



TESIS - BM185407

**PENENTUAN JADWAL GENERAL OVERHAUL  
(GOH) PADA OFF HIGHWAY TRUCK  
CATERPILLAR 773E DI PT. XYZ**

**MUHAMMAD RUSPINUJI**  
09211650024013

**Dosen Pembimbing:**  
Nani Kurniati, ST, MT, PhD

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



## LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

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

di

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**Muhammad Ruspинуji**

**NRP: 09211650024013**

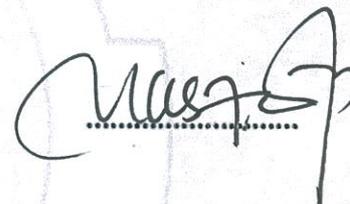
**Tanggal Ujian: 29 Juli 2019**

**Periode Wisuda: September 2019**

Disetujui oleh:

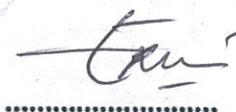
**Pembimbing:**

1. Nani Kurniati, ST, MT, PhD  
NIP: 197504081998022001

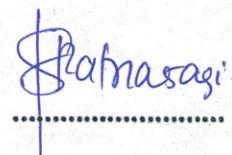


**Penguji:**

1. Ir. Ervina Ahyudanari, M.Eng, Ph.D  
NIP: 196902241995122001



2. Dr. Vita Ratnasari, S.Si, M.Si  
NIP: 197009101997022001



**Kepala Departemen Manajemen Teknologi**

**Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi**



**Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng, Ph.D, CSCP**

**NIP: 196912311994121076**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala karunia dan ridho-Nya, sehingga tesis dengan judul “Penentuan Jadwal *General Overhaul* (GOH) pada *Off Highway Truck Caterpillar 773E* di PT. XYZ” ini dapat diselesaikan. Tesis ini diajukan sebagai bagian dari tugas akhir dalam rangka menyelesaikan studi di Program Magister Manajemen Teknologi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya bidang keahlian Manajemen Proyek.

Dalam penyelesaian tesis ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih setulusnya kepada:

1. Ibu Nani Kurniati ST. MT. PhD., selaku dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, pikiran, tenaga dan waktu yang telah diluangkan kepada penulis untuk menyelesaikan tesis ini.
2. Ibu Ir. Ervina Ahyudanari, M.Eng, Ph.D dan Ibu Dr. Vita Ratnasari, S.Si, M.Si, selaku dosen penguji pada sidang tesis ini.
3. Bapak/Ibu Dosen, yang telah memberikan ilmunya selama penulis menempuh pendidikan di MMT Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Manajemen PT Wira Bhumi Sejati yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melanjutkan studi ini.
5. Semua staff di MMT – ITS yang telah banyak membantu penulis di MMT – ITS sehingga penulis bisa menyelesaikan pendidikan ini.
6. Ibunda tercinta yang menginspirasi dan selalu mendoakan setiap saat.
7. Ibu Mertua yang selalu memberikan petuah dan nasehatnya.

8. Istriku tersayang Winda dan anak-anakku Nesha, Nasywa dan Najmi yang selalu memberikan dorongan semangat dan motivasi.
9. Adik-adikku, rekan-rekan dan keluarga besar penulis yang selalu memberikan semangat dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini.
10. Rekan-rekan seperjuangan Manajemen Proyek 2016 MMT ITS yang memberikan support dan menuliri semangat untuk menyelesaikan tesis ini.
11. Kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu sehingga tesis ini dapat penulis selesaikan

Ibarat tiada gading yang tak retak, penulis menyadari bahwa dalam tesis ini masih terdapat banyak kekurangan. Untuk itu masukan berupa kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Akhir kata penulis berharap semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan semua pihak..

Surabaya, 29 Juli 2019

Penulis

## **PENENTUAN JADWAL GENERAL OVERHAUL (GOH) PADA OFF HIGHWAY TRUCK CATERPILLAR 773E DI PT. XYZ**

Nama mahasiswa : Muhammad Ruspинуji  
NRP : 09211650024013  
Pembimbing : Nani Kurniati, ST, MT, PhD

### **ABSTRAK**

PT XYZ adalah perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan dan rental alat berat. Salah satu area kerjanya adalah sebuah tambang batubara terbuka di Kalimantan Selatan, mendapatkan kontrak sewa alat berat berupa 14 (empat belas buah) *Off Highway Truck* merk Caterpillar 773E. Dengan target *availability* dan pemberlakuan pinalti, PT XYZ harus menerapkan strategi pemeliharaan dan perawatan yang tepat. Sepanjang tahun 2018, total *down time* untuk OHT sebesar 34,061.30 jam. Sebesar 15,272.00 jam (44.8%) akibat kerusakan *major component*. Biaya perbaikan komponen yang besar, menyebabkan manajemen perusahaan kesulitan untuk menentukan keputusan kelanjutan perbaikan. Tujuan penelitian ini adalah melakukan penjadwalan *general overhaul* (GOH) yang memberikan efek terbesar terhadap *availability Off Highway Truck* Caterpillar 773E. Agar minimasi downtime mempunyai dampak yang cukup besar, maka harus ditentukan komponen kritis mana yang memiliki pengaruh paling besar terhadap biaya. Langkah selanjutnya menentukan interval GOH dengan pertimbangan dampak biaya terkecil. Kemudian menentukan durasi GOH, menyusun jadwal GOH dan menghitung estimasi *availability* setiap alatnya. Penelitian ini menunjukkan bahwa komponen kritis OHT Caterpillar 773E adalah *engine, transmission, final drive* dan *torque converter*. Interval GOH yang diperoleh adalah 17,992.81 jam, sedangkan *downtime* atau durasi untuk melakukan *general overhaul* adalah 260.88 jam. Dari penjadwalan GOH didapatkan bahwa pada tahun 2020 ada tiga kegiatan GOH, tahun 2021 terdapat dua kegiatan GOH, 2022 terdapat dua GOH, tahun 2023 terdapat enam GOH dan tahun 2024 terdapat satu GOH. Dengan penjadwalan GOH, estimasi peningkatan *availability* dari 68.7% pada tahun 2018 menjadi 98.5% pada tahun 2020.

Kata kunci: *Availability*, Alat Berat, *Off Highway Truck*, *General Overhaul*, Penjadwalan

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **DETERMINATION OF GENERAL OVERHAUL (GOH) SCHEDULE ON OFF HIGHWAY TRUCK CATERPILLAR 773E AT PT. XYZ**

Nama mahasiswa : Muhammad Ruspunji  
NRP : 09211650024013  
Supervisor : Nani Kurniati, ST. MT. PhD

## **ABSTRACT**

PT XYZ is a heavy equipment rental company and mining contractor. One of its working areas is an open coal mine in South Kalimantan, obtained a contract to lease heavy equipment in the form of 14 (fourteen) Caterpillar 773E Off Highway Trucks. Mine owner have availability targets and application of penalties, PT XYZ must implement appropriate maintenance and maintenance strategies. In 2018, the OHT total down time is 34,061.30 hours. For 15,272.00 hours (44.8%) downtime is caused by major component breakdown. The high cost of repairing components makes it difficult for company management to determine the decision to repair. The purpose of this research is to schedule a general overhaul (GOH) that has the greatest effect on the availability of Caterpillar 773E Off Highway Truck. In order for minimization of downtime to have a significant impact, it must be determined which critical components have the most influence on costs. Next step is determined the GOH interval by considering the smallest cost impact. Then determine the GOH down time, arranged the schedule and estimated the availability of each OHT. The results of research show Caterpillar 773E OHT critical components are engine, transmission, final drive and torque converter. The GOH interval is 17,992.81 hours. Downtime or duration for GOH is 260.88 hours. Based on GOH scheduling result in 2020 there were three GOH activities, in 2021 there were two GOH activities, 2022 there were two GOHs, in 2023 there were six GOHs and in 2024 there was one GOH. Estimate of availability increases from 68.7% in 2018 to 98.5% in 2020.

Keyword: Availability, Heavy Equipment, Off Highway Truck, General Overhaul, Scheduling

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Asumsi Penelitian .....	6
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA.....	7
2.1 Proyek.....	7
2.2 Manajemen Proyek.....	7
2.3 Perencanaan Proyek .....	8
2.3.1 Work breakdown structure (WBS).....	9
2.3.2 Metode Penjadwalan Gantt Charts .....	9
2.3.3 Critical Path Method (CPM).....	10
2.4 <i>Maintenance</i> (Perawatan).....	11
2.4.1 Tiga Generasi Manajemen Perawatan .....	11
2.4.2 Konsep Dasar Perawatan .....	13
2.5 Planned Maintenance .....	13
2.5.1 Preventive Maintenance.....	14
2.5.2 Corrective Maintenance.....	15
2.5.3 Predictive Maintenance.....	15
2.6 Unplanned Maintenance .....	15
2.7 Konsep Keandalan .....	16

2.7.1	Fungsi Keandalan .....	16
2.7.2	Penilaian Keandalan .....	16
2.7.3	Mean Time To Failure (MTTF) .....	17
2.7.4	Mean Time To Repair (MTTR).....	17
2.7.5	Karakteristik Kegagalan.....	17
2.8	Pemodelan Sistem .....	19
2.8.1	Sistem Seri .....	19
2.8.2	Sistem Paralel.....	20
2.8.3	Kombinasi Sistem Paralel dan Seri .....	20
2.9	Laju Kegagalan .....	21
2.10	Pola Distribusi Data Antar Kegagalan .....	22
2.10.1	Distribusi Eksponensial .....	22
2.10.2	Distribusi Normal .....	23
2.10.3	Distribusi Lognormal.....	23
2.10.4	Distribusi <i>Weibull</i> .....	24
2.11	Keputusan Penggantian Komponen .....	25
2.11.1	Komponen Kritis .....	25
2.11.2	Analisis ABC.....	26
2.12	Availability .....	27
2.13	Penelitian Terdahulu .....	28
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....		33
3.1	Pengumpulan Data .....	33
3.2	Parameter Pemeliharaan .....	35
3.2.1	Daftar Komponen Utama .....	35
3.2.2	Penentuan Komponen Kritis .....	35
3.2.3	Karakteristik Data Kegagalan .....	35
3.2.4	Karakteristik Data Pemeliharaan.....	35
3.2.5	Perhitungan Biaya.....	35
3.3	Perencanaan dan Penjadwalan GOH.....	36
3.3.1	Penentuan MTTF GOH.....	36
3.3.2	Penentuan MTTR GOH .....	37
3.3.3	Proyek GOH.....	37

3.3.4	Penjadwalan GOH .....	37
3.3.5	Availability.....	37
3.4	Kesimpulan dan Saran.....	37
BAB 4	PARAMETER PEMELIHARAAN.....	39
4.1	Daftar Komponen Utama .....	39
4.2	Penentuan Komponen Kritis.....	41
4.3	Karakteristik Data Kegagalan.....	43
4.4	Karakteristik Data Pemeliharaan .....	43
4.5	Perhitungan Biaya .....	44
4.5.1	Biaya <i>Loss Component Hours Life</i> .....	44
4.5.2	Biaya Tambahan <i>Corrective Replacement</i> .....	45
BAB 5	PERENCANAAN DAN PENJADWALAN GOH.....	47
5.1	Penentuan MTTF GOH .....	47
5.2	Penentuan MTTR GOH.....	49
5.2.1	Lama Waktu Perbaikan Komponen.....	49
5.2.2	Lama Transportasi .....	50
5.2.3	Lama Lepas Pasang Komponen .....	50
5.2.4	Perhitungan TTR Komponen .....	51
5.3	Proyek GOH .....	52
5.3.1	<i>Work Breakdown Structure (WBS)</i> .....	52
5.3.2	<i>Gantt Chart</i> GOH.....	53
5.3.3	<i>Critical Path Methode (CPM)</i> .....	56
5.4	Penjadwalan GOH.....	60
5.5	<i>Availability</i> .....	65
BAB 6	KESIMPULAN DAN SARAN .....	67
6.1	Kesimpulan.....	67
6.2	Saran.....	67
DAFTAR	PUSTAKA .....	69
LAMPIRAN	.....	71
BIOGRAFI	PENULIS .....	83

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Gantt Charts .....	9
Gambar 2-2 Kurva Karakteristik Kegagalan atau <i>Bathub Curve</i> (Ebeling,1997) .....	18
Gambar 2-3 Model Sistem Seri .....	19
Gambar 2-4 Sistem Paralel.....	20
Gambar 2-5 Model Kombinasi Sistem Seri dan Paralel .....	21
Gambar 2-6 Hubungan Antara <i>Availability</i> dan <i>Reliability</i> dengan MTTF, Sumber : Anonim.....	27
Gambar 3-1 Diagram Alir Penelitian.....	34
Gambar 4-1 Komponen Utama Penyusun OHT 773E.....	39
Gambar 4-2 Diagram Pareto Komponen Utama .....	41
Gambar 5-1 Gantt Charts Aktivitas <i>Overhaul</i> GOH OHT 773E .....	55
Gambar 5-2 Gantt Chart Aktivitas Utama GOH OHT 773.....	55
Gambar 5-3 Jaring Kerja Aktivitas GOH Tahap Persiapan .....	56
Gambar 5-4 Menu Lintasan Kritis .....	57
Gambar 5-5 Menu Pilihan Lintasan Kritis .....	57
Gambar 5-6 Lintasan Kritis GOH 773E .....	58
Gambar 5-7 Timeline GOH Kedua Periode 2019 sampai 2024.....	64

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

Tabel 1-1 Type dan Jumlah Alat Berat PT XYZ yang Disewakan .....	2
Tabel 2-1 Korelasi Penelitian yang Relevan .....	32
Tabel 4-1 Data Komponen Beserta Biaya Overhaulnya.....	40
Tabel 4-2. Top 5 ( <i>five</i> ) Pareto Komponen Utama .....	42
Tabel 4-3. Data Penggantian Komponen Engine .....	42
Tabel 4-4 Distribusi Data dan Parameter Time To Failure (TTF) dan Time To Repair (TTR) Komponen Kritis .....	43
Tabel 4-5 Tabel Nilai MTTF dan MTTR Komponen Kritis.....	44
Tabel 4-6. Nilai Komponen per Jam.....	45
Tabel 4-7 Biaya Tambahan <i>Corrective Replacement</i> .....	45
Tabel 5-1 Hasil Perhitungan Biaya Dampak GOH dengan Acuan MTTF Engine	48
Tabel 5-2 Hasil Perhitungan Biaya Dampak GOH dengan Acuan Masing-masing Komponen .....	49
Tabel 5-3. Hasil Perhitungan TTR Berdasarkan Standar <i>Dealer</i> .....	51
Tabel 5-4 Perbandingan MTTR dengan Standar Durasi <i>Dealer</i> .....	52
Tabel 5-5 <i>Work Breakdown Structure</i> dari Grup Aktivitas Overhaul .....	53
Tabel 5-6 Aktivitas GOH Tahap Overhaul .....	54
Tabel 5-7 Aktivitas GOH Tahap Persiapan .....	56
Tabel 5-8 Aktivitas <i>Critical Path</i> .....	59
Tabel 5-9 Jadwal GOH setiap OHT 773E.....	61
Tabel 5-10 Jadwal GOH OHT 773E Sampai HM 100.000 jam.....	63
Tabel 5-11 Perbandingan <i>Availability</i> .....	66

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Cadangan batubara terbesar di Indonesia adalah Sumatera Selatan, Kalimantan Selatan dan Kalimantan Timur. Sebagian besar pemilik konsesi penambangan mengelola sumber dayanya dengan melibatkan kontraktor. Para kontraktor pertambangan tersebut berupaya untuk mengelola usahanya secara efektif dan efisien meliputi: belanja modal lebih rendah, tenaga kerja yang lebih kecil, berfokus pada budaya keselamatan, akses terhadap pembiayaan yang kompetitif, biaya penambangan yang lebih rendah, fleksibilitas dalam peralatan dan rencana tambang, total integrasi terhadap tim penambangan, berbagi risiko, menyelaraskan arah bisnis dapat membagi modal untuk dibelanjakan pada peluang pengembangan bisnis seperti akuisisi dan eksplorasi, masalah industri lebih sedikit dan dapat memimpin dalam strategi perbaikan terus-menerus. (Kirk, 2000).

Tambang batubara di Indonesia kebanyakan menggunakan sistem tambang terbuka (*open pit*). Tambang terbuka sangatlah bergantung pada kondisi cuaca. Apabila hujan deras turun, proses penambangan dihentikan. Oleh karenanya, waktu yang tersedia dimanfaatkan untuk melakukan proses penambangan. Proses penambangan ini berlangsung selama 24 jam setiap harinya. Proses penambangan dimulai dengan *over burden removal*, yaitu proses untuk membuang lapisan tanah yang menutupi batubara. Proses ini membutuhkan beberapa peralatan alat berat. *Excavator* digunakan sebagai alat penggali tanah, kemudian menaikkan tanah yang digali tersebut ke bak *dump truck*. *Dump truck* mengangkut tanah *over burden* menuju disposal. Setelah lapisan tanah habis dikupas, *excavator* akan menggali batubara dan memindahkannya ke bak *dump truck* untuk dibawa ke *stock room* ataupun langsung ke pelabuhan batubara. Selain itu, untuk perawatan *hauling road*, diperlukan adanya *bulldozer* dan *motorgrader*.

Terkait dengan beberapa aspek diantaranya manajemen sumber daya manusia, operasional dan keuangan pada umumnya para pemilik tambang atau kontraktor utama melakukan sewa peralatan tambang yang bisa menjamin *availability* tinggi. Hal ini disebabkan harga alat berat yang sangat mahal dan batasan jangka waktu ijin usaha penambangan pemilik tambang sesuai dengan ketentuan pemerintah. Adapun untuk menjamin peralatan yang disewa bisa bekerja dengan optimum, pihak pemilik tambang memberi mensyaratkan kinerja dengan target minimal Availability 85%.

Performa dari suatu alat berat di pertambangan akan selalu diperhatikan, karena dengan kinerja yang baik dan sesuai standar, mampu membuat produksi menjadi maksimal. Proses produksi yang maksimal inilah yang selalu diinginkan setiap kontraktor pertambangan, karena hal itu yang akan menambah profit bagi kontraktor penambangan tersebut. Proses produksi optimal dipengaruhi oleh kegiatan atau strategi perawatan yang dipilih. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal, maka diperlukan adanya evaluasi investasi perawatan yang tepat terhadap alat-alat berat tersebut.

PT XYZ adalah salah satu perusahaan yang menyewakan alat berat pada pemilik tambang. Type alat berat yang disewakan oleh PT XYZ pada sebuah perusahaan tambang di Kalimantan Selatan dapat dilihat pada tabel 1.1

Tabel 1-1 Type dan Jumlah Alat Berat PT XYZ yang Disewakan

No	Type	Model	Brand	Jumlah
1	Excavator	PC1250-08	Komatsu	2 Unit
2	Off Highway Truck	OHT773E	Caterpillar	14 Unit
3	Motor Grader	825A	Caterpillar	1 Unit
4	Motor Grader	14H	Caterpillar	1 Unit
5	Motor Grader	16H	Caterpillar	1 Unit

Sumber : PT XYZ

Dari tabel 1.2 diatas terlihat bahwa populasi terbesar adalah *dump truck* dalam hal ini *off highway truck* (OHT), dengan total 14 (empat belas) dengan 10

(sepuluh) unit sebagai unit utama dan 4 (empat) unit menjadi unit *spare*. Hal tersebut menjadikan OHT sebagai populasi terbesar yaitu 73.6 % dari keseluruhan *fleet*, maka investasi untuk pembelian, perbaikan maupun perawatan menjadi jumlah paling besar dari model alat berat lainnya. Sehingga diperlukan perhatian lebih besar untuk model alat tersebut. Dengan penanganan yang tepat, maka akan didapatkan performa dan pendapatan yang optimal.

Disamping itu, didalam kontrak terdapat klausul pinalti apabila perusahaan tidak dapat memenuhi *availability* yang diminta oleh pemilik tambang. *Availability* atau tingkat ketersediaan alat berat yang tinggi dapat dicapai dengan cara mengurangi *downtime* yang terjadi. Sehingga perusahaan harus mencari strategi untuk mempertahankan kinerja agar optimal. Sepanjang tahun 2018, total *down time* untuk OHT sebesar 34,061.30 jam. Sebesar 15,272.00 jam (44.8%) akibat kerusakan *major component* atau komponen utama. *Downtime* yang tinggi tersebut disebabkan oleh menunggu keputusan manajemen perusahaan, mengingat biaya *general overhaul* (GOH) sangat besar.

*Major component* adalah komponen utama penyusun sebuah alat berat, seperti *engine*, *transmission*, *final drive* dan *torque converter*. Penggantian/perbaikan komponen utama tersebut berbiaya tinggi, memerlukan waktu lama dan keahlian khusus, maka diperlukan strategi yang tepat terkait dengan penjadwalan penggantian komponen. Untuk lebih mengefektifkan *downtime*, komponen-komponen tersebut dilakukan penggantian secara bersama-sama dalam sebuah GOH.

Beberapa penelitian sebelumnya dilakukan oleh Baradaby (2008) dengan menentukan subsistem kritis pada crusher plant untuk menentukan perbaikan yang dibutuhkan sehingga dapat dicapai *reliability* dan *availability* yang diinginkan. Sedangkan penelitian yang menghitung interval penggantian komponen kritis berdasarkan optimasi biaya dengan menggunakan konsep *reliability* dilakukan oleh beberapa pihak, diantaranya Febrianti (2016) dan Satria (2012). Arputharaj (2015) menghitung *availability* dan *utilization* ekskavator, dump truck dan bulldozer, serta menganalisa faktor-faktor yang dapat meningkatkan performa peralatan secara keseluruhan.

Pada penelitian ini akan dilakukan penentuan waktu GOH pada OHT merk Caterpillar 773E sehingga didapatkan interval penggantian yang efektif dan efisien dari segi waktu sehingga bisa meningkatkan *availability* alat tersebut. Dengan diketahuinya interval waktu GOH, dapat disusun penjadwalannya. Jadwal GOH tersebut selanjutnya dapat digunakan untuk membuat perencanaan perawatan alat berat di perusahaan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan hal-hal tersebut di atas, maka rumusan masalah yang dikemukakan adalah sebagai berikut:

1. Komponen kritis apa saja yang memberikan efek terbesar biaya GOH OHT Caterpillar 773E.
2. Berapa panjang interval waktu GOH yang memberikan efek *availability* OHT Caterpillar 773E
3. Berapa lama *downtime* GOH, sehingga diperoleh sehingga diperoleh *downtime* yang minimal dalam melakukan GOH.
4. Bagaimana menyusun jadwal GOH OHT 773E dan kapan masing-masing OHT jatuh tempo GOH sebagai dasar perencanaan pemeliharaan pencegahan.
5. Bagaimana melakukan estimasi *availability* berdasarkan jadwal GOH yang diusulkan.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun dari tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi komponen kritis yang memberikan efek terbesar terhadap biaya GOH OHT Caterpillar 773E.
2. Menganalisa panjang interval GOH yang memberikan efek *availability* OHT Caterpillar 773E
3. Melakukan analisa waktu GOH dengan melakukan minimasi *downtime* pada peralatan OHT Caterpillar 773E, sehingga diperoleh *downtime* yang minimal dalam melakukan GOH.

4. Membuat jadwal GOH pada OHT Caterpillar 773E sebagai dasar perencanaan pemeliharaan/pencegahan.
5. Mengestimasi *availability* OHT caterpillar 773E berdasar jadwal GOH yang diusulkan.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah diperlukan bila penelitian tesis terlalu luas sehingga perlu dilakukan batasan-batasan dalam penyelesaian permasalahan dalam penelitian. Batasan juga dapat berupa batasan fisik sistem bila tesis membahas implementasi metode pada sistem real.

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data kegagalan peralatan yang dicatat adalah data kegagalan yang mengakibatkan kehilangan jam kerja produksi yang diakibatkan oleh komponen utama dari bulan Januari tahun 2010 sampai dengan bulan Desember 2018.
2. Data biaya perbaikan yang dicatat meliputi biaya pemeliharaan pencegahan dan kegagalan yang diakibatkan oleh komponen utama pada OHT *Caterpillar 773E* di PT. XYZ.
3. Tidak membahas kegagalan peralatan OHT secara rinci seperti penyebab kegagalan, kegunaan komponen-komponen, serta proses yang terjadi pada peralatan.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini diharapkan berguna untuk:

1. Dasar bagi perusahaan untuk mengambil keputusan terkait strategi untuk melakukan perencanaan pemeliharaan/pencegahan..
2. Dasar bagi peneliti atau akademisi dalam menerapkan manajemen pemeliharaan pencegahan dengan pendekatan *minimize downtime* untuk menentukan interval waktu GOH yang optimal pada peralatan OHT Caterpillar 773E.

## **1.6 Asumsi Penelitian**

Adapun asumsi-asumsi yang diberlakukan pada penelitian ini adalah:

1. Usaha perbaikan mampu mengembalikan peralatan kepada kondisi seperti semula sebelum terjadi kegagalan.
2. Tidak ada kesalahan pengoperasian peralatan oleh penyewa.

## **BAB 2**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Proyek**

Proyek didefinisikan sebagai usaha dilaksanakan sementara untuk menciptakan suatu produk, jasa, atau hasil yang unik (*Project Management Institute*, 2013). Menurut Soeharto (1999), kegiatan proyek dapat diartikan sebagai satu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk atau *deliverable* yang *criteria* mutunya telah digariskan dengan jelas. Sementara menurut (Nurhayati, 2010), proyek adalah upaya atau aktivitas yang diorganisasikan untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan-harapan penting dengan menggunakan anggaran dana serta sumber daya yang tersedia, yang harus diselesaikan dalam jangka waktu tertentu.

#### **2.2 Manajemen Proyek**

Manajemen proyek adalah ilmu pengetahuan, kemampuan, sarana dan teknik/metode pada kegiatan proyek agar dapat memenuhi kebutuhan stakeholder dan harapan sebuah proyek dengan penyelesaian melalui penerapan proses *initiating* (memulai), *planning* (perencanaan), *executing* (pelaksanaan), *monitoring and controlling* (pemantauan dan pengendalian), *closing* (penutupan) dengan menyeimbangkan tuntutan kebutuhan proyek yang bersaing pada *scope* (ruang lingkup), *quality* (kualitas), *schedule* (jadwal), *budget* (anggaran), *resources* (sumber daya), *risk* (resiko) (*Project Management Institute*, 2013). Berbeda dengan definisi dengan *Project Management Institute*, H. Kerzner (Soeharto, 1999) bahwa manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan.

Menurut Siswanto (2007), dalam manajemen proyek, penentuan waktu penyelesaian kegiatan ini merupakan salah satu kegiatan awal yang sangat penting

dalam proses perencanaan karena penentuan waktu tersebut akan menjadi dasar bagi perencanaan yang lain, yaitu:

- a. Penyusunan jadwal (*scheduling*), anggaran (*budgeting*), kebutuhan sumber daya manusia (*man power planning*), dan sumber organisasi yang lain.
- b. Proses pengendalian (*controlling*). Manajemen Proyek meliputi tiga fase (Heizer dan Render, 2005), yaitu :
  - Perencanaan. Fase ini mencakup penetapan sasaran, mendefinisikan proyek, dan organisasi tim-nya.
  - Penjadwalan. Fase ini menghubungkan orang, uang, dan bahan untuk kegiatan khusus dan menghubungkan masing- masing kegiatan satu dengan yang lainnya.
  - Pengendalian. Perusahaan mengawasi sumber daya, biaya, kualitas, dan anggaran. Perusahaan juga merevisi atau mengubah rencana dan menggeser atau mengelola kembali sumber daya agar dapat memenuhi kebutuhan waktu dan biaya.

Handoko (1999) menyatakan tujuan manajemen proyek adalah sebagai berikut:

- a. Tepat waktu (*on time*) yaitu waktu atau jadwal yang merupakan salah satu sasaran utama proyek, keterlambatan akan meng- akibatkan kerugian, seperti penambahan biaya, kehilangan kesempatan produk memasuki pasar.
- b. Tepat anggaran (*on budget*) yaitu biaya yang harus dikeluarkan sesuai dengan anggaran yang telah ditetapkan.
- c. Tepat spesifikasi (*on specification*) dimana proyek harus sesuai dengan yang telah ditentukan.

### **2.3 Perencanaan Proyek**

Perencanaan adalah suatu proses yang mencoba meletakkan dasar tujuan dan sasaran termasuk menyiapkan segala sumber daya untuk mencapainya. Perencanaan memberikan pegangan bagi pelaksanaan mengenai alokasi sumber daya untuk melaksanakan kegiatan (Soeharto, 1999). Secara garis besar,

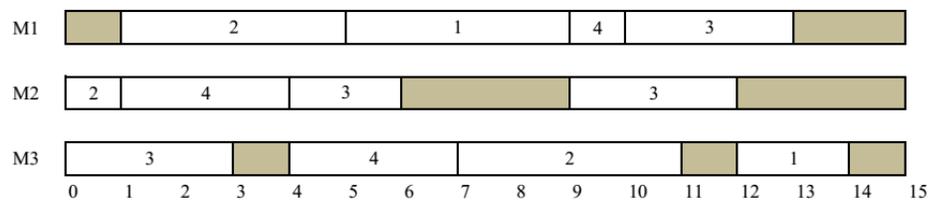
perencanaan berfungsi untuk meletakkan dasar sasaran proyek, yaitu penjadwalan, anggaran dan mutu.

### 2.3.1 Work breakdown structure (WBS)

*Work breakdown structure* (WBS) merupakan suatu pengelompokan elemen kerja yang ditunjukkan dalam bentuk grafik untuk mengatur dan membagi keseluruhan ruang lingkup suatu proyek kerja (Rev, 2003). WBS merupakan diagram terstruktur atau hierarki yang berbentuk diagram pohon (*tree structure* diagram), biasanya terdiri dari kegiatan-kegiatan umum yang dipecahkan menjadi kegiatan-kegiatan khusus. Penyusunan WBS dilakukan dengan cara *top down*, dengan tujuan agar komponen-komponen kegiatan tetap berorientasi ke tujuan proyek. WBS juga memudahkan penjadwalan dan pengendalian karena merupakan elemen perencanaan.

### 2.3.2 Metode Penjadwalan Gantt Charts

Metode ini ditemukan oleh Henry Gantt pada tahun 1911. Tujuan dari grafik ini adalah untuk menggambarkan secara grafik keadaan dari tiap-tiap mesin pada keseruhan waktu seperti ditunjukkan pada gambar 2.1. pada sumbu axis (x) menunjukkan waktu dan sumbu ordinat (y) menunjukkan jenis mesin. Ketika sebuah job akan diproses pada sebuah mesin, sebuah persegi panjang diletakkan pada posisi mendatar, dimana menunjukkan waktu mulai dari sebuah job dan waktu selesai dari sebuah job tersebut.



Gambar 2-1 Gantt Charts

### 2.3.3 Critical Path Method (CPM)

Menurut Schroeder (1996) dalam Dimiyati dan Nurjaman (2014), Critical Path Method (CPM) merupakan metode jalur kritis yang menggunakan jaringan dengan keseimbangan waktu-biaya linear. Teknik CPM dilakukan dengan menyusun jaringan kerja yang diidentifikasi ke arah aktivitas- aktivitas dan menggunakan simple time estimates pada tiap aktivitas yang menunjukkan jangka waktu pelaksanaan

Beberapa istilah yang digunakan dalam metode CPM ini adalah:

a. Earliest Start Time (ES)

ES merupakan waktu tercepat suatu kegiatan/ aktivitas dapat dimulai, dengan memperhatikan waktu kegiatan dan persyaratan pada urutan pengerjaan kegiatan.

b. Latest Start Time (LS)

LS merupakan waktu paling lambat untuk memulai suatu kegiatan.

c. Earliest Finish Time (EF)

EF merupakan waktu tercepat kegiatan dapat diselesaikan

d. Latest Finish Time (LF)

LF merupakan waktu paling lambat dalam menyelesaikan suatu kegiatan.

Pada CPM dikenal istilah critical path atau jalur kritis yang bertujuan untuk mengetahui kegiatan-kegiatan yang memiliki tingkat kepekaan tinggi terhadap keterlambatan pelaksanaan, sehingga dapat menentukan tingkat prioritas kebijakan dalam penyelenggaraan proyek.

Bentuk CPM tersebut dapat memberikan informasi terkait dengan kegiatan yang dilaksanakan terlebih dahulu atau sesudahnya, dan durasi kegiatan. Pada CPM dikenal pula istilah *slack time*, yaitu waktu penundaan suatu kegiatan tanpa mengubah jangka waktu proyek secara keseluruhan. Slack time didapatkan dengan menggunakan rumus berikut:

$$S_{ij} = LS_{ij} - ES_{ij} \text{ atau } S_{ij} = LF_{ij} - EF_{ij} \quad (2.1)$$

Jaringan yang telah dibuat pada CPM dapat direfleksikan sebagai dasar penjadwalan proyek. Penjadwalan proyek biasa dibuat dalam bentuk grafik Gantt Chart.

## 2.4 *Maintenance* (Perawatan)

*Maintenance* sudah ada sejak manusia membangun aset fisik seperti rumah, perahu maupun alat-alat pertanian. Peralatan yang digunakan terus menerus akan mengalami penurunan kemampuannya. Ada dua jenis penurunan kemampuan peralatan, yaitu :

- a. *Natural Deterioration*, yaitu menurunnya kinerja mesin atau peralatan secara alami akibat terjadi pemburukan/keausan pada fisik mesin/peralatan selama waktu pemakaian walaupun penggunaan secara benar.
- b. *Accelerated Deterioration*, yaitu menurunnya kinerja mesin atau peralatan akibat kesalahan manusia sehingga dapat mempercepat keausan mesin atau peralatan karena diakibatkan oleh tindakan atau perlakuan yang tidak seharusnya terhadap peralatan.

Untuk itu diperlukan adanya *maintenance* untuk menjaga performa mesin atau peralatan. Menurut Patrick (2001) *maintenance* didefinisikan sebagai suatu kegiatan untuk memelihara dan menjaga fasilitas yang ada, memperbaiki, melakukan penyesuaian atau penggantian yang diperlukan untuk mendapatkan suatu kondisi operasi produksi yang sesuai dengan perencanaan. Sedangkan menurut Assauri (2008), *maintenance* merupakan kegiatan memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan dengan mengadakan perbaikan atau penyesuaian atau penggantian yang diperlukan supaya tercipta suatu keadaan operasional produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang telah direncanakan.

Aktivitas *maintenance* dalam perusahaan sangat diperlukan karena :

- Setiap peralatan mempunyai umur pakai dimana suatu saat bisa mengalami kegagalan atau kerusakan.
- Waktu kerusakan atau kegagalan suatu peralatan tidak dapat diketahui secara pasti.
- Manusia selalu berusaha untuk meningkatkan umur penggunaan.

### 2.4.1 Tiga Generasi Manajemen Perawatan

Dalam tahun – tahun belakangan ini kemajuan proses industri mengakibatkan perubahan ekspektasi, penelitian dan teknik – teknik atau metode -

metode yang dipakai. Perkembangan tersebut dapat dibagi dalam tiga generasi. Secara perlahan berkembang menjadi kewaspadaan dampak *failure* terhadap keselamatan dan lingkungan, kewaspadaan terhadap adanya hubungan antara *system maintenance* dengan kualitas produk. Sejak tahun 1930 evolusi dari perawatan dapat dibagi menjadi tiga generasi, yaitu:

a. Generasi Pertama

- Industri tidak banyak menggunakan mesin sehingga *downtime* tidak dianggap penting.
- Peralatan yang digunakan pada generasi pertama ini sangatlah sederhana, *reliable* sangat mudah untuk diperbaiki .
- Sistematis perawatan tidak diperlukan, hanya dilakukan perawatan sederhana seperti pembersihan, servis dan pengecekan secara rutin.
- Tenaga ahli dalam industri ini sangatlah rendah.

b. Generasi Kedua

- Tahun 1950, segala tipe mesin semakin beragam dan kompleks dimana industri semakin tergantung pada mesin – mesin tersebut.
- *Downtime* menjadi fokus yang paling penting. Dimana muncul ide bahwa *failure* dari peralatan dapat dan harus dicegah dimana melaju pada konsep *preventive maintenance*.
- Pada tahun 1960, peralatan secara keseluruhan dilaksanakan pada interval tetap. Biaya perawatan meningkat perlahan bersamaan dengan biaya operasi.

c. Generasi Ketiga

Pertengahan tahun 70an terjadi perubahan proses didalam industri dimana diharapkan ekspektasi yang baru, penelitian terbaru dan pemakaian teknik baru.

Ekspektasi baru:

- Otomasi yang semakin berkembang sehingga lebih banyak dampak *failure* yang terjadi.
- Biaya perawatan semakin meningkat.

Penelitian baru: Berhubungan antara umur operasi dan *failure*

Teknik atau metode baru:

- Pengembangan baru, termasuk peralatan pendukung keputusan seperti studi *hazard*, mekanisme *failure* dan analisa dampaknya dan sistem canggih; teknik perawatan terbaru; desain dari peralatan.

Pemilihan teknik yang benar yaitu teknik yang memungkinkan untuk mengembangkan performansi peralatan dan dapat mereduksi biaya perawatan.

#### **2.4.2 Konsep Dasar Perawatan**

Pendekatan perawatan pada dasarnya dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu *Planned* dan *Unplanned Maintenance*. Klasifikasi pendekatan sistem perawatan tersebut adalah :

- a. *Planned Maintenance*, suatu tindakan pemeliharaan yang terorganisir dan dilakukan dengan pemikiran ke masa depan, pengendalian dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan sebelumnya. Oleh karena itu, program pemeliharaan yang akan dilakukan memerlukan pengawasan dan pengendalian secara aktif.
- b. *Unplanned Maintenance*, suatu tindakan perawatan atau pemeliharaan yang waktu pelaksanaannya tidak direncanakan terlebih dahulu. *Unplanned maintenance* biasanya berupa *breakdown/emergency maintenance*.

#### **2.5 Planned Maintenance**

Pada konsep *Planned Maintenance*, keputusan diambil berdasarkan informasi data-data yang dilaporkan dan dicatat. Adapun data-data yang penting dalam proses pemeliharaan antara lain laporan permintaan pemeliharaan, laporan pemeriksaan dan laporan perbaikan. *Planned Maintenance* terdiri dari tiga bentuk pelaksanaan, yaitu :

- *Preventive Maintenance*
- *Corrective Maintenance*
- *Predictive Maintenance*

Dengan *planned maintenance* diharapkan akan merubah sistem perawatan dari reaktif menjadi proaktif dan memberdayakan bagian perawatan untuk dapat

membantu operator untuk melakukan perawatan yang lebih baik terhadap peralatan / mesin yang menjadi tanggung jawabnya.

### **2.5.1 Preventive Maintenance**

*Preventive Maintenance* menurut Patrick (2001) adalah, kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi. Dengan demikian semua fasilitas produksi yang diberikan *preventive maintenance* akan terjamin kelancarannya dan selalu diusahakan dalam kondisi atau keadaan yang siap dipergunakan untuk setiap operasi atau proses produksi pada setiap saat. Sehingga dapatlah dimungkinkan pembuatan suatu rencana dan jadwal pemeliharaan dan perawatan yang sangat cermat dan rencana produksi yang lebih tepat. Sedangkan *preventive maintenance* menurut Worsham (2002) adalah suatu sistem perawatan yang terjadwal dari suatu peralatan / komponen yang didesain untuk meningkatkan keandalan mesin serta untuk mengantisipasi segala kegiatan perawatan yang tidak direncanakan sebelumnya. Kegiatan *preventive maintenance* dilakukan erat kaitannya dalam menghindari suatu sistem atau peralatan mengalami kerusakan.

Ada tiga alasan mengapa dilakukan tindakan *preventive maintenance* :

1. Menghindari terjadinya kerusakan
2. Mendeteksi awal terjadinya kerusakan
3. Menemukan kerusakan yang tersembunyi

Sedangkan keuntungan dari penerapan *preventive maintenance* antara lain adalah sebagai berikut :

1. Mengurangi terjadinya perbaikan (*repairs*) dan *downtime*.
2. Meningkatkan umur penggunaan dari peralatan
3. Meningkatkan kualitas dari produk
4. Meningkatkan *availability* dari peralatan
5. Meningkatkan kemampuan dari operator, bagian mekanik dan keselamatan
6. Mengurangi waktu untuk merespon terjadinya kerusakan yang parah
7. Menjamin peralatan dapat digunakan sesuai dengan fungsinya

8. Meningkatkan kontrol dari peralatan dan mengurangi *inventory level*.
9. Memperbaiki sistem informasi terhadap peralatan/komponen
10. Meningkatkan identifikasi dari problem yang dihadapi

### **2.5.2 Corrective Maintenance**

Menurut Patrick (2001), *corrective maintenance* merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan atau kelalaian pada mesin atau peralatan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik.

Adapun menurut Dhillon (2006), *corrective maintenance* adalah perawatan yang tidak direncanakan, tindakan yang memerlukan perhatian lebih yang harus ditambahkan, terintegrasi, atau menggantikan pekerjaan yang telah dijadwalkan sebelumnya.

### **2.5.3 Predictive Maintenance**

*Predictive maintenance* adalah tindakan-tindakan *maintenance* yang dilakukan pada tanggal yang ditetapkan berdasarkan prediksi hasil analisa dan evaluasi data operasi yang diambil untuk melakukan *predictive maintenance* itu dapat berupa data getaran, temperatur, *vibrasi*, *flow rate*, dan lain-lainnya. Perencanaan *predictive maintenance* dapat dilakukan berdasarkan data dari operator di lapangan yang diajukan melalui *work order* ke departemen *maintenance* untuk dilakukan tindakan tepat sehingga tidak akan merugikan perusahaan.

## **2.6 Unplanned Maintenance**

*Unplanned maintenance* biasanya berupa *breakdown/emergency maintenance*. *Breakdown/emergency maintenance* (pemeliharaan darurat) adalah tindakan *maintenance* yang tidak dilakukan pada mesin peralatan yang masih dapat beroperasi, sampai mesin/peralatan tersebut rusak dan tidak dapat berfungsi lagi. Melalui bentuk pelaksanaan pemeliharaan tak terencana ini, diharapkan penerapan pemeliharaan tersebut akan dapat memperpanjang umur dari mesin/peralatan, dan dapat memperkecil frekuensi kerusakan.

## 2.7 Konsep Keandalan

Menurut *Lewis (1998)*, keandalan atau *reliability* dapat diartikan sebagai peluang bahwa sebuah komponen akan mampu melaksanakan sebuah fungsi yang spesifik dalam suatu kondisi operasi dan periode waktu tertentu. Keandalan merupakan salah satu ukuran keberhasilan sistem pemeliharaan yang digunakan untuk menentukan penjadwalan pemeliharaan itu sendiri. Konsep keandalan digunakan juga pada berbagai industri, misalnya dalam penentuan interval waktu penggantian komponen mesin.

### 2.7.1 Fungsi Keandalan

Keandalan dari suatu komponen adalah peluang untuk tidak rusak atau dapat melakukan fungsinya selama periode waktu  $t$  atau lebih. Fungsi keandalan terhadap waktu dapat diformulasikan sebagai berikut (*Ebeling, 1997*):

$$R(t) = 1 - F(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt \quad (2.2)$$

dengan:

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

$R(t)$  = keandalan (*reliability*) pada waktu  $t$

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

### 2.7.2 Penilaian Keandalan

Penilaian keandalan, baik untuk proses, sistem ataupun peralatan, secara umum dapat didekati dengan dua metode analisis, yaitu:

#### a. Analisis Kuantitatif

Analisis secara kuantitatif dibedakan menjadi dua bagian, yaitu dengan menggunakan metode analisis statistik seperti *weibull analysis* dan dengan metode simulasi.

#### b. Analisis Kualitatif

Penilaian keandalan dengan analisis kualitatif dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya adalah dengan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA). *Failure Mode Effect Analysis* merupakan suatu metode yang

dirancang untuk mengidentifikasi dan memahami model kegagalan yang potensial dan penyebabnya, serta dampaknya bagi sistem (Carlson, 2012).

### 2.7.3 Mean Time To Failure (MTTF)

MTTF adalah waktu rata-rata antar kegagalan atau rata-rata waktu operasinya komponen atau sistem tanpa mengalami kegagalan. MTTF merupakan perbandingan antara waktu operasi dengan jumlah kegagalan dalam periode waktu tertentu.

$$MTTF = \frac{\text{waktu operasi}}{\text{jumlah kegagalan}} \quad (2.3)$$

$$MTTF = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} R(t) \quad (2.4)$$

Satuan waktu MTTR dalam penelitian ini adalah jam

### 2.7.4 Mean Time To Repair (MTTR)

Mean time to Repair (MTTR) adalah nilai rata-rata atau waktu rata-rata yang diperlukan untuk melakukan perbaikan terhadap suatu komponen yang mengalami kerusakan (*breakdown*) (Ebeling 1997).

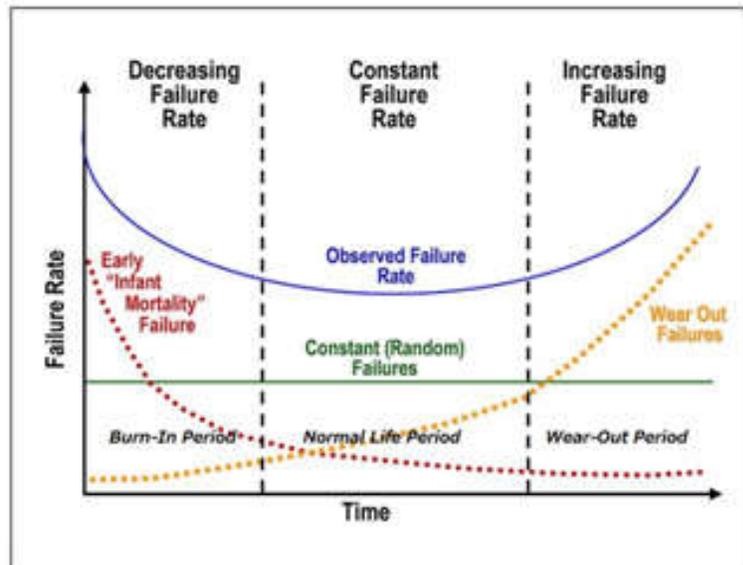
$$MTTR = \frac{\text{waktu kerusakan}}{\text{jumlah kegagalan}} \quad (2.5)$$

$$MTTR = \int_0^{\infty} t h(t) dt = \int_0^{\infty} (1 - H(t)) dt \quad (2.6)$$

Satuan waktu MTTR dalam penelitian ini adalah jam.

### 2.7.5 Karakteristik Kegagalan

Ukuran pemenuhan performa dinyatakan dalam sebuah notasi peluang. Pemenuhan performa tersebut bukan bersifat deterministik, sehingga tidak dapat diketahui dengan pasti terjadi atau tidak. Oleh sebab itu, harus digunakan peluang untuk menentukan sebuah komponen akan sukses atau tidak. Secara umum konsep *reliability* dapat digambarkan dalam *bathub curve* untuk menjelaskan siklus hidup komponen (Ebeling, 1997), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1. Ada tiga tahapan kegagalan yang dijelaskan pada Gambar 2.1, yaitu:



Gambar 2-2 Kurva Karakteristik Kegagalan atau *Bathub Curve* (Ebeling,1997)

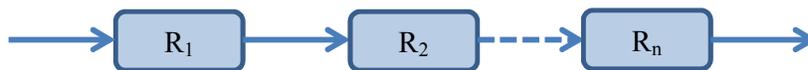
1. Tahap Kegagalan Awal atau *Burn In zone (Early Life)*  
 Pada tahap awal pengembangan produk, terdapat beberapa *part*, material, proses yang tidak terpantau oleh bagian *quality control*. Waktu berlangsungnya tahap ini paling cepat dibandingkan dengan periode yang lain. Pada kurva ditunjukkan bahwa laju kerusakan menurun dengan bertambahnya waktu. Kerusakan yang terjadi umumnya disebabkan karena adanya kesalahan pada saat proses manufaktur dan fabrikasi, pengoperasian yang tidak tepat, belum terampilnya operator sehingga perlu beberapa penyesuaian lebih lanjut.
2. Tahap Kegagalan Konstan atau *Useful Life Time zone*  
 Saat stabilisasi populasi selesai, laju kerusakan produk menjadi konstan yang disebut *Constant Failure Rate (CFR)*. Namun, kerusakan tidak dapat diprediksikan secara pasti kapan kerusakan itu akan terjadi karena kerusakan tersebut secara random dan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan bekerjanya peralatan. Periode ini merupakan periode pemakaian peralatan secara normal.
3. Tahap Kegagalan Meningkat (*Wear-out zone*)

Saat masa pemakaian produk meningkat, beberapa mekanisme kegagalan mempunyai potensi untuk terjadi namun tidak secara random. Faktanya, kerusakan tersebut berdasarkan waktu atau siklus dan mengarah pada penuaan dan keausan. Dengan demikian, laju kerusakan akan mulai naik dan umur pakai produk mendekati akhir. Analisis *Weibull* memberikan  $\beta$  yang berbeda-beda untuk ketiga zona tersebut diatas, yaitu: daerah *burn in zone* atau *early life* mempunyai  $\beta < 1$ , daerah *useful life time zone* mempunyai  $\beta = 1$ , daerah *wearout zone* dengan nilai  $\beta$  antara 1 dan 4 ( $1 < \beta < 4$ ), dan daerah *old age wear out zone* dengan nilai parameter  $\beta > 4$ . Nilai  $\beta$  merupakan *shape parameter* atau *slope parameter* yang berarti juga menggambarkan kemiringan garis plot dalam grafik *Weibull*.

## 2.8 Pemodelan Sistem

### 2.8.1 Sistem Seri

Suatu sistem dapat dimodelkan dengan susunan seri jika komponen-komponen yang ada didalam sistem itu harus bekerja atau berfungsi seluruhnya agar sistem tersebut sukses dalam menjalankan misinya. Atau dengan kata lain bila ada satu komponen saja yang tidak bekerja, maka akan mengakibatkan sistem itu gagal menjalankan fungsinya. Sistem yang mempunyai susunan seri dapat dikategorikan sebagai sistem yang tidak berlebihan (*non-redundant system*). Blok diagram keandalan untuk sistem yang terdiri dari dua komponen dengan susunan seri dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2-3 Model Sistem Seri

Jika keandalan masing-masing komponen adalah  $R_1, R_2, \dots, R_n$ , maka keandalan sistem seri, (*Ebeling, 1997*) :

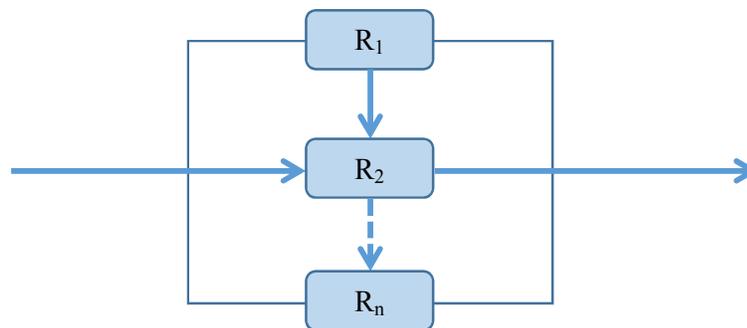
$$R_S = R_1 \times R_2 \times \dots \times R_n \quad (2.7)$$

$$= \prod_{i=1}^n R_i(t)$$

dengan  $R_S$  = keandalan sistem seri

### 2.8.2 Sistem Paralel

Suatu sistem dapat dimodelkan dengan susunan paralel jika seluruh komponen-komponen yang ada didalam sistem itu gagal berfungsi maka akan mengakibatkan sistem itu gagal menjalankan fungsinya. Sistem yang memiliki konfigurasi paralel dapat dikategorikan sebagai sistem yang sangat berlebihan (*fully redundant system*). Blok diagram keandalan untuk sistem yang terdiri dari dua komponen dengan susunan paralel dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2-4 Sistem Paralel

Jika keandalan masing-masing komponen adalah  $R_1, R_2, \dots, R_n$ , maka keandalan sistem paralel, (*Ebeling, 1997*) :

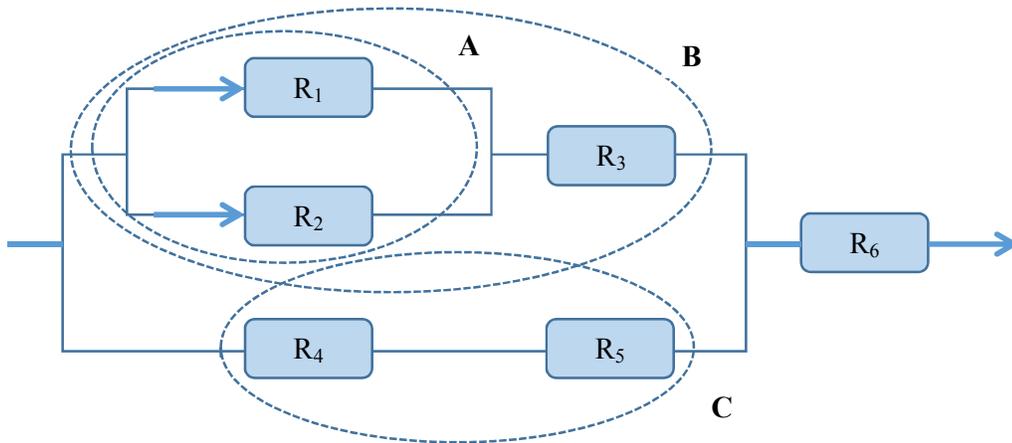
$$R_P = 1 - (1-R_1)(1-R_2) \dots (1-R_n) \quad (2.8)$$

$$= 1 - \prod_{i=1}^n [1 - R_i(t)]$$

dengan  $R_P$  = keandalan sistem paralel.

### 2.8.3 Kombinasi Sistem Paralel dan Seri

Contoh dari gabungan sistem seri dan paralel ditunjukkan pada gambar 2.4. berikut ini:



Gambar 2-5 Model Kombinasi Sistem Seri dan Paralel

Nilai keandalan dari sistem yang tersusun secara seri dan parallel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini (*Ebeling, 1997*) :

$$\begin{aligned}
 R_A &= [1-(1-R_1)(1-R_2)] \\
 R_B &= R_A(R_3) \\
 R_C &= R_4(R_5) \\
 R_S &= [1-(1-R_B)(1-R_C)](R_6)
 \end{aligned}
 \tag{2.9}$$

## 2.9 Laju Kegagalan

Laju kegagalan ( $\lambda$ ) adalah banyaknya kegagalan per satuan waktu. Laju kegagalan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu tertentu dengan total waktu operasi komponen atau sistem. Laju kegagalan dinyatakan sebagai berikut (*Ebeling, 1997*):

$$\lambda = \frac{f}{T}, \text{ atau}
 \tag{2.10}$$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{T(t)}
 \tag{2.11}$$

dengan:

$f$  = banyaknya kegagalan selama jangka waktu operasi

$T$  = total antar waktu kegagalan

## 2.10 Pola Distribusi Data Antar Kegagalan

Dalam teori keandalan, langkah pertama dalam menghitung keandalan suatu peralatan atau komponen adalah menentukan model probabilitas peralatan atau komponen, yang biasanya dinyatakan dalam distribusi statistik. Dalam analisis keandalan ada beberapa distribusi yang umum digunakan yaitu distribusi eksponensial, distribusi normal, distribusi lognormal, dan distribusi *Weibull*. Analisis yang digunakan untuk menentukan distribusi waktu antar kegagalan adalah *Weibull Analysis*.

Dari parameter-parameter distribusi yang didapatkan, dapat ditentukan fungsi padat peluang atau *probability density function (pdf)*, keandalan atau *reliability (R(t))*, laju kegagalan atau *failure rate (f(t))*, dan rata-rata waktu antar kegagalan atau *mean time to failure (MTTF)*.

### 2.10.1 Distribusi Eksponensial

Distribusi ini secara luas digunakan dalam keandalan dan pemeliharaan. Hal ini dikarenakan distribusi ini mudah digunakan untuk berbagai tipe analisis dan memiliki laju kegagalan yang konstan selama masa pakai. Fungsi-fungsi dari distribusi eksponensial adalah (*Ebeling, 1997*):

1. Fungsi padat peluang (*pdf*)

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad t \geq 0, \lambda > 0 \quad (2.12)$$

2. Fungsi keandalan

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.13)$$

3. Laju kegagalan

$$\lambda = f/T \quad (2.14)$$

dengan:

$\lambda$  = laju kegagalan per unit waktu

$f$  = banyaknya kegagalan dalam kurun waktu

$T$  = total waktu antar kegagalan

4. *Mean Time Between Failure (MTTF)*

$$MTTF = 1 / \lambda \quad (2.15)$$

### 2.10.2 Distribusi Normal

Distribusi normal adalah distribusi yang paling sering dan umum digunakan. Distribusi normal disebut juga sebagai distribusi *Gauss* yang ditemukan oleh Carl Friedrich Gauss (1777-1855). Fungsi-fungsi dari distribusi Normal adalah (*Ebeling, 1997*):

1. Fungsi padat peluang (*pdf*)

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (2.16)$$

dengan:

$\sigma$  = deviasi standar

$\mu$  = rata-rata (*mean*)

2. Fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - \int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} dt \quad (2.17)$$

3. Laju kegagalan

$$\lambda(t) = \frac{\exp\left[-(t-\mu)^2 / 2\sigma^2\right]}{\int_t^{\infty} \exp\left[-(t-\mu)^2 / 2\sigma^2\right] dt} \quad (2.18)$$

4. *Mean Time to Failure*(*MTTF*)

$$MTTF = \mu \quad (2.19)$$

### 2.10.3 Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal sangat cocok menggambarkan lamanya waktu perbaikan suatu komponen. Fungsi-fungsi dari distribusi lognormal adalah (*Ebeling, 1997*):

1. Fungsi padat peluang (*pdf*)

$$f(t) = \frac{1}{t \cdot \sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2} [\ln t - \mu]^2\right\} \quad (2.20)$$

dengan:

$\mu$  = rata-rata

$\sigma$  = deviasi standar

2. Fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - \Phi \left[ \frac{1}{\sigma} \ln \left( \frac{t}{e^\mu} \right) \right] \quad (2.21)$$

Dimana  $\Phi$  adalah *cumulative probability distribution function* dari fungsi lognormal.

3. Laju kegagalan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.22)$$

4. *Mean Time To Failure (MTTF)*

$$MTTF = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \quad (2.23)$$

#### 2.10.4 Distribusi *Weibull*

Distribusi ini dikembangkan oleh W. Weibull pada awal tahun 1950. Distribusi *Weibull* adalah salah satu distribusi yang penting pada teori *reliability*. Distribusi *Weibull* sangat luas digunakan untuk menganalisis kehilangan performansi pada sistem kompleks di dalam sistem rekayasa. Secara umum, distribusi ini dapat digunakan untuk menjelaskan data saat waktu menunggu hingga terjadi kejadian dan untuk menyatakan berbagai fenomena fisika yang berbeda-beda. Dengan demikian, distribusi ini dapat diterapkan pada analisis resiko karena dapat menduga umur pakai (*life time*) komponen. Fungsi-fungsi dari distribusi *Weibull* meliputi (Ebeling, 1997):

1. Fungsi padat peluang (*pdf*)

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t}{\eta} \right)^{\beta-1} \exp \left[ - \left( \frac{t}{\eta} \right)^\beta \right] \quad (2.24)$$

dimana,  $f(t) \geq 0, t \geq 0, \eta > 0, \beta > 0$

$\eta$  = parameter skala (*scale parameter*),  $\eta > 0$

$\beta$  = parameter bentuk (*shape parameter*),  $\beta > 0$

2. Fungsi keandalan

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (2.25)$$

3. Laju kegagalan

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (2.26)$$

4. Mean Time To Failure (MTTF)

$$MTTF = \eta \Gamma \left( \frac{1}{\beta} + 1 \right) \quad (2.27)$$

## 2.11 Keputusan Penggantian Komponen

Menurut Jardine (1973) secara umum, untuk meningkatkan keandalan sebuah sistem atau peralatan yang kompleks, dilakukan penggantian komponen kritis sistem. Sehingga sangat penting untuk menentukan komponen mana yang akan dilakukan *preventive replacement* atau dibiarkan sampai umur pakainya habis. Jika sebuah komponen masuk dalam kandidat *preventive replacement*, pertanyaan akan timbul, kapan waktu penggantian yang tepat?

Permasalahan penggantian dan permasalahan *maintenance* pada umumnya dapat diklasifikasikan sebagai *deterministic* atau *stochastic (probabilistic)*. Pada *deterministic problem*, waktu dan hasil pengantiannya diketahui secara pasti. Misalnya, ada filter bahan bakar yang belum rusak, akan tetapi biaya penggunaannya akan semakin meningkat seiring berjalannya waktu karena mengakibatkan pemakaian bahan bakar yang boros. Setelah dilakukan penggantian, *trending* biaya operasional diketahui. Sedangkan pada *stochastic problem*, waktu dan hasil penggantian tergantung pada probabilitas.

### 2.11.1 Komponen Kritis

Menurut Immawan dan Saputra (2010), Program perawatan untuk peralatan maupun mesin harus dilakukan secara terencana. Namun demikian, disadari pula bahwa tidak mungkin membuat suatu program yang merencanakan sistem perawatan untuk semua mesin di pabrik atau tidak mungkin semua kerusakan dapat diatasi. Tetapi dengan adanya program perawatan tersebut sekurang-kurangnya akan dapat mengatasi masalah – masalah yang ada. Usaha yang mendasar dalam merencanakan perawatan pencegahan dengan cara memberikan perhatian serius pada unit – unit atau komponen – kompone kritis

sehingga perlu dipertimbangkan secara cermat mengenai pemilihan bentuk perawatan yang akan diterapkan dikaitkan dengan penggunaan kebutuhan produksi, waktu, biaya, keterandalan tenaga perawatan dan kondisi perawatan yang dikerjakan.

Penggunaan strategi perawatan yang baik adalah suatu cara untuk mencapai *performance* produktivitas yang optimal. Karena dengan pemilihan strategi perawatan yang tepat dapat memberikan hasil yang optimum terhadap kesiapan mesin (*availability*) dalam menunjang proses produksi dengan biaya total produksi yang ekonomis. Pemilihan strategi sistem perawatan yang tepat dapat memberikan hasil yang optimum dalam menunjang proses produksi dan sistem perawatan untuk komponen kritis yang terbaik adalah *Preventive Maintenance*. Suatu komponen atau unit dapat dikualifikasikan kritis apabila :

- a. Kerusakan unit itu dapat membahayakan kesehatan atau mengancam keselamatan penggunanya.
- b. Kerusakan unit dapat mempengaruhi kualitas produksi
- c. Kerusakan unit dapat menimbulkan kemacetan produksi.
- d. Biaya investasi untuk unit itu sangat mahal.

### **2.11.2 Analisis ABC**

Analisis ABC atau dikenal dengan klasifikasi Pareto merupakan salah satu metode yang digunakan untuk memecahkan masalah penentuan titik optimum, baik jumlah pemesanan maupun order point, serta berguna dalam menentukan barangbarang yang harus diprioritaskan. Analisis ABC sangat berguna dalam memfokuskan perhatian manajemen terhadap penentuan jenis barang yang paling penting dalam sebagian besar investasi.

ABC Analisis mengklasifikasikan persediaan dalam tiga kategori, yaitu: A, B, dan C dengan basis volume penggunaan biaya persediaan dalam setahun. Analisis ABC adalah sebuah aplikasi persediaan dari prinsip Pareto, dikembangkan oleh Vilfredo Pareto ahli ekonomi Italia.

Berdasarkan analisis ABC 10% barang berkontribusi pada 70 % dari nilai dan disebut dengan kelompok A, kelompok B merupakan 20 % barang yang berkontribusi pada 10% nilai. Hal ini menunjukkan bahwa dengan mengontrol sebagian kecil barang, yaitu 10 % dari jumlah total barang, maka akan

menghasilkan kontrol terhadap 70 % dari total persediaan (Atmaja, 2012). Selain itu klasifikasi ABC mengikuti prinsip 80-20 atau hukum Pareto, dimana sekitar 80 % dari nilai total persediaan material mewakili oleh 20 % persediaan material.

## 2.12 Availability

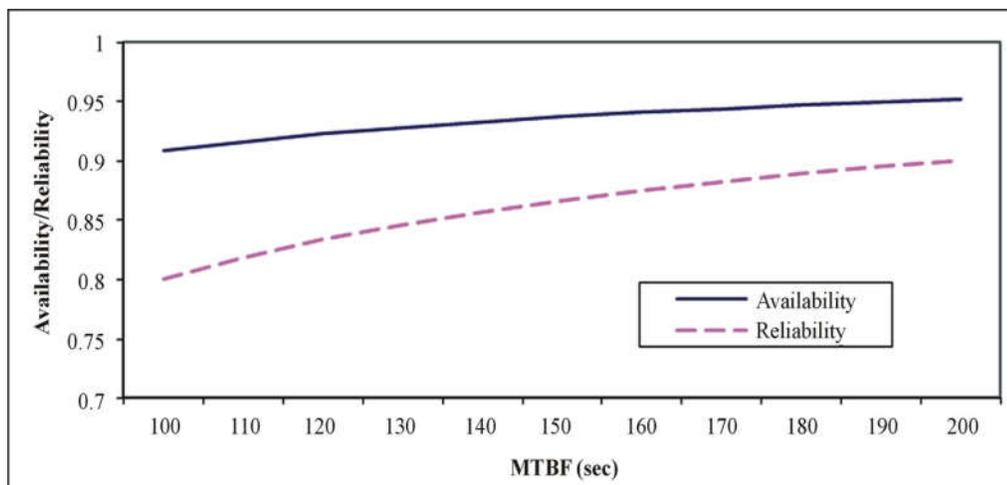
*Availability* adalah keadaan siap suatu peralatan baik dalam jumlah (kuantitas) maupun dalam kualitas sesuai dengan kebutuhan yang digunakan untuk melaksanakan proses operasi. Kesiapan (*availability*) tersebut dapat digunakan untuk menilai keberhasilan atau efektifitas dari kegiatan perawatan yang telah dilakukan. *Availability* dihitung menggunakan :

$$Availability = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \quad (2.28)$$

dengan :

MTTF = *Mean Time To Failure*

MTTR = *Mean Time To Repair*



Gambar 2-6 Hubungan Antara *Availability* dan *Reliability* dengan MTTF, Sumber : Anonim

### 2.13 Penelitian Terdahulu

Barabady (2008) melakukan penelitian di *crusher plant* tambang bauksit Jajarm, Iran. Tujuan jurnal penelitian ini adalah untuk menentukan subsistem kritis pada *crusher plant* untuk menentukan perbaikan yang dibutuhkan sehingga dapat dicapai *reliability* dan *availability* yang diinginkan. Dalam penelitiannya, Baradaby membagi *Crusher Plant* nomor tiga menjadi enam subsistem. Dengan menggunakan pendekatan analisa *reliability* dan dengan menggunakan *software Reliasoft Weibull + +6* didapatkan ternyata subsistem konveyor dan subsistem screen nomor dua merupakan subsistem yang kritis terhadap *reliability* dan *availability crusher plant*. Sehingga untuk meningkatkan *reliability crusher plant* perbaikan yang dilakukan seharusnya terkonsentrasi pada peningkatan *reliability* subsistem konveyor dan subsistem *screen* nomor dua, karena memiliki *effect* lebih terhadap *reliability crusher plant* dibandingkan subsistem lainnya. Untuk mendapatkan tingkat *reliability crusher plant* sebesar 0,9 , interval waktu *preventive maintenance* untuk subsistem konveyor adalah 8,2 jam. Sedangkan untuk subsistem *screen* nomor dua , interval waktu *preventive maintenancenya* adalah 19,4 jam.

Sedangkan penelitian yang menghitung interval penggantian komponen kritis berdasarkan optimasi biaya dengan menggunakan konsep *reliability* dilakukan oleh beberapa pihak. Diantaranya Febrianti (2016), Putra (2013) dan Satria (2012). Obyek penelitian yang dilakukan oleh Febrianti (2016) adalah peralatan sub unit sintesa di PT X salah satu perusahaan pupuk terbesar di Indonesia. Sedangkan obyek penelitian berdasarkan data kegagalan peralatan, dihitung MTTF dan distribusi kegagalan alat perangkat lunak statistik. Kemudian dengan perangkat lunak *monte carlo*, dilakukan penentuan interval waktu perawatan pencegahan serta penentuan, laju biaya perawatan minimum pada Sub Unit Sintesa. Dalam simulasi ini, dilakukan tiga tahap simulasi yaitupada sub-sub-sub unit, sub-sub unit dan sub unit. Hasil dari penelitian ini interval waktu perawatan pencegahan optimum yang didapatkan adalah rentang waktu 3 hari rentang fleksibilitas 1,55 sampai 4,45 hari. Laju biaya perawatan pencegahan pada interval optimum adalah sebesar Rp. 71,875.72 per jam dengan keandalan sub unit 95% dan 25,6% lebih besar dari keandalan system yang dipersyaratkan.

Sedangkan obyek penelitian yang dilakukan oleh Satria (2012) adalah alat instrumentasi QSC Scanner Type 2200-2 di PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia. Menggunakan metode FMEA untuk mengetahui kegagalan fungsional, mode kerusakan dan sejauh mana dampak yang ditimbulkan oleh kerusakan tersebut mempengaruhi subsistem dan sistem Data hasil FMEA tersebut digunakan untuk mengkategorikan jenis komponen kritis yang ditentukan secara kualitatif dengan melihat pengaruh kerusakan yang ditimbulkan terhadap sistem. Jika sistem gagal, maka komponen disebut sebagai komponen kritis, jika sistem tidak gagal, maka pengaruh kerusakan komponen tersebut dikatakan potensial. Kemudian data antar waktu kerusakan diolah menggunakan program *Weibull++6* digunakan untuk menentukan nilai keandalan, *probability of failure*, dan laju kerusakan tiap-tiap komponen. Dari kerusakan tersebut dipilih yang *failure mode*-nya mempengaruhi kegagalan operasi sistem. Dari nilai keandalan dan MTBF, dapat ditentukan interval penggantian komponen yang optimal. Kemudian dihitung biaya penggantian sebelum kerusakan, biaya penggantian setelah kerusakan dan *breakdown cost*. Selanjutnya ditentukan apakah nilai keandalannya pada saat interval tersebut optimal atau tidak. Kemudian dihitung *Cost Benefit Ratio* (CBR). Hasil dari penelitian ini adalah metode FMEA menghasilkan kategori komponen dengan rangking 1 sampai 10 adalah komponen kritis, karena jika komponen tersebut rusak, maka alat tidak dapat bekerja. Rangking 11 sampai 20 dikategorikan berpotensi menjadi komponen kritis karena telah terjadi penurunan fungsi kinerja komponen. Berdasarkan optimasi menunjukkan bahwa semua komponen tingkat keandalannya sudah memenuhi target yaitu diatas 0,95 sesuai ketentuan batas minimal dari perusahaan. Komponen *Color Lamp* memiliki waktu penggantian tercepat yaitu 16 hari, sedangkan yang terlama adalah *Power Supply* dengan 676 hari. Biaya penggantian terbesar adalah komponen *Power Track* sebesar US\$ 18,656 sedangkan manfaat yang diterima perusahaan jika melakukan penggantian komponen Power Track sebesar US\$ 19,840. Selain itu perusahaan akan memperoleh penghematan sebesar US\$ 824. Hasil penggantian masing-masing komponen jika dilihat dari sisi biaya adalah efektif, dengan nilai CBR kurang dari 1.

Obyek yang diteliti oleh Putra (2013) adalah mesin cetak Heidelberg CD102 di PT. X, salah satu perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur kertas. Obyek penelitian berdasarkan data waktu kegagalan sub sub sistem dikonversi menjadi data waktu antar kegagalan. Menggunakan perangkat lunak *Weibull++6* untuk melakukan pemilihan distribusi terbaik dari data waktu antar kegagalan serta penentuan parameternya. Berdasarkan parameter distribusi tersebut dapat ditentukan fungsi keandalan, laju kerusakan dan *Mean Time Between Failure* (MTBF) dari masing-masing sub sub sistem. Selanjutnya ditentukan interval waktu penggantian serta laju biaya penggantian sub-sub sistem dan penurunan laju biaya tersebut. Hasil dari penelitian ini interval waktu terendah dimiliki oleh sub sub sistem *feed board* sebesar 1,824 jam, sedangkan interval waktu penggantian tertinggi dimiliki oleh sub sub sistem roda gigi penggerak *roll printing* unit 2 sebesar 60,500 jam. Penurunan laju biaya penggantian terendah dimiliki oleh sub sub sistem *panel* sebesar Rp 99.00 per jam, sedangkan penurunan laju biaya penggantian tertinggi dimiliki oleh sub sub sistem *dryer* sebesar Rp 8,625.00 per jam

Dalam setiap proyek pertambangan terbuka, aliran investasi modal terbesar adalah pada kegiatan penggalian (*excavation*) dan kendaraan transportasi. Oleh karena itu sangat penting untuk menganalisa secara berkala kinerja peralatan tersebut untuk mencapai efektivitas dalam proses penggalian dan transportasi. Arputharaj (2015) menghitung *availability* dan *utilization* eksavator, *dump truck* dan *bulldozer*, serta menganalisa faktor-faktor yang dapat meningkatkan performa peralatan secara keseluruhan. Persentase *availability* menurut Apurtharaj (2015) menggambarkan seberapa baiknya manajemen perawatan dilakukan. Sedangkan untuk *utilization* sangat dipengaruhi dengan pengaturan *shift* kerja operator.

Dalam penelitian terdahulu diatas telah banyak dibahas mengenai *preventive replacement*, *reliability*, *MTTF*, *MTBF*, *availability* dan *minimize downtime*. Kelima penelitian terdapat kesamaan yaitu meningkatkan kinerja suatu alat. Febrianti (2016), Putra (2013) dan Satria (2012) berfokus pada interval penggantian komponen kritis berdasarkan optimasi biaya dengan menggunakan konsep *reliability*. Barabady (2008) menentukan subsistem kritis untuk menentukan perbaikan yang dibutuhkan sehingga dapat mencapai target *reliability*

dan *availability*. Sedangkan Arputharaj (2015) menghitung *availability* dan *utilization* ekskavator, *dump truck* dan *bulldozer*, serta menganalisa faktor-faktor yang dapat meningkatkan performa peralatan secara keseluruhan. Dari kelima penelitian tersebut dapat dikembangkan perencanaan pemeliharaan pencegahan dengan melakukan penjadwalan sehingga memberikan informasi kepada perusahaan kapan pekerjaan tersebut dilakukan dan berapa estimasi *availaibility* alat tersebut.

Dalam penelitian ini digunakan variabel *preventive replacement* yang bertujuan untuk mencegah *downtime* yang disebabkan oleh *corrective replacement*, dimana permasalahan utama dalam penelitian ini adalah banyaknya *downtime* yang disebabkan oleh kerusakan komponen karena *corrective replacement*. Dengan cara menentukan MTTF yang merupakan bagian dari konsep *reliability* agar bisa ditentukan berapa lama interval GOH. Untuk meningkatkan *availability* alat, maka harus dilakukan *minimize downtime* terhadap pekerjaan GOH. Selanjutnya dengan dilakukan penjadwalan memberikan informasi kepada perusahaan kapan pekerjaan tersebut dilakukan dan berapa estimasi *availaibility* alat tersebut.

Adapun korelasi penelitian yang dikerjakan dengan penelitian terdahulu seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2-1 Korelasi Penelitian yang Relevan

Judul	Penulis	Tahun	Preventive Replacement	Reliability	MTBF	MTTF	Availability	Minimize Down Time	Penjadwalan
<b>Reliability Analysis of Mining Equipment : A Case Study of Crushing Plant at Jajarm Bauxite Mine in Iran</b>	Barabady , Javad	2008		√	√		√		
<b>Analisa Penentuan Interval Waktu Penggantian Komponen Kritis Pada Alat Instumentasi QCS Scanner Type 2200-2 Di PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia</b>	Satria, Yhatna	2012	√	√					
<b>Penentuan Interval Waktu Penggantian Sub-Sub System Pada Mesin Heidelberg CD 102 di PT X</b>	Putra, Trisian Hendra	2013	√	√	√			√	
<b>Penentuan Interval Waktu Perawatan Pencegahan pada Peralatan Sub Unit Sintesa Unit Urea di PT. X menggunakan Simulasi <i>Monte Carlo</i>.</b>	Febrianti, Winy	2016	√	√		√		√	
<b>Studies On Availability And Utilization Of Mining Equipment - An Overview</b>	Apurtaraj , M. E	2015					√		
<b>Penelitian ini</b>		2019	√			√	√	√	√

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Untuk melakukan suatu penelitian diperlukan sebuah metode yang terstruktur, yang didalamnya terdapat langkah-langkah dan aturan-aturan tertentu untuk mendapatkan suatu hasil penelitian secara benar. Langkah-langkah tersebut tersusun secara sistematis untuk memudahkan pihak lain dalam memahami dan mengikuti proses penelitian. Berikut ini langkah-langkah dasar yang dilakukan untuk mencapai tujuan diatas adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data
2. Parameter Pemeliharaan
3. Perencanaan dan Penjadwalan GOH
4. Penarikan Kesimpulan dan Saran

Agar mudah dipahami dan diikuti langkah-langkah tersebut disajikan pada diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.

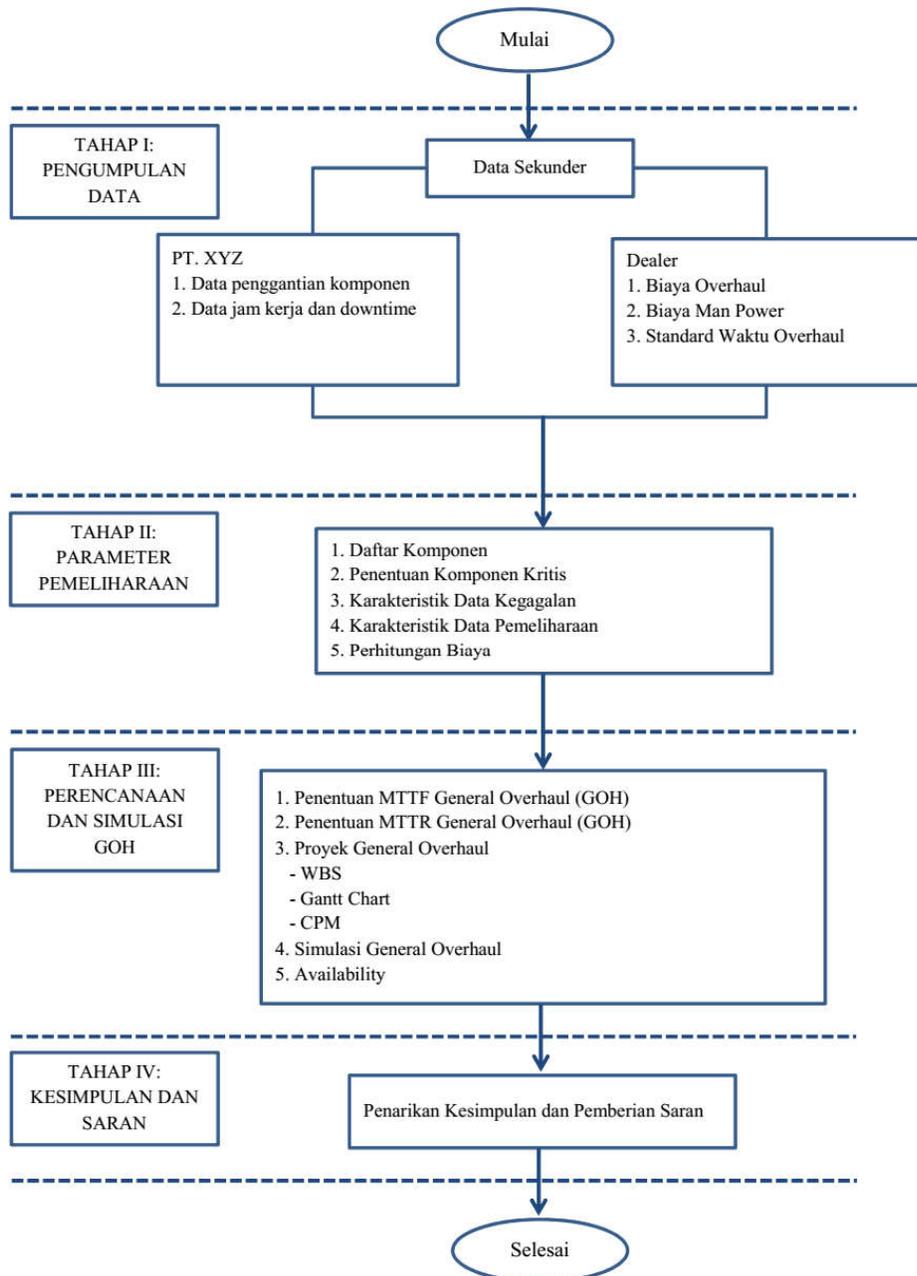
#### **3.1 Pengumpulan Data**

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang bersumber pada PT XYZ dan *dealer*. Adapun data yang diambil dari PT XYZ adalah sebagai berikut :

- Data penggantian komponen peralatan OHT Caterpillar 773E di PT. XYZ dari bulan Januari 2010 sampai dengan bulan Desember 2018
- Data jam kerja dan *downtime* OHT Caterpillar 773E dari bulan Januari 2010 sampai dengan bulan Desember 2018

Sedangkan data yang diambil dari *dealer* adalah sebagai berikut:

- Data biaya *overhaul* masing-masing komponen OHT *Caterpillar 773E*.
- Biaya man power per jam di area tambang.
- Standar waktu perbaikan/*recondition* dan lepas pasang komponen OHT *Caterpillar 773E*.
- Biaya tambahan yang diakibatkan kerusakan *corrective* pada komponen OHT *Caterpillar 773E*.



Gambar 3-1 Diagram Alir Penelitian

### **3.2 Parameter Pemeliharaan**

Pada tahap ini dilakukan penyusunan daftar komponen GOH OHT 773E, selanjutnya dilakukan penentuan komponen kritis dengan metode pareto / analisis ABC, kemudian menentukan karakteristik data kegagalan, menentukan karakteristik data pemeliharaan, dan terakhir menghitung biaya *loss component hours life* serta biaya tambahan *corrective replacement*.

#### **3.2.1 Daftar Komponen Utama**

Pada langkah ini dilakukan penyusunan daftar komponen GOH OHT 773E, biaya total GOH dan keterangan strategi penggantinya, menggunakan *recondition* atau *part exchange*.

#### **3.2.2 Penentuan Komponen Kritis**

Setelah diketahui daftar komponen GOH OHT 773E, selanjutnya menentukan komponen kritis dengan metode analisis ABC atau pareto *chart*.

#### **3.2.3 Karakteristik Data Kegagalan**

Komponen kritis yang terpilih dilengkapi dengan data failure rate berupa *Time To Tailure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) dari data penggantian komponen OHT 773E, selanjutnya ditentukan model distribusi data menggunakan program statistik Weibull ++6. Setelah ditemukan model distribusinya, selanjutnya dilakukan uji distribusi untuk mendapatkan parameter *failure rate*-nya.

#### **3.2.4 Karakteristik Data Pemeliharaan**

Setelah melakukan distribusi data dan diketahui distribusi serta parameternya, maka langkah selanjutnya adalah menghitung MTTF dan MTTR masing masing komponen. Persamaan MTTF/R yang digunakan mengacu pada distribusinya dengan persamaan 2.15, 2.19, 2.23 atau 2.17.

#### **3.2.5 Perhitungan Biaya**

Untuk menghitung MTTF GOH adalah dengan simulasi, dengan memperhitungkan dua faktor biaya yaitu biaya *loss component hours life* dan biaya tambahan *corrective replacement*.

Biaya *loss component hour's life* dihitung dari nilai komponen per jam dikalikan dengan umur sisa umur komponen yang tidak digunakan. Nilai komponen per jam merupakan nilai biaya *overhaul* dibagi dengan MTTF

komponen. Sedangkan biaya tambahan *corrective replacement* adalah biaya tambahan kerusakan yang diakibatkan oleh kerusakan komponen secara *corrective* yang diperoleh dari *dealer*.

### **3.3 Perencanaan dan Penjadwalan GOH**

Pada tahap ini ditentukan MTTF GOH, MTTR GOH, menyusun *Work Breakdown Structure*, membuat Gant Chart kemudian *Critical Path*, melakukan penjadwalan GOH dan melakukan perhitungan *availability*.

#### **3.3.1 Penentuan MTTF GOH**

Pada bagian ini akan dilakukan perhitungan biaya dampak GOH dengan mengacu pada MTTF masing-masing komponen. Dengan langkah sebagai berikut:

1. Menentukan komponen acuannya, dalam hal ini bisa mengambil salah satu komponen kritis dengan MTTF acuan yang bisa dilihat pada sub bab 4.4. karakteristik data pemeliharaan.
2. Melakukan perhitungan *loss component hours life*. Melakukan perhitungan selisih MTTF antara komponen acuan dengan komponen lainnya (MTTF komponen acuan dikurangi komponen lainnya), apakah negatif atau positif. Selisih bernilai positif apabila MTTF komponen acuan lebih besar dari MTTF komponen lain, begitu sebaliknya. Selanjutnya nilai tersebut dikalikan dengan nilai komponen perjam berdasarkan hasil perhitungan pada sub sub bab 4.5.2 biaya *loss component hours life*
3. Biaya tambahan *corrective replacement* dimasukkan dalam hitungan jika MTTF acuan lebih besar dari MTTF komponen lainnya. Bisa dilihat pada hasil perhitungan biaya sub sub bab 4.5.2. biaya tambahan *corrective replacement*.
4. Selanjutnya langkah kedua dikurangi langkah ketiga, hal ini dikarenakan biaya tambahan *corrective replacement* selalu bernilai negatif.
5. Dilakukan simulasi dengan acuan setiap komponen. Kemudian hasilnya dijumlahkan

MTTF GOH ditentukan oleh MTTF komponen yang memiliki dampak GOH paling rendah.

### **3.3.2 Penentuan MTTR GOH**

Pada tahap ini dilakukan penentuan MTTR GOH OHT 773E dengan melakukan perbandingan antara standar *dealer* dengan hasil perhitungan MTTF masing-masing komponen sebelumnya. Perhitungan meliputi lama waktu perbaikan, transportasi komponen dari lokasi tambang ke *workshop dealer* atau sebaliknya dan lepas pasang komponen. Akumulasi dari ketiga perhitungan yang mengacu kepada standar tersebut dibandingkan dengan MTTR. Nilai MTTR terendah akan dipilih sebagai acuan penyusunan *Work Breakdown Structure* (WBS).

### **3.3.3 Proyek GOH**

Pada bagian ini dilakukan penyusunan *Work Breakdown Structure* (WBS) berdasarkan komponen penyusun dan durasi GOH standar *dealer*. Dilanjutkan dengan penyusunan Gantt Chart menggunakan program Microsoft Project. Total durasi yang dihasilkan akan digunakan sebagai MTTR GOH. Kemudian menentukan jaringan kerja kritis (*critical path*) menggunakan program Microsoft Project.

### **3.3.4 Penjadwalan GOH**

Pada tahap ini dilakukan penjadwalan GOH masing-masing OHT 773E. Mengacu pada MTTF dan MTTF GOH dan dimulai dari history GOH terakhir atau jika belum pernah dilakukan GOH dimulai dari nol jam.

### **3.3.5 Availability**

Pada bagian ini dilakukan perhitungan *availability* dengan persamaan 2.28, untuk tahun 2018 dihitung berdasarkan history dan tahun 2020 selanjutnya dihitung berdasarkan jadwal GOH.

## **3.4 Kesimpulan dan Saran**

Pada tahapan ini diberikan kesimpulan dan saran dari keseluruhan rangkaian penelitian yang sudah dicapai dan pemberian saran-saran terhadap perusahaan maupun penelitian yang akan datang.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

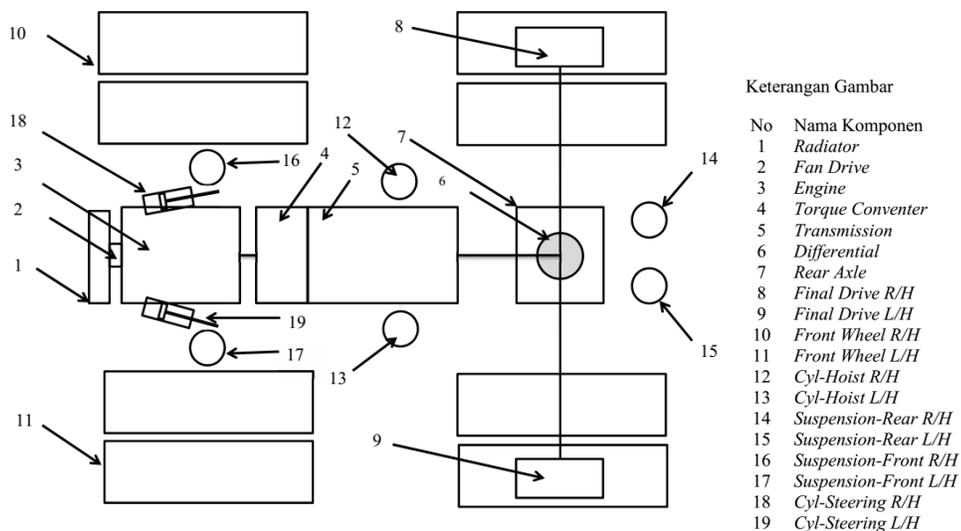
## BAB 4

### PARAMETER PEMELIHARAAN

Pada bab ini akan dilakukan penyusunan daftar komponen GOH OHT 773E, selanjutnya dilakukan penentuan komponen kritis dengan metode pareto / analisis ABC, kemudian menentukan karakteristik data kegagalan, menentukan karakteristik data pemeliharaan, dan terakhir menghitung biaya *loss component hours life* serta biaya tambahan *corrective replacement*.

#### 4.1 Daftar Komponen Utama

Berikut gambar komponen utama penyusun OHT 773E:



Gambar 4-1 Komponen Utama Penyusun OHT 773E

Data komponen utama dan besarnya biaya *overhaul* per masing-masing komponen disajikan pada table 4.1.

Tabel 4-1 Data Komponen dan Biaya *Overhaul*

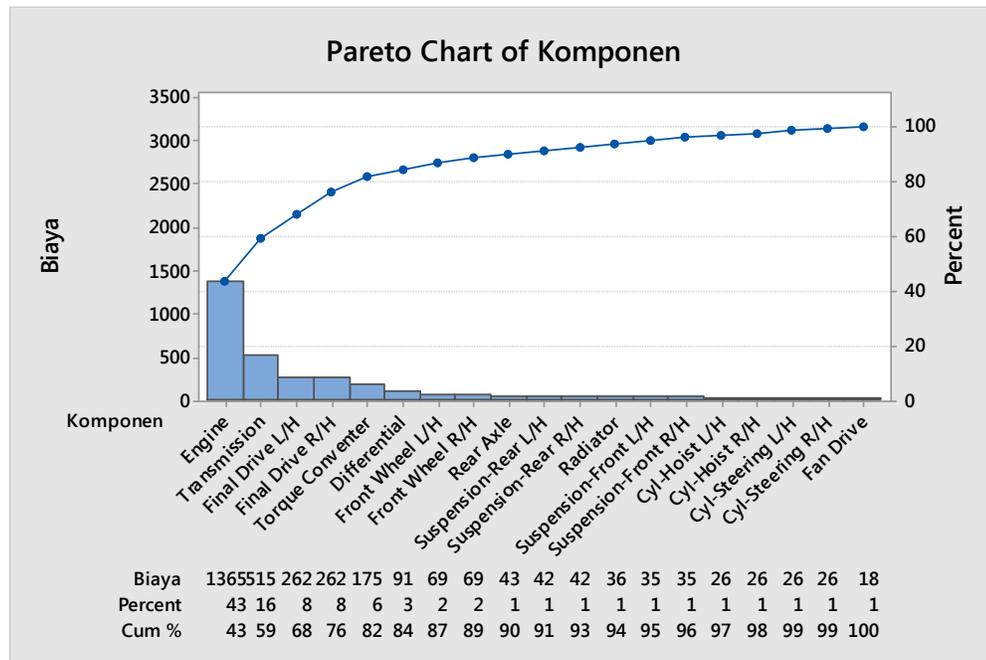
No	Komponen	Biaya Total (dalam juta)	Keterangan
1	<i>Engine</i>	Rp 1,365	<i>Part Exchange</i>
2	<i>Transmission</i>	Rp 515	<i>Part Exchange</i>
3	<i>Final Drive R/H</i>	Rp 262	<i>Recondition</i>
4	<i>Final Drive L/H</i>	Rp 262	<i>Recondition</i>
5	<i>Torque Converter</i>	Rp 175	<i>Part Exchange</i>
6	<i>Differential</i>	Rp 91	<i>Recondition</i>
7	<i>Front Wheel R/H</i>	Rp 69	<i>Recondition</i>
8	<i>Front Wheel L/H</i>	Rp 69	<i>Recondition</i>
9	<i>Rear Axle</i>	Rp 43	<i>Recondition</i>
10	<i>Suspension-Rear R/H</i>	Rp 42	<i>Recondition</i>
11	<i>Suspension-Rear L/H</i>	Rp 42	<i>Recondition</i>
12	<i>Radiator</i>	Rp 36	<i>Recondition</i>
13	<i>Suspension-Front R/H</i>	Rp 35	<i>Recondition</i>
14	<i>Suspension-Front L/H</i>	Rp 35	<i>Recondition</i>
15	<i>Cyl-Hoist R/H</i>	Rp 26	<i>Recondition</i>
16	<i>Cyl-Hoist L/H</i>	Rp 26	<i>Recondition</i>
17	<i>Cyl-Steering R/H</i>	Rp 26	<i>Recondition</i>
18	<i>Cyl-Steering L/H</i>	Rp 26	<i>Recondition</i>
19	<i>Fan Drive</i>	Rp 18	<i>Recondition</i>
Total		Rp 3,162	

Biaya total merupakan penjumlahan dari biaya *spare part standar overhaul*, biaya tenaga kerja untuk *recondition*, biaya tenaga lepas pasang komponen dan pajak pertambahan nilai (PPN). Data tersebut diperoleh dari *dealer* OHT caterpillar 773E tahun 2019.

*Part Exchange* adalah mengkondisikan komponen alat berat tersebut kembali standar pabrik dimana *dealer* menyediakan komponen yang sudah siap pakai untuk ditukar dengan komponen pelanggan yang rusak. Sedangkan *recondition* adalah *dealer* melakukan *overhaul* sesuai standar pabrik pada komponen pelanggan yang rusak.

## 4.2 Penentuan Komponen Kritis

Berdasarkan data yang diperoleh table 4.1, maka ditentukan komponen mana yang termasuk dalam komponen kritis. Komponen kritis didapat dengan mempertimbangkan banyaknya total biaya *overhaul* pada OHT 773E sehingga akan diperoleh pareto komponen seperti pada gambar 4.2.:



Gambar 4-2 Diagram Pareto Komponen Utama

Dari diagram pareto komponen utama tersebut didapatkan komponen yang mempunyai biaya *overhaul* paling besar, dipilih untuk diamati dalam penelitian ini. Dengan mengacu pada hukum pareto 80:20, maka diperoleh komponen kritis yang akan diamati disajikan pada tabel 4.2.

Tabel 4-2. Top 5 (*five*) Pareto Komponen Utama

No	Komponen	Biaya Total (dalam juta)	Keterangan
1	<i>Engine</i>	Rp1,378	<i>Part Exchange</i>
2	<i>Transmission</i>	Rp470	<i>Part Exchange</i>
3	<i>Final Drive R/H</i>	Rp241	<i>Recondition</i>
4	<i>Final Drive L/H</i>	Rp241	<i>Recondition</i>
5	<i>Torque Converter</i>	Rp161	<i>Part Exchange</i>

Komponen Utama dalam penelitian ini selanjutnya disebut sebagai komponen. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data waktu antar penggantian lima komponen tersebut. Data waktu antar penggantian komponen ditunjukkan dengan *Time To Failure* (TTF) dan *downtime* ditunjukkan *Time To Repair* (TTR) untuk komponen *torque converter* disajikan pada tabel 4.3:

Tabel 4-3. Data Penggantian Komponen *Engine*

Tanggal	TTF	TTR
23-Oct-09	13272	672
10-May-09	9564	1440
11-Nov-11	18843.5	4440
5-Jan-11	17817.2	2160
2-Sep-12	19999	720
1-Jun-11	18617.6	4416
26-Nov-11	18275.6	3048
23-Feb-19	33319.2	3768
29-Nov-17	20911.8	504
2-Mar-18	20857	408
22-Jan-18	21181.2	652.2
11-Oct-15	9389	14112
25-Aug-17	20334.2	435.7
24-Sep-17	21063.9	2400
22-Dec-12	11852.6	3072
31-May-12	11496.2	2736
9-Oct-17	16302.2	624
8-Apr-18	15063.8	3312
30-Apr-14	25218.9	80.9

Data waktu antar penggantian komponen lainnya dapat dilihat pada lampiran A.

### 4.3 Karakteristik Data Kegagalan

Langkah selanjutnya adalah mencari pola distribusi dan parameternya dari TTF dan TTR masing-masing komponen kritis menggunakan program Weibull++6. Adapun distribusi dan parameter komponen kritis 773E disajikan pada tabel 4.4:

Tabel 4-4 Distribusi Data dan Parameter *Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) Komponen Kritis

Komponen	<i>Time To Failure</i> (TTF)			<i>Time To Repair</i> (TTR)		
	Distribusi	Parameter	Nilai	Distribusi	Parameter	Nilai
<i>Engine</i>	Weibull 2	Beta ( $\beta$ )	3.7056	Weibull 2	Beta ( $\beta$ )	1.0027
		Eta ( $\eta$ )	19936		Eta ( $\eta$ )	2467.5609
<i>Transmission</i>	Weibull 3	Beta ( $\beta$ )	4.2358	Weibull 3	Beta ( $\beta$ )	0.7161
		Eta ( $\eta$ )	23425		Eta ( $\eta$ )	745.3832
<i>Final Drive</i>	Weibull 2	Beta ( $\beta$ )	3.6133	Weibull 2	Beta ( $\beta$ )	2.0022
		Eta ( $\eta$ )	24563		Eta ( $\eta$ )	209.2334
<i>Torque Converter</i>	Weibull 2	Beta ( $\beta$ )	2.9746	Weibull 3	Beta ( $\beta$ )	0.9074
		Eta ( $\eta$ )	24199		Eta ( $\eta$ )	236.9147

### 4.4 Karakteristik Data Pemeliharaan

Setelah melakukan distribusi data dan diketahui distribusi serta parameternya, maka langkah selanjutnya adalah menghitung MTTF dan MTTR masing masing komponen. Persamaan MTTF/R yang digunakan mengikuti distribusinya, dari table 4-4 didapatkan distribusi weibul, sehingga.digunakan persamaan 2.27. Perhitungan MTTF *Engine* dengan distribusi weibull adalah sebagai berikut:

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

$$MTTF = 19936 \Gamma\left(\frac{1}{3.7056} + 1\right)$$

$$MTTF = 17992.81$$

Hasil perhitungan MTTF dan MTTR komponen kritis lainnya disajikan pada table 4.5:

Tabel 4-5 Tabel Nilai MTTF dan MTTR Komponen Kritis

Komponen	Time To Failure			Time To Repair		
	Parameter	Nilai	MTTF	Parameter	Nilai	MTTR
Engine	Beta ( $\beta$ )	3.7056	17992.81	Beta ( $\beta$ )	1.0027	2463.76
	Eta ( $\eta$ )	19936		Eta ( $\eta$ )	2467.561	
Transmission	Beta ( $\beta$ )	4.2358	21302.28	Beta ( $\beta$ )	0.7161	923.75
	Eta ( $\eta$ )	23425		Eta ( $\eta$ )	745.3832	
Final Drive	Beta ( $\beta$ )	3.6133	22138.28	Beta ( $\beta$ )	2.0022	185.42
	Eta ( $\eta$ )	24563		Eta ( $\eta$ )	209.2334	
Torque Converter	Beta ( $\beta$ )	2.9746	21601.19	Beta ( $\beta$ )	0.9074	248.17
	Eta ( $\eta$ )	24199		Eta ( $\eta$ )	236.9147	

#### 4.5 Perhitungan Biaya

Untuk menghitung MTTF GOH adalah dengan simulasi, dengan memperhitungkan dua faktor biaya yaitu biaya *loss component hours life* dan biaya tambahan *corrective replacement*.

##### 4.5.1 Biaya Loss Component Hours Life

Biaya *loss component hour's life* dihitung dari nilai komponen per jam dikalikan dengan sisa umur komponen yang tidak digunakan. Nilai komponen diperoleh dari nilai biaya *overhaul* mengacu pada table 4-2 dan nilai MTTF dari tabel 4-5.

$$\text{Nilai komponen perjam} = \frac{\text{Nilai komponen}}{MTTF}$$

Perhitungan nilai komponen per jam untuk *engine* sebagai berikut:

$$\text{Nilai komponen per jam} = \frac{Rp1,377,946,660}{17992.81}$$

Nilai komponen per jam = Rp 75,850

Nilai komponen per jam untuk *engine* sebesar Rp 75,850. Dengan cara yang sama dihitung nilai komponen per jam dari komponen lainnya, berikut tabel nilai komponen per jam untuk komponen kritis.

Tabel 4-6. Nilai Komponen per Jam

No	Komponen	Nilai Komponen	MTTF	Nilai Komponen per Jam
1	<i>Engine</i>	Rp 1,364,746,660	17992.81	Rp 75,850
2	<i>Transmission</i>	Rp 468,105,633	21302.28	Rp 21,974
3	<i>Final Drive</i>	Rp 238,320,720	22138.28	Rp 10,765
4	<i>Torque Converter</i>	Rp 158,664,482	21601.19	Rp 7,345

#### 4.5.2 Biaya Tambahan *Corrective Replacement*

Biaya tambahan *corrective replacement* adalah biaya tambahan kerusakan yang diakibatkan oleh kerusakan komponen secara *corrective*. Biaya tersebut didapatkan dari *history* yang pernah terjadi dengan harga terkini dari *dealer* disajikan pada table 4.7 :

Tabel 4-7 Biaya Tambahan *Corrective Replacement*

No	Komponen	Biaya tambahan
1	<i>Engine</i>	Rp 816,990,900
2	<i>Transmission</i>	Rp 304,840,483
3	<i>Final Drive RH</i>	Rp 339,511,075
4	<i>Final Drive LH</i>	Rp 339,511,075
5	<i>Torque Converter</i>	Rp 300,439,814

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB 5**

### **PERENCANAAN DAN PENJADWALAN GOH**

#### **5.1 Penentuan MTTF GOH**

Berdasarkan perhitungan sebelumnya telah diperoleh MTTF, biaya loss *component hours life* dan biaya tambahan *corrective replacement*. Pada bagian ini akan dilakukan perhitungan biaya dampak GOH dengan mengacu pada MTTF masing-masing komponen. Biaya tersebut menjadi dasar kapan melakukan GOH OHT 773E.

Dengan langkah sebagai berikut:

1. Menentukan komponen acuannya, dalam hal ini bisa mengambil salah satu komponen kritis dengan MTTF acuan yang bisa dilihat pada tabel 4-5.
2. Melakukan perhitungan *loss component hours life*. Melakukan perhitungan selisih MTTF antara komponen acuan dengan komponen lainnya (MTTF komponen acuan dikurangi komponen lainnya), apakah negatif atau positif. Selisih bernilai positif apabila MTTF komponen acuan lebih besar dari MTTF komponen lain, begitu sebaliknya. Selanjutnya nilai tersebut dikalikan dengan nilai komponen perjam berdasarkan table 4-6.
3. Biaya tambahan *corrective replacement* dimasukkan dalam hitungan jika MTTF acuan lebih besar dari MMTF komponen lainnya. Bisa dilihat pada hasil perhitungan pada tabel 4-7.
4. Selanjutnya langkah kedua dikurangi langkah ketiga, hal ini dikarenakan biaya tambahan *corrective replacement* selalu bernilai negatif.
5. Dilakukan simulasi dengan acuan setiap komponen. Kemudian hasilnya dijumlahkan.

Jika komponen acuannya adalah *engine*, maka biaya dampak GOH sebagai berikut :

1. MTTF *Engine* adalah 17,992.81 dengan pengacu adalah MTTF *transmission* 21,302.28
2. Biaya *Loss Component Hours Life*

$$\begin{aligned}
&= (\text{MTTF engine} - \text{MTTF transmission}) \times \text{nilai komponen perjam} \\
&\quad \text{transmission} \\
&= (17,992.81 - 21,302.28) \times \text{Rp}21,974 \\
&= - \text{Rp } 72,723,743.5
\end{aligned}$$

3. Tidak ada biaya tambahan *corrective replacement*, dikarenakan MTTF *engine* lebih kecil dari MTTF *transmission*.
4. Total biaya terhitung adalah
  - = Biaya *loss component hours life* - biaya tambahan *corrective replacement*
  - = - Rp 72,723,743.5 - 0
  - = - Rp 72,723,743.5
5. Simulasi tersebut dilanjutkan dengan komponen lainnya, dalam hal ini *Final Drive RH*, *Final Drive LH*, *Torque Converter*. Kemudian hasilnya dijumlahkan. Maka didapatkan hasil seperti pada tabel 5-1 berikut:

Tabel 5-1 Hasil Perhitungan Biaya Dampak GOH dengan Acuan MTTF *Engine*

No	Komponen	Biaya <i>Loss Component Hours Life</i>	Biaya Tambahan <i>Corrective Replacement</i>
1	<i>Transmission</i>	-Rp 72,723,743.54	Rp -
2	<i>Final Drive RH</i>	-Rp 44,626,384.49	Rp -
3	<i>Final Drive LH</i>	-Rp 44,626,384.49	Rp -
4	<i>Torque Converter</i>	-Rp 26,504,176.06	Rp -
Sub Total		-Rp 188,480,688.57	Rp -
Total Biaya Dampak			-Rp 188,480,688.57

Setelah dilakukan perhitungan simulasi biaya GOH dampak menggunakan acuan masing masing komponen, hasil perhitungan untuk

komponen lainnya disajikan pada lampiran B. Summary hasil perhitungan biaya dampak GOH dengan acuan masing-masing komponen disajikan pada tabel 5-2:

Tabel 5-2 Hasil Perhitungan Biaya Dampak GOH dengan Acuan Masing-masing Komponen

No	Komponen Acuan	MTTF	Biaya Dampak
1	<i>Engine</i>	17,992.81	-Rp 188,480,688.57
2	<i>Transmission</i>	21,302.28	-Rp 1,565,625,819.80
3	<i>Final Drive RH</i>	22,138.28	-Rp 480,243,189.37
4	<i>Final Drive LH</i>	22,138.28	-Rp 480,243,189.37
5	<i>Torque Converter</i>	21,601.19	-Rp 318,195,609.08

Berdasarkan Tabel 5-2 dimana biaya dampak terkecil terjadi jika penjadwalan GOH menggunakan *engine* sebagai komponen acuan, sehingga ditentukan bahwa MTTF GOH adalah 17,992.81.

## 5.2 Penentuan MTTR GOH

Merujuk pada tabel 4-5, diperoleh MTTR setiap komponen kritis. Tahap selanjutnya adalah menentukan MTTR GOH OHT 773E dengan melakukan perbandingan antara standar *dealer* dengan hasil perhitungan. *Dealer* telah menetapkan standar sesuai dengan lampiran C. Pada bagian ini akan ditentukan lama waktu perbaikan, transportasi komponen dari lokasi tambang ke *workshop dealer* atau sebaliknya dan lepas pasang komponen.

### 5.2.1 Lama Waktu Perbaikan Komponen

Penggantian komponen *overhaul* bisa dilakukan dengan *recondition dealer* atau menggunakan *part exchange (PEX)*, untuk perlakuan terakhir lamanya waktu perbaikan adalah nol jam, karena komponen sudah disiapkan terlebih dahulu oleh *dealer*. Lama waktu *recondition* ditentukan oleh besar-kecil atau rumit-sederhana sistem komponen tersebut. *Dealer* bisa melakukan di lokasi

tambang untuk komponen yang kecil atau sederhana sedangkan yang besar dan rumit dilakukan di wokshop *dealer*. Standar perbaikan bisa disajikan pada lampiran C.

Lama waktu *recondition* komponen *engine* adalah 467 man hours, dengan jumlah man power yang disediakan tiga orang, maka durasi menjadi:

$$\begin{aligned}\text{Lama Perbaikan Engine} &= \frac{467}{3} \\ &= 155.7 \text{ jam}\end{aligned}$$

Perbedaan jam kerja antara *workshop dealer* dan lokasi tambang, maka harus ada koefisien jika pekerjaan dilakukan di lokasi *workshop dealer*. Jam kerja *dealer* adalah 8 jam sehari, sedangkan jam kerja di lokasi tambang adalah 24 jam. Maka koefisiennya menjadi:

$$\begin{aligned}\text{Koefisien} &= \frac{24}{8} \\ &= 3\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas bisa disimpulkan bahwa pekerjaan yang dilakukan di *workshop dealer* menjadi tiga kali lebih lama (dalam hitungan hari atau 24 jam) dibandingkan pekerjaan dilakukan di lokasi tambang.

Sehingga lama perbaikan *engine* di *workshop dealer* menjadi”

$$\begin{aligned}\text{Lama perbaikan engine} &= 3 \times 155.7 \\ &= 467 \text{ jam}\end{aligned}$$

### 5.2.2 Lama Transportasi

Transportasi komponen dari lokasi tambang ke *workshop dealer*, lokasi tambang di Asam-asam ke Banjarmasin sekitar satu hari, dalam hal ini termasuk pengepakan, pengangkatan ke truk dan persiapan surat jalan.

### 5.2.3 Lama Lepas Pasang Komponen

Standar *dealer* untuk pelepasan dan pemasangan komponen disajikan pada lampiran C. Apabila pekerjaan dilakukan di lokasi tambang, maka nilai

standar pekerjaan yang dilakukan di *workshop dealer* dikalikan dengan koefisien 1.5. Hal ini disebabkan tingkat kesulitan pekerjaannya lebih tinggi.

Berdasarkan lampiran C, lepas pasang komponen *engine* adalah 80 *man hours*, dikarenakan pekerjaan dilakukan di lokasi tambang menjadi :

$$= 80 \times 1.5$$

$$= 120 \text{ man hours}$$

Dengan jumlah tenaga kerja yang disediakan dua orang, maka durasinya menjadi:

$$\text{Lama lepas pasang} = \frac{120}{2}$$

$$= 60 \text{ jam}$$

Lepas pasang komponen selengkapnya disajikan pada lampiran C.

#### 5.2.4 Perhitungan TTR Komponen

Untuk mengetahui TTR komponen *engine* standar *dealer*, maka dilakukan penjumlahan antara lama waktu perbaikan komponen, lama transportasi dan lama lepas pasang komponen.

Sehingga total TTR dari *engine* adalah

$$\text{TTR Engine Recondition} = 467 + (2 \times 24) + 60$$

$$= 575 \text{ jam}$$

Jika menggunakan PEX, TTR menjadi

$$\text{TTR Engine PEX} = 0 + (2 \times 24) + 60$$

$$= 108 \text{ jam}$$

Setelah dilakukan perhitungan untuk semua komponen kritis, maka diperoleh hasil seperti pada tabel 5-3:

Tabel 5-3. Hasil Perhitungan TTR Berdasarkan Standar *Dealer*

No	Komponen	Durasi (Jam)	
		<i>Recondition</i>	<i>Part Exchange</i>
1	<i>Engine</i>	575	84
2	<i>Transmission</i>	109	55
3	<i>Final Drive</i>	89	-
4	<i>Torque Converter</i>	104	56

Tabel 5-3 diatas dibandingkan dengan MTTR hasil perhitungan tabel 4-5 disajikan pada tabel 5-4 sebagai berikut:

Tabel 5-4 Perbandingan MTTR dengan Standar Durasi *Dealer*

No	Komponen	Durasi (Jam)		
		<i>Recondition</i>	<i>Part Exchange</i>	MTTR
1	<i>Engine</i>	575	84	2463.76
2	<i>Transmission</i>	109	55	923.75
3	<i>Final Drive</i>	89	-	185.42
4	<i>Torque Converter</i>	104	56	248.17

Dari tabel 5-4 diatas, terlihat bahwa durasi standar *dealer* lebih kecil dari MTTR hasil history. Sehingga durasi standar *dealer* dipilih menjadi MTTR GOH.

### 5.3 Proyek GOH

Setelah menentukan MTTR GOH, langkah selanjutnya adalah menyusun *Work Breakdown Structure* (WBS), kemudian membuat Gantt Chart dan dilanjutkan dengan menentukan *Critical Path*.

#### 5.3.1 *Work Breakdown Structure* (WBS)

Pada tahap ini disusun *work breakdown structure* (WBS) GOH untuk unit OHT 773E berdasarkan aktivitas yang dilakukan pada saat GOH. Terdapat 6 (*enam*) aktivitas utama dari GOH, yaitu:

1. Persiapan unit
2. Pelepasan Komponen
3. Pembersihan
4. *Overhaul*,
5. Pemasangan komponen
6. *Finishing*.

Dari 6 (*enam*) aktivitas utama tersebut, masing-masing didetailkan menjadi aktivitas yang lebih spesifik. Tabel 5.5 merupakan WBS dari aktivitas utama *overhaul*.

Tabel 5-5 *Work Breakdown Structure* dari Grup Aktivitas *Overhaul*

<b>4. OVERHAUL</b>	
4.1	Recondition Hoist Cylinder RH
4.2	Recondition Hoist Cylinder LH
4.3	Recondition Suspension-Rear R/H
4.4	Recondition Suspension-Rear L/H
4.5	Recondition Fan Drive
4.6	Recondition Front Wheel R/H
4.7	Recondition Suspension-Front R/H
4.8	Recondition Front Wheel L/H
4.9	Recondition Suspension-Front L/H
4.10	Recondition Cyl-Steering R/H
4.11	Recondition Cyl-Steering L/H
4.12	Recondition Differential
4.13	Recondition Rear Axle

*Work Breakdown Structure* lengkap dari GOH OHT 777E disajikan pada lampiran E.

### 5.3.2 *Gantt Chart* GOH

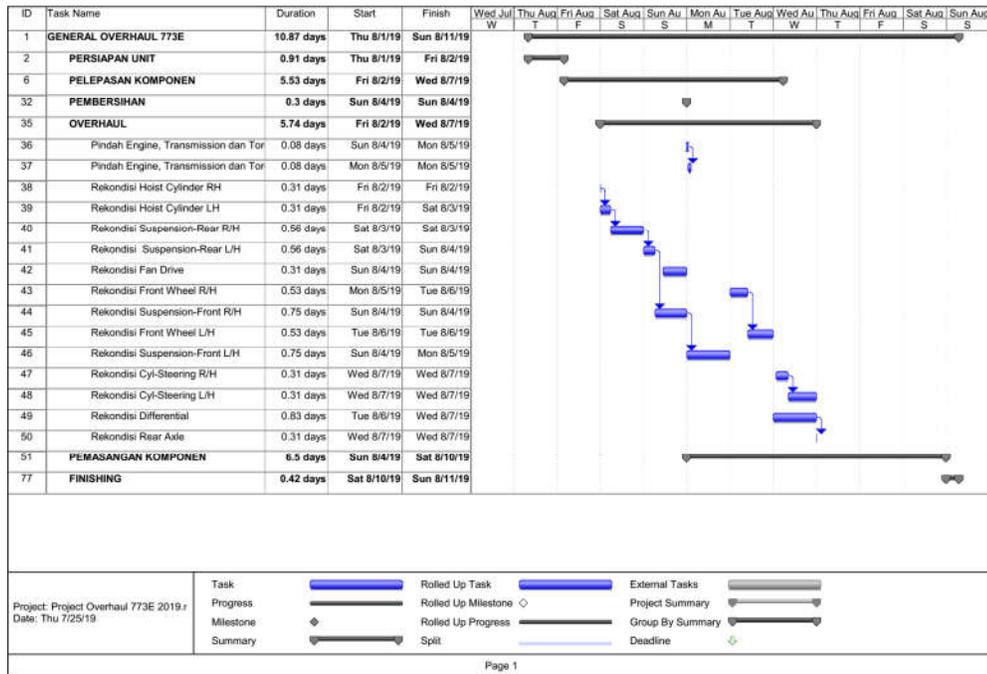
Setelah didapatkan WBS, dilanjutkan dengan melengkapi aktivitas dengan durasi dan *predecessor*. Pada tahap *overhaul*, aktivitas beserta durasi dan *predecessor* disajikan pada tabel 5-6.

Tabel 5-6 Aktivitas GOH Tahap *Overhaul*

<b>Aktivitas</b>	<b>Deskripsi Aktivitas</b>	<b>Jumlah Man Hours</b>	<b>Man Power</b>	<b>Durasi (Jam)</b>	<b>Durasi (hari)</b>	<b>Predessor</b>
4	<i>OVERHAUL</i>				0.00	
4.1	<i>Recondition Hoist Cylinder RH</i>	15	2	7.5	0.31	2.4
4.2	<i>Recondition Hoist Cylinder LH</i>	15	2	7.5	0.31	4.1
4.3	<i>Recondition Suspension-Rear R/H</i>	27	2	13.5	0.56	4.2
4.4	<i>Recondition Suspension-Rear L/H</i>	27	2	13.5	0.56	4.3
4.5	<i>Recondition Fan Drive</i>	7.5	1	7.5	0.31	2.11
4.6	<i>Recondition Front Wheel R/H</i>	25.5	2	12.75	0.53	2.19
4.7	<i>Recondition Suspension-Front R/H</i>	36	2	18	0.75	4.4
4.8	<i>Recondition Front Wheel L/H</i>	25.5	2	12.75	0.53	4.6
4.9	<i>Recondition Suspension-Front L/H</i>	36	2	18	0.75	4.7
4.10	<i>Recondition Cyl-Steering R/H</i>	15	2	7.5	0.31	2.24
4.11	<i>Recondition Cyl-Steering L/H</i>	15	2	7.5	0.31	4.10
4.12	<i>Recondition Differential</i>	60	3	20	0.83	2.23
4.13	<i>Recondition Rear Axle</i>	15	2	7.5	0.31	4.12

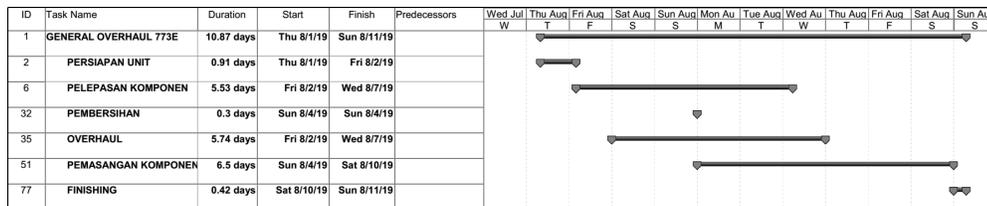
Detail aktivitas GOH lengkap disajikan pada lampiran D.

Selanjutnya menggunakan program Microsoft Project, data-data tersebut dimasukkan untuk mendapatkan Gantt Charts. Hasil Gantt Charts untuk aktivitas *overhaul* disajikan pada gambar 5-1 berikut:



Gambar 5-1 Gantt Charts Aktivitas *Overhaul* GOH OHT 773E

Sedangkan Gantt chart untuk aktivitas utama GOH adalah seperti ditampilkan pada Gambar 5-2.



Gambar 5-2 Gantt Chart Aktivitas Utama GOH OHT 773

Gantt Charts dengan detail aktivitas disajikan pada lampiran F. Total durasi aktivitas dari persiapan sampai *finishing* pada gantt chart GOH OHT 773E adalah 10.87 hari atau 260.88 jam. Sehingga MTTR GOH adalah 260.88 jam.

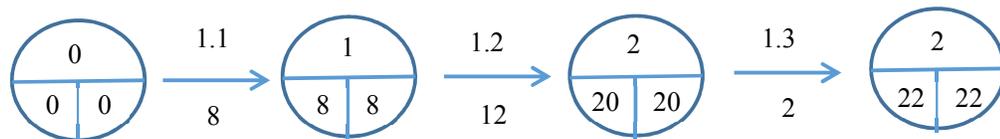
### 5.3.3 Critical Path Methode (CPM)

*Critical path* atau path yang kritis yang menjadi penentu performansi project. Pada langkah persiapan dengan mengacu pada lampiran D, diperoleh aktivitas GOH sebagai berikut :

Tabel 5-7 Aktivitas GOH Tahap Persiapan

Aktivitas	Deskripsi Aktivitas	Jumlah Man Hours	Man Power	Durasi (Jam)	Durasi (hari)	Predessor
1	PERSIAPAN UNIT					
1.1	Terima Unit & PM Clinic	8	1	8	0.33	
1.2	Cuci Unit	24	2	12	0.50	1.1
1.3	Memposisikan Unit	4	2	2	0.08	1.2

Adapun jaring kerjanya adalah sebagai berikut:



Gambar 5-3 Jaring Kerja Aktivitas GOH Tahap Persiapan

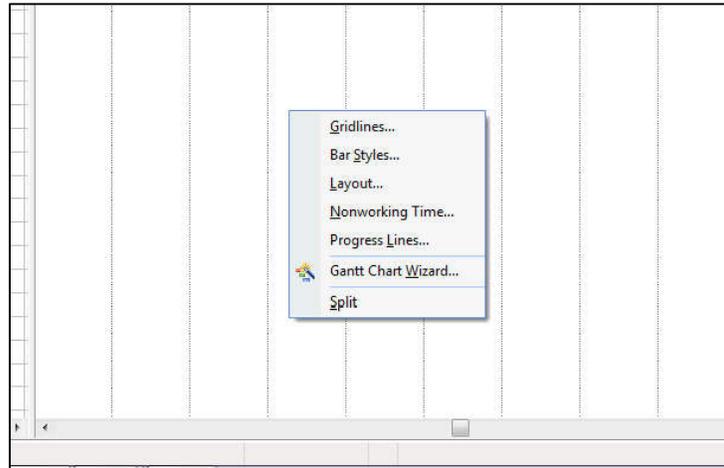
Sehingga *path* kritisnya menjadi sebagai berikut:

1.1 – 1.2 – 1.3

Sehingga durasi keseluruhan tahap persiapan menjadi 22 jam.

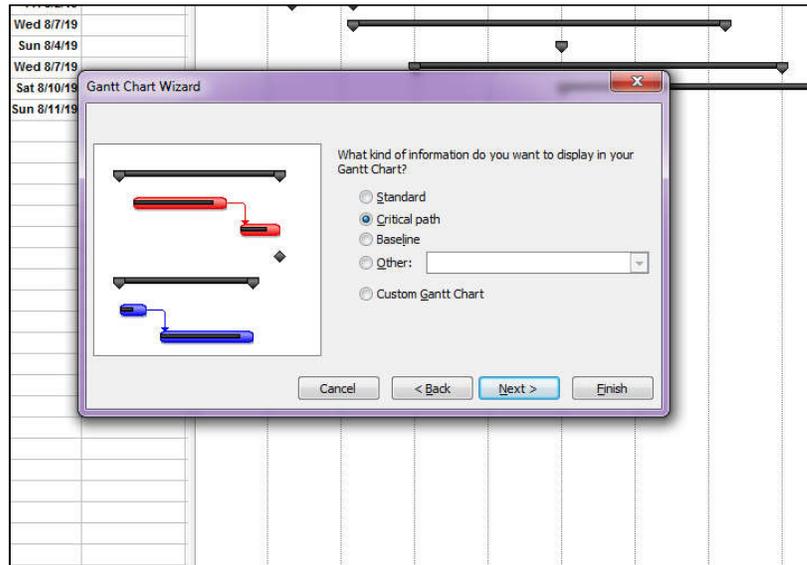
Dari hasil perhitungan diatas didapatkan bahwa seluruh aktivitas pada tahap persiapan adalah *path* kritis. Sehingga agar performansi proyek terjaga, maka tahap persiapan harus sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan.

*Path* kritis dapat diperoleh dari grafik Gantt Chart Microsoft project, dengan cara mengklik kanan pada gantt charts kemudian akan muncul gambar 5-4 sebagai berikut:



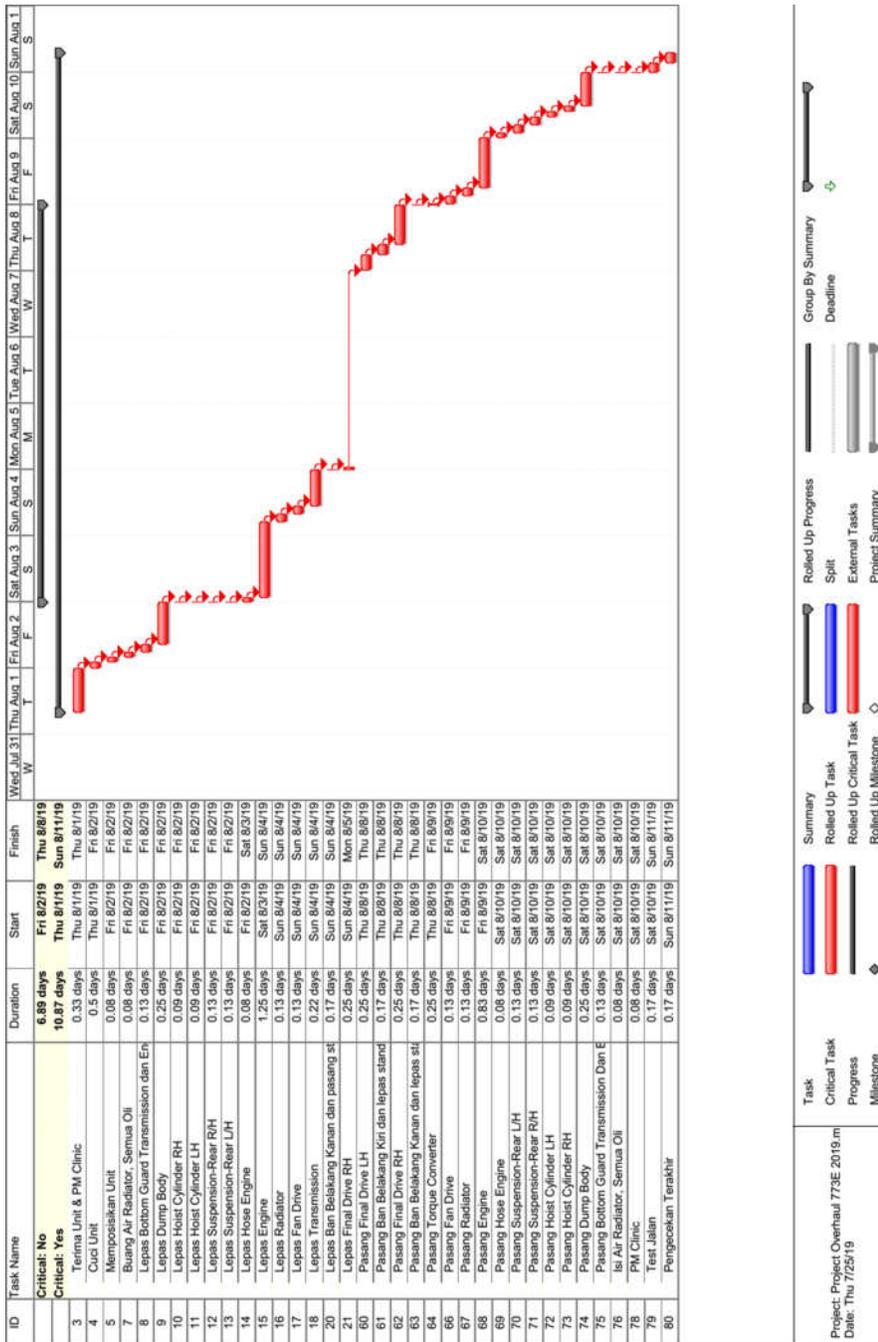
Gambar 5-4 Menu Lintasan Kritis

Kemudian dipilih “next” akan muncul gambar 5-5 sebagai berikut:



Gambar 5-5 Menu Pilihan Lintasan Kritis

Kemudian dipilih “*critical path*”, selanjutnya dipilih “*resources and dates*”, dilanjutkan memilih “*yes*” kemudian dipilih “*format it*” maka kemudian “*exit wizard*” dan muncul gambar 5-6 sebagai berikut:



Gambar 5-6 Lintasan Kritis GOH 773E

Pada tabel 5-8 adalah aktivitas critical path dan harus menjadi perhatian dalam proyek GOH :

No	Deskripsi Aktivitas
1	Terima Unit & PM Clinic
2	Cuci Unit
3	Memposisikan Unit
4	Buang Air Radiator, Semua Oli
5	Lepas Bottom Guard Transmission dan <i>Engine</i>
6	Lepas Dump Body
7	Lepas Hoist Cylinder RH
8	Lepas Hoist Cylinder LH
9	Lepas Suspension-Rear R/H
10	Lepas Suspension-Rear L/H
11	Lepas Hose <i>Engine</i>
12	Lepas <i>Engine</i>
13	Lepas Radiator
14	Lepas Fan Drive
15	Lepas Transmission
16	Lepas Ban Belakang Kanan dan pasang stand
17	Lepas Final Drive RH
18	Pasang Final Drive LH
19	Pasang Ban Belakang Kiri dan lepas stand
20	Pasang Final Drive RH
21	Pasang Ban Belakang Kanan dan lepas stand
22	Pasang Torque Converter
23	Pasang Fan Drive
24	Pasang Radiator
25	Pasang <i>Engine</i>
26	Pasang Hose <i>Engine</i>
27	Pasang Suspension-Rear L/H
28	Pasang Suspension-Rear R/H
29	Pasang Hoist Cylinder LH
30	Pasang Hoist Cylinder RH
31	Pasang Dump Body
32	Pasang Bottom Guard Transmission Dan <i>Engine</i>
33	Isi Air Radiator, Semua Oli
34	PM Clinic
35	Test Jalan
36	Pengecekan Terakhir

Tabel 5-8 Aktivitas *Critical Path* GOH 773E

#### 5.4 Penjadwalan GOH

Setelah diketahui bahwa MTTF dan MTTR GOH, maka selanjutnya dilakukan penjadwalan terhadap *empat belas* OHT 773E, dengan langkah sebagai berikut:

1. Menghitung HM GOH berikutnya, yaitu data *hours meter* (HM) GOH terakhir ditambahkan dengan MTTF GOH.
2. Menentukan sisa umur GOH, dengan langkah pertama dikurangi dengan HM *update*. HM *update* adalah HM terkini pada saat jadwal disusun.
3. Menghitung sisa umur GOH dalam hitungan bulan, yaitu langkah kedua dibagi dengan *utilization* per bulan. Rata-rata *utilization* OHT 773E per bulan mulai bulan Januari 2010 sampai Desember 2018 adalah 301.52 jam.
4. Menentukan sisa umur GOH dalam hitungan hari, yaitu langkah ke tiga dikalikan dengan jumlah hari rata-rata dalam sebulan. Jumlah hari rata-rata per bulan adalah jumlah hari dalam satu tahun dibagi dengan jumlah bulan. Dalam perhitungan ini perbedaan hari dalam tahun kabisat diabaikan.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah hari rata-rata per bulan} &= \frac{365}{12} \\ &= 30.42 \text{ hari}\end{aligned}$$

5. Menentukan tanggal, bulan dan tahun jatuh tempo GOH, yaitu langkah keempat ditambahkan dengan tanggal acuan perhitungan, dalam hal perhitungan ini adalah 1 agustus 2019.

Penentuan jadwal GOH berikutnya untuk OHT01 sebagai berikut:

1. HM GOH terakhir adalah 25,124.60 dan MTTF GOH sebesar 17,992.81 jam, sehingga GOH berikutnya adalah:

$$\begin{aligned}&= 25,124.60 + 17,992.81 \\ &= 43,117.41\end{aligned}$$

2. HM *Update* untuk OHT01 adalah 29,426.6.

$$\begin{aligned}\text{Sisa umur GOH (jam)} &= 43,117.41 - 29,426.6 \\ &= 13,690.81\end{aligned}$$

3. Sisa umur GOH (bulan)  $= \frac{13,690.81}{301.52}$   
= 45.41 bulan

4. Sisa umur GOH (bulan) = 45.41 x 30.42  
= 1,381.10 hari
5. Jatuh tempo GOH (tanggal) = 1 Agustus 2019 + 1,381.10 hari  
= 13 Mei 2023

Jatuh tempo GOH berikutnya untuk OHT01 adalah 13 Mei 2023. Untuk jadwal GOH OHT lainnya selengkapnya disajikan pada tabel 5-9:

Tabel 5-9 Jadwal GOH setiap OHT 773E

No	Unit ID	HM Update	Rata-rata utilization	MTTF	GOH Terakhir		GOH Kedua	
					HM	Tanggal	HM	Tanggal
1	OHT01	29427	301.52	17,992.81	25,124.60	22-Dec-12	43,117.41	13-May-23
2	OHT02	34085	301.52	17,992.81	21,060.20	31-May-12	39,053.01	14-Dec-20
3	OHT03	32482	301.52	17,992.81	18,843.50	11-Nov-11	36,836.31	13-Oct-20
4	OHT04	38899	301.52	17,992.81	34,119.40	9-Oct-17	52,112.21	25-Mar-23
5	OHT05	31297	301.52	17,992.81	19,999.00	2-Sep-12	37,991.81	6-Jun-21
6	OHT06	36715	301.52	17,992.81	33,681.40	8-Apr-18	51,674.21	18-Sep-23
7	OHT07	36904	301.52	17,992.81	25,218.90	30-Apr-14	43,211.71	28-Apr-21
8	OHT08	33740	301.52	17,992.81	33,319.20	23-Feb-19	51,312.01	7-Jun-24
9	OHT09	25664	301.52	17,992.81	20,911.80	29-Nov-17	38,904.61	28-Mar-23
10	OHT10	25208	301.52	17,992.81	20,857.00	2-Mar-18	38,849.81	8-May-23
11	OHT11	26746	301.52	17,992.81	21,181.20	22-Jan-18	39,174.01	5-Jan-23
12	OHT12	23734	301.52	17,992.81	9,389.00	11-Oct-15	27,381.81	2-Aug-20
13	OHT13	26815	301.52	17,992.81	20,334.20	25-Aug-17	38,327.01	5-Oct-22
14	OHT14	27572	301.52	17,992.81	21,063.90	24-Sep-17	39,056.71	2-Oct-22

Dari tabel 5-6 diketahui bahwa pada tahun 2020 terdapat tiga unit OHT 773 yang mendapat jadwal GOH, yaitu OHT02, OHT03 dan OHT012. Tahun 2021 terdapat dua OHT yang dijadwalkan GOH yaitu, OHT05 dan OHT07. Tahun 2022 terdapat dua OHT, yaitu : OHT13 dan OHT014, sedangkan tahun 2023 terdapat enam OHT, yaitu OHT01, OHT04, OHT06, OHT09, OHT10 dan OHT011, sedangkan tahun 2024 terdapat satu OHT yaitu: OHT08.

Jarak antara GOH ke GOH berikutnya adalah:

$$= \frac{MTTF}{\text{utilisasi perbulan}}$$

$$= \frac{17,992.81}{301.52}$$

= 59.67 bulan atau 4.97 tahun

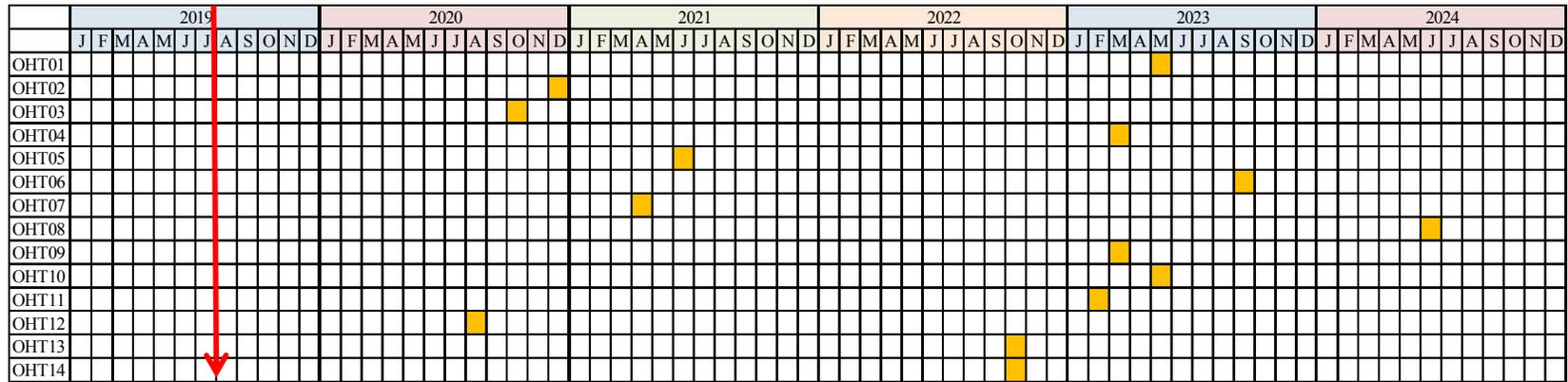
Target perusahaan untuk umur unit OHT 773E adalah 100.000 jam, maka dengan diperoleh jadwal GOH seperti tabel 5-9 dibawah. Dari tabel tersebut bisa dilihat bahwa pada GOH kelima terdapat tiga OHT yang sudah melampaui HM target yaitu, OHT04, OHT06 dan OHT08, sehingga GOH terakhir untuk ketiga unit tersebut adalah GOH keempat. Sedangkan pada GOH keenam terdapat sepuluh yang telah melampaui target HM, yaitu OHT01, OHT02, OHT03, OHT05, OHT07, OHT09, OHT10, OHT11, OHT13 dan OHT14 sehingga GOH terakhirnya adalah GOH kelima. Dan terdapat satu unit yang mendekati target HM yaitu OHT12 yaitu 99,353.05, sehingga GOH terakhirnya adalah GOH kelima.

Pada gambar 5-7 ditampilkan jadwal GOH dalam bentuk *time line*, pada periode GOH tahun 2019 sampai tahun 2024. Terdapat enam OHT 773E yang jatuh tempo GOH pada tahun 2023, hal ini harus menjadi hal diperhatikan perusahaan dalam pelaksanaannya. Karena akan berpengaruh pada *downtime* dan *availability* OHT.

Time line GOH OHT 773E sampai target 100.000 jam mengacu pada tabel 5-9, disajikan pada lampiran G.

Tabel 5-10 Jadwal GOH OHT 773E Sampai HM 100.000 jam

No	Unit ID	GOH Kedua		GOH Ketiga		GOH Keempat		GOH Kelima		GOH Keenam	
		HM	Tanggal	HM	Tanggal	HM	Tanggal	HM	Tanggal	HM	Tanggal
1	OHT01	43,117.41	13-May-23	61,110.22	1-May-28	79,103.03	20-Apr-33	97,095.84	9-Apr-38	115,088.65	29-Mar-43
2	OHT02	39,053.01	14-Dec-20	57,045.82	3-Dec-25	75,038.63	22-Nov-30	93,031.44	11-Nov-35	111,024.25	30-Oct-40
3	OHT03	36,836.31	13-Oct-20	54,829.12	2-Oct-25	72,821.93	21-Sep-30	90,814.74	10-Sep-35	108,807.55	29-Aug-40
4	OHT04	52,112.21	25-Mar-23	70,105.02	13-Mar-28	88,097.83	3-Mar-33	106,090.64	20-Feb-38	124,083.45	9-Feb-43
5	OHT05	37,991.81	6-Jun-21	55,984.62	26-May-26	73,977.43	15-May-31	91,970.24	3-May-36	109,963.05	22-Apr-41
6	OHT06	51,674.21	18-Sep-23	69,667.02	6-Sep-28	87,659.83	26-Aug-33	105,652.64	15-Aug-38	123,645.45	4-Aug-43
7	OHT07	43,211.71	28-Apr-21	61,204.52	17-Apr-26	79,197.33	6-Apr-31	97,190.14	25-Mar-36	115,182.95	14-Mar-41
8	OHT08	51,312.01	7-Jun-24	69,304.82	27-May-29	87,297.63	16-May-34	105,290.44	5-May-39	123,283.25	23-Apr-44
9	OHT09	38,904.61	28-Mar-23	56,897.42	16-Mar-28	74,890.23	5-Mar-33	92,883.04	22-Feb-38	110,875.85	12-Feb-43
10	OHT10	38,849.81	8-May-23	56,842.62	26-Apr-28	74,835.43	15-Apr-33	92,828.24	4-Apr-38	110,821.05	24-Mar-43
11	OHT11	39,174.01	5-Jan-23	57,166.82	25-Dec-27	75,159.63	13-Dec-32	93,152.44	2-Dec-37	111,145.25	22-Nov-42
12	OHT12	27,381.81	2-Aug-20	45,374.62	23-Jul-25	63,367.43	12-Jul-30	81,360.24	1-Jul-35	99,353.05	19-Jun-40
13	OHT13	38,327.01	5-Oct-22	56,319.82	24-Sep-27	74,312.63	12-Sep-32	92,305.44	1-Sep-37	110,298.25	21-Aug-42
14	OHT14	39,056.71	2-Oct-22	57,049.52	21-Sep-27	75,042.33	9-Sep-32	93,035.14	29-Aug-37	111,027.95	18-Aug-42



Gambar 5-7 Timeline GOH Kedua Periode 2019 sampai 2024

## 5.5 Availability

Berdasarkan jadwal GOH OHT 773E, sehingga bisa ditentukan *availability* per tahunnya. Dengan *utilization* per bulan sebagai MTTF dan MTTR adalah MTTR GOH disajikan pada tabel . Perbandingan *availability* tahun 2018 dengan tahun 2020 dapat diperoleh dengan perhitungan dibawah ini.

Mengacu pada persamaan 2.28, maka diperoleh perhitungan *availability* total empat belas unit OHT 773E adalah sebagai berikut:

Dari history diperoleh bahwa pada tahun 2018, MTTR sebesar 15,272 jam dan MTTF adalah 33,451.6 jam, maka diperoleh *availability* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Availability 2018} &= \frac{MTTF}{MTTF+MTTR} \times 100\% \\ &= \frac{33,451.6}{33,451.6+15,272} \times 100\% \\ &= 68.7 \% \end{aligned}$$

Dari jadwal GOH pada tabel 5-9, tahun 2020 diketahui bahwa tiga unit jatuh tempo GOH. MTTR GOH adalah 260.88 diperoleh dari perhitungan akhir sub bab 5.3.2 sehingga :

$$\begin{aligned} \text{MTTR Total} &= 3 \times 260.88 \\ &= 782.64 \text{ jam} \\ \text{MTTF} &= (\text{jumlah unit} \times 12 \text{ bulan} \times \text{MTTF GOH}) + \text{prorate MTTF} \\ &\quad \text{dikarenakan GOH} - (\text{jumlah unit GOH} \times \text{MTTF GOH}) \end{aligned}$$

Dalam hal ini

$$\begin{aligned} \text{Prorate MTTF} &= \text{jumlah unit GOH} \times (\text{MTTF GOH} \times \\ &\quad \left( \frac{\text{Possible Hours} - \text{MTTR GOH}}{\text{Possible Hours}} \right) ) \end{aligned}$$

Sedangkan

$$\begin{aligned} \text{Possible Hours} &= 24 \text{ jam} \times \text{jumlah hari rata-rata per bulan} \\ &= 24 \times 30.42 \\ &= 730.08 \end{aligned}$$

Sehingga

$$\begin{aligned} \text{MTTF Total} &= (14 \times 12 \times 301.52) + \left( 3 \times 301.52 \times \frac{730.08 - 260.88}{730.08} \right) - (2 \times \\ &\quad 301.52) \\ &= 50,453.96 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \textit{Availability} &= \frac{50,453.96}{50,453.96 + 521.76} \times 100\% \\
 &= 98.5\%
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh bahwa *availability* 2018 sebesar 68.7% dan tahun 2020 setelah dilakukan penjadwalan GOH sebesar 98.5%. Berikut tabel perhitungan selengkapnya sampai tahun 2024:

Tabel 5-11 Perbandingan *Availability*

Tahun	Jumlah GOH	Prorate MTF	MTTR Total	MTTF Total	<i>Availability</i>
2018	3		15,272	33,451.60	68.7%
2020	3	581.33	782.64	50,453.96	98.5%
2021	2	387.55	521.76	50,521.06	99.0%
2022	2	387.55	521.76	50,521.06	99.0%
2023	6	1162.66	1565.28	50,252.65	97.0%
2024	1	193.78	260.88	50,588.16	99.5%

Tabel 5-10 menunjukkan bahwa estimasi *availability* setelah GOH, yaitu tahun 2020 sebesar 68.7% dan selanjutnya menunjukkan kenaikan dibandingkan dengan sebelum dilakukan GOH, yaitu tahun 2018 sebesar 68.7%.

## **BAB 6**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Pada bab ini akan dibuat beberapa kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan. Selanjutnya dari kesimpulan tersebut dapat diajukan beberapa saran kepada perusahaan terkait penjadwalan GOH

1. Komponen kritis pada OHT 773E pada PT XYZ adalah *engine, transmission, final drive* dan *torque converter*.
2. Interval untuk melaksanakan GOH OHT 773E berdasarkan penelitian ini adalah 17,992.81 jam.
3. *Downtime* atau durasi untuk melakukan GOH berdasarkan penelitian adalah 260.88 jam.
4. Dari penjadwalan GOH, maka diperoleh bahwa tahun 2020 terdapat tiga unit yang mendapat jadwal GOH, tahun 2021 terdapat dua unit, tahun 2022 terdapat dua unit, 2023 terdapat enam unit, sedangkan tahun 2024 terdapat satu unit.
5. Jika pelaksanaan GOH dilakukan sesuai dengan jadwal yang diusulkan, maka terjadi estimasi peningkatan *availability* dari 68.7% menjadi 98.5%.

#### **6.2 Saran**

Adapun saran yang dapat diberikan sebagai pertimbangan untuk perusahaan dan penelitian selanjutnya berdasarkan hasil penelitian ini adalah:

1. Perlunya software ERP (*Enterprise Resources Planning*) untuk mengelola dan mengintegrasikan berbagai data yang sudah ada agar menghasilkan output optimal dalam bentuk laporan maupun analisa.
2. Penelitian dapat dilanjutkan dengan melakukan *grouping maintenance*, agar bisa diperoleh *downtime* yang lebih optimal.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, Sofjan. (2008), *Manajemen Produksi dan Operasi*, Edisi Revisi 2008, Jakarta :Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia
- Arpurtharaj, M. E. Michael. (2015), “Studies on Availability and Utilisation of Mining Equipment – An Overview”, *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)*, Volume 6, Issue 3, March, Pp. 14-21
- Barabady, Javad. (2008), “Reliability Analysis of Mining Equipment : A Case Study of Crushing Plant at Jajarm Bauxite Mine in Iran”, *Reliability Engineering and System Safety* 93. Pp. 647-653
- Dhillon, B. S. (2006), *Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers*, Taylor and Francis Group, New York
- Ebeling, Charles, E. (1997), *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, Mc Graw Hill, Singapore, Ltd
- Febrianti, Winy (2016), “Penentuan Interval Waktu Perawatan Pencegahan pada Peralatan Sub Unit Sintesa Unit Urea di PT. X menggunakan Simulasi *Monte Carlo*”, Thesis Magister Manajemen Teknologi ITS.
- Handoko, T. Hani (1999), *Dasar-dasar Manajemen Produksi dan Operasi*, BPFE, Yogyakarta
- Heizer Jay, Render Barry (2005), *Operations Management*, Salemba Empat, Jakarta
- H. K. Atmaja (2012), “Penggunaan Analisis ABC Indeks Kritis untuk Pengendalian Persediaan Obat Antibiotik di Rumah Sakit M. H. Thamrin Salemba”, Thesis, Universitas Indonesia.
- Immawan, T & Saputra, H. J. (2010), “Usulan Penentuan Waktu Perawatan dan Interval Waktu Pemeriksaan Optimal pada Komponen Kritis Rantai

- Transfer Berdasarkan Downtime: Studi Kasus pada P.T. Barutama Kudus”, Jurnal Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- Jardine, A.K.S. (1973), *Maintenance, Replacement and Reliability*, Pitman Publishing, London
- Kirk, L. J. (2000), *Owner versus contract mining*, Global Mining Services, Perth, Western Australia.
- Lewis, E. E. (1998), *Introduction to Reliability Engineering*, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Nurhayati (2010), *Manajemen Proyek*, Graha Ilmu, Yogyakarta
- O’Connor, Patrick D.T (2001), *Practical Reliability Engineering*, 5<sup>th</sup> edition, John Wiley and Sons, Inc., England
- Project Management Institute (2013), *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide), Fourth Edition*, Project Management Institute, Pennsylvania.
- Putra, Trisian Hendra (2013), “Penentuan Interval Waktu Penggantian Sub-Sub System pada Mesin Heidelberg CD 102 di PT X”, Thesis Magister Manajemen Teknologi ITS.
- Rev, E. (2003), *Work Breakdown Structure*, America: U.S. Department of Energy.
- Satria, Yhatna (2012), “Analisa Penentuan Interval Waktu Penggantian Komponen Kritis pada Alat Instrumentasi QSC Scanner Type 2200-2 di PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia”, Thesis Magister Manajemen Teknologi ITS.
- Siswanto (2007), *Operation Research*, Erlangga, Jakarta
- Soeharto, I. 1999, *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)*, Erlangga, Jakarta
- Worsham, William C. 2002, *Is preventive maintenance necessary?*, <http://www.reliability.com/articles/article37.htm>

## LAMPIRAN

- A. Data Antar Waktu Penggantian Komponen
- B. Biaya Dampak GOH Masing-masing Komponen
- C. Standar Waktu GOH *Dealer*
- D. *Work Breakdown Structure* GOH OHT 777E
- E. Detail Aktivitas GOH OHT 773E
- F. Gantt Charts GOH OHT 773E
- G. Time line GOH OHT 773E Target 100.000 jam

## A. Data Antar Waktu Penggantian Komponen

### 1. Data Penggantian Komponen Torque Converter

No	Tanggal	TTF	TTR
1	22-Dec-12	25124.6	72
2	14-Oct-10	14980.6	504
3	11-Nov-11	18843.5	504
4	5-Jan-11	17817.2	504
5	2-Sep-12	19999	504
6	8-Apr-18	33681.4	504
7	3-Feb-18	34113.2	504
8	23-Feb-19	33319.2	504
9	29-Nov-17	20911.8	24
10	2-Mar-18	20857	24
11	22-Jan-18	21181.2	24
12	25-Aug-17	20334.2	24
13	24-Sep-17	21063.9	24
14	31-May-12	6079.6	504
15	9-Oct-17	16302.2	24

### 2. Data Penggantian Komponen *Transmission*

No	Tanggal	TTF	TTR
1	5-Jul-13	26574.3	162.5
2	31-May-12	21060.2	672
3	11-Nov-11	18843.5	672
4	5-Jan-11	17817.2	672
5	2-Sep-12	19999	23040
6	5-Apr-12	19864.5	69.8
7	3-Feb-18	34113.2	672
8	23-Feb-19	33319.2	672
9	29-Nov-17	20911.8	72
10	2-Mar-18	20857	72
11	22-Jan-18	21181.2	72
12	25-Aug-17	20334.2	72
13	24-Sep-17	21063.9	72
14	2-Nov-17	9547.5	31272
15	9-Oct-17	16302.2	72

### 3. Data Penggantian Komponen *Final Drive*

No	Tanggal	TTF	TTR
1	12-Mar-14	28288.9	48.5
2	31-May-12	21060.2	168
3	5-Jan-11	17817.2	168
4	2-Sep-12	19999	168
5	27-Jan-13	23673.5	522.5
6	11-Feb-14	9875.8	155.7
7	2-Apr-08	21294.2	168
8	31-May-12	21060.2	168
9	5-Jan-11	17817.2	168
10	27-Nov-18	30810.3	72
11	9-Aug-17	32252.7	290.2

## B. Biaya Dampak GOH Masing-masing Komponen

### 1. Biaya Dampak GOH dengan Acuan Komponen *Transmission*

No	Komponen	Biaya <i>Loss Component Hours Life</i>	Biaya Tambahan <i>Corrective Replacement</i>
1	<i>Engine</i>	Rp 251,021,832.03	-Rp 816,990,900.00
2	<i>Final Drive RH</i>	-Rp 8,999,620.65	-Rp 339,511,075.20
3	<i>Final Drive LH</i>	-Rp 8,999,620.65	-Rp 339,511,075.20
4	<i>Torque Converter</i>	-Rp 2,195,545.72	-Rp 300,439,814.40
Sub Total		Rp 230,827,045.00	-Rp 1,796,452,864.80
Total Biaya Dampak			-Rp 1,565,625,819.80

### 2. Biaya Dampak GOH dengan Acuan Komponen *Final Drive*

No	Komponen	Biaya <i>Loss Component Hours Life</i>	Biaya Tambahan <i>Corrective Replacement</i>
1	<i>Engine</i>	Rp 314,432,061.33	-Rp 816,990,900.00
2	<i>Transmission</i>	Rp 18,370,630.22	Rp 0.00
3	<i>Final Drive LH</i>	Rp 0.00	Rp 0.00
4	<i>Torque Converter</i>	Rp 3,945,019.07	Rp 0.00
Sub Total		Rp 336,747,710.63	-Rp 816,990,900.00
Total Biaya Dampak			-Rp 480,243,189.37

### 3. Biaya Dampak GOH dengan Acuan Komponen *Torque Converter*

No	Komponen	Biaya <i>Loss Component Hours Life</i>	Biaya Tambahan <i>Corrective Replacement</i>
1	<i>Engine</i>	Rp 273,694,022.99	-Rp 816,990,900.00
2	<i>Transmission</i>	-Rp 8,201,916.48	Rp 0.00
3	<i>Final Drive RH</i>	Rp 116,651,592.21	Rp 0.00
4	<i>Final Drive LH</i>	Rp 116,651,592.21	Rp 0.00
Sub Total		Rp 498,795,290.92	-Rp 816,990,900.00
Total kerugian			-Rp 318,195,609.08

**C. Standar Waktu GOH Dealer**

KOMPONEN	773 B/D/E (3408)			
	<i>Recondition (jam)</i>	<i>Recondition-Lokasi Tambang (jam)</i>	<i>Lepas &amp; Pasang (jam)</i>	<i>Lepas &amp; Pasang Lokasi Tambang (jam)</i>
Engine	467	700.5	80	120
Cyl Head O/H	13	19.5	19	28.5
Injectors/Nozzle	1	1.5	1	1.5
HEUI -Pump /FIP & Gov	28	42	7	10.5
Fuel tranfer pump	1	1.5	1	1.5
Pump-Engine Oil	5	7.5	14	21
Fan Drive	5	7.5	8	12
Radiator	16	24	8	12
Water Pump Main	4	6	2	3
Water Pump Aux	3	4.5	2	3
Oil Cooler	1	1.5	4	6
Turbocharger	6	9	3	4.5
After Cooler	2	3	4	6
Air Compressor	7	10.5	1	1.5
Air Dryer	4	6	1	1.5
A/C Air Compressor	7	10.5	1	1.5
Motor- Starting	4	6	1	1.5
Motor-Emergency Steer				
Alternator	6	9	4	6
Alternator	3	4.5	2	3
Pump-Transmission	4	6	2	3
Pump-Drive	9	13.5	4	6
Pump-Steering	9	13.5	4	6
Pump-TC & Brake	9	13.5	4	6
Pump-Hoist & Brake	18	27	4	6
Cyl-Steering R/H	10	15	6	9
Cyl-Steering L/H	10	15	6	9
Cyl-Hoist R/H	10	15	6	9
Cyl-Hoist L/H	10	15	6	9
Suspension-Rear R/H	18	27	8	12
Suspension-Rear L/H	18	27	8	12
Suspension-Front R/H	24	36	16	24
Suspension-Front L/H	24	36	16	24

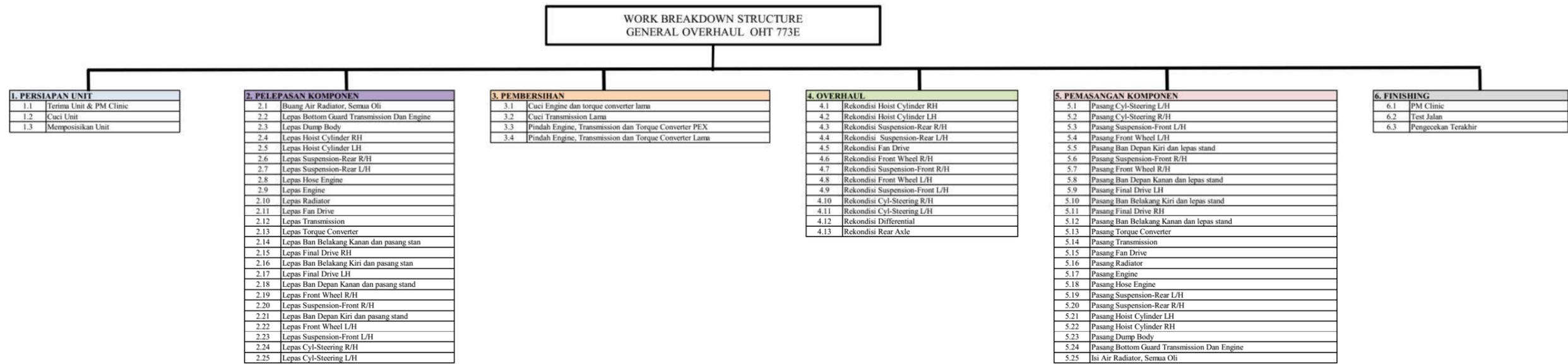
Brake-Front R/H	13	19.5	27	40.5
Brake-Front L/H	13	19.5	27	40.5
Brake-Rear R/H	47	70.5	27	40.5
Brake-Rear L/H	47	70.5	27	40.5
Torque Converter	32	48	16	24
Transmission	36	54	14	21
Differential	40	60	18	27
Final Drive R/H	22	33	16	24
Final Drive L/H	22	33	16	24
Front Wheel R/H	17	25.5	27	40.5
Front Wheel L/H	17	25.5	27	40.5
Rear Axle	10	15	8	12
Hand Metering Unit	6	9	2	3

### D. Detail Aktivitas GOH OHT 773E

Aktivitas	Deskripsi Aktivitas	Jumlah Man Hours	Man Power	Durasi (Jam)	Durasi (hari)	Predecessor	Keterangan	Keterangan 2
1	PERSIAPAN UNIT							
1.1	Terima Unit & PM Clinic	8	1	8	0.33			
1.2	Cuci Unit	24	2	12	0.50	1.1		
1.3	Memposisikan Unit	4	2	2	0.08	1.2		
2	PELEPASAN KOMPONEN				0.00			
2.1	Buang Air Radiator, Semua Oli	4	2	2	0.08	1.3		
2.2	Lepas Bottom Guard Transmission dan Engine	6	2	3	0.13	2.1		
2.3	Lepas Dump Body	12	2	6	0.25	2.2		
2.4	Lepas Hoist Cylinder RH	4.5	2	2.25	0.09	2.3		
2.5	Lepas Hoist Cylinder LH	4.5	2	2.25	0.09	2.4		
2.6	Lepas Suspension-Rear R/H	6	2	3	0.13	2.5		
2.7	Lepas Suspension-Rear L/H	6	2	3	0.13	2.6		
2.8	Lepas Hose Engine	2	1	2	0.08	2.7		
2.9	Lepas Engine	60	2	30	1.25	2.8		
2.10	Lepas Radiator	6	2	3	0.13	2.9	Rekondisi dilakukan di WS Dealer	FS (48+24)=FS+3
2.11	Lepas Fan Drive	6	2	3	0.13	2.10		
2.12	Lepas Transmission	10.5	2	5.25	0.22	2.11		
2.13	Lepas Torque Converter	12	2	6	0.25	2.11		
2.14	Lepas Ban Belakang Kanan dan pasang stand	8	2	4	0.17	2.12		
2.15	Lepas Final Drive RH	12	2	6	0.25	2.14		
2.16	Lepas Ban Belakang Kiri dan pasang stand	8	2	4	0.17	2.15		
2.17	Lepas Final Drive LH	12	2	6	0.25	2.16		
2.18	Lepas Ban Depan Kanan dan pasang stand	6	2	3	0.13	2.17		
2.19	Lepas Front Wheel R/H	20.25	2	10.125	0.42	2.18		
2.20	Lepas Suspension-Front R/H	12	2	6	0.25	2.19		
2.21	Lepas Ban Depan Kiri dan pasang stand	6	2	3	0.13	2.20		
2.22	Lepas Front Wheel L/H	20.25	2	10.125	0.42	2.21		
2.23	Lepas Suspension-Front L/H	12	2	6	0.25	2.22		
2.24	Lepas Cyl-Steering R/H	4.5	1	4.5	0.19	2.23		
2.25	Lepas Cyl-Steering L/H	4.5	1	4.5	0.19	2.24		
3	PEMBERSIHAN				0.00			
3.1	Cuci Engine dan torque converter lama	4	1	4	0.17	2.13		
3.2	Cuci Transmission Lama	3	1	3	0.13	3.1		
3.3	Pindah Engine, Transmission dan Torque Converter PEX	2	1	2	0.08	3.2		
3.4	Pindah Engine, Transmission dan Torque Converter Lama	2	1	2	0.08	3.3		
4	OVERHAUL				0.00			
4.1	Recondition Hoist Cylinder RH	15	2	7.5	0.31	2.4		
4.2	Recondition Hoist Cylinder LH	15	2	7.5	0.31	4.1		
4.3	Recondition Suspension-Rear R/H	27	2	13.5	0.56	4.2		
4.4	Recondition Suspension-Rear L/H	27	2	13.5	0.56	4.3		
4.5	Recondition Fan Drive	7.5	1	7.5	0.31	2.11		
4.6	Recondition Front Wheel R/H	25.5	2	12.75	0.53	2.19		
4.7	Recondition Suspension-Front R/H	36	2	18	0.75	4.4		
4.8	Recondition Front Wheel L/H	25.5	2	12.75	0.53	4.6		
4.9	Recondition Suspension-Front L/H	36	2	18	0.75	4.7		
4.10	Recondition Cyl-Steering R/H	15	2	7.5	0.31	2.24		
4.11	Recondition Cyl-Steering L/H	15	2	7.5	0.31	4.10		
4.12	Recondition Differential	60	3	20	0.83	2.23		
4.13	Recondition Rear Axle	15	2	7.5	0.31	4.12		

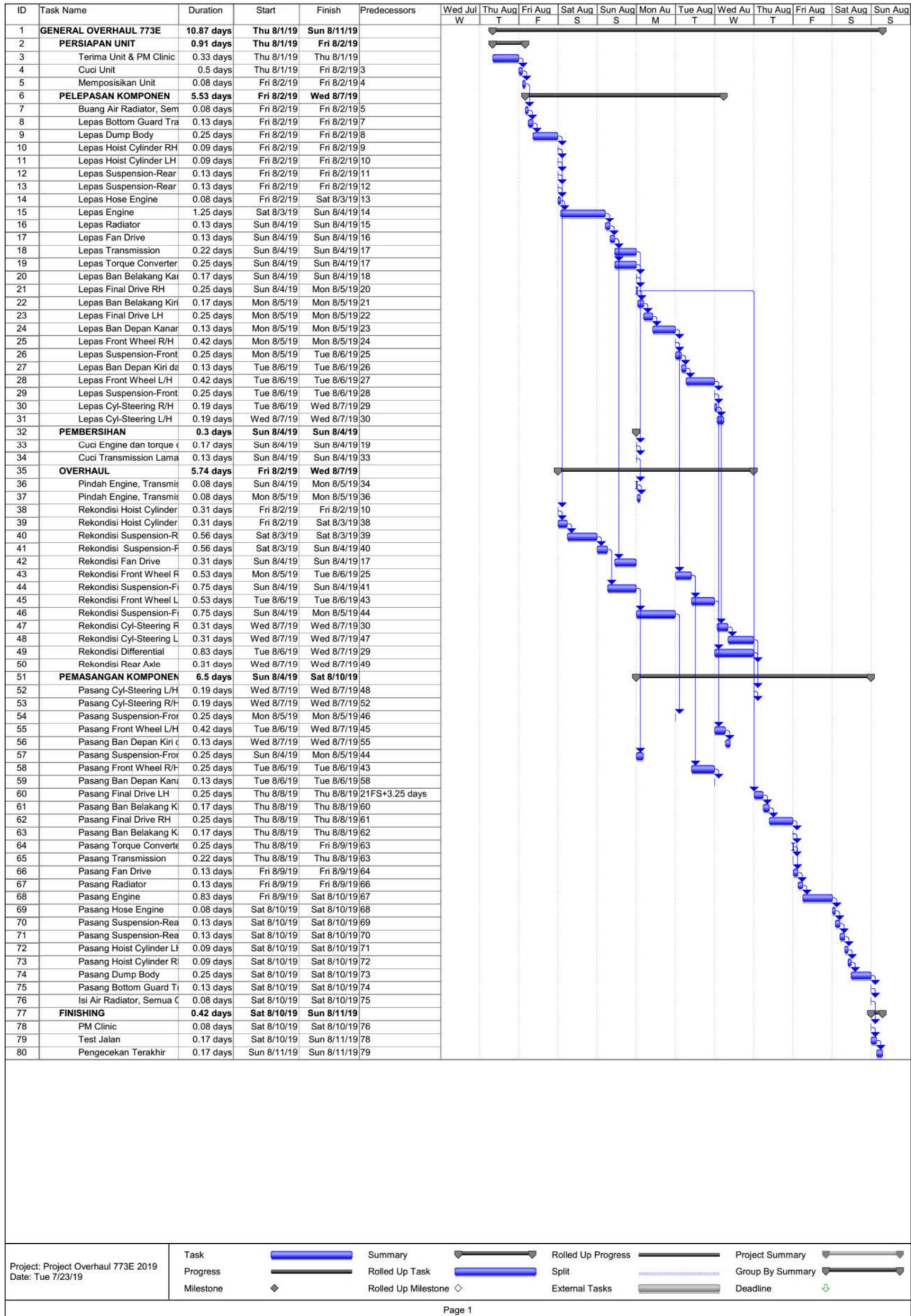
5	PEMASANGAN KOMPONEN							
5.1	Pasang Cyl-Steering L/H	4.5	1	4.5	0.19	4.11		
5.2	Pasang Cyl-Steering R/H	4.5	1	4.5	0.19	5.1		
5.3	Pasang Suspension-Front L/H	12	2	6	0.25	4.9		
5.4	Pasang Front Wheel L/H	20.25	2	10.125	0.42	4.8		
5.5	Pasang Ban Depan Kiri dan lepas	6	2	3	0.13	5.4		
5.6	Pasang Suspension-Front R/H	12	2	6	0.25	4.7		
5.7	Pasang Front Wheel R/H	12	2	6	0.25	4.6		
5.8	Pasang Ban Depan Kanan dan lep	6	2	3	0.13	5.7		
5.9	Pasang Final Drive LH	12	2	6	0.25	5.8	Rekondisi dilakukan di WS Dealer	FS (54+24)=FS+3. 25
5.10	Pasang Ban Belakang Kiri dan lep	8	2	4	0.17	5.9		
5.11	Pasang Final Drive RH	12	2	6	0.25	5.10	Rekondisi dilakukan di WS Dealer	FS (54+24)=FS+3. 25
5.12	Pasang Ban Belakang Kanan dan	8	2	4	0.17	5.11		
5.13	Pasang Torque Converter	12	2	6	0.25	5.12		
5.14	Pasang Transmission	10.5	2	5.25	0.22	5.12		
5.15	Pasang Fan Drive	6	2	3	0.13	5.13		
5.16	Pasang Radiator	6	2	3	0.13	5.15		
5.17	Pasang Engine	60	3	20	0.83	5.16		
5.18	Pasang Hose Engine	2	1	2	0.08	5.17		
5.19	Pasang Suspension-Rear L/H	6	2	3	0.13	5.18		
5.20	Pasang Suspension-Rear R/H	6	2	3	0.13	5.19		
5.21	Pasang Hoist Cylinder LH	4.5	2	2.25	0.09	5.20		
5.22	Pasang Hoist Cylinder RH	4.5	2	2.25	0.09	5.21		
5.23	Pasang Dump Body	12	2	6	0.25	5.22		
5.24	Pasang Bottom Guard Transmissi	6	2	3	0.13	5.23		
5.25	Isi Air Radiator, Semua Oli	4	2	2	0.08	5.24		
6	FINISHING				0.00			
6.1	PM Clinic	4	2	2	0.08	5.25		
6.2	Test Jalan	4	1	4	0.17	6.1		
6.3	Pengecekan Terakhir	4	1	4	0.17	6.2		

### E. Work Breakdown Structure GOH OHT 777E

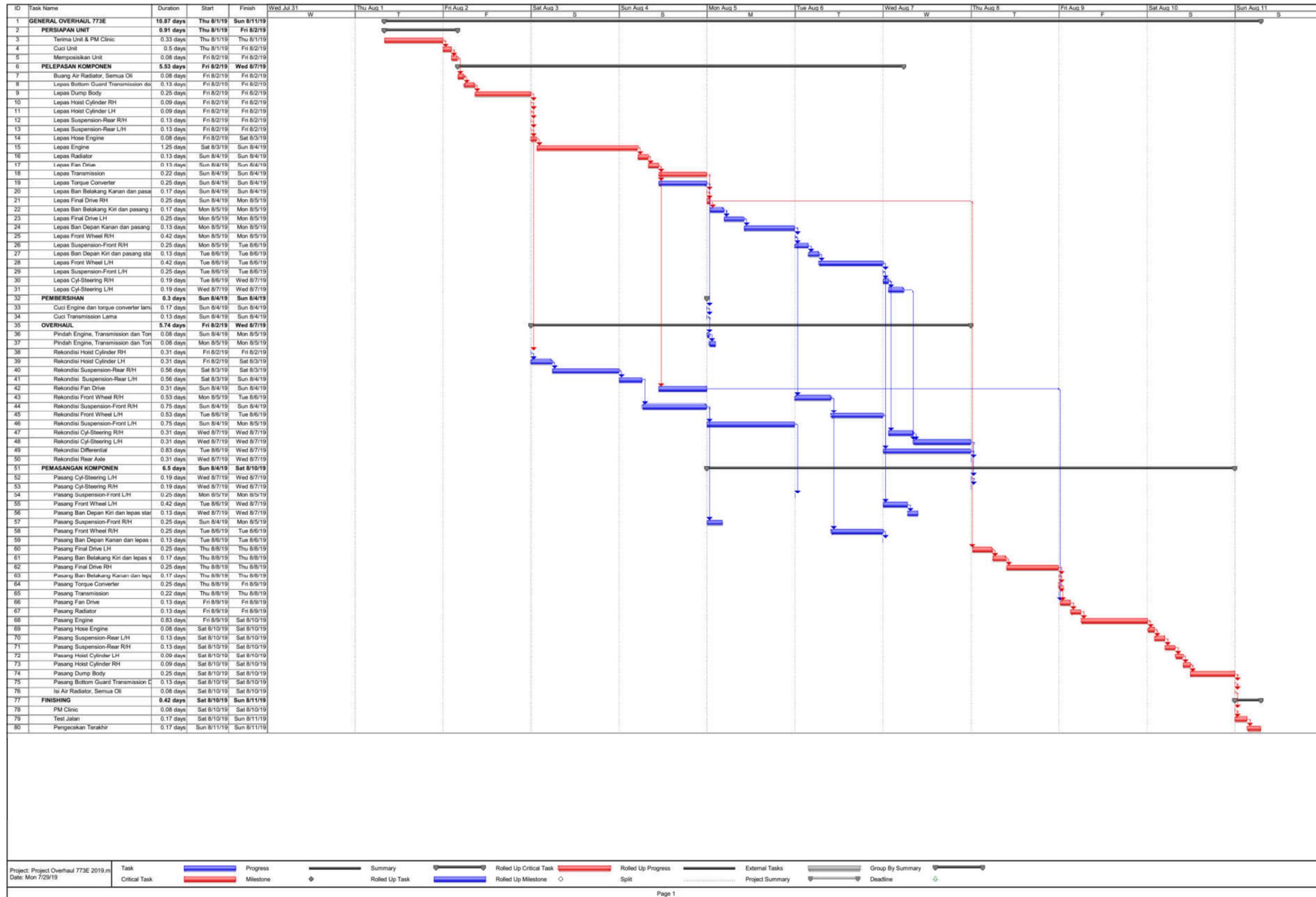


F. Gantt Charts GOH OHT 773E

1. Gant Charts GOH OHT 773E Detail



2.. Gant Charts GOH OHT 773E Detail dan Path Kritis





## BIOGRAFI PENULIS



Muhammad Ruspini lahir di Magelang pada tanggal 23 Agustus 1975. Anak pertama dari pasangan Purwanto dan Siti Aminah. Menghabiskan masa sekolah di Kota Getuk tersebut sampai Sekolah Lanjutan Atas. Penulis menempuh pendidikan Politeknik Universitas Brawijaya Jurusan Teknik Elektro tahun 1993. Setelah lulus D3, penulis bekerja di PT. United Tractors, distributor peralatan berat merk Komatsu. Melanjutkan jenjang S1 di Universitas Gadjah Mada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro pada tahun 2000, setelah lulus bekerja di PT. Trakindo Utama, perusahaan distributor alat berat merk Caterpillar. Tahun 2006, penulis bergabung di perusahaan tambang batubara PT Darma Henwa sampai tahun 2010. Tahun 2010 hingga saat ini penulis bekerja di PT. Wira Bhumi Sejati, sebuah perusahaan kontraktor tambang dan rental alat berat. Tahun 2016 menempuh pendidikan S2 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi Departemen Manajemen Teknologi Bidang keahlian Manajemen Proyek. Melalui penelitian ini, maka penulis telah menyelesaikan studi di Magister Manajemen Teknologi Institut teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.