mengalami keausan	Gear pompa berputar dan bersinggungan dengan housing dengan toleransi tertentu untuk menghasilkan tekanan dan aliran oli hidrolis	Adanya partikel kontaminan yang bergesekan antara <i>gear</i> dan <i>housing</i> menyebabkan goresan pada <i>housing</i> pompa	Random Failure, Wear out	<i>Housing</i> dan <i>gear</i> tidak dapat bersinggungan pada toleransi yang telah ditentukan	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar	Berkurangnya tekanan yang dihasilkan oleh pompa	Loss of Containment	Critical	Remote	Medium	Kerusakan dapat terdeteksi dengan pengukuran dan pengecekan secara berkala
4	Terdapat kebocoran eksternal pada pompa	Pompa digunakan sebagai penggerak fluida hidrolik	Seal pada shaft pompa mengalami kerusakan	Random Failure, Wear out	Oli hidrolik akan merembes atau keluar sistem karena seal yang tidak lagi menahan tekanan sistem	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar	Tekanan yang dihasilkan tidak mencapai 180bar	Loss of Containment	Critical	Remote	Medium	Kerusakan dapat terdeteksi secara visual dengan pengecekan secara berkala
5	Tabung Aktuator mengalami kebocoran	Aktuator sebagai pengubah tekanan oli hidrolik menjadi sebuah gerakan mekanik untuk menggerakkan lengan MLA	Korosi pada tabung akan membuat dinding tabung menjadi tipis yang akan memunculkan retakan (<i>crack</i>)	Random Failure	Tekanan sistem didalam aktuator akan berkurang karena adanya kebocoran	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar	Aktuator tidak bisa bergerak karena tekanan yang kurang	Loss of Containment	Major	Occasional	Medium	Kerusakan dapat terdeteksi secara visual dengan pengecekan secara berkala
			Seal tidak mampu lagi menahan tekanan sistem	Wear out	Oli akan merembes keluar sistem sebelum masuk ke tabung aktuator	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar	Tekanan tidak mencukupi untuk mengubah arah aktuator	Loss of Containment	Major	Occasional	Medium	Kerusakan dapat terdeteksi secara visual dengan pengecekan secara berkala

6	Viskositas oli terlalu rendah dan overheating	Oli hidrolik sebagai media penyalur tenaga tekan dari pompa untuk menggerakkan aktuator	Peningkatan suhu yang berlebihan	Random Failure	Suhu pada oli dapat memengaruhi viskositas oli, semakin tinggi suhu maka viskositas akan berkurang	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar	Viskositas yang terlalu rendah tidak akan mampu memberi tekanan yang sesuai	Loss of Containment	Major	Remote	Low	Kerusakan dapat terdeteksi dengan pengukuran suhu dan pengecekan secara berkala
			Adanya air yang terkandung dalam cairan oli dapat mengurangi viskositas	Random failure	Oli yang tercampur dengan air akan berkurang nilai viskositasnya	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar	Air dalam cairan oli dapat mengakibatkan keausan komponen sistem karena hilangnya daya pelumas sehingga dapat mengurangi tekanan sistem	Loss of Containment	Major	Occasional	Medium	Kerusakan dapat terdeteksi dengan pengujian viskositas di laboratorium
7	Akumulator tidak dapat mengkompensasi tekanan yang kurang	Akumulator berfungsi sebagai penyedia tekanan tambahan dan peredam kejutan (Shock Absorber)	Kerusakan pada katup akibat kelelahan pada pegas katup	Random Failure, Wear out	Kelelahan pada pegas katup menyebabkan katup tidak bisa terbuka	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar	Akumulator tidak dapat mengalirkan cadangan tekanan yang tersimpan ke dalam sistem	Loss of Containment	Critical	Remote	Medium	Kerusakan dapat terdeteksi secara visual dengan pengecekan secara berkala
8	Pressure relief valve gagal untuk membuka pada saat tekanan melebihi 180bar (Evident)	Pressure relief valve otomatis terbuka untuk mengurangi tekanan berlebih	Kerusakan mekanik menjadi penyebab kerusakan valve	Random Failure	Pressure relief valve yang tidak dapat terbuka akan menjadikan tekanan sekamin berlebih	Tekanan yang dihasilkan lebih dari 180bar	Tekanan sistem yang berlebihan dapat merusak komponen hidrolik yang lain	Safety	Critical	Remote	Medium	Kerusakan dapat terdeteksi secara visual dengan pengecekan secara berkala
9	Saluran pipa/hose hidrolis mengalami kerusakan (evident)	Pipa-pipa/selang kecil sebagai tempat ditransferkannya oli hidrolik	Saluran oli terjepit atau mengalami kebocoran pada sambungan/fittings	Random Failure	Aliran oli terganggu	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar	Kerusakan pada komponen lain akibat tersendatnya aliran oli hidrolis	Loss of Containment	Critical	Remote	Medium	Kerusakan dapat terdeteksi secara visual dengan pengecekan secara berkala
			Saluran oli dapat tersumbat karena banyaknya kontaminan yang terakumulasi dalam jangka waktu yang panjang	Random Failure	Saluran oli akan menjadi lebih kecil	Tekanan yang dihasilkan lebih dari 180bar	Tekanan sistem akan meningkat lebih dari 180bar	Loss of Containment	Critical	Remote	Medium	Kerusakan dapat terdeteksi dengan pengukuran pada pressure gauge dan pengecekan secara berkala
10	Suction Filter oli tersumbat (Evident)	Filter oli berfungsi untuk menyaring partikel kontaminan yang terkandung sebelum oli tersebut dialirkan ke pompa	Seiring berjalannya waktu, filter akan tersumbat karena akumulasi kontaminan yang menyebabkan oli tidak bisa mengalir ke pompa.	Random Failure	Jika filter tersumbat, tidak akan terjadi perpindahan oli dari reservoir ke sistem	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar	Tidak adanya oli yang mengalir akan menghentikan pergerakan aktuator. Masalah ini dapat diperbaiki dengan mengganti filter oli yang baru.	Loss of Containment	Critical	Remote	Medium	Kerusakan dapat terdeteksi dengan pengukuran pada pressure gauge dan pengecekan secara berkala

11	Tidak adanya fluida dalam tangki reservoir	Fluida oli hidrolik ditampung di dalam wadah yang disebut tangki reservoir	Korosi pada dinding tangkidapat merusak tangki yang mengakibatkan adanya kebocoran	Random Failure, Wear out	Tidak adanya oli hidrolik didalam tangki atau volume oli kurang dari 90 liter	Tidak ada oli yang mengalir	Tidak adanya oli yang dapat dipompa sehingga terhentinya operasional terhenti	Loss of Containment	Critical	Remote	Medium	Kerusakan dapat terdeteksi dengan pengukuran pada indikator level oli dan pengecekan secara berkala
12	Motor trip	Motor merupakan penggerak utama sistem hidrolik dengan tenaga listrik	Overload pada saat pengoperasian alat	Random Failure	Kerusakan pada insulasi motor sehingga motor tidak dapat bergerak	Tidak ada oli yang mengalir	Tidak berputarnya pompa mengakibatkan tidak adanya oli hidrolik yang mengalir	Propulsion	Catastrophic	Occasional	High	Kerusakan dapat terdeteksi dengan pengukuran tahanan insulasi dan pengecekan secara berkala
13	Misalignment Coupling	Coupling merupakan penyambung antara dua shaft untuk menyalurkan tenaga putaran	Penggunaan terus menerus dapat mengakibatkan bergesernya coupling yang menyebabkan tidak lurusnya coupling	Random Failure	Daya dan putaran yang dihasilkan oleh motor tidak tersalurkan ke pompa secara optimal	Pompa bising, bergetar, dan cepat panas	Pompa menjadi bising dan bergetar	Loss of Containment	Critical	Remote	Medium	Kerusakan dapat terdeteksi dengan pengukuran alignment coupling dan pengecekan secara berkala
14	Bearing telah aus (Evident)	Bearing berguna untuk memberi support pada shaft agar tidak terjadi bending	Gesekan dengan shaft yang terus menerus dan kurangnya pelumasan mengakibatkan bearing menjadi aus	Wear out	Bearing tidak mampu menahan putaran motor secara maksimal	Pompa bising, bergetar, dan cepat panas	Pompa menjadi bising dan bergetar	Loss of Containment	Critical	Remote	Medium	Kerusakan dapat terdeteksi secara visual dengan pengecekan secara berkala
15	Solenoid valve terlalu lambat untuk membuka dan menutup (evident)	Solenoid valve berfungsi untuk mengatur arah aliran oli ke arah aktuator yang diinginkan	Adanya udara didalam katup serta kerusakan pada komponen kumparan armatur	Random Failure	Pergerakan solenoid valve terganggu	Tekanan naik turun	Tekanan yang disalurkan ke aktuator menjadi tak menentu sehingga menghambat pergerakan aktuator	Directional Control	Critical	Remote	Medium	Kerusakan dapat terdeteksi secara visual dengan pengecekan secara berkala
16	Pressure gauge tidak bisa membaca tekanan dengan akurat (evident)	Pressure gauge berfungsi untuk menampilkan tekanan sistem yang sesuai	Penyebabnya yaitu kerusakan komponen akibat usia pemakaian ataupun kontaminan.	Random Failure, Wear out	Tekanan yang ditampilkan tidak sama dengan tekanan yang sebenarnya	Tekanan naik turun	Gangguan pada proses monitoring pada saat sistem dijalankan	Safety	Minor	Remote	Low	Kerusakan dapat terdeteksi dengan pengukuran pada pressure gauge dan pengecekan secara berkala

LAMPIRAN 7 : MAINTENANCE TASK SELECTION

No. Item	Failure Mode	Failure Characteristic	Hidden/ Evident	Effects			Risk Characteristic			Task Selection			
				Local	Functional Failure	End	S	CL	CR	Proposed Action(s)	PL	PR	Disposition
1	Kerusakan pada shaft travel motor (Evident)	Random Failure	Evident	Berkurangnya kecepatan yang disalurkan dari motor listrik	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar	Putaran yang dihasilkan pompa tidak mencapai 180bar	Critical	Remote	Medium	Bersihkan grease yang telah mengeras tambahkan grease baru yang sejenis, ganti jika diperlukan	Remote	Low	
2	Kebocoran pada seal solenoid valve	Random Failure, Wear out	Evident	Oli hidrolik akan merembes atau keluar sistem karena seal yang tidak lagi menahan tekanan sistem	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar	Tekanan yang ada di solenoid valve akan berkurang sehingga menghambat pergerakan aktuator	Major	Occasional	Medium	Inspeksi visual terhadap kebocoran, Ganti dengan seal-O yang baru	Remote	Low	
3	Gear dan Housing pompa mengalami keausan	Random Failure, Wear out	Evident	Housing dan gear tidak dapat bersinggungan pada toleransi yang telah ditentukan	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar	Berkurangnya tekanan yang dihasilkan oleh pompa	Critical	Remote	Medium	*Cek kondisi bearing, ganti jika telah aus *Cek clearance antara gear pump dengan casing (0,007"-0,005")	Remote	Low	
4	Terdapat kebocoran eksternal pada pompa	Random Failure, Wear out	Evident	Oli hidrolik akan merembes atau keluar sistem karena seal yang tidak lagi menahan tekanan sistem	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar	Tekanan yang dihasilkan tidak mencapai 180bar	Critical	Remote	Medium	Cek kondisi sealing, ganti jika telah rusak	Remote	Medium	
5	Tabung Aktuator mengalami kebocoran	Random Failure	Evident	Tekanan sistem didalam aktuator akan berkurang karena adanya kebocoran	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar	Aktuator tidak bisa bergerak karena tekanan yang kurang	Major	Occasional	Medium	Cek kondisi piston rod, Cek kondisi tabung silinder	Remote	Medium	
		Wear out	Evident	Oli akan merembes keluar sistem sebelum masuk ke tabung aktuator	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar	Tekanan tidak mencukupi untuk mengubah arah aktuator	Major	Occasional	Medium	Inspeksi visual terhadap kebocoran, Ganti dengan seal-O yang baru	Remote	Medium	

6	Viskositas oli terlalu rendah dan overheating	Random Failure	Evident	Suhu pada oli dapat memengaruhi viskositas oli, semakin tinggi suhu maka viskositas akan berkurang	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar	Viskositas yang terlalu rendah tidak akan mampu memberi tekanan yang sesuai	Major	Remote	Low	*Tes kondisi oli dengan mengambil sampel oli *Cek volume oli dalam tangki	Improbable	Low	
		Random failure	Evident	Oli yang tercampur dengan air akan berkurang nilai viskositasnya	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar	Air dalam cairan oli dapat mengakibatkan keausan komponen sistem karena hilangnya daya pelumas sehingga dapat mengurangi tekanan sistem	Major	Occasional	Medium	*Cek kondisi kekedapan tangki, cek breather *Tes kondisi oli dengan mengambil sampel oli *Kuras dan bersihkan tangki reservoir *Ganti dengan oli baru yang sejenis	Remote	Low	
7	Akumulator tidak dapat mengkompensasi tekanan yang kurang	Random Failure, Wear out	Evident	Kelelahan pada pegas katup menyebabkan katup tidak bisa terbuka	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar	Akumulator tidak dapat mengalirkan cadangan tekanan yang tersimpan ke dalam sistem	Critical	Remote	Medium	*Cek pengisian awal (pre-charge) akumulator	Improbable	Low	
8	Pressure relief valve gagal untuk membuka pada saat tekanan melebihi 180bar (Evident)	Random Failure	Evident	Pressure relief valve yang tidak dapat terbuka akan menjadikan tekanan sekamin berlebih	Tekanan yang dihasilkan lebih dari 180bar	Tekanan sistem yang berlebihan dapat merusak komponen hidrolik yang lain	Critical	Remote	Medium	Bersihkan dari kontaminan Tes performa safety valve Ganti jika terdapat kerusakan dan berkarat	Remote	Low	
9	Saluran pipa/hose hidrolis mengalami kerusakan (evident)	Random Failure	Evident	Aliran oli terganggu	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar	Kerusakan pada komponen lain akibat tersendatnya aliran oli hidrolis	Critical	Remote	Medium	*Cek kebocoran pada saluran pipa *Cek kerusakan pada sambungan	Remote	Medium	
		Random Failure	Evident	Saluran oli akan menjadi lebih kecil	Tekanan yang dihasilkan lebih dari 180bar	Tekanan sistem akan meningkat lebih dari 180bar	Critical	Remote	Medium	*Cek kebocoran pada saluran pipa *Cek kerusakan pada sambungan	Remote	Medium	
10	Suction Filter oli tersumbat (Evident)	Random Failure	Evident	Jika filter tersumbat, tidak akan terjadi perpindahan oli dari reservoir ke sistem	Tekanan yang dihasilkan kurang dari 180bar	Tidak adanya oli yang mengalir akan menghentikan pergerakan aktuator. Masalah ini dapat diperbaiki dengan mengganti filter oli yang baru.	Critical	Remote	Medium	Cek indikator pada filter, bersihkan filter oli sistem hidrolis, ganti filter jika diperlukan	Remote	Medium	

11	Tidak adanya fluida dalam tangki reservoir	Random Failure, Wear out	Evident	Tidak adanya oli hidrolik didalam tangki atau volume oli kurang dari 90 liter	Tidak ada oli yang mengalir	Tidak adanya oli yang dapat dipompa sehingga terhentinya operasional terhenti	Critical	Remote	Medium	*Cek dan bersihkan breather cap, ganti secara berkala *Cek dan bersihkan breather, ganti secara berkala *Cek level oli, Cek adanya kebocoran pada tangki, refill dengan oli hidrolis sejenis	Remote	Medium	
12	Motor trip	Random Failure	Evident	Kerusakan pada insulasi motor sehingga motor tidak dapat bergerak	Tidak ada oli yang mengalir	Tidak berputarnya pompa mengakibatkan tidak adanya oli hidrolik yang mengalir	Catastrophical	Occasional	High	Cek nilai resistansi insulasi motor, Tambahkan grease, Bersihkan sikat dan penahnya pada slip ring	Remote	Medium	
13	Misalignment Coupling	Random Failure	Evident	Daya dan putaran yang dihasilkan oleh motor tidak tersalurkan ke pompa secara optimal	Pompa bising, bergetar, dan cepat panas	Pompa menjadi bising dan bergetar	Critical	Remote	Medium	Inspeksi visual terhadap baut coupling, lakukan pengukuran terhadap kelurusan shaft dan coupling	Improbable	Low	
14	Bearing telah aus (Evident)	Wear out	Evident	Bearing tidak mampu menahan putaran motor secara maksimal	Pompa bising, bergetar, dan cepat panas	Pompa menjadi bising dan bergetar	Critical	Remote	Medium	Bersihkan grease yang telah mengeras tambahkan grease baru yang sejenis, ganti bearing jika diperlukan	Improbable	Low	
15	Solenoid valve terlalu lambat untuk membuka dan menutup (evident)	Random Failure	Evident	Pergerakan solenoid valve terganggu	Tekanan naik turun	Tekanan yang disalurkan ke aktuator menjadi tak menentu sehingga menghambat pergerakan aktuator	Critical	Remote	Medium	*Bersihkan valve saat proses pembersihan filter *Gunakan minimal sekali tiap bulan	Remote	Low	
16	Pressure gauge tidak bisa membaca tekanan dengan akurat (evident)	Random Failure, Wear out	Evident	Tekanan yang ditampilkan tidak sama dengan tekanan yang sebenarnya	Tekanan naik turun	Gangguan pada proses monitoring pada saat sistem dijalankan	Minor	Remote	Low	Bersihkan kontaminan, Ganti jarum pegas	Improbable	Low	

LAMPIRAN 8 : SUMMARY OF MAINTENANCE TASK

Maintenance Category : A Functional Group : Cargo Handling System : Marine Loading Arm Equipment Item : Hydraulic System Component : Hydraulic Tank							
Task	Task Type	Item no.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Unmitigated	Mitigated			
Cek indikator pada filter	CM	10	Medium	Low	Mingguan		Mekanik
Cek level oli pada tangki	CM	11	Medium	Low	Mingguan		
Periksa adanya kebocoran pada tangki	CM	11	Medium	Low	Mingguan		
Isi kembali (refill) tangki hidrolis	PM	6, 11	Medium	Medium	Bulanan		
Cek dan bersihkan breather dan breather cap	CM	6, 11	Medium	Low	Bulanan		
Ganti breather	PM	11	Medium	Low	6 Bulanan		
Ganti breather cap	PM	11	Medium	Low	Tahunan		

LAMPIRAN 8 : SUMMARY OF MAINTENANCE TASK

Maintenance Category : B Functional Group : Cargo Handling System : Marine Loading Arm Equipment Item : Hydraulic System Component : Hydraulic Tank							
Task	Task Type	Item no.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Unmitigated	Mitigated			
Tes kondisi oli dengan mengecek sampel oli	CM	6	Medium	Medium	6 Bulanan		Ikuti petunjuk rekomendasi pabrikan/vendor
Kuras tangki reservoir dan bersihkan bagian dalam tangki	PM	6, 11	Medium	Low	Tahunan		
Ganti oli hidrolis yang sejenis	PM	6	Medium	Low	Tahunan		
Bersihkan filter	PM	10	Medium	Medium	Bulanan		
Ganti filter hidrolis	PM	10	Medium	Low	Tahunan		

LAMPIRAN 8 : SUMMARY OF MAINTENANCE TASK

Maintenance Category : A Functional Group : Cargo Handling System : Marine Loading Arm Equipment Item : Hydraulic System Component : Hydraulic Power Unit							
Task	Task Type	Item no.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Unmitigated	Mitigated			
Tambahkan grease	PM	1, 3, 14	Medium	Low	3 Bulanan		Mekanik
Ganti dengan grease yang baru	PM	1, 3, 14	Medium	Low	6 Bulanan		
Cek clearance antara gear pump dengan casing	CM	3	Medium	Medium	Tahunan		
Cek adanya kebocoran seal pompa	CM	4	Medium	Low	Mingguan		
Ganti seal pada pompa	PM	4	Medium	Medium	Tahunan		

LAMPIRAN 8 : SUMMARY OF MAINTENANCE TASK

Maintenance Category : B Functional Group : Cargo Handling System : Marine Loading Arm Equipment Item : Hydraulic System Component : Hydraulic Power Unit							
Task	Task Type	Item no.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Unmitigated	Mitigated			
Cek pre-charge pada akumulator	CM	7	Medium	Low	Bulanan		Ikuti petunjuk rekomendasi pabrikan/vendor
Cek nilai resistansi insulasi motor	CM	12	High	Medium	Tahunan		
Bersihkan sikat dan penahannya pada slip ring	PM	12	High	Medium	Bulanan		
Bersihkan Pressure Gauge dari kontaminan	PM	16	Medium	Low	Bulanan		
Ganti pressure gauge jika diperlukan	RTF	16	Medium	Low	Tahunan		

LAMPIRAN 8 : SUMMARY OF MAINTENANCE TASK

Maintenance Category : B Functional Group : Cargo Handling System : Marine Loading Arm Equipment Item : Hydraulic System Component : Actuator							
Task	Task Type	Item no.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Unmitigated	Mitigated			
Cek adanya kebocoran	CM	5	Medium	Low	Bulanan		Ikuti petunjuk rekomendasi pabrikan/vendor
Cek kondisi permukaan piston rod, gerakkan piston rod secara penuh	CM	5	Medium	Low	Bulanan		
Cek kondisi tabung silinder terhadap keretakan, korosi, ataupun sambungan	PM	5	Medium	Medium	Bulanan		
Ganti seal O yang baru	RTF	5	Medium	Low	Tahunan		

LAMPIRAN 8 : SUMMARY OF MAINTENANCE TASK

Maintenance Category : A Functional Group : Cargo Handling System : Marine Loading Arm Equipment Item : Hydraulic System Component : Hydraulic Line							
Task	Task Type	Item no.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Unmitigated	Mitigated			
Cek kebocoran pada selang, pipa, maupun sambungan	CM	9	Medium	Medium	Mingguan		Mekanik
Kencangkan sambungan/clamp	PM	9	Medium	Medium	Bulanan		

LAMPIRAN 8 : SUMMARY OF MAINTENANCE TASK

Maintenance Category : B Functional Group : Cargo Handling System : Marine Loading Arm Equipment Item : Hydraulic System Component : Hydraulic Solenoid Valve							
Task	Task Type	Item no.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Unmitigated	Mitigated			
Inspeksi visual terhadap kebocoran	CM	2	Medium	Low	Mingguan		Ikuti petunjuk rekomendasi pabrikan/vendor
Bersihkan valve saat proses pembersihan filter	PM	15	Medium	Low	Bulanan		
Gunakan minimal sekali tiap bulan	PM	15	Medium	Low	Bulanan		
Ganti seal O yang baru	RTF	2	Medium	Low	Tahunan		

LAMPIRAN 8 : SUMMARY OF MAINTENANCE TASK

Maintenance Category : B Functional Group : Cargo Handling System : Marine Loading Arm Equipment Item : Hydraulic System Component : Hydraulic Control Valve							
Task	Task Type	Item no.	Risk		Frequency	Procedure No. Or Class Reference	Comments
			Unmitigated	Mitigated			
Bersihkan dari kontaminan	PM	8	Medium	Low	Bulanan		Ikuti petunjuk rekomendasi pabrikan/vendor
Tes performa safety valve	PM	8	Medium	Low	Tahunan		
Ganti jika terdapat kerusakan dan berkarat	PM	8	Medium	Low	5 Tahun		

LAMPIRAN 9 : WORKPACKAGE

Maintenance Schedule	
Hydraulic Tank	
Interval	Done By
Mingguan	Mekanik
Ikuti langkah-langkah yang disarankan, ini akan membantu operator mengurangi masalah pada Marine Loading Arm. Berikut adalah daftar ceklist:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Cek indikator pada filter 2. Cek level oli pada tangki 3. Periksa adanya kebocoran pada tangki 	
Interval	Done By
Bulanan	Mekanik
Ikuti langkah-langkah yang disarankan, ini akan membantu operator mengurangi masalah pada Marine Loading Arm. Berikut adalah daftar ceklist:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Isi kembali (refill) tangki hidrolis 2. Cek dan bersihkan breather dan breather cap 3. Bersihkan filter 	
Interval	Done By
6 Bulanan	Mekanik
Ikuti langkah-langkah yang disarankan, ini akan membantu operator mengurangi masalah pada Marine Loading Arm. Berikut adalah daftar ceklist:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Ganti breather 2. Tes kondisi oli dengan mengecek sampel oli 	
Interval	Done By
Tahunan	Mekanik
Ikuti langkah-langkah yang disarankan, ini akan membantu operator mengurangi masalah pada Marine Loading Arm. Berikut adalah daftar ceklist:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Ganti breather cap 2. Kuras tangki reservoir dan bersihkan bagian dalam tangki 3. Ganti oli hidrolis yang sejenis 4. Ganti filter 	

LAMPIRAN 9 : WORKPACKAGE

Maintenance Schedule	
Hydraulic Power Unit	
Interval	Done By
Mingguan	Mekanik
Ikuti langkah-langkah yang disarankan, ini akan membantu operator mengurangi masalah pada Marine Loading Arm. Berikut adalah daftar ceklist:	
1. Cek adanya kebocoran pompa	
Interval	Done By
Bulanan	Mekanik
Ikuti langkah-langkah yang disarankan, ini akan membantu operator mengurangi masalah pada Marine Loading Arm. Berikut adalah daftar ceklist:	
1. Cek pre-charge pada akumulator	
2. Bersihkan sikat dan penahannya pada slip ring	
3. Bersihkan Pressure Gauge dari kontaminan	
Interval	Done By
3 Bulanan	Mekanik
Ikuti langkah-langkah yang disarankan, ini akan membantu operator mengurangi masalah pada Marine Loading Arm. Berikut adalah daftar ceklist:	
1. Tambahkan grease pada pompa, shaft, dan bearing	
Interval	Done By
6 Bulanan	Mekanik
Ikuti langkah-langkah yang disarankan, ini akan membantu operator mengurangi masalah pada Marine Loading Arm. Berikut adalah daftar ceklist:	
1. Bersihkan grease yang telah mengeras lalu ganti dengan yang baru	
Interval	Done By
Tahunan	Mekanik
Ikuti langkah-langkah yang disarankan, ini akan membantu operator mengurangi masalah pada Marine Loading Arm. Berikut adalah daftar ceklist:	
1. Cek clearance antara gear pump dengan casing	
2. Ganti seal pada pompa	
3. Cek nilai resistansi insulasi motor	
4. Ganti pressure gauge jika diperlukan	

LAMPIRAN 9 : WORKPACKAGE

Maintenance Schedule	
Hydraulic Actuator	
Interval	Done By
Bulanan	Mekanik
Ikuti langkah-langkah yang disarankan, ini akan membantu operator mengurangi masalah pada Marine Loading Arm. Berikut adalah daftar ceklist:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Cek adanya kebocoran 2. Cek kondisi permukaan piston rod, gerakkan piston rod secara penuh 3. Cek kondisi tabung silinder terhadap keretakan, korosi, ataupun sambungan 	
Interval	Done By
Tahunan	Mekanik
Ikuti langkah-langkah yang disarankan, ini akan membantu operator mengurangi masalah pada Marine Loading Arm. Berikut adalah daftar ceklist:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Ganti Seal-O baru 	

Maintenance Schedule	
Hydraulic Line	
Interval	Done By
Mingguan	Mekanik
Ikuti langkah-langkah yang disarankan, ini akan membantu operator mengurangi masalah pada Marine Loading Arm. Berikut adalah daftar ceklist:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Cek kebocoran pada selang, pipa, maupun sambungan 	
Interval	Done By
Bulanan	Mekanik
Ikuti langkah-langkah yang disarankan, ini akan membantu operator mengurangi masalah pada Marine Loading Arm. Berikut adalah daftar ceklist:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Kencangkan sambungan/clamp 	

LAMPIRAN 9 : WORKPACKAGE

Maintenance Schedule	
Hydraulic Solenoid Valve	
Interval	Done By
Mingguan	Mekanik
Ikuti langkah-langkah yang disarankan, ini akan membantu operator mengurangi masalah pada Marine Loading Arm. Berikut adalah daftar ceklist:	
1. Cek adanya kebocoran	
Interval	Done By
Bulanan	Mekanik
Ikuti langkah-langkah yang disarankan, ini akan membantu operator mengurangi masalah pada Marine Loading Arm. Berikut adalah daftar ceklist:	
1. Bersihkan valve saat proses pembersihan filter	
2. Gunakan minimal sekali tiap bulan	
Interval	Done By
Mingguan	Mekanik
Ikuti langkah-langkah yang disarankan, ini akan membantu operator mengurangi masalah pada Marine Loading Arm. Berikut adalah daftar ceklist:	
1. Ganti Seal-O baru	

Maintenance Schedule	
Hydraulic Control Valve	
Interval	Done By
Bulanan	Mekanik
Ikuti langkah-langkah yang disarankan, ini akan membantu operator mengurangi masalah pada Marine Loading Arm. Berikut adalah daftar ceklist:	
1. Bersihkan dari kontaminan	
Interval	Done By
Tahunan	Mekanik
Ikuti langkah-langkah yang disarankan, ini akan membantu operator mengurangi masalah pada Marine Loading Arm. Berikut adalah daftar ceklist:	
1. Tes performa safety valve	
Interval	Done By
5 Tahunan	Mekanik
Ikuti langkah-langkah yang disarankan, ini akan membantu operator mengurangi masalah pada Marine Loading Arm. Berikut adalah daftar ceklist:	
1. Ganti jika terdapat kerusakan dan berkarat	

BIODATA PENULIS



Feizar Fahreza merupakan penulis dari laporan tugas akhir ini. Lahir di Gresik, 19 November 1997 dari seorang ibu yang bernama Aeni Rachmawati dan memiliki ayah bernama Hasanuddin. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara yang memiliki seorang kakak bernama Rozy Yuwafi Hasan. Penulis memulai pendidikan dasar di SDN Randuagung 3 (2004-2010), lalu pendidikan menengah pertama di SMPN 1 Gresik (2010-2013), kemudian pendidikan menengah atas di SMAN 1 Gresik (2013-2016). Penulis melanjutkan pendidikan formalnya ke jenjang perguruan tinggi dengan mengambil program studi sarjana (S-1) Departemen Teknik Sistem Perkapalan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun 2016.

Selama di bangku perkuliahan, penulis aktif di berbagai organisasi seperti Himpunan mahasiswa HIMASISKAL, Jamaah Masjid Manarul Ilmi (JMMI), Lembaga Dakwah Jurusan (LDJ), dan Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM). Pada tahun 2019 penulis pernah menjuarai Dies Natalis cabang olahraga sepakbola bersama tim Fakultas Teknologi kelautan. Penulis juga turut serta dalam beberapa kegiatan sosial dan kepanitiaan di lingkungan kampus. Penulis pernah magang di galangan PT. Caputra Mitra Sejati pada tahun 2018 dan tahun 2020 di PT. Petrokimia Gresik di Departemen Pengelolaan Pelabuhan. Sebagai penutup masa perkuliahannya, penulis mengerjakan tugas akhir di bidang Digital Marine Operational and Maintenance dengan judul **“Implementasi *Reliability Centered Maintenance (RCM)* Untuk Menentukan Prioritas Perawatan Pada *Marine Loading Arm*”** yang dibimbing oleh Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., M.T. dan Bapak Dr.Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.