

**PENERAPAN AUTONOMOUS MAINTENANCE UNTUK
MENINGKATKAN OEE DAN PERFORMANCE MAINTENANCE PADA
ENGINE TEST BENCH TAYLOR DX38 DI PT UTR**

TUGAS AKHIR

**Untuk Memenuhi Sebagian Syarat-Syarat Penyelesaian
Program Studi D-IV Teknik Industri Otomotif
pada Politeknik STMI Jakarta**

OLEH:

**NAMA : FADHILAH ILIYIN
NIM : 1115111**



**POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R I
JAKARTA
2019**

LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI

TANDA PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL LAPORAN TUGAS AKHIR:

"PENERAPAN AUTONOMOUS MAINTENANCE UNTUK MENINGKATKAN OEE DAN PERFORMANCE MAINTENANCE PADA ENGINE TEST BENCH TAYLOR DX38 DI PT UTR"

DISUSUN OLEH:

NAMA : FADHILAH ILIYIN

NIM : 1115111

PROGRAM STUDI : TEKNIK INDUSTRI OTOMOTIF

Telah Diperiksa Dan Disetujui Untuk Diajukan Dan

Dipertahankan Dalam Ujian Tugas Akhir

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, 25 Juli 2019

Dosen Pembimbing



Dianasanti Salati S.T., M.T.

NIP: 198109112009012007

LEMBAR PENGESAHAN

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL TUGAS AKHIR:

"PENERAPAN AUTONOMOUS MAINTENANCE UNTUK MENINGKATKAN OEE DAN PERFORMANCE MAINTENANCE PADA ENGINE TEST BENCH TAYLOR DX38 DI PT UTR"

DISUSUN OLEH :

NAMA : FADHILAH ILIYIN

NIM : 1115111

PROGRAM STUDI : TEKNIK INDUSTRI OTOMOTIF

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta pada hari Kamis tanggal 29 Agustus 2019.

Jakarta, 16 September 2019

Dosen Penguji 1,

Irma Agustiningsih, I.S.S.T., M.T.
NIP: 197208012003122002

Dosen Penguji 2,

Taswir Svahfoeddin, S.M.I., M.Si
NIP: 195412261989031001

Dosen Penguji 3,

Ir. Suriadi AS, M.Com.
NIP: 195810251985031006

Dosen Penguji 4,

Dianasanti Salati, S.T., M.T.
NIP: 198109112009012007

LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR



BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI
POLITEKNIK STMI JAKARTA

Jl. Letjen Suprapto No. 26 Cempaka Putih Jakarta 10510
Telp. (021) 42886064 Fax. (021) 42888206
www.stmi.ac.id

LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

Nama : Fathilah Sitiyin
NIM : 111 5 111
Judul TA : Pengaruh Autogenous Maintenance untuk Meningkatkan OEE dan Performance maintenance pada Engine Test Bench Taylor DX 38 di PT Universal Tekno Perkayaya
Pembimbing : Ibu Dianasanti, S.T., M.T
Asisten Pembimbing :

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
15/6/2019		Konsep dan Format Penulisan	S.
25/6/2019	I & II	Bab I dan II	S.
8/7/2019	III	Bab III	S.
10/7/2019	IV & V	Revisi Bab IV & Bab V	S.
12/7/2019	VI	Bab VI	S.
17/7/2019	V & VI	Bab V & VI Revisi + Bab VI Relocation	S.
19/7/2019	VII & VIII	Bab VII & VIII Revisi + Bab VIII	S.
22/7/2019	VII & VIII	Bab VII & VIII Revisi + Bab VIII	S.
24/7/2019	XI	Bab XI Revisi	S.
25/7/2019		Finishing	S.

Mengetahui,
KA Prodi

Muhammad Agus S.T., M.T
NIP : 19700829 200212 1 001

Pembimbing

Dianasanti
NIP : 19810911 200901 2007

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fadhilah Iliyin

NIM : 1115111

Berstatus sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Industri Otomotif Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI, dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang telah saya buat dengan judul "**PENERAPAN AUTONOMOUS MAINTENANCE UNTUK MENINGKATKAN OEE DAN PERFORMANCE MAINTENANCE PADA ENGINE TEST BENCH TAYLOR DX38 DI PT UTR**"

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, *survey* lapangan, asistensi dengan dosen pembimbing maupun asisten dosen pembimbing, serta buku-buku maupun jurnal-jurnal ilmiah yang menjadi bahan acuan yang tertera dalam referensi karya Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan hasil duplikasi karya tulis yang telah dipublikasikan atau yang pernah dipakai sebelumnya untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali yang telah disebutkan sumbernya dan dicantumkan pada referensi karya Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan karya tulis hasil terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi karya Tugas Akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan di atas, maka saya bersedia menerima sanksi atas apa yang telah saya lakukan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Jakarta, 6 Agustus 2019

Yang Membuat Pernyataan



Fadhilah Iliyin

ABSTRAK

PT Universal Tekno Reksajaya (PT UTR) merupakan industri yang bergerak di bidang remanufaktur alat berat, dimana salah satu proses yang sangat membutuhkan kondisi *equipment* yang prima adalah *engine test bench*. *Engine test bench* berfungsi mengukur besaran parameter (torsi, HP, dsb) yang dihasilkan *engine* hingga menampilkan hasilnya di layar monitor. Salah satu kendala PT UTR adalah hanya memiliki satu *maintenance officer* dengan tugas mengelola dan memantau seluruh fasilitas satu *plant*. Selain itu pada tanggal 15 Januari dan 20 Februari 2019 terjadi kebocoran pada pipa air yang membutuhkan penggantian lebih cepat dari yang seharusnya. Begitu pula *propeller shaft*. *Maintenance officer* yang masih menangani *equipment* lain tidak dapat langsung memperbaiki kerusakan. *Autonomous maintenance* merupakan salah satu pilar *Total productive Maintenance* (TPM) yang memiliki prinsip menjadikan operator peduli dan aktif merawat mesinnya secara rutin. Pemeliharaan dan perawatan mesin pun dilakukan oleh berbagai pihak dan tidak sepenuhnya menjadi tanggung jawab pihak *maintenance*. Hasil implementasi menaikkan *availability rate* dari 94,91% menjadi 98,62%, OEE dari 52,07% menjadi 59,17%. Berdasarkan hasil MTBF sebelumnya yakni 16 hari, maka adanya peningkatan positif terhadap nilai MTBF setelah melakukan penerapan dan pada 20 hari pengamatan tidak terjadinya *breakdown*. Kesimpulan akhir, *autonomous maintenance* meningkatkan OEE dan *performance maintenance* 1 Juli 2019 hingga 26 Juli 2019.

Kata kunci: *Autonomous maintenance*, OEE, *performance maintenance*, *engine test bench*.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan kepada Allah *Subhanallahu wa Ta'ala* yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga akhirnya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “**PENERAPAN AUTONOMOUS MAINTENANCE UNTUK MENINGKATKAN OEE DAN PERFORMANCE MAINTENANCE PADA ENGINE TEST BENCH TAYLOR DX38 DI PT UTR**”. Laporan Tugas Akhir merupakan salah satu persyaratan akademis untuk menyelesaikan Program Studi D-IV di Politeknik STMI Jakarta. Penulisan laporan dibuat berdasarkan hasil observasi yang di lakukan di PT Universal Tekno Reksajaya (PT UTR), bagian *Production-Facility* yang diaplikasikan dengan teori-teori yang mendukung penulisan laporan ini. Penyusun mengucapkan terimakasih kepada Ayah dan Ibu tercinta dan terbaik penyusun, yang telah menyayangi, mendidik, dan selalu berada di sisi penyusun. Tak lupa adik-adik tersayang penyusun yang selalu mendukung penyusun. Peran keluarga sangat besar dalam penyusunan laporan ini.

Penyusun menyadari bahwa laporan ini tidak akan selesai tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu penyusun mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan dukungan baik moral maupun materil dalam proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, diantaranya:

- Bapak Dr. Mustofa, S.T, M.T. selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
- Bapak Muhammad Agus, S.T, M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Industri Otomotif.
- Ibu Dianasanti Salati, S.T, M.T. selaku dosen pembimbing Laporan Tugas Akhir yang telah bersedia membantu memberikan bimbingan serta pengarahan selama penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
- Bapak Mesdin Kornelis Simarmata, S.T, M.S, Ph.D. selaku dosen akademik yang bersedia meluangkan waktunya untuk berdiskusi perihal *maintenance*.

- Ibu Siti Aisyah, S.T, M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang selama ini memberi masukan dan dukungan selama penyusun berkuliah di Politeknik STMI Jakarta
- Bapak Edhie Sarwono selaku teman Almarhum Ayah penyusun.
- Bapak Surachman, Bapak Ian, beserta seluruh karyawan *Production-Head Office* dan karyawan RJKT PT UTR yang selama 6 bulan PKL ini, penyusun merasa sangat diterima dan bersyukur.
- Kepada teman-teman PKL di PT UTR, khususnya Aditya Budiyantoro Putra yang selalu bersedia membantu penyusun dalam hal apapun, mulai dari masukan mengenai Tugas Akhir hingga melatih kesabaran penyusun. Intinya, terbaik.
- Dan kepada teman-teman Teknik Industri Otomotif 2015 khususnya Bunga, Huning, Sheila & seluruh teman-teman TIO 3, teman-teman LDK FOSKOMI dan seluruh teman baik penyusun di Politeknik STMI Jakarta.

Penyusunan laporan ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak, sehingga dapat meningkatkan kualitas penyusunan di masa yang akan datang. Semoga laporan ini dapat bermanfaat khususnya bagi penyusun dan pembaca, sehingga dapat menjadi sebuah pembelajaran bagi penelitian berikutnya.

Jakarta, Agustus 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Pembatasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1. <i>Maintenance</i>	6
2.2. <i>Total productive Maintenance (TPM)</i>	6
2.3. <i>Autonomous Maintenance</i>	9
2.4. <i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i>	16
2.5. <i>Performance Maintenance</i>	19
2.6. Diagram Tulang Ikan	20
2.7. <i>State Of The Art (SOTA)</i>	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1. Jenis dan Sumber Data.....	22
3.2. Metode Pengumpulan Data.....	23
3.3. Teknik Analisis	23
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	29
4.1. Pengumpulan Data	29
4.2. Pengolahan Data	40
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	48
5.1. Pra-Implementasi	48

5.2.	<i>Initial Cleaning</i> (Pembersihan Awal)	49
5.3.	<i>Countermeasure The Source of Problem</i> (Mengatasi Sumber Masalah)	50
5.4.	<i>Cleaning and Lubrication Standard</i> (Standar Pembersihan dan Pelumasan)	58
5.5.	<i>General Inspection</i> (Pemeriksaan Umum).....	60
5.6.	Data <i>Maintenance</i> Setelah <i>Autonomous maintenance</i>	61
5.7.	Perhitungan OEE Setelah <i>Autonomous maintenance</i>	63
BAB VI	PENUTUP	69
6.1.	Kesimpulan	69
6.2.	Saran	69
	DAFTAR PUSTAKA	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Langkah-langkah <i>Autonomous maintenance</i>	10
Tabel 2.2. Contoh Standar <i>Organization and Tidiness</i>	14
Tabel 2.3. Nilai OEE Berdasarkan Standar JIPM	17
Tabel 2.4. Rangkuman <i>State of the Art</i>	21
Tabel 4.1. Taylor DX38 dan Aksesoris.....	31
Tabel 4.2. Jam Kerja UTR <i>Plant</i> Jakarta	34
Tabel 4.3. <i>Planned Maintenance</i> UTR <i>Plant</i> Jakarta	35
Tabel 4.4. Daftar Nama <i>Engine Model</i>	35
Tabel 4.5. Standar dan Aktual Waktu Pengerjaan <i>Testing Engine</i>	37
Tabel 4.6. Waktu <i>Breakdown</i> pada <i>Engine test bench</i>	38
Tabel 4.7. Durasi <i>Breakdown</i> pada <i>Engine test bench</i>	38
Tabel 4.8. Waktu <i>Setup Testing Engine</i>	39
Tabel 4.9. Kegagalan Fungsi Taylor DX38	40
Tabel 4. 10. Perhitungan <i>Loading Time</i>	41
Tabel 4.11. Perhitungan <i>Operation time</i>	42
Tabel 4.12. Perhitungan <i>Availability Rate</i>	42
Tabel 4.13. Perhitungan <i>Performance Rate</i>	43
Tabel 4.14. Perhitungan <i>Quality Rate</i>	44
Tabel 4. 15. Perhitungan <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE)	45
Tabel 4. 16. Perhitungan <i>Mean Time Between Failures</i>	46
Tabel 4.17. Perhitungan <i>Mean Time To Repair</i>	47
Tabel 5.1. 5W+1H Diagram Tulang Ikan <i>Propeller shaft</i> Patah	51
Tabel 5.2. 5W+1H Diagram Tulang Ikan Baterai Lemah.....	52
Tabel 5.3. 5W+1H Diagram Tulang Ikan Pipa Air Bocor	54
Tabel 5. 4. 5W+1H Diagram Tulang Ikan <i>FMU Error</i>	55
Tabel 5.5. 5W+1H Diagram Tulang Ikan Kolam Kotor	56
Tabel 5.6. Rekapitulasi Tindakan Perbaikan.....	57
Tabel 5.7. Uraian Kegiatan <i>Autonomous maintenance Checksheet</i>	59

Tabel 5.8. Daftar Nama <i>Engine Model</i> Setelah AM	61
Tabel 5. 9. Standar dan Aktual Waktu Pengerjaan <i>Testing Engine</i> Setelah AM..	62
Tabel 5.10. Data Waktu <i>Setup</i> Setelah AM	62
Tabel 5.11. Kegagalan Fungsi Setelah AM	63
Tabel 5.12. Perhitungan <i>Loading Time</i> Setelah AM.....	63
Tabel 5.13. Perhitungan <i>Operation time</i> Setelah AM.....	64
Tabel 5.14. Perhitungan <i>Availability Rate</i> Setelah AM	64
Tabel 5. 15. Perhitungan <i>Performance Rate</i> Setelah Perbaikan.....	65
Tabel 5.16. Perhitungan <i>Quality Rate</i> Setelah AM.....	66
Tabel 5.17. Perhitungan OEE Setelah AM	66
Tabel 5.18. Perbandingan Beberapa Parameter <i>Maintenance</i>	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pilar TPM	7
Gambar 2.2. Contoh Diagram Tulang Ikan.....	20
Gambar 3.1. Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	27
Gambar 4. 1. <i>Dynamotest Room</i> Tampak Samping	30
Gambar 4. 2. <i>Dynpro Workstation</i>	30
Gambar 5.1. Diagram Tulang Ikan <i>Propeller shaft</i> Patah	50
Gambar 5.2. Diagram Tulang Ikan Baterai Lemah.....	52
Gambar 5.3. Diagram Tulang Ikan Pipa Air Bocor	53
Gambar 5.4. Diagram Tulang Ikan FMU Error	55
Gambar 5.5. Diagram Tulang Ikan Kolam Kotor	56
Gambar 5.6. Pemberian <i>F-Tag</i> pada baterai	58
Gambar 5.7. Contoh <i>F-Tag</i> untuk Baterai	58
Gambar 5.8. <i>Autonomous maintenance Checksheet</i>	59
Gambar 5.9. Penerapan <i>Autonomous maintenance Checksheet</i>	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

PT Universal Tekno Reksajaya (PT UTR) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang remanufaktur alat berat. Remanufaktur merupakan proses manufaktur ulang yang melibatkan pembongkaran suatu unit produk, yang diharapkan kinerja setelah remanufaktur setidaknya sama dengan spesifikasi kinerja aslinya. PT UTR memiliki beberapa beberapa *plant*, salah satunya adalah UTR *Plant* Jakarta atau Reman Jakarta (RJKT). Salah satu proses yang sangat penting dalam kegiatan remanufaktur adalah proses pengujian *engine* alat berat. Pengujian bertujuan untuk melakukan validasi apakah *engine* alat berat telah layak digunakan kembali oleh pelanggan berdasarkan performanya.

Untuk melakukan pengujian tersebut menggunakan mesin dinamometer beserta peralatan lainnya. Dinamometer berfungsi mengukur performa *engine* seperti besaran torsi, kecepatan putaran (prm), tenaga (HP), dan lain sebagainya. Dinamometer yang digunakan RJKT adalah Taylor DX38, dimana Taylor DX38 membutuhkan peralatan lainnya. Peralatan-peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan pengujian dan validasi *engine* disebut *engine test bench*.

Pada *plant* RJKT, personil pemeliharaan atau disebut *maintenance officer* hanya berjumlah satu orang. Satu orang tersebut memiliki tanggung jawab untuk mengelola seluruh fasilitas RJKT, keterbatasan *maintenance officer* pun menjadikan beberapa kerusakan tidak dapat langsung ditangani. Sebuah contoh yang terjadi pada *engine test bench* ialah, pada 15 Januari dan 20 Februari 2019 pipa pendingin menagalami kebocoran. Penggantian pipa air memakan waktu ± 2 jam, namun karena personil *maintenance officer* masih mengerjakan kerusakan lainnya, pipa air pun tidak dapat langsung ditangani. Begitu juga dengan *propeller shaft* yang berfungsi untuk meneruskan daya yang dihasilkan *engine* menuju dinamometer. Penggantian *propeller shaft* tidak lebih dari dua jam, namun karena keterbatasan personil *maintenance officer* maka *engine test bench* harus menunggu

terlebih dahulu sebelum dilakukan penanganan. Selain itu *propeller shaft* juga rusak kembali dalam kurun waktu kurang dari dua bulan, padahal *propeller shaft* memiliki standar penggunaan dari perusahaan selama kurang lebih enam bulan. Dari contoh kondisi tersebut dapat terlihat kegiatan pemeliharaan tidak dapat dilakukan sendirian oleh *maintenance officer*.

Total Productive Maintenance (TPM) adalah pendekatan yang dilakukan untuk memaksimalkan efektivitas mesin yang digunakan. Salah satu dari delapan pilar TPM adalah *autonomous maintenance*. *Autonomous maintenance* bertujuan untuk memberdayakan operator, sehingga operator dapat ikut serta secara aktif pada kegiatan pemeliharaan. Salah satu indikator dari TPM adalah *overall equipment effectiveness* (OEE) untuk mengetahui seberapa baik aset modal perusahaan dipergunakan. Untuk *performance maintenance*, digunakan dalam menilai efisiensi dan performa perawatan pada suatu sistem atau peralatan. Ketika menerapkan *autonomous maintenance* dengan baik TPM pun dapat meningkat, sehingga nilai OEE dan *performance maintenance* juga dapat meningkat.

Berdasarkan kondisi tersebut RJKT membutuhkan operator yang peduli serta aktif ikut serta dalam kegiatan pemeliharaan, khususnya pada *engine test bench* dimana menjaga akurasi serta performanya sangatlah penting.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat diidentifikasi bahwa permasalahan yang dihadapi perusahaan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil perhitungan *overall equipment effectiveness* (OEE) dan *performance maintenance* pada Taylor DX38 RJKT sebelum penerapan *autonomous maintenance*?
2. Bagaimana perancangan *autonomous maintenance* yang akan diterapkan pada Taylor DX38?
3. Bagaimana hasil perhitungan OEE dan *performance maintenance* pada Taylor DX38 RJKT setelah penerapan *autonomous maintenance*?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang ada, maka beberapa tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan nilai dan/atau analisis dari OEE dan *performance maintenance* pada Taylor DX38 RJKT sebelum penerapan *autonomous maintenance*.
2. Menghasilkan rancangan dan menerapkan *autonomous maintenance* yang akan diterapkan pada Taylor DX38 RJKT.
3. Menghasilkan nilai dan/atau analisis dari OEE dan *performance maintenance* pada Taylor DX38 RJKT setelah penerapan *autonomous maintenance*.

1.4. Pembatasan Masalah

Untuk menghindari luasnya permasalahan, diperlukan adanya pembatasan masalah. Adapun pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada periode bulan Februari-Juli 2019.
2. Penelitian dilakukan pada *engine test bench*, dengan dinamometer merk Taylor seri DX38 (Taylor DX38).
3. Pengambilan data primer dilakukan dengan mengamati secara langsung *engine test bench* RJKT, sedangkan pengambilan data sekunder didapatkan dari data perusahaan.
4. Penetapan *availability rate*, *performance rate*, dan *quality rate* dan yang sejenisnya didasarkan pada pengamatan di lapangan, data *report maintenance*, serta hasil diskusi dengan pihak perusahaan.
5. *Autonomous maintenance* yang dilakukan menerapkan langkah pertama hingga keempat yakni; *initial cleaning*, *countermeasure the source of problem*, *cleaning and lubrication standard*, dan *general inspection*.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Bagi Perusahaan

Membantu perusahaan menyelesaikan permasalahan yang ada di UTR *Plant* Jakarta (RJKT), khususnya Taylor DX38 dengan hasil rancangan perbaikan yang dibuat serta diimplementasikan.

2. Bagi Perguruan Tinggi

Menambah hasil karya mahasiswa sehingga dapat dijadikan referensi tentang perancangan dan implementasi *autonomous maintenance*, serta perhitungan OEE dan *performance maintenance*.

3. Pihak Mahasiswa

Memberikan pengalaman kepada mahasiswa melakukan penelitian dan aplikasi ilmu yang diperoleh selama kuliah.

1.6. Sistematika Penulisan

Agar Tugas Akhir ini tersusun secara sistematik dan mudah dipelajari, maka penulisan Tugas Akhir disusun berdasarkan sistematika sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan secara singkat dan jelas mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Bab ini berisi penjelasan mengenai perawatan dan pemeliharaan, *Total productive Maintenance* (TPM), konsep *autonomous maintenance*, *Overall equipment effectiveness* (OEE), *performance maintenance*, dan diagram Tulang Ikan.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi mengenai langkah-langkah sistematis yang dilakukan untuk memecahkan masalah agar penelitian yang dilakukan lebih terarah. Langkah-langkah tersebut terdiri atas studi pendahuluan dan studi pustaka, pengumpulan dan pengolahan data, analisis, serta kesimpulan dan saran.

BAB IV : PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi pengumpulan data yang didapatkan berupa objek penelitian dan jam kerja RJKT, data *planned maintenance*, data remanufaktur *engine*, data *breakdown*, data waktu *setup* dan *adjustment*, dan data kegagalan. dan pada sub bab pengolahan data terdapat data *loading time*, *operation time*, *Availability rate*, *performance rate*, *quality rate*. Serta menghitung OEE, MTBF, dan MTTR dari Taylor DX38 sebelum penerapan *autonomous maintenance*.

BAB V : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi analisis dan intrepertasi setelah dilakukannya tahap *pre-implementation*, *initial cleaning*, *countermeasure the source of the problem* (mengatasi sumber masalah) dimana terdapat analisis yang kemudian hasilnya tertuang dalam tabel dan *F-Tag*, tahap *cleaning and lubricating standard* (standar pembersihan dan pelumasan) dan tahap *general inspection* (pemeriksaan umum).

BAB VI : PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran berupa pernyataan singkat, jelas, dan sistematis dari keseluruhan hasil analisis dan saran yang mendukung bagi perusahaan maupun saran dari penyusun untuk penelitian ini.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. *Maintenance*

Menurut CIBSE *Maintenance* Task Group (2008), *maintenance* adalah kombinasi dari kegiatan teknis maupun administrasi terkait yang dimaksudkan untuk memelihara suatu barang atau memulihkannya ke keadaan dimana barang tersebut dapat melakukan fungsi sesuai yang seharusnya.

2.2. *Total productive Maintenance (TPM)*

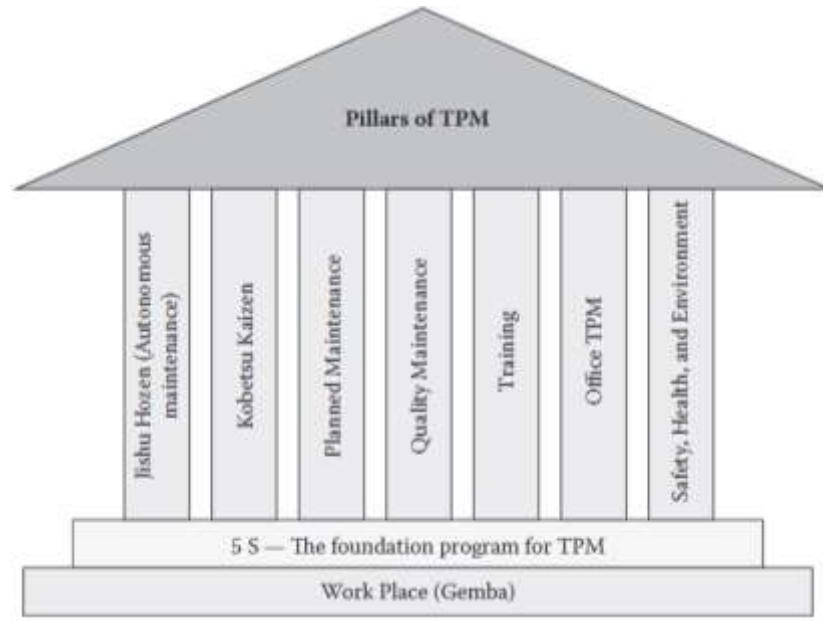
Pengertian *Total Productive Maintenance (TPM)* adalah pendekatan yang dilakukan negara Jepang untuk memaksimalkan efektivitas mesin yang digunakan dalam bisnis mereka. Hal ini tidak hanya melibatkan pemeliharaan, tetapi semua aspek dari operasi dan instalasi mesin-mesin, dan motivasi untuk orang yang bekerja dalam perusahaan (Davis, 1995).

Seiichi Nakajima yang merupakan tokoh pembawa TPM ke Jepang berpendapat sebagai berikut. Tujuan TPM adalah untuk meningkatkan efektivitas peralatan sehingga setiap peralatan dapat dioperasikan secara maksimal dan dipertahankan pada tingkat itu. Manusia, pekerja, dan mesin harus berfungsi baik, di bawah kondisi optimal dengan kerusakan nol dan nol cacat. Meskipun sulit mendekati nol, percayalah bahwa tercapainya nol cacat merupakan prasyarat penting bagi keberhasilan dari TPM (Nakajima, 1989).

TPM memaksimalkan efektivitas peralatan melalui dua jenis kegiatan, yakni antara lain:

1. Kuantitatif: meningkatkan ketersediaan peralatan total dan meningkatkan produktivitas dalam jangka waktu operasi tertentu.
2. Kualitatif: mengurangi jumlah produk cacat, menstabilkan, dan meningkatkan kualitas.

TPM juga digambarkan memiliki pilar di dalam sebuah rumah. Rumah dan pilar dapat dilihat dalam Gambar 2.1



Gambar 2.1. Pilar TPM

(Sumber: Tina Agustiady dan Elizabeth Cudney, 2016)

Menurut Agustiady dan Cudney (2012) TPM dimulai dengan 5S (*seiri/sort*, *seiton/straighten*, *seiso/shine*, *seiketsu/standardize*, *shitsuke/sustain*). 5S merupakan dasar, dikarenakan masalah takkan dapat terlihat secara jelas di tempat yang tidak teratur. Dengan membersihkan dan mengorganisir masalah akan dapat ditemukan, dimana membuat masalah terlihat adalah langkah pertama perbaikan.

Setelah berhasil membudayakan 5S, 7 (tujuh) pilar TPM dapat diterapkan. Berikut adalah pilar-pilar TPM:

1. Pilar 1: *Jishu Hozan (Autonomous maintenance)*

Pada pilar kedua, diharapkan akan menghasilkan manfaat-manfaat sebagai berikut:

- a. Memberdayakan dan mengembangkan operator untuk dapat menangani tugas-tugas pemeliharaan kecil.
- b. Membebaskan kemampuan personil pemeliharaan untuk menghabiskan waktu pada aktivitas yang lebih bernilai tambah dan perbaikan teknis.
- c. Operator bertanggung jawab untuk memelihara peralatan mereka untuk mencegah peralatan mereka dari penurunan nilai.

2. Pilar 2: *Kobetsu Kaizen (Focused Continuous Improvement)*

Kobetsu Kaizen adalah istilah dari Jepang, yang memiliki arti *focused continuous improvement* atau perbaikan berkelanjutan yang fokus. Memiliki konsep tambahan perbaikan kecil, namun selalu dilakukan.

3. Pilar 3: *Planned Maintenance*

Pada pilar yang di dasarkan pada pemeliharaan terencana ini, diharapkan dapat mencapai hal-hal sebagai berikut:

- a. Memiliki target untuk bebas dari masalah permesinan dan peralatan dengan *zero defect* untuk mendapat 100% kepuasan pelanggan.
- b. Menjadi proaktif dibanding reaktif dengan melakukan pemanfaatan staf pemeliharaan yang telah dilatih untuk membantu melatih operator agar dapat memelihara peralatan mereka lebih baik.

4. Pilar 4: *Quality Maintenance*

Quality Maintenance diimaksudkan untuk mencapai hal-hal sebagai berikut:

- a. Kepuasan pelanggan melalui kualitas tertinggi dengan kegiatan manufaktur yang bebas cacat.
- b. Fokus dalam mengeliminasi ketidak sesuaian pada sistem.
- c. Dapat memahami sumber dari segala pengaruh terhadap *part-part* peralatan terhadap kualitas produk dan memulai untuk mengeliminasi perhatian (kendala) pada kualitas saat ini, kemudian berfokus pada masalah potensi kualitas.

5. Pilar 5: *Training (Pelatihan)*

Dimaksudkan untuk memiliki karyawan yang *multiskilled* dan bersemangat, yang memiliki moral yang tinggi untuk bekerja dan menunjukkan fungsi-fungsi yang dibutuhkan secara independen dan efektif.

6. Pilar 6: *Office TPM*

Pilar ini harus diterapkan setelah penerapan pilar-pilar sebelumnya. *Office TPM* harus dapat meningkatkan produktivitas, efisiensi dan aliran fungsi administrasi dengan mengidentifikasi kerugian yang ada. Analisa proses dan prosedur terhadap otomasi kantor merupakan hal hal dicari.

7. Pilar 7: *Safety, Health, and Environment*

Fokus untuk menciptakan tempat kerja yang aman dan area yang memiliki lingkungan yang aman, dimana tidak rusak oleh suatu proses ataupun prosedur. Pilar ini akan bermain peran yang aktif di setiap pilar lainnya secara teratur. Pilar ini menjadikan pola pikir untuk dapat mencapai:

- a. *Zero accident*
- b. *Zero health damages*
- c. *Zero fire*

Terdapat jenis yang berbeda pada pemeliharaan yang terlibat dengan TPM, antara lain:

- a. *Breakdown maintenance*
- b. *Preventive maintenance*
- c. *Periodic maintenance*
- d. *Predictive maintenance*
- e. *Corrective maintenance*
- f. *Preventive maintenance*

2.3. *Autonomous Maintenance*

Menurut Nakajima (1989) *Autonomous maintenance* adalah pilar dari TPM yang dimaksudkan untuk memberdayakan dan mengembangkan operator untuk dapat menangani tugas-tugas pemeliharaan kecil. Selain itu pilar ini juga membebaskan kemampuan personil pemeliharaan untuk menghabiskan waktu pada aktivitas yang lebih bernilai tambah dan perbaikan teknis.

Dalam *autonomous maintenance* operator diberi tanggung jawab untuk memelihara peralatan mereka untuk mencegah peralatan mereka dari penurunan nilai. Target yang dapat dicapai dari penerapan *Autonomous maintenance* adalah sebagai berikut:

1. Menurunkan waktu proses
2. Meningkatkan aktivitas *autonomous maintenance* (perawatan mandiri).
3. Pengoperasian peralatan tidak terganggu. Operator melakukan *autonomous maintenance* dengan waktu yang fleksibel.

- Cacat dieliminasi di sumbernya melalui partisipas karyawan.

Sebelum memulai *autonomous maintenance*, maka harus menerapkan 5S terlebih dahulu, karena 5S merupakan dasar manajemen operasi. Setelah 5S menjadi budaya kerja yang mengakar, langkah *autonomous maintenance* dapat diterapkan. Langkah-langkah pada *autonomous maintenance* dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Langkah-langkah *Autonomous maintenance*

Step	Activities
1. <i>Initial cleaning</i>	<i>Clean to eliminate dust and dirt mainly on the body of equipment; lubricate and tighten; discover problems and correct them</i>
2. <i>Countermeasures at the source of problems</i>	<i>Prevent cause of dust, dirt and scattering; improve parts that are hard to clean and lubricate; reduce time required for cleaning and lubricating</i>
3. <i>Cleaning and lubrication standard</i>	<i>Establish standards that reduce time spent cleaning, lubricating, and tightening (specify daily and periodic tasks)</i>
4. <i>General Inspection</i>	<i>Instrustion follows the inspection manual; circle members discover and correct minor equipment defects</i>
5. <i>Autonomous Inspection</i>	<i>Develop and use autonomous inspection checksheet</i>
6. <i>Organization and tidiness</i>	<i>Standardize individual workplace control categories: Thoroughly systemize maintenance control</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Inspection standrds for cleaning and lubricating</i> • <i>Cleaning and lubricating standards in the workplace</i> • <i>Standards for recording data</i> • <i>Standards for parts and tools maintenance</i>
7. <i>Full autonomous maintenance</i>	<i>Develop company policy and goals further; increase regularity of improvement activities</i> <i>Record MTBF analysis results and design countermeasures accordingly</i>

(Sumber: Nakajima, 1989)

- Langkah 1: *Initial cleaning* (Pembersihan Awal)

Operator mengembangkan minat dan peduli terhadap mesin mereka melalui membersihkannya secara menyeluruh. Pembersihan adalah sebuah proses edukasi yang meningkatkan rasa keingintahuan (“kenapa kotoran sangat cepat menumpuk pada *part* ini?”) dan kemampuan menjawab pertanyaan dari

rekannya (“tidak ada getaran ketika baut ini telah terpasang dengan benar”). Operator belajar jika pembersihan adalah pemeriksaan. Mereka juga mempelajari pelumasan dasar dan teknik pembautan dan menjadi memiliki kemampuan untuk mendeteksi masalah pada peralatan.

2. Langkah 2: *Countermeasures at the source of problems*. (Mengatasi Sumber Masalah).

Makin sulit bagi seseorang untuk melakukan pembersihan awal, harus makin kuat pula keinginannya untuk menjaga peralatan agar tetap bersih, demikian pula untuk menurunkan waktu pembersihan. Mengukur untuk mengeliminasi penyebab debu, kotoran, *chip* dan lainnya atau untuk menyebar dan melekat (misalnya dengan menggunakan penutup atau pelindung) harus diterapkan. Jika sumber kotoran tidak dapat dihilangkan sepenuhnya, pembersihan dan prosedur pemeriksaan dirancang untuk area masalah harus makin efisien. Setiap *workshop* (bengkel) bertanggung jawab untuk membersihkan dan memperbaiki area kerjanya, tapi para *engineer* (insinyur) dan staf pemeliharaan harus bekerja sama dengan mereka dan mendukung usaha mereka.

3. Langkah 3: *Cleaning and Lubricating Standards* (Standar Pembersihan dan Pelumasan)

Pada langkah 1 dan 2, operator mengidentifikasi kondisi dasar yang harus diterapkan di peralatan mereka. Setelah operator dapat melakukannya, siklus TPM dapat mulai mengatur standar untuk pekerjaan pemeliharaan dasar yang cepat dan efektif untuk mencegah penyusutan nilai pada peralatan. Pekerjaan pemeliharaan dasar misalnya membersihkan, melumas, dan memasang baut pada setiap bagian pada peralatan.

Jelas sekali, waktu yang tersedia untuk pembersihan, pelumasan, pemasangan baut, dan pendeketeksian cacat minor bersifat terbatas. *Supervisor* harus memberi operator target yang rasional untuk waktu yang terpakai untuk kegiatan tersebut. Contoh target ialah, 10 menit per hari sebelum dan setelah kegiatan operasi, 30 menit setiap akhir pekan, dan satu jam pada akhir bulan.

Jika standar yang ditetapkan tak bisa dicapai operator, mereka harus meningkatkan kemampuan mereka dengan latihan membersihkan dan melumas. Hal ini dapat menjadi kesempatan untuk meneliti adakah ide yang inovatif, seperti *visual control* untuk menunjukkan alat ukur level oli bersamaan dengan menemukan metode pelumasan yang lebih efisien.

4. Langkah 4: *General Inspection* (Pemeriksaan Umum)

Langkah 1 sampai 3 melakukan pencegahan penyusutan nilai dan mengendalikan kondisi dasar dari pemeliharaan peralatan (pembersihan, pelumasan, pemasangan baut). Langkah 4 ialah usaha untuk mengukur penyusutan nilai dengan pemeriksaan umum dari peralatan. Selain itu, bekerja sambil mengembalikan peralatan kepada kondisi pengoperasian yang baik, kemampuan menjaga peralatan operator pun meningkat.

Mulanya, siklus TPM menuntun untuk melatih prosedur pemeriksaan menggunakan pemeriksaan umum manual yang disiapkan oleh *supervisor* dan staf. Anggota tim bekerja sama untuk menargetkan area-area masalah ditemukan selama pemeriksaan umum peralatan. Akhirnya, dengan bantuan dari staf dan personil pemeliharaan, siklus tersebut mengambil peran untuk memperbaiki penyusutan dan memperbaiki area yang terpengaruh.

Jika hasil masih belum terlihat, kemampuan yang diajarkan pada langkah sebelumnya mungkin masih belum dikuasai. Itu juga indikasi dari keahlian teknis dari pemula pada umumnya. Bila hal ini terjadi, akan lebih baik untuk mengulang dan memulainya dengan bekerja untuk meningkatkan teknis.

5. Langkah 5: *Autonomous Inspection* (Inspeksi Mandiri)

Pada langkah 5, standar pembersihan dan pelumasan yang telah matang, karena pada langkah 1 sampai 3 dan standar pemeriksaan sementara telah dibandingkan dan dievaluasi kembali untuk mengeliminasi segala ketidakkonsistenan dan untuk meyakinkan aktivitas pemeliharaan sesuai dengan *time frame* dan tujuan yang telah ditetapkan.

Seiring berjalannya waktu operator akan sepenuhnya terlatih untuk melakukan inspeksi umum (langkah 4), bagian pemeliharaan harus

merancang kalender pemeliharaan tahunan dan pempersiapkan standar pemeliharaan.

6. Langkah 6: *Organization and tidiness* (Pemilahan dan Kerapian)

Seiri, atau pemilahan adalah mengidentifikasi aspek di tempat kerja untuk mengatur dan menata dengan standar yang sesuai. Ini adalah pekerjaan untuk manajer dan *supervisor*, yang harus meminimalisasikan dan menyederhanakan objek atau kondisi yang harus diatur. *Seiton*, atau rapi yang berarti mengikuti standar yang ditetapkan, terutama tanggung jawab operator. Kegiatan aktivitas mereka harus disertai dengan standar yang mudah diikuti dan dapat diterapkan secara menyeluruh di pabrik.

Pada langkah 6 ini, *supervisor* dan manajer menuntun dan memimpin pengimplemtasian *autonomous maintenance* secara utuh dengan mengevaluasi peran operator dan melakuan menjelaskan tanggung jawab mereka. Apa yang harus dilakukan *supervisor* untuk mencegah kerugian dari *breakdown* dan produk cacat, contohnya, dan apa saja kemampuan yang harus ditambahkan untuk mereka miliki. Pada dasar dari pengalaman operator saat ini, manajer dapat memperluas cakupan dari kegiatan yang berhubungan dengan peralatan mereka.

Sebagai tambahan untuk memelihara kondisi dasar dan pemeriksaan peralatan, operator juga harus bertanggung jawab untuk:

- a. Mengoreksi kegiatan operasi dan *setup* (kondisi pengaturan dan memeriksa kualitas produk)
- b. Mendeteksi dan melakukan penanganan kondisi abnormal.
- c. Merekam data dari proses operasi, kualitas dan kondisi pemerosesan.
- d. Memperbaiki kerusakan kecil pada mesin, cetakan, *jig*, dan *tools*.

Pada Tabel 2.2. berisi contoh dari langkah 6 (*Organization and tidiness*) dimana telah terbagi menjadi enam sub-langkah.

Tabel 2.2. Contoh Standar *Organization and Tidiness*

Focus	Elements
Operator's responsibility	Organize standards for operator responsibilities; adhere to them faithfully (including data recording)
Work	Promote organized and orderly operations as well as visual control of work-in-process, products, defects, waste, and consumables (such as paint)
Dies, jigs, and tools	Keep dies, jigs, and tools organized and easy to find through visual control; establish standards for precision and repair
Measuring instruments and fool-proof devices	Inventory measuring instruments and fool-proof devices and make sure they function properly; inspect and correct deterioration; set standards for inspection
Equipment precision	Operators must check precision of equipment (as it influences quality) and standardize procedures
Operation and treatment of abnormalities	Establish and monitor operation, setup/adjustment, and processing conditions; standardize quality checks; improve problem-solving skills

(Sumber: Nakajima, 1989)

7. Langkah 7: *Full Implementation of Autonomous maintenance (Implementasi Penuh Autonomous maintenance)*

Melalui siklus kegiatan yang dipimpin oleh *supervisor* pada tahap 6, pekerja berkembang menjadi lebih bermoral dan berkompeten. Akhirnya, mereka menjadi mandiri, berkemampuan, dan menjadi pekerja yang percaya diri sehingga dapat dipercaya untuk memonitor pekerjaan mereka dan perbaikan dari implementasi mereka secara mandiri.

Pada tahap ini, siklus kegiatan harus fokus menghilangkan enam kerugian (*six losses*) dan pengimplementasian di setiap *workshop* dengan melakukan perbaikan yang mengadopsi *model* untuk peralatan dengan proyek tim.

Selain berjalan dengan tahap-tahap yang ada, *autonomous maintenance* juga membutuhkan dokumen-dokumen untuk menunjang kegiatannya sehingga pemantauan dan perekaman data dilakukan secara maksimal.

Negara Jepang menamai kontaminasi atau abnormalitas dengan *fuguai*, sehingga dinamai *F-Tag*. Menurut Steve Borris (2006), *F-Tag* adalah label fisik yang terlampir pada area yang kotor atau terdapat masalah dan digunakan untuk mengidentifikasinya. *F-Tag* memiliki kode warna yang berfungsi mengidentifikasi kompleksitas tugas, warna kode tersebut antara lain:

1. *Tag* Merah

Masalah dengan kode ini membutuhkan pengetahuan teknis, sehingga teknisi akan melakukan perbaikan. Teknisi yang dimaksud menguasai permesinan dan mampu menangani peristiwa yang tidak terduga yang mungkin terjadi ketika mesin sedang dioperasikan. Contoh pekerjaan yang diberi *tag* merah adalah kebocoran katup atau pipa gas pecah. Kebocoran kecil nitrogen di area tertutup harus ditangani dengan baik, maka tidak mungkin operator dialokasikan untuk tugas berlabel merah. Untuk beberapa tugas lain, seiring meningkatnya keterampilan operator, alokasi tugas berlabel merah dapat dipertimbangkan untuk dikerjakan oleh operator jika syarat dan kondisi terpenuhi.

2. *Tag* Putih

Masalah dengan *tag* putih membutuhkan syarat pengetahuan yang lebih sedikit dibandingkan *tag* merah, dan dapat ditangani oleh operator setelah mendapat instruksi dan pengujian untuk mencegah kesalahanpahaman. *Tag* putih membutuhkan sedikit pelatihan khusus. Tugas atau masalah untuk menangani masalah dengan *tag* putih memiliki dasar pada pembersihan, mulai dari debu kecil hingga kotoran. Tugas dengan *tag* putih biasanya membersihkan sisa-sisa pekerjaan pemeliharaan, serpihan dan debu maupun puing, melepas dan memasang baut yang harus diganti. Memiliki target untuk mengembalikan *tool* pada kondisi semula dan mempertahankan serta menambah keandalan kondisi *tool*. Awalnya tanggung jawab pada *tag* putih akan sedikit. Akan tetapi seiring bertambahnya pengalaman, pelatihan yang didapat, dan kemampuan operator, tingkat tanggung jawab dengan *tag* putih dapat semakin tinggi.

Selain *tag* merah dan putih, terdapat lembar lainnya yang digunakan dalam sistem perekaman *F-Tag*, antara lain:

1. *Cleaning Map*

Berupa diagram yang digunakan untuk menyorot area kontaminasi pada *tool* maupun *equipment* secara visual.

2. *Defect Map*

Berupa diagram yang digunakan untuk menunjukkan pola distribusi pada seluruh *F-Tag* di suatu *tool* atau *equipment*. Akurasi defect map terbatas, namun dapat ditingkatkan dengan penambahan detail foto, sketsa, atau gambar pada area yang dibutuhkan.

3. *F-Tag Category Spreadsheet*

Sebuah lembaran panjang yang digunakan untuk menjamin lima perbedaan tipe kategori kesalahan menurut JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*).

4. *Defect Chart*

Berupa gambar yang menunjukkan kumpulan *F-Tag* yang telah terbagi sesuai kategori JIPM ke dalam pola histogram.

5. *F-Tag Log Sheet*

Sebuah lembaran yang digunakan untuk mengidentifikasi dan merekam *F-Tag* dan menghubungkan tugas-tugas dengan penilaian risiko dan prosedur kerja yang aman.

6. *Task Certification Sheet*

Lembaran yang digunakan untuk mengidentifikasi siapa yang diberikan tanggung jawab atas masing-masing tugas.

7. *Failure Analysis Sheet*

Lembaran ini digunakan untuk dokumen reparasi dan menyediakan data reparasi agar dapat dianalisis.

2.4. *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*

Overall equipment effectiveness (OEE) adalah indikator seberapa sehat dan seberapa sering *equipment* (peralatan) digunakan berdasarkan mengukur kinerja *equipment* tersebut. OEE dihitung dalam bentuk persen waktu dari total *equipment*

mengerjakan produk yang berkualitas atau tidak cacat (Agustiyadi dan Cudney, 2013). Berdasarkan definisi tersebut, OEE dapat dijadikan indikator bagi organisasi atau perusahaan untuk mengetahui seberapa baik aset modal digunakan. OEE dapat mempengaruhi produktivitas pabrik karena memecah kerugian menjadi kategori yang jelas, hal ini dapat membantu tim lean menargetkan kegiatan peningkatan yang sesuai. Ketika memulai implementasi TPM, maka penting untuk fokus pada peralatan yang paling penting terlebih dahulu.

Menurut standar JIPM (Nakajima, 1989), bersasarkan pengalaman maka kondisi yang ideal adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3. Nilai OEE Berdasarkan Standar JIPM

Faktor OEE	Standar JIPM (%)
<i>Availability</i>	> 90,00
<i>Performance</i>	> 95,00
<i>Quality</i>	> 99,00
<i>Overall OEE</i>	> 85,00

(Sumber: Nakajima, 1989)

Untuk mengetahui besaran OEE, maka dapat menggunakan rumus OEE. Berikut adalah rumus OEE:

$$OEE = Availability \ Rate \times Performance \ Rate \times Quality \ Rate$$

Perhitungan OEE tersebut berdasarkan masing-masing dari tiga faktor utama, antara lain:

2.4.1 Availability Rate

$$Availability \ Rate = \frac{Operating \ Time}{Loading \ time} \times 100\%$$

Menurut Seiichiro Nakajima (1984) *operating rate* berdasarkan rasio dari *operation time*, termasuk *downtime* hingga *loading time*, seperti rumus yang telah dijabarkan sebelumnya. Berdasarkan pemaparan Robert C Hansen yang dikutip dari Seiichiro Nakajima pula, untuk mendapatkan *loading time* dan *operation time* ialah menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Loading \ Time = Total \ Available \ Time - All \ Planned \ Downtime$$

$$Operation \ time = Loading \ Time - (Non-operation \ time)$$

$$= Loading \ Time - (All \ Downtime + All \ Stop \ Time)$$

Pada rumus sebelumnya disebutkan *all planned downtime*. *All planned downtime* adalah *downtime* yang telah direncanakan, termasuk *planned maintenance*.

2.4.2 Performance Rate

$$\begin{aligned}
 \text{Net Operating Rate} &= \frac{\text{Actual processing time}}{\text{operation time}} \\
 &= \frac{\text{Processed amount} \times \text{Actual cycle time}}{\text{operation time}} \\
 \text{Operating Speed Rate} &= \frac{\text{Ideal cycle time}}{\text{Actual cycle time}} \\
 \text{Performance Rate} &= \text{Net operation rate} \times \text{Operating speed rate} \\
 &= \frac{\text{Processed amount} \times \text{Actual cycle time}}{\text{operation time}} \times \frac{\text{Ideal cycle time}}{\text{Actual cycle time}} \\
 &= \frac{\text{Processed amount} \times \text{ideal cycle time}}{\text{Operation time}} \times 100\%
 \end{aligned}$$

Cycle time ideal didefinisikan sebagai jumlah *cycle time* minimum sebuah proses yang dapat terjadi di kondisi optimal. Rumus *Performance* juga dapat dihitung dimana laju beroperasi dianggap setara dengan *cycle time*, sehingga:

$$\text{Performance} = \frac{\text{Number of Pieces Produced per time unit}}{\text{Planned production Quantity per time unit}} \times 100\%$$

2.4.3 Quality Rate

$$\text{Quality Rate} = \frac{\text{Produced Parts} - (\text{defect} + \text{rework})}{\text{Produced Parts}} \times 100\%$$

Perhitungan tingkat kualitas untuk remanufaktur sama seperti formula di atas, dengan sedikit pengertian yang disesuaikan. *Produced part* diartikan dengan banyaknya order barang yang masuk sesuai waktu yang ditentukan. Misalnya, pada satu bulan perusahaan remanufaktur mendapatkan 32 unit alat berat, 32 unit tersebut merupakan *produced part*.

Untuk *defect* atau *rework* penggerjaan remanufaktur adalah, ketika suatu unit selesai diproses namun memiliki penyimpangan sehingga dibutuhkan penggerjaan ulang.

2.5. Performance Maintenance

Performance Maintenance terdiri dari 3 bagian (Kostas, 1981), antara lain:

2.5.1 Reliability

Reliability adalah kemungkinan (probabilitas) dimana peralatan dapat beroperasi di bawah keadaan normal dengan baik. *Mean Time Between Failure* (MTBF) adalah rata-rata waktu suatu mesin dapat dioperasikan sebelum terjadinya kerusakan. MTBF dirumuskan sebagai hasil bagi dari total kegagalan pengoperasian mesin dibagi dengan jumlah/frekuensi kegagalan pengoperasian mesin karena *breakdown*. Rumus perhitungan dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Total Operation Time}}{\text{Frekuensi Breakdown}}$$

2.5.2 Maintainability

Maintainability adalah suatu usaha dan biaya untuk melakukan perawatan (pemeliharaan). Suatu pengukuran dari *maintainability* adalah *Mean Time To Repair* (MTTR), tingginya MTTR mengindikasi rendahnya *maintainability*. MTTR merupakan indikator kemampuan (*skill*) dari operator *maintenance* mesin dalam menangani atau mengatasi setiap masalah kerusakan. Rumus perhitungan dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Breakdown Time}}{\text{Frekuensi Breakdown}}$$

Breakdown Time adalah termasuk waktu menunggu untuk *repair*, waktu yang terbuang untuk melakukan *repair*, waktu yang terbuang untuk melakukan pengetesan dan mendapatkan peralatan yang siap untuk mulai beroperasi.

2.5.3 Availability

Availability adalah proporsi dari waktu peralatan/mesin tersedia aktual untuk melakukan suatu pekerjaan dengan waktu tersedia yang ditargetkan untuk melakukan suatu pekerjaan. Definisi lainnya adalah, rasio untuk melihat *line stop* ditinjau dari aspek *breakdown* saja. Pengukuran *availability* yang dihitung dalam bentuk persen adalah:

$$\text{Availability Rate} = \frac{\text{Total Operation Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

2.6. Diagram Tulang Ikan

Diagram ini disebut pula diagram Tulang Ikan (*Fishbone diagram*) atau Sebab Akibat atau *ishikawa*. Alat ini dikembangkan pertama kali pada tahun 1950 oleh seorang pakar kualitas jepang yaitu Kaoru Ishikawa. Diagram Tulang Ikan digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis suatu proses atau situasi dan menemukan kemungkinan penyebab suatu persoalan atau masalah yang terjadi.

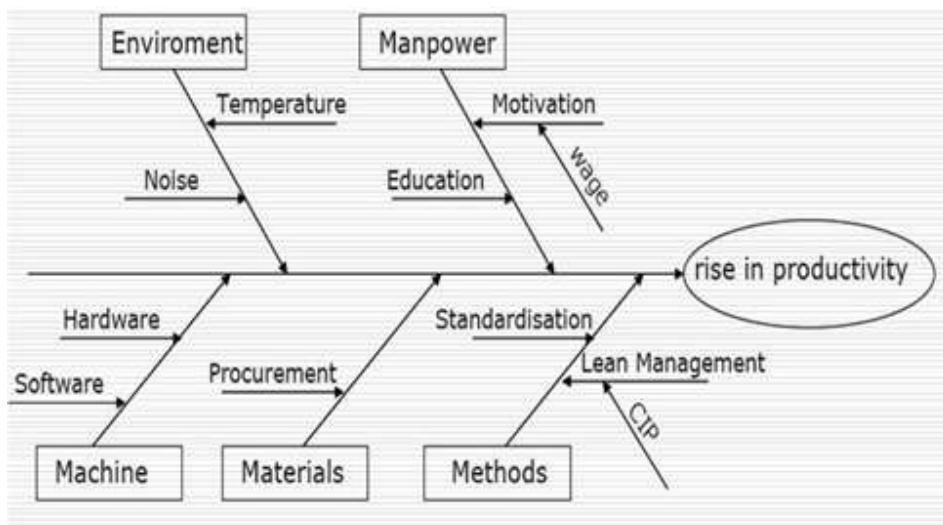
Diagram Tulang Ikan yaitu suatu pendekatan terstruktur yang memungkinkan dilakukan suatu analisis terperinci dalam menemukan penyebab-penyebab suatu masalah, ketidaksesuaian, dan kesenjangan yang terjadi. Diagram ini dapat digunakan dalam situasi dimana (Nasution, 2001):

1. Terdapat pertemuan diskusi dengan menggunakan *brainstorming* untuk mengidentifikasi mengapa suatu masalah tejadi.
2. Diperlukan analisis lebih terperinci terhadap suatu masalah

Diagram Tulang Ikan dapat dipergunakan untuk hal-hal sebagai berikut :

1. Menyimpulkan sebab-sebab variasi dalam proses.
2. Mengidentifikasi kategori dan subkategori sebab-sebab yang mempengaruhi suatu karakteristik kualitas tertentu.
3. Memberikan petunjuk mengenai macam-macam data yang dibutuhkan.

Adapun gambar diagram Tulang Ikan dapat dilihat pada Gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2. Contoh Diagram Tulang Ikan
(Sumber:Nasution, 2001)

Untuk menggambarkan hubungan antara sebab dengan akibat pada sebuah diagram, harus mengetahui penyebab-penyebab dan akibat-akibat dalam bentuk yang konkret. Berdasarkan hal tersebut, akibat dapat diartikan sebagai karakteristik kualitas, dan akibat dapat diartikan sebagai faktor. (Ishikawa, 1976).

Faktor penyebab terjadinya penyebaran dapat diuraikan menjadi material, peralatan, metode kerja, dan lain sebagainya, namun pada umumnya faktor penyebab terjadinya penyebaran adalah sebagai berikut:

1. *Material*, bahan baku yang digunakan dalam proses produksi barang maupun jasa.
2. *Methods*, prosedur, instruksi kerja, cara manusia menyelesaikan pekerjaan,
3. *Machines*, semua jenis perlengkapan dan peralatan yang digunakan.
4. *Man/People*, semua sumber daya manusia yang ikut dalam proses tersebut.
5. *Mother Nature/Environment*, lingkungan fisik dan manajemen lingkungan.

2.7. State Of The Art (SOTA)

State of the art atau SOTA adalah ukuran tingkat pengembangan (dalam bentuk sebuah perangkat atau produk, prosedur, proses, maupun teknik atau tata cara). Pada Tabel 3.1 terdapat rangkuman dari beberapa penelitian yang membahas mengenai peningkatan kualitas pemeliharaan:

Tabel 2.4. Rangkuman *State of the Art*

No	Nama Peneliti	Tahun	Instansi	Judul
1	Erna Regina Supriatna, dkk	2014	Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti, Jakarta	<i>Autonomous Maintenance Pada Plant II PT. Ingress Malindo Ventures</i>
2	Nadia Cynthia Dewi	2014	Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Dipanegoro	<i>Analisis Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Dengan Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Six Big Losses Mesin Cavitec PT. Essentra Surabaya</i>
3	Heru Winarno	2014	Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya, Banten	<i>Analisis Productive Maintenance di PT. Sankyu Indonesia International</i>

(Sumber: Hasil Rangkuman)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis dan Sumber Data

Jenis data dan sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.1.1 Jenis Data

Jenis data yang dikumpulkan terdiri dari dua jenis, dengan metode pengumpulan data sebagai berikut:

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari objek penelitian. Pada penelitian ini tidak terdapat data primer.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh seorang peneliti secara tidak langsung dari objeknya tetapi melalui sumber lain, baik lisan maupun tulisan. Data yang dimaksud antara lain; jam kerja, data *planned maintenance*, data mengenai Taylor DX38 beserta aksesoris, data remanufaktur *engine*, data *setup*, data *testing engine* beserta standar *testing engine* tersebut, data *breakdown*, dan data kegagalan fungsi.

3.1.2 Sumber Data

Semua data yang diperoleh pada penelitian ini adalah data sekunder, seluruh data sekunder berasal dari bagian dari bagian *Facility Production* dan *Production Planning and Inventory Control* (PPIC). Data yang berasal dari *Facility Production* adalah jam kerja, data *planned maintenance*, data *engine test bench* (Taylor DX 38 dan aksesoris), dan data *breakdown*. Untuk data yang diperoleh dari bagian PPIC adalah data remanufaktur *engine*, data *setup*, data *testing engine* beserta standar *testing engine*, dan data kegagalan fungsi.

3.2. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendukung menyelesaikan permasalahan yang dihadapi perusahaan. Dalam melakukan pengumpulan data terdapat beberapa metode yang digunakan, antara lain:

1. Studi Lapangan

Kegiatan ini dilakukan dengan mengamati langsung ke lantai produksi, khususnya di Taylor DX 38 kemudian mencatat hal-hal penting yang dibutuhkan.

2. Studi Pustaka

Penelitian dilakukan dengan cara mempelajari teori-teori melalui buku-buku dan literatur tugas akhir ataupun literatur yang diperoleh ketika kuliah, serta beberapa sumber lainnya yang relevan dan berhubungan dengan penelitian seperti jurnal atau skripsi.

3. Wawancara

Wawancara adalah metode pengumpulan data dan informasi melalui wawancara kepada operator atau pihak *quality control* yaitu dengan cara mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang berkaitan dengan permasalahan yang akan dibahas.

3.3. Teknik Analisis

Langkah-langkah dalam metodologi pemecahan masalah ini dimulai dari penelitian lapangan pada perusahaan yang menjadi tempat penelitian.

3.3.1 Studi lapangan

Studi lapangan pada PT UTR dilakukan dengan cara melakukan pengamatan terlebih dahulu untuk mengetahui keadaan *workshop* secara keseluruhan, sehingga dapat mengidentifikasi masalah yang ada di *workshop*. Studi lapangan ini berguna untuk mendapatkan informasi-informasi bagaimana proses bisnis pada lantai produksi, bagaimana kondisi *plant*, dan masalah apa yang terdapat pada *plant*. Pada tahap ini peneliti menentukan masalah apa yang dipilih untuk diteliti.

3.3.2 Studi Pustaka

Studi pustaka digunakan sebagai landasan teori atau acuan dalam melakukan penelitian. Landasan teori yang digunakan bertujuan untuk menguraikan teori-teori yang berhubungan dengan penelitian terhadap permasalahan yang sedang dihadapi. Studi pustaka dalam tugas akhir ini berkaitan dengan peningkatan tingkat OEE, nilai MTBF dan nilai MTTR pada *engine test bench* Taylor DX 38 menggunakan metode *autonomous maintenance* serta hal-hal yang dapat membantu penyelesaian tugas akhir ini.

3.3.3 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah bertujuan untuk mengenalkan masalah yang terjadi di perusahaan dan mencari solusi untuk mengatasi masalah yang terjadi. Pada penelitian ini identifikasi masalah dijelaskan pada BAB I.

3.3.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian merupakan acuan dalam penelitian yang menjadi jawaban dari pelaksanaan suatu penelitian. Tujuan penelitian telah dijelaskan pada BAB I.

3.3.5 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendukung penyelesaian permasalahan yang dihadapi perusahaan. Adapun data yang dikumpulkan seperti yang dijelaskan pada sub bab sebelumnya. Setelah mendapatkan data yang diperoleh, selanjutnya dilakukan beberapa tahap pengolahan data, yaitu:

1. Perhitungan *loading time*

Perhitungan diperoleh dengan mengalikan waktu kerja efektif, waktu operasi (jumlah hari yang digunakan untuk melakukan *testing engine* dalam satu bulan), kemudian hasil perkalian tersebut dikurangi waktu *planned maintenance*.

2. Perhitungan *operation time*

Perhitungan diperoleh dengan mengurangi *loading time* dengan waktu *downtime* yang dijumlahkan dengan waktu *setup*.

3. Perhitungan *availability rate*

Perhitungan diperoleh dengan membagi *operation time* dengan *loading time*

4. Perhitungan *performance rate*

Perhitungan diperoleh dengan membandingkan total standar penggerjaan *testing engine* dengan *operation time*. Total standar penggerjaan *testing engine* merupakan standar waktu penggerjaan *testing engine* dari masing-masing *engine*, lalu kemudian dijumlahkan sesuai jumlah yang diproses selama sebulan.

5. Perhitungan *quality rate*

Perhitungan diperoleh dengan mengurangi jumlah *engine* yang ditesting dengan jumlah hasil perhitungan parameter *engine* yang gagal atau tidak akurat, lalu hasil tersebut dibagi dengan jumlah *engine* yang ditesting.

6. Perhitungan *Mean Time Between Failures* (MTBF)

Perhitungan diperoleh dengan membagi *operation time* dengan jumlah kerusakan. Hasil pembagian tersebut dibagi dengan 480 untuk mengetahui rata-rata kerusakan antar kegagalan dalam satuan hari *testing engine*.

7. Perhitungan *Mean Time To Repair* (MTTR)

Perhitungan diperoleh dengan membagi *operation time* dengan *downtime to repair* (waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan mesin).

3.3.6 Analisis Dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan penerapan *autonomous maintenance* tahap pertama sampai dengan tahap keempat penerapan *autonomous maintenance*. Dari penerapan tersebut dapat dilakukan analisis yang menjadi dasar perbaikan. Penerapan *autonomous maintenance* beserta perhitungan perbaikan yang dilakukan setelah *autonomous maintenance* diantaranya:

1. *Pre-Implementation*

Tahap ini berbentuk pertemuan yang dihadiri pihak-pihak yang berkaitan dengan aktivitas *maintenance* seperti *production head*, *maintenance officer*, dan operator. Pertemuan ini membahas tentang *autonomous maintenance* dan rencana implementasi yang akan dilakukan.

2. *Initial cleaning* (Pembersihan Awal)

Pada tahap ini akan dilakukan pembersihan tempat kerja, dimana pembersihan juga sekaligus pemeriksaan. Dari pemeriksaan yang dilakukan

akan ditemukan masalah, kerusakan, dan segala bentuk penyimpangan lainnya. Setiap masalah yang ditemukan akan dicatat untuk dilakukan analisis sehingga dapat mengetahui tindakan yang akan diambil.

3. Penerapan *countermeasures at the source of problems* (mengatasi sumber masalah)

Setelah mendata kerusakan-kerusakan yang muncul, maka dilakukan identifikasi sumber kontaminasi dari debu dan kotoran maupun sumber masalah lainnya. Analisis penanganan juga dilakukan untuk mencegah atau menghentikan sumber masalah. Diagram Tulang Ikan adalah *tools* yang dapat digunakan untuk mengetahui akar masalah, setelah itu membuat tabel berisi penjabaran analisis diagram Tulang Ikan dari masing-masing masalah. Analisis yang telah dirumuskan, dimasukkan di dalam *F-Tag* merah.

4. Penerapan *cleaning and lubricating standards* (standar pembersihan dan pelumasan)

Standar pembersihan dan pelumasan ditetapkan sesuai dengan kondisi Taylor DX 38 berdasarkan analisis sebelumnya.

5. Penerapan *general inspection* (pemeriksaan umum)

Melakukan pembersihan dan pemeriksaan berdasarkan standar yang telah ditetapkan di dalam *checksheet*, namun operator masih mengerjakannya dengan arahan *maintenance*.

6. Perhitungan OEE sesudah *autonomous maintenance*

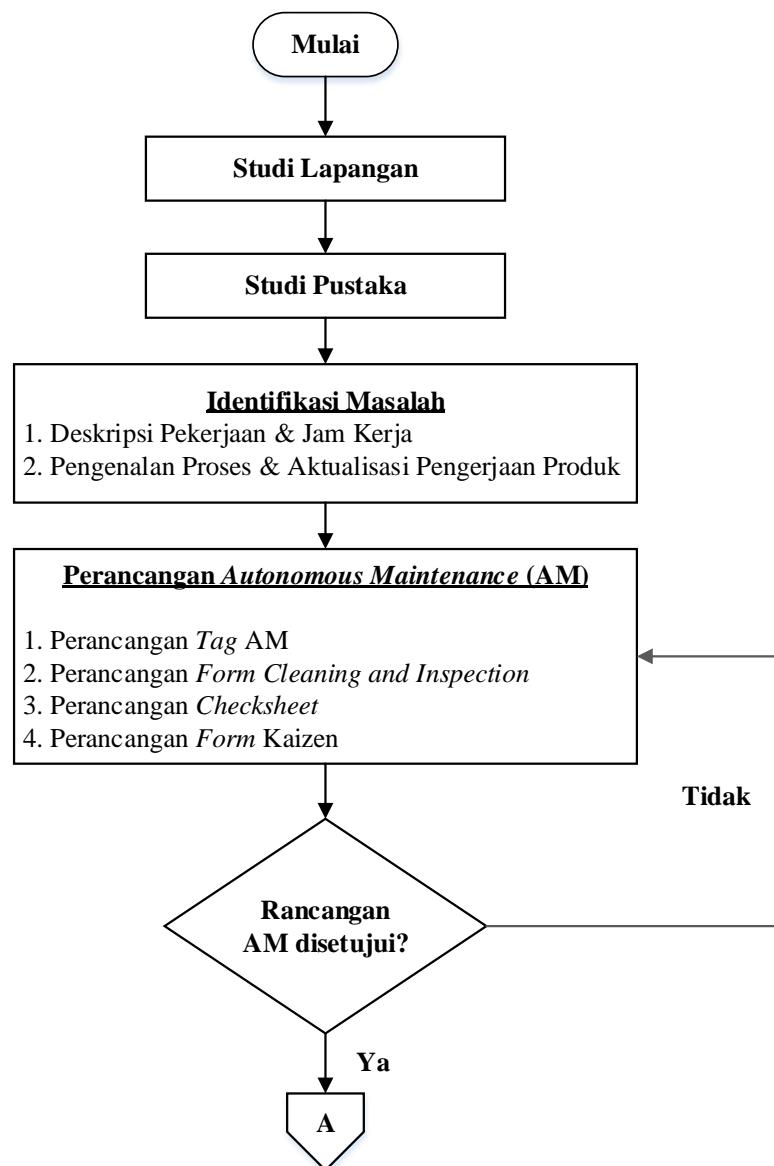
Setelah melakukan pemeriksaan umum, rekam data yang berkaitan dengan aktivitas pemeliharaan, kemudian menghitung OEE dan melakukan analisis *performance maintenance* (MTBF) yang merupakan indikator pencapaian tingkat pemeliharaan perusahaan.

7. Perbandingan dan/atau analisis OEE dan *performance maintenance* sebelum dan sesudah penerapan *autonomous maintenance*.

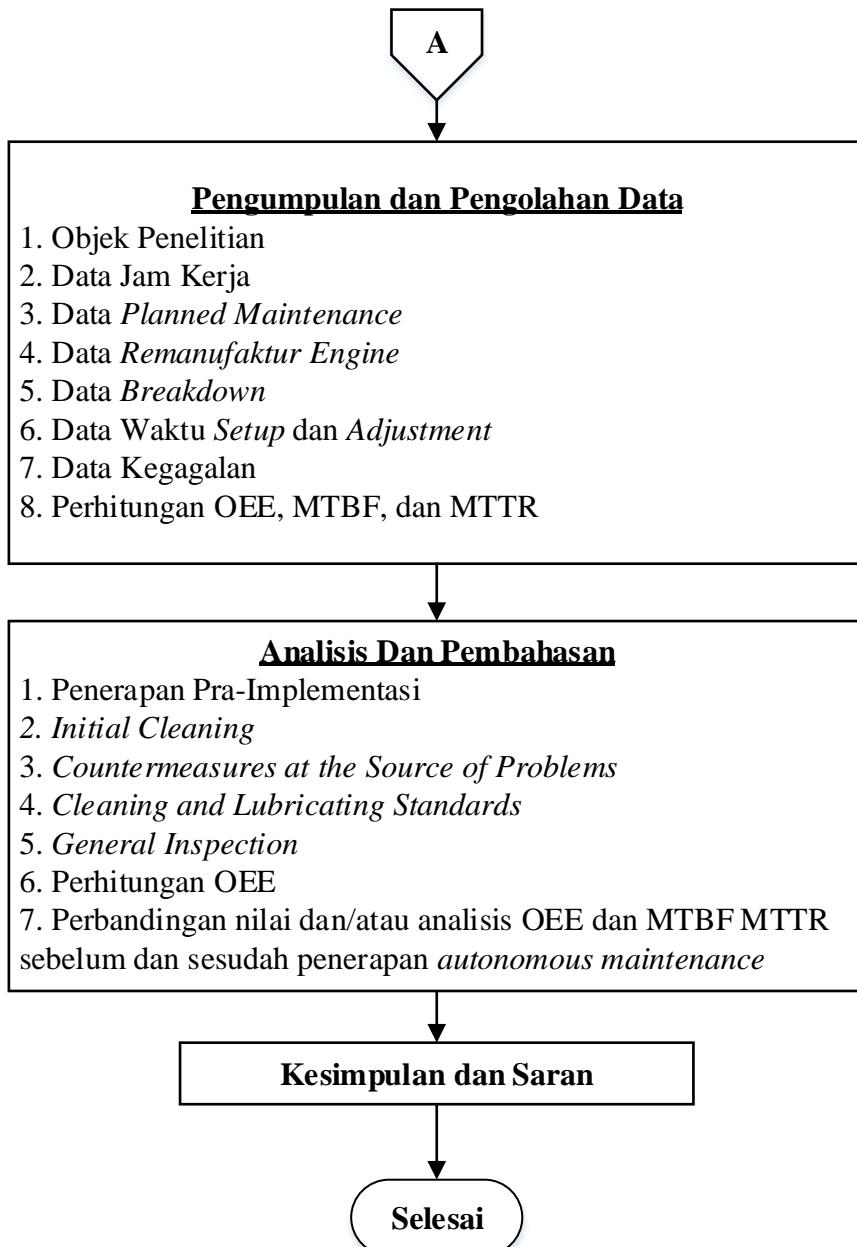
Melakukan perbandingan nilai dan/atau analisis dari OEE dan *performance maintenance* sebelum perbaikan dengan menghasilkan rekomendasi penjadwalan untuk melakukan *planned maintenance engine test bech*.

3.3.7 Kesimpulan Dan Saran

Langkah akhir dari penelitian ini adalah menentukan kesimpulan dan saran. Kesimpulan merupakan jawaban dari tujuan penelitian yang ada, dapat berupa informasi dan nilai. Saran merupakan usulan yang diberikan untuk perusahaan atau penelitian berikutnya, sehingga diharapkan lebih baik dari sebelumnya. Dari penejelasan teknik analisis data sebelumnya dapat dibuat kerangka berpikir untuk memecahkan masalah yang telah disebutkan sebelumnya pada Gambar 3.1



Gambar 3.1. Diagram Alir Metodologi Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir Metodologi Penelitian (Lanjutan)

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data menjabarkan hal-hal yang berhubungan dengan data-data yang dibutuhkan pada penelitian ini. Data-data tersebut terdiri dari data primer dan sekunder. Contoh data primer pada laporan ini ialah data *breakdown*, *setup* dan *adjustment*, dan kegagalan. Untuk contoh data sekunder pada laporan ini antara lain objek penelitian, jam kerja, dan *planned maintenance*.

4.4.1 Objek Penelitian

Pada Juli 2011 PT Universal Tekno Reksajaya atau PT UTR berdiri menjadi anak perusahaan PT United Tractors, Tbk dimana sebelumnya PT UTR adalah *service division* di PT United Tractors, Tbk. PT UT adalah perusahaan yang bergerak di bidang remanufaktur alat berat, memiliki tujuh *plant* dan tiga sub *plant* di seluruh Indonesia. Remanufaktur alat berat secara garis besar adalah proses peremajaan komponen disertai pengetesan dan pengujian sehingga performa komponen diharapkan setidaknya sama dengan yang baru.

Salah satu mesin yang sangat penting pada kegiatan remanufaktur adalah *engine test bench* berupa dinamometer beserta *equipment* lainnya yang berfungsi menguji performa *engine* sebuah mesin. Parameter yang diukur adalah *power*, *torque*, *oil pressure*, *oil temperature*, *water temperature*, dan *blow by gass*.

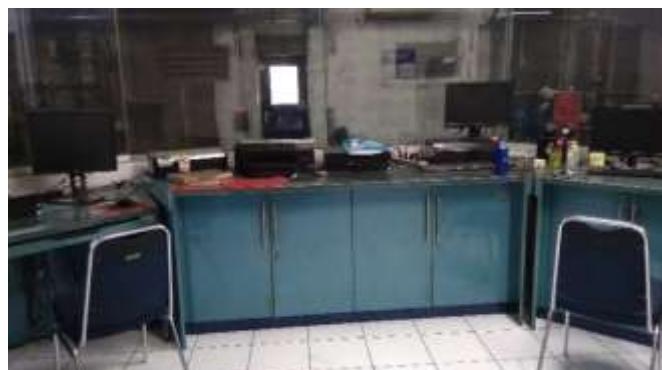
Pada dasarnya ada tiga jenis alat ukur daya atau torsi, yaitu dinamometer penggerak, dinamometer trasmisi, dinamometer absorpsi. Taylor DX38 merupakan dinamometer absorpsi jenis dinamometer hidraulik. Dinamometer absorpsi adalah dinamometer yang mengubah energi mekanik sebagai torsi yang diukur. Sedangkan dinamometer hidraulik adalah dinamometer yang menggunakan sistem hidraulik atau fluida untuk menyerap mesin.

Taylor DX38 harus mampu beroperasi pada kecepatan yang bervariasi dan mampu mengukur performa *engine* pada tingkatan torsi yang bervariasi. Hasil pengukuran saat pengetesan akan terpampang secara otomatis pada *software* yang

telah tersedia di monitor. Sejak 2011 pengukuran parameter *engine* dilakukan secara otomatis dengan menggunakan *software*, sebelumnya pengukuran dilakukan secara manual oleh operator berdasarkan rumus yang disediakan.



Gambar 4. 1. *Dynamotest Room* Tampak Samping
(Sumber: PT Universal Tekno Reksajaya)



Gambar 4. 2. *Dynpro Workstation*
(Sumber: PT Universal Tekno Reksajaya)

Dari akumulasi barang yang masuk ke PT UTR, terdapat gabungan dari komponen *engine* dan komponen *non engine* (seperti silinder, *control valve*, dsb). *Engine test bench* hanya akan memproses komponen *engine* yang telah diremanufaktur. Kesiapan *engine test bench* sangat dibutuhkan agar proses berjalan dengan lancar, untuk itu ketersediaan, performa, kemampuan Taylor DX38 untuk menampilkan hasil pengujian secara akurat, waktu diantara terjadinya kerusakan, dan lamanya *maintenance* yang dilakukan ketika terjadi *breakdown* perlu diketahui. Berikut merupakan foto-foto dari *engine test bench* yang terdiri dari Taylor DX38 beserta aksesoris yang dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1. Taylor DX38 dan Aksesoris

No	Gambar	Keterangan
1.		Water Brake atau Engine Dynamometer (Taylor DX38) Dinamometer akan memutar rotor yang akan memamantulkan air, sehingga menghasilkan gaya tekan pada <i>load cell</i> .
2.		Load Cell Sensor pembaca parameter seperti <i>load torque, power, dsb</i>)
3.		Cooling Column Pengatur tekanan <i>coolant engine</i> selama proses pengetesan
4.		Drive Shaft Coupling Guard Pelindung <i>drive shaft</i> ketika <i>engine beroperasi</i>
5.		Universal Joint Drive Shaft Komponen dasar untuk mentransfer tenaga

Lanjut...

Tabel 4.1. Taylor DX38 dan Aksesoris (Lanjutan)

No	Gambar	Keterangan
6.		Stand atau Installer Media <i>engine</i> ketika melakukan pengetesan
7.		Dynpro Workstation/ Control Monitor Menampilkan hasil dari pengukuran yang diteruskan oleh <i>dynpro</i> atau <i>junction box</i>
8.		Dynpro/ Junction Box Penertima input (<i>voltage</i> & sensor) yang kemudian dikonversikan menjadi digital data dan diteruskan ke layar monitor taylor
9.		Exhaust System Sistem untuk menyalurkan gas buang
10.		Baterai (Aki) Baterai memiliki fungsi melakukan pengapian dan juga melakukan <i>starter</i>
11.		Cooling Tower Memiliki fungsi sebagai pendingin air. Air yang telah mendinginkan <i>engine</i> akan memiliki suhu yang tinggi, untuk dapat digunakan kembali air akan didinginkan di dalam <i>cooling tower</i> .

Lanjut...

Tabel 4.1. Taylor DX38 dan Aksesoris (Lanjutan)

No	Gambar	Keterangan
12.		<p>Throttle Control Mengatur putaran atau speed <i>engine</i> yang di kontrol dari <i>control room</i> dengan menggunakan media penggerak <i>actuator</i>. <i>Throttle control</i> juga menggunakan pipa untuk menyalurkan udara.</p>
13.		<p>Fuel Measurement Unit (FMU) Unit yang mengukur parameter (<i>fuel consumption</i>, <i>fuel level</i>, dll) sebagai input, kemudian diteruskan ke <i>dynpro</i></p>
14.		<p>Pompa Air dan Kolam Air berfungsi sebagai pendingin atau <i>coolant</i> untuk <i>engine</i>. Dalam meminimalisasi biaya dan pertimbangan lingkungan, maka kolam merupakan pilihan yang tepat karena dapat menampung air yang telah digunakan dan menggunakannya kembali. Untuk mengalirkan air, tak lupa dibutuhkan pompa air dan pipa.</p>

(Sumber: PT Universal Tekno Reksajaya)

4.4.2 Jam Kerja

Pada Tabel 4.2 merupakan jam kerja yang berlaku pada seluruh *plant* PT UTR di seluruh Indonesia, termasuk UTR *Plant* Jakarta (RJKT). Berikut adalah Tabel 4.2:

Tabel 4.2. Jam Kerja UTR *Plant* Jakarta

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin-Kamis	07.30-16.30 WIB	10.00-10.10 WIB
		12.00-13.00 WIB
		15.30-15.45 WIB
Jum'at	07.30-17.00 WIB	10.00-10.10 WIB
		11.30-13.00 WIB
		15.30-17.00 WIB
Sabtu-Ahad		Istirahat Akhir Pekan

(Sumber: PT Universal Tekno Reksajaya)

Selain jam kerja pada Tabel 4.2 berikut merupakan uraian kegiatan rutin yang terdapat di *plant* PT UTR, kegiatan tersebut antara lain:

1. Waktu Kerja per Hari (WKph): 9 jam atau 540 menit
2. Waktu Total Istirahat (WTI): 85 menit
3. Waktu *Meeting Pagi* (WMP): 30 menit
4. Waktu Pengisian *Move Time Card* atau MTC (WPMtc): 20 menit sebelum jam pulang

Dengan pertimbangan tersebut maka waktu kerja efektif pada *plant* PT UTR di seluruh Indonesia didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut:

Waktu Kerja Efektif (WKEf)

$$\begin{aligned} \text{WKEf} &= \text{WKph} - (\text{WTI} + \text{WMP} + \text{WPMtc}) \\ &= 540 - (85+30+20) \\ &= 540 - 185 \\ &= 405 \text{ menit} \end{aligned}$$

4.4.3 Data *Planned Maintenance*

Planned maintenance adalah perawatan terencana yang dilakukan pihak *maintenance* terhadap *equipment plant*, salah satunya adalah Taylor DX38. Berdasarkan *Equipment Condition Report* UTR *Plant* Jakarta, *planned maintenance* Taylor DX38 pada Januari-Mei 2019 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3. *Planned Maintenance UTR Plant Jakarta*

Bulan	<i>Planned Maintenance</i> (menit)
Januari	0
Februari	30
Maret	0
April	0
Mei	30

(Sumber: PT Universal Tekno Reksajaya)

PT UTR merencanakan *planned maintenance* setiap 3 bulan sekali, dan menyediakan 30 menit untuk melakukan *planned maintenance*.

4.4.4 Data Testing Engine

PT UTR merupakan perusahaan remanufaktur yang berarti akan melakukan proses remanufaktur jika terdapat barang yang masuk, *testing engine* pun juga dilakukan bila *engine* yang telah di *assembly* siap untuk diuji. Pada Tabel 4.4 merupakan data *engine* yang telah diproses oleh *engine test bench*, antara lain:

Tabel 4.4. Daftar Nama *Engine Model*

Bulan	<i>Engine Model</i>	Tanggal Masuk	Tanggal Keluar	Tanggal Operasional
Januari	D85ESS-2	07/01/2019	08/01/2019	7, 8, 11, 14, 15, 25, 26, 28, 29, 30
	GD511A-1	11/01/2019	15/01/2019	
	TR200E	25/01/2019	26/01/2019	
	WA800-3	28/01/2019	30/01/2019	
	Total	4 unit		10 hari
Februari	EGS1200-3	04/02/2019	07/02/2019	4, 6, 7, 11, 12, 14, 15, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 27
	PC400-8	11/02/2019	12/02/2019	
	WA180-3	14/02/2019	15/02/2019	
	WA500-3	19/02/2019	21/02/2019	
	GD511A-1	22/02/2019	27/02/2019	
	Total	5 unit		14 hari
Maret	P410CB-8X4	06/03/2019	11/03/2019	6, 8, 11, 12, 13, 25, 26, 27, 28, 29, 30
	D155-6	11/03/2019	13/03/2019	
	PC200-8	25/03/2019	26/03/2019	
	PC400-7	26/03/2019	28/03/2019	
	PC200-8	29/03/2019	30/03/2019	
	Total	5 unit		11 hari

Lanjut...

Tabel 4.4. Daftar Nama *Engine Model* (Lanjutan)

Bulan	<i>Engine Model</i>	Tanggal Masuk	Tanggal Keluar	Tanggal Operasional
April	PF6	01/04/2019	04/04/2019	1, 2, 4, 9, 10, 11, 12, 15, 18, 22, 23, 24, 25, 26, 29
	PC200-8	09/04/2019	10/04/2019	
	D68ESS-12	11/04/2019	12/04/2019	
	P410	12/04/2019	15/04/2019	
	PC200-8 MO	18/04/2019	22/04/2019	
	PC300-8	22/04/2019	25/04/2019	
	PC200-8	26/04/2019	29/04/2019	
	Total	7 unit		15 hari
Mei	PC200-8	06/05/2019	07/05/2019	6, 7, 9, 10, 22, 23, 24
	PC200-8	09/05/2019	10/05/2019	
	GD511A-1	22/05/2019	24/05/2019	
	Total	3 unit		7 hari

(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan)

Hari kegiatan remanufaktur tidak dihitung berdasarkan hari kerja perbulan, namun hanya dari jumlah hari dilakukannya kegiatan *testing engine* dalam satu bulan berdasarkan masuk dan keluarnya *engine*. Tanggal masuk ialah dimulainya *testing engine* untuk suatu *engine model*, sedangkan tanggal keluar adalah tanggal dimana *engine model* dinyatakan selesai dilakukan pengujian. Untuk *testing engine* PC300-8 telah dilakukan pada tanggal 16 April 2019, namun karena terjadi kerusakan pada *propeller shaft* dan adanya prioritas penggerjaan maka PC 200-8 MO diputuskan untuk diuji terlebih dahulu.

PT UTR memiliki standar untuk setiap kegiatan remanufaktur pada masing-masing *engine model*. Contoh dari fungsi standar adalah sebagai acuan dan juga alat kendali untuk menentukan apakah kinerja remanufaktur yang dilakukan telah baik atau masih banyak melakukan pemborosan. Standar tersebut nantinya akan dibandingkan dengan kinerja aktual dari tiap-tiap kegiatan remanufaktur, termasuk kegiatan pengujian *engine* atau *testing engine*. Pada Tabel 4.5 berisi standar dan aktual dari waktu kegiatan *testing engine* untuk Januari-Mei 2019, yakni sebagai berikut:

Tabel 4.5. Standar dan Aktual Waktu Pengerjaan *Testing Engine*

Bulan	<i>Engine Model</i>	Standar (menit)	Aktual (menit)
Januari	D85ESS-2	600	570
	GD511A-1	600	885
	TR200E	600	585
	WA800-3	720	780
	Total	2.520	2.870
Februari	EGS1200-3	720	750
	PC400-8	600	550
	WA180-3	600	520
	WA500-3	720	560
	GD511A-1	600	1.350
	Total	3.240	3.730
Maret	P410CB-8X4	600	780
	D155-6	600	840
	PC200-8	600	470
	PC400-7	600	735
	PC200-8	600	540
	Total	3.000	3.365
April	PF6	600	650
	PC200-8	600	480
	D68ESS-12	600	660
	P410	600	486
	PC200-8 MO	600	675
	PC300-8	600	1.470
	PC200-8	600	606
	Total	4.200	5.027
Mei	PC200-8	600	605
	PC200-8	600	570
	GD511A-1	600	960
	Total	1.800	2.135

(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan)

4.4.5 Data Breakdown

Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan, data mengenai kerusakan tak terencana atau *unscheduled breakdown* pada Januari-Mei 2019 dapat dilihat seperti pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7

Tabel 4.6. Waktu *Breakdown* pada *Engine test bench*

Masalah	Tanggal	Waktu		
		Ditemukan	Ditangani	Selesai
<i>Fuel Pump</i> bocor	15/01/2019	11.00	15.00	16.30
Pipa air pendingin bocor	21/02/2019	07.45	13.00	13.45
Pipa air pendingin bocor	27/02/2019	08.00	13.15	14.30
<i>Propeler Shaft Test bench Engine Big damage</i> saat <i>test Engine PC400-7</i>	12/03/2019	11.26	15.45	16.30
1) <i>Propeler Shaft Test bench Engine Big damage</i> saat <i>test Engine PC300-8</i> 2) <i>Pressure gauge</i> 2pcs tidak berfungsi	16/04/2019	08.30	14.30	16.00

(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan)

Pada saat waktu *breakdown* telah diketahui, maka didapatkan durasi *breakdown* untuk *engine test bench* seperti pada Tabel 4.7

Tabel 4.7. Durasi *Breakdown* pada *Engine test bench*

Masalah	Tanggal	Durasi (menit)		
		Menunggu	Penanganan	Downtime
<i>Fuel Pump</i> bocor	15/01/2019	180	90	270
Pipa air pendingin bocor	21/02/2019	235	60	295
Pipa air pendingin bocor	27/02/2019	255	75	330
<i>Propeler Shaft Test bench Engine Big damage</i> saat <i>test Engine PC400-7</i>	12/03/2019	209	45	254
1) <i>Propeler Shaft Test bench Engine Big damage</i> saat <i>test Engine PC300-8</i> 2) <i>Pressure gauge</i> 2pcs tidak berfungsi	16/04/2019	300	90	390

(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan)

Pada Tabel 4.7 terlihat ketika terjadi kerusakan, maka membutuhkan waktu yang lama untuk menunggu sehingga kerusakan dapat ditangani. Hal ini dikarenakan *maintenance officer* yang hanya berjumlah satu orang, sedangkan kegiatan menunggu tersebut adalah pemborosan.

4.4.6 Data Waktu *Setup*

Untuk menguji suatu *engine*, diperlukan *setup* yang merupakan kegiatan pemasangan *engine* agar terpasang dengan baik sehingga kegiatan pengujian berjalan lancar. *Setup* yang dilakukan untuk satu *engine* bisa memakan waktu setengah dari (paling cepat), namun dari waktu *setup* tersebut sekitar 18 hingga 40 menit dilakukan untuk *setting system*. *Setting system* yang dimaksud ialah seperti

pengecekan keakuratan kalibrasi *software* serta pengecekan fungsi yang berhubungan dengan *throttle control* (pemompaan air dan *fuel*). Sisa waktu *setup* lainnya untuk memasang *engine* pada *stand*, Taylor DX38 serta peralatan lainnya yang dilakukan dengan tenaga operator. Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan berikut merupakan waktu *setup* dengan peralatan *Engine test bench* Taylor DX38 yang dilakukan periode Januari-Mei 2019.

Tabel 4.8. Waktu *Setup Testing Engine*

Bulan	Engine Model	Waktu Setup (menit)
Januari	D85ESS-2	22
	GD511A-1	32
	TR200E	25
	WA800-3	30
	Total	109
Februari	EGS1200-3	35
	PC400-8	20
	WA180-3	18
	WA500-3	35
	GD511A-1	36
	Total	144
Maret	P410CB-8X4	30
	D155-6	36
	PC200-8	18
	PC400-7	28
	PC200-8	15
	Total	127
April	PF6	20
	PC200-8	15
	D68ESS-12	18
	P410	45
	PC200-8 MO	20
	PC300-8	24
	PC200-8	15
	Total	157
Mei	PC200-8	18
	PC200-8	16
	GD511A-1	34
	Total	68

(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan)

4.4.7 Data Kegagalan

Fungsi *engine test bench* adalah memberikan beban kepada *engine* layaknya menjalankan alat berat, lalu mengukur beberapa parameter yang diteruskan ke sistem. kegagalan fungsi atau *error* dari Taylor DX38 dinilai dari seberapa akurat hasil pengukuran yang dilakukan. Tabel 4.9 menyajikan jumlah kegagalan fungsi dari *Engine test bench* Taylor DX38.

Tabel 4.9. Kegagalan Fungsi Taylor DX38

Bulan	Jumlah Kegagalan Fungsi (<i>Error</i>)
Januari	0
Februari	0
Maret	0
April	0
Mei	0
Total	0

(Sumber: PT Universal Tekno Reksajaya)

Dari Tabel 4.8 dapat dilihat kegagalan fungsi *Engine Test Bench* Taylor DX38 periode Januari-Mei 2019 adalah 0. Hal ini dikarenakan pengukurannya dilakukan langsung oleh sistem, bukan pengukuran berdasarkan perhitungan rumus secara manual oleh operator.

4.2. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk menghitung *loading time* dan *operation time*, setelah itu menghitung *availability rate*, *performance rate*, dan *quality rate* sehingga OEE dapat dihitung. Pengolahan data juga menghitung MTBF dan MTTR. Semua perhitungan tersebut dilakukan berdasarkan pengumpulan data pada sub bab sebelumnya.

4.2.1 Perhitungan *Loading Time*

Untuk menghitung waktu pengoperasian yang tersedia (*loading time*) adalah mengetahui *planned time*, waktu operasi, dan *planned maintenance*. *Planned time* adalah lamanya waktu kerja efektif kegiatan remanufaktur per hari, waktu operasi merupakan hari kerja efektif yang tersedia pada tiap bulan. *Loading Time* didapat dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Loading Time} = \text{Total Available Time} - \text{All Planned Downtime}$$

Total available time pada rumus, dipecah kembali menjadi waktu kerja efektif per hari dikalikan waktu operasi yang merupakan hari kerja efektif dalam satu bulan. *All planned downtime* yang terdapat di PT UTR adalah *planned maintenance*. Berdasarkan rumus di atas, maka *loading time* bulan Januari 2019 adalah sebagai berikut:

Loading Time (LT)

$$\begin{aligned} \text{LT} &= (\text{Waktu Kerja Efektif} \times \text{Waktu Operasi}) - \text{Planned Maintenance} \\ &= (405 \times 10) - 0 \\ &= 4.050 \text{ menit} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka perhitungan *loading time* *Engine Test Bench* Taylor DX38 periode Januari-Mei 2019 dapat dilihat pada Tabel 4.10:

Tabel 4.10. Perhitungan *Loading Time*

Bulan	Waktu Kerja Efektif (menit)	Waktu Operasi (hari)	Planned Maintenance (menit)	>Loading Time (menit)
Januari	405	10	-	4.050
Februari	405	14	30	5.640
Maret	405	11	-	4.455
April	405	15	-	6.075
Mei	405	7	30	2.805
<i>Total Loading Time</i>				23.025

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

4.2.2 Perhitungan *Operation Time*

Operation time adalah waktu yang benar-benar digunakan mesin untuk melakukan pengujian *engine*. *Operation time* bulan Januari 2019 didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Operation Time} = \text{Loading Time} - (\text{All Downtime} + \text{All Stop Time})$$

$$\begin{aligned} \text{Operation Time} &= \text{Loading Time} - (\text{Downtime} + \text{Setup}) \\ &= 4.050 - (270 + 109) \\ &= 3.671 \text{ menit} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka hasil perhitungan *operation time Engine Test Bench* Taylor DX38 periode Januari-Mei 2019 dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11. Perhitungan *Operation time*

Bulan	<i>Loading Time</i> (menit)	<i>Downtime</i> (menit)	<i>Setup</i> (menit)	<i>Operation Time</i> (menit)
Januari	4.050	270	109	3.671
Februari	5.640	625	144	4.871
Maret	5.265	254	127	4.074
April	6.075	390	157	5.528
Mei	3.210	-	68	2.737

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

4.2.3 Perhitungan *Availability Rate*

Setelah mendapatkan data *operation time* dan *loading time*, maka *availability rate* *Engine Test Bench* Taylor DX38 didapatkan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Availability Rate} = \frac{\text{Operation Time}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

Berdasarkan data sebelumnya, maka perhitungan *availability rate* untuk bulan Januari 2019 ialah:

$$\begin{aligned} \text{Availability Rate} &= \frac{3.671}{4.050} \times 100\% \\ &= 90,64\% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka hasil perhitungan *availability rate Engine Test Bench* Taylor DX38 periode Januari-Mei 2019 dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12. Perhitungan *Availability Rate*

Bulan	<i>Operation Time</i> (menit)	<i>Loading Time</i> (menit)	<i>Availability Rate</i>
Januari	3.671	4.050	90,64%
Februari	4.871	5.640	86,37%
Maret	4.074	4.455	91,45%
April	5.528	6.075	91,00%
Mei	2.737	2.805	97,58%
Rata-Rata			91,41%

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

4.2.4 Perhitungan *Performance Rate*

Dari pengumpulan data standar dan aktual waktu pengerjaan *engine*, maka *performance rate Engine Test Bench Taylor DX38* dapat diketahui berdasarkan rumus di bawah ini.

$$\text{Performance Rate} = \frac{\text{Processed amount} \times \text{ideal cycle time}}{\text{Operation time}} \times 100\%$$

Pada Tabel 4.4 data yang tersedia ditampilkan dalam bentuk total standar pengerjaan *testing engine* yang diproses dalam satu bulan. Total dari standar waktu pengerjaan, merupakan hasil dari *processed amount x ideal cycle time*, sehingga rumus *performance* adalah sebagai berikut:

$$\text{Performance Rate} = \frac{\text{Total standar waktu testing engine}}{\text{Operation time}} \times 100\%$$

Dengan rumus tersebut *performance rate* dari *Engine Test Bench Taylor DX38* periode Januari-Mei 2019 dapat diketahui berdasarkan data remanufaktur *engine*. Untuk perhitungan *perfotmance rate* pada Januari 2019 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Performance Rate} &= \frac{\text{Total standar waktu testing engine}}{\text{Operation time}} \times 100\% \\ &= \frac{2.520}{3.671} \times 100\% \\ &= 68,65\%\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka hasil perhitungan *performance rate Engine Test Bench Taylor DX38* periode Januari-Mei 2019 dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13. Perhitungan *Performance Rate*

Bulan	Total Standar Pengerjaan (menit)	<i>Operation Time</i> (menit)	<i>Performance Rate</i>
Januari	2.520	3.671	68,65%
Februari	3.240	4.871	66,52%
Maret	3.000	4.074	73,64%
April	4.200	5.528	75,98%
Mei	1.800	2.737	65,77%
Total	14.760	20.881	-
Rata-Rata	2.952	4.176	70,11%

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

4.2.5 Perhitungan *Quality Rate*

Berdasarkan jumlah unit yang diuji dan jumlah kegagalan fungsi *Engine test bench* Taylor DX38, *quality rate Engine Test Bench* Taylor DX38 dapat diketahui dengan rumus di bawah ini:

$$\text{Quality Rate} = \frac{\text{Produced Parts} - (\text{defect} + \text{rework})}{\text{Produced Parts}} \times 100\%$$

Dengan rumus tersebut *quality rate* dari *Engine test bench* Taylor DX38 periode Januari-Mei 2019 dapat diketahui berdasarkan data remanufaktur *engine* dan data kegagalan. Untuk perhitungan *quality rate* pada Januari 2019 adalah sebagai berikut:

Quality Rate (QR)

$$\begin{aligned} \text{QR} &= \frac{\text{remanufaktur engine} - \text{kegagalan fungsi}}{\text{remanufaktur engine}} \times 100\% \\ &= \frac{4-0}{4} \times 100\% \\ &= 100\% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka hasil perhitungan *quality rate Engine Test Bench* Taylor DX38 periode Januari-Mei 2019 dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.14. Perhitungan *Quality Rate*

Bulan	Remanufaktur <i>Engine</i> (unit)	Kegagalan Fungsi (unit)	<i>Quality Rate</i>
Januari	4	0	100%
Februari	5	0	100%
Maret	5	0	100%
April	7	0	100%
Mei	3	0	100%
Rata-Rata			100%

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Hasil *quality rate* sebesar 100% dikarenakan perhitungan sudah otomatis menggunakan *software*.

4.2.6 Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*

Setelah *availability rate* hingga *quality rate* didapatkan, nilai OEE dari *Engine test bench* Taylor DX38 dapat dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$\text{OEE} = \text{Availability Rate} \times \text{Performance Rate} \times \text{Quality Rate}$$

Berdasarkan rumus tersebut nilai OEE untuk *Engine test bench* Taylor DX38 pada Januari 2019 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} OEE &= 90,64\% \times 68,65\% \times 100\% \\ &= 62,22\% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka hasil perhitungan nilai OEE *Engine Test Bench* Taylor DX38 periode Januari-Mei 2019 dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15. Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Bulan	<i>Availability Rate</i>	<i>Performance Rate</i>	<i>Quality Rate</i>	OEE
Januari	90,64%	68,65%	100%	62,22%
Februari	86,37%	66,52%	100%	57,45%
Maret	91,45%	73,64%	100%	67,34%
April	91,00%	75,98%	100%	69,14%
Mei	97,58%	65,77%	100%	64,17%
Rata-Rata	91,41%	70,11%	100,00%	64,06%

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

4.2.7 Perhitungan *Mean Time Between Failures*

Mean time between failures (MTBF) dan *Mean time to repair* (MTTR) merupakan dua dari tiga *performance maintenance*. *Performance maintenance* lainnya ialah *availability* yang sebelumnya sudah dihitung pada sub bab 4.2.3.

MTBF sendiri merupakan *reliability* dari *performance maintenance*. Definisi MTBF adalah rata-rata waktu suatu mesin dapat dioperasikan sebelum terjadinya kerusakan. Perhitungan MTBF dapat dilakukan menggunakan rumus di bawah ini.

$$MTBF = \frac{\text{Total Operation Time}}{\text{Frekuensi Breakdown}}$$

MTBF yang akan dihitung memiliki satuan “hari kerja”, maka setelah melakukan perhitungan MTBF hasilnya akan dibagi dengan 480 menit karena data *operation time* dalam satuan menit.

Berdasarkan rumus sebelumnya, maka perhitungan MTBF *Engine test bench* Taylor DX38 bulan Januari 2019 adalah sebagai berikut:

$$MTBF = \frac{\text{Total Operation Time}}{\text{Frekuensi Breakdown}} \div 480$$

$$= \frac{3.671}{2} \div 480 \\ = 3,82 \text{ hari testing}$$

Dengan cara yang sama, maka hasil perhitungan MTBF *Engine Test Bench* Taylor DX38 periode Januari-Mei 2019 dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16. Perhitungan *Mean Time Between Failures*

Bulan	<i>Operation time</i> (menit)	<i>Number of Failure</i> (bulan)	MTBF (hari <i>testing</i>)
Januari	3.671	2	3,82
Februari	4.871	1	10,15
Maret	4.074	1	8,49
April	5.528	1	11,52
Mei	2.737	0	-
Jumlah	20.881	5	-
Rata-Rata	4.176	1	8,70

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

4.2.8 Perhitungan *Mean Time To Repair*

MTTR merupakan *maintainability* dari *performance maintenance*. MTTR dapat mengindikasi rendahnya *maintainability*, dan juga sebagai indikator kemampuan (*skill*) dari operator *maintenance* mesin dalam menangani atau mengatasi setiap masalah kerusakan. Rumus perhitungan MTTR adalah sebagai berikut:

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Breakdown Time}}{\text{Frekuensi Breakdown}}$$

Berdasarkan rumus MTBF dan MTTR sebelumnya, maka perhitungan MTBF dan MTTR *Engine Test Bench* Taylor DX38 bulan Januari 2019 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{MTTR} &= \frac{\text{Breakdown Time}}{\text{Frekuensi Breakdown}} \\ &= \frac{90}{2} \\ &= 45 \text{ menit atau } 0,75 \text{ jam} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka hasil perhitungan MTTR pada *Engine Test Bench* Taylor DX38 periode Januari-Mei 2019 dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17. Perhitungan *Mean Time To Repair*

Bulan	<i>Downtime for Repair</i> (menit)	<i>Number of Failure</i> (bulan)	MTTR (jam)
Januari	90	2	0,75
Februari	135	1	2,25
Maret	45	1	0,75
April	90	1	1,50
Mei	-	0	-
Jumlah	360	5	-
Rata-Rata	90	1	1,20

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Autonomous maintenance memiliki tujuh tahap, akan tetapi pada PT Universal Tekno Reksajaya atau PT UTR hanya menerapkan empat tahap awal. Empat tahap tersebut antara lain pra-implementasi, *initial cleaning* (pembersihan awal), *countermeasure at the source of problem* (mengatasi sumber masalah), dan *general inspection* (pemeriksaan umum). Uraian dari kegiatan penerapan *autonomous maintenance* di UTR *Plant* Jakarta atau RJKT adalah sebagai berikut:

5.1. Pra-Implementasi

Pra Implementasi *autonomous maintenance* merupakan tahap pengenalan *autonomous maintenance* kepada pihak yang terlibat dengan pelaksanaan. Kegiatan tersebut dihadiri oleh:

1. *Facility-Production*
2. *Production Head*
3. *Maintenance Officer*
4. *Supervisor*
5. Operator

Pada pertemuan ini dijelaskan bahwa implementasi *autonomous maintenance* yang akan dilakukan untuk Juni-Juli 2019 adalah tahap pertama sampai dengan tahap keempat. Hal ini dikarenakan tahap keempat adalah *general inspection* (pemeriksaan umum), dimana operator akan mulai ikut serta dalam pemeliharaan dengan arahan dari *maintenance*. Setelah kemampuan pemeliharaan operator berkembang dan siap untuk melakukan *autonomous maintenance* secara mandiri maka dapat lanjut ketahap selanjutnya, yaitu *autonomous inspection*. Untuk itu penelitian yang dilakukan hanya sampai pada tahap keempat *autonomous maintenance*, yaitu *general inspection*.

Dokumen yang dipakai untuk pelaksanaan *autonomous maintenance* adalah F-Tag dan *autonomous maintenance checksheet*.

5.2. Initial Cleaning (Pembersihan Awal)

Initial cleaning atau pembersihan awal yang dilakukan secara teori adalah pembersihan menyeluruh dengan menerapkan 5S. Dari membersihkan ruangan hingga membuat standar untuk meningkatkan keandalan, namun penerapan pada RJKT dilakukan pembersihan dengan pelaksanaan 5S yang tidak se-ideal teori. Akan tetapi pembersihan yang dilakukan juga termasuk pemeriksaan fungsi Taylor DX38.

Saat melakukan pembersihan awal, beberapa masalah yang ditemukan nantinya akan dicari analisisnya dan kemudian diberi *F-Tag*. Beberapa masalah tersebut antara lain:

- 1. Propeller shaft patah**

Propeller shaft pada *drive shaft guard* merupakan penyambung untuk meneruskan tenaga. Perusahaan memiliki standar penggantian *propeller shaft* yakni lima bulan. Akan tetapi setelah terakhir Mei 2019 diganti, *propeller shaft* patah kembali.

- 2. Baterai Lemah**

Baterai aki *engine test bench* melemah sehingga harus diganti.

- 3. Pipa air bocor**

Menyalurkan air hangat dan air dingin beriringan, membuat pipa air korosi.

- 4. Fuel Measurement Unit (FMU) Error**

Fuel Measurement Unit adalah perangkat yang digunakan untuk menghitung parameter. Kabel FMU yang kendor berdampak pada kinerja FMU dimana tak dapat melakukan pembacaan serta perhitungan parameter.

- 5. Kolam Kotor**

Ketika melakukan pengujian, maka pembebanan yang diberikan kepada *engine* adalah tekanan dari media air. Memiliki kolam untuk menyimpan air yang akan digunakan sebagai beban adalah hal penting, kebersihan kolam pun perlu dijaga karena kualitas air yang buruk dapat merusak dinamometer.

5.3. Countermeasure The Source of Problem (Mengatasi Sumber Masalah)

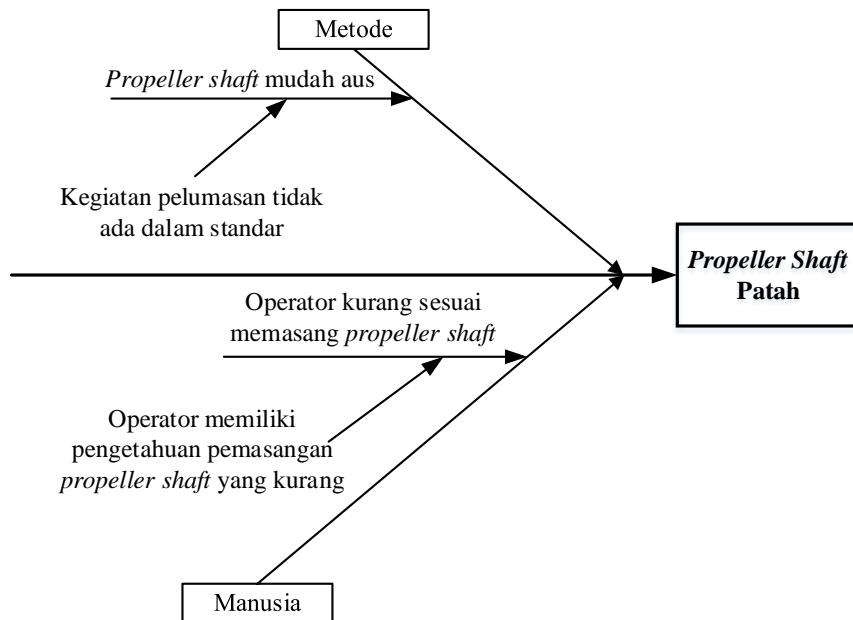
Kegagalan yang ditemukan saat initial cleaning pada engine test bench adalah *propeller shaft* yang patah, baterai lemah, pipa air bocor, FMU error, dan kolam *cooling system* yang kotor. Berdasarkan kegagalan tersebut, akan dibuat analisis yang dilakukan untuk mengetahui langkah apa yang akan diambil untuk menangani kegagalan tersebut.

5.3.1 Analisis Masalah Dari Kegagalan

Analisis masalah untuk mengatasi kegagalan dilakukan dengan perancangan diagram Tulang Ikan yang dilakukan berdasarkan *brainstorming* bersama pihak *maintenance* PT UTR, dan juga pembuatan tabel 5W+1H.

1. Propeller shaft

Berdasarkan data *breakdown* pada Tabel 4.6, *propeller shaft* mengalami tiga kali kerusakan pada tiga bulan berturut-turut dan kembali ditemukan ketika *initial cleaning*. Setelah dilakukan *brainstorming*, analisa sumber penyebab dapat dilihat pada Gambar 5.1:



Gambar 5.1. Diagram Tulang Ikan *Propeller shaft* Patah
(Hasil Pengolahan Data)

Uraian masalah mengenai diagram Tulang Ikan pada Gambar 5.1 dijelaskan pada Tabel 5.1 sebagai berikut:

Tabel 5.1. 5W+1H Diagram Tulang Ikan *Propeller Shaft* Patah

Faktor	What	Why	How	Where	Who	When
Metode	Kegiatan pelumasan tidak ada dalam standar	Agar pelumasan terdapat di dalam standar, maka perlu memasukan pelumasan di dalam standar	Membuat standar pelumasan yang akan dilakukan oleh operator.	<i>Universal joint drive shaft</i>	Operator dan <i>maintenance officer</i>	Pada Juni 2019
Manusia	Operator memiliki pengetahuan pemasangan <i>propeller shaft</i> yang kurang	Agar operator memiliki pengetahuan pemasangan <i>propeller shaft</i> yang cukup, maka perlu melakukan edukasi pemasangan <i>propeller shaft</i> yang benar kepada operator	Memberikan edukasi pemasangan <i>propeller shaft</i> yang benar kepada operator	<i>Universal joint drive shaft</i>	Operator dan <i>maintenance officer</i>	Pada Juni 2019

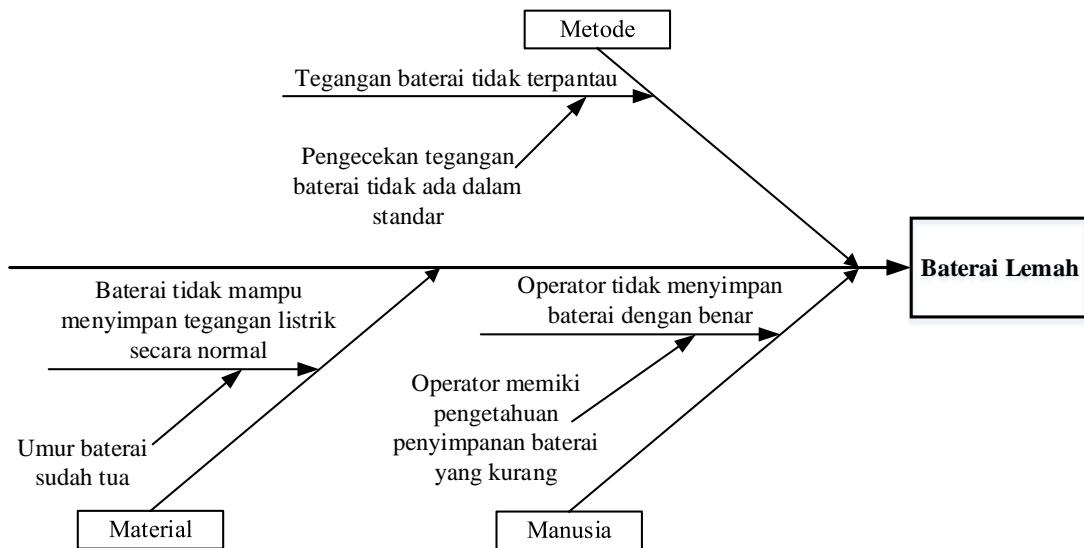
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan kondisi dari kegagalan *propeller shaft*, diharapkan beberapa rekomendasi dapat dijadikan masukan oleh perusahaan, namun rekomendasi tidak mempertimbangkan biaya pengadaan. Rekomendasi yang dimaksudkan antara lain:

- a. Sensor getaran atau *vibrator censor* dapat diterapkan untuk mengantisipasi patahnya *propeller* saat digunakan, sehingga telah mengganti *propeller shaft* yang baru sebelum *propeller shaft* yang lama patah.
- b. Memasang atau merancang alat bantu berupa *pokayoke*, agar kesalahan dalam pemasangan dikurangi secara drastis atau bahkan dihilangkan.

2. Baterai (Aki)

Baterai aki yang ada di *dynamotest room* merupakan baterai basah, yang memiliki fungsi sebagai aki pada alat berat yang beroperasi dengan normal. Pada *initial cleaning* dilaporkan bahwa baterai yang dimiliki telah melemah karena usia. Setelah dilakukan analisis, ternyata operator tidak melakukan penyimpanan baterai dengan benar dikarenakan ketidaktahuan. Diagram Tulang Ikan untuk masalah baterai lemah dapat dilihat pada Gambar 5.2:



Gambar 5.2. Diagram Tulang Ikan Baterai Lemah
(Hasil Pengolahan Data)

Uraian masalah mengenai diagram Tulang Ikan pada Gambar 5.2 dijelaskan pada Tabel 5.2 sebagai berikut:

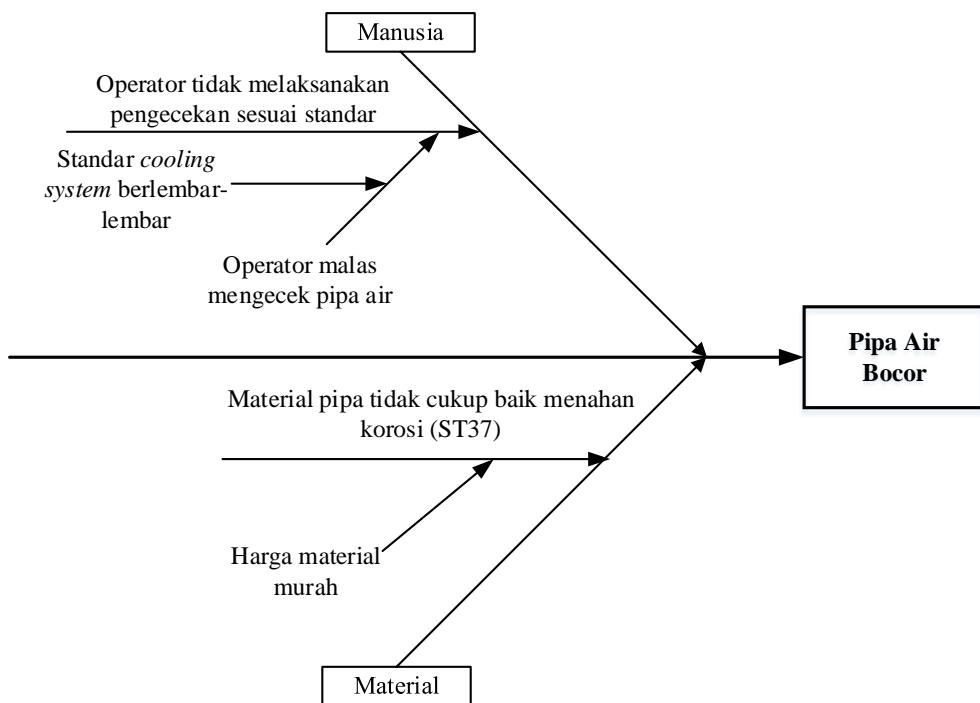
Tabel 5.2. 5W+1H Diagram Tulang Ikan Baterai Lemah

Faktor	What	Why	How	Where	Who	When
Metode	Pengecekan tegangan baterai tidak ada dalam standar	Agar pengecekan baterai terdapat dalam standar, perlu dibuat standar pengecekan baterai	Membuat standar pengecekan tegangan baterai	Baterai <i>engine test bench</i>	Operator dan <i>maintenance officer</i>	Pada Juni 2019
Manusia	Operator memiliki pengetahuan penyimpanan baterai yang kurang	Agar operator memiliki pengetahuan <i>penyimpanan baterai</i> yang cukup, maka perlu melakukan edukasi penyimpanan baterai yang benar kepada operator	Memberi edukasi penyimpanan baterai kepada operator	Baterai <i>engine test bench</i>	Operator dan <i>maintenance officer</i>	Pada Juni 2019
Material	Umur baterai sudah tua	Agar baterai yang digunakan tidak lagi menggunakan baterai lama, maka perlu dilakukan penggantian baterai	Mengganti baterai dengan yang baru	Baterai <i>engine test bench</i>	Operator dan <i>maintenance officer</i>	Pada Juni 2019

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

3. Pipa Air

Pipa air berfungsi mengaliri air yang berfungsi sebagai pendingin *engine* untuk menjaga suhu *engine* tetap stabil. *Engine* juga menghasilkan panas, sehingga air yang semula menjadi pendingin beralih menjadi air panas karena panas *engine*. Pipa air mengalirkan air panas dan air dingin secara bergantian diatur oleh mekaik, untuk itu penting untuk memeriksa apakah terdapat tanda-tanda kebocoran pada pipa air.



Gambar 5.3. Diagram Tulang Ikan Pipa Air Bocor
(Hasil Pengolahan Data)

Uraian masalah mengenai diagram Tulang Ikan pada Gambar 5.3 dijelaskan pada Tabel 5.3 sebagai berikut:

Tabel 5.3. 5W+1H Diagram Tulang Ikan Pipa Air Bocor

Faktor	What	Why	How	Where	Who	When
Manusia	Standar cooling system berlembar-lembar	Agar standar cooling system tidak berlembar-lembar, maka perlu dilakukan penyederhanaan checksheet	Membuat <i>checksheet</i> yang lebih sederhana namun tetap fungsional	<i>Cooling system</i>	Operator dan <i>maintenance officer</i>	Pada Juni 2019
Material	Harga material murah	Agar material yang digunakan tidak lagi yang murah, maka perlu menggunakan pipa dengan material yang jauh lebih tahan korosi	Mengganti pipa dengan pipa yang jauh lebih tahan korosi	<i>Cooling system</i>	Operator dan <i>maintenance officer</i>	Pada Juni 2019

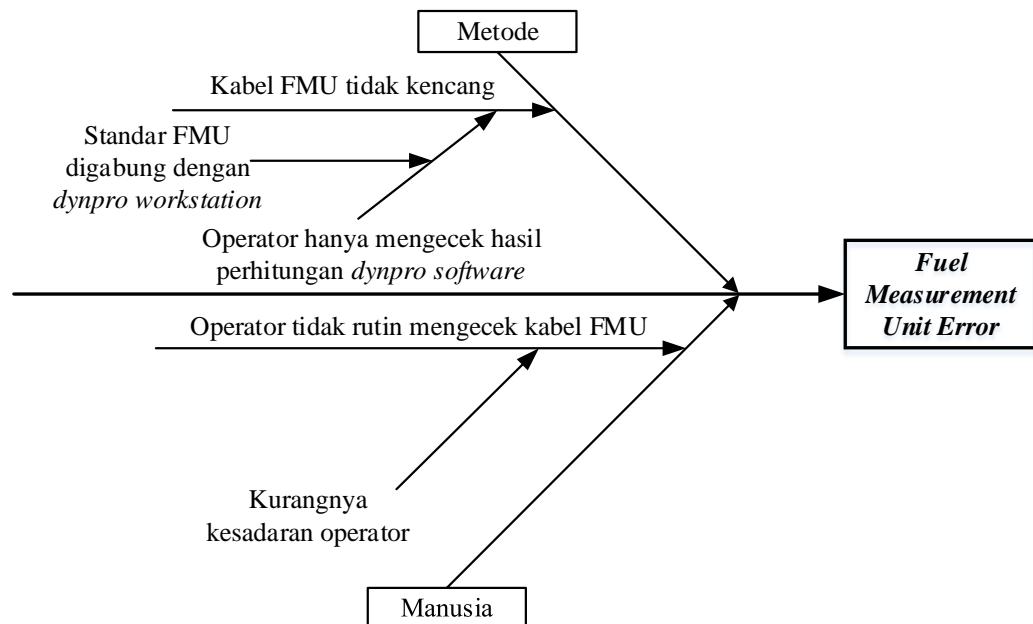
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan tabel di atas, maka untuk mencegah lamanya frekuensi kebocoran perlu dilakukan penggantian bahan material pipa yang jauh lebih tahan korosi. Setelah berunding dengan maintenance officer, diketahui bahwa material pipa pompa yang terbuat dari *stainless steel* lebih tahan terhadap korosi dibanding pipa besi biasa yang dipakai RJKT saat ini (pipa ST37). Akan tetapi harga pipa besi biasa adalah 10% dari pipa *stainless steel*, sehingga biaya harga penggantian, harga pembelian serta harga penyimpanan pipa ST37 tetap jauh lebih murah. Dari pertimbangan tersebut, maka diputuskan untuk tetap membeli pipa air yang baru namun dengan material yang sama (ST37).

4. *Fuel Measurement Unit (FMU)*

FMU memiliki peran penting dalam pembacaan serta perhitungan parameter pada pengujian *engine* alat berat. Hasil perhitungan itulah yang akan diteruskan ke *dynpro (junction box)* melalui konektor, yang akhirnya hasil perhitungan akan ditampilkan di layar monitor. Pada saat *initial cleaning* dilakukan, ternyata FMU *error*. Analisis FMU yang *error* dilakukan dengan diagram Tulang Ikan yang dapat dilihat pada Gambar 5.4.

Standar sebelumnya digabung dengan *dyno workstation*, karena memiliki fungsi yang sama (mampu menampilkan hasil parameter)



Gambar 5.4. Diagram Tulang Ikan FMU Error
(Hasil Pengolahan Data)

Uraian masalah mengenai diagram Tulang Ikan pada Gambar 5.4 dijelaskan pada Tabel 5.4 sebagai berikut:

Tabel 5.4. 5W+1H Diagram Tulang Ikan FMU Error

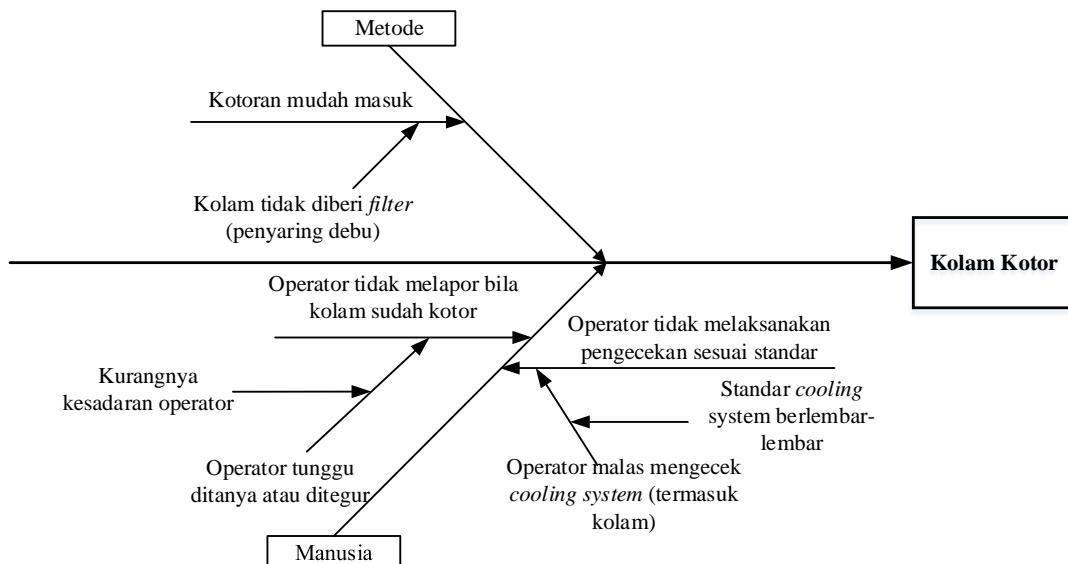
Faktor	What	Why	How	Where	Who	When
Metode	Standar FMU digabung dengan dyno workstation	Agar standar FMU tidak tergabung dengan standar dyno workstation, maka perlu dilakukan pemisahan standar	Membuat standar yang terpisah antara FMU, junction box, dan dyno workstation	Fuel Measurement Unit (FMU)	Operator dan maintenance officer	Pada Juni 2019
Manusia	Kurangnya kesadaran operator	Agar operator sadar akan pentingnya mengecek kabel FMU, maka perlu dilakukan edukasi pentingnya mengecek kabel FMU	Memberi edukasi mengenai pentingnya mengecek kabel FMU	Fuel Measurement Unit (FMU)	Operator dan maintenance officer	Pada Juni 2019

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

5. Kolam

Kolam memiliki fungsi untuk menampung air yang akan dipakai untuk pendinginan *engine*. Biaya air (untuk pendinginan *engine*) juga lebih stabil dengan memiliki kolam, karena akan menggunakan kembali air yang telah dipakai. Faktor lingkungan pun juga memperkuat kepentingan untuk memiliki kolam. Dengan memiliki kolam, kebersihan kolam harus dijaga

karena bila air kolam kotor maka dapat merusak *engine* maupun pipa pengalir. Kondisi kolam ketika *initial cleaning* ditemukan kotor dan berlumpur, berdasarkan kondisi tersebut pada Gambar 5.5 merupakan analisis dari kolam yang kotor. Berikut merupakan Gambar 5.5:



Gambar 5.5. Diagram Tulang Ikan Kolam Kotor
(Hasil Pengolahan Data)

Uraian masalah mengenai diagram Tulang Ikan pada Gambar 5.5 dijelaskan pada Tabel 5.5 sebagai berikut:

Tabel 5.5. 5W+1H Diagram Tulang Ikan Kolam Kotor

Faktor	What	Why	How	Where	Who	When
Metode	Kolam tidak diberi filter (penyaring debu)	Agar kolam memiliki penyaring debu, maka perlu dilakukan pengadaan filter	Mempertimbangkan pengadaan filter	Cooling system	Operator dan maintenance officer	Pada Juni 2019
Manusia	Kurangnya kesadaran operator	Agar kesadaran operator mengenai kebersihan kolam meningkat, maka perlu dilakukan edukasi dan arahan pentingnya menjaga kebersihan kolam	Memberikan edukasi dan arahan pentingnya menjaga kebersihan kolam	Cooling system	Operator dan maintenance officer	Pada Juni 2019
	Operator malas mengecek cooling system (termasuk kolam)	Operator malas karena checksheet cooling system berlembar-lembar	Membuat checksheet yang lebih sederhana namun tetap fungsional	Cooling system	Operator dan maintenance officer	Pada Juni 2019

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan kondisi dari kolam yang kotor, diharapkan beberapa rekomendasi dapat dijadikan masukan oleh perusahaan, namun rekomendasi tidak mempertimbangkan biaya pengadaan. Rekomendasi yang dimaksudkan adalah Memberikan pelindung kolam berupa *filter* yang mencegah debu masuk dengan mudah. Selain itu, pengurasan kolam disarankan untuk terus dilakukan secara berkala.

5.3.2 Rekapitulasi Tindakan Perbaikan

Berdasarkan analisis sebelumnya, berikut merupakan rekapitulasi tindakan perbaikan yang dapat dilihat pada Tabel 5.6

Tabel 5.6. Rekapitulasi Tindakan Perbaikan

No	Masalah/Kegagalan	Tindakan Perbaikan
1	<i>Propeller shaft</i> patah	Membuat standar pelumasan
		Mengedukasi operator
2	Baterai lemah	Membuat standar pengecekan baterai aki
		Mengedukasi operator mengenai penyimpanan baterai yang benar
		Membeli baterai aki yang baru
3	Pipa air bocor	Membuat <i>checksheet</i> perbaikan
		Mengganti pipa dengan yang baru
4	<i>FMU error</i>	Membuat standar pengecekan FMU
		Memberi edukasi mengenai pentingnya mengecek FMU kepada operator
5	Kolam kotor	Mertimbangan pengadaan <i>filter</i>
		Membuat <i>checksheet</i> perbaikan
		Memberikan edukasi fungsi kolam kepada operator

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Selain mengedukasi operator untuk lebih peduli dan menambah wawasan pada kegagalan yang ditemukan saat *initial cleaning*, rencananya PT UTR akan terus melakukan edukasi atau *training*. Hal ini berprinsip pada *autonomous maintenance* yang menambah kemampuan operator secara bertahap.

Setelah melakukan analisis menggunakan diagram Tulang Ikan, maka dilakukan *tagging* yang menggunakan *F-Tag* untuk menandai kegagalan. Berikut merupakan *F-Tag* yang telah terpasang di *dynamotest room* yang dapat dilihat pada Gambar 5.6:



Gambar 5.6. Pemberian F-Tag pada baterai
 (Sumber: Dynamotest room RJKT)



Gambar 5.7. Contoh *F-Tag* untuk Baterai
(Sumber: *Dynamotest room RJKT*)

5.4. *Cleaning and Lubrication Standard* (Standar Pembersihan dan Pelumasan)

Tahap berikutnya setelah mengatasi sumber masalah yakni melakukan standarisasi pembersihan dan pelumasan. Standar tertuang dalam *autonomous maintenance checksheet*, operator juga telah disosialisasikan mengenai pelaksanaan dan pengisian standar. Berikut merupakan hasil rancangan *autonomous maintenance checksheet* yang dibuat oleh tim *maintenance*:



Gambar 5.8. Autonomous maintenance Checksheet

(Sumber: PT Universal Tekno Reksajaya)

Uraian aktivitas yang terdapat pada *autonomous maintenance checksheet* antara lain:

Tabel 5.7. Uraian Kegiatan Autonomous maintenance Checksheet

No	Check point	Operasi	Standar	Lokasi	Durasi (menit)	Tools
1	<i>Universal Joint Drive Shaft</i>	Cek fisik & kekencangan baut	Baut kencang	1	2	Visual, kunci
	<i>Universal Joint Drive Shaft</i>	Lumasi driveshaft joint dan slip spline	Berputar mulus	1	3	<i>Grease</i>
2	<i>Water Brake / Dynamometer</i>	Cek fisik & kekencangan baut	Baut kencang	2	2	Visual, kunci
3	<i>Drive Shaft Coupling Guard</i>	Cek fisik & kekencangan baut	Baut kencang	3	2	Visual, kunci
4	<i>Pneumatic Throttle Control</i>	Cek semua valve dan sambungan	Tidak ada kebocoran	4	2	Visual
5	<i>Engine Cooling Column</i>	Cek fisik & kondisi gauge	Berfungsi dengan baik	5	2	Visual
6	<i>Battery</i>	Cek fisik dan pengukuran	Tegangan masih standard	6	2	Visual, alat ukur

Lanjutan..

Tabel 5.7. Uraian Kegiatan *Autonomous maintenance Checksheet* (Lanjutan)

No	<i>Check point</i>	Operasi	Standar	Lokasi	Durasi (menit)	Tools
7	<i>Engine Interface Box/ Junction Box</i>	Cek kondisi konektor dan kelistrikan	Kondisi baik	7	2	Visual, alat ukur
8	<i>DynPro Workstation/ Control Monitor</i>	Cek parameter pengukuran	Kondisi baik & terkalibrasi	8	3	Visual
9	<i>FMU Unit</i>	Cek kondisi & konektor	Kondisi baik	9	2	Visual, alat ukur
10	<i>Charge Air Cooler (CAC)</i>	Cek kondisi cooler	Tidak ada kebocoran dan penyumbatan	10	2	Visual, kunci
11	<i>Piping</i>	Cek fisik	Tidak ada kebocoran	11	2	Visual
12	<i>Exhaust System</i>	Cek fisik	Kondisi baik	12	2	Visual
13	<i>Stand</i>	Cek fisik	Kondisi baik	13	2	Visual
14	<i>Cooling System</i>	Cek kolam & Pompa	Kondisi baik		2	visual, kunci
Total					32	

(Sumber: *Checksheets Engine test bench*)

5.5. General Inspection (Pemeriksaan Umum)

Pada saat penanganan terhadap sumber masalah selesai dilakukan, maka perusahaan siap melakukan general inspection atau pemeriksaan umum. Pada pemeriksaan umum yang dilakukan di *dynamotest room*, melakukan aktivitas standar yang telah tertuang pada *autonomous maintenance checksheet* untuk *engine test bench*. Berikut merupakan *autonomous maintenance checksheet* yang telah disebar dan terisi di *dynamotest room*:



Gambar 5.9. Penerapan *Autonomous maintenance Checksheet*
(Sumber: Dynamotest room RJKT)

5.6. Data Maintenance Setelah *Autonomous maintenance*

Untuk Mengetahui apakah terdapat perbedaan setelah dilakukannya *autonomous maintenance* (AM), maka dibutuhkan data-data yang berkaitan dengan aktivitas *maintenance*. Data yang diambil setelah dilakukannya *autonomous maintenance* diambil dari 1 Juli 2019 sampai dengan 26 Juli 2019. Berikut merupakan data-data *maintenance* setelah dilakukannya *autonomous maintenance*:

5.6.1 Data *Planned Maintenance* Setelah *Autonomous maintenance*

Planned maintenance yang dilakukan oleh PT UTR adalah tiga bulan sekali, dimana bulan Mei 2019 merupakan terakhir kalinya dilakukan *planned maintenance*. Hal tersebut menjadikan bulan Juli 2019 tidak dilakukan *planned maintenance*.

5.6.2 Data *Testing Engine* Setelah *Autonomous maintenance*

Daftar nama *engine model* yang telah dilakukan *testing engine* pada 1 Juli hingga 26 Juli 2019 dapat dilihat pada Tabel 5.8

Tabel 5.8. Daftar Nama *Engine Model* Setelah AM

Bulan	<i>Engine Model</i>	Tanggal Masuk	Tanggal Keluar	Tanggal Operasional
Juli	WA800-3	08/07/2019	09/07/2019	8, 9, 15, 16, 17, 22, 23, 24, 25
	HD465-7	15/07/2019	17/07/2019	
	GD511A-1	22/07/2019	23/07/2019	
	PC400-7	24/07/2019	25/07/2019	
	Total	4 unit		9 hari

(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan)

Setelah daftar nama *engine model*, maka dilakukan pengumpulan data waktu standar pengerjaan *testing engine* dari perusahaan dan pengumpulan data waktu aktual pengerjaan yang dilakukan di lapangan. Pada Tabel 5.9 berisi waktu standar dan aktual dari pengerjaan *testing engine* periode 1 Juli hingga 26 Juli 2019 di PT UTR:

Tabel 5. 9. Standar dan Aktual Waktu Pengerjaan *Testing Engine* Setelah AM

Bulan	<i>Engine Model</i>	Standar (menit)	Aktual (menit)
Juli	WA800-3	720,0	700,2
	HD465-7	720,0	885,0
	GD511A-1	600,0	670,2
	PC400-7	600,0	705,0
	Total	2.640	2.960,4

(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan)

5.6.3 Data Breakdown Setelah Autonomous maintenance

Setelah dilakukannya *autonomous maintenance*, penanganan masalah atau kegagalan pada *engine test bench* menjadikan tidak adanya *breakdown* pada 1 Juli hingga 26 Juli 2019.

5.6.4 Data Waktu Setup Setelah Autonomous maintenance

Setelah mengetahui data *testing engine*, maka waktu *set up* setiap *engine* pun perlu diketahui. Waktu *setup* yang dilakukan pada 1 Juli hingga 26 Juli 2019 dapat dilihat pada Tabel 5.10 sebagai berikut:

Tabel 5.10. Data Waktu *Setup* Setelah AM

Bulan	<i>Engine Model</i>	Waktu <i>Setup</i> (menit)
Juli	WA800-3	32
	HD465-7	45
	GD511A-1	35
	PC400-7	18
	Total	130

(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan)

5.6.5 Data Kegagalan Setelah Autonomous maintenance

Berdasarkan pengerjaan *engine* tersebut, didapat kegagalan fungsi (*error*) oleh *engine test bench*. Data mengenai kegagalan fungsi pada 1 Juli hingga 26 Juli 2019 dapat dilihat pada Tabel 5.11:

Tabel 5.11. Kegagalan Fungsi Setelah AM

Bulan	Jumlah Kegagalan Fungsi (<i>Error</i>)
Juli	0

(Sumber: Hasil Pengamatan Lapangan)

5.7. Perhitungan OEE Setelah *Autonomous maintenance*

Setelah semua data *maintenance* didapat, maka perhitungan OEE dapat dilakukan. perhitungan OEE membutuhkan beberapa perhitungan, antara lain: *loading time*, *operation time*, *availability rate*, perhitungan *performance rate*, dan *quality rate*. Berikut merupakan perhitungan-peritungan tersebut:

5.7.1 Perhitungan *Loading Time* Setelah *Autonomous maintenance*

Untuk menghitung waktu pengoperasian yang tersedia (*loading time*) adalah mengetahui *planned time*, waktu operasi, dan *planned maintenance*. *Planned time* adalah lamanya waktu kerja efektif kegiatan remanufaktur per hari, waktu operasi merupakan hari kerja efektif yang tersedia pada tiap bulan. *Loading time* didapat dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Loading Time} = \text{Total Available Time} - \text{All Planned Downtime}$$

Total available time pada rumus, dipecah kembali menjadi waktu kerja efektif per hari dikalikan waktu operasi yang merupakan hari kerja efektif dalam satu bulan. *All planned downtime* yang terdapat di PT UTR adalah *planned maintenance*. Berdasarkan rumus di atas, maka *loading time* pada 1 Juli hingga 26 Juli 2019 adalah sebagai berikut:

Loading Time (LT)

$$\begin{aligned} \text{LT} &= (\text{Waktu Kerja Efektif} \times \text{Waktu Operasi}) - \text{Planned Maintenance} \\ &= (405 \times 9) - 0 \\ &= 3.645 \text{ menit} \end{aligned}$$

Tabel perhitungan *loading time* setelah *autonomous maintenance* yang dapat dilihat pada Tabel 5.12:

Tabel 5.12. Perhitungan *Loading Time* Setelah AM

Bulan	Wkt Kerja Efektif (menit)	Wkt Operasi (hari)	Planned Maintenance (menit)	Loading Time (menit)
Juli	405	9	-	3.645

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

5.7.2 Perhitungan *Operation Time* Setelah Autonomous maintenance

Operation time adalah waktu yang benar-benar digunakan mesin untuk melakukan pengujian *engine*. *Operation time* pada 1 Juli hingga 26 Juli 2019 didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Operation Time} = \text{Loading Time} - (\text{All Downtime} + \text{All Stop Time})$$

$$\begin{aligned}\text{Operation Time} &= \text{Loading Time} - (\text{Downtime} + \text{Setup and Adjustment}) \\ &= 3.645 - (0 + 109) \\ &= 3.536 \text{ menit}\end{aligned}$$

Tabel perhitungan *operation time* setelah *autonomous maintenance* yang dapat dilihat pada Tabel 5.13:

Tabel 5.13. Perhitungan *Operation time* Setelah AM

Bulan	>Loading Time (menit)	Downtime (menit)	Setup (menit)	Operation time (menit)
Juli	3.645	-	109	3.536

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

5.7.3 Perhitungan *Availability Rate* Setelah Autonomous maintenance

Setelah mendapatkan data *operation time* dan *loading time*, maka *availability rate* Taylor DX38 didapatkan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Availability} = \frac{\text{Operation Time}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

Berdasarkan data sebelumnya, maka perhitungan *availability rate* pada 1 Juli hingga 26 Juli 2019 ialah:

$$\begin{aligned}\text{Availability} &= \frac{3.536}{3.645} \times 100\% \\ &= 97,01\%\end{aligned}$$

Tabel perhitungan *availability rate* setelah *autonomous maintenance* yang dapat dilihat pada Tabel 5.14:

Tabel 5.14. Perhitungan *Availability Rate* Setelah AM

Bulan	Operation time (menit)	Loading Time (menit)	Availability Rate
Juli	3.536	3.645	97,01%

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

5.7.4 Perhitungan *Performance Rate* Setelah *Autonomous maintenance*

Sama seperti pada sub bab 4.2.4, untuk menghitung *performance rate* dari Taylor DX38 membutuhkan data *testing engine* yang diproses dalam satu bulan beserta data standar pengerjaan *engine* tersebut. Total dari standar waktu pengerjaan, merupakan hasil dari *processed amount x ideal cycle time*. Rumus yang digunakan untuk menghitung *performance rate Engine Test Bench* Taylor DX38 adalah sebagai berikut:

$$\text{Performance Rate} = \frac{\text{Total standar waktu testing engine}}{\text{Operation time}} \times 100\%$$

Langkah perhitungan *performance rate* untuk 1 Juli sampai dengan 26 Juli 2019 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Performance Rate} &= \frac{\text{Total standar waktu testing engine}}{\text{Operation time}} \times 100\% \\ &= \frac{2.520}{3.536} \\ &= 71,27\%\end{aligned}$$

Tabel perhitungan *performance rate* setelah *autonomous maintenance* yang dapat dilihat pada Tabel 5.15:

Tabel 5. 15. Perhitungan *Performance Rate* Setelah Perbaikan

Bulan	Total Standar Pengerjaan (menit)	Operation Time (menit)	Performance Rate
Juli	2.520	3.536	71,27%

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

5.7.5 Perhitungan *Quality Rate* Setelah *Autonomous maintenance*

Berdasarkan jumlah unit yang diuji dan jumlah kegagalan fungsi Taylor DX38, *quality rate* Taylor DX38 dapat diketahui dengan rumus di bawah ini:

$$\text{QualityRate} = \frac{\text{Produced Parts} - (\text{defect} + \text{rework})}{\text{Produced Parts}} \times 100\%$$

Dengan rumus tersebut *quality rate* dari Taylor DX38 periode Januari-Mei 2019 dapat diketahui berdasarkan data remanufaktur *engine* dan data kegagalan. Untuk perhitungan *quality rate* pada 1 Juli hingga 26 Juli 2019 adalah sebagai berikut:

Quality Rate (QR)

$$\begin{aligned}
 QR &= \frac{\text{remanufaktur engine} - \text{kegagalan fungsi}}{\text{remanufaktur engine}} \times 100\% \\
 &= \frac{4-0}{4} \times 100\% \\
 &= 100\%
 \end{aligned}$$

Tabel perhitungan *quality rate* setelah *autonomous maintenance* yang dapat dilihat pada Tabel 5.16:

Tabel 5.16. Perhitungan *Quality Rate* Setelah AM

Bulan	Remanufakur Engine (unit)	Kegagalan Fungsi (unit)	Quality Rate
Juli	3	0	100%

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

5.7.6 Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* Setelah Autonomous maintenance

Setelah *availability rate* hingga *quality rate* didapatkan, nilai OEE dari Taylor DX38 dapat dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$OEE = Availability Rate \times Performance Rate \times Quality Rate$$

Berdasarkan rumus tersebut nilai OEE untuk Taylor DX38 1 pada Juli hingga 26 Juli 2019 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 OEE &= 97,01\% \times 71,27\% \times 100\% \\
 &= 69,14\%
 \end{aligned}$$

Tabel perhitungan OEE setelah *autonomous maintenance* yang dapat dilihat pada Tabel 5.17:

Tabel 5.17. Perhitungan OEE Setelah AM

Bulan	Availability Rate	Performance Rate	Quality Rate	OEE
Juli	97,01%	71,27%	100%	69,14%

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

5.7.7 Analisis *Mean Time Between Failures* Setelah *Autonomous maintenance*

Mean time between failures (MTBF) dan *mean time to repair* (MTTR) setelah *autonomous maintenance* tidak dihitung dikarenakan tidak adanya *breakdown* yang terjadi, namun MTBF dapat dianalisis.

Sebelum dilakukan *autonomous maintenance*, MTBF untuk *engine test bench* bulan Januari-Mei 2019 adalah 8,70 hari *testing* atau digenapkan menjadi 9 hari

testing. Setelah dilakukannya pengamatan per 1 Juli – 26 Juli 2019 yang terdiri dari 9 hari *testing* tidak ditemukannya kerusakan atau *downtime*, sehingga bisa disimpulkan bahwa terjadi peningkatan positif dari nilai MTBF. Selain itu meningkatnya nilai MTBF dapat dijadikan indikator bahwa *autonomous maintenance* yang dilakukan cukup baik.

Dari nilai MTBF yakni 9 hari *testing*, maka akan dilakukan *planned maintenance engine test bench* setiap 7 hari *testing* sekali. Pada bulan Juli 2019 tidak memerlukan *planned maintenance* karena adanya *initial cleaning*, namun untuk seterusnya diharapkan *engine test bench* akan melakukan *planned maintenance* setiap 7 hari *testing* sekali. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadi *breakdown* yang dapat mengganggu kegiatan *testing engine*.

5.7.8 Perbandingan Parameter Sebelum dan Sesudah Penerapan

Autonomous Maintenance

Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan *performance maintenance* merupakan parameter dari *Total Productive Maintenance* (TPM). Dengan menerapkan *autonomous maintenance* yang merupakan salah satu pilar TPM, maka diharapkan dapat meningkatkan OEE dan *performance maintenance* dari *engine test bench*. Dengan hasil perhitungan parameter yang telah dilakukan sebelumnya, penerapan empat tahap awal *autonomous maintenance*, serta perhitungan parameter sebelum penerapan *autonomous maintenance* maka dapat dilakukan perbandingan. Perbandingan beberapa parameter sebelum dan sesudah penerapan *autonomous maintenance* yang dapat dilihat pada Tabel 5.18

Tabel 5.18. Perbandingan Beberapa Parameter *Maintenance* Sebelum dan Sesudah *Autonomous Maintenance*

Paratemer	Sebelum AM (rata-rata)	Setelah AM	Standar JIPM
<i>Availability rate</i>	91,41%	97,01%	> 90,00%
<i>Performance rate</i>	70,11%	71,27%	> 95,00%
<i>Quality Rate</i>	100,00%	100,00%	> 99,00%
OEE	64,06%	59,17%	> 85,00%
MTBF	8,70 = 9 hari <i>testing</i>	-	-
MTTR	1,20 jam = 1 jam 12 menit	-	-

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Parameter yang menjadi sorotan dalam pelaksanaan *autonomous maintenance* lebih kepada *availability rate*, karena ketersediaan mesin berpengaruh pada *downtime* yang dialami mesin. Meskipun data yang diambil hanyalah 9 hari kerja, namun pada tabel di atas, *availability rate* mengalami peningkatan setelah dilakukannya *autonomous maintenance*.

Jika membandingkan hasil OEE sebelum dan sesudah penerapan autonomous maintenance dengan standar JIPM, maka nilai OEE engine test bench Taylor DX38 masih belum mencapai standar. Hasil tersebut memberi cacatan kepada RJKT untuk terus melakukan perbaikan agar nilai OEE dapat meningkat.

Jika diperhatikan berdasarkan Tabel 5.18 nilai *performance rate* baik sebelum maupun sesudah penerapan *autonomous maintenance* memiliki angka terendah. Fakta lainnya adalah ketika pengujian terkadang *engine* yang diuji mengalami *overheat*. Apabila mengabaikan *overheat* maka dapat menyebabkan stang piston melengkung dan parahnya merusak blok silinder. Penanganan dari masalah yang disebabkan *overheat* dapat membuat proses pengujian lebih lama. Hal ini mempengaruhi *performance* dari *engine test bench*. Untuk meningkatkan keandalan dalam mencegah terjadinya *overheat*, maka dapat dilakukan pengadaan *reservoir*. *Reservoir* adalah tempat penampungan sementara dari air dengan temperatur tinggi, yang membantu proses pendinginan air yang dilakukan *cooling tower*.

Cooling tower merupakan peralatan yang digunakan untuk menurunkan suhu aliran air dengan cara mengekstraksi panas dari air dan melepaskannya ke atmosfer. *Reservoir* yang dimaksud dalam rekomendasi di atas adalah yang berbentuk seperti tangki besar dengan kipas di dalamnya, sehingga membantu *cooling tower* untuk mendinginkan air lebih cepat. Semakin tinggi kemampuan *cooling system* dalam mendinginkan *engine*, semakin besar pula keandalannya dalam mencegah mesin terlalu panas (*overheat*).

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang dilakukan pada penelitian ini maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Rata-rata hasil perhitungan beberapa parameter *maintenance* Januari-Mei 2019 antara lain; *Availability rate* 91,41%, *Performace rate* 70,11%, *Quality rate* 100,00%, OEE 64,06%, MTBF 8,70 hari *testing* atau 9 hari *testing*, MTTR 1,20 jam atau 1 jam 12 menit.
2. Rancangan *autonomous maintenance* yang diterapkan pada *engine test bench* Taylor DX38 adalah tahap pertama sampai dengan tahap keempat antara lain: *initial cleaning* (pembersihan awal), *countermeasure the source of problem* (mengatasi sumber masalah), *cleaning and lubrication standard* (standar pembersihan dan pelumasan), dan *general inspection* (pemeriksaan umum). Dokumen yang membantu penerapan empat tahap tersebut adalah *F-Tag* merah dan *autonomous maintenance checksheet*
3. Hasil perhitungan beberapa parameter *maintenance* 1 Juli hingga 26 Juli 2019, antara lain; *Availability rate* 97,01%, *Performace rate* 71,27%, *Quality rate* 100,00%, OEE 69,14%. MTBF dan MTTR tidak dihitung karena tidak adanya *breakdown* yang terjadi selama 2 hari pengamatan setelah penerapan *autonomous maintenance*. Berdasarkan hasil MTBF sebelumnya yakni 9 hari *testing*, maka adanya peningkatan positif terhadap nilai MTBF.

6.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, terdapat beberapa saran yang diharapkan dapat memberikan masukan untuk perusahaan. Saran yang dapat diberikan untuk perbaikan perusahaan adalah sebagai berikut:

1. Untuk menghindari terjadinya patah *propeller shaft* saat *testing engine*, dapat diantisipasi dengan memberikan sensor getaran atau *vibrator censor*. Pemasangan atau perancangan alat bantu dapat diadakan untuk menjamin *propeller shaft* untuk terpasang dengan benar.
2. Agar menjaga air dari *cooling system* bersih lebih baik, disarankan untuk melakukan pengadaan pelindung berupa *filter* untuk mencegah debu masuk dengan mudah. Melakukan pengurusan kolam secara berkala juga diharapkan menjaga kualitas air dari *cooling system engine test bench*.
3. Dalam meningkatkan keandalan *cooling system*, juga dapat dilakukan pengadaan *reservoir tank* untuk mempercepat pendinginan air, sehingga dapat mencegah *overheat* lebih baik.
4. Untuk menghindari terjadinya kerusakan fungsi *Engine Test Bench Taylor DX38*, diharapkan melakukan melakukan *planned maintenance engine test bench* setiap 7 hari *testing* sekali. Saran ini diberikan berdasarkan nilai MTBF yang muncul pada Januari-Mei 2019.

Saran-saran yang diajukan oleh penyusun di atas tidak mempertimbangkan biaya pengadaan yang harus dikeluarkan perusahaan, namun penyusun berharap saran-saran tersebut dapat menjadi pertimbangan demi kemajuan perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiyady, Tina K, dan Elizabeth A. Cudney. 2016. *Total productive Maintenance: Strategies and Implementation Guide*. Dayton, Ohio: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Borris, S. 2006. *Total productive Maintenance*. New York (US): Mc Graw-Hill Companies.
- CIBSE GUIDE M. 2008. *Maintenance Engineering And Management*. London: CIBSE Publications Department.
- Davis, Roy. 1995. *Productivity Improvement: Through TP: The Philosophy and Application of Total Productive Maintenance*. Englewood Cliffs: Prentice Hall Inc.
- Danarboto, Heru., & Susanto. 2016. Dampak EGR (Exhaust Gas Recirculation) Pada Prestasi Mesin Diesel Direct Injection Dengan Campuran Solar dan Blodiesel Jatropha. *Jurnal Ilmiah Teknoscains*, vol 2, no 1.
- Golinska-Dawson, Paulina, dan Frank Kübler. 2018. *Sustainability In Remanufacturing Operations*. Cham, Switzerland: Springer Nature.
- Kostas, N Dervitsiotis. 1981. *Operational Management*. New York: Mc Graw Hill Book Company.
- Nakajima, Seiichi. 1989. *TPM Development Program: Implementing Total productive Maintenance*. Cambridge: Productivity Press, Inc.
- Nasution, M. N. 2001. *Manajemen Mutu Terpadu (Total Quality Management)*. Ghalia Indonesia. Jakarta