



TESIS - BM185407

**ANALISA PERENCANAAN PERAWATAN  
EXCAVATOR DOOSAN S500-LCV UNTUK  
MENGURANGI *DOWNTIME* DENGAN METODE  
*RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)***

SIDIQ AUDA  
09211650014016

Dosen Pembimbing:  
Prof. Ir. Suparno, M.S.I.E., Ph.D.

Departemen Manajemen Teknologi  
Fakultas Bisnis Dan Manajemen Teknologi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2019

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

**Magister Manajemen Teknologi (M.MT)**

di

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**Sidiq Auda**

**NRP: 09211650014016**


**Tanggal Ujian: 1 Juli 2019**

**Periode Wisuda: September 2019**

Disetujui oleh:

**Pembimbing:**

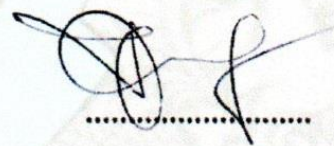
1. Prof. Ir. Suparno, M.S.I.E., Ph.D.  
NIP: 194807101976031000



.....

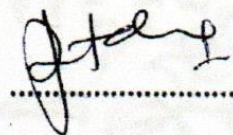
**Penguji:**

1. Dr. Ir. Mokh. Suef, M.Sc(Eng)  
NIP: 196506301990031000



.....

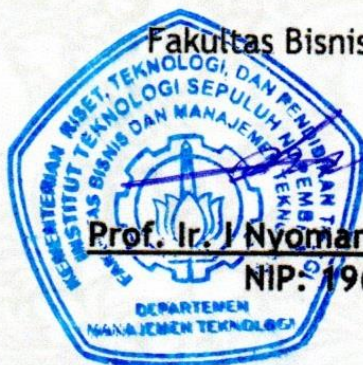
2. Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.  
NIP: 19740508199903200



.....

Kepala Departemen Manajemen Teknologi

Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi



**Prof. Ir. Nyoman Pujawan, M.Eng, Ph.D, CSCP**  
NIP: 196912311994121076

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **ANALISA PERENCANAAN PERAWATAN *EXCAVATOR* DOOSAN S500-LCV UNTUK MENGURANGI *DOWNTIME* DENGAN METODE *RELIABILITY CENTERED* *MAINTENANCE (RCM)***

Nama mahasiswa : Sidiq Auda  
NRP : 09211650014016  
Pembimbing : Prof. Ir. Suparno, M.S.I.E., Ph.D.

## **ABSTRAK**

PT X adalah perusahaan yang bergerak dibidang kontraktor dan pelayanan alat berat. PT X menggunakan *excavator* sebagai alat untuk melakukan penambangan pasir batu. Tahun 2018, perusahaan berencana melakukan penambahan kapasitas produksi. Penambahan kapasitas produksi akan berkaitan langsung dengan kemampuan operasional unit yang harus selalu dijaga. Permasalahan pada penelitian ini adalah terjadinya *downtime* unit yang tidak dapat diprediksi dan terjadi dalam waktu yang relatif lama. Kerusakan komponen pada *excavator* menyebabkan unit tidak dapat beroperasi untuk bisa menambah produksi. Perawatan *excavator* Doosan S500-LCV yang dilakukan di PT X saat ini belum maksimal karena *downtime* yang terjadi pada unit masih relatif tinggi. Kebijakan penentuan perawatan unit *excavator* perlu dilakukan evaluasi agar dapat meminimalkan terjadinya *downtime* sehingga unit bisa digunakan untuk produksi secara maksimal. Metode yang digunakan dalam analisa ini adalah dengan menggunakan pendekatan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Dari hasil analisa dan pembahasan didapatkan komponen kritis *excavator* S500-LCV di PT X adalah *Bucket, Control Valve, Radiator, Alternator* dan *Hydraulic Breaker*. Usulan perawatan berdasarkan metode *RCM* dan pertimbangan biaya perawatan S500-LCV di PT X adalah *bucket* dengan *preventive maintenance*, *control valve* dengan kombinasi *preventive* dan *corrective maintenance*, *radiator* dengan *preventive maintenance*, *alternator* dengan kombinasi *preventive* dan *corrective maintenance* dan *hydraulic breaker* dengan *preventive maintenance*.

**Kata kunci** : *Downtime, Excavator, Maintenance, Perawatan, RCM*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



# **THE ANALYSIS OF DOOSAN S500-LCV EXCAVATOR MAINTENANCE PLANNING TO REDUCE DOWNTIME USING RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) METHOD**

Student Name : Sidiq Auda  
Student Identity Number : 09211650014016  
Supervisors : Prof. Ir. Suparno, M.S.I.E., Ph.D.

## **ABSTRACT**

PT X is a company engaged in construction field and heavy machinery services. PT X uses excavators as a tool to mine rock sand. In 2018, the company has planned to increase production capacity. The increase of production capacity will be directly related to the operational capability of the unit which must always be maintained. The problem in this study is the occurrence of unit downtime that cannot be predicted and occurs in a relatively long time. The components damage of the excavator causes the unit to be unable to operate to increase production. The maintenance of the Doosan S500-LCV excavator at PT X is currently not optimal because the downtime that occurs in the unit is still relatively high. Standard Maintenance Procedure of excavator units need to be evaluated in order to minimize the occurrence of downtime so that the unit can be used for maximum production. The method used in this analysis is the Reliability Centered Maintenance (RCM) method. From the results of the analysis and discussion, the critical components of the S500-LCV excavator in PT X are Bucket, Control Valve, Radiator, Alternator and Hydraulic Breaker. Proposed maintenance based on the RCM method and the consideration of S500-LCV maintenance costs at PT X are bucket with preventive maintenance, control valve with a combination of preventive and corrective maintenance, radiator with preventive maintenance, alternator with a combination of preventive and corrective maintenance and hydraulic breakers with preventive maintenance.

**Keywords:** Downtime, Excavator, Maintenance, RCM

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, penulis mampu menyelesaikan proposal tesis yang berjudul “Analisa Perencanaan Perawatan *Excavator* Doosan S500-LCV Untuk Mengurangi *Downtime* Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*”. Dalam menyelesaikan proposal tesis ini, penulis juga dibantu oleh beberapa pihak. Oleh karena itu penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, MEng., Ph.D. selaku kepala departemen Magister Manajemen Teknologi (MMT)
2. Bapak Prof. Ir. Suparno, M.S.I.E., Ph.D. selaku dosen pembimbing dalam penelitian dan penyusunan tesis ini
3. Bapak dan Ibu dosen pengajar mata kuliah di MMT ITS yang telah mengajarkan ilmunya kepada penulis
4. Rekan-rekan staff dan karyawan MMT ITS yang telah membantu menyediakan fasilitas, sarana dan prasarana selama masa perkuliahan sampai dengan selesainya penyusunan tesis ini
5. Segenap jajaran direksi, manajemen, karyawan dan rekan-rekan kerja yang telah membantu memberikan segala dukungan, dan fasilitas dalam melakukan penelitian di perusahaan
6. Orang tua yang selalu membimbing, menasihati dan memberikan doa hingga selesainya penelitian ini
7. Istri dan anak yang senantiasa tak henti-hentinya memberikan semangat dan motivasi
8. Rekan-rekan kuliah MMT ITS yang selalu menjadi teman diskusi setiap adanya permasalahan
9. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu oleh penulis atas segala bantuannya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

Penulis menyadari bahwa proposal ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran sangat dibutuhkan demi penyempurnaan penelitian yang akan dilakukan. Penulis berharap proposal ini dapat berguna bagi diri sendiri dan bagi para pembaca.

Surabaya, 04 Maret 2019

Sidiq Auda

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TESIS .....	iii
ABSTRAK .....	v
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	7
1.3 Tujuan .....	8
1.4 Batasan Masalah .....	8
1.5 Manfaat Penelitian .....	8
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	9
2.1 <i>Excavator</i> .....	9
2.2 <i>Maintenance</i> .....	12
2.3 <i>Jenis Maintenance</i> .....	12
2.3.1 <i>Preventive Maintenance</i> .....	12
2.3.2 <i>Corrective Maintenance</i> .....	14
2.4 <i>Downtime</i> .....	15
2.5 Keandalan .....	16
2.5.1 Fungsi Keandalan.....	16
2.5.2 Laju Kegagalan .....	19
2.5.3 Karakteristik Kegagalan.....	20
2.6 <i>Pareto</i> .....	21
2.7 <i>Reliability Centered Maintenance</i> .....	23
2.7.1 Langkah - Langkah Penerapan <i>RCM</i> .....	24
2.7.2 <i>Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)</i> .....	29
2.7.3 <i>Reliability Centered Maintenance II (RCM II)</i> .....	30
2.8 Penelitian Terdahulu .....	31
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	35

3.1	Gambaran Penelitian .....	35
3.2	<i>Flowchart</i> Penelitian .....	36
3.3	Pengumpulan Data .....	37
3.4	Pengolahan Data.....	37
3.5	Analisis dan Pembahasan .....	38
3.6	Kesimpulan dan Saran.....	38
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		39
4.1	Pengumpulan Data .....	39
4.2	Fungsi Komponen <i>Excavator</i> .....	41
4.3	Penentuan Komponen Kritis <i>Excavator S500-LCV</i> .....	45
4.4	Biaya Perawatan <i>Excavator S500-LCV</i> .....	46
4.5	Biaya <i>Loss Production Excavator S500-LCV</i> .....	49
4.6	<i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i> .....	49
4.7	<i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i> .....	54
BAB 5 ANALISA DAN PEMBAHASAN .....		59
5.1	Analisa Penentuan Komponen Kritis <i>Excavator S500-LCV</i> .....	59
5.2	Analisa Biaya Perawatan <i>Excavator S500-LCV</i> .....	59
5.3	Analisa Biaya <i>Loss Production Excavator S500-LCV</i> .....	61
5.4	Analisa <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i> .....	61
5.5	Analisa <i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i> .....	62
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN .....		65
6.1	Kesimpulan .....	65
6.2	Saran .....	66
DAFTAR PUSTAKA.....		67
LAMPIRAN .....		69
BIODATA PENULIS.....		77

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Data <i>Downtime</i> vs Target PT X Tahun 2016 - Awal 201.....	6
Gambar 2.1 Proses <i>Loading</i> Material dengan <i>Excavator</i> ke <i>Dump Truck</i> .....	9
Gambar 2.2 Komponen Utama <i>Excavator</i> .....	11
Gambar 2.3 <i>Reliability Function</i> .....	18
Gambar 2.4 <i>Commulative Distribution Function</i> .....	18
Gambar 2.5 <i>Probability Density Function</i> .....	19
Gambar 2.6 <i>Bathtub Curve</i> .....	20
Gambar 2.7 Diagram <i>Pareto</i> .....	22
Gambar 2.8 Diagram Keputusan <i>RCM</i> .....	31
Gambar 4.1 Dimensi <i>Boom Excavator</i> .....	42
Gambar 4.2 Diagram <i>Pareto Downtime</i> .....	45

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Permintaan Material Proyek kepada PT X Tahun 2018.....	2
Tabel 1.2 Alat Berat <i>Excavator</i> Doosan S500-LCV PT X.....	4
Tabel 2.1 Informasi Lembar Kerja.....	27
Tabel 2.2 <i>FMEA for functional failure identification</i> .....	30
Tabel 2.3 Posisi Penelitian.....	33
Tabel 4.1 Data <i>Downtime Excavator</i> S500-LCV Tahun 2016 - awal 2018.....	39
Tabel 4.2 <i>Summary Downtime</i> Per Tahun.....	40
Tabel 4.3 Data Komponen yang Diamati Dalam Penelitian.....	46
Tabel 4.4 Biaya <i>Preventive Maintenance</i> Komponen Kritis.....	48
Tabel 4.5 Biaya <i>Corrective Maintenance</i> Komponen Kritis.....	48
Tabel 4.6 <i>FMEA</i> Komponen Kritis <i>Bucket</i> .....	50
Tabel 4.7 <i>FMEA</i> Komponen Kritis <i>Control Valve</i> .....	51
Tabel 4.8 <i>FMEA</i> Komponen Kritis <i>Radiator</i> .....	52
Tabel 4.9 <i>FMEA</i> Komponen Kritis <i>Alternator</i> .....	53
Tabel 4.10 <i>FMEA</i> Komponen Kritis <i>Hydraulic Breaker</i> .....	54
Tabel 4.11 <i>RCM Decision Worksheet Excavator S500-LCV</i> .....	56
Tabel 4.12 Lanjutan <i>RCM Decision Worksheet Excavator S500-LCV</i> .....	57



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur sedang gencar dilakukan di beberapa tempat. Potensi proyek tersebut tentunya sangat menarik bagi beberapa perusahaan. Salah satu hal yang mendasar dalam proses pembangunan infrastruktur adalah pembuatan urugan tanah, pasir batu, *base course* atau menggunakan material lainnya. Pasir batu atau biasa disebut dengan nama sirtu adalah material yang banyak diminta ketika awal proses pembangunan jalan tol dimulai. Di Jawa Timur sudah banyak tempat usaha penambangan sirtu sehingga sangat mudah untuk mendapatkan material tersebut. Tahun 2018 proyek infrastruktur dari BUMN dan swasta nilainya semakin bertambah. Mulai dari proyek pembuatan jalan tol, perumahan, pergudangan, dll. Ini merupakan kesempatan bagi perusahaan yang bergerak di bidang konstruksi atau perusahaan yang berkaitan langsung dengan proyek-proyek tersebut. Dari pengerjaan tahap awal berupa pengurukan dengan material maupun ketika pengerjaan konstruksinya.

PT X adalah perusahaan swasta yang bergerak dalam bidang kontraktor penambangan pasir batu atau biasa dikenal dengan nama sirtu yang terletak di Surabaya dan memiliki ijin usaha pertambangan di lokasi Kecamatan Gempol Kabupaten Pasuruan. PT X berdiri pada tahun 1984 dan sudah memiliki ijin usaha pertambangan (IUP) sehingga kegiatan penambangan sirtu yang dilakukan adalah penambangan yang resmi. Kabupaten Pasuruan terutama di lereng pegunungan terdapat banyak aktivitas penambangan sirtu namun tidak sedikit juga yang melakukan penambangan tanpa memiliki ijin usaha penambangan sehingga berpotensi bermasalah dengan hukum. Saat ini sudah banyak *customer* yang bekerja sama dengan PT X terutama tentang hal yang berkaitan dengan proyek sirtu. Mulai dari penjualan sirtu ditempat *loading point* ataupun sampai pengangkutan ke bongkaran proyek. PT X tidak hanya melayani proyek material sirtu saja namun juga material *base course*, pasir, batu kerikil dan batu split.

Tahun 2018 adalah tahun dimana proyek infrastruktur berkembang di Jawa Timur. PT X mendapatkan permintaan *raw* material berupa pasir batu, pasir

cuci, batu kerikil, batu pecah dan *base course* yang nilainya lebih banyak dibandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya. Strategi yang efektif perlu dilakukan agar bisa memenuhi permintaan material dari berbagai proyek. Dari permintaan material yang ada digunakan untuk bahan dasar urugan pembuatan gudang, pembuatan jalan tol, untuk *raw material batching plant*. Berikut adalah data permintaan material oleh beberapa proyek kepada PT X:

Tabel 1.1 Permintaan Material Proyek kepada PT X Tahun 2018

NO	OWNER/ CUSTOMER	NAMA PROYEK	MATERIAL	VOLUME KONTRAK (M <sup>3</sup> )
<b>PROJECT BUMN</b>				
1	WASKITA KARYA	PASPRO	BASE COURSE A	55,000
		KLBM	BASE COURSE A	14,500
		WASKITA-GORIP GEMPOR	SIRTU	5,000
2	WIJAYA KARYA	NGANJUK	BASE COURSE A	65,000
3	PEMBANGUNAN PERUMAHAN	PANDAAN MALANG	SIRTU	95,000
		PANDAAN MALANG	BASE COURSE A	80,000
		NGANJUK	BASE COURSE A	20,000
<b>PROJECT SWASTA</b>				
1	SAFE LOCK	PERGUDANGAN SAFELOCK	SIRTU	125,000
2	PP PRESISI	PANDAAN MALANG	BASE COURSE A	15,000
3	BKS	PERGUDANGAN SIRIE	SIRTU	430,560
4	WARINGIN	CIP	BASE COURSE A	11,000
5	MERAK JAYA PRACETAK	JIIPE KALIMIRENG	Base A Padat	10,000
6	AREMIX PLANINDO	TOL SIDOARJO - WARU	SIRTU	20,000
		TOL SIDOARJO - WARU	BASE COURSE B	20,000
		TOL SIDOARJO - WARU	BASE COURSE A	20,000
7	PRASUNG	PRASUNG	SIRTU	250,000
8	SAFIRA (CHALIDANA)	SEPANDE SIDARJO	SIRTU	70,000
		MENGANTI SURABAYA	SIRTU	20,000
9	CRBC	NGANJUK	BASE COURSE A	5,000
10	RBU	NGANJUK	BASE COURSE A	10,000
11	KRISSJAYA ADYMIX	BP DUPAK	PASIR SARING	22,464
12	HOLCIM	BP PURWODADI	BATU 1 - 2	834
		BP LAWANG OTSUKA	BATU 1 - 2	226
		BP PANDAAN	PASIR SARING	23
		BP PANDAAN	BATU 1/2	335
		BP GEDANGAN	PASIR SARING	476
		BP GEDANGAN	BATU 1 - 2	1,427
		BP TANJUNGSARI	BATU 1 - 2	343
13	TRIJAYA ADYMIX	BP BYPASS MOJOKERTO	PASIR SARING	14,976
14	BETON PRIMA INDONESIA	BP MOJOKERTO	BATU 1 - 2	14,400
<b>TOTAL</b>				<b>1,396,565</b>

Sumber : *Marketing* PT X tahun 2018

PT X perlu menerapkan strategi untuk bisa memenuhi permintaan yang ada. Volume sebanyak 1.396.565 m<sup>3</sup> dari permintaan material di tahun 2018 harus dipenuhi dengan menyediakan hasil penambangan sirtu yang dimiliki pada lahan tambang PT X. Dari penentuan lokasi penambangan, cara melakukan penambangan sampai dengan melakukan pengiriman material ke proyek yang sudah ditentukan harus sesuai dengan plan yang sudah direncanakan. Penerapan strategi yang tepat akan mampu menghasilkan kinerja alat dalam melakukan penambangan sehingga permintaan material dari konsumen bisa dipenuhi.

Dalam melakukan penambangan, PT X menggunakan alat berat untuk melakukan penggalian sirtu. Pada dasarnya tujuan dari penggunaan alat berat adalah untuk membantu mempermudah dan memperlancar pekerjaan manusia. Pemilihan alat berat yang digunakan untuk penggalian sirtu adalah menggunakan *excavator*. *Excavator* yang digunakan adalah kelas 30 ton dan 50 ton. Penentuan untuk menggunakan *excavator* tipe 30 ton atau 50 ton adalah murni dan mutlak dari keputusan direksi yang didasarkan pada insting dan bukan dari hasil diskusi dari berbagai pihak sehingga sifatnya subyektif. Akhir-akhir ini PT X mulai melakukan investasi *excavator* kelas 50 ton. Hal ini berkaitan dengan mulai berpindahnya investasi yang terdahulu yaitu investasi *excavator* kelas 20 ton yang dirasa saat ini sudah mulai tidak efektif untuk digunakan penambangan sirtu. Dalam pengoperasiannya, alat berat sangat membutuhkan biaya yang cukup besar sehingga harus dimanfaatkan seoptimal mungkin. Salah satu *point* yang penting untuk bisa mengoptimalkan biaya yang berkaitan dengan operasional *excavator* adalah mengenai perawatan atau *maintenance excavator* tersebut. Dengan melakukan perawatan yang tepat maka keandalan unit bisa dimaksimalkan. Terjadinya kerusakan unit bisa diminimalkan dari kemungkinan terjadinya *premature failure*. Saat ini kerusakan yang terjadi belum bisa diprediksi sehingga perencanaan operasional unit *excavator* tidak bisa mencapai target. Permasalahan ini menjadi dasar dilakukannya penelitian yang akan dilakukan. Perencanaan *maintenance excavator* dilakukan untuk meminimalkan waktu kerusakan (*breakdown time*). Pada penelitian yang dilakukan dikhususkan pada *excavator* kelas 50 ton merk Doosan dengan model S500-LCV.

Sampai dengan tahun 2018, PT X mempunyai jumlah *excavator* kelas 50 ton sebanyak 19 unit, data dan tahun pembuatan unit bisa dilihat pada Tabel 1.2. Direksi saat itu memang sangat fokus pada investasi *excavator* kelas 50 ton dengan merk Doosan S500-LCV karena dari sisi finansial dianggap paling murah harga pembeliannya dibandingkan dengan merk yang lain. Selain itu konsumsi bahan bakar Doosan S500-LCV juga lebih irit dibandingkan dengan merk lain. Dengan banyaknya jumlah *excavator* kelas 50 ton yang dimiliki oleh PT X maka akan menjadi tantangan yang besar untuk bisa menjaga keandalan unit yang ada. Unit yang bisa beroperasi sesuai target yang ditentukan, akan mampu mencapai target produksi yang ditentukan oleh management PT X. Pemilihan *maintenance* unit *excavator* yang tepat bisa meningkatkan keandalan unit, meminimalkan biaya perbaikan dan bisa mengurangi terjadinya *premature failure* pada peralatan unit *excavator*.

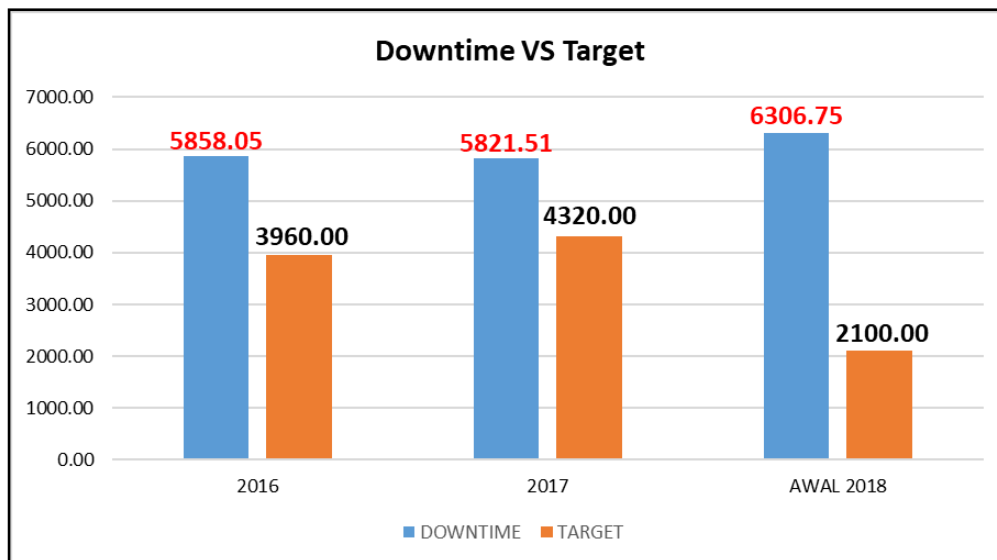
Tabel 1.2 Alat Berat *Excavator* Doosan S500-LCV PT X

<b>NO</b>	<b>KODE UNIT</b>	<b>TAHUN PEMBUATAN</b>
1	S500-08	2008
2	S500-11	2010
3	S500-12	2010
4	S500-13	2010
5	S500-14	2010
6	S500-15	2010
7	S500-17	2011
8	S500-19	2012
9	S500-20	2012
10	S500-21	2012
11	S500-22	2013
12	S500-23	2014
13	S500-24	2015
14	S500-25	2015
15	S500-26	2017
16	S500-27	2017
17	S500-28	2017
18	S500-29	2017
19	S500-30	2017

*Maintenance* atau perawatan merupakan suatu kombinasi dari tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau untuk memperbaikinya sampai, suatu kondisi yang bisa diterima (Corder, 1988). Perencanaan *maintenance excavator* Doosan S500-LCV meliputi *service* unit rutin, perencanaan penggantian part atau komponen parsial sebelum rusak, *adjustment* terhadap unit *excavator* (konsumsi solar, *power*, *cycle time*, dll) dan beberapa pekerjaan lain yang pada intinya memaksimalkan kondisi unit sehingga bisa menjaga keandalannya. Keandalan atau *reliability* pengertiannya adalah peluang sebuah sistem atau unit untuk bisa melakukan fungsinya dengan baik seperti yang sudah ditentukan dalam kurun waktu dan kondisi tertentu. Mengingat *excavator* adalah unit utama dalam melakukan penambangan sirtu maka keandalan dari unit menjadi sorotan yang sangat penting. Seiring dengan tujuan perusahaan untuk menaikkan target produksi ditahun 2018, maka melakukan *maintenance* dengan tepat akan menjadi pilihan yang penting. Kinerja unit *excavator* yang baik akan menghasilkan jumlah produksi yang tinggi. Semakin banyak jam operasi alat yang berjalan maka target produksi yang diberikan oleh management PT X diharapkan bisa dicapai. Kerusakan yang kemungkinan terjadi akan mengakibatkan tidak tercapainya target produksi yang diberikan.

PT X mempunyai target *physical availability* dari unit S500-LCV dengan nilai diatas 85%, maka dari itu 1 unit *excavator* harus mampu beroperasi dalam waktu 1 tahun diatas 2040 jam. Target ditentukan oleh manajemen berdasarkan *history* unit dengan mempertimbangkan umur unit, kondisi unit, prediksi jadwal perbaikan, biaya perbaikan dan produksi yang harus dicapai. Setiap tahun jumlah unit *excavator* yang digunakan rata-rata sebanyak 12 unit. Jumlah jam *breakdown* maksimal yang ditargetkan oleh perusahaan dari total 12 unit yang beroperasi adalah 4.320 jam (mengacu pada data *breakdown excavator* S500LCV tahun 2017). Data tersebut adalah data maksimal jam *breakdown* yang diijinkan untuk bisa mendapatkan target dari unit S500-LCV. Permasalahan yang terjadi pada tahun 2016, 2017 dan 2018, unit S500-LCV mengalami kerusakan dengan jam *breakdown* melebihi target yang diberikan oleh perusahaan. Ini merupakan sebuah permasalahan yang perlu untuk diselesaikan. Ringkasan data untuk jam *breakdown* yang melebihi target dapat dilihat pada Gambar 1.1. Pada

Gambar 1.1, tahun 2016 target *downtime* dan *downtime* yang terjadi adalah selama 1 tahun (dari bulan januari 2016 sampai dengan desember 2016) dengan jumlah unit yang beroperasi 11 unit. Tahun 2017 target *downtime* dan *downtime* yang terjadi juga selama 1 tahun (dari bulan januari 2017 sampai dengan desember 2017) dengan jumlah unit yang beroperasi total 12 unit. Tahun 2018 nilai target *downtime* dan *downtime* yang terjadi adalah hanya lima bulan saja (dari bulan januari 2018 sampai dengan mei 2018) dengan jumlah unit yang beroperasi adalah 14 unit. Target *downtime* yang diijinkan oleh perusahaan sudah mempertimbangkan waktu operasi, jumlah unit dan kondisi unit. Saat ini jenis *maintenance* yang dilakukan di PT X adalah *schedule maintenance* dan *corrective maintenance*. Perlu adanya pengkajian dan studi mengenai tipe perawatan atau *maintenance* yang tepat agar unit bisa maksimal dalam beroperasi dan jumlah kerusakan yang terjadi bisa diminimalkan.



Gambar 1.1 Data *Downtime* vs Target PT X Tahun 2016 - Awal 2018

Analisa perencanaan perawatan *excavator* Doosan S500-LCV yang tepat diharapkan akan memberikan kinerja yang efektif. Bagi manager *site* atau pelaksana di lokasi harus mampu mengatur strategi *maintenance* unit yang ada. Kerusakan unit yang tidak dapat diprediksi akan menyebabkan *downtime* yang tinggi. Kebutuhan *spare part* yang tidak terduga menyebabkan pengadaan



pembeliannya part juga akan lama. Dengan lamanya *part* yang tersedia maka perbaikan unit tidak akan bisa cepat selesai yang pada akhirnya waktu kerusakan unit menjadi lebih lama. Hal seperti inilah yang perlu untuk dihindari dengan melakukan *maintenance* atau perawatan unit dengan tepat agar bisa meminimalkan *breakdown time* dan mampu menjaga Keandalan unit *excavator* . Dengan adanya perbedaan tahun pembuatan *excavator* Doosan S500-LCV maka perencanaan, jadwal dan jenis *maintenance* yang tepat akan menjadi kunci utama agar *excavator* mampu melakukan fungsinya dengan baik pada kurun waktu tertentu sehingga bisa mencapai target produksi yang ditetapkan oleh *management* PT X. *Excavator* dengan tahun pembuatan 2008 dengan tahun 2017 untuk melakukan perawatan dan perbaikan harus dengan perlakuan yang berbeda karena semakin lama tahun pembuatan *excavator* maka *life time* komponen juga semakin menurun yang mengakibatkan menurunnya kinerja dari *excavator*.

Dengan adanya penelitian ini diharapkan akan ada data yang pasti sebagai bahan pertimbangan penting dalam menentukan perencanaan perawatan alat *excavator* S500-LCV yang paling optimal dan sesuai dengan *budget* yang diberikan oleh perusahaan dalam kegiatan operasional penambangan sirtu. Dimana saat ini untuk perawatan unit *excavator* S500-LCV dilakukan dengan kurang maksimal sehingga sering terjadi *premature failure* dan *breakdown time* yang tinggi. Maka kedepannya sudah ada data dasar untuk menentukan perencanaan perawatan *excavator* S500-LCV untuk kegiatan penambangan sirtu di PT X.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan, maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah untuk mengurangi terjadinya *downtime* yang melebihi dari target perusahaan dengan cara menentukan perencanaan perawatan *excavator* Doosan S500-LCV yang digunakan sebagai alat penambangan pasir batu di lahan pertambangan PT X. Membandingkan data biaya perawatan atau *maintenance* yang dilakukan dengan potensi kehilangan pendapatan akibat terjadinya *downtime excavator* Doosan S500-LCV.

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi perawatan *excavator* Doosan S500-LCV yang dilakukan di PT X pada saat ini dan usulan jenis perawatan yang tepat.
2. Menentukan komponen kritis *excavator* Doosan S500-LCV yang menyebabkan terjadinya *downtime* yang melebihi target.
3. Merencanakan kebijakan dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*.

### 1.4 Batasan Masalah

Dalam melakukan penelitian ini ada beberapa batasan yang digunakan, agar arah dari penelitian tidak meluas. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Penelitian dilakukan di lokasi pertambangan PT X tepatnya di Kabupaten Pasuruan Jawa Timur.
2. Jenis *excavator* yang dilakukan penelitian adalah kelas 50 ton dengan model Doosan S500-LCV.
3. Data kerusakan yang digunakan adalah data kerusakan di PT X pada tahun 2016-awal 2018.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini:

1. Manfaat Praktis : Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi untuk memberikan usulan penentuan perawatan unit *excavator* S500-LCV di perusahaan agar nilai *downtime* bisa berkurang dan memaksimalkan produksi.
2. Manfaat Akademis : Hasil penelitian ini semoga bermanfaat dan bisa dijadikan referensi serta rujukan bagi masyarakat dalam melakukan penelitian lanjutan tentang tema perawatan.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Excavator*

*Excavator* adalah salah satu jenis alat berat yang sering digunakan untuk membantu pekerjaan manusia dalam bidang konstruksi untuk memindahkan material. Tujuan penggunaannya adalah untuk membantu melakukan pekerjaan yang sulit agar menjadi lebih ringan dan mampu mempercepat waktu pengerjaan (Rochmanhadi, 1992). *Excavator* merupakan alat berat dari golongan *shovel* yang dibuat untuk membantu melakukan penggalian material dibawah permukaan tanah seperti parit, lubang untuk *basement*, pekerjaan jalan, dll (Ronald, 2013). Dari beberapa referensi yang ada maka dapat ringkas bahwa definisi dari *excavator* adalah salah satu jenis alat berat berupa *shovel* yang digunakan untuk membantu pekerjaan penggalian material, bisa dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Proses *Loading Material* dengan *Excavator* ke *Dump Truck*

Sumber : *Loading Point Site PT X*

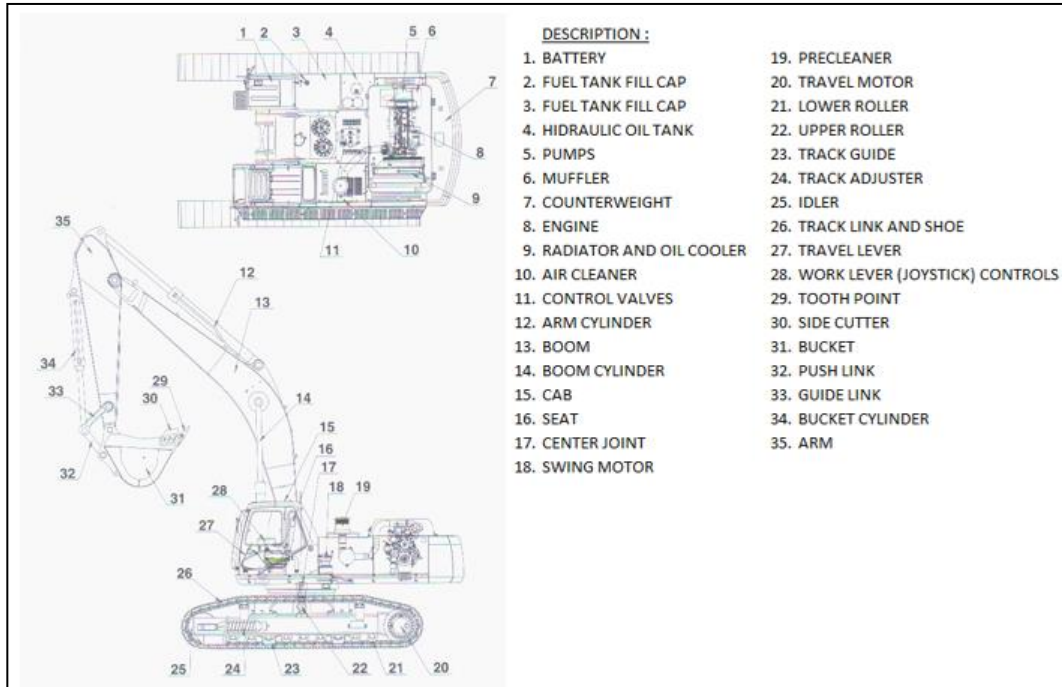
Menurut Rochmanhadi (1992), *excavator* atau sering disebut dengan *backhoe* memiliki tiga komponen utama, yaitu :

- a. Bagian atas *revolving* unit (bisa berputar), bagian ini meliputi *area cabin operator, counter weight* dan area mesin. Ketika unit melakukan *swing* atau gerakan berputar, bagian area ini juga ikut berputar.
- b. Bagian bawah *travel* unit (untuk berjalan), bagian ini bisa disebut dengan bagian kaki *excavator*. Bagian ini meliputi *track link and shoe, frame, travel motor, idler, upper and lower roller*, dll. Komponen yang terpasang menjadi satu bagian sebagai penggerak *excavator* untuk bergerak maju dan mundur.
- c. Bagian *attachment*, bagian ini juga sering disebut dengan tangan dari *excavator*. Bagian *attachment* meliputi *boom attachment (boom assy, cylinder boom, pin, pipe), arm attachment (arm assy, cylinder arm, pin, pipe), bucket attachment (cylinder bucket, pin, link H, link I, bucket)*. *Attachment excavator* adalah bagian yang paling rawan terjadi kerusakan karena bagian ini yang paling banyak bergerak ketika *excavator* beroperasi sehingga *adjustment* sering dilakukan pada bagian ini.

*Excavator* secara umum setiap fungsi komponennya dikendalikan dengan sistem hidrolis. Karena menggunakan sistem hidrolis maka setiap *attachment* fungsinya menjadi penting. Satu saja *attachment* tidak berfungsi maka *excavator* tidak dapat beroperasi. Menurut Rochmanhadi (1992) ada juga *excavator* yang dikendalikan bukan dengan hidrolis yaitu dengan kendali kabel. Pada prinsipnya cara kerjanya adalah sama, hanya saja sistem pengendaliannya yang berbeda. Untuk *excavator* dengan sistem kendali hidrolis biasanya digunakan pada aplikasi penggalian material, pada pertambangan, dll. *Excavator* dengan kendali kabel biasa digunakan pada pekerjaan konstruksi. Kedua jenis model tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya sehingga pemilihan modelnya tergantung dengan aplikasi penggunaan pekerjaan yang akan dilakukan.

Bagian gambaran umum mengenai komponen *excavator* dapat dilihat pada Gambar 2.2. Pada gambar tersebut ditunjukkan detail komponen utama dari *excavator* (tidak termasuk komponen bagian dalam) yang dapat dilihat secara *visual*. *Excavator* akan berfungsi dan beroperasi dengan baik ketika komponen

utama yang disebutkan juga bisa bekerja secara maksimal. Setiap *point* pada komponen saling mendukung dengan komponen lainnya.



Gambar 2.2 Komponen Utama *Excavator*

Sumber : *Operation & Maintenance Manual Doosan S500LCV* edisi Juli 2002

Menurut Rachmanhadi (1992), dalam operasionalnya *excavator* beroperasi dengan melakukan 4 gerakan utama, yaitu:

- a. Proses pengisian bucket (*land bucket*)
- b. Mengayun (*swing loaded*)
- c. Pembongkaran beban (*dump bucket*)
- d. Mengayun balik (*swing empty*)

Empat gerakan tersebut akan menentukan lama waktu siklus dari *excavator*. Sebagai contoh pengisian material ke sebuah *dump truck*, untuk bisa melakukan pengisian secara penuh maka keempat *point* tersebut perlu untuk diperhatikan. Mungkin juga ada faktor lain yang menyebabkan kemampuan siklus dari *excavator* menjadi lama, contohnya ketika material yang digali keras. Karena material keras maka *excavator* akan membutuhkan waktu yang lebih untuk melakukan penggalian hingga *loading* ke *dump truck*. Akan tetapi secara umum yang menentukan waktu siklus kerja *excavator* adalah keempat *point* tersebut.

## **2.2 Maintenance**

Definisi dari *maintenance* menurut Geraerds (1985) adalah semua kegiatan yang ditujukan untuk menjaga suatu barang atau alat dan mengembalikannya pada keadaan fisik yang dapat dipertimbangkan untuk memenuhi fungsi dari alat tersebut. Setiap peralatan yang digunakan untuk sebuah pekerjaan semakin lama maka kemampuan fungsinya juga akan semakin menurun. Maka dari itu diperlukan *maintenance* agar fungsi alat bisa mendekati seperti standard yang sudah ditentukan.

*Maintenance* adalah hal yang sangat penting dalam sebuah industri. Dengan adanya *maintenance*, kinerja dari sebuah alat bisa maksimal sesuai dengan apa yang dikehendaki. Tujuan dari *maintenance* adalah agar peralatan bisa kembali lagi pada fungsinya sehingga terjadinya kerusakan pada alat dapat diminimalkan dengan adanya *maintenance*. Blischke (2003) juga menjelaskan bahwa *maintenance* terdiri dari setiap tindakan atau kegiatan (selain dari servis rutin selama operasi seperti pengisian bahan bakar atau penyesuaian kecil) yang mengubah produk atau sistem untuk menjaganya dalam kondisi operasional atau mengembalikannya ke kondisi operasional jika dalam kondisi gagal.

## **2.3 Jenis Maintenance**

Menurut Blischke (2003) ada dua jenis tipe dari tindakan *maintenance* yaitu *preventive maintenance* (didasarkan pada pencegahan kerusakan) dan *corrective maintenance* (didasarkan pada perbaikan alat yang sudah terjadi kerusakan).

### **2.3.1 Preventive Maintenance**

Tindakan *preventive maintenance* secara umum memerlukan adanya analisa dan pencegahan terhadap kemungkinan terjadinya kerusakan. Tindakan ini merupakan pemeliharaan sebuah alat atau sistem yang dilakukan secara periodik, seperti melakukan inspeksi, pembersihan, pelumasan, dll. Dengan adanya *preventive maintenance* diharapkan suatu system atau peralatan bisa bekerja secara maksimal dan pada kondisi yang diharapkan sehingga tidak terjadi suatu

kerusakan pada saat tertentu yang memang tidak dapat diprediksi. Menurut O'Connor (2012) *preventive maintenance* adalah suatu tindakan atau kegiatan melakukan pemeliharaan untuk mencegah terjadinya kerusakan yang tidak dapat diprediksi dan menemukan suatu kondisi yang dapat menyebabkan suatu sistem atau alat dapat mengalami kerusakan pada saat digunakan produksi atau saat melakukan fungsinya.

Menurut Blischke (2003), tindakan *preventive maintenance* dibagi menjadi beberapa katagori sebagai berikut:

- a. *Clock Based Maintenance*, suatu tindakan pemeliharaan yang didasarkan pada waktu yang sudah ditetapkan.
- b. *Age Based Maintenance*, suatu tindakan pemeliharaan yang didasarkan pada usia dari sebuah komponen.
- c. *Usage Based Maintenance*, suatu tindakan pemeliharaan yang didasarkan pada penggunaan suatu komponen atau produk. Contohnya penggantian *part* ban pada sebuah mobil.
- d. *Condition Based Maintenance*, suatu tindakan pemeliharaan yang didasarkan pada kondisi aktual dari suatu alat atau sistem. Proses ini melibatkan satu atau lebih dari karakteristik *variable* keausan (contohnya terdapat keausan pada poros bantalan roda, adanya keretakan pada komponen). Perlu adanya *variable* lain untuk bisa mengukur adanya *variable* keausan tersebut. Misalnya keausan pada bantalan atau *bearing* dapat diukur dengan cara membongkar *crankshaft* mesin akan tetapi mengukur getaran, kebisingan atau *temperature* dari *crankshaft case* akan memberikan informasi terhadap keausan yang terjadi karena ada hubungan atau korelasi yang kuat antara *variable-variable* tersebut dengan *variable* keausan.
- e. *Opportunity Based Maintenance*, proses ini berlaku untuk sistem atau alat yang multi komponen. Pemeliharaan dilakukan pada komponen yang memiliki pilihan untuk diputuskan, selanjutnya dilakukan lagi satu atau lebih dari komponen lainnya.
- f. *Design Out Maintenance*, tindakan pemeliharaan ini didasarkan pada kondisi desain awal komponen dengan cara memodifikasi ulang desain



awalnya. Tujuannya adalah dengan dilakukan desain ulang maka komponen akan memiliki Keandalan yang lebih baik.

*Preventive maintenance* dilakukan secara terus menerus agar bisa didapatkan hasil yang maksimal. Banyak model pembelajaran mengenai *preventive maintenance* yang dilakukan untuk mempelajari kemungkinan terjadinya kerusakan dan kegagalan pada suatu komponen atau sistem untuk mendapatkan strategi *preventive maintenance* yang optimal.

### **2.3.2 Corrective Maintenance**

Blischke (2003) menjelaskan bahwa *corrective maintenance* adalah tindakan perawatan yang dilakukan untuk mengembalikan fungsi dari peralatan atau sistem yang telah mengalami kerusakan pada kondisi operasionalnya. Tindakan tersebut meliputi perbaikan atau penggantian (baik barang baru atau bekas) dari semua bagian dan komponen yang mengalami kerusakan untuk keberhasilan dalam fungsi operasionalnya.

*Corrective maintenance* adalah suatu tindakan tidak terjadwal yang dilakukan untuk mengembalikan keadaan suatu sistem atau peralatan yang telah mengalami kegagalan dan kerusakan menjadi siap untuk kondisi operasi kerja. Tindakan ini meliputi perbaikan dan penggantian komponen yang rusak dengan mengacu pada kondisi standard yang sudah ditetapkan. Pada kasus produk atau komponen yang bisa untuk diperbaiki, perilaku kemampuan produk atau komponen tergantung pada jenis perbaikan yang dilakukan. Menurut Blischke (2003) beberapa jenis tindakan perbaikan diklasifikasikan seperti berikut:

- a. *Good as New Repair*, perbaikan ini memiliki distribusi waktu kegagalan dari komponen yang diperbaiki identik dengan kondisi komponen yang baru. Dalam kehidupan nyata perbaikan seperti ini jarang terjadi.
- b. *Minimal Repair*, perbaikan kerusakan dan kegagalan dengan mengembalikan fungsinya yang memiliki umur efektif sama seperti umur komponen sewaktu belum terjadi kerusakan.
- c. *Different from New Repair (I)*, terkadang sebuah kejadian kerusakan dan kegagalan tidak hanya komponen rusak yang diganti namun komponen

yang ditemukan kondisi yang memburuk juga dilakukan penggantian. Distribusi waktu kegagalan komponen yang diperbaiki berbeda dengan distribusi waktu kegagalan dari komponen yang baru. Rata-rata waktu kegagalan komponen yang diperbaiki diasumsikan lebih kecil dari kondisi komponen yang baru.

- d. *Different from New Repair* (II), pada beberapa kasus distribusi kegagalan suatu komponen yang diperbaiki tergantung pada berapa kali komponen tersebut telah dilakukan perbaikan.

## 2.4 Downtime

Definisi dari *downtime* adalah total waktu dari mulai terjadinya kerusakan pada komponen atau sistem sampai dengan mulai bisa beroperasi kembali atau dapat digunakan sebagaimana fungsinya (Zio, 2007). *Downtime* dapat dibagi menjadi dua katagori:

- a. *Active repair time*, waktu lamanya *downtime* terjadi karena memang lamanya perbaikan kerusakan. Hal ini berkaitan dengan lingkungan, tingkat keterampilan teknisi, prosedur perbaikan, dll. Waktu perbaikan ini dapat dibagi lagi menjadi beberapa hal seperti : waktu analisa awal kerusakan, waktu perbaikan dan waktu untuk verifikasi pemeriksaan akhir.
- b. *Administrative time*, waktu lamanya *downtime* yang dipengaruhi oleh proses administrasi berupa prosedur administrasi, pengarsipan, penyimpanan, dll. Katagori ini dibutuhkan untuk mendapatkan cadangan waktu teknisi dalam melakukan persiapan perbaikan, contohnya persiapan *tool* untuk perbaikan.

Pada beberapa kasus dengan terjadinya waktu *downtime* yang tinggi, biasanya menerapkan cadangan alat atau komponen yang mungkin bisa dideteksi terjadinya kerusakan. Dengan adanya cadangan ini maka akan menjadi alternatif untuk bisa tetap melakukan produksi meskipun ada alat yang terjadi kerusakan. Beberapa perusahaan sudah mulai menerapkan hal tersebut.

## 2.5 Keandalan

Reliabilitas atau keandalan adalah probabilitas suatu item mampu melaksanakan fungsinya dengan kondisi yang sudah ditetapkan selama jangka waktu tertentu tanpa terjadi kegagalan atau kerusakan (Jiang, 2015). Definisi tersebut mengandung 4 elemen utama (Jiang, 2015) yaitu:

- a. Keandalan adalah kemungkinan tidak terjadinya kegagalan karena nilainya berada diantara nol dan satu. Unsur kemungkinan Keandalan ini memungkinkan untuk menghitungnya dengan cara kuantitatif.
- b. Fungsi dan keandalan merupakan dua istilah yang mempunyai hubungan yang sangat erat. Terjadinya kegagalan berarti bahwa perangkat tidak dapat melakukan fungsinya dengan memuaskan.
- c. Keandalan tergantung pada kondisi operasi. Dengan kata lain perangkat mampu diandalkan namun juga tidak mampu diandalkan tergantung dengan kondisi operasi yang sudah ditentukan.
- d. Keandalan merupakan sebuah proporsi perangkat yang mampu beroperasi dengan baik saat digunakan.

### 2.5.1 Fungsi Keandalan

Dari penjelasan mengenai definisi reliabilitas, maka hubungan matematis *variable* kontinyu acak T terhadap waktu terjadinya kegagalan dari sistem dengan nilai  $T \geq 0$ , maka fungsi dari keandalan dapat dijelaskan menjadi tiga fungsi (Jiang, 2015) yaitu:

- a. Fungsi Keandalan

Fungsi keandalan dari sistem dinyatakan :

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.1)$$

dengan :

R(t) = keandalan atau reliabilitas pada waktu t

e = *exponential*

$\lambda$  = jumlah tingkat kegagalan komponen

$t$  = waktu operasi

b. Fungsi Distribusi Komulatif (*Commulative Distribution Function*)

*Commulative distribution function* adalah peluang kejadian  $T > t$ . Sebagai contoh ketika sebuah komponen mampu bertahan selama waktu  $t$ , maka peluang ketika terjadi kejadian dengan waktu lebih besar dari  $t$  itulah yang disebut dengan *commulatif distribution function*. Persamaannya dinyatakan sebagai berikut :

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - R(t) \quad (2.2)$$

dengan :

$F(t)$  = peluang kegagalan pada waktu  $t$

$R(t)$  = keandalan atau reliabilitas pada waktu  $t$

$e$  = *exponential*

$\lambda$  = jumlah tingkat kegagalan komponen

$t$  = waktu

c. *Probability Density Function (PDF)*

Fungsi ini menjelaskan mengenai bentuk dari distribusi kegagalan. Persamaannya dinyatakan sebagai berikut :

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{dR(t)}{dt} \quad (2.3)$$

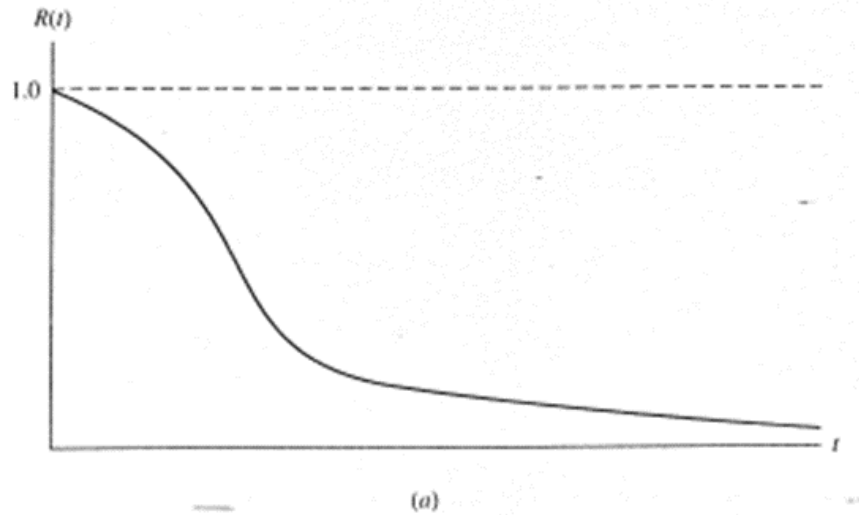
dengan :

$f(t)$  = fungsi padat peluang (*pdf*) pada waktu  $t$

$\frac{dF(t)}{dt}$  = turunan fungsi  $F$  pada  $t$

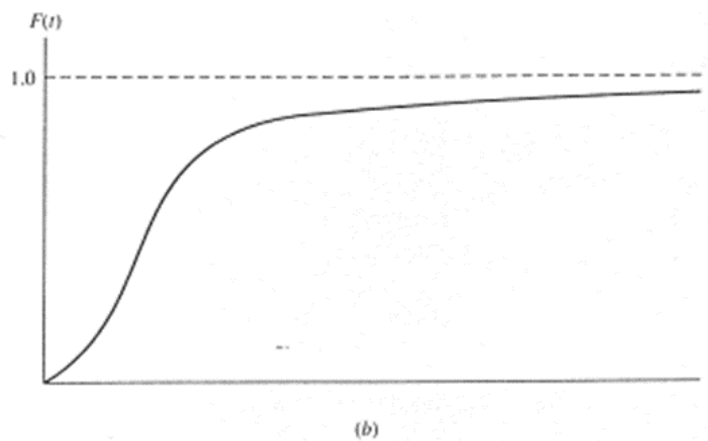
$\frac{dR(t)}{dt}$  = turunan fungsi  $R$  pada  $t$

Dari ketiga fungsi tersebut dapat dilihat hubungan masing-masing fungsi dengan menggunakan bentuk gambar kurva seperti berikut



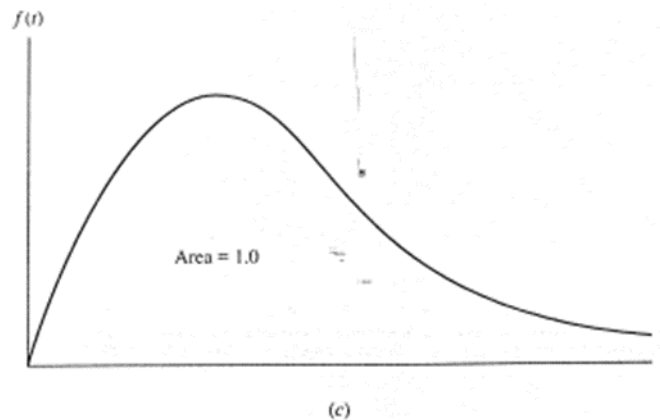
Gambar 2.3 *Reliability Function*

Sumber : *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, Ebeling (1997)



Gambar 2.4 *Cumulative Distribution Function*

Sumber : *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, Ebeling (1997)



Gambar 2.5 *Probability Density Function*

Sumber : *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, Ebeling (1997)

### 2.5.2 Laju Kegagalan

Zio (2007) mendeskripsikan bahwa secara umum laju kegagalan ( $\lambda$ ) adalah perbandingan antara jumlah kegagalan yang terjadi dalam periode waktu tertentu dengan total waktu pengujian atau waktu operasi dari suatu komponen atau sistem. Fungsi dari laju kegagalan memberikan alternatif cara untuk menggambarkan distribusi kegagalan. Dari beberapa kasus laju kegagalan, mungkin memiliki karakteristik meningkat, menurun atau konstan (Ebeling, 1997). Fungsi dari laju kegagalan menurut Zio (2007) adalah sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{r}{T} \tag{2.4}$$

dengan :

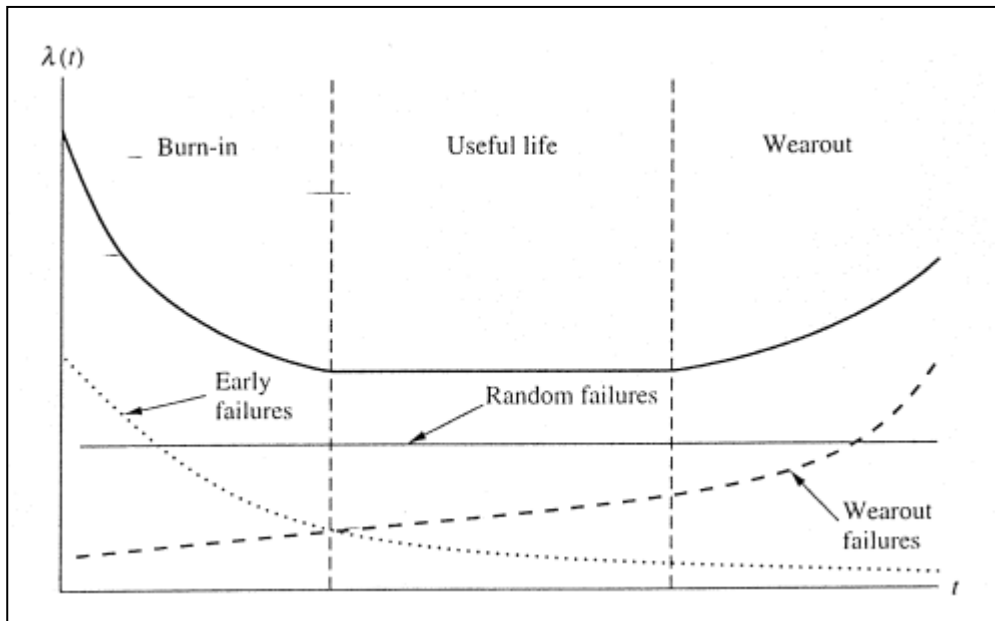
$\lambda$  = laju kegagalan

r = banyaknya kegagalan selama periode waktu pengujian atau operasi

T = total waktu pengujian atau waktu operasi

### 2.5.3 Karakteristik Kegagalan

Sistem atau komponen yang memiliki fungsi laju kegagalan juga memiliki karakteristik di dalamnya. Karakteristik laju kegagalan bisa terjadi pada awal siklus hidupnya (*Decreasing Failure Rate*), diikuti oleh laju kegagalan konstan (*Constant Failure Rate*) dan diikuti oleh peningkatan laju kegagalan (*Increasing Failure Rate*) (Ebeling, 1997). Karakteristik tersebut dapat digambarkan pada *bathup curve*:



Gambar 2.6 *Bathtub Curve*

Sumber : *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, Ebeling (1997)

#### a. *Decreasing Failure Rate (Burn in Area)*

Laju kegagalan dari sebuah komponen atau sistem bisa terjadi pada saat awal dari umur komponen digunakan. Karakteristik dari laju kegagalan ini biasanya diakibatkan oleh adanya cacat manufaktur, pengelasan yang tidak tepat, keretakan, cacat komponen, *quality control* yang jelek, kontaminasi, dll. Dari penyebab tersebut membuat sebuah komponen mengalami kegagalan pada saat awal penggunaan komponen tersebut akan tetapi kejadian seperti ini tidak terlalu banyak terjadi. Untuk mengatasi hal



tersebut perlu dilakukan *quality control* yang lebih baik, *acceptance testing* dan *screening* pada sebuah komponen atau produk sebelum dipasarkan atau dijual.

b. *Constant Failure Rate (Useful Life Area)*

Laju kegagalan yang konstan terjadi karena adanya kegagalan yang acak. Terjadinya kerusakan tidak dapat diprediksi karena karakteristik laju kegagalannya adalah random. Biasanya hal ini terjadi pada pemakaian komponen atau sistem secara normal. Penyebab kerusakan bisa dipengaruhi oleh lingkungan, beban acak, kesalahan manusia dalam penggunaan, dan bisa saja terjadi karena secara kebetulan. Untuk mengurangi laju kegagalan dengan karakteristik ini bisa dilakukan *redundancy* dan memberikan kekuatan yang lebih pada saat pembuatan komponen.

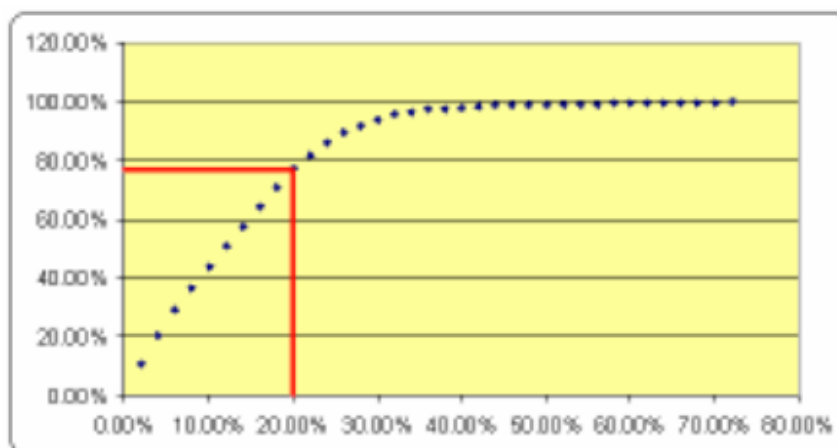
c. *Increasing Failure Rate (Wearout Area)*

Karakteristik ini terjadi ketika umur dari komponen sudah mendekati akhir. Laju kerusakan yang terjadi cenderung meningkat karena kemampuan dari komponen atau sistem sudah berkurang. Penyebab dari karakteristik laju kerusakan ini terjadi karena adanya *fatigue*, *corrosion*, *aging*, *friction*, *cyclical loading*. Untuk mengatasinya perlu dilakukan *preventive maintenance*, penggantian *part*, peningkatan aplikasi teknologi, dll.

## 2.6 *Pareto*

Vilfredo Pareto (1906) menjelaskan dan menemukan bahwa 80% lahan, harta dan kekayaan yang ada di Italia dimiliki oleh hanya 20% penduduk aslinya. Penemuan ini jika diterapkan pada kehidupan sehari-hari manusia juga sangat berlaku dalam setiap kondisi dan aktivitas. Hal tersebut merupakan penemuan yang sangat mengagumkan. Penemuan tersebut sekarang lebih dikenal dengan sebutan *Pareto 80/20*. 80% setiap permasalahan yang ada disebabkan dari 20% sekelompok benda. Dari hal tersebut dapat dilihat bahwa memang setiap

permasalahan yang ada perlu dilakukan pendataan dan klasifikasi untuk bisa dilakukan penyelesaian. *Pareto* 80/20 membuat setiap permasalahan yang mungkin timbul bisa digambarkan dan dijabarkan untuk bisa dilakukan penyelesaian.



Gambar 2.7 Diagram *Pareto*

Sumber : Gambar diagram pareto, Ahmad Sutardi

Setelah penemuan dari Vilfredo Pareto mengenai teori *Pareto* 80/20, seorang pakar teori bernama Juran melakukan penelitian lebih lanjut mengenai penemuan tersebut. Juran dengan menggunakan dasar penemuan Pareto mengemukakan sebuah prinsip yang disebut dengan Prinsip *Pareto*. Prinsip ini sejalan dengan hukum *pareto* bahwa adanya sekelompok objek yang sedikit namun mendominasi dari total semua yang ada dan ada banyak objek akan tetapi sangat kecil pengaruh terhadap kontribusi semuanya. Prinsip ini kemudian menjabarkan bahwa besarnya prosentase 80/20 yang sudah dijelaskan oleh Pareto tidak selamanya mutlak namun pada intinya adalah sama sesuai dengan hukum *pareto* yang dikemukakan oleh Vilfredo Pareto. Juran mengemukakan bahwa prosentasi yang terjadi mungkin bisa 85-15, 90-10, 95-5 dan lain sebagainya. Hukum Pareto dan Prinsip Pareto pada intinya adalah menekankan bahwa ada sekelompok objek kecil namun sangat berpengaruh terhadap sebuah hasil. Sekelompok objek kecil yang vital inilah yang kemudian harus dicari pada setiap permasalahan agar solusi yang didapatkan bisa sesuai.

Pada penelitian ini, analisa *pareto* digunakan untuk menentukan komponen kritis pada *excavator Doosan S500-LCV*. Dari beberapa komponen yang ada akan ditentukan komponen yang kritis dengan didasarkan pada terjadinya *downtime* pada setiap komponen dengan menggunakan analisa *pareto* tersebut. Untuk melakukan analisa *pareto* maka data yang diperlukan adalah data *downtime* dari beberapa komponen *S500-LCV*. Data *downtime* yang dilakukan analisa *pareto* adalah data *downtime* *S500-LCV* di PT X pada tahun 2016 sampai dengan awal tahun 2018.

## **2.7 Reliability Centered Maintenance**

*Reliability Centered Maintenance (RCM)* adalah proses terstruktur yang digunakan untuk mengidentifikasi strategi manajemen kegagalan serta mengembangkan pemeliharaan atau perawatan secara proaktif untuk suatu asset dan juga dapat digunakan untuk mencari sejumlah solusi yang baik dalam hal pemeliharaan (*maintenance*) agar asset atau komponen dapat melakukan fungsinya (Regan, 2012). *RCM* pada intinya adalah *tool* untuk melakukan manajemen kegagalan. Dari potensi kegagalan yang mungkin terjadi dilakukan analisa melalui *RCM*. Dari manajemen kegagalan itulah yang nantinya akan menyimpulkan bagaimana pemeliharaan yang seharusnya dilakukan untuk sebuah sistem atau komponen agar bisa beroperasi sesuai dengan fungsinya.

Selain *RCM* ada beberapa konsep *maintenance* terbaru yang sudah dilakukan di beberapa industri (Blischke, 2003) yaitu:

- a. *Total Productive Maintenance (TPM)*, merupakan konsep pemeliharaan yang difokuskan pada produktivitas dari mesin komponen atau sistem, proses dan pekerja. Pemeliharaan total dilakukan agar produktivitas dari semua lini bisa maksimal.
- b. *Total quality management (TQM)*, adalah konsep pemeliharaan yang difokuskan pada kualitas dari produk atau jasa sehingga bisa memberikan kepuasan pelanggan. Semua anggota karyawan dilibatkan dalam konsep *TQM* tersebut.
- c. *Quality function deployment (QFD)*, konsep ini berupa pengembangan sebuah produk yang didasarkan pada keinginan dari pelanggan. Produk

dibuat berdasarkan keinginan dari pelanggan sehingga kebutuhan pelanggan bisa terpenuhi.

Konsep *RCM* pada awalnya berasal pada industri penerbangan. Konsep ini merupakan sebuah proses untuk mengarahkan pada spesifikasi yang dapat diterapkan dan pekerjaan *preventive maintenance* yang efektif untuk mencegah terjadinya kegagalan dan memantau mekanisme degradasi dari komponen yang penting dan berhubungan langsung dengan fungsi keamanan, fungsi operasional dan biaya pemeliharaan. Fokus pada *RCM* adalah merekomendasikan perlakuan *predictive maintenance* untuk mengurangi peluang terjadinya kegagalan.

Menurut Blischke (2003) dengan melakukan penerapan metode *RCM* akan memberikan beberapa manfaat, diantaranya :

- a. Pengurangan biaya pemeliharaan secara langsung dengan cara meminimalkan *corrective maintenance* dan melakukan *preventive maintenance* secara efektif.
- b. Ketersediaan proses dan peningkatan efisiensi dengan mengurangi kerugian produksi yang diakibatkan oleh kegagalan komponen atau sistem.
- c. Optimalisasi sumber daya dan organisasi dengan melakukan promosi kerjasama yang erat antar bagian serta menyediakan pelatihan yang mendalam untuk anggotatim *RCM*.

### **2.7.1 Langkah - Langkah Penerapan *RCM***

*RCM* adalah sebuah *tool* atau metode yang digunakan untuk mengidentifikasi kegagalan dan memberikan rekomendasi pemeliharaan yang akan dilakukan. Ada 7 langkah yang harus dilakukan dalam menjalankan metode *RCM* ini. Berikut adalah 7 langkah yang harus dilakukan untuk bisa menerapkan metode *RCM* (Regan, 2012):

#### *a. Function Definition*

Menulis fungsi dan *performance standard* untuk merefleksikan tentang apa yang dibutuhkan oleh organisasi dari sebuah asset atau komponen daripada sistem atau komponen yang memang sudah disediakan. Selama

pengembangan fungsi, seringkali organisasi memiliki harapan bahwa suatu komponen atau sistem mampu melakukan fungsinya melebihi kemampuan yang ada.

*b. Identification Functional Failure*

Langkah yang kedua pada proses *RCM* adalah melakukan identifikasi terjadinya kegagalan fungsi pada setiap fungsi yang ada. Menurut Nowlan (1978) kegagalan suatu fungsi atau komponen adalah sebuah kondisi yang tidak memuaskan. Kegagalan fungsi yang dicatat adalah kegagalan fungsi total dan kegagalan fungsi parsial. Kegagalan total adalah kondisi dimana tidak ada bagian dari fungsi yang berjalan. Kegagalan parsial menggambarkan bagaimana sebuah fungsi masih bisa berjalan tetapi hasilnya pada tingkat yang tidak memuaskan. Beberapa metode analisis untuk mempelajari kegagalan fungsional dan mengidentifikasi komponen yang kritis (Blischke, 2003):

- *Failure mode and effects analysis (FMEA)*, analisis ini membahas mengenai bagaimana komponen dapat mengalami kegagalan, mekanisme yang menghasilkan setiap mode kegagalan dan apa yang harus dilakukan untuk memberikan kompensasi dari kegagalan.
- *Failure mode effects and criticality analysis (FMECA)*, analisis *FMECA* hampir sama dengan analisis *FMEA* hanya saja pada *FMECA* ditambahkan mengenai analisis kegagalan yang kritis.
- *Fault trees*, analisis mengenai logika yang menunjukkan hubungan antara peristiwa potensial yang mempengaruhi sistem dan kemungkinan penyebab dari peristiwa tersebut. *Fault trees* lebih spesifik pada keadaan (beroperasi atau sedang rusak) dari sebuah sistem.
- *Go models* (alat yang dikembangkan oleh *Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA*)

c. *Failure Modes*

*Failure mode* atau mode kegagalan adalah penyebab terjadinya kegagalan fungsi. Pada langkah ketiga ini yang akan dilakukan adalah mengidentifikasi mode kegagalan yang menyebabkan kegagalan fungsi. *RCM* menyediakan pedoman yang spesifik untuk menentukan mengapa mode kegagalan termasuk dalam sebuah analisis. Perlu dilakukan pengecekan data mengenai beberapa hal tentang mode kegagalan, antara lain:

- Apakah mode kegagalan pernah terjadi sebelumnya?
- Jika belum pernah terjadi, apakah mungkin mode kegagalan tersebut nyata terjadi?
- Apakah mode kegagalan tidak akan menyebabkan konsekuensi yang lain?
- Apakah mode kegagalan saat ini sudah dikelola dengan baik melalui pemeliharaan yang proaktif?

Beberapa pertanyaan tersebut perlu diketahui untuk bisa lebih detail memahami mengenai mode kegagalan. Mode kegagalan merupakan analisis yang berkaitan dengan penyebab terjadinya keausan, *erosion*, *corrosion*, dll. Akan tetapi perlu juga melakukan analisa mengenai mode kegagalan yang berkaitan dengan kesalahan manusia, kesalahan teknis, desain peralatan, dan kurangnya *emergency procedures*.

d. *Failure Effect*

*Failure effect* dijelaskan sebagai sesuatu yang akan terjadi jika tidak melakukan tindakan untuk memprediksi atau mencegah terjadinya mode kegagalan. Efek kegagalan harus ditulis dengan detail dan rinci. Efek kegagalan harus mencakup tentang:

- Deskripsi proses kegagalan dari kejadian mode kegagalan ke kegagalan fungsional.
- Bukti fisik bahwa telah terjadi kegagalan.

- Bagaimana terjadinya mode kegagalan yang berdampak buruk terhadap keselamatan dan lingkungan.
- Bagaimana terjadinya mode kegagalan yang mempengaruhi tujuan dari operasional.
- Pembatasan mengenai operasi yang spesifik sebagai akibat dari mode kegagalan.
- Kerusakan sekunder.
- Perbaikan yang dibutuhkan dan lamanya waktu yang diharapkan untuk dilakukan.

Langkah pertama sampai keempat dicatat dalam sebuah tabel informasi lembar kerja seperti berikut:

Tabel 2.1 Informasi Lembar Kerja

	Function		Functional Failure		Failure Mode	Failure Effect
1		A		1		
1		A		2		
1		B		1		

Sumber : *Introduction to Reliability Centered Maintenance*, Regan (2012)

e. *Failure Consequenses*

Efek kegagalan yang dituliskan dengan benar maka akan dijadikan sebagai dasar untuk menilai dari konsekuensi kegagalan yang akan terjadi. Konsekuensi kegagalan menjelaskan bagaimana hilangnya dari fungsi sistem atau komponen yang disebabkan oleh mode kegagalan. Ada 4 katagori mengenai konsekuensi kegagalan:

- Keamanan
- Lingkungan
- Operasional sistem
- *Non* operasional

f. *Proactive Maintenance and Associated Intervals*

Setelah menilai konsekuensi kegagalan, selanjutnya adalah mempertimbangkan pemeliharaan proaktif sebagai strategi manajemen kegagalan. Dalam konteks *RCM*, tugas pemeliharaan proaktif yang mungkin dapat diidentifikasi meliputi:

- *Scheduled Restoration*, pengerjaan perbaikan yang dijadwalkan pada interval waktu yang spesifik untuk memulihkan ketahanan kegagalan sistem pada keadaan yang dapat diterima tanpa mempertimbangkan kondisi sistem atau komponen pada waktu pengerjaan. Contohnya melakukan *retreading* ban pada 60.000 mil.
- *Schedule Replacement*, pengerjaan penggantian dilakukan pada interval yang spesifik untuk mengganti sebuah sistem atau komponen tanpa mempertimbangkan kondisi dari sistem pada saat melakukan penggantian. Contohnya *schedule replacement* mesin *excavator* pada 19.000 jam.
- *On Condition Task*, pengerjaan berdasarkan kondisi dilakukan untuk bukti bahwa kegagalan sedang terjadi. Dalam konteks *RCM*, bukti disebut sebagai kondisi yang berpotensi terjadi kegagalan. Mencakup tentang peningkatan getaran, peningkatan panas, kebisingan yang berlebihan, keausan, dll. Pengerjaan berdasarkan kondisi pada intinya melakukan pemeliharaan berdasarkan bukti yang diperlukan. Semua pemeliharaan proaktif harus dilakukan secara teknis dan layak.

g. *Default Strategies*

Menetapkan strategi standard yang harus dilakukan adalah langkah terakhir pada proses *RCM*. Strategi standard yang akan dilakukan meliputi sebagai berikut:

- *Procedural check*, melakukan tugas pada interval yang spesifik untuk memeriksa sebuah kegagalan yang mungkin sudah terjadi



sehingga sebuah sistem atau komponen tidak akan diterima untuk melakukan fungsinya pada kondisi kegagalan.

- *Failure finding task*, tugas untuk memeriksa apakah perangkat sebuah sistem mengalami kegagalan. Tujuan utamanya adalah agar mengurangi resiko terjadinya kegagalan beganda pada sebuah sistem.
- *No scheduled maintenance*, strategi ini berkaitan langsung dengan operational dan non operational. Ketika sudah dilakukan pemeriksaan procedural dan tidak sesuai dengan teknis serta biaya tidak efektif maka direkomendasikan untuk melakukan strategi standard.
- Strategi standard lain, seperti melakukan desain ulang, penambahan prosedur operasi, revisi publikasi teknis, dan rekomendasi pelatihan.

### **2.7.2 Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)**

Proses *FMEA* adalah dengan membuat sebuah informasi yang didalamnya berhubungan dengan definisi fungsi sebuah sistem, kegagalan fungsi, mode kegagalan dan efek kegagalan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai contoh lembar informasi *FMEA*. Perlu adanya input mengenai definisi fungsi dari komponen sehingga analisa *FMEA* dapat dilakukan sesuai dengan fungsi utama dari masing-masing komponen. *FMEA* dilakukan untuk bisa mengetahui fungsi dari setiap komponen, mengetahui kegagalan yang terjadi pada komponen, mengetahui penyebab dari terjadinya kegagalan dan juga efek dari terjadinya kegagalan pada komponen.

Tabel 2.2 FMEA for functional failure identification

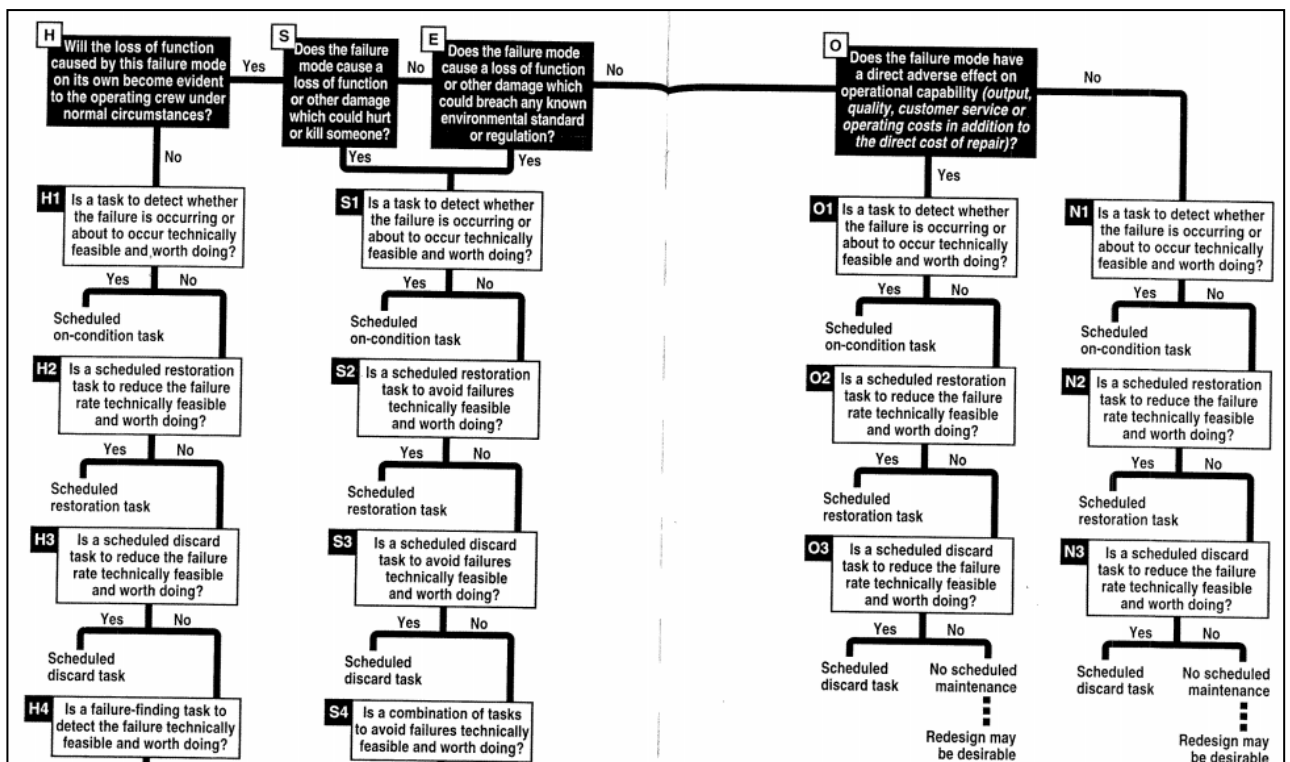
FMEA:SYSTEM ANALYSIS						
SYSTEM: CVCS		SUB-SYSTEM #2: CVCS				
FUNCTION FAILURE MODE	COMPONENT I.D	COMPONENT FAILURE MODE	EFFECT ON THE SYSTEM	EFFECT ON THE PLANT	SEVERITY	FAILURE EVIDENCE
2.1 LOSS OF PRIMARY FLUID CONTAINMENT DURING INJECTION	RCV 138VP RCV 138VP RCV 140VP RCV 142VP RCV 53VP RCV 54VP RCV 36VP RCV 37VP RCV 38VP RCV 377VP RCV 378VP RCV 379VP RCV 373VP RCV 374VP RCV 61 LP RCV 62 LP RCV 63 LP RCV 01 PO RCV 02 PO RCV 03 PO RCV 014 LP RCV 015 LP RCV 016 LP ↓ (43 COMPTS)	SERIOUS  EXTERNAL  LEAK	LOSS OF SAFETY INJECTION	PRIMARY BREAK NOT COMPENSATED	S.S  SEVERE FOR SAFETY	EVIDENT

Sumber : Case study in Reliability and Maintenance, Blischke (2003)

### 2.7.3 Reliability Centered Maintenance II (RCM II)

Reliability Centered Maintenance II (RCM II) adalah sebuah metode dari pengembangan metode sebelumnya yaitu *Reliability Centered Maintenance*. Menurut Effendi (2017), perbedaan RCM dan RCM II terdapat pada beberapa perubahan mengenai pertanyaan dasar dan diagram keputusannya karena setiap industri memiliki tantangan yang berbeda-beda untuk kedepannya. Konsep dari RCM II pada dasarnya sama seperti metode RCM sebelumnya.

Untuk bisa mendapatkan keputusan perawatan yang tepat, maka pada analisa RCM didasarkan pada *decision diagram* yang kemudian direkap kedalam *RCM worksheet*. Diagram keputusan pada RCM membantu dalam menentukan kebijakan perawatan yang harus dilakukan. Diagram keputusan RCM dapat dilihat pada Gambar 2.8. Alur pertanyaan pada Gambar 2.8 digunakan sebagai acuan dalam pengisian *RCM worksheet*. Dari pengisian *RCM worksheet* maka akan didapatkan keputusan mengenai jenis perawatan yang akan dilakukan untuk setiap masalah pada komponen kritis sehingga pengambilan keputusan untuk jenis *maintenance* setiap komponen kritis bisa berbeda-beda.



Gambar 2.8 Diagram Keputusan RCM

Sumber : *Reliability Centered Maintenance II*, Moubay (1997)

## 2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai analisa perawatan sudah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya dengan metode yang berbeda juga. Tahun 2016 Vishnu C. R. melakukan penelitian mengenai pemilihan strategi perawatan pada sebuah *plant* industri di India yang melakukan proses pembuatan *titanium dioxide*. Strategi perawatan sebelumnya yang dilakukan oleh perusahaan adalah menggunakan kombinasi antara *schedule maintenance* dan *breakdown maintenance*. Proses *maintenance* dirasakan kurang maksimal sehingga perlu dilakukan pengajian ulang. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Vishnu, maka kesimpulan yang didapatkan adalah penerapan *preventive maintenance* lebih tepat dan lebih cocok jika dibandingkan dengan jenis *schedule maintenance* dan *breakdown maintenance* pada aplikasi *maintenance* di perusahaan yang dilakukan penelitian.

Effendi (2016) melakukan penelitian mengenai analisa perencanaan kebijakan perawatan untuk mengurangi *downtime*. Metode yang digunakan adalah *Reliability Centered Maintenance II (RCM II)*. Penelitian dilakukan pada sebuah

perusahaan yang memproduksi minuman isotonik. Permasalahan yang terjadi pada penelitian adalah seringnya terjadi kerusakan pada mesin sebelum waktu perawatan yang sudah dijadwalkan. Jenis perawatan yang dilakukan pada perusahaan adalah *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*, namun pada prakteknya dirasa kurang maksimal karena kerusakan mesin banyak terjadi sebelum waktu yang dijadwalkan.

Denur (2017) melakukan penelitian yang berkaitan dengan perawatan yaitu penerapan perawatan pada mesin *ripple mill* (mesin pemecah biji sawit). Terjadinya kegagalan pada mesin *ripple mill* menyebabkan proses produksi menjadi terhambat dan berdampak pada penurunan kapasitas produksi. Metode yang diterapkan pada penelitian adalah menggunakan *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Dari hasil penelitian yang dilakukan, maka jenis pemeliharaan yang tepat untuk mesin *ripple mill* adalah *predictive maintenance*.

Verhagen (2018) melakukan penelitian mengenai *predictive maintenance* pada komponen pesawat. Kegagalan yang mungkin terjadi pada komponen pesawat adalah sebuah masalah yang sangat besar. Metode yang digunakan adalah *Proportional Hazard Models (PHMs)*. Dari hasil penelitian disebutkan bahwa ada sembilan komponen pesawat yang perlu untuk dilakukan penerapan perawatan yang baru (awalnya menggunakan *unschedule maintenance*).

Gupta (2018) melakukan penelitian mengenai perawatan pada mesin bubut *computer numerical control (CNC)*. Point penting yang dilakukan adalah mengidentifikasi komponen kritis pada mesin bubut *CNC* dan melakukan pengambilan keputusan pemeliharaan yang tepat pada mesin. Metode yang digunakan adalah *Analytic Network Process (ANP)*. Hasil penelitian menyebutkan bahwa *turret* adalah bagian komponen yang paling kritis pada mesin bubut *CNC* dan *hydraulic system* adalah bagian komponen kritis paling kecil.

Auda (2018) melakukan penelitian mengenai analisa perawatan yang tepat untuk unit *excavator Doosan S500-LCV*. *Downtime* yang melebihi batas yang diijinkan menjadi permasalahan yang utama pada sebuah perusahaan yang sedang dilakukan penelitian. Metode yang digunakan adalah *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Diharapkan penelitian ini mampu memberikan sebuah

usulan perawatan yang tepat bagi perusahaan sehingga bisa mengurangi terjadinya *downtime* pada unit *excavator*.

Dari penjelasan yang sudah disebutkan sebelumnya, maka rangkuman mengenai penelitian yang telah dilakukan beserta metode penelitiannya yang berhubungan dengan topik *maintenance* dan terkait dengan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Posisi Penelitian

Nomor	Tahun	Penulis	Judul	Metode
1	2016	Vishnu, C. R	<i>Reliability Based Maintenance Strategy Selection in Process Plants: A Case Study</i>	<i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i>
2	2016	Effendi, F. A.	Analisa Perencanaan Kebijakan Perawatan untuk Mengurangi <i>Downtime</i> dengan Metode <i>Reliability Centered Maintenance II</i> (studi kasus di PT. X)	<i>Reliability Centered Maintenance II (RCM II)</i>
3	2017	Denur	Penerapan <i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i> Pada Mesin <i>Ripple Mill</i>	<i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i>
4	2018	Verhagen, W. J. C.	<i>Predictive Maintenance for Aircraft Components using Proportional Hazard Models</i>	<i>Proportional Hazard Models (PHMs)</i>
5	2018	Gupta, G.	<i>Identification of Critical Components using ANP for Implementation of Reliability Centered Maintenance</i>	<i>Analytic Network Process (ANP)</i>
6	2018	Auda, S.	Analisa Perencanaan Perawatan <i>Excavator</i> Doosan S500-LCV Untuk Mengurangi <i>Downtime</i> Dengan Metode <i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i>	<i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i>

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB 3**

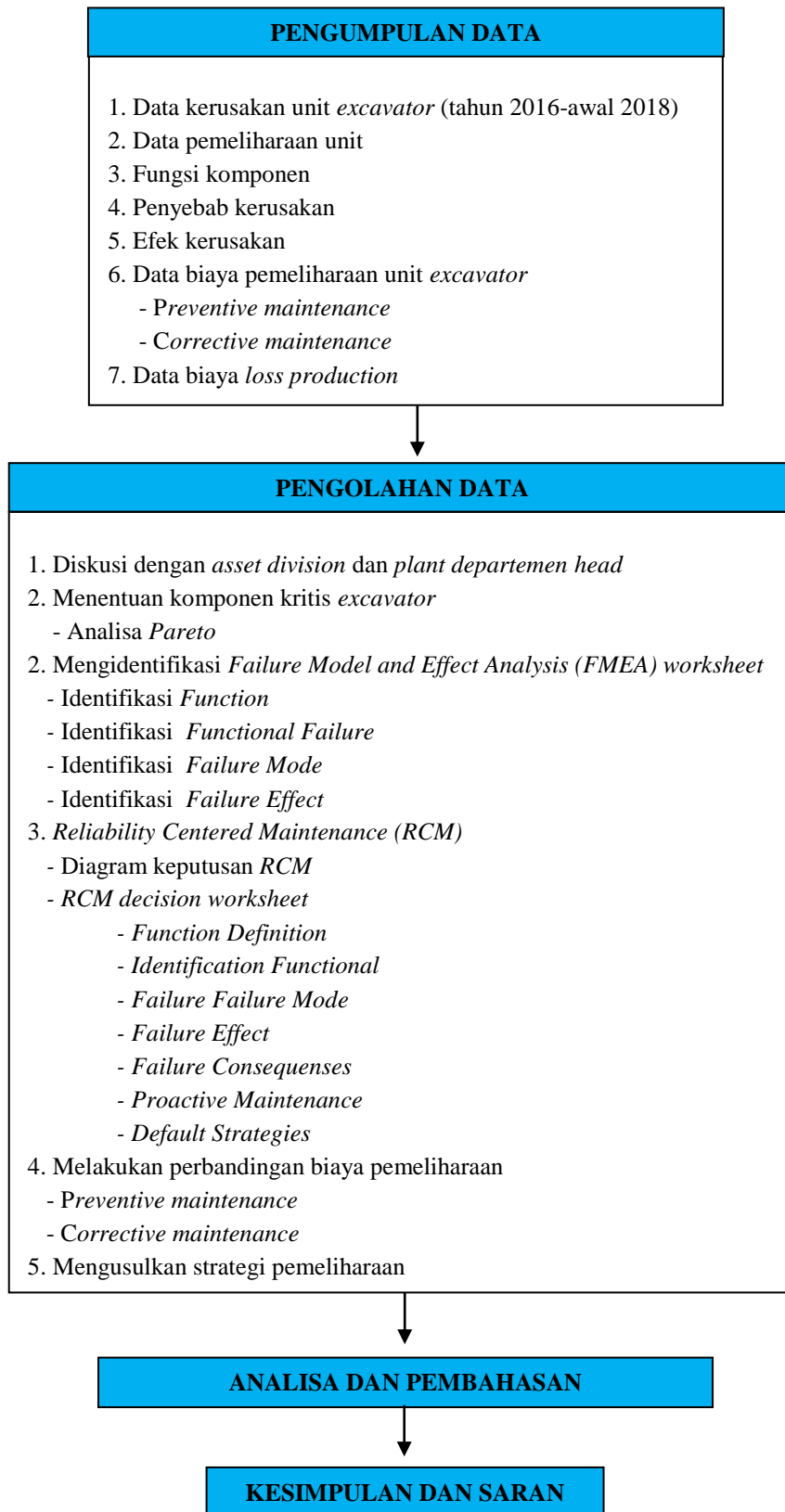
### **METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam melakukan penelitian diperlukan langkah-langkah yang detail dan terstruktur agar didapatkan hasil penelitian yang benar. Langkah tersebut disusun untuk mempermudah dalam memahami mengenai penelitian tersebut.

#### **3.1 Gambaran Penelitian**

Penelitian yang akan dilakukan adalah meneliti mengenai pemeliharaan yang tepat untuk *excavator* kelas 50 ton dengan model S500-LCV di PT X. Penelitian dilakukan dengan langkah awal melakukan pengumpulan data. Data-data yang dikumpulkan adalah data kerusakan unit *excavator* S500-LCV, data pemeliharaan unit, data fungsi komponen, data penyebab dan efek kerusakan komponen, data biaya pemeliharaan dan data biaya *loss production*. Data tersebut kemudian diolah dan dilakukan analisa dengan menentukan komponen kritis *excavator* S500-LCV, analisa *FMEA*, *RCM*, analisa biaya dan juga usulan strategi pemeliharaan yang sesuai.

### 3.2 Flowchart Penelitian





### 3.3 Pengumpulan Data

Data yang akan digunakan sebagai dasar analisa kegagalan yang terjadi pada unit *excavator* S500-LCV adalah data *downtime*. Data *downtime* unit dikumpulkan terutama pada komponen kritis unit *excavator* S500-LCV. Data yang dikumpulkan adalah data sekunder yang didapatkan langsung dari perusahaan berupa data performance unit dari *excavator* S500-LCV yang beroperasi pada lahan pertambangan sirtu di PT X. Data-data yang diambil pada penelitian adalah :

- Data *downtime* unit produksi *excavator* S500-LCV di PT X dari tahun 2016 sampai dengan awal tahun 2018.
- Data waktu perbaikan kerusakan *excavator* S500-LCV di PT X dari tahun 2016 sampai dengan awal tahun 2018
- Data pemeliharaan *excavator* S500-LCV di PT X dari tahun 2016 sampai dengan awal tahun 2018.
- Data fungsi unit *excavator* S500-LCV.

### 3.4 Pengolahan Data

Data yang sudah dikumpulkan kemudian dilakukan pengolahan. Pengolahan data didasarkan pada *history* kerusakan unit yang sudah terjadi dan hasil diskusi dengan *asset division head* dan *plant departement head* karena dianggap lebih mengetahui mengenai kondisi *maintenance* di PT X yang saat ini dilakukan. Data kerusakan komponen kemudian dilakukan analisa *pareto* menggunakan *software minitab 16* sehingga didapatkan data komponen kritis dari *excavator* Doosan S500-LCV. Komponen kritis dari *excavator* yang akan dianalisa ditentukan maksimal 5 komponen berdasarkan hasil diskusi dengan pihak *management* perusahaan. Pengolahan data komponen kritis dilakukan dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Identifikasi fungsi, mode kegagalan, efek kegagalan dan juga konsekuensi kegagalan dilakukan dengan analisa sedetail mungkin untuk bisa didapatkan strategi pemeliharaan *excavator* S500-LCV dengan tepat dengan melalui analisa *FMEA*. *Tool* yang dipakai untuk analisa *RCM* adalah dengan menggunakan *RCM*

*worksheet* dan disertai dengan analisa tindakan pemeliharaan dan pencegahan yang dibutuhkan. Dari hasil pengolahan data diharapkan adanya usulan pemeliharaan yang tepat dengan mempertimbangkan faktor biaya dari pemeliharaan itu sendiri.

### **3.5 Analisis dan Pembahasan**

Pada tahap ini melakukan analisa dan pembahasan dari data yang sudah diolah. Hasil pengolahan data dilakukan pembahasan dengan membandingkan data referensi lain. Data yang sudah dianalisa dihubungkan dengan perumusan masalah dan tujuan penelitian yang akan dilakukan, apakah sudah menjawab semuanya yang dimaksudkan. Analisis dan pembahasan dilakukan dengan detail agar nantinya usulan pemeliharaan yang harus dilakukan juga jelas berdasarkan pengolahan data.

### **3.6 Kesimpulan dan Saran**

Tahap kesimpulan dan saran adalah memberikan kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian yang sudah dicapai. Kesimpulan tersebut juga akan menjawab dari tujuan awal penelitian. Selanjutnya juga memberikan saran terhadap perusahaan mengenai hasil usulan dari penelitian dan juga memberikan saran kepada peneliti lain yang akan melanjutkan penelitian ini atau topik penelitian terkait.

## BAB 4

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dilakukan pengumpulan data komponen dan *downtime* excavator Doosan S500-LCV. Dari data tersebut kemudian akan dibuat diagram *pareto* untuk menentukan komponen kritis pada excavator. Setelah didapatkan data yang dibutuhkan, langkah selanjutnya adalah mengolah data tersebut dengan metode yang sudah ditentukan.

#### 4.1 Pengumpulan Data

Data *downtime* excavator Doosan S500-LCV yang diambil adalah data pada tahun 2016 – awal tahun 2018. Jumlah excavator Doosan S500-LCV di PT X sebanyak 19 unit. Data *downtime* yang diambil merupakan keseluruhan dari 19 unit excavator tersebut. Untuk mempermudah dalam penampilan data, maka data yang disajikan diambil dengan nilai *downtime* lebih besar dari 250 jam. Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data *Downtime* Excavator S500-LCV Tahun 2016 - awal 2018

<b>Komponen</b>	<b>Frekuensi Breakdown</b>	<b>Downtime (jam)</b>
Boom GP	4	723
Engine	2	596
Alternator	4	1258
Bucket	9	2909.5
Control Valve	6	1946
Track Link	1	264
Radiator	7	1764
Track Roller	1	272
Bucket Cylinder	4	732
Epos	1	338
Arm GP	3	864
Hydraulic Breaker	4	1092
Boom Cylinder	2	532

Sumber : Data *downtime* di PT X

Nilai *downtime* menunjukkan total lamanya komponen mengalami kerusakan selama periode waktu tahun 2016 sampai dengan awal tahun 2018. Data yang ditampilkan adalah untuk *total downtime* lebih dari 250 jam. Tujuannya agar bisa dilihat lebih ringkas, namun aktual yang terjadi masih banyak *downtime* dari komponen yang nilainya dibawah 250 jam. Jika dibuat ringkasan maka perhitungan *downtime* per tahun dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 *Summary Downtime* Per Tahun

<b>Tahun</b>	<b>Total Downtime (Jam)</b>	<b>Target Downtime (Jam)</b>	<b>Selisih (Jam)</b>
2016	5858,05	3960,00	1898,05
2017	5821,51	4320,00	1501,51
Awal 2018	6306,75	2100,00	4206,75

Sumber : Data *downtime* di PT X

Total *downtime* adalah jumlah lamanya kerusakan dari komponen *excavator* selama setahun dalam satuan jam. Target *downtime* adalah target yang diijinkan oleh perusahaan terhadap komponen *excavator* untuk mengalami kerusakan selama setahun. Total nilai *downtime* yang terjadi dari tahun 2016 sampai dengan awal 2018 tidak memenuhi target yang diijinkan. Selisih *downtime* yang terjadi dibandingkan dengan nilai *downtime* yang diijinkan nilainya 1898,05 jam (tahun 2016) dan 1501,51 jam (tahun 2017). Tahun 2018 paling parah dari tahun sebelumnya. Nilai selisih *downtime* nya mencapai 4206,75 jam.

Jenis *maintenance* yang dilakukan di PT X adalah *schedule* dan *corrective maintenance*. Proses penggantian *part* atau komponen *excavator* dilakukan ketika sudah mengalami kerusakan atau memang dijadwalkan sesuai dengan strategi dari perusahaan. Jenis *schedule maintenance* yang dilakukan saat ini adalah ketika melakukan *service* rutin *excavator* yang mengacu pada jadwal yang ada. Dari data *downtime* yang ada maka perlu analisa mengenai jenis *maintenance* yang sekarang dilakukan di PT X. *Downtime* tahun 2016 hingga awal tahun 2018 nilainya melebihi batas yang diijinkan. Dengan mengacu pada data *downtime* tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk menentukan jenis perawatan yang tepat terhadap komponen kritis *excavator* yang sudah ditentukan.

Unit *excavator* S500-LCV di PT X dalam satu hari bekerja selama 8 jam. *Excavator* melayani unit-unit *dump truck customer* yang datang pada setiap masing-masing *loading point* yang ada. Saat *loading point* ramai dengan antrian *dump truck*, maka unit *excavator* terus beroperasi sampai *dump truck* yang ada di *loading point* habis. Ketika di *loading point* sudah tidak ada *dump truck* maka *excavator* dapat *standby*. Pada setiap *loading point*, *excavator* harus bekerja secara maksimal dan tidak boleh *breakdown* terlalu lama agar *customer* tetap mau membeli material yang ada. Dari rata-rata 15 *loading point* yang ada (15 unit *excavator*), PT X hanya menyediakan unit *spare* sebanyak 2 unit untuk digunakan pengganti jika sewaktu-waktu unit *excavator* rusak. Oleh karena itu kemampuan *excavator* untuk selalu beroperasi harus selalu dijaga.

#### **4.2 Fungsi Komponen *Excavator***

*Excavator* memiliki tiga komponen utama, yaitu *attachment group*, *cabin group*, *engine group* dan *track group*. Komponen tersebut adalah komponen penyusun yang paling utama dari sebuah unit *excavator*. Dari masing-masing *group* komponen masih terdiri dari berbagai macam komponen. Misalnya *attachment group* terdiri dari beberapa komponen seperti *boom*, *cylinder boom*, *arm*, *cylinder arm*, *pin*, *link H*, *link I* dan *bucket*. Beberapa komponen tersebut terpasang menjadi satu kesatuan dan disebut dengan kelompok *attachment (attachment group)*.

Pada bab 4 ini akan dijelaskan mengenai fungsi dari komponen *excavator* yang telah ditentukan dari data kerusakan (data *downtime* pada Tabel 4.1) sehingga komponen yang akan dijelaskan lebih fokus terhadap beberapa komponen yang sering mengalami kerusakan atau memiliki nilai *downtime* yang tinggi. Fungsi komponen dari *excavator* didasarkan pada *Operation and Maintenance Manual (OMM)* S500-LCV. Berikut beberapa fungsi dari komponen yang sudah ditentukan berdasarkan data kerusakan :

a. *Boom GP*

*Boom GP* adalah komponen yang masuk dalam kelompok *attachment*. Komponen *boom* menghubungkan antara *cabin group* dengan *arm*. *Boom* merupakan lengan *excavator* yang terpanjang (*excavator* seri *standard*). Fungsi dari *boom* tersebut adalah untuk mengayunkan *arm excavator* agar bisa menjangkau lebih jauh sehingga jaungkauan *bucket* juga akan menjadi jauh. *Boom excavator* dengan tipe *standard* memiliki panjang 7,1 meter.

Dimension	7.1 m (23' 4") Boom			6.3 m (20' 8") Boom	7.1 m (23' 4") Boom
	3.35 m (11' 0") Arm	2.9 m (9' 6") Arm	3.98 m (13' 1") Arm	2.9 m (9' 6") Arm	3.35 m (11' 0") Arm

Sumber : Data *OMM Excavator S500-LCV*

Gambar 4.1 Dimensi *Boom Excavator*

b. *Engine*

*Power* dari *excavator* yang paling utama berasal dari *engine*. *Engine* menghasilkan tenaga untuk menggerakkan masing-masing komponen *excavator*. Fungsi dari *engine* adalah merubah energi panas dari bahan bakar menjadi energi gerak. Energi gerak yang dihasilkan *engine* kemudian dihubungkan dengan beberapa komponen untuk bisa menggerakkan unit *excavator*.

c. *Alternator*

Pada unit *excavator*, *alternator* berfungsi merubah gerakan mekanis yang dihasilkan dari *engine* menjadi energi listrik yang digunakan untuk mensuplai aliran listrik atau biasa disebut dengan *charging*. Aliran listrik yang dihasilkan oleh *alternator* digunakan sebagai pengisian pada *accu* dan beberapa langsung digunakan sebagai sumber arus pada komponen *excavator*. Jika *engine* menyala maka *alternator* akan mampu menghasilkan aliran listrik.

d. *Control Valve*

Fungsi dari *control valve* adalah mengatur sistem hidrolis *excavator* dengan cara menaikkan tekanan oli hidrolis, mengatur jumlah aliran oli hidrolis dan mengatur arah aliran oli hidrolis. *Control valve* merupakan komponen vital pada bagian hidrolis. Apabila ada permasalahan pada komponen *control valve*

maka kondisi hidrolis menjadi terganggu dan *excavator* tidak dapat beroperasi dengan maksimal.

e. *Track Link*

*Track link* pada *excavator* masuk dalam kelompok *track group* atau biasa disebut dengan kaki *excavator*. Fungsi utama dari *track link* adalah merubah dan meneruskan gerakan memutar yang dihasilkan oleh *final drive* menjadi gerakan gulungan. *Track link* juga menjadi tumpuan atau dudukan dari komponen *track shoe*. Dari gerakan memutar yang dihasilkan oleh *final drive* maka diteruskan oleh *track link* menjadi gerakan menggulung yang mampu membuat *excavator* menjadi berjalan maju dan mundur.

f. *Radiator*

Fungsi utama dari *radiator* adalah sebagai sistem pendingin pada *engine excavator*. Cairan *coolant* yang bersirkulasi pada *line* yang berada di dalam *engine* menyerap panas yang dihasilkan oleh *engine*. *Coolant* bersirkulasi dan diatur suhunya pada *radiator*. Dengan adanya *radiator* maka *engine* tidak akan terjadi *overheat*.

g. *Track Roller*

*Track roller* pada *excavator* berfungsi untuk mengarahkan *track link* agar tetap pada jalurnya. *Track link* yang bergerak menggulung pada saat *excavator* berjalan maju dan mundur diarahkan oleh *track roller* sehingga gerakan dari *track link* menjadi lebih halus. *Track roller* juga berfungsi sebagai pembagi beban dari *excavator* kepada *track link*. Jika terjadi kerusakan pada *track roller* maka akan mempercepat keausan pada komponen *track link*.

h. *Bucket Cylinder*

*Bucket cylinder* adalah penggerak sistem hidrolis yang letaknya berada diatas komponen *arm excavator*. Fungsi utamanya adalah menggerakkan *bucket* untuk bisa bergerak mengayun menutup dan membuka sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Sistem yang bekerja pada *bucket cylinder* adalah dengan menggunakan oli hidrolis yang diatur melalui komponen *control valve*.

i. *Epos*

*Epos* adalah singkatan dari *electronic position sensor*. Fungsi dari komponen ini adalah membaca seluruh sensor yang ada pada unit *excavator* dan memberikan *feedback* sehingga sensor bisa berfungsi dan membaca kondisi unit *excavator* saat beroperasi. *Epos* akan memberikan sinyal pada monitor jika terjadi adanya kondisi yang tidak normal pada unit *excavator* melalui sensor yang ada. *Epos* merupakan salah satu komponen elektrik yang vital pada *excavator*.

j. *Arm GP*

*Arm GP* merupakan komponen yang masuk dalam kelompok *attachment group*. *Arm* merupakan lengan kedua dari *excavator* setelah *boom*. *Arm* berfungsi sebagai penghubung antara *boom GP* dengan *bucket*. Gerakan dari *boom* diteruskan ke *bucket* melalui *arm*. *Arm* juga menjadiudukan dari *bucket cylinder*. Dengan adanya *arm* maka gerakan ayunan *bucket* bisa menjangkau lebih jauh sesuai dengan aplikasi penggunaan. Panjang *arm* standar pada *excavator* adalah 3,35 meter.

k. *Hydraulic Breaker*

*Hydraulic breaker* merupakan komponen tambahan dari *excavator*. Komponen tersebut digunakan ketika aplikasi *bucket* tidak mampu menggali material yang keras sehingga digunakanlah *hydraulic breaker*. Selain itu *hydraulic breaker* juga biasa digunakan saat *excavator* diaplikasikan untuk memecah batu yang keras.

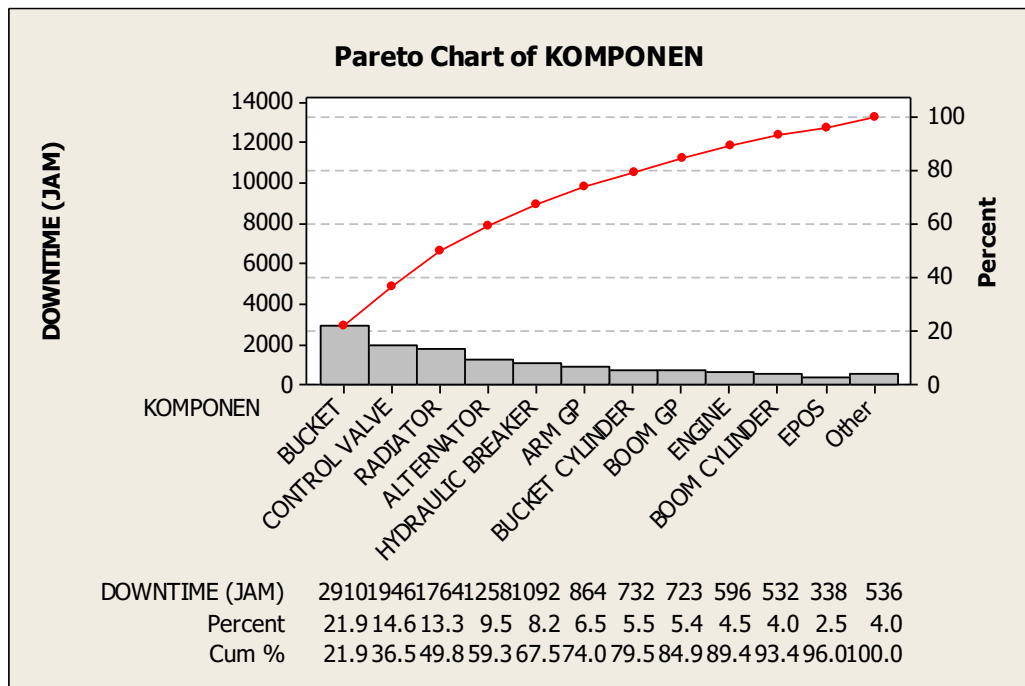
l. *Boom Cylinder*

*Boom cylinder* berfungsi untuk menggerakkan komponen *boom* untuk bisa bergerak naik dan turun. Sistemnya juga menggunakan hidrolis yang diatur dari *control valve*. Pada unit *excavator* terdapat 2 pcs *cylinder boom* karena beban untuk menggerakkan *boom* naik turun begitu berat. Berbeda dengan gerakan *arm* dan gerakan *bucket*.



### 4.3 Penentuan Komponen Kritis Excavator S500-LCV

Dalam menentukan komponen kritis pada penelitian ini, digunakanlah analisa *pareto*. Analisa ini didasarkan pada data kerusakan dan *downtime* yang begitu banyak. Dengan analisa *pareto* maka akan menjadi lebih fokus dan tepat sasaran terhadap penentuan komponen kritis yang ada. Komponen kritis didasarkan pada pertimbangan besarnya nilai *downtime* yang terjadi pada data yang sudah diambil. Dari data yang sudah diambil kemudian dilakukan analisa *pareto* dengan menggunakan *software minitab* versi 16, dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.2. Dari diagram *pareto downtime* maka akan ditentukan komponen dengan nilai *downtime* yang tinggi untuk dipilih sebagai komponen kritis dan diamati lebih lanjut dalam penelitian ini.



Gambar 4.2 Diagram *Pareto Downtime*

Gambar 4.2 menunjukkan beberapa komponen dengan dengan urutan nilai *downtime* yang terbesar. Dari beberapa komponen yang ada maka dipilih 5 komponen dengan nilai *downtime* yang paling besar untuk diamati pada penelitian ini. Rekap data komponen yang akan dilakukan penelitian berdasarkan diagram *pareto* maka dapat dilihat pada Tabel 4.3. Lima komponen *excavator Doosan S500-LCV* yang ada pada Tabel 4.3 kemudian dilakukan pengamatan dan analisa

sehingga didapatkan strategi perawatan yang tepat agar dapat mengurangi terjadinya *downtime* yang tinggi.

Tabel 4.3 Data Komponen yang Diamati Dalam Penelitian

No	Komponen	Total Downtime (Jam)
1	Bucket	2909.5
2	Control Valve	1946
3	Radiator	1764
4	Alternator	1258
5	Hydraulic Breaker	1092

#### 4.4 Biaya Perawatan *Excavator S500-LCV*

Biaya perawatan adalah biaya yang muncul karena adanya kegiatan perawatan atau *maintenance* pada suatu alat. Besarnya biaya perawatan dipengaruhi oleh lamanya waktu perawatan atau perbaikan, biaya tenaga kerja, biaya akibat perbaikan dan harga beli dari komponen yang akan diganti. Perawatan yang dilakukan termasuk *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. Berikut penjelasan mengenai hal-hal yang mempengaruhi biaya perawatan :

##### a. Lama Waktu Perawatan atau Perbaikan

Lama waktu perbaikan suatu komponen sudah ditentukan oleh perusahaan (departemen plant dan divisi asset) dengan didasarkan pada data dan pengalaman mengenai perbaikan komponen sebelum-sebelumnya. Data tersebut juga dibandingkan dengan data standar aktual dari vendor sehingga perbedaan atau kesalahan yang terjadi tidak terlalu besar. Sebagai contoh perbaikan minor pada komponen *bucket*, maka perlu waktu 8 jam (1 hari kerja)

##### b. Biaya Tenaga Kerja

Biaya tenaga kerja yang dikeluarkan adalah jumlah biaya setiap orang per jam dikalikan dengan jumlah orang yang melakukan perbaikan dan dikalikan

dengan jumlah total jam selama melakukan perbaikan. Acuan dasar dari perusahaan untuk biaya perbaikan per orang adalah Rp. 30.000,00.

Contoh :

$$\begin{aligned}\text{Biaya penggantian } seal \text{ control valve} &= \text{Rp. } 30.000,00 \times 2 \text{ orang} \times 56 \text{ jam} \\ &= \text{Rp. } 3.360.000,00\end{aligned}$$

c. Biaya Akibat Perawatan atau Perbaikan

Biaya ini disebut juga dengan biaya *loss production*, yaitu biaya yang timbul karena kehilangan produksi selama unit berhenti ketika sedang dilakukan perawatan atau perbaikan. Unit S500-LCV selama 8 jam (1 hari kerja) rata-rata mampu melakukan produksi sebanyak 690 m<sup>3</sup> (30 rit tronton dikalikan dengan kubikasi muatan tronton yaitu 23 m<sup>3</sup>) sehingga rata-rata produksi unit S500-LCV per jam adalah 86.25 m<sup>3</sup>. Harga per kubik material sirtu pada perusahaan ditetapkan sebesar Rp. 53.000,00

Contoh :

$$\begin{aligned}\text{Biaya akibat perawatan} &= 1 \text{ jam} \times 86,25 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 53.000,00 \\ &= \text{Rp. } 4.571.250,00\end{aligned}$$

d. Harga Beli Komponen atau *Parts*

Harga beli komponen adalah biaya yang diperlukan untuk melakukan pembelian komponen yang akan digunakan untuk perbaikan. Besarnya biaya tergantung dengan komponen apa saja yang akan diganti saat perbaikan dan tergantung dengan harga di vendor.

Dari penjelasan data yang ada maka biaya untuk melakukan perawatan dengan pecegahan atau *preventive maintenance* dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Biaya *Preventive Maintenance* Komponen Kritis

No	Komponen	Waktu Perbaikan (Jam)	Biaya Tenaga Kerja (Rp)	Harga Komponen (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	Bucket	8	60,000	4,700,000	5,180,000
2	Control Valve	56	60,000	2,796,485	6,156,485
3	Radiator	24	60,000	3,500,000	4,940,000
4	Alternator	8	60,000	7,178,086	7,658,086
5	Hydraulic Breaker	24	60,000	7,500,000	8,940,000

Sumber : Data perawatan di PT X

Asumsi Perhitungan:

- Waktu perbaikan ditentukan oleh perusahaan, kondisi *part* sudah siap pasang
- Perbaikan dilakukan minimal oleh dua orang
- Harga komponen tidak berubah

Pada Tabel 4.4 dapat diketahui nilai total biaya untuk melakukan perawatan dengan metode pencegahan. Saat ini PT X tidak terlalu banyak melakukan tindakan perawatan pencegahan atau *preventive maintenance*. PT X lebih sering melakukan perawatan dan perbaikan ketika unit *excavator* sudah mengalami kerusakan atau biasa disebut dengan *corrective maintenance*. Sebagai pembandingan mengenai biaya perawatannya, maka untuk biaya *corrective maintenance* dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Biaya *Corrective Maintenance* Komponen Kritis

No	Komponen	Waktu Perbaikan (Jam)	Biaya Tenaga Kerja (Rp)	Biaya Akibat Perbaikan Per Jam (Loss Production) (Rp)	Harga Komponen (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	Bucket	56	60,000	4,571,250	18,087,955	277,437,955
2	Control Valve	56	60,000	4,571,250	2,796,485	262,146,485
3	Radiator	16	60,000	4,571,250	33,218,780	107,318,780
4	Alternator	8	60,000	4,571,250	7,178,086	44,228,086
5	Hydraulic Breaker	40	60,000	4,571,250	265,000,000	450,250,000

Sumber : Data perawatan di PT X

Asumsi Perhitungan:

- Waktu perbaikan ditentukan oleh perusahaan, kondisi *part* sudah siap pasang
- Perbaikan dilakukan oleh dua orang
- Produksi *excavator* normal, nilai kubikasi *bucket* sesuai standard
- Harga komponen tidak berubah

Ada perbedaan yang mempengaruhi pada biaya *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*. Perbedaan utamanya adalah pada waktu perbaikan yang dibutuhkan, biaya *loss production* dan harga komponen. Dari perbedaan tersebut maka menyebabkan total biaya yang diperlukan juga sangat berbeda.

#### **4.5 Biaya Loss Production Excavator S500-LCV**

Biaya *loss production* adalah biaya yang muncul akibat dari berhentinya unit *excavator* karena tidak dapat digunakan untuk produksi. PT X dalam melakukan penambangan pasir batu menggunakan *excavator* kelas 50 ton dengan tipe S500-LCV. Unit tersebut dalam 1 hari (8 jam kerja) rata-rata mampu melayani 30 rit *dump truck* tronton dengan kapasitas muatan 1 unit *dump truck* 23m<sup>3</sup>. Sehingga total produksi yang dihasilkan unit S500-LCV selama 1 hari adalah 690 m<sup>3</sup>. Setiap 1 jam unit *excavator* mampu memproduksi 86,25 m<sup>3</sup>.

PT X menjual material sirtu dengan harga yang sudah ditentukan. Tahun 2018 harga material sirtu yang dijual adalah Rp. 53.000,00 per kubik. Sehingga 1 unit *dump truck* tronton sirtu harganya adalah Rp. 1.219.000,00. Dari penjelasan data tersebut maka untuk biaya *loss production* 1 unit S500-LCV dalam 1 jam adalah :

$$\text{Biaya Loss Production} = 86,25 \times \text{Rp. } 53.000,00 = \text{Rp. } 4.571.250,00$$

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

*Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* adalah sebuah alat yang digunakan untuk melakukan analisa mengenai *mode* kegagalan atau penyebab dari

kegagalan suatu komponen dan menganalisa efek dari terjadinya suatu kegagalan. Analisa data *FMEA* dilakukan pada komponen kritis *excavator* model S500-LCV yang sudah ditentukan. Ada 5 komponen kritis unit *excavator* yang akan dilakukan analisa data *FMEA*.

Analisa menggunakan *FMEA* dilakukan oleh tim dengan anggota masing-masing perwakilan setiap departemen dari PT X. Dengan adanya beberapa perwakilan setiap departemen maka hasil analisa dan masukan mengenai data yang ada bisa lebih maksimal dari berbagai pandangan. Worsheet *FMEA* yang digunakan mengacu pada sumber buku *Reliability Centered Maintenance II* karangan John Mourbay.

Tabel 4.6 *FMEA* Komponen Kritis *Bucket*

FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)		SYSTEM	:	Material Loading Process	PREPARED : Auda	
		SUB-SYSTEM	:	Bucket Attachment	TEAM : Maintenance, PO, SCM	
		COMPONENT	:	Bucket	DATE : 20 Februari 2018	
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)		FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT	
1	Melakukan penetrasi dan menggali material	A	<i>Adapter tip bucket</i> retak	1	Bahan material <i>adapter</i> kurang bagus	Umur dari <i>adapter</i> tidak dapat diprediksi sehingga penggantian <i>adapter</i> menjadi lebih cepat
				2	Lahan yang ditambang keras	Keausan material <i>bucket</i> lebih cepat, <i>tip bucket</i> dan <i>adapter</i> berpotensi patah atau retak
				3	Kesalahan pengoperasian	<i>Bucket</i> menjadi cepat rusak karena penggunaan yang tidak benar
		B	<i>Tip bucket</i> aus	1	Lahan yang ditambang keras	Penetrasi <i>bucket</i> ke lahan yang digali kurang maksimal
2	Memindahkan material galian ke <i>dump truck</i>	A	Las <i>bucket</i> retak	1	Kualitas pengelasan <i>bucket</i> kurang bagus	<i>Bucket</i> berpotensi pecah, material yang dipindahkan akan tumpah
				B	Plat <i>bucket</i> aus	1

Pada Tabel 4.6 menunjukkan hasil data *FMEA bucket*. Komponen *bucket* mempunyai dua *point* fungsi utama dengan masing-masing fungsi memiliki dua *functional failure*. *Functional failure* karena *adapter tip bucket* retak disebabkan oleh tiga permasalahan utama dan *functional failure tip bucket aus*, las *bucket* retak, plat *bucket aus* masing-masing disebabkan oleh satu permasalahan. Dari setiap penyebab permasalahan (*failure mode*) yang ada maka akan menyebabkan *failure effect* pada masing-masing penyebab.

Tabel 4.7 FMEA Komponen Kritis Control Valve

FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)		SYSTEM	:	Hydraulic	PREPARED : Auda
		SUB-SYSTEM	:	Hydraulic	TEAM : Maintenance, PO, SCM
		COMPONENT	:	Control Valve	DATE : 20 Februari 2018
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)		FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT
1	Mengatur sistem <i>hydraulic excavator</i> dengan menaikkan tekanan, jumlah aliran dan arah aliran	A	Seal O ring control valve bocor	1 Material seal O ring sudah keras atau getas	O ring tidak dapat rapat, berpotensi ada celah yang bisa menyebabkan oli di area sistem bocor
				2 Pemasangan seal yang tidak tepat saat <i>maintenance</i>	Seal o ring tidak terpasang pada dudukan nya, sangat memungkinkan terjadinya kebocoran yang bisa berdampak tekanan control valve menjadi turun
				3 Kualitas seal kurang bagus	Umur <i>reseal control valve</i> tidak dapat diprediksi, kerusakan dan kebocoran bisa menjadi lebih cepat
2	Mengontrol dan mengatur gerakan <i>hydraulic</i> berdasarkan <i>input</i> yang diberikan dari operator	A	Spool control valve macet	1 Serpihan material ( <i>gram</i> ) logam menempel pada <i>spool</i>	Spool tidak dapat meneruskan <i>input</i> aliran oli <i>hydraulic</i> sesuai dengan <i>output</i> yang diminta pada sistem
				2 Fungsi dan kinerja dari <i>spool</i> sudah lemah	Sistem <i>hydraulic</i> tidak responsif yang menyebabkan kinerja <i>excavator</i> tidak maksimal
		B	Tenaga <i>hydraulic</i> dari <i>excavator</i> berkurang	1 Tekanan oli <i>hydraulic</i> rendah, bisa diakibatkan adanya kebocoran pada sistem control valve	Gerakan <i>excavator (attachment)</i> menjadi lambat sehingga kinerja tidak maksimal dan produksi tidak tercapai

*Control valve* memiliki dua fungsi utama yaitu mengatur sistem *hydraulic excavator* dengan menaikkan tekanan, jumlah aliran, dan arah aliran serta fungsi yang kedua adalah mengontrol dan mengatur gerakan *hydraulic* berdasarkan *input* yang diberikan *operator* menggunakan tuas yang berada di dalam kabin. Fungsi yang pertama pada analisa data FMEA menghasilkan satu identifikasi *functional failure*. Dari *functional failure* tersebut analisa penyebabnya ada tiga permasalahan (*failure mode*). Fungsi yang kedua dari *control valve* pada analisa FMEA menghasilkan dua identifikasi adanya *functional failure*. *Functional failure* yang pertama disebabkan oleh dua permasalahan (*failure mode*) dan *functional failure* yang kedua disebabkan oleh satu permasalahan (*failure mode*). Setiap *failure mode* yang ada akan menyebabkan *failure effect* yang menjadikan *excavator* tidak dapat beroperasi secara maksimal.

Tabel 4.8 *FMEA* Komponen Kritis *Radiator*

FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)		SYSTEM	:	Cooling System	PREPARED : Auda		
		SUB-SYSTEM	:	Cooling	TEAM : Maintenance, PO, SCM		
		COMPONENT	:	Radiator	DATE : 20 Februari 2018		
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)		FAILURE MODE (Cause of Failure)		FAILURE EFFECT	
1	Mengatur suhu cairan pendingin agar tetap berada pada suhu kerja (dibawah 80° celcius )	A	<i>Radiator</i> bocor	1	Material dari <i>radiator</i> sudah aus	Cairan pendingin pada sistem menjadi berkurang, pendinginan tidak akan maksimal, dapat menyebabkan <i>overheat</i>	
		B	<i>Radiator</i> buntu	1	Adanya kerak atau kotoran yang menyumbat pada <i>line radiator</i>	Cairan pendingin tidak dapat bersirkulasi dan tidak dapat di dinginkan	
		C	Kisi-kisi <i>radiator</i> korosi	1	Bahan material part kisi-kisi <i>radiator</i> kurang bagus	Jika korosi sudah parah maka bisa menyebabkan kisi-kisi <i>radiator</i> menjadi bocor	
		D	<i>Pressure valve</i> pada tutup radiator tidak berfungsi	1	Pegas pada <i>pressure valve</i> sudah lemah sehingga tidak dapat membuka saat tekanan air tinggi	Tekanan cairan yang bersirkulasi dalam sistem tidak dapat terjaga sehingga cairan pendingin lebih cepat mendidih	
		E	<i>Reservoir tank</i> bocor	1	Bahan dari <i>reservoir tank</i> kurang bagus	Cadangan cairan pendingin berkurang	
				2	Terkena hantaman benda keras	Saat <i>reservoir tank</i> pecah maka cadangan cairan pendingin akan habis	

Tabel 4.8 menunjukkan data *FMEA* komponen *radiator*. Ada satu fungsi utama dari *radiator* yaitu mengatur suhu cairan pendingin agar tetap berada pada suhu kerja yaitu dibawah 80 derajat celcius. Dari fungsi utama tersebut menghasilkan lima identifikasi permasalahan (*functional failure*). Lima *functional failure* menunjukkan adanya kemungkinan kegagalan fungsi dari komponen *radiator*. Dari lima *functional failure* yang ada disebabkan karena adanya enam penyebab kegagalan (*failure mode*). Identifikasi kemungkinan terjadinya *failure mode* sebisa mungkin harus dihindari karena akan menyebabkan *failure effect* yang nantinya akan mengganggu fungsi utama *radiator*.



Tabel 4.9 FMEA Komponen Kritis Alternator

FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)		SYSTEM	:	Electrical	PREPARED : Auda	
		SUB-SYSTEM	:	Charging System	TEAM : Maintenance, PO, SCM	
		COMPONENT	:	Alternator	DATE : 20 Februari 2018	
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)		FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT	
1	Membangkitkan aliran listrik untuk memasok kebutuhan listrik pada sistem elektrik excavator	A	Bearing alternator rusak	1	Beban berat putaran puli alternator	Muncul bunyi, putaran puli alternator tidak center
				2	Bearing sudah waktunya ganti	Puli alternator tidak dapat berputar dengan halus
		B	Carbon brush sudah habis atau aus	1	Gesekan antara rotor dan stator	Supply aliran listrik tidak stabil
				C	Belt alternator selip	Belt sudah keras sehingga tidak dapat mencengkeram penuh pada puli
D	Dioda dan IC regulator terbakar	1	Kontaminasi cairan yang masuk pada alternator mengenai dioda dan IC regulator	Terjadi hubungan arus pendek (korsleting) yang menyebabkan alternator tidak berfungsi		
2	Melakukan pengisian arus listrik ke baterai	A	Pengisian ke baterai tidak sesuai dengan input yang dibutuhkan	1	Beban berat pada sistem elektrik karena penggunaan accesoris elektrik yang berlebih pada excavator	Baterai cepat rusak karena input (charge) yang diberikan oleh alternator lebih kecil daripada penggunaan arus baterai karena pemakaian pada sistem

FMEA komponen alternator dapat dilihat pada tabel 4.9. Pada tabel 4.9 dijelaskan bahwa alternator mempunyai dua fungsi utama. Fungsi yang pertama dari alternator adalah untuk membangkitkan aliran listrik yang digunakan sebagai pemasok kebutuhan listrik pada sistem elektronik excavator. Fungsi yang pertama ini menghasilkan identifikasi permasalahan kehilangan fungsi (*functional failure*) sebanyak empat permasalahan. Dari keempat *functional failure* tersebut disebabkan oleh lima *failure mode* yang terjadi. Fungsi kedua dari alternator adalah untuk memberikan pengisian arus listrik ke baterai atau sering disebut dengan istilah *charging*. Fungsi tersebut menghasilkan identifikasi permasalahan kehilangan fungsi (*functional failure*) sebanyak satu permasalahan saja dan disebabkan oleh satu *failure mode*. *Failure mode* yang terjadi akan menyebabkan *failure effect* yang menjadikan permasalahan pada komponen alternator.

Tabel 4.10 *FMEA* Komponen Kritis *Hydraulic Breaker*

FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)		SYSTEM	:	Attachment	PREPARED : Auda	
		SUB-SYSTEM	:	Hydraulic	TEAM : Maintenance, PO, SCM	
		COMPONENT	:	Hydraulic Breaker	DATE : 20 Februari 2018	
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)		FAILURE MODE (Cause of Failure)		FAILURE EFFECT
1	Pemecah batu atau material (lahan) keras yang digali menggunakan <i>excavator</i>	A	<i>Seal piston breaker</i> bocor	1	Material <i>seal piston</i> sudah keras atau getas	<i>Seal piston</i> tidak dapat rapat, berpotensi ada celah yang bisa menyebabkan kebocoran tekanan pada <i>cylinder</i>
		B	Celah antara <i>chisel</i> dengan <i>housing</i> melebihi ukuran yang diijinkan	1	Dudukan <i>adapter</i> nilon sudah aus	Gesekan dan hentakan antara <i>chisel</i> dan <i>housing</i> yang berlebih, berpotensi <i>chisel</i> patah
		C	<i>Chisel bending</i> atau patah	1	Penggunaan dan pengoperasian <i>breaker</i> yang tidak benar	Kerusakan lebih parah jika <i>chisel</i> sampai patah, komponen lain akan terdampak menjadi rusak juga
		D	<i>Piston breaker</i> macet	1	Kontaminasi kotoran pada <i>tube cylinder</i>	Kotoran bersirkulasi pada sistem sehingga <i>breaker</i> dapat macet dan tidak berfungsi
				2	<i>Ring piston</i> patah	<i>Liner</i> pada tabung dapat tergores

Pada Tabel 4.10 menunjukkan hasil data *FMEA* komponen *hydraulic breaker*. Fungsi utama dari *hydraulic breaker* adalah untuk memecah batu atau material (lahan) yang keras yang digali dengan menggunakan *excavator*. Dari analisa data *FMEA* menghasilkan identifikasi permasalahan kehilangan fungsi (*functional failure*) sebanyak empat permasalahan. Dari keempat *functional failure* tersebut disebabkan oleh lima *failure mode* yang kemungkinan terjadi. Masing-masing dari *failure mode* menyebabkan *failure effect* yang nantinya akan mengganggu fungsi utama dari penggunaan *hydraulic breaker*.

Dari hasil analisa data *FMEA* maka akan diketahui fungsi dari komponen kritis, kegagalan fungsi, penyebab kegagalan dan akibat dari terjadinya kegagalan. Data tersebut menjadikan fokus terhadap analisa selanjutnya. Terjadinya kegagalan fungsi, penyebab kegagalan dan efek dari kegagalan akan menjadi pertimbangan dalam melakukan perawatan komponen.

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

*Reliability Centered Maintenance (RCM)* merupakan sebuah *tool* yang digunakan untuk melakukan analisa identifikasi strategi manajemen kegagalan secara proaktif sehingga didapatkan solusi yang tepat dalam melakukan perawatan suatu komponen atau peralatan. Evaluasi menggunakan *RCM worksheet* menjabarkan mengenai beberapa informasi, konsekuensi serta penentuan

perbaikan yang harus dilakukan. Pada penelitian ini menggunakan *RCM worksheet* sesuai dengan buku karangan John Moubay (1997) yang berjudul *Reliability Centered Maintenance II. Worksheet* tersebut sesuai, mudah dipahami dan juga cocok untuk diterapkan sehingga diharapkan nantinya akan didapatkan keputusan strategi *maintenance* yang tepat. Data *RCM worksheet* pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan Tabel 4.12.



Tabel 4.11 RCM Decision Worksheet Excavator S500-LCV

RCM DECISION WORKSHEET																			
System : EXCAVATOR DOOSAN S500-LCV		Sub System : -		Facilitator : Auda		Date 23-Feb-18		Sheet 1 Of 1											
Component : BUCKET, CONTROL VALVE, RADIATOR, ALTERNATOR, HYDRAULIC BREAKER				Team : Auda, Dani, Adhi, Ruspinji, Roni, Ragil		Auditor : Asset Division													
Component	Information Reference	Consequence Evaluation	H1 H2 H3 H4	S1 S2 S3 S4	O4	N4	S4	H4	S4	Proposed Tasks			Maintenance Classification			Can be Done by			
										F	FF	FM	H	S	E		O	H1	H2
Bucket	1	A	1	N	N	N	Y	Y	Y	Schedule on condition task . Melakukan pengecekan dari bentuk dan material adapter tip bucket	V					Mekanik	Awal pemasangan dan Minggu		
	1	A	2	N	N	N	Y	Y	Y	Schedule on condition task . Melakukan tes kekerasan pada lahan material yang ditambang	V					Staff Engineering	Bulanan		
	1	A	3	N	Y				Y	pengoperasian unit excavator kepada operator	V					Staff Trainer	Bulanan		
	1	B	1	N	N	N	Y	Y	Y	Schedule on condition task . Melakukan pengecekan dari bentuk dan material tip bucket	V					Mekanik	Awal pemasangan dan Minggu		
	2	A	1	N	N	N	Y	Y	Y	Schedule on condition task . Melakukan pengecekan rutin dari kondisi keseluruhan dari bucket setiap hari bersamaan dengan greasing	V					Mekanik	Harian		
	2	B	1	N	N	N	Y	Y	Y	Schedule on condition task . Melakukan pengecekan rutin dari kondisi keseluruhan dari bucket setiap hari bersamaan dengan greasing	V					Mekanik	Harian		
	1	A	1	N	N	N	Y	Y	Y	Schedule restoration task . Penggantian O ring control valve saat midlife	V	V				Mekanik	8000 Jam		
	1	A	2	N	N	N	Y	Y	Y	Schedule on condition task . Melakukan penggantian dan pemasangan seal dengan benar sesuai dengan petunjuk manual book	V					Mekanik dan Foreman	Awal pemasangan		
	1	A	3	N	N	N	Y	Y	Y	Schedule on condition task . Melakukan pengecekan dari bentuk dan kondisi material seal sebelum dilakukan pemasangan	V					Foreman	Awal pemasangan		
	2	A	1	N	N	N	Y	Y	Y	Schedule on condition task . Melakukan pengecekan pada spool control valve dan pengecekan kondisi oli dari kontaminasi serpihan material	V	V				Foreman	8000 Jam atau saat terjadi masalah		
2	A	2	N	N	N	Y	Y	Y	Schedule on condition task . Melakukan pengecekan kondisi dan tenaga hydraulic , pengoperasian unit dan pengecekan pada spool control valve	V					Foreman	8000 Jam atau saat terjadi masalah			
2	B	1	N	N	N	Y	Y	Y	Schedule on condition task . Melakukan pengecekan kondisi dan tenaga hydraulic , pengoperasian unit, kondisi level oli hydraulic dan pengecekan kondisi control valve secara menyeluruh	V					Foreman	Mingguan			

Tabel 4.12 Lanjutan RCM Decision Worksheet Excavator S500-LCV

System : EXCAVATOR DOOSAN S500-LCV		Sub System : -		Facilitator : Auda		Date		23-Feb-18		Sheet 1 Of 1												
Component :		Team : Auda, Dani, Adhi, Ruspinnji, Roni, Ragil		Auditor : Asset Division		Date		23-Feb-18		Sheet 1 Of 1												
Component :		Team : Auda, Dani, Adhi, Ruspinnji, Roni, Ragil		Auditor : Asset Division		Date		23-Feb-18		Sheet 1 Of 1												
Component	Information Reference	Consequence Evaluation	O	N1	H1	H2	H3	H4	S4	S3	S2	S1	Proposed Tasks				Can be Done by					
													S4	H5	H4	H5		S4				
													PM	SCM	CBM	RTD	Initial Interval					
Radiator	1 A	1 N	1 N	1 N	1 N	1 Y														Operator dan Mekanik		
	1 B	1 N	1 N	1 N	1 N	1 Y															Operator dan Mekanik	
	1 C	1 N	1 N	1 N	1 N	1 Y															Operator dan Mekanik	
	1 D	1 N	1 N	1 N	1 N	1 Y															Operator dan Mekanik	
	1 E	1 N	1 N	1 N	1 N	1 Y															Operator dan Mekanik	
	1 E	1 N	1 N	1 N	1 N	1 Y																Operator dan Mekanik
	1 A	1 N	1 N	1 N	1 N	1 Y																Mekanik
	1 A	1 N	1 N	1 N	1 N	1 Y																Mekanik
	1 A	1 N	1 N	1 N	1 N	1 Y																Mekanik
	1 A	1 N	1 N	1 N	1 N	1 Y																Mekanik
Alternator	1 B	1 N	1 N	1 N	1 N	1 Y															Mekanik	
	1 C	1 N	1 N	1 N	1 N	1 Y																Mekanik
	1 D	1 N	1 N	1 N	1 N	1 Y																Mekanik
	2 A	1 N	1 N	1 N	1 N	1 Y																Mekanik, Foreman dan Operator
	1 A	1 N	1 N	1 N	1 N	1 Y																Mekanik
	1 A	1 N	1 N	1 N	1 N	1 Y																Mekanik
Hydraulic Breaker	1 A	1 N	1 N	1 N	1 N	1 Y																Mekanik
	1 B	1 N	1 N	1 N	1 N	1 Y																Mekanik
	1 C	1 N	1 N	1 N	1 N	1 Y																Staff Trainer
	1 D	1 N	1 N	1 N	1 N	1 Y																Mekanik
	1 D	1 N	1 N	1 N	1 N	1 Y																Mekanik
	1 D	1 N	1 N	1 N	1 N	1 Y																Mekanik



Pengisian tabel *RCM decision worksheet* (tabel 4.11 dan tabel 4.12) didasarkan pada diagram keputusan *RCM* (gambar 2.8). Setiap pertanyaan pada diagram keputusan dijawab dan diberikan tanggapan dengan memberikan catatan pada *RCM decision worksheet*. Selain data diagram keputusan *RCM*, *FMEA* juga menjadi dasar dalam pengisian *RCM decision worksheet*. Setiap *function*, *failure function*, *failure mode* dan *failure effect* pada komponen kritis menjadi hal utama dalam menjawab pertanyaan pada diagram keputusan *RCM*. Mengenai detail pengisian *RCM decision worksheet* dapat dilihat pada buku karangan John Moubay (1997) yang berjudul *Reliability Centered Maintenance II*.



## **BAB 5**

### **ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan dilakukan analisa dan pembahasan terhadap data komponen kritis *excavator* S500-LCV yang sudah disajikan pada bab sebelumnya. Analisa dan pembahasan difokuskan pada setiap *sub* bab sebelumnya.

#### **5.1 Analisa Penentuan Komponen Kritis *Excavator* S500-LCV**

Dari hasil pengumpulan dan pengolahan data kerusakan unit *excavator* S500-LCV di PT X pada tahun 2016 sampai dengan awal 2018, nilai *downtime* yang terbesar menjadi nilai penting dalam menentukan komponen kritis. *Downtime* yang besar mengakibatkan unit tidak dapat beroperasi dan tidak dapat melakukan produksi sehingga PT X juga menganggap bahwa *downtime* menjadi faktor yang sangat penting. Penentuan komponen kritis ditentukan dengan mengolah data *downtime* pada periode tahun 2016-awal tahun 2018 dengan menggunakan *software minitab* versi 16. Lima komponen kritis yang memiliki *downtime* terbesar adalah *Bucket* = 2909,5 jam, *Control Valve* = 1946 jam, *Radiator* = 1764 jam, *Alternator* = 1258 jam dan *Hydraulic Breaker* = 1092 jam.

Komponen kritis yang sudah ditentukan memiliki nilai *downtime* yang begitu tinggi. PT X selama ini kesulitan mencapai target produksi karena *excavator* tidak dapat beroperasi secara maksimal. Nilai *downtime excavator* menjadi penyumbang utama kegagalan pencapaian produksi.

#### **5.2 Analisa Biaya Perawatan *Excavator* S500-LCV**

Penentuan perawatan *excavator* yang akan dilakukan akan berhubungan langsung dengan biaya yang akan dikeluarkan. Besarnya biaya perawatan yang dikeluarkan dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu biaya tenaga kerja, lamanya waktu perawatan, biaya akibat unit berhenti dan biaya komponen yang diganti. Untuk biaya tenaga kerja, PT X menentukan bahwa per jam setiap orang besarnya Rp. 30.000,00. Untuk setiap pekerjaan dibutuhkan minimal 2 orang tenaga kerja

sehingga biaya tenaga kerja yang diperlukan dalam 1 jam adalah Rp. 60.000,00. Terkait waktu perbaikan yang dilakukan, PT X mempunyai kebijakan tersendiri dengan beberapa jenis pekerjaan. Hal tersebut juga atas pertimbangan data perbaikan atau perawatan dari *dealer* resmi Kobexindo selaku *dealer* dari *excavator* S500-LCV. Biaya akibat unit berhenti atau biasa disebut dengan istilah *loss production* ditentukan berdasarkan kemampuan kinerja dari *excavator* S500-LCV. Setiap satu jam rata-rata satu unit *excavator* S500-LCV mampu melakukan penambangan sebanyak 86,25m<sup>3</sup>. Harga per m<sup>3</sup> material sirtu ditentukan oleh PT X sebesar Rp. 53.000,00. Sehingga biaya akibat perbaikan setiap satu jam adalah Rp. 4.571.250,00. Biaya penggantian *part* untuk setiap komponen berbeda-beda, harganya sesuai dengan yang ditetapkan oleh *dealer*.

Perbaikan atau perawatan unit *excavator* dapat dilakukan dengan dua jenis yaitu perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) dan perawatan ketika komponen sudah rusak (*corrective maintenance*). Dua jenis perawatan tersebut tentunya mengeluarkan biaya yang berbeda juga. Perusahaan perlu mempunyai strategi agar biaya perawatan yang dikeluarkan tidak sia-sia. Dari bab sebelumnya sudah disebutkan nilai total biaya perawatan untuk setiap komponen kritis. Pada jenis perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) komponen *bucket* memerlukan biaya Rp. 5.180.000,00, komponen *control valve* Rp. 6.156.485,00, komponen *radiator* Rp. 4.940.000,00, komponen *alternator* Rp. 7.658.086,00 dan komponen *hydraulic breaker* Rp. 8.940.000,00. Untuk jenis perawatan *corrective maintenance* komponen *bucket* memerlukan biaya Rp. 277.437.955,00, komponen *control valve* Rp. 262.146.485,00, komponen *radiator* Rp. 107.318.780,00, komponen *alternator* Rp. 44.228.086,00 dan komponen *hydraulic breaker* Rp. 450.250.000,00.

Perbedaan biaya perawatan dengan jenis perawatan yang berbeda akan menjadi pertimbangan penting dalam menentukan jenis perawatan yang tepat. Besarnya perbedaan biaya akan menjadi pertimbangan oleh PT X dalam melakukan perawatan, mengingat saat ini di PT X jenis perawatan yang sering dilakukan adalah *corrective maintenance* dan belum terlalu banyak mempertimbangkan hal lain.

### **5.3 Analisa Biaya *Loss Production Excavator S500-LCV***

Biaya *loss production* adalah biaya yang keluar akibat unit *excavator* tidak dapat digunakan untuk beroperasi. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa dalam 1 hari (8 jam kerja) rata-rata 1 unit *excavator S500-LCV* mampu melayani 30 rit *dump truck* tronton dengan kapasitas muatan 1 unit *dump truk* 23m<sup>3</sup>. Sehingga total produksi yang dihasilkan unit *S500-LCV* selama 1 hari adalah 690 m<sup>3</sup>. Setiap 1 jam unit *excavator* mampu memproduksi 86,25 m<sup>3</sup>. Untuk biaya material sirtu per m<sup>3</sup> adalah Rp. 53.000,00. Harga tersebut mungkin bisa berubah-ubah setiap waktu karena hal tersebut adalah kebijakan langsung dari pemilik PT X. Sehingga untuk biaya *loss production* setiap 1 unit *excavator* dalam waktu 1 jam adalah Rp. 53.000,00 dikalikan dengan 86,25 m<sup>3</sup> dan didapatkan nilai biaya *loss production* sebesar Rp. 4.571.250,00 dalam waktu 1 jam.

Nilai biaya *loss production* rata-rata sama setiap jam nya untuk unit *excavator S500-LCV* di PT X. Komponen penghitung yang digunakan tentunya juga telah didasarkan pada kemampuan unit *excavator* pada saat beroperasi dan ketentuan harga dari manajemen perusahaan. Biaya akibat perawatan ini juga akan menjadi pertimbangan dalam menentukan jenis perawatan karena durasi lamanya perbaikan juga akan mempengaruhi besarnya biaya *loss production*.

### **5.4 Analisa *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)***

Pada bab sebelumnya telah dijelaskan mengenai *FMEA* untuk setiap komponen kritis (dapat dilihat pada Tabel 4.6 sampai dengan Tabel 4.10). Komponen *bucket* ada 4 jenis kegagalan, *control valve* ada 3 jenis kegagalan, *radiator* ada 5 jenis kegagalan, *alternator* ada 5 jenis kegagalan dan *hydraulic breaker* ada 4 jenis kegagalan.

Dari setiap jenis kegagalan pada komponen kritis akan menyebabkan unit menjadi berhenti karena perlu untuk perbaikan. Berhentinya unit *excavator* tentunya akan mengurangi jumlah produksi dari setiap unit *excavator*. Penyebab kegagalan dan efek dari kegagalan juga disebutkan sehingga dapat diketahui dan dapat didiskusikan mengenai penentuan perawatan agar tepat sasaran terhadap jenis kegagalan yang terjadi pada setiap komponen kritis.

Hasil pengolahan *FMEA* untuk komponen kritis akan menjadikan dasar utama dalam analisa dan pengolahan data pada *RCM decision worksheet*. Pada hasil analisa *FMEA* ini *output* yang didapatkan adalah dapat diketahuinya fungsi dari komponen, jenis kegagalan, penyebab kegagalan dan bisa diketahui efek dari terjadinya kegagalan.

### **5.5 Analisa *Reliability Centered Maintenance (RCM)***

Dari pengolahan data *RCM decision worksheet* yang sudah dilakukan (Tabel 4.11 dan Tabel 4.12) dapat diketahui bahwa sebagian besar berdampak terhadap konsekuensi operasional. Hal ini akan berdampak langsung dengan menurunnya produksi setiap unit *excavator*. Dari beberapa komponen kritis juga disebutkan mengenai analisa jenis perawatan yang perlu dilakukan (pada *RCM decision worksheet*). Usulan jenis perawatan pada analisa *RCM* ini dihubungkan dengan besarnya biaya perawatan sehingga akan didapatkan usulan perawatan yang tepat.

Komponen *bucket* yang memungkinkan terjadi 4 jenis kegagalan setelah dilakukan analisa ada 6 jenis penyebab kegagalan. Pada *RCM decision worksheet* dari 6 jenis penyebab kegagalan maka usulan perawatan yang perlu dilakukan adalah 4 *point* perlu perawatan *preventive maintenance* dan 2 *point* perlu perawatan *corrective maintenance*. Dari usulan perawatan *RCM* tersebut jika dihubungkan dengan besarnya biaya perawatan maka biaya perawatan *bucket* dengan *preventive maintenance* Rp. 5.180.000,00 dan jika *corrective maintenance* Rp. 277.437.955,00. Jika dilihat dari segi biaya perawatannya lebih baik dilakukan dengan jenis perawatan *preventive maintenance*. Usulan jenis perawatan dengan *RCM* sesuai dengan biaya perawatan yaitu komponen *bucket* lebih baik dilakukan perawatan jenis *preventive maintenance*.

Komponen *control valve* memungkinkan terjadi 3 jenis kegagalan dengan 6 jenis penyebab kegagalan. Hasil pengolahan *RCM decision worksheet* dari 6 jenis penyebab kegagalan maka 3 *point* perlu perawatan *preventive maintenance*, 1 *point* perlu perawatan *corrective maintenance* dan 2 *point* dapat dilakukan *preventive* atau *corrective maintenance*. Dari usulan perawatan *RCM* tersebut jika dihubungkan dengan besarnya biaya perawatan maka biaya perawatan *control*

*valve* dengan *preventive maintenace* nilainya Rp. 6.156.485,00 dan *corrective maintenance* nilainya Rp. 262.146.485,00. Maka dari itu berdasarkan usulan perawatan *RCM* dan pertimbangan biaya perawatan untuk *control valve* lebih baik dilakukan dengan jenis perawatan *preventive maintenance*.

Komponen *radiator* memungkinkan terjadi 5 jenis kegagalan dengan 6 jenis penyebab kegagalan. Hasil pengolahan *RCM decision worksheet* dari 6 jenis penyebab kegagalan maka 5 *point* perlu perawatan *preventive maintenance* dan 1 *point* perlu perawatan *corrective maintenance*. Jika dihubungkan dengan besarnya biaya perawatan maka biaya perawatan *radiator* dengan *preventive maintenance* Rp. 4.940.000,00 dan jika *corrective maintenance* Rp. 107.318.780,00. Jika dilihat dari segi biaya perawatan nya lebih baik dilakukan dengan jenis perawatan *preventive maintenance*. Usulan jenis perawatan dengan *RCM* sesuai dengan biaya perawatan yaitu komponen *bucket* lebih baik dilakukan perawatan jenis *preventive maintenance*.

Komponen *alternator* memungkinkan terjadi 5 jenis kegagalan dengan 6 jenis penyebab kegagalan. Hasil pengolahan *RCM decision worksheet* dari 6 jenis penyebab kegagalan maka 5 *point* perlu perawatan *preventive maintenance* dan 1 *point* dapat dilakukan *preventive* atau *corrective maintenance*. Jika dihubungkan dengan biaya perawatan maka untuk *preventive maintenance* besarnya biaya perawatan adalah Rp. 7.658.086,00 dan *corrective maintenance* Rp. 44.228.086,00. Dari pertimbangan usulan perawatan *RCM* dan dihubungkan dengan biaya perawatan maka komponen *alternator* lebih baik dilakukan perawatan dengan jenis *preventive maintenance*.

Komponen *hydraulic breaker* memungkinkan terjadi 4 jenis kegagalan dengan 5 jenis penyebab kegagalan. Hasil pengolahan *RCM decision worksheet* dari 5 jenis penyebab kegagalan maka 3 *point* perlu perawatan *preventive maintenance* dan 2 *point* bisa dilakukan *preventive* atau *corrective maintenance*. Namun jika dihubungkan dengan biaya perawatan, *preventive* dan *corrective maintenance* mempunyai nilai yang sangat berbeda jauh. Biaya perawatan *hydraulic breaker* dengan *preventive maintenance* sebesar Rp. 8.940.000,00 dan jika dengan *corrective maintenance* sebesar Rp. 450.250.000,00. Maka dari itu

usulan perawatan *hydraulic breaker* dengan analisa *RCM* sangatlah sesuai yaitu dengan jenis perawatan *preventive maintenance*.

Dari hasil analisa dengan menggunakan metode *RCM* diharapkan mampu menurunkan terjadinya *downtime* unit *excavator S500-LCV* dan menurunkan biaya perawatan *excavator S500-LCV* di PT X. Dari data perbaikan *bucket* seharusnya bisa menurunkan *downtime* sebesar 85,7% dan menurunkan biaya perawatan sebesar 98.1% untuk setiap kali ada perbaikan. Perbaikan *radiator* tidak bisa menurunkan *downtime* tetapi diharapkan mampu menurunkan biaya perawatan sebesar 95.4% untuk setiap kali ada perbaikan. Perbaikan *hydraulic breaker* seharusnya bisa menurunkan *downtime* sebesar 40% dan menurunkan biaya perawatan sebesar 98% untuk setiap kali ada perbaikan. *Control valve* dan *alternator* terjadinya *downtime* akan tetap sama namun diharapkan mampu menurunkan biaya perawatan masing-masing sebesar 97.7% dan 82.7% untuk setiap kali ada perbaikan.

## **BAB 6**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini akan dirumuskan kesimpulan dari hasil penelitian dan beberapa analisa yang sudah dilakukan. Selain itu juga akan diberikan saran dan masukan agar bisa menjadi lebih baik lagi baik terhadap implementasi dan pengembangan dari hasil penelitian.

#### **6.1 Kesimpulan**

Dari hasil pengumpulan dan pengolahan data serta analisa dan pembahasan yang sudah dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal :

1. PT X sebelumnya menerapkan sistem perawatan *excavator* S500-LCV dengan jenis *schedule* dan *corrective maintenace*, dari hasil penelitian maka usulan jenis perawatan adalah *preventive maintenance*, *corrective maintenance* dan kombinasi dari keduanya untuk beberapa komponen kritis *excavator*.
2. Komponen kritis *excavator* S500-LCV di PT X ditentukan dengan analisa *pareto* yang mempertimbangkan besarnya nilai *downtime* yang terjadi. Lima komponen kritis beserta nilai *downtime* yang ditentukan berdasarkan hasil analisa adalah *bucket* (2909,5 jam), *control valve* (1946 jam), *radiator* (1764 jam), *alternator* (1258 jam) dan *hydraulic breaker* (1092 jam).
3. Biaya perawatan masing-masing komponen kritis dengan jenis *preventive maintenance* adalah *bucket* (Rp. 5.180.000,00), *control valve* (Rp. 6.156.485,00), *radiator* (Rp. 4.940.000,00), *alternator* (Rp. 7.658.086,00) dan *hydraulic breaker* (Rp. 8.940.000,00). Untuk jenis perawatan *corrective maintenance*: *bucket* (Rp. 277.437.955,00), *control valve* (Rp. 262.146.485,00), *radiator* (Rp. 107.318.780,00), *alternator* (Rp. 44.228.086,00) dan *hydraulic breaker* (Rp. 450.250.000,00). Usulan jenis perawatan berdasarkan *RCM decision worksheet* dengan mempertimbangkan besarnya biaya perawatan adalah *bucket* (*preventive*

*maintenance*), *control valve (preventive maintenance)*, *radiator (preventive maintenance)*, *alternator (preventive maintenance)* dan *hydraulic breaker (preventive maintenance)*.

## **6.2 Saran**

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan maka ada beberapa saran sebagai berikut :

1. Hasil usulan penelitian yang sudah dilakukan diharapkan dapat menjadi pertimbangan di PT X dalam menentukan jenis perawatan unit *excavator S500-LCV* untuk mengurangi terjadinya *downtime* yang ada.
2. Diharapkan ada penelitian lanjutan mengenai usulan jenis perawatan dengan klasifikasi unit *excavator* yang berbeda sehingga bisa menjadi pembandingan dan *improvement* penelitian lanjutan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Blischke, D. N. (2003). *Case Studies in Reliability and Maintenance*, John Wiley & Sons Inc., Canada
- Denur, Hakim, L., Hasan, I. (2017). *Penerapan Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Mesin Ripple Mill*, Jurnal Integrasi Sistem Industri, Volume 4, No. 1
- Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, Mc Graw Hill, Singapore
- Gupta, G. and Mishra, R. P. (2018). *Identification of Critical Components using ANP for Implementation of Reliability Centered Maintenance*, Elsevier, Denmark
- Jiang, R. (2015). *Introduction to Quality and Reliability Engineering*, Science Pers, Beijing
- Mourbay, J. (1997). *Reliability Centered Maintenance II, Second Edition*. Industrial Press Inc., New York
- Nowlan, F. S. (1978). *Reliability Centered Maintenance*, Braun Brumfield Inc., San Francisco, California
- O'Connor, P. D. T. (2012). *Practical Reliability Engineering*, A John Wiley & Sons, Ltd, United Kingdom
- Regan, Nancy. (2012). *The RCM Solution A Practical Guide to Starting and Maintaining A Successful RCM Program*, Industrial Press Inc., New York
- Verhagen, W. J. C. and Boer, L. W. M. (2018). *Predictive Maintenance for Aircraft Components using Proportional Hazard Models*, Science Direct, Belanda
- Vishnu, C. R. and Regikumar, V. (2016). *Reliability Based Maintenance Strategy Selection in Process Plants: A Case Study*, Procedia Technology, India

Zio, E. (2007). *An Introduction to The Basics of Reliability and Risk Analysis*,  
Word Scientific, Singapore

## **LAMPIRAN**

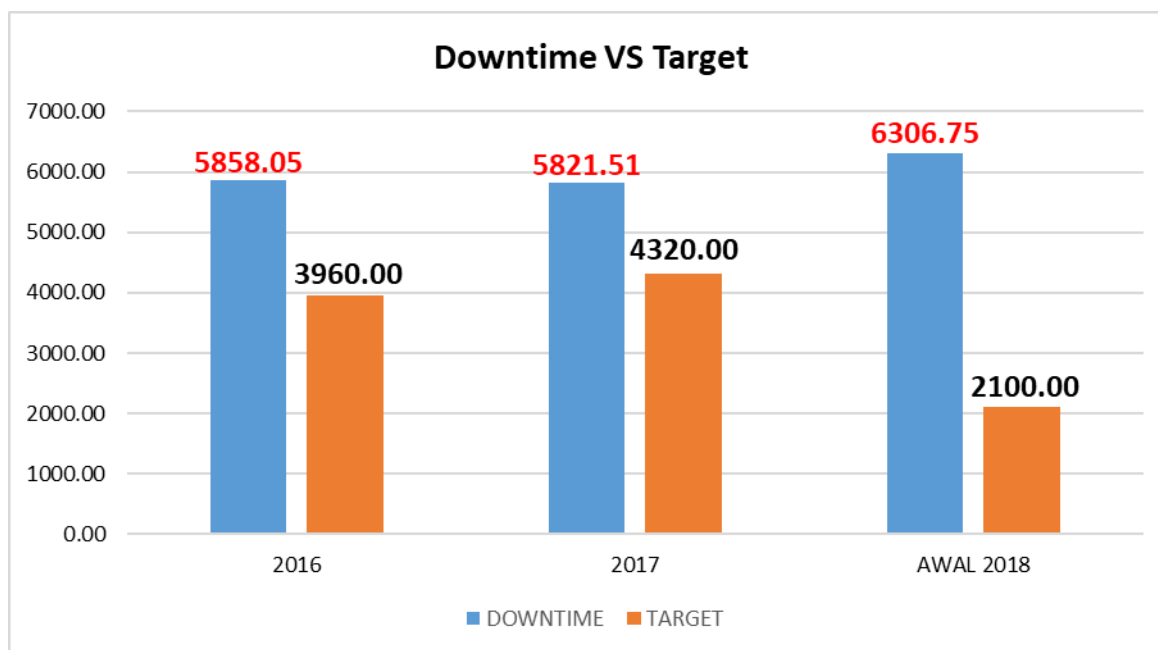
**A. Data *downtime excavator S500-LCV* tahun 2016 – awal tahun 2018**

**B. Data biaya perawatan komponen kritis *excavator S500-LCV***

**C. *FMEA* komponen kritis**

## A. Data downtime excavator S500-LCV tahun 2016 – awal tahun 2018

### 1. Data downtime akumulasi per tahun dari 2016 – awal 2018



TOTAL DOWNTIME	DOWNTIME	TARGET	SELISIH
2016	5858.05	3960.00	1898.05
2017	5821.51	4320.00	1501.51
AWAL 2018	6306.75	2100.00	4206.75

### 2. Data detail downtime excavator per tahun

2016

KOMPONEN	DOWNTIME (JAM)
BOOM GP	254
ENGINE	596
SWING MOTOR	134.5
V-BELT	168
HYDRAULIC HOSES/LINES	76.5
ALTERNATOR	550
BUCKET	397.5
CONTROL VALVE	1946
FUEL INJECTION PUMP	181

2017

KOMPONEN	DOWNTIME (JAM)
TRACK LINK ASSY	264
STICK/ARM GP	108
SWING DRIVE	60
RADIATOR	1764
TRACK ROLLER	272
BUCKET CYLINDER	732
BUCKET	1114
STICK CYLINDER	69
HOSES	248

2018

KOMPONEN	DOWNTIME (JAM)
ALTERNATOR	708
EPOS	338
BOOM GP	469
ARM GP	864
BUCKET	1398
HYDRAULIC BREAKER	1152
BOOM CYLINDER	532
OTHERS	298.92
FUEL INJECTION PUMP	240

## B. Data biaya perawatan komponen kritis *excavator S500-LCV*

### 1. Biaya perawatan komponen kritis dengan metode *preventive maintenance*

No	Komponen	Waktu Perbaikan (Jam)	Biaya Tenaga Kerja (Rp)	Harga Komponen (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	Bucket	8	60,000	4,700,000	5,180,000
2	Control Valve	56	60,000	2,796,485	6,156,485
3	Radiator	24	60,000	3,500,000	4,940,000
4	Alternator	8	60,000	7,178,086	7,658,086
5	Hydraulic Breaker	24	60,000	7,500,000	8,940,000

- Waktu perbaikan = standar waktu yang ditentukan oleh perusahaan
- Biaya tenaga kerja = 2 orang x Rp. 30.000,00
- Harga komponen = harga part yang dijual oleh *dealer*
- Total biaya = (waktu perbaikan x biaya tenaga kerja) + harga komponen

### 2. Biaya perawatan komponen kritis dengan metode *corrective maintenance*

No	Komponen	Waktu Perbaikan (Jam)	Biaya Tenaga Kerja (Rp)	Biaya Akibat Perbaikan Per Jam (Loss Production) (Rp)	Harga Komponen (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	Bucket	56	60,000	4,571,250	18,087,955	277,437,955
2	Control Valve	56	60,000	4,571,250	2,796,485	262,146,485
3	Radiator	16	60,000	4,571,250	33,218,780	107,318,780
4	Alternator	8	60,000	4,571,250	7,178,086	44,228,086
5	Hydraulic Breaker	40	60,000	4,571,250	265,000,000	450,250,000

- Waktu perbaikan = standar waktu yang ditentukan oleh perusahaan
- Biaya tenaga kerja = 2 orang x Rp. 30.000,00
- Biaya akibat perbaikan = produksi excavator per jam (kubik) x harga per kubik  
= 86,25 x Rp. 53.000,00
- Harga komponen = harga part yang dijual oleh dealer
- Total biaya = (waktu perbaikan x biaya tenaga kerja) + (waktu perbaikan x biaya akibat perbaikan) + harga komponen

**3. Biaya harga komponen kritis untuk aplikasi *preventive* dan *corrective maintenance***

COMPARTEMENT	PART NAME	QTY	HARGA	PREVENTIVE	CORRECTIVE
BUCKET	BASE PLATE	1	3,600,000	-	V
	PLAT 12MM	1	3,105,455	-	V
	ADAPTER	5	6,682,500	-	V
	TIP BUCKET	5	4,700,000	V	V
CONTROL VALVE S500	SEAL KIT CONTROL VALVE S500 (ORIGINAL)	1	2,796,485	V	V
RADIATOR S500	RADIATOR ASSY	1	33,218,780	-	V
	REPAIR RADIATOR	1	3,500,000	V	-
ALTERNATOR S500	ALTERNATOR ASSY	1	7,178,086	V	V
BREAKER SB121	BREAKER SB121 ASSY	1	265,000,000	-	V
	SEAL KIT BREAKER	1	7,500,000	V	-

## C. FMEA komponen kritis

### 1. FMEA komponen kritis bucket

FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)		SYSTEM		Material Loading Process	PREPARED : Auda	
		SUB-SYSTEM		Bucket Attachment	TEAM : Maintenance, PO, SCM	
		COMPONENT		Bucket	DATE : 20 Februari 2018	
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)		FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT	
1	Melakukan penetrasi dan menggali material	A	Adapter tip bucket retak	1	Bahan material adapter kurang bagus	Umur dari adapter tidak dapat diprediksi sehingga penggantian adapter menjadi lebih cepat
				2	Lahan yang ditambang keras	Keausan material bucket lebih cepat, tip bucket dan adapter berpotensi patah atau retak
				3	Kesalahan pengoperasian	Bucket menjadi cepat rusak karena penggunaan yang tidak benar
		B	Tip bucket aus	1	Lahan yang ditambang keras	Penetrasi bucket ke lahan yang digali kurang maksimal
2	Memindahkan material galian ke dump truck	A	Las bucket retak	1	Kualitas pengelasan bucket kurang bagus	Bucket berpotensi pecah, material yang dipindahkan akan tumpah
				B	Plat bucket aus	1

### 2. FMEA komponen kritis control valve

FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)		SYSTEM		Hydraulic	PREPARED : Auda	
		SUB-SYSTEM		Hydraulic	TEAM : Maintenance, PO, SCM	
		COMPONENT		Control Valve	DATE : 20 Februari 2018	
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)		FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT	
1	Mengatur sistem hydraulic excavator dengan menaikkan tekanan, jumlah aliran dan arah aliran	A	Seal O ring control valve bocor	1	Material seal O ring sudah keras atau getas	O ring tidak dapat rapat, berpotensi ada celah yang bisa menyebabkan oli di area sistem bocor
				2	Pemasangan seal yang tidak tepat saat maintenance	Seal o ring tidak terpasang pada dudukannya, sangat memungkinkan terjadinya kebocoran yang bisa berdampak tekanan control valve menjadi turun
				3	Kualitas seal kurang bagus	Umur reseal control valve tidak dapat diprediksi, kerusakan dan kebocoran bisa menjadi lebih cepat
2	Mengontrol dan mengatur gerakan hydraulic berdasarkan input yang diberikan dari operator	A	Spool control valve macet	1	Serpihan material (gram) logam menempel pada spool	Spool tidak dapat meneruskan input aliran oli hydraulic sesuai dengan output yang diminta pada sistem
				2	Fungsi dan kinerja dari spool sudah lemah	Sistem hydraulic tidak responsif yang menyebabkan kinerja excavator tidak maksimal
		B	Tenaga hydraulic dari excavator berkurang	1	Tekanan oli hydraulic rendah, bisa diakibatkan adanya kebocoran pada sistem control valve	Gerakan excavator (attachment) menjadi lambat sehingga kinerja tidak maksimal dan produksi tidak tercapai

### 3. FMEA komponen kritis radiator

FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)		SYSTEM	:	Cooling System	PREPARED : Auda
		SUB-SYSTEM	:	Cooling	TEAM : Maintenance, PO, SCM
		COMPONENT	:	Radiator	DATE : 20 Februari 2018
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)	FAILURE MODE (Cause of Failure)		FAILURE EFFECT	
1	Mengatur suhu cairan pendingin agar tetap berada pada suhu kerja (dibawah 80° celcius )	A Radiator bocor	1	Material dari radiator sudah aus	Cairan pendingin pada sistem menjadi berkurang, pendinginan tidak akan maksimal, dapat menyebabkan <i>overheat</i>
		B Radiator buntu	1	Adanya kerak atau kotoran yang menyumbat pada <i>line radiator</i>	Cairan pendingin tidak dapat bersirkulasi dan tidak dapat di dinginkan
		C Kisi-kisi radiator korosi	1	Bahan material part kisi-kisi radiator kurang bagus	Jika korosi sudah parah maka bisa menyebabkan kisi-kisi radiator menjadi bocor
		D Pressure valve pada tutup radiator tidak berfungsi	1	Pegas pada pressure valve sudah lemah sehingga tidak dapat membuka saat tekanan air tinggi	Tekanan cairan yang bersirkulasi dalam sistem tidak dapat terjaga sehingga cairan pendingin lebih cepat mendidih
		E Reservoir tank bocor	1	Bahan dari reservoir tank kurang bagus	Cadangan cairan pendingin berkurang
			2	Terkena hantaman benda keras	Saat reservoir tank pecah maka cadangan cairan pendingin akan habis

### 4. FMEA komponen kritis alternator

FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)		SYSTEM	:	Electrical	PREPARED : Auda
		SUB-SYSTEM	:	Charging System	TEAM : Maintenance, PO, SCM
		COMPONENT	:	Alternator	DATE : 20 Februari 2018
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)	FAILURE MODE (Cause of Failure)		FAILURE EFFECT	
1	Membangkitkan aliran listrik untuk memasok kebutuhan listrik pada sistem elektrik excavator	A Bearing alternator rusak	1	Beban berat putaran puli alternator	Muncul bunyi, putaran puli alternator tidak center
			2	Bearing sudah waktunya ganti	Puli alternator tidak dapat berputar dengan halus
		B Carbon brush sudah habis atau aus	1	Gesekan antara rotor dan stator	Supply aliran listrik tidak stabil
		C Belt alternator selip	1	Belt sudah keras sehingga tidak dapat mencengkeram penuh pada puli	Putaran puli tidak maksimal (sering selip) menyebabkan alternator tidak dapat membangkitkan aliran listrik dengan stabil
		D Dioda dan IC regulator terbakar	1	Kontaminasi cairan yang masuk pada alternator mengenai dioda dan IC regulator	Terjadi hubungan arus pendek ( <i>korsleting</i> ) yang menyebabkan alternator tidak berfungsi
2	Melakukan pengisian arus listrik ke baterai	A Pengisian ke baterai tidak sesuai dengan input yang dibutuhkan	1	Beban berat pada sistem elektrik karena penggunaan accesoris elektrik yang berlebih pada excavator	Baterai cepat rusak karena input ( <i>charge</i> ) yang diberikan oleh alternator lebih kecil daripada penggunaan arus baterai karena pemakaian pada sistem



### 5. FMEA komponen kritis hydraulic breaker

FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)		SYSTEM	:	Attachment	PREPARED : Auda	
		SUB-SYSTEM	:	Hydraulic	TEAM : Maintenance, PO, SCM	
		COMPONENT	:	Hydraulic Breaker	DATE : 20 Februari 2018	
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)		FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT	
1	Pemecah batu atau material (lahan) keras yang digali menggunakan excavator	A	Seal piston breaker bocor	1	Material seal piston sudah keras atau getas	Seal piston tidak dapat rapat, berpotensi ada celah yang bisa menyebabkan kebocoran tekanan pada cylinder
		B	Celah antara chisel dengan housing melebihi ukuran yang diijinkan	1	Dudukan adapter nilon sudah aus	Gesekan dan hentakan antara chisel dan housing yang berlebih, berpotensi chisel patah
		C	Chisel bending atau patah	1	Penggunaan dan pengoperasian breaker yang tidak benar	Kerusakan lebih parah jika chisel sampai patah, komponen lain akan terdampak menjadi rusak juga
		D	Piston breaker macet	1	Kontaminasi kotoran pada tube cylinder	Kotoran bersirkulasi pada sistem sehingga breaker dapat macet dan tidak berfungsi
				2	Ring piston patah	Liner pada tabung dapat tergores

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BIODATA PENULIS



**Sidiq Auda**, lahir di Kecamatan Sewon, Kabupaten Bantul, Provinsi Yogyakarta pada tanggal 09 April 1990. Pendidikan formal yang sudah ditempuh adalah SDN Wojo II, SMPN 01 Sewon, SMKN 2 Yogyakarta dan S1 Teknik Mesin Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Setelah lulus dari Universitas Gajah Mada pada tahun 2012, penulis diterima bekerja di Toyota Auto2000 Sunter Jakarta dengan penempatan di kantor cabang Auto2000 Bintaro. Toyota Auto2000 adalah perusahaan yang bergerak dibidang otomotif dan pelayanan *service* kendaraan mobil merk Toyota. Penulis bekerja di Toyota Auto2000 hanya dalam jangka waktu 1 tahun saja. Pada tahun 2013 penulis pindah bekerja dari Toyota Auto2000 di Jakarta pindah ke PT Wirabhumi Sejati di Surabaya. PT Wirabhumi Sejati adalah perusahaan yang bergerak di bidang general kontraktor dan pelayanan alat alat berat. Pada saat bekerja di PT Wirabhumi Sejati yang berlokasi di Surabaya, penulis berkesempatan untuk melanjutkan studi S2 di Magister Manajemen Teknologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, dengan mengambil bidang keahlian Manajemen Industri. Akhir kata, penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya atas terselesaikanya tesis yang berjudul “Analisa Perencanaan Perawatan *Excavator* Doosan S500-LCV Untuk Mengurangi *Downtime* Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* “

Surabaya, 01 Juli 2019

**SIDIQ AUDA**  
**NRP: 09211650014016**

