



TUGAS AKHIR - TM 141585

**Perancangan dan Penerapan Sistem Pemeliharaan
dengan Metode *Reliability Centered Maintenance*
(Studi kasus: Mesin Lekuk 3DD PT. PINDAD (Persero)
Div. Munisi Turen)**

**AHMAD HAFIZH ABDUSSALAM
NRP 0211144000187**

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

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**



FINAL PROJECT - TM 141585

**Design and Application of Maintenance System using
Reliability Centered Maintenance Method (Study
case: 3DD Finish Drawing Machine PT PINDAD
(Persero) Div. Munisi Turen)**

**AHMAD HAFIZH ABDUSSALAM
NRP 0211144000187**

**Advisor Lecturer
Ir. Witantyo, M.Eng. Sc**

**MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**

**PERANCANGAN DAN PENERAPAN SISTEM
PEMELIHARAAN DENGAN METODE RELIABILITY
CENTERED MAINTENANCE (STUDI KASUS: MESIN
LEKUK 3DD PT. PINDAD (PERSERO) DIV. MUNISI
TUREN)**

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

AHMAD HAFIZH ABDUSSALAM

NRP. 02111440000187

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

- 1 Ir. Witantyo, M.Eng., Sc. (Pembimbing)
NIP. 196303141988031902
- 2 Ir. Sampurno, M.T. (Pengujian I)
NIP. 1965040419890634002
- 3 Dinny Harnany, S.T., Sc. (Pengujian II)
NIP. 210020140500
- 4 Latifah Nurahmi, S.T., MSc., Ph.D. (Pengujian III)
NIP. 1986201712037

**SURABAYA
JULI, 2018**

**PERANCANGAN DAN PENERAPAN SISTEM
PEMELIHARAAN DENGAN METODE RELIABILITY
CENTERED MAINTENANCE
(Studi Kasus: Mesin Lekuk 3DD PT. PINDAD (Persero) Div.
Munisi Turen)**

Nama Mahasiswa : Ahmad Hafizh Abdussalam
NRP : 2114100187
Departemen : Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Witantyo, M.Eng. Sc

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan pada PT. PINDAD (Persero) Div. munisi turen, salah satu perusahaan yang bergerak didalam bidang penyediaan dan pengadaan amunisi persenjataan yang ada di indonesia. Berdasarkan data produksi PT. PINDAD dari bulan Januari 2017 hingga Desember 2017 ditemukan masih tingginya downtime selama produksi. Untuk meningkatkan produktifitas perusahaan maka penelitian tugas akhir bertujuan untuk mengurangi downtime pada salah satu mesin produksi amunisi yaitu mesin lekuk 3DD, dimana downtime yang terjadi merupakan downtime yang disebabkan oleh adanya kegagalan komponen mekanis dari mesin.

Penelitian dalam tugas akhir ini didahului dengan identifikasi permasalahan, studi literatur dan studi lapangan PT. PINDAD, kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data dan pengolahan data dimana akan dilakukan pemilihan mesin serta komponen – komponen fokus yang akan di analisa. Tahap selanjutnya melakukan analisa kegagalan dengan menggunakan metode FMEA yang disusun didalam RCM Information Worksheet. Tahapan terakhir adalah menganalisa komponen serta menentukan metode perawatan yang tepat untuk mesin dengan menggunakan metode NASA RCM Logic Tree.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah teridentifikasinya 14 failure mode dari hasil analisis yang dilakukan. Terdapat dua failure mode yang dapat dicegah dengan sistem perawatan predictive maintenance, 9 failure mode yang dapat dicegah dengan tindakan perawatan preventive maintenance, dua failure mode dapat dicegah dengan pro-active maintenance salah satu diantaranya adalah dengan melakukan perawatan redesign. Redesign yang dilakukan pada komponen mesin lekuk 3DD dengan perubahan diameter ulir komponen poros penghantar untuk mengurangi downtime mesin akibat tingginya frekuensi patah dari poros tersebut.

Kata Kunci: downtime, reability centered maintenance, produktivitas, produksi

**DESIGN AND APPLICATION OF MAINTENANCE
SYSTEM USING RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE METHOD**

**(Study case: 3DD Finish Drawing Machine PT PINDAD
(Persero) Div. Munisi Turen)**

Name : Ahmad Hafizh Abdussalam
NRP : 2114100187
Departement : Teknik Mesin FTI-ITS
Supervisor : Ir. Witantyo, M.Eng. Sc

ABSTRACT

This research was done in PT PINDAD (Persero) Div. Munisi Turen, one of the companies that specialized in supply and procurement of armory amunition in Indonesia. Based on production data of PT PINDAD from January 2017 to December 2017, high downtime during production still be found. To increase company productivity, this research is done to reduce downtime on one of the amunition production machine, which is bending machine 3DD. The happening downtime is the downtime that occured because of mechanical component failure of the machine.

This final project research will be preceded by problem identification, literature study, and field study in PT PINDAD. Then followed by data collection and data processing which machine and focused components will be chosen to be analyzed. The next step is failure analysis using FMEA method that will be compiled into RCM Information Worksheet. The last step is to analyze component and determine the correct maintenance method for the machine using NASA RCM Logic Tree method.

Final result to be achived in this research is identification of 14 failure mode from analysis result. There are two failure mode that can be prevented by using predictive maintenance system, 9 failure mode that can be prevented by using preventive

maintenance, two failure mode that can be prevented by using proactive maintenance that one of it is redesign. The redesign is done to bending machine 3DD component by change screw diameter of carriage shaft to reduce downtime caused by the high frequency of shaft breaking.

Keyword: downtime, reliability centered maintenance, productivity, production.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah Subbhanallahu Wa Ta'ala, karena hanya dengan tuntunann-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan pendidikan Sarjana S-1 di Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penyusunan Tugas Akhir ini dapat terlaksana dengan baik atas bantuan dan kerjasama dari berbagai pihak yang terlibat. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Akhmad Kholil dan Distina Yurni yang selalu mendoakan, mendukung serta menyemangati setiap keputusan penulis, dan banyak hal lain yang tidak dapat diungkapkan dengan kata – kata sehingga penulis dapat menjalani pendidikan dengan baik dan penuh semangat.
2. Ir. Witantyo, M.Eng.Sc, selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dan masukan didalam penulisan Tugas Akhir ini
3. Dinny Harnany, ST, M.Sc, Ir. Sampurno, MT, dan Latifah Nurahmi, ST, M.Sc, P.hD selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah memberikan saran dan kritik kepada penulis terkait Tugas Akhir ini.
4. Seluruh Dosen dan Karyawan Departemen Teknik Mesin yang telah memberikan ilmu – ilmu berguna diluar kegiatan pembelajaran.
5. Bapak Budiarto dan Pak Budi yang telah membantu penulis saat pengambilan data di perusahaan
6. Ilma Sulityani yang selalu memberikan semangat, motivasi untuk lulus tepat waktu, mendoakan dan mengingatkan

betapa mahalnya biaya pernikahan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Hanif, Hezki, dan Tamara sebagai sahabat, teman Lab, teman satu bimbingan. Terima kasih telah menemani dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini
8. Teman – teman pengurus himpunan, Satrio, Shodiq, Faizal, Juli, Izda, Thoriq, Rozi, Billy, Ryan, Andre, Windhu, Yolanda, Engra. Terima kasih telah memberikan pengalaman selama kehidupan di kampus.
9. Teman – teman Astra1st 2017 Jatim, Tesa, Syahrul, Ojan, Bias, Yana, Fauzan, Gilang, dan Tantri. Terima kasih selalu mengingatkan saya untuk lulus dan mengerjakan Tugas Akhir
10. Keluarga Angkatan M57, saling mengingatkan dan menyemangati dalam segala hal sejak awal perkuliaan sampai sekarang
11. Pihak – pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu-persatu oleh penulis.

Dengan segala keterbatasan kemampuan serta pengetahuan yang penulis miliki, tidak menutup kemungkinan penulisan Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis bersedia menerima kritik dan saran dari berbagai pihak untuk penyempurnaan lebih lanjut. Semoga hasil Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penulisan.....	6
BAB II LANDASAN TEORI.....	7
2.1 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 Perawatan.....	8
2.2.1 Definisi Perawatan.....	9
2.2.2 Tujuan Perawatan.....	10
2.3 <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM).....	11
2.3.1 Tujuan <i>Reliability Centered Maintenance</i>	12
2.3.2 Langkah – langkah Penerapan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i>	12
2.4 Analisa Penyebab dan Efek Kegagalan.....	18
2.5 <i>Root Cause Analysis</i>	19
2.6 <i>Maintenance Task</i>	21
2.7 PT.PINDAD.....	25
2.7.1 Mesin Lekuk.....	26

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Tahap Identifikasi	27
3.1.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah	27
3.1.2 Menetapkan Tujuan Penelitian	27
3.1.3 Studi Literatur	29
3.1.4 Studi Lapangan	30
3.2 Tahap Pengumpulan Data	30
3.3 Tahap Pengolahan Data	30
3.4 Evaluasi dan Perbandingan Kegiatan Perawatan	30
3.5 RCM <i>Information Worksheet</i>	31
3.6 NASA RCM <i>Logic Tree</i>	31
3.7 Perancangan Kegiatan Perawatan	31
3.8 Penarikan Kesimpulan dan Saran	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Sistem Pemeliharaan PT. PINDAD (Persero) Div. Munisi Turen	33
4.2 Analisa Mesin Lekuk 3DD	36
4.3 Analisa Penyebab dan Efek Kegagalan dengan Metode RCM <i>Information Worksheet</i>	44
4.4 Analisa Maintenance Task dengan Menggunakan NASA RCM <i>Logic Tree</i>	51
4.5 Rekomendasi	56
4.5.1 Maintenance Task	56
4.5.2 <i>Redesign</i>	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
BIODATA PENULIS	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Frekuensi <i>Downtime</i> Mesin Lekuk 3DD Identik PT. PINDAD (Persero) Div. Munisi Turen.....	3
Gambar 1.2 Histogram Frekuensi <i>Downtime</i> komponen Mesin Lekuk 3DD-1	3
Gambar 1.3 Histogram waktu <i>Downtime</i> komponen Mesin Lekuk 3DD-2	4
Gambar 2.1 NASA RCM <i>Logic Tree</i>	22
Gambar 2.2 <i>Flow</i> Produksi Munisi Kaliber Besar dan Kecil	25
Gambar 2.3 Mesin Lekuk 3DD pada PT PINDAD (Persero) Div. Munisi Turen.....	26
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	29
Gambar 4.1 <i>Preventive Maintenance</i> PT. PINDAD (Persero) Div Munisi Turen (Sumber: PT.PINDAD).....	34
Gambar 4.2 Komponen Cam Sistem Penahan Kerja Aus.....	35
Gambar 4.3 Komponen Poros Penghantar Patah	36
Gambar 4.4 Mesin Lekuk 3DD pada PT Pindad (Persero) Div. Munisi Turen	37
Gambar 4.5 Gambaran Proses Mesin Lekuk 3DD	38
Gambar 4.6 <i>Functional Block Diagram</i> sistem pada Mesin Lekuk 3DD.....	39
Gambar 4.7 Komponen Sistem Penggerak Utama.....	40

Gambar 4.8 Sistem Kerja Mesin Lekuk 3DD	41
Gambar 4.9 Sistem Penahan Kerja Mesin Lekuk 3DD	42
Gambar 4.10 Tampak Atas dari Sistem Kerja dan Sistem Penahan Kerja	43
Gambar 4.11 Tampak luar design lama Komponen Poros Penghantar.....	58
Gambar 4.12 Tampak luar design lama komponen Mur Poros Penghantar	59
Gambar 4.13 Dimensi Komponen Poros Penghantar lama	59
Gambar 4.14 Dimensi Komponen Mur Poros Penghantar lama.....	59
Gambar 4.15 Kurva S-N Material 16 MnCr 5 (AISI 5115)	63
Gambar 4.16 Tampak Luar Design Baru Komponen Poros Penghantar.....	64
Gambar 4.17 Tampak luar design lama Komponen Mur Poros Penghantar	65
Gambar 4.18 Dimensi Komponen Poros Penghantar Baru	65
Gambar 4.19 Dimensi Komponen Mur Poros Penghantar Baru.....	65
Gambar 4.20 Proses pembuatan poros penghantar	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 RCM <i>Information Worksheet</i>	18
Tabel 4.1 Deskripsi Mesin Lekuk 3DD	37
Tabel 4.2 RCM <i>Information Worksheet</i>	45
Tabel 4.3 RCM <i>Decision Worksheet</i>	51
Tabel 4.4 Contoh Pembacaan RCM <i>Decision Worksheet</i> ..	55
Tabel 4.5 Rekomendasi <i>Maintenance Task</i> Mesin Lekuk 3DD.....	56
Tabel 4.6 Data Kerusakan Mesin Lekuk 3DD-1	61
Tabel 4.7 Nilai N material poros penghantar A Mesin Lekuk 3DD.....	61
Tabel 4.8 Nilai N material poros penghantar B Mesin Lekuk 3DD.....	62

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi akhir-akhir ini berjalan dengan pesat. Hal ini dapat dirasakan diberbagai kegiatan dan bidang kehidupan, khususnya bidang industri manufaktur. Perubahan teknologi yang dipergunakan dapat menimbulkan perubahan dari komponen input yang digunakan serta output yang dihasilkan. Dengan semakin meningkatnya kebutuhan akan produktivitas dan penggunaan teknologi tinggi yang berupa mesin dan fasilitas produksi maka kebutuhan akan memenuhi kebutuhan pasar pun secara tidak langsung meningkat.

PT. PINDAD (Persero) merupakan perusahaan BUMN, salah satu perusahaan industri strategis di Indonesia yang memproduksi senjata dan munisi yang hasil produksinya sepenuhnya dipergunakan untuk keperluan TNI dan Polri untuk didalam negeri. Berbagai produk pendukung militer, seperti senjata, munisi hingga kendaraan tempur menjadi keahliannya. Salah satu produk dari PT. PINDAD (Persero) adalah Produk senjata dan munisi, terdiri dari amunisi kaliber ringan (berbagai kaliber), munisi kaliber berat (monitor dan granat).

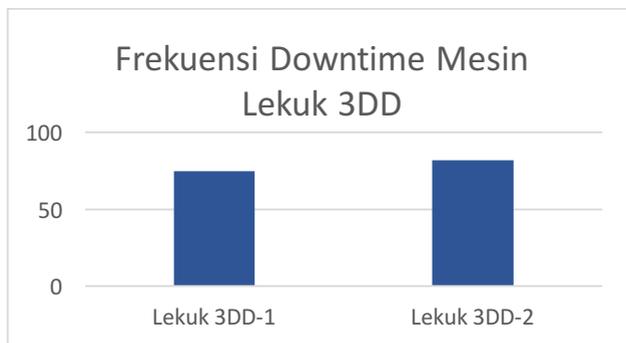
Meningkatnya permintaan produk amunisi dan persenjataan yang ada di Indonesia berdasarkan data tahun 2016 dan tahun 2017 menunjukkan adanya peningkatan di sektor dalam negeri maupun luar negeri dan hal tersebut juga didukung dengan isu saat ini yang diproyeksikan adanya pertumbuhan sebesar 2,21% atau senilai 16,6 miliar dolar AS pada 2027 dalam sektor produksi amunisi. Permintaan amunisi diperkirakan sebagian besar disebabkan adanya dorongan rencana modernisasi militer yang dilakukan oleh berbagai negara selama periode 2017-2027. Oleh karena itu PT PINDAD (Persero) dituntut untuk mampu memenuhi kebutuhan pasar dengan memaksimalkan kapasitas produksi yang ada serta

produk yang dihasilkan mampu memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan. Dimana produk-produk tersebut sudah banyak digunakan, baik militer dalam negeri ataupun luar negeri.

Salah satu mesin produksi yang ada di PT. PINDAD adalah Mesin Lekuk 3-DD. Mesin lekuk 3-DD digunakan untuk memberikan cetakan atau tanda dibagian belakang lonsong sebelum lonsong siap untuk dilakukan proses *projectil*. Mesin lekuk memiliki peranan yang vital di dalam produksi amunisi. Didalam mesin Lekuk terdapat komponen-komponen yang menunjang sistem berjalan sesuai fungsinya. Namun pada kenyataannya, di PT PINDAD Divisi Munisi masih sering terjadi perhentian line produksi yang diakibatkan adanya komponen yang rusak (*failure*). Terhentinya line produksi yang disebabkan oleh kerusakan pada komponen di sistem tersebut disebut dengan downtime dan secara langsung perusahaan akan mengalami kerugian yang disebabkan oleh downtime. Menurut data PT PINDAD (Persero) Div. Amunisi Turen, jika besar kerugian yang disebabkan oleh downtime pada tahun 2017 sebesar Rp. 80,379,540,000.

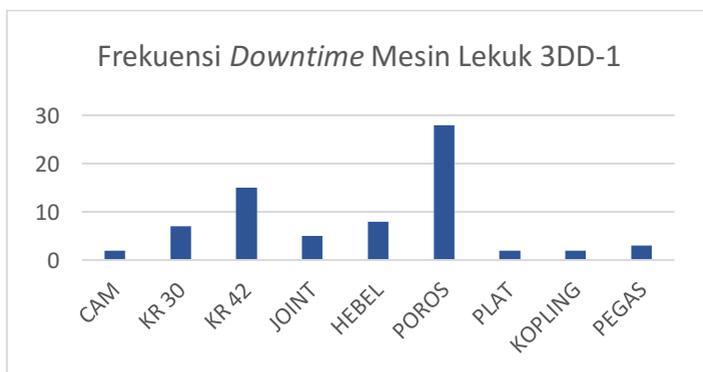
Penelitian dilakukan di PT. PINDAD (Persero) Divisi Amunisi, Turen dengan mengambil periode frekuensi dan waktu downtime mulai Juni 2017 hingga Maret 2018. Pada periode tersebut mesin yang ada didalam proses lonsong pembuatan munisi 5.56 memiliki waktu downtime yang cukup banyak, sehingga mengakibatkan proses pembuatan munisi terganggu.

Menurut data dari PT PINDAD (Persero) Div. Munisi Turen dari awal tahun 2017 hingga Desember 2017, mesin mengalami waktu downtime yang cukup banyak sehingga mengakibatkan terganggunya proses produksi lonsong. Data frekuensi downtime Mesin lekuk 3DD pada periode Januari 2017 sampai dengan Desember 2017 dapat dilihat pada gambar 1.3.

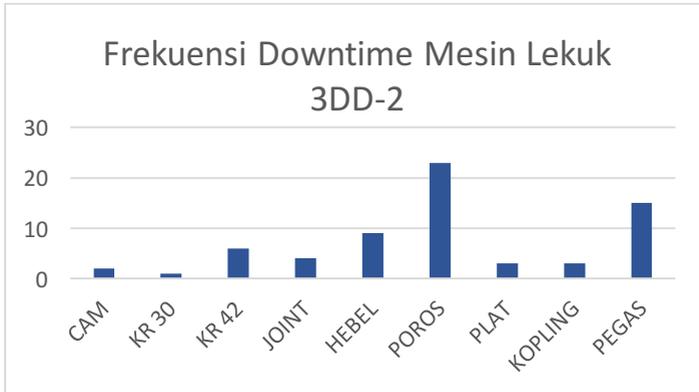


Gambar 1.1 Frekuensi *Downtime* Mesin Lekuk 3DD Identik PT. PINDAD (Persero) Div. Munisi Turen

Pada gambar 1.1 menunjukkan bahwa frekuensi *downtime* yang dialami oleh kedua mesin identik yang dimiliki oleh PT. PINDAD (Persero) Div. Munisi Turen. Frekuensi kerusakan tertinggi dimiliki oleh Mesin lekuk 3DD-2 85 kali dan mesin lekuk 3DD-1 sebanyak 75 kali. Tingginya frekuensi yang terjadi pada mesin secara tidak langsung akan memberikan kerugian secara ekonomis bagi perusahaan.



Gambar 1.2 Histogram Frekuensi *Downtime* komponen Mesin Lekuk 3DD-1



Gambar 1.3 Histogram waktu Downtime komponen Mesin Leluk 3DD-2

Pada gambar 1.2 dan gambar 1.3 merupakan rincian dari komponen – komponen yang mengalami kerusakan ada di mesin leluk 3DD-1 maupun 3DD-2 periode tahun 2017. Pada gambar 1.2 dapat dilihat bahwa komponen – komponen yang memiliki frekuensi kerusakan adalah Poros, KR 30, dan KR 40. Sedangkan pada gambar 1.3 merupakan frekuensi kerusakan komponen yang terjadi pada mesin leluk 3DD-2 dimana poros pun memiliki kerusakan tertinggi diikuti dengan kerusakan pada pegas dan hebel pada mesin tersebut. Kerusakan – kerusakan komponen pada mesin menyebabkan tingginya *downtime* sehingga secara tidak langsung dapat merugikan PT. PINDAD (Persero).

Permasalahan terkait tingginya frekuensi *downtime* yang terjadi pada komponen mesin leluk dapat diselesaikan dengan membentuk kegiatan permasalahan yang tepat. Atas dasar tersebut penelitian ini mengusulkan penggunaan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) guna merancang kegiatan pemeliharaan yang tepat sehingga untuk menurunkan nilai *downtime* yang terjadi pada Mesin Leluk 3-DD. Setiap subsistem yang menyusun sistem produksi langsung akan dianalisa penyebab

dan efek kegagalannya. Berdasarkan hasil analisa tersebut akan diteliti konsekuensi dari kegagalan yang terjadi untuk kemudian ditentukan *maintenance task* yang tepat. Maintenance task yang tepat diharapkan dapat mengurangi meningkatkan produktifitas perusahaan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka permasalahan dalam Tugas Akhir ini adalah bagaimana menentukan kegiatan perawatan yang tepat pada mesin dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk menurunkan *downtime* mesin lekuk 3-DD.

1.3 Tujuan Penelitian

Mengacu pada rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dari penelitian ini adalah menentukan kegiatan perawatan terhadap komponen yang terdapat pada proses produksi langsung dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari luasnya permasalahan yang terjadi, maka dalam pengerjaan tugas akhir ini terdapat beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah data historu kerusakan mesin pada tahun 2017
2. Mesin yang dianalisa adalah mesin lekuk 3DD

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat yang didapat dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan saran kepada perusahaan dalam melakukan kegiatan perawatan yang tepat pada proses produksi longsong yang diharapkan dapat menurunkan downtime produksi.
2. Mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya *downtime*
3. Mengetahui bagaimana metode RCM dapat meningkatkan keandalan mesin.

BAB II

LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan dibahas mengenai dasar teori dan tinjauan pustaka yang akan digunakan sebagai acuan, prosedur dan langkah – langkah dalam melakukan penelitian sehingga permasalahan yang diangkat dapat terserlesaikan dengan baik. Adapun dasar teori dan tinjauan pustaka yang digunakan berdasarkan permasalahan pada PT. PINDAD (Persero) Div. Amunisi Turen, yaitu masih tingginya *downtime* pada salah satu mesin produksi longsong yang akan diselesaikan dengan metode *Reability Centered Maintenance*.

2.1 Tinjauan Pustaka

Perawatan merupakan hal yang penting dalam proses produksi. Aktifitas perawatan yang diterapkan kepada setiap komponen dapat berbeda-beda sesuai dengan karakteristik komponen yang tersedia. Jika suatu komponen diberikan perawatan yang tidak sesuai dengan karakteristiknya maka salah satu penyebab nya akan mengakibatkan mesin mengalami *downtime* dengan waktu yang panjang. Hal ini akan mengakibatkan proses produksi akan terhenti dan perusahaan mengalami kerugian. Penelitian-penelitian mengenai penentuan jenis perawatan komponen umumnya dilakukan untuk memperoleh nilai seminimum mungkin terkait dengan perawatan.

Penelitian yang menggunakan metode RCM yaitu Perencanaan Pemeliharaan Mesin *Hard Capsule* yang difokuskan terhadap sistem Greaser di PT. Kapuslindo Nusantara. Pada penelitian ini dilakukannya analisa data historis kerusakan pada mesin tersebut. Kemudian melakukan tahap *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang merupakan kegiatan guna mengidentifikasi kegagalan dari suatu komponen yang dapat

menyebabkan kegagalan fungsi dari sistem. Dilanjutkan dengan tahapan *Fault Tree Analysis (FTA)* yaitu metode dengan melakukan analisa kualitatif dan *Logic Tree Analysis* yaitu diagram alir proses klarifikasi model pemeliharaan yang sesuai sehingga dapat ditentukan perawatan yang tepat pada setiap komponen (Dewi, 2018).

Penelitian lain dalam penggunaan metode RCM yaitu *Reliability Centered Maintenance Methodology* pada Mesin Pembuat Kaleng Susu. Pada penelitian ini digunakan RCM *Information Worksheet* yang berisi fungsi, kegagalan fungsi, modus kegagalan, dan efek kegagalan pada setiap subsistem. Kemudian dari data information worksheet tersebut digunakan untuk menentukan maintenance task yang tepat pada setiap modus kegagalan yang sudah dianalisa (Wijanarko, 2003).

Pada Tugas Akhir ini akan ditentukan maintenance task yang tepat berdasarkan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Komponen – komponen yang sering terjadi kerusakan akan disortir dan diidentifikasi penyebab kegagalan, langkah selanjutnya yaitu menentukan bagaimana cara mengatasi masalah yang terjadi pada komponen tersebut. Semua subsistem dari Mesin leku 3DD akan dievaluasi untuk menentukan penyebab kegagalannya. Tujuan dari penelitian tugas akhir inidiharapkan dapat menentukan maintenance task yang tepat pada komponen yang akan diteliti sehingga aktifitas perawatan dapat berjalan dengan baik dan lancar sehingga dapat mengurangi waktu downtime pada proses produksi.

2.2 Perawatan

Perawatan merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menjaga, memperbaiki, mengganti ataupun memodifikasi suatu komponen atau sistem agar tetap dalam keadaan yang dapat diterima menurut standar yang berlaku. Suatu komponen atau sistem yang bekerja terus menerus akan mengalami penurunan

kinerja dan keandalan. Perawatan ini bertujuan untuk menjaga atau memperbaiki agar komponen tersebut dapat berfungsi seperti spesifikasi yang diinginkan dalam waktu dan kondisi tertentu. Kegiatan perawatan dan pemeliharaan merupakan hal yang penting dalam sebuah proses produksi. Perawatan yang diterapkan kepada setiap komponen dapat berbedabeda sesuai dengan karakteristik komponen yang tersedia. Jika suatu komponen diberikan perawatan yang tidak sesuai dengan karakteristiknya maka salah satu penyebabnya akan mengakibatkan mesin mengalami downtime, proses produksi terhenti sehingga perusahaan mengalami kerugian. Penelitian- penelitian mengenai penentuan jenis perawatan komponen umumnya dilakukan untuk memperoleh nilai seminimum mungkin terkait dengan perawatan (Moubray, 1997).

2.2.1 Definisi Perawatan

Perawatan menurut The American Management Association, Inc., adalah kegiatan rutin, pekerjaan berulang yang dilakukan untuk menjaga kondisi fasilitas produksi agar dapat dipergunakan sesuai dengan fungsi dan kinerja yang telah ditetapkan secara efektif.

Perawatan juga didefinisikan sebagai kombinasi dari berbagai aktifitas yang dilakukan untuk menjaga atau memperbaiki sampai pada kondisi yang dapat diterima. Di Indonesia, istilah pemeliharaan itu sendiri telah dimodifikasi oleh Kementrian Teknologi pada bulan april 1970, menjadi teroteknologi. Teroteknologi merupakan kombinasi dari manajemen, keuangan, perekayasaan dan aktifitas lain yang diterapkan pada aset fisik untuk mendapatkan biaya yang ekonomis. Villemeur (1992) mendefinisikan perawatan sebagai keseluruhan kombinasi tindakan teknis maupun administratif yang bertujuan untuk memelihara, mengembalikan suatu peralatan dalam keadaan atau kondisi yang selalu dapat berfungsi. Sullivan mendefinisikan perawatan sebagai

suatu keputusan atau kegiatan dalam mengontrol dan menjaga peralatan dan aset perusahaan (Bothe & Bhote, 2004).

2.2.2 Tujuan Perawatan

Tujuan dilakukan tindakan perawatan adalah sebagai berikut:

1. Untuk memperpanjang usia kegunaan aset (yaitu setiap bagian dari tempat kerja, serta fasilitas produksi).
2. Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang digunakan dalam produksi barang atau jasa dan mendapatkan laba investasi (return of investment) semaksimal mungkin.
3. Untuk menjamin kesiapan operasional dari keseluruhan peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu.
4. Menjamin keselamatan, keamanan dari pengguna (operator) yang berada dalam lingkungan proses produksi.

Sedangkan sasaran yang hendak dicapai dengan suatu kegiatan pemeliharaan adalah sebagai berikut:

1. Produksi yang sesuai dengan rencana produksi yang telah dibuat.
2. Tingkat mutu dan ketelitian sesuai dengan spesifikasi produk dan produksi yang tidak terganggu, karena jika terjadi gangguan pada proses produksi maka sedikit banyak karakteristik produk yang dihasilkan juga akan berubah
3. Pemeliharaan berusaha mengurangi kerusakan yang tidak wajar dan menjaga agar modal yang ditanam perusahaan dalam waktu yang telah ditentukan dapat sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan dibidang investasi fasilitas
4. Dalam melaksanakan ketiga hal tersebut diatas diharapkan dapat dilakukan dengan biaya seminimal mungkin.

5. Dalam melakukan kegiatannya tidak mengabaikan keselamatan pegawai dan harus bekerja sama erta dengan bagian lainnya.

2.3 Reliability Centered Maintenance (RCM)

Reliability Centered Maintenance (RCM) didefinisikan sebagai suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang seharusnya dilakukan untuk menjamin suatu sistem dapat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsi yang diinginkan oleh pengguna. Konsep dasar dari metode RCM ini adalah mempertahankan fungsi dari salah satu sistem, sehingga segala upaya perawatan yang dilakukan adalah untuk menjaga agar sistem tetap berfungsi sesuai dengan yang diharapkan (Moubray, 1997). Manajemen perawatan ini tidak hanya memanfaatkan rekomendasi vendor saja tapi juga melibatkan analisa keandalan. Hasil yang diharapkan dalam pengimplementasian RCM kedalam manajemen perawatan adalah untuk mendapatkan suatu strategi perawatan yang optimum.

Penelitian tentang RCM pada umumnya bertujuan menjawab beberapa pertanyaan mengenai asset atau peralatan yang diteliti Andrews JD sebagai berikut:

1. Apakah fungsi dari asset dan standar kinerja yang terkait dengan fungsi itu sesuai dengan konteks operasinya saat ini (*system function*)?
2. Bagaimana sistem tersebut gagal memenuhi fungsinya (*functional failure*)?
3. Apakah modus atau penyebab terjadinya kegagalan fungsi tersebut (*failure modes*)?
4. Apakah yang akan terjadi ketika penyebab modus atau penyebab kegagalan itu muncul (*failure effect*)?
5. Bagaimana kegagalan tersebut berpengaruh (*failure consequences*)?

6. Apakah tindakan yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegah setiap kegagalan (*proactive task*)?
7. Bagaimana apabila tidak ditemukan tindakan proaktif yang sesuai (*default action*)?

2.3.1 Tujuan Reliability Centered Maintenance

Adapun tujuan dari RCM adalah sebagai berikut:

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

2.3.2 Langkah – langkah Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance

Langkah – langkah yang harus dilakukan sebelum proses RCM dimulai yaitu sebagai berikut:

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

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

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

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

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

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

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

Deskripsi sistem dan diagram blok merupakan representasi dari fungsi-fungsi utama sistem berupa blok-

blok yang berisi fungsi-fungsi dari setiap subsistem yang menyusun sistem tersebut sehingga dibuat tahapan identifikasi detail dari sistem yang meliputi:

a. Deskripsi Sistem

Uraian sistem yang menjelaskan cara kerja sistem serta penggunaan instrumen yang ada dalam sistem.

b. *Functional Block Diagram*

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

c. Masukan dan keluaran sistem (*In&Out Interface*)

Penetapan batas-batas sistem dan pengembangan fungsi subsistem memungkinkan kita untuk melengkapinya dan mendokumentasikan fakta dari elemen-elemen yang melintasi batas sistem. Elemen-elemen melintasi sistem dapat berupa energi, panas, sinyal, fluida, dan sebagainya. Beberapa elemen berperan sebagai input dan beberapa elemen berperan sebagai output yang melintasi setiap subsistem.

d. *System Work Breakdown System* (SWBS)

SWBS digunakan untuk menggambarkan kelompok bagian-bagian peralatan yang menjalankan fungsi tertentu.

Setelah menentukan ketiga tahap tersebut, selanjutnya adalah menjawab ketujuh pertanyaan utama dalam metode RCM. Berikut adalah penjelasan dari ketujuh pertanyaan tersebut.

1. Fungsi dan Standar Kinerja (*Functions and Performance Standards*)

System function didefinisikan sebagai suatu fungsi dari komponen yang diharapkan oleh pengguna tetapi masih berada dalam level kemampuan dari komponen tersebut sejak saat dibuat. Fungsi dibedakan menjadi dua yaitu *primary function* dan *secondary function*. *Primary function* merupakan alasan utama mengapa suatu aset tersebut ada. Kategori ini meliputi kecepatan, hasil produksi, kualitas produk dan pelayanan pelanggan. Sedangkan *secondary function* merupakan kemampuan dari suatu aset untuk dapat melakukan lebih dari sekedar memenuhi fungsi utamanya saja. *Secondary function* meliputi *safety, control, appearance, protection, economy, dan environmental regulations*.

2. Kegagalan Fungsi (*Functional Failure*)

Kegagalan didefinisikan sebagai suatu ketidakmampuan untuk menjalankan fungsi sesuai dengan keinginan pengguna. Sedangkan kegagalan fungsi adalah ketidakmampuan sistem untuk memenuhi suatu fungsi pada suatu standar kinerja tertentu yang dapat diterima oleh pengguna. Terdapat dua kategori kegagalan dalam RCM yaitu kegagalan total dan kegagalan parsial. Kegagalan total merupakan suatu keadaan dimana sistem sama sekali tidak dapat memenuhi standar kinerja suatu fungsi yang dapat diterima oleh penggunanya. Sedangkan kegagalan parsial merupakan keadaan dimana suatu sistem dapat berfungsi namun tidak pada level standar kinerja yang dapat diterima oleh penggunanya atau keadaan dimana suatu sistem tidak dapat mempertahankan tingkat kualitas produk dari sistem tersebut.

3. Modus Kegagalan (*Failure Mode*)

Modus kegagalan merupakan beberapa peristiwa yang mempunyai kemungkinan besar untuk menyebabkan setiap kegagalan terjadi. Peristiwa yang mempunyai kemungkinan untuk menjadi modus kegagalan atau failure mode adalah:

- a. Peristiwa yang pernah terjadi sebelumnya pada peralatan yang sama atau serupa yang mempunyai konteks operasi sama.
- b. Kegagalan yang sekarang sedang diantisipasi oleh program perawatan yang ada.
- c. Kegagalan yang belum pernah terjadi tetapi diperkirakan dapat menjadi kenyataan di dalam proses operasinya.
- d. Kegagalan yang apabila terjadi akan memberikan dampak yang sangat serius.

4. Dampak Kegagalan (*Failure Effect*)

Failure effect menjelaskan tentang apa yang akan terjadi jika failure mode terjadi. Penjelasan ini harus memasukkan semua informasi yang dibutuhkan dalam memberikan konsekuensi kegagalan tersebut, seperti:

- a. Apa bukti bahwa kegagalan tersebut pernah terjadi.
- b. Bagaimana cara kegagalan tersebut dapat berpengaruh terhadap keselamatan, lingkungan, produksi, dan operasi.
- c. Apakah kerusakan fisik yang disebabkan oleh kegagalan tersebut.
- d. Bagaimana cara untuk memperbaiki kegagalan tersebut.

5. Konsekuensi Kegagalan (*Failure Consequence*)

RCM memahami benar bahwa satu-satunya alasan untuk melakukan berbagai macam proactive task bukan untuk menghindari kegagalan itu sendiri namun untuk mengurangi konsekuensi dari kegagalan tersebut. Failure Consequence merupakan hal yang penting dalam proses RCM itu sendiri. Dalam proses RCM mengklasifikasikan konsekuensi kegagalan kedalam 4 bagian, yaitu:

a. *Hidden Failure Consequences*

Kondisi ini terjadi apabila konsekuensi kegagalan yang terjadi tidak dapat diketahui oleh operator dalam kondisi normal.

b. *Safety Consequences*

Kegagalan mempunyai konsekuensi keamanan apabila kegagalan yang terjadi dapat melukai, membahayakan atau bahkan membunuh seseorang.

c. *Environmental Consequences*

Kegagalan mempunyai konsekuensi lingkungan apabila kegagalan yang terjadi dapat melanggar standar lingkungan perusahaan, wilayah nasional maupun internasional.

d. *Operational Consequences*

Kegagalan mempunyai konsekuensi operasional apabila kegagalan yang terjadi dapat mempengaruhi kapabilitas operasional seperti hasil produksi, kualitas produksi, kepuasan pelanggan, dan biaya tambahan perbaikan.

Proses RCM menggunakan kategori-kategori diatas sebagai dasar dalam pengambilan maintenance task yang sesuai.

2.4 Analisa Penyebab dan Efek Kegagalan

Pada penelitian ini, analisa penyebab dan efek kegagalan menggunakan RCM *Information Worksheet*. Di dalam RCM *information worksheet* akan dianalisa function, functional failure, failure mode, dan failure effect pada suatu sistem atau subsistem seperti yang digambarkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 RCM *Information Worksheet*

RCM <i>Information Worksheet</i>			
<i>Function</i> (fungsi)	<i>Functional Failure</i> (kegagalan fungsi)	<i>Failure Mode</i> (modus kegagalan)	<i>Failure Effect</i> (efek kegagalan)
(1)	(A)	(1)	

- a. Fungsi (*function*) yaitu didefinisikan sebagai kemampuan yang dapat dilakukan suatu subsistem sesuai dengan konteks operasionalnya untuk memenuhi standar kinerja yang diharapkan.
- b. Kegagalan fungsi (*functional failure*) yaitu didefinisikan sebagai ketidakmampuan suatu subsistem untuk menjalankan fungsi sesuai dengan operasionalnya sehingga tidak memenuhi standar kinerja yang diharapkan.
- c. Modus kegagalan (*failure mode*) didefinisikan sebagai hal-hal yang memiliki peluang besar untuk menyebabkan kegagalan fungsi.

- d. Efek kegagalan (*failure effect*) didefinisikan sebagai akibat dari modus kegagalan atau failure mode terhadap subsistem maupun sistem itu sendiri.

2.5 *Root Cause Analysis*

Root Cause Analysis (RCA) adalah metode analisis terstruktur yang mengidentifikasi akar penyebab (*root causes*) untuk suatu output yang tidak memenuhi spesifikasi atau cacat (*undesired product*). Tujuan *Root Cause Analysis* adalah mengidentifikasi akar penyebab secara detil sehingga kecacatan atau permasalahan pada suatu produk dapat dihilangkan dan ditekan seminimal mungkin. Akar penyebab (*root cause*) sendiri merupakan suatu faktor (peristiwa, kondisi, organisasi, dll) yang baik secara langsung maupun tidak langsung menyebabkan terjadinya kecacatan atau permasalahan. Identifikasi terhadap akar penyebab dapat dilakukan melalui langkah-langkah berikut:

- a. Mendefinisikan secara detil permasalahan yang akan dianalisis

Langkah awal yang dilakukan dalam menganalisa *Root Cause Analysis* (RCA) adalah dengan mendefinisikan permasalahan yang akan dianalisis secara detil, sehingga jelas dalam identifikasi selanjutnya.

- b. Pengumpulan data

Pengumpulan data bertujuan untuk mengidentifikasi fakta-fakta yang terjadi di sekitar permasalahan. Adapun beberapa pertanyaan yang dapat diajukan untuk mengidentifikasi fakta-fakta tersebut adalah

- Kapankah permasalahan atau output cacat terjadi?
- Dimanakah hal tersebut terjadi?

- Bagaimanakah kondisi yang ada sebelum permasalahan terjadi?
 - Tindakan pengendalian apa saja yang seharusnya dapat mencegah terjadinya permasalahan tetapi tidak dilakukan?
 - Apa saja yang menjadi penyebab potensial dari permasalahan yang terjadi?
 - Tindakan apa yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya permasalahan yang serupa di kemudian hari?
- c. Membuat diagram faktor penyebab (*causal factor tree*)
- Langkah ini berisi paparan detail secara visual dari data yang telah dikumpulkan pada langkah sebelumnya. Ada banyak tool yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi langkah ini, seperti diagram sebab akibat, *fault tree analysis*, *barrier analysis* dan lain-lain. Pemilihan tool yang tepatsesuai permasalahan yang terjadi akan menghasilkan suatu analisis dan usulan solusi yang tepat dan akurat.
- d. Membuat usulan solusi untuk menghilangkan, meminimalkan atau memodifikasi permasalahan yang terjadi.

Tujuan secara keseluruhan dari suatu kegiatan pengendalian kualitas adalah untuk meningkatkan kualitas itu sendiri, ini berarti bahwa penyebab rendahnya kualitas tersebut harus segera diidentifikasi dan diperbaiki. Lebih jauh lagi, penyebab kecacatan yang dominan harus segera diisolasi dan dihilangkan. Sebuah tool yang sangat berguna untuk dapat mengidentifikasi, memaparkan, dan memperbaiki penyebab kecacatan yang mungkin dari berbagai

observasi yang dilakukan adalah diagram sebab akibat. Tool ini juga sering disebut sebagai diagram Ishikawa, karena ditemukan oleh Dr. Kaoru Ishikawa dari Universitas Tokyo pada tahun 1943. Nama lain dari diagram ini adalah diagram tulang ikan yang merujuk pada bentuk struktur yang ditampilkan.

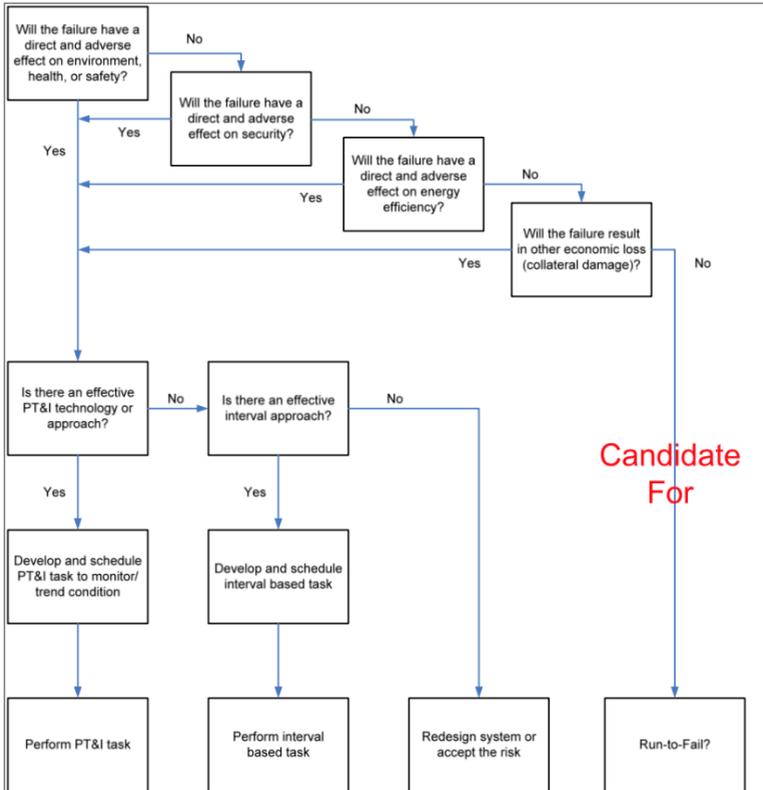
Adapun secara umum, langkah-langkah yang diperlukan untuk membuat diagram sebab akibat adalah sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi karakteristik kualitas atau ukuran performansi untuk hubungan sebab dan akibat.
- b. Gunakan *brainstorming* yang terstruktur dan orang-orang yang berpengalaman dan berpengetahuan luas untuk menentukan variabel kelas umum yang menyebabkan kasus tersebut terjadi (mengidentifikasi tulang besar).
- c. Cari lebih lanjut faktor yang lebih terperinci dari variabel kelas umum yang telah diidentifikasi tersebut (mengidentifikasi tulang kecil).

Dari data diatas, kemudian digambar menjadi diagram sebab akibat untuk selanjutnya dicari penyebab- penyebab utama dari setiap tulang kecil yang sudah teridentifikasi.

2.6 Analisa Maintenance Task

Pada penelitian tugas akhir ini menggunakan NASA RCM *Logic Tree* untuk menganalisa dan menentukan perawatan yang tepat. Gambar 2.1 merupakan NASA RCM *Logic Tree* yang akan digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2.1 NASA RCM Logic Tree (Sumber: Reliability Centered Maintenance Guide NASA, 2008)

a. *Predictive Testing and Inspection (PT&I)*

Predictive Testing and Inspection, juga dikenal sebagai pemeliharaan prediktif atau pemantauan kondisi, menggunakan teknik pengujian non-intrusif, inspeksi secara visual, dan menggunakan data performa mesin guna mengetahui kondisi dari mesin tersebut. Setelah melakukan analisis data dan pemantauan kondisi peralatan

selanjutnya dapat dilakukan perencanaan dan penjadwalan pemeliharaan atau perbaikan sebelum terjadinya kegagalan pada mesin tersebut. Data PT & I yang dikumpulkan digunakan untuk analisis tren, pengenalan pola, perbandingan data, pengujian terhadap batas dan rentang, korelasi dari beberapa teknologi, dan analisis proses statistik untuk menentukan kondisi peralatan dan untuk mengidentifikasi kegagalan.

b. *Preventive Maintenance (PM) or Interval based Task*

Preventive Maintenance (PM) terdiri dari pemeriksaan, penyesuaian, pembersihan, pelumasan, penggantian suku cadang, kalibrasi, dan perbaikan komponen dan peralatan yang dijadwalkan secara rutin. *Preventive Maintenance* menjadwalkan pemeriksaan berkala dan pemeliharaan pada interval yang telah ditentukan (waktu, jam operasi, atau siklus) dalam upaya untuk mengurangi kegagalan peralatan. Hal ini dilakukan tanpa memperhatikan kondisi peralatan yang terdapat dimesin.

c. *Redesign*

Mendesain ulang (*redesign*) suatu mesin atau komponen merupakan suatu pekerjaan yang tidak mudah dikarenakan adanya beberapa faktor. Faktor pertama adalah permasalahan biaya yang dikeluarkan cukup besar. Biaya yang cukup besar tersebut dapat terjadi dikarenakan biaya dari mendesain ulang, biaya karena membuat komponen baru, biaya karena menyetel ulang kembali sistem dari mesin.

Mendesain ulang (*redesign*) dapat dilakukan dalam beberapa konsekuensi.

1. Konsekuensi terhadap keselamatan dan lingkungan

- Untuk mengurangi tingkat kemungkinan penyebab kegagalan yang terjadi
 - Untuk mengganti komponen yang jika mengalami kegagalan tidak dapat berlangsung lama agar tidak berkonsekuensi terhadap keselamatan dan lingkungan yang lebih berat
2. Konsekuensi kegagalan tersembunyi
 - Membuat kejadian tersembunyi dengan menambah komponen baru agar dapat dideteksi oleh operator
 - Mengganti dengan fungsi yang nyata untuk fungsi tersembunyi tersebut
 - Mengganti komponen yang lebih andal
 - Menggandakan fungsi yang tersembunyi
 3. Konsekuensi operasi dan yang bukan operasi
 - Mengurangi kejadian kegagalan dalam operasi dengan mengganti komponen yang lebih kuat dan tahan lama
 - Mengurangi konsekuensi dari kegagalan
 - Membuat pemeliharaan pencegahan menjadi pembiayaan yang efektif

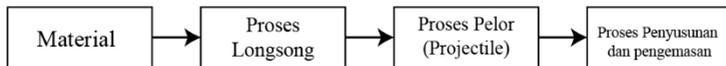
d. *Reactive Maintenance*

Pemeliharaan Reaktif juga disebut sebagai pemeliharaan kerusakan, perbaikan, *Run – to - Failure* (RTF). *Trouble Calls* (TCs) adalah jenis perawatan reaktif. Ketika menerapkan teknik pemeliharaan ini, pemeliharaan, perbaikan peralatan, atau penggantian hanya terjadi ketika kerusakan dalam kondisi peralatan menyebabkan kegagalan fungsional. Jenis pemeliharaan ini mengasumsikan bahwa kegagalan kemungkinan besar terjadi di bagian, komponen, atau sistem, dan yang menjadi

faktor utama dari kegagalan adalah usia. Hal ini menghalangi identifikasi kelompok tertentu dari bagian perbaikan sebagai lebih diperlukan atau diinginkan daripada yang lain.

2.7 PT.PINDAD

PT. PINDAD (Persero) Div. Munisi merupakan salah satu bagian dari PT. PINDAD Persero yang bertanggung jawab didalam bidang manufacture dimana amunisi dan bahan bahan peledak yang menjadi produk utama. Produk amunisi yang diproduksi oleh PT PINDAD dibagi menjadi 2 bagian diantaranya adalah Munisi Kaliber Besar (MKB) dan Munisi Kaliber Kecil (MKK). Proses produksi amunisi tersebut diawali dengan masuknya material bahan kedalam PT Pindad Divisi Amunisi dimana bahan material tersebut langsung diimpor melalui luar negeri, dilanjutkan dengan proses pembentukan longsong, proses pelor (projectile) dan proses diakhiri dengan proses penyusunan dan pengemasan.

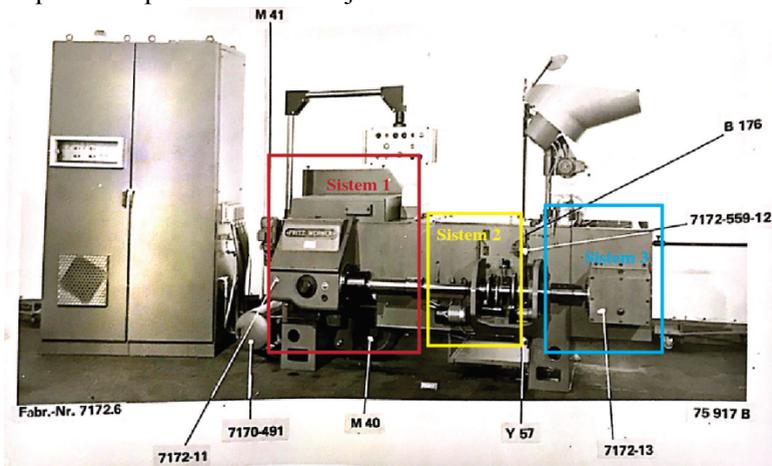


Gambar 2.2 *Flow* Produksi Munisi Kaliber Besar dan Kecil

Pada gambar 2.2 dapat dilihat bahwa proses longsong atau dapat disebut proses pembuatan selongsong peluru yang merupakan dari proses pembuatan munisi. PT. PINDAD (Persero) Divisi Munisi menggunakan sistem series order dimana perusahaan memproduksi jumpalh produk sesuai dengan permintaan yang ada disetiap bulannya. Guna memenuhi permintaan amunisi yang bervariasi baik didalam negeri maupun luar negeri.

2.7.1 Mesin Lekuk

Mesin Lekuk 3DD merupakan salah satu mesin dalam produksi langsung PT. Pindad (Persero) Div. Munisi Turen yang berperan didalam pembentukan bagian belakang dari suatu amunisi. Sesuai dengan gambar 2.3, pada Mesin lekuk 3DD, terdapat 3 sistem yaitu sistem penggerak utama, sistem penahan kerja, dan sistem kerja. Sistem pertama yaitu sistem penggerak utama berfungsi sebagai sumber penggerak utama dari mesin lekuk 3DD dimana terdiri dari motor yang disambungkan kepada roda gila dan ditransmisikan ke seluruh proses mesin lekuk 3DD melalau sistem *gearbox*. Sistem kedua yaitu sistem kerja mesin lekuk 3DD dimana didalam sistem ini terjadi proses lekuk. Tahapan proses lekuk yang terjadi di sistem kerja terdiri dari dua proses yaitu proses lekuk 1 dan proses lekuk 2. Sistem ketiga adalah sistem penahan kerja yang berfungsi sebagai penahan impact dari proses sistem kerja.



Gambar 2.3 Mesin Lekuk 3DD pada PT PINDAD (Persero) Div. Munisi Turen

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan membahas tentang tahapan – tahapan yang digunakan sebagai acuan dalam menjawab permasalahan penelitian tugas akhir ini. Tahapan-tahapan tersebut antara lain adalah identifikasi dan perumusan masalah, pengambilan dan pengolahan data, analisa, implementasi, dilanjutkan dengan pengambilan kesimpulan dan saran. Gambaran tahapan penelitian secara umum dapat dilihat dalam gambar 3.1.

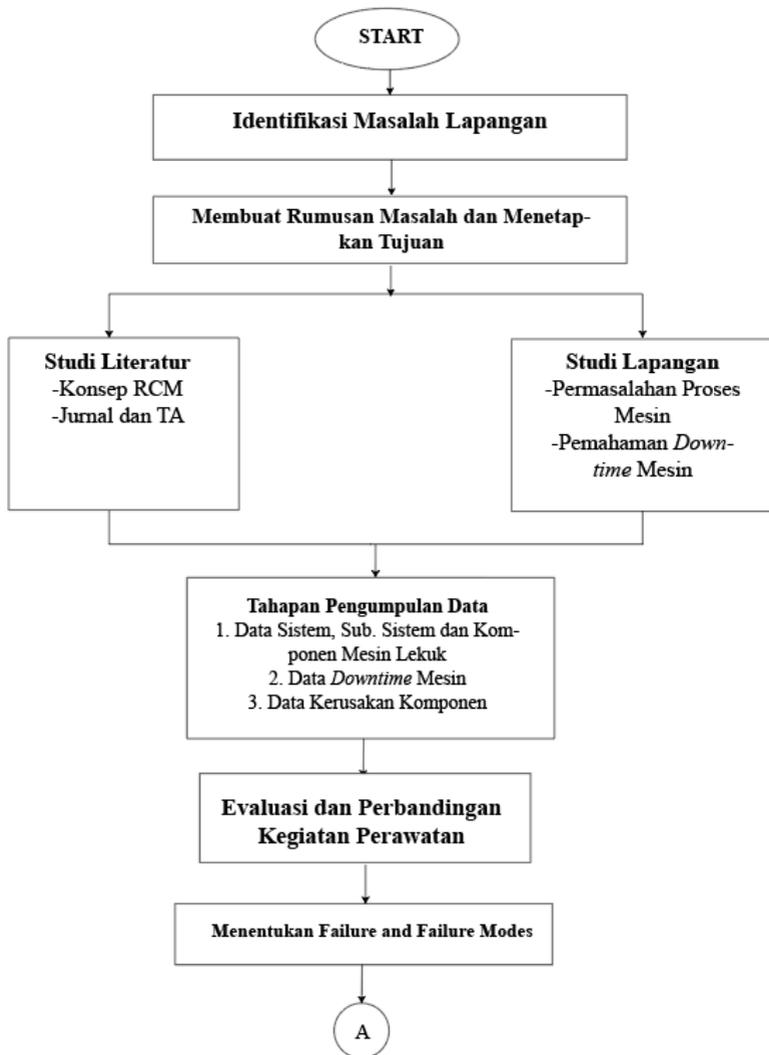
3.1 Tahap Identifikasi

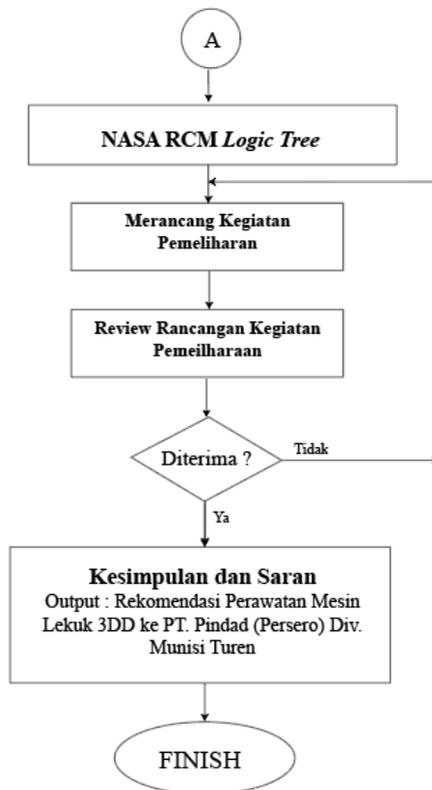
3.1.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Perumusan Masalah merupakan tahapan merumuskan permasalahan yang ada di PT. PINDAD (Persero) Div. Munisi Turen sehingga dapat dijadikan sebagai objek penelitian tugas akhir. Permasalahan yang dimaksud ialah masih tingginya *downtime* salah satu mesin produksi longsong peluru pada PT. PINDAD (Persero) Div. Munisi Turen yang akan dianalisa dengan menggunakan metode *Reability Centered Maintenance*.

3.1.2 Menetapkan Tujuan Penelitian

Penetapan tujuan penelitian merupakan kegiatan menetapkan tujuan dilakukannya penelitian berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan. Tujuan penelitian yang telah ditetapkan akan membantu peneliti untuk menyusun langkah – langkah dalam penyelesaian masalah yang telah dirumuskan.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.1.3 Studi Literatur

Studi literatur merupakan kegiatan yang dilakukan dengan mempelajari literatur untuk menambah wawasan peneliti dalam menyelesaikan permasalahan yang telah ditetapkan. Literatur yang dipelajari adalah jurnal, buku, dan penelitian-penelitian mengenai penggunaan *Reability Centered Maintenance*. Studi literatur ini digunakan untuk dijadikan landasan berpikir dalam menganalisa dan mengatasi permasalahan – permasalahan yang ada di lapangan.

3.1.4 Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan guna mengetahui kondisi aktual yang terjadi pada saat produksi di PT. PINDAD (Persero) Div. Munisi Turen. Dengan adanya studi lapangan ini, diharapkan peneliti mendapatkan gambaran, langkah – langkah penelitian yang akan digunakan untuk mengetahui faktor – faktor penyebab terjadinya permasalahan.

3.2 Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data – data terkait Mesin Lekuk 3DD yang telah dicatat sebelumnya oleh PT. PINDAD (Persero) Div. Munisi Turen pada saat proses produksi berlangsung. Data yang digunakan adalah data mulai dari bulan Januari 2017 hingga bulan Desember 2017 yang meliputi:

1. Data Subsistem dan Komponen
2. Data *Downtime*
3. Data Kerusakan Komponen

3.3 Tahap Pengolahan Data

Berdasarkan data-data yang telah didapatkan, selanjutnya akan dianalisis untuk dapat menentukan pemeliharaan yang tepat dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance*. Tahap berikutnya akan menjelaskan tentang proses analisis pada RCM.

Berdasarkan data – data yang telah didapatkan, selanjutnya akan dianalisis untuk dapat menentukan pemeliharaan yang tepat dengan menggunakan metode. Reliability Centered Maintenance. Tahap berikutnya akan menjelaskan terkait proses analisis pada RCM.

3.4 Evaluasi dan Perbandingan Kegiatan Perawatan

Pada tahap ini akan dilakukan evaluasi dan perbandingan kegiatan perawatan yang dilakukan oleh PT. PINDAD (Persero) Div. Munisi Turen. Tujuan dari tahapan ini adalah mendapatkan

evaluasi-evaluasi atau kesalahan tindakan perawatan yang ada di PT. PINDAD (Persero) Div. Munisi Turen, dimana evaluasi tindakan perawatan akan dibandingkan dengan perawatan yang terdapat pada metode *Reliability Centered Maintenance*.

3.5 RCM Information Worksheet

RCM information Worksheet digunakan untuk mengidentifikasi penyebab dan efek dari kegagalan yang terjadi pada komponen didalam subsistem mesin lekuk 3DD, dimana tabel tersebut berisi *function*, *functional failure*, *failure mode*, dan *failure effect*.

3.6 NASA RCM Logic Tree

Tahap *NASA Reability Centered Maintenance Logic Tree* merupakan metode analisa dengan melakukan tahapan *clustering* atau pembagian terhadap komponen – komponen mesin yang dianalisa guna mengetahui tindakan perbaikan yang tepat pada setiap komponen mesin tersebut dan dijadikan pertimbangan dalam tindakan perawatan yang akan dilakukan.

3.7 Perancangan Kegiatan Perawatan

Pada tahap ini akan dilakukan penentuan metode perawatan yang tepat pada komponen – komponen mesin yang telah dianalisa sebelumnya dimana komponen tersebut memiliki pengaruh yang besar terhadap kegiatan operasional. Kemudian akan dilanjutkan dengan melakukan indentifikasi kegiatan perawatan/pemeliharaan yang dominan dalam mesin tersebut sesuai dengan apa yang didapat dalam tahapan sebelumnya. Sehingga pada tahapan ini didapatkan rancangan kegiatan pemeliharaan untuk perusahaan.

3.8 Penarikan Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini merupakan tahapan terakhir pada penelitian Tugas Akhir. Pada tahapan ini hasil yang ingin dicapai akan

diuraikan setelah melalui proses analisis dan dijadikan sebagai kesimpulan selanjutnya akan diberikan rekomendasi berupa daftar kegiatan perbaikan yang harus dilakukan untuk perawatan komponen pada Sistem Mesin Lekuk 3DD.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini kan dilakukan analisis dan pembahasan pada permasalahan yang terjadi di PT. PINDAD (Persero) Div. Munisi Turen untuk memperoleh jenis perawatan yang tepat pada Mesin Lekuk 3DD. Analisis diawali dengan mengidentifikasi proses produksi yang terjadi didalam mesin lekuk 3DD agar sistem yang berada didalam mesin yang dijadikan objek penelitian dapat diketahui. Analisis uraian fungsi dari komponen dan aliran kerja antara fungsi komponen sehingga membentuk suatu kesatuan subsistem kemudian akan masuk pada analisis dengan menggunakan *RCM information worksheet* yang berisi tentang deskripsi fungsi, kegagalan fungsi, modus kegagalnm dan efek kegagalan yang terjadi pada setiap komponen pada Mesin Lekuk 3DD. Kemudian dari kedua data tersebut akan digunakan untuk analisis pada NASA *RCM Logic Tree* yang berisi tentang konsekuesn dari kegagalan komponenn tersebut, yaitu *Predictive Maintenance, Preventive Maintenance, Reactive Maintenance, dan Run to Failure*, sehingga data tersebut kemudian dapat digunakan untuk menentukan pemeliharaan yang tepat pada komponen dan memberikan rekomendasi berupa daftar tindakan kegiatan perbaikan yang dilakukan pada Sistem Penahan Kerja Mesin Lekuk 3DD.

4.1 Sistem Pemeliharaan PT. PINDAD (Persero) Div. Munisi Turen

PT. PINDAD (Persero) menerapkan 2 jenis perawatan untuk Mesin Lekuk 3DD, yakni *Preventive Maintenance* dan *Corrective Maintenance*.

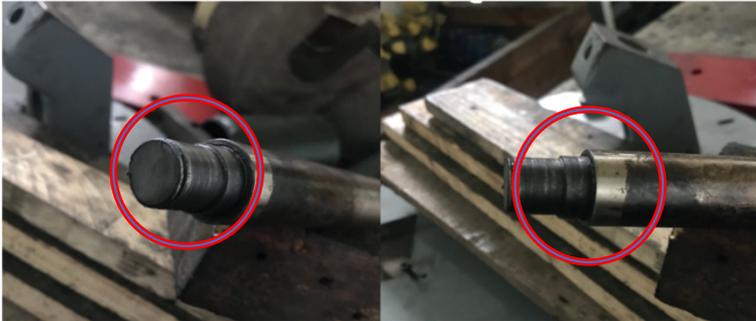
1. Preventive Maintenance

Preventive maintenance merupakan kegiatan perawatan terjadwal (time based / Interval-based) untuk merawat suatu peralatan / komponen sebelum terjadinya kegagalan.

yang tidak sesuai dengan standar yang ada atau menimbulkan mesin bergenti berproduksi. Proses perawatan *corrective maintenance* ini membutuhkan waktu yang cukup lama arena peralatan yang memiliki lokasi yang sulit dijangkau. Hal ini menjadi tidak efisien dikarenakan semakin lama waktu perbaikan mesin, secara tidak langsung akan berdampak kepada kerugian operasional dari PT. PINDAD (Persero) Div. Munisi Turen.



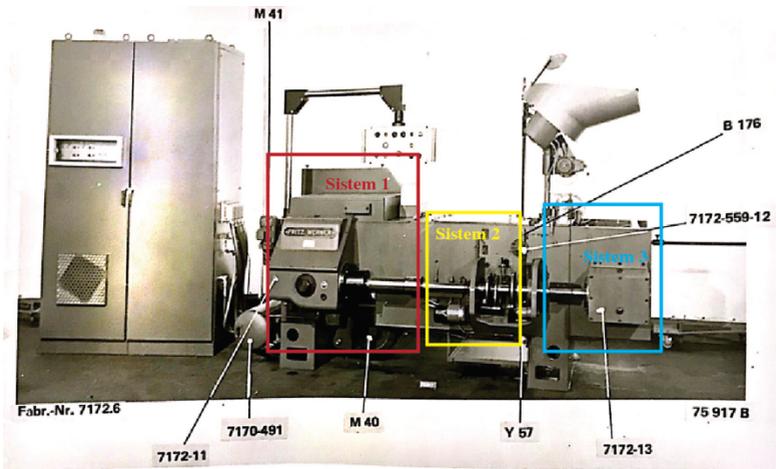
Gambar 4.2 Komponen Cam Sistem Penahan Kerja Aus



Gambar 4.3 Komponen Poros Penghantar Patah

4.2 Analisa Mesin Lekuk 3DD

Pada tahap ini akan dilakukan analisis pada sistem yang terdapat pada Mesin Lekuk 3DD dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Analisis menggunakan metode RCM diawali dengan analisis level sistem kemudian dilanjutkan level komponen. Hal ini dilakukan dikarenakan adanya kegagalan fungsi dari suatu sistem dapat dilihat dari kegagalan sistem tersebut kemudian menentukan pendukung dari sistem tersebut yang berupa komponen – komponen. Berdasarkan proses produksi Munisi di PT PINDAD (Persero) Div Munisi Turen, sistem penahan kerja pada Mesin Lekuk 3DD dipilih sebagai objek penelitian pada tugas akhir ini. Gambar 4.4 merupakan gambar dari sistem yang ada di Mesin Lekuk 3DD.



Gambar 4.4 Mesin Lekuk 3DD pada PT Pindad (Persero) Div. Munisi Turen (Sumber: PT.PINDAD)

Mesin Lekuk 3DD meliputi:

1. Buatan : Fritz Werner
2. Tipe Mesin : 3DD
3. Kapasitas : 7.400 longsong/jam
4. Penggerak utama : *Three Phase Motor*
5. Power Motor Drive : 5,5 Kw, 220/380 V

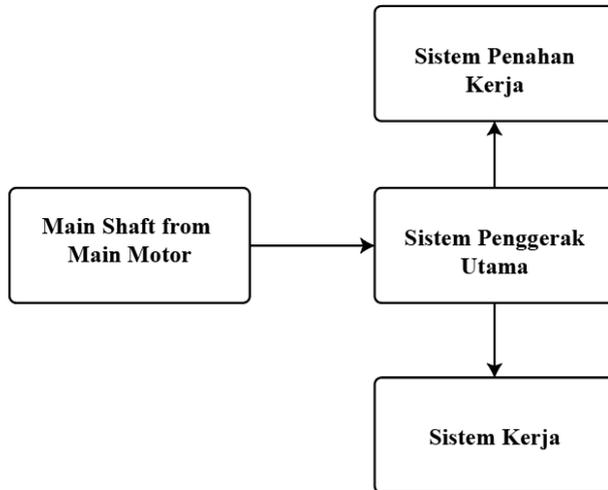
Tabel 4.1 Deskripsi Mesin Lekuk 3DD

Deskripsi Sistem	
Batasan Sistem	
Pabrik	: Pabrik
Unit	: Produksi Munisi
Mesin	: Lekuk 3DD 1 & 2
Sistem dalam Mesin Lekuk 3DD	
Sistem Penggerak Utama, Sistem Kerja, Sistem Penahan Kerja	
Konteks Operasi	
Proses Pembentukan Bagian belakang dari Munisi 5.56 mm.	



Gambar 4.5 Gambaran Proses Mesin Lekuk 3DD

Gambar 4.5 Merupakan tahapan – tahapan yang terjadi didalam proses mesin lekuk 3DD PT. Pindad (Persero) Div. Munisi Turen. Mesin Lekuk 3DD memiliki dua Proses Lekuk, diantaranya adalah proses lekuk 1 dan porsesn lekuk 2. Perbedaan dari proses lekuk 1 dan 2 adalah didalam bagian belakang bahan amunisi, dapat dilihat di Gambar 4.5 bahwa hasil proses mesin lekuk 1 memberikan hasil munisi cekung dibagian dalam, kemudian dilanjutkan dengan proses lekuk 2 yaitu meratakan bagian belakang dari material munisi tersebut atau dapat disebut juga sebagai hasil akhir dari mesin lekuk 3DD.



Gambar 4.6 *Functional Block Diagram* sistem pada Mesin Lekuk 3DD

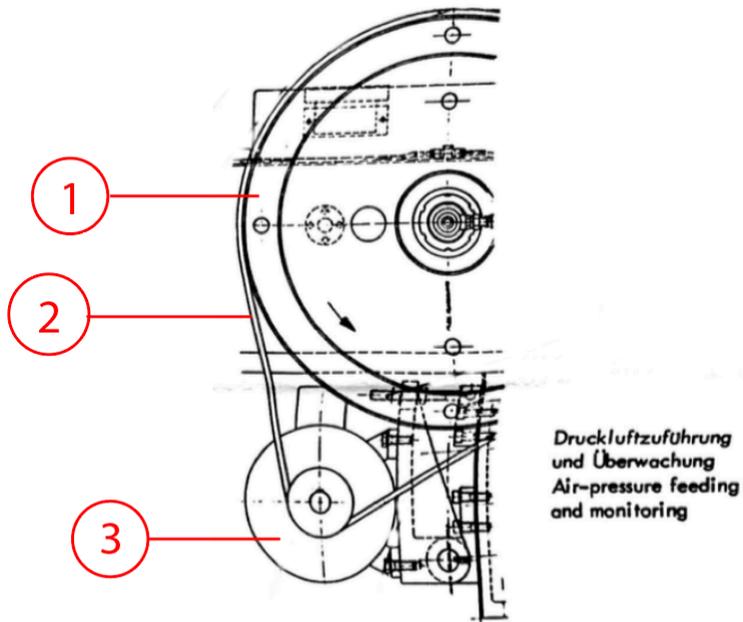
Berdasarkan *Free Body Diagram* (FBD) Penggerak dari mesin lekuk 3DD pada gambar 4.6, dapat dilihat bahwa penggerak utama dari mesin lekuk 3DD berasal dari putaran motor yang diteruskan kepada Fly Wheel yang terdapat pada Penggerak Kerja. Motor utama menggerakkan shaft/poros utama yang kemudian menggunakan transmisi gearbox untuk menggerakkan Sistem Kerja dan Sistem Penahan Kerja.

Sistem yang dimiliki oleh Mesin Lekuk 3DD dibagi menjadi tiga bagian, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Sistem Penggerak Utama

Berdasarkan dengan gambar 4.7, Komponen Utama dari Sistem ini adalah sebuah motor dimana, motor berfungsi sebagai sumber utama putaran yang dapat menggerakkan mesin lekuk 3DD secara

menyeluruh. Motor tersebut dihubungkan dengan *Fly Wheel*, dimana *Fly Wheel* tersebut dihubungkan dengan sebuah poros dan piston. Poros dan Piston yang terdapat di dalam sistem penggerak utama inilah yang berperan penting di dalam proses lekuk 1 dan lekuk 2. Kemudian Putaran poros dari *Fly Wheel* tersebut digunakan juga di dalam menggerakkan sistem – sistem lainnya dengan menggunakan sebuah Transmisi Gearbox.



Gambar 4.7 Komponen Sistem Penggerak Utama (1. Roda Gila; 2. Belt; 3. Motor Penggerak) (Sumber: PT. PINDAD)

2. Sistem Kerja



Gambar 4.8 Sistem Kerja Mesin Lekuk 3DD

Sistem Kerja dari Mesin Lekuk 3DD adalah sistem yang berfungsi sebagai tempat terjadinya kerja dari proses lekuk 1 dan proses lekuk 2. Dapat dilihat Gambar 4.8 bahwa salah satu komponen dari Sistem kerja adalah komponen pembawa barang, komponen ini lah yang berfungsi sebagai penyalur material munisi dari yang sudah dilakukan proses lekuk 1 ke proses lekuk 2. Komponen pembawa barang akan bergerak maju mundur sesuai dengan timing pada cam sistem kerja. Gerakan maju mundur ini untuk membuat munisi hingga pada akhirnya material tersebut keluar dari Mesin Lekuk 3DD.

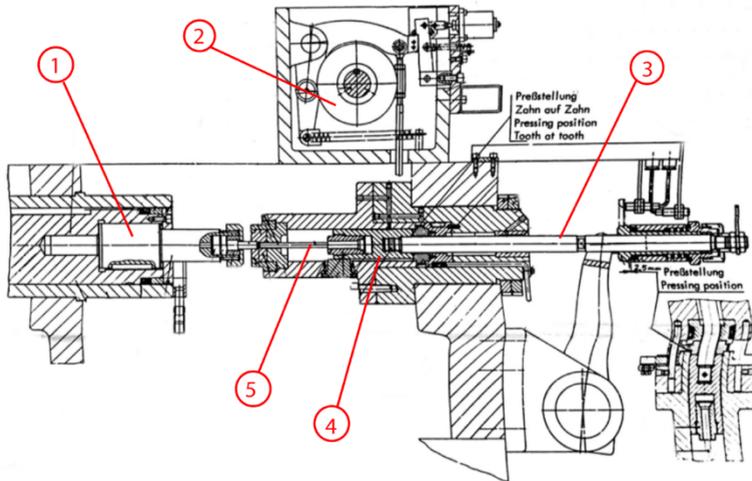
3. Sistem Penahan Kerja



Gambar 4.9 Sistem Penahan Kerja Mesin Lekuk 3DD

Sistem Penahan Kerja pada Mesin Lekuk 3DD merupakan sistem yang berfungsi sebagai penahan dari impact yang dihasilkan oleh piston Sistem Penggerak Utama guna membentuk bagian belakan dari munisi kemudian berperan didalam proses pemindahan material munisi dari proses lekuk 1 ke proses lekuk 2. Dapat dilihat pada gambar 4.10 yang merupakan gambaran sistem yang ada di mesin lekuk 3DD, salah satu komponen utama dalam Sistem Penahan Kerja yaitu komponen poros penghantar kerja dimana pergerakan dari komponen tersebut diatur atau digerakan sesuai dengan timing pada Cam. Komponen Poros Penghantar bergerak maju mundur sesuai dengan timing Cam yang berputar, gerakan maju mundur tersebut untuk menahan hentakan atau *impact* yang

diberikan oleh piston kemudian mengeluarkan atau menyalurkan kepada proses lekuk selanjutnya sehingga material munisi sesuai dengan hasil yang diharapkan.



Gambar 4.10 Tampak Atas dari Sistem Kerja dan Sistem Penahan Kerja (1. Piston; 2. Cam Sistem Penahan Kerja; 3. Poros Penghantar; 4. Rumah Poros Penghantar; 5. Dies Lekuk)
(Sumber: PT. PINDAD)

Analisa awal pada Sistem Penahan Kerja terdapat komponen – komponen yang mengalami downtime dengan frekuensi yang cukup tinggi. Komponen ini adalah komponen poros penghantar. Waktu pergantian poros penghantar memakan waktu 45 menit hingga satu jam dengan frekuensi waktu dua minggu sekali pada periode januari 2017 hingga maret 2017. Salah satu penyebab pergantian poros penghantar adalah permasalahan dimana poros tersebut seringkali patah.

4.3 Analisa Penyebab dan Efek Kegagalan dengan Metode RCM Information Worksheet

Adanya kerusakan pada part atau bagian dari Sistem yang terdapat didalam Mesin Lekuk 3DD secara tidak langsung dapat menyebabkan kinerja dari Mesin Lekuk 3DD terganggu. Untuk menganalisis penyebab dan efek yang ditimbulkan dari kerusakan pada Sistem Mesin Lekuk 3DD, maka akan ditentukan fungsi (*function*), kegagalan fungsi (*functional failure*), modus kegagalan fungsi (*failure mode*), dan efek kegagalan fungsi (*failure effect*) dari setiap bagian yang mengalami kerusakan. Analisis ini menggunakan RCM *Information Worksheet*. Pengisian RCM information Worksheet dilakukan melalui diskusi dengan bagian pemeliharaan PT. PINDAD (Persero) Div. Munisi Turen. RCM Information Worksheet untuk masing – masing komponen dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 RCM Information Worksheet

<i>RCM Information Worksheet</i>				
<i>Function</i>	<i>Function Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>	<i>Kerugian Produksi</i>
(1) CAM Sistem Penahan Kerja , Sebagai pengatur pergerakan dari poros penghantar	(A) Putaran Cam tidak Sempurna (<i>Unbalance Rotation</i>)	(1) Cam Aus	(1) <i>Timing</i> pergerakan poros yang berubah (2) <i>Cam</i> Goyang	Lama perbaikan rata - rata 2 jam Kerugian Produksi: =Rp. 4500/Munisi x 120/menit x 120 menit =Rp. 64.800.000,-
(2) KR 30 dan KR 42 , Untuk menyelaraskan pergerakan dari poros penghantar, dengan pergerakan linier sesuai dengan	(A) Pergerakan Cam macet	(1) Kontaminasi pada oli pelumas (Kotoran) menyebabkan KR Putus (2) KR Mengalami Aus	(1) KR Putus (2) KR dan Cam Macet	Lama perbaikan rata-rata 1 jam Kerugian Produksi: =Rp. 4500/Munisi x 120/menit x 60 menit =Rp. 32.400.000,-

Tabel 4.2 (lanjutan)

<p>(3) Joint, Sebagai penghubung antara Hebel dan Poros</p>	<p>(A) Joint tidak menghubungkan hebel dan poros dengan sempurna (Goyang)</p>	<p>(1) Joint Patah</p>	<p>(1) Komponen Poros dan Hebel tidak terhubung</p>	<p>Lama perbaikan rata-rata 45 menit Kerugian Produksi: =Rp. 4500/Munisi x 120/menit x 45 menit =Rp. 24.300.000,-</p>
<p>(4) Poros Menghantarkan serta menahan hentakan / impact dari Piston pada material munisi</p>	<p>(A) Poros tidak dapat menahan tekanan / impact dari Piston</p>	<p>(1) Komponen Poros patah</p>	<p>(1) Poros Patah (2) Shutdown Mesin Lekuk 3DD (3) Proses Pembentukan Lekuk tidak sempurna</p>	<p>Lama perbaikan rata-rata 1 jam Kerugian Produksi: =Rp. 4500/Munisi x 120/menit x 60 menit =Rp. 32.400.000,-</p>

Tabel 4.2 (lanjutan)

<p>(5) Pegas Menyelaraskan pergerakan dari KR agar sesuai dengan pergerakan CAM</p>	<p>(A) Pegas tidak dapat menyeleraskan pergerakan KR dan Cam</p>	<p>(1) Komponen Pegas Putus</p>	<p>(1) Tidak teraturnya pergerakan dari Cam (2) Tidak teraturnya pergerakan dari KR</p>	<p>lama perbaikan rata-rata 1 jam Kerugian Produksi: =Rp. 4500/Munisi x 120/menit x 60 menit =Rp. 32.400.000,-</p>
<p>(6) Dies Membentuk material munisi sesuai dengan cetakan</p>	<p>(A) Bentuk Dies yang sudah tidak sesuai</p>	<p>(1) Dies aus</p>	<p>(1) Hasil tidak sesuai dengan spesifikasi / QC</p>	<p>Lama perbaikan rata-rata 1 jam Kerugian Produksi: =Rp. 4500/Munisi x 120/menit x 60 menit =Rp. 32.400.000,-</p>

Tabel 4.2 (lanjutan)

<p>(7) Komponen Pembawa Barang Memindahkan material munisi setelah mengalami proses lekuk</p>	<p>(A) Komponen pembawa barang tidak dapat memindahkan barang</p>	<p>(1) Nock Pembawa barang Aus (2) Komponen Pembawa barang patah</p>	<p>(1) Material tidak dapat keluar dari Mesin Lekuk 3DD</p>	<p>Lama perbaikan rata-rata perbaikan 2 jam Kerugian Produksi: =Rp. 4500/Munisi x 120/menit x 120 menit =Rp. 64.800.000,-</p>
<p>(8) CAM Sistem Kerja Menyeleraskan pergerakan komponen pembawa barang</p>	<p>(A) Tidak sesuainya pergerakan komponen pembawa barang</p>	<p>(1) Cam <i>Aus</i></p>	<p>(1) Cam Goyang</p>	<p>Lama perbaikan rata-rata perbaikan 2 jam Kerugian Produksi: =Rp. 4500/Munisi x 120/menit x 120 menit =Rp. 64.800.000,-</p>

Tabel 4.2 (lanjutan)

<p>(9) Gearbox Mentransmisikan daya dari Roda Gila kepada sistem lainnya</p>	<p>(A) Daya tidak ditransmisikan menuju sistem kerja atau penahan kerja</p>	<p>(1) Gear Aus (2) Bearing pada gearbox Aus</p>	<p>(1) Gear Aus (2) Bearing pada gearbox Aus</p>	<p>Lama perbaikan rata-rata 1 jam Kerugian Produksi: =Rp. 4500/Munisi x 120/menit x 60 menit =Rp. 32.400.000,-</p>
<p>(10) Motor Penggerak Mentransmisikan daya guna menggerakkan Roda gila sehingga Mesin Bekerja</p>	<p>(A) Motor tidak dapat mentransmisikan putaran sesuai dengan kecepatan normal</p>	<p>(1) Gear Motor Aus</p>	<p>(1) Kebocoran Oli (2) Komponen Motor Aus</p>	<p>Lama perbaikan rata-rata 1 jam Kerugian Produksi: =Rp. 4500/Munisi x 120/menit x 60 menit =Rp. 32.400.000,-</p>

Tabel 4.2 (lanjutan)

<p>(11) Sabuk Motor Penggerak (Motor Drive Belt) Penghubung dari motor penggerak kepada Mesin</p>	<p>(A) Tidak dapat menghubungkan motor penggerak dengan mesin sesuai dengan kecepatan normal</p>	<p>(1) Sabuk Penggerak putus</p>	<p>(1) Putaran Mesin menjadi lambat dari operasi normal</p>	<p>Lama perbaikan rata – rata 1 jam Kerugian Produksi: =Rp. 4500/Munisi x 120/menit x 60 menit =Rp. 32.400.000,-</p>
--	--	----------------------------------	---	--

4.4 Analisa Maintenance Task dengan Menggunakan NASA RCM Logic Tree

Tahap Analisa RCM *Logic Tree* pada Mesin Lekuk 3DD digunakan untuk mengetahui permasalahan yang terdapat pada mesin. Analisis NASA RCM *Logic Tree* seperti pada gambar 2.3 terdapat beberapa kondisi dimana tiap – tiap komponen akan dianalisis sesuai dengan kebutuhannya yakni *Preventive Maintenance (PM) or Interval based Task, Redesign, Predictive Testing and Inspection (PT&I), dan Run – to Fail*. Analisis dari NASA RCM *Logic Tree* dibantu dengan metode RCM *Decision Worksheet*. RCM *Decision Worksheet* sendiri seperti pada Tabel 4.3 dimana terdapat 10 kolom yang terbagi kedalam 3 kolom besar yakni *Information reference, default action, dan proposed task*. Kolom *Default Action* diisi dengan Y (*yes*) jika kolom tersebut sesuai dengan jenis perawatan yang tepat atau N (*no*) jika kolom tersebut tidak sesuai dengan jenis perawatan yang tepat teruntuk masing – masing komponen menghasilkan tabel RCM *Decision Worksheet* seperti pada tabel 4.3

Tabel 4.3 RCM *Decision Worksheet*

<i>RCM Information Worksheet</i>									
<i>Information Reference</i>			<i>Default Action</i>						<i>Proposed Task</i>
F	FF	FM	H	S	En	Ec	T	In	

Tabel 4.3 (lanjutan)

1	A	1	N	N	N	Y	Y		Pemeriksaan Ketebalan komponen Cam secara berkala <i>PT&I</i>
2	A	1	N	N	N	Y	N	Y	Lubrikasi pada KR dan Cam secara berkala <i>Interval based Task / Preventive Maintenance</i>
		2	N	N	N	Y	N	Y	Pelumasan KR dengan <i>Grease</i> secara berkala <i>Preventive maintenance</i>
3	A	1	N	N	N	Y	N	Y	Pemeriksaan <i>Joint</i> secara berkala <i>Preventive Maintenance</i>
4	A	1	N	N	N	Y	N	N	<i>Redesign</i> pada komponen Poros Penghantar <i>Redesign / Pro-Active Maintenance</i>

Tabel 4.3 (lanjutan)

5	A	1	N	N	N	Y	N	Y	Penyetelan Pegas secara berkala <i>Preventive Maintenance</i>
6	A	1	N	N	N	Y	N	Y	Setting ulang Dies secara berkala <i>Interval based Task / Preventive Maintenance</i>
7	A	1	N	N	N	Y	N	Y	Setting komponen pembawa barang terhadap kesejajaran material munisi dan Cam secara periodik <i>Interval based Task / Preventive Maintenance</i>

Tabel 4.3 (lanjutan)

		2	N	N	N	Y	N	N	Penggantian Komponen Pembawa barang <i>Accept The Risk / Pro-Active Maintenance</i>
8	A	1	N	N	N	Y	N	Y	Pelumasan Cam secara berkala <i>Interval based Task / Preventive Maintenance</i>
9	A	1	N	N	N	Y	N	Y	Pelumasasan gear secara berkala <i>Predictive Maintenance</i>
		2	N	N	N	Y	N	N	Penggantian <i>bearing</i> <i>Accept The Risk / Pro-Active Maintenance</i>
10	A	1	N	N	N	Y	N	Y	Lubrikasi Motor Penggerak secara berkala <i>Preventive Maintenance</i>

Tabel 4.3 (lanjutan)

11	A	1	N	N	N	Y	Y			Pemeriksaan ketebalan Belt secara berkala <i>PT&I</i>
----	---	---	---	---	---	---	---	--	--	--

Tabel 4.4 Contoh Pembacaan RCM *Decision Worksheet*

<i>RCM Decision Worksheet</i>										
<i>Information Reference</i>			<i>Default Action</i>							<i>Proposed Task</i>
F	FF	FM	H	S	En	Ec	T	In		
1	A	1	N	N	N	Y	N	Y	Penambahan bagian yang mengalami aus dilakukan dengan pengelasan secara berkala <i>Preventive Maintenance</i>	

Contoh Penjelasan RCM *Decision Worksheet* pada tabel 4.4, pada bari 1 ditulis 1 A 1 N N N Y N Y. Tiga kolom pertama (1 A 1) merupakan *failure mode* di RCM *Information Worksheet* Mesin Leluk 3DD yakni N N N Y N Y. Lalu pada kolom *Default Action* tertulis N N N Y N Y. Kolom 4 tertulis N dikarenakan tidak ada kemungkinan terjadinya kegagalan yang berdampak langsung terhadap lingkungan kesehatan serta keselamatan kerja. Kolom 5 diisi dengan N karena Kegagalan tidak berdampak langsung terhadap keamanan. Kolom 6 diisi dengan N karena kegagalan

tidak berdampak langsung dan berpengaruh terhadap efisiensi energy kerja. Kolom 7 diisi dengan Y karena terdapat dampak pada *operational* yaitu Mesin Lekuk 3DD mengalami *shutdown* yang menyebabkan terjadinya kerugian akibat *shutdown*. Lalu pada kolom ke 8 diisi dengan N dikarenakan belum terdapat teknologi yang tepat untuk mengetahui kegagalan. Kolom ke 9 diisi dengan Y dikarenakan terdapat pendekatan efektif yang dilakukan secara internal dengan melakukan *shchedule interval base task*. Sehingga tindakan perawatan yang sesuai dengan komponen 1 dengan *failure mode* 1 adalah tindakan interval based task atau *Preventive Maintenance*.

4.5 Rekomendasi

4.5.1 Maintenance Task

Rekomendasi tindakan yang dihasilkan dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dengan menggunakan metode RCM *Information Worksheet* serta NASA RCM *Logic Tree* sebagai perencanaan tindakan terhadap masing – masing *failure mode* komponen Mesin Lekuk 3DD dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Rekomendasi *Maintenance Task* Mesin Lekuk 3DD

No.	Komponen	Kategori	<i>Proposed Task</i>
1	CAM Sistem Penahan Kerja	<i>PT&I</i>	Pemeriksaan Ketebalan komponen Cam secara berkala
2	KR 30 dan KR 42	<i>Preventive Maintenance</i>	Lubrikasi pada KR dan Cam secara berkala
			Pelumasan KR dengan <i>Grease</i> secara berkala
3	Joint	<i>Preventive Maintenance</i>	Pemeriksaan <i>Joint</i> secara berkala

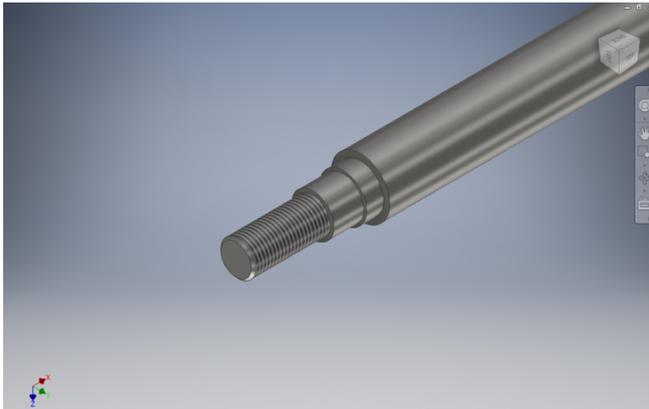
Tabel. 4.5 (Lanjutan)

4	Poros	<i>Pro-Active Maintenance</i>	<i>Redesign</i> pada komponen Poros Penghantar
5	Pegas	<i>Preventive Maintenance</i>	Penyetelan Pegas secara berkala
6	Dies	<i>Preventive Maintenance</i>	<i>Setting</i> ulang Dies secara berkala
7	Komponen Pembawa Barang	<i>Preventive Maintenance</i>	<i>Setting</i> komponen pembawa barang terhadap kesejajaran material munisi dan Cam secara periodik
		<i>Pro-Active Maintenance</i>	Penggantian Komponen Pembawa barang
8	CAM Sistem Kerja	<i>Preventive Maintenance</i>	Pelumasan Cam secara berkala
9	Gearbox	<i>Preventive Maintenance</i>	Pelumasasan gear secara berkala
		<i>Pro-Active Maintenance</i>	Penggantian <i>bearing</i>
10	Motor Penggerak	<i>Preventive Maintenance</i>	Lubrikasi Motor Penggerak secara berkala
11	Sabuk Motor Penggerak	<i>PT&I</i>	Pemeriksaan ketebalan Belt secara berkala

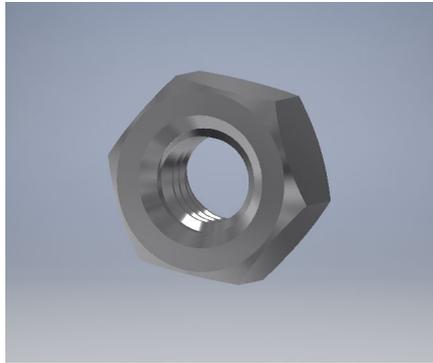
4.5.2 *Redesign*

Berdasarkan permasalahan yang ada serta sesuai dengan *maintenance task*, penulis mengusulkan melakukan *redesign* pada komponen poros penghantar. Poros penghantar yang ditunjukkan pada gambar 4.11 merupakan benda berbentuk silinder yang memiliki ulir pada kedua ujung poros berfungsi dalam poros penghantar dengan komponen rumah penahan poros dan

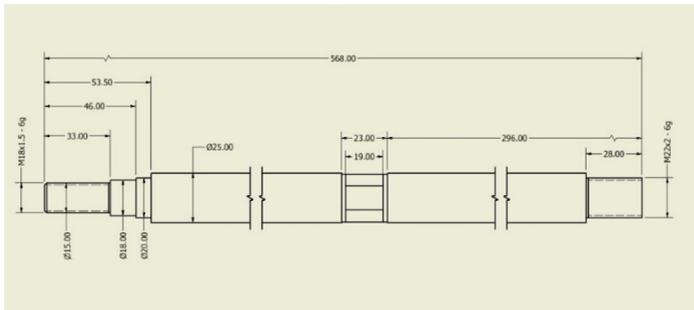
komponen penahan yang terhubung dengan hebel. Permasalahan yang terjadi pada komponen poros penghantar yaitu tingginya frekuensi patah yang terjadi pada poros. Pergantian komponen poros penghantar yang memakan waktu rata – rata satu jam pada sekali pergantian. Pada saat pergantian komponen poros penghantar barang, mesin harus dalam keadaan mati (*downtime*). Penggantian poros penghantar barang merupakan penyebab *downtime* yang paling tinggi didalam mesin lekuk 3DD, sesuai data tiap poros dilakukan pergantian dua kali dalam satu bulan, sehingga pada saat poros penghantar mengalami patah mesin akan *downtime* selama kurang lebih satu jam untuk melakukan pergantian secara manual serta penyetelan ulang mesin lekuk 3DD. Setiap mesin lekuk 3DD jika diakumulasi perbulan, mesin akan mengalami *downtime* selama 120 menit atau selama 2 jam untuk melakukan perbaikan. Kerugian produksi yang terjadi apabila diakumulasikan pertahun akan menjadi 1440 menit atau 24 jam per tahun. Kerugian per bulan yang diakibatkan *downtime* mesin ini adalah Rp. 777,600,000 per mesin.



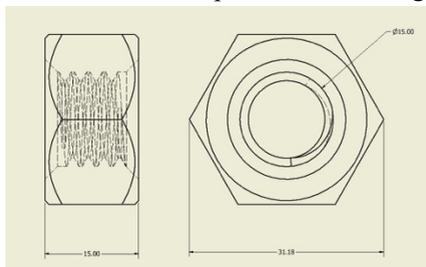
Gambar 4.11 Tampak luar design lama Komponen Poros Penghantar



Gambar 4.12 Tampak luar design lama komponen Mur Poros Penghantar



Gambar 4.13 Dimensi Komponen Poros Penghantar lama



Gambar 4.14 Dimensi Komponen Mur Poros Penghantar lama

Analisa dari Permasalahan poros yang patah adalah patah yang diakibatkan oleh *fatigue* yang terjadi pada material. Kelelahan (*fatigue*) adalah salah satu jenis kegagalan (patah) pada

komponen yang diakibatkan oleh beban dinamis (pembebanan yang berulang-ulang atau berubah). Kelelahan pada logam diawali dengan adanya pembentukan awal retak dan dilanjutkan dengan penjarangan retakan hingga komponen mengalami patah. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi umur kelelahan dari suatu komponen, diantaranya adalah faktor pembebanan dan proses pengerjaan dari material tersebut. Patah yang terjadi pada poros penghantar PT. PINDAD memiliki rentang waktu tertentu sejak instalasi awal poros hingga pada akhirnya komponen tersebut mengalami patah.

Untuk Mengetahui Nilai Umur Kegagalan dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 & \text{Nilai Umur Kegagalan (N)} \\
 & = \text{Rentang Waktu Komponen Mengalami Patah (menit)} \\
 & \times \text{Frekuensi Kerja Komponen } \left(\frac{\text{Cycle}}{\text{Menit}} \right)
 \end{aligned}$$

Tabel 4.6 Data Kerusakan Mesin Leluk 3DD-1

GANTI POROS	2/8/17	1.02	1 B
RESERVASI	2/7/17		1
PIPA SALURAN BARANG PUTUS(BLM MIGO)	2/3/17	0.00	1
KR 36 MACET(SDH MIGO)	2/3/17	0.56	1
POROS PUTUS	2/2/17	1.00	A
GANTI KR 32	2/2/17	0.65	1
SPIE MESIN LEKUK(SDH MIGO)	1/30/17	0.00	1
GANTI STANG PENGATUR BARANG	1/27/17	0.50	1
PEMBUATAN RING PENGAMAN & NEPPLE	1/26/17	24.58	1
RESERVASI (SDH MIGO)	1/26/17	0.11	1
KR 40 RUSAK (SDH MIGO)	1/26/17	0.00	1
GANTI KR 32	1/25/17	0.00	1
GANGGUAN SENSOR	1/24/17	3.50	1
GANTI KR 40	1/23/17	0.57	1
RESERVASI (SDH MIGO)	1/20/17		1
POROS PUTUS	1/19/17	1.00	1 B
AS KOPLING PUTUS (BLM MIGO)	1/17/17	7.00	1
GANTI KR 32	1/15/17	12.70	1
KR 40 MACET	1/15/17	0.50	1
GANTI KR 40	1/12/17	1.42	1
RESERVASI (SDH MIGO)	1/10/17		1
GANTI KR 32(BLM MIGO)	1/9/17	0.90	1
POROS PUTUS	1/9/17	1.00	1 A

Nilai N Poros A patah ke-1

$$= 32 \text{ hari} \times 1440 \frac{\text{Menit}}{\text{hari}} \times 120 \frac{\text{Cycle}}{\text{menit}}$$

$$= 5.529.600 \text{ Cycle}$$

Nilai N Poros B patah ke-2

$$= 19 \text{ hari} \times 1440 \frac{\text{Menit}}{\text{hari}} \times 120 \frac{\text{Cycle}}{\text{menit}}$$

$$= 3.283.200 \text{ Cycle}$$

Tabel 4.7 Nilai N material poros pengantar A Mesin Leluk 3DD

Patah ke - n	Rentang waktu (hari)	N (Cycle)	Poros A
1	32	5.529.600	
2	31	5.356.800	
3	20	3.456.000	
4	15	2.592.000	
5	37	6.393.600	

Tabel. 4.7 (lanjutan)

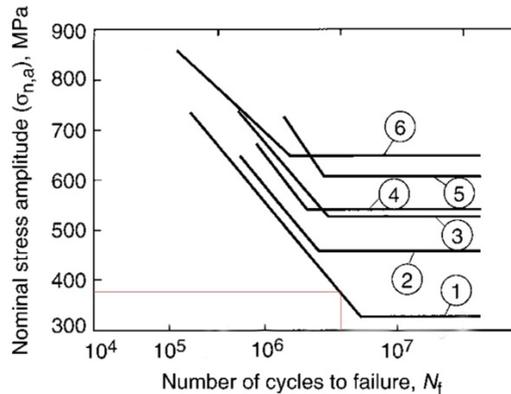
6	40	6.912.000	Poros A
7	47	8.121.600	
8	10	1.728.000	
9	30	5.184.000	
10	24	4.147.200	
Total		49.420.800	
Rata - rata		4.942.080	

Tabel 4.8 Nilai N material poros penghantar B Mesin Lekuk 3DD

Patah ke - n	Rentang waktu (hari)	N (Cycle)	Poros B
1	19	3.283.200	
2	27	4665.600	
3	17	2.937.600	
4	20	3.456.000	
5	38	6.566.400	
6	26	4.492.800	
7	49	8.467.200	
8	10	1.728.000	
9	25	4.320.000	
10	18	3.110.400	
11	53	9.158.400	
12	58	10.022.400	
Total		62.208.000	
Rata - rata		5.184.000	

Nilai Umur Kegagalan (N) yang ditunjukkan pada kedua tabel diatas merupakan rentang waktu sejak poros diganti hingga poros tersebut mengalami patah. Didapatkan hasil yaitu berupa rata – rata N dari kedua poros tersebut yaitu sejumlah 4.942.080 *cycle*

untuk poros A dan 5.184.000 *cycle* untuk Poros B, dan dari kedua poros tersebut memiliki deviasi yang tidak cukup signifikan sehingga dapat diestimasi bahwa nilai N dan nilai Stress dapat diketahui dengan menggunakan pembacaan S-N *curve* material.



Gambar 4.15 Kurva S-N Material 16 MnCr 5 (AISI 5115)

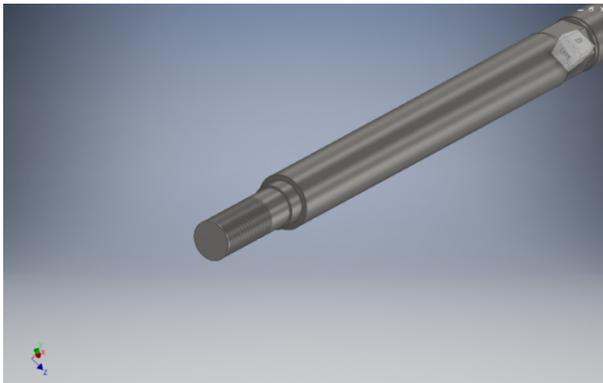
(Sumber: *Handbook of Residual Stress and Deformation of Steel*, 2002)

Pada gambar 4.15 menunjukkan adanya perbedaan perlakuan terhadap material 16 MnCr 5. Perbedaan tersebut antara lain adalah: 1. Material 16 MnCr 5 hanya diberi perlakuan *Blank Hardened*; 2, 16 MnCr 5 *Blank hardened* dengan perlakuan *shoot peening* dengan kecepatan tembakan $v = 23$ m/s diameter butir tembakan $d=0.66$ mm; 3, kecepatan tembakan $v = 53$ m/s diameter butir tembakan $d=0.3$ mm; 4, kecepatan tembakan $v = 53$ m/s diameter butir tembakan $d=0.6$ mm; 5, kecepatan tembakan $v = 81$ m/s diameter butir tembakan $d=0.66$ mm; 6, kecepatan tembakan $v = 53$ m/s diameter butir tembakan $d=0.6$ mm, *surface electrolytically removed*

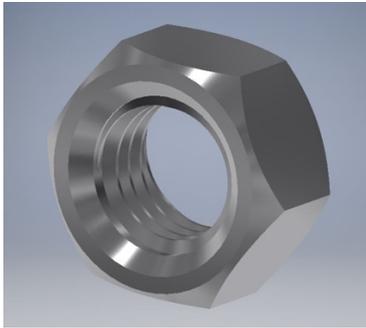
Sesuai dengan data yang didapatkan dan membaca kurva S-N pada gambar 4.15, dengan nilai umur kegagalan (N) kedua

poros terletak pada nilai 10^6 , sehingga dapat diestimasi bahwa pembebanan/Tekanan (*Stress*) yang diterima oleh material tersebut adalah sejumlah 380 Mpa dan terletak pada garis miring. Sehingga guna memaksimalkan fungsi dari poros dan umur kegagalan dari komponen dapat dilakukan dengan tindakan redesign sebagai berikut:

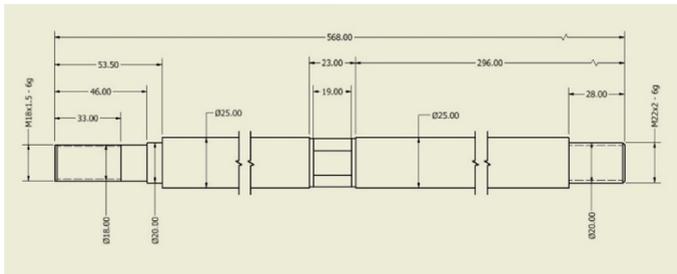
1. Memperbesar Diameter ulir pada poros penghantar
Memperbesar diameter ulir pada poros penghantar secara tidak langsung dapat meningkatkan kemampuan material dalam menahan pembebanan yang lebih besar dan dengan perubahan design *diameter* ulir yang diperbesar seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.16 dan pada pasangannya mur yang ditunjukkan pada gambar 4.17, diharapkan dapat meningkatkan nilai keandalan (*reliability*) serta menahan beban tekan yang lebih besar sehingga mengurangi frekuensi *downtime* yang terjadi pada PT. PINDAD (Persero) Div. Munisi Turen.



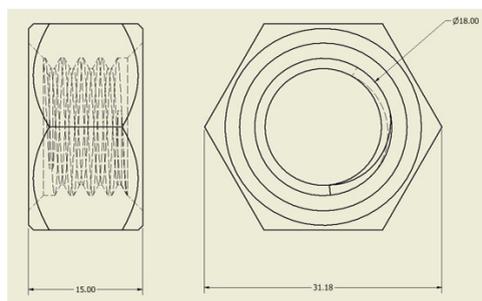
Gambar 4.16 Tampak Luar Design Baru Komponen Poros Penghantar



Gambar 4.17 Tampak luar design lama Komponen Mur Poros Penghantar



Gambar 4.18 Dimensi Komponen Poros Penghantar Baru

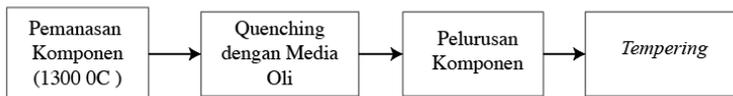


Gambar 4.19 Dimensi Komponen Mur Poros Penghantar Baru

2. Melakukan perlakuan *Tempering* pada komponen Poros Penghantar

Menggunakan Metode *Tempering* bertujuan untuk mengurangi tegangan sisa (*residual Stress*) pada material setelah dilakukannya proses *quenching*. Proses *quenching* merupakan proses pendinginan secara cepat guna mendapatkan nilai kekerasan yang diinginkan, namun pada saat proses *quenching* sendiri struktur kristal material yang didapatkan adalah kristal martensit dimana terdapat tegangan sisa didalam kristal martensit tersebut.

Dilakukannya proses *tempering* sendiri seperti pada gambar 4.20 bertujuan untuk mengurangi tegangan sisa dari proses *quenching* tersebut serta mendapatkan kembali sifat keuletan dan mengurangi kegetasan dari material yang secara tidak langsung dapat meningkatkan ketahanan material terhadap kegagalan yang diakibatkan oleh kelelahan material. Sehingga metode pembuatan yang disarankan adalah sebagai berikut:



Gambar 4.20 Proses pembuatan poros penghantar

3. Menggunakan perlakuan *shot peening* pada komponen poros penghantar

Shot peening merupakan salah satu metode yang digunakan dalam meningkatkan kualitas dari suatu

material dengan menggunakan butiran – butiran baja atau gelas yang ditembakkan pada material sehingga memberikan tegangan kepada material yang menyebabkan berkurangnya tegangan sisa pada komponen tersebut. Sehingga secara tidak langsung dapat mengurangi probabilitas terjadinya crack yang menyebabkan material tersebut patah karena fatigue. Salah satu proses pembuatan poros penghantar yaitu dilakukannya

Berdasarkan gambar 4.15, bahwa kurva nomor 1 menunjukkan material 16 MnCr 5 yang hanya dilakukan proses *hardening* dilanjutkan dengan nomor 2, 3, 4, 5, dan 6 yang dilakukan proses *shotpeening* dengan variasi kecepatan berbeda-beda terhadap permukaan material. 1, Blank Hardened; 2, kecepatan tembakan $v = 23$ m/s diameter butir tembakan $d=0.66$ mm; 3, kecepatan tembakan $v = 53$ m/s diameter butir tembakan $d=0.3$ mm; 4, kecepatan tembakan $v = 53$ m/s diameter butir tembakan $d=0.6$ mm; 5, kecepatan tembakan $v = 81$ m/s diameter butir tembakan $d=0.66$ mm; 6, kecepatan tembakan $v = 53$ m/s diameter butir tembakan $d=0.6$ mm, *surface electrolytically removed*. Sehingga pengaruh perlakuan shot peening dengan material yang hanya dilakukan proses hardening terlihat adanya perberbedaa dengan sesuai dengan pembacaan kurva S-N yang ditunjukkan. Sehingga dengan adanya perlakuan shotpeening terhadap material diharapkan mampu untuk meningkatkan keandalan dari komponen poros penghantar.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian *Reliability Centered Maintenance* (RCM) PT.PINDAD (Persero) Div. Munisi pada Mesin Leluk 3DD adalah:

1. Terdapat 3 Sistem pada Mesin Leluk 3DD yaitu Sistem Penggerak Utama, Sistem Kerja, dan Sistem Penahan Kerja. *Failure Mode* yang terdapat dalam ketiga sistem tersebut sejumlah 14 *Failure Mode*. Dari 14 *failure mode* yang timbul dapat dicegah dengan sistem perawatan yang tepat dan sesuai dengan kondisi masing – masing komponen
2. Sistem Penahan Kerja memiliki enam *failure mode*. Terdapat satu *failure mode* yang dapat dicegah dengan menggunakan *predictive testing and inspection*, empat *failure mode* yang dapat dicegah dengan *preventive maintenance*, dan satu *failure mode* dapat dicegah dengan *pro-active maintenance* yaitu dengan tindakan *redesign*
3. Sistem Kerja memiliki tiga *Failure mode*. Terdapat tiga *failure mode* yang dapat dicegah dengan *preventive maintenance* dan satu *failure mode* yang dapat dicegah dengan menggunakan *Pro-Active Maintenance*.
4. Sistem Penggerak Utama memiliki empat *Failure mode*. Terdapat satu *failure mode* yang dapat dicegah dengan menggunakan *Predictive Testing and Inspection*, dua *failure mode* yang dapat dicegah dengan *Preventive Maintenance*, dan satu *failure mode* dapat dicegah dengan *Pro-Active Maintenance*.

5. Tindakan *redesign* yang dilakukan pada komponen poros akan dapat mengurangi frekuensi kerusakan bulanan pada komponen poros penghantar sehingga dapat mengurangi downtime dari mesin lekuk 3DD.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian Tugas Akhir ini berdasarkan dengan hasil studi lapangan yang dilakukan adalah

1. Sesuai dengan penelitian terkait *Reliability Centered Maintenance* (RCM), penulis tugas akhir menyarankan untuk menerapkan sistem perawatan pada mesin lekuk 3DD agar diterapkan dikarenakan perusahaan yang hanya melakukan pendataan riwayat mesin tanpa melakukan penyusunan *maintenance task*. Metode RCM ini pun dapat diterapkan juga untuk mesin – mesin lainnya pada PT. PINDAD (Persero) Div. Munisi Turen
2. Adanya perbaikan terkait pendataan data historis penggantian komponen secara lengkap pada bagian harsin maupun *engineering* serta pencatatan yang direkap secara lengkap dan terkomputerisasi
3. Perusahaan sebaiknya melakukan pengecekan pada setiap kelengkapan gambar teknik yang ada diperusahaan sehingga operator – operator mampu memahami dan menganalisa permasalahan yang ada dimesin secara lebih detail
4. Perusahaan sebaiknya melakukan tindakan perawatan pencegahan secara intensif guna menghindari adanya kerusakan – kerusakan yang dapat mempengaruhi keseluruhan proses produksi dan meningkatkan pengeluaran yang diakibatkan kerusakan komponen.

DAFTAR PUSTAKA

- Akuan, A. (2007). *Kelelahan logam*. (A. Akuan, Ed.). Bandung: Universitas Jendral Achmad Yani.
- Bothe, K. R., & Bhote, A. K. (2004). *World Class Reliability*. AMACOM.
- Dewi, D. L. (2018). *Pemeliharaan dengan Metode Reliability Centered Maintenance (Studi Kasus: Automatic Block Subsystem Hard Capsule Machine)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Eka, D. (2018). *Perancangan dan Implementasi Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Greaser system Hard Capsule Machine di PT. Kapsulindo Nusantara*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Fadlu, A. (2007). *Pengaruh Kedalaman Takik Ulir Metris terhadap Kekuatan Lelah Baja Karbon Rendah*. Universitas Negeri Semarang.
- Lohe, D., & Vohringer, O. (2002). *Handbook of Residual Stress and Deformation of Steel*.
- Mekail, E. (2017). *Perancangan Sistem Pemeliharaan pada Mesin Tenun Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Moubray, J. (1997). *Reliability Centered Maintenance II (Second)*. Industrial Press Inc.

NASA. (2008). *Reliability Centered Maintenance Guide*.
NASA.

Sutton, I. (n.d.). *Process Risk and Reliability Management*
(Second). Elsevier Inc.

Wijanarko, A. (2003). *Penerapan RCM II Pada Mesin
Pembuat Kaleng Susu di PT. Australia Indonesian Milk
Industries*. Universitas Indonesia

BIODATA PENULIS



Ahmad Hafizh Abdussalam dilahirkan di Pangkal Pinang, 23 November 1996 merupakan anak yang terlahir dari orang tua terbaik bernama Akhmad Kholil dan Distina Yurni. Penulis memulai pendidikan formal di SDN Kebon Pedes 1 Bogor pada tahun 2002 – 2008. Penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 2 Cibinong pada tahun 2008 –

2011, untuk pendidikan formal SMA penulis melanjutkan di SMAS Taruna Nusantara Magelang pada tahun 2011 – 2014. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan jenjang S-1 Departemen Teknik Mesin di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Penulis mengambil Bidang studi Rekayasa Sistem Industri dengan Tugas Akhir berfokus kedalam sistem perawatan. Semasa kuliah penulis aktif dalam mengikuti kegiatan akademik maupun organisasi. Penulis pernah berpartisipasi dalam kepanduan dan menjadi bagian dari pemandu LKMM yang ada di Fakultas Teknologi Industri. Dalam bidang organisasi kemahasiswaan intrakampus, penulis aktif menjadi Kepala Departemen Organisasi Himpunan Mahasiswa Mesin (HMM) pada periode 2016 – 2017. Penulis dapat dihubungi melalui email ahmadhafizh2396@gmail.com