

**ANALISIS PERAWATAN PADA GENERATOR TURBIN GUNA
MENGOPTIMALKAN KOMPONEN KRITIS DENGAN METODE
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)
(STUDI KASUS : PT.XYZ)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri



Nama : Sonny Saputra Utama

NIM : 15 522 271

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2021

PERNYATAAN KEASLIAN

Demi Allah, saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, Agustus 2021



Sonny Saputra Utama

NIM. 15 522 271

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**ANALISIS PERAWATAN PADA GENERATOR TURBIN GUNA
MENGOPTIMALKAN KOMPONEN KRITIS DENGAN METODE
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)**

(STUDI KASUS : PT.XYZ)

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Strata-1
Jurusan Teknik Industri – Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**

Disusun Oleh:

Sonny Saputra Utama

NIM : 15 522 271

Yogyakarta, Agustus 2021

Dosen Pembimbing



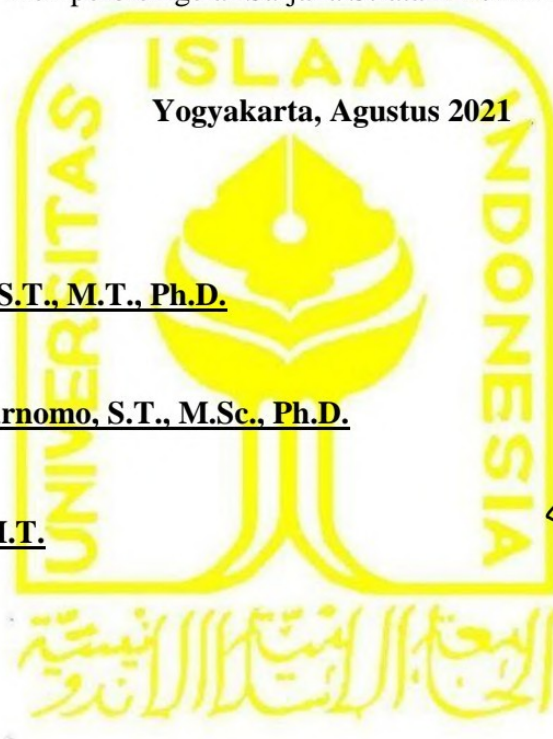
Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**TUGAS AKHIR**

Oleh

Nama : Sonny Saputra Utama**No. Mahasiswa : 15 522 271**

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri

**Tim Penguji****Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D.****Ketua****M. Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D.****Anggota I****Dian Janari, S.T., M.T.****Anggota II****Mengetahui****Ketua Program Studi Teknik Industri****Universitas Islam Indonesia****Immawan, S.T., M.M.**

LEMBAR PENELITIAN

SURAT KETERANGAN

Nomor : 049/Ka.lab IPO/20/ Lab.IPO/III/2021

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan hormat,

Yang bertanda tangan dibawah ini, menerangkan bahwa:

Nama : **Sonny Saputra Utama**

Nim : 15522271

Jurusan : Teknik Industri

Menyatakan bahwa mahasiswa tersebut diatas telah melaksanakan penelitian tugas akhir dengan judul ” **Analisis Perawatan pada Generator Turbin Guna Mengoptimalkan Komponen Kritis dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) (Studi Kasus : PT.XYZ)**”, di Laboratorium Inovasi Pengembangan dan Organisasi (Lab IPO) Universitas Islam Indonesia pada semester genap Tahun Akademik 2020 / 2021.

Demikian surat keterangan ini kami buat. Atas perhatiannya dan kerja samanya kami mengucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 15 Juli 2021

Kepala Laboratorium
IPO FTI UII



Wahyudhi Sutrisno, S.T., M.M., M.T.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Terima kasih yang sebesar-besarnya untuk Allah SWT yang telah memberikan rahmat, kekuatan dan kesabaran selama ini.

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada keluarga tersayang yakni kedua orang tua, kedua kakak perempuan dan seorang adik laki-laki.

Tugas akhir ini juga sebagai bukti tanggung jawab kepada keluarga yang telah memberikan kepercayaan untuk saya menyelesaikan sekolah perguruan tinggi.

Semua pihak yang telah memberikan semangat dan dukungannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.



MOTTO

“Things may come to those who wait, but only the things left by those who hustle”

(Abraham Lincoln)

“We have two lives, and the second begins when we realize we only have one”

(Confucius)

الجامعة الإسلامية
الاستدلال بالاندية

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum Wr.Wb.

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT atas berkat rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulisan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Perawatan Pada Generator Turbin Guna Mengoptimalkan Komponen Kritis Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)**” dapat terselesaikan dengan baik. Tak lupa sholawat dan salam senantiasa penulis panjatkan kepada Nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, serta para pengikutnya hingga akhir zaman yang telah berjuang dan membimbing kita dari zaman kegelapan menuju jalan yang terang benderang untuk menggapai ridho Allah SWT.

Penyusunan Tugas Akhir dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Strata-1 Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri di Universitas Islam Indonesia. Pelaksanaan Kerja Praktik merupakan salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar sarjana Strata Satu pada program studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Harapan yang ingin dicapai setelah melakukan Tugas Akhir ini adalah, penulis mampu menerapkan ilmu yang telah diperoleh dengan baik.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan, dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Muhamamd Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

4. Bapak Winda Nur Cahyo S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan kepada penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir.
5. Kedua orang tua penulis, Bapak Yaward Alros dan Ibu Mudarlis yang telah memberikan doa, semangat, dan motivasi dalam penyelesaian Tugas Akhir.
6. Kawan-kawan Teknik Industri UII dan kawan-kawan sepermainan yang telah menemani selama ini.
7. Semua pihak yang telah mendoakan dan membantu proses penyelesaian Tugas Akhir ini. Semoga kebaikan-kebaikan yang diberikan menjadi amal sholeh dan mendapat balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT Aamiin.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis mengharapkan kritik, saran dan masukan yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan di masa yang akan datang. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat digunakan sebagai mana mestinya serta berguna khususnya bagi penulis dan bagi para pembaca pada umumnya.



ABSTRAK

Salah satu bentuk strategi dalam sebuah perusahaan yaitu memelihara aset yang dimiliki, dikarenakan aset perusahaan merupakan investasi jangka panjang dan salah satu contoh aset adalah mesin. Kondisi pada PT. Xyz masih menggunakan metode *unplanned maintenance* yang mana hal tersebut mengakibatkan tidak adanya jadwal tertentu untuk dilakukannya perawatan pada aset yang dikelolanya. Hal ini tentu akan membuat masalah baru yang berujung pada kerusakan mesin yang lebih parah. Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan metode yang tepat untuk mengatasi permasalahan ini dikarenakan dapat mengidentifikasi masalah dengan menghitung frekuensi kerusakan komponen kritis serta memprioritaskan tingkat kepentingan yang lebih tinggi kemudian dapat dibuat interval waktu perawatan untuk merencanakan kapan waktu yang tepat dilakukan perawatan. Selain itu menggunakan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) untuk menganalisa potensi kerusakan dan kesalahan yang terjadi pada perusahaan. Pada hasil identifikasi dapat dilihat mesin yang mengalami frekuensi kerusakan terbanyak yaitu G-1-12 dengan kerusakan 285 kali. Kemudian untuk komponen yang diteliti adalah *Mech Seal* dikarenakan komponen tersebut yang mengalami frekuensi kerusakan terbanyak di mesin G-1-12 sebanyak 41 kali. Komponen *Mech Seal* G-1-12 berdistribusi Weibull, nilai TBF sebesar 78.52 dan nilai keandalan saat TBF yakni 37.2%. Tindakan perawatan yang perlu dilakukan adalah untuk komponen *Mech Seal* G-1-12 memerlukan tindakan *preventive maintenance* ketika tingkat keandalan komponen di atas 70% untuk setiap 28 hari.

Kata kunci: Perawatan, Keandalan, RCM, Komponen

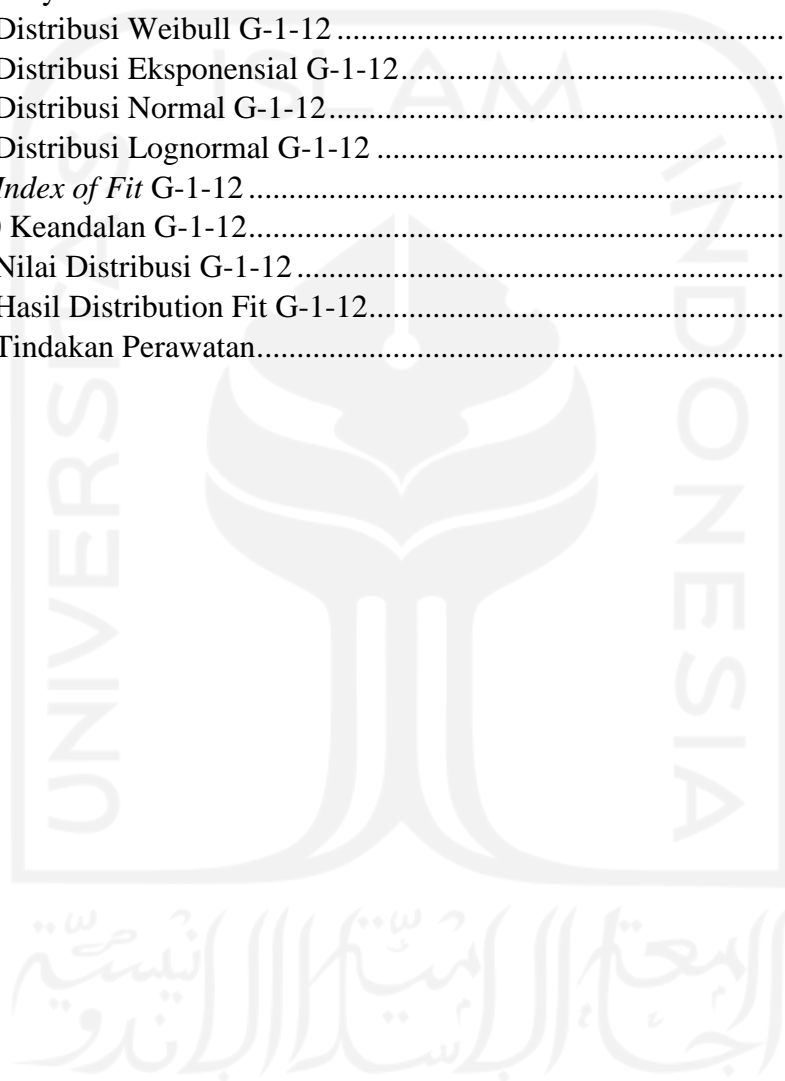
DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
LEMBAR PENELITIAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II KAJIAN LITERATUR.....	7
2.1 Kajian Induktif	7
2.2 Kajian Deduktif.....	17
2.2.1 Definisi Perawatan.....	17
2.2.2 Tujuan Perawatan	18
2.2.3 Jenis-Jenis Perawatan	18
2.2.4 Manajemen Perawatan.....	21
2.2.5 <i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i>	21
2.2.6 Ruang Lingkup RCM.....	22
2.2.7 Laju Kerusakan	24
2.2.8 Konsep Keandalan (<i>Reliability</i>).....	25
2.2.9 Pola Distribusi Keandalan	27
2.2.10 Nilai Rata-Rata Waktu Kerusakan.....	31
BAB III METODE PENELITIAN.....	33

3.1	Objek Penelitian	33
3.2	Alur Penelitian	33
3.3	Pengumpulan Data	35
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		36
4.1	Generator Turbin Uap PT. Xyz.....	36
4.2	Penentuan Komponen Kritis	37
4.3	<i>Failure Mode Effect Analysis</i> (FMEA)	39
4.4	Penentuan Distribusi <i>Time to Failure</i>	40
4.4.1	Distribusi Kegagalan <i>Mech Seal</i> G-1-12	41
4.5	Analisis Keandalan (Reliabilitas).....	44
4.5.1	Keandalan <i>Mech Seal</i> G-1-12	44
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....		47
5.1	Bentuk Distribusi Komponen.....	47
5.1.1	<i>Mech Seal</i> G-1-12	47
5.2	Analisis Keandalan Komponen.....	48
5.2.1	<i>Mech Seal</i> G-1-12	48
5.3	Tindakan Perawatan	49
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		50
6.1	Kesimpulan	50
6.2	Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....		52
LAMPIRAN		54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya	10
Tabel 2.2 Pengaruh nilai β terhadap distribusi weibull	31
Tabel 4.1 Persentase Kumulatif Kerusakan	37
Tabel 4.2 Daftar Komponen	38
Tabel 4.3 Kriteria Potensi Dalam FMEA	39
Tabel 4.4 Penyusunan FMEA Mesin G-1	40
Tabel 4.5 Distribusi Weibull G-1-12	41
Tabel 4.6 Distribusi Eksponensial G-1-12	42
Tabel 4.7 Distribusi Normal G-1-12	42
Tabel 4.8 Distribusi Lognormal G-1-12	43
Tabel 4.9 <i>Index of Fit</i> G-1-12	44
Tabel 4.10 Keandalan G-1-12	46
Tabel 5.1 Nilai Distribusi G-1-12	47
Tabel 5.2 Hasil Distribution Fit G-1-12	48
Tabel 5.3 Tindakan Perawatan	49



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Jenis-jenis Perawatan	19
Gambar 2.2 Komponen yang terdapat pada RCM.....	23
Gambar 2.3 Siklus Hidup Komponen.....	25
Gambar 2.4 Kurva Distribusi Normal.....	27
Gambar 2.5 Kurva Distribusi Eksponensial	30
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian	34
Gambar 4.1 Turbin Uap.....	36
Gambar 4.2 Frekuensi Kerusakan Mesin di MA II	37
Gambar 4.3 Frekuensi Kerusakan Komponen Mesin G-1.....	38
Gambar 5.1 Simulasi <i>preventive maintenance</i> G-1-12.....	48



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era persaingan bebas dewasa ini mengharuskan perusahaan untuk meningkatkan kinerja dalam berbagai macam aspek. Hal ini bertujuan agar perusahaan dapat terus berkembang dan tidak tertinggal oleh perusahaan lainnya. Sebuah perusahaan dapat dikatakan baik ketika perusahaan mampu beradaptasi dengan perkembangan zaman, mengikuti standar kebutuhan yang setiap tahun terus meningkat. Selain aspek produktivitas yang perlu ditingkatkan dalam menunjang keberlangsungan sebuah perusahaan, tidak lupa tetap melihat kekurangan yang dimiliki dan terus melakukan perbaikan sehingga nantinya perusahaan dapat meminimalisir kerugian yang akan dijumpai di masa yang akan datang.

Bentuk strategi dalam sebuah perusahaan yaitu memelihara aset yang dimiliki, dikarenakan aset perusahaan merupakan investasi jangka panjang dan salah satu contoh aset adalah mesin. Dalam sebuah perusahaan yang bergerak di bidang pengelolaan sektor minyak dan gas bumi serta energi, tentunya memiliki berbagai macam mesin untuk menunjang produktivitas perusahaan. Sebuah mesin lazimnya akan mengalami kerusakan dan tidak dapat beroperasi sebagaimana mestinya lagi, untuk itu perlu dilakukan perawatan dan perbaikan mesin. Perawatan dan perbaikan mesin akan dapat memperpanjang usia mesin menjadi lebih lama dibandingkan tanpa perawatan sama sekali.

Perawatan pada dasarnya merupakan upaya yang dilakukan dalam hal menjaga agar suatu benda yang kita miliki dapat bertahan lama tanpa perlu melakukan penggantian

yang berulang. Menurut Assauri (2008) “perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar supaya terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan”. Maka dengan kata lain, perawatan dapat membantu dalam mencapai tujuan perusahaan serta mampu menghemat biaya pembelian mesin baru.

Dalam hal perawatan mesin terdapat salah satu metode yang digunakan yaitu *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Menurut Gulati (2013) “RCM adalah sebuah proses yang sistematis dan terstruktur untuk mengembangkan suatu rencana perawatan yang efektif dan efisien untuk mengurangi probabilitas kegagalan aset”. Perencanaan perawatan mesin difokuskan kepada komponen-komponen kritis yang perlu dilakukan tindakan secepatnya sebelum mesin mengalami kerusakan lebih lanjut. Mengidentifikasi komponen yang mengalami jumlah kegagalan (*Failure Mode*) tertinggi serta mempertimbangkan tingkat kepentingan sebuah mesin. Penerapan metode RCM dapat membantu perusahaan dalam meningkatkan keselamatan sumber daya manusia, meminimalisir biaya operasi dan biaya perawatan.

Terdapat enam kilang yang dimiliki PT. Xyz dan produknya disalurkan ke kawasan Indonesia bagian timur dan beberapa ke bagian barat hingga di ekspor keluar negeri. Beroperasi sejak tahun 1922 dan memasok hingga 26% total kebutuhan BBM di seluruh Indonesia. Berdasarkan kebutuhan tersebut memaksa mesin yang berada di PT. Xyz bekerja selama 24 jam terus menerus. Terdapat Departemen *Rotating Engineering* yang bertugas mengelola aset yang memiliki risiko kerusakan tinggi sehingga dibutuhkan manajemen perawatan yang baik. Departemen ini mengawasi *Maintenance Area* (MA) I, II, III dan IV yang mana setiap area terdapat berbagai macam mesin dengan jumlah yang banyak dan kompleksitas yang tinggi. Pada penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Muhammad Bayu Prasetyo, dilakukan menggunakan data mesin yang berada di MA II dikarenakan area tersebut terdapat jumlah kegagalan komponen mesin yang paling tinggi di antara area lainnya.

Pada MA II terdapat fasilitas *Generator Turbin* yang berfungsi memproduksi tenaga listrik dan mendistribusikannya ke area lainnya sehingga dapat digunakan untuk beroperasi. Fasilitas tersebut menggunakan mesin *Generator Turbin* sebagai penggerak utamanya. Terdapat data *record* yang mencatat proses perawatan dan juga kerusakan

yang terjadi selama periode 2014-2020. Setelah dilakukannya identifikasi awal, ditemukan jumlah masalah pada mesin MA II sebanyak 779 selama kurun waktu 6 tahun tersebut. Masalah tersebut dapat berupa penggantian dan perbaikan komponen kritis. Selain itu pada bagian *rotating engineering* masih menggunakan metode *unplanned maintenance* yang mana hal tersebut mengakibatkan tidak adanya jadwal tertentu untuk dilakukannya perawatan pada aset yang dikelolanya. Hal ini tentu akan membuat masalah baru yang berujung pada kerusakan mesin yang lebih parah. Kerugian tersebut dapat diantisipasi dengan melakukan penjadwalan rutin untuk memeriksa dan mendeteksi komponen kritis lebih awal.

Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan metode yang tepat untuk mengatasi permasalahan ini dikarenakan dapat mengidentifikasi masalah dengan menghitung frekuensi kerusakan komponen kritis serta memprioritaskan tingkat kepentingan yang lebih tinggi. Langkah pertama dalam pengolahan data dengan melakukan seleksi komponen dari data *record* yang didapatkan. Seleksi dilakukan untuk mencari komponen kritis yang paling banyak terdapat kerusakan sehingga selanjutnya dapat dilakukan analisis perawatan dengan mempertimbangkan nilai keandalan dari sebuah mesin. Keandalan merupakan probabilitas suatu komponen atau mesin yang mana dapat berfungsi sebagaimana mestinya tanpa ada kegagalan pada pengoperasian untuk periode tertentu. Hasil akhirnya dapat dibuat interval waktu perawatan untuk merencanakan kapan waktu yang tepat dilakukan perawatan. Penelitian ini diharapkan untuk dapat meminimasi tingkat laju kerusakan dari suatu komponen kritis serta mengurangi kerugian yang dapat ditimbulkan kedepannya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, diambil suatu rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana periode *preventive maintenance* yang optimal dalam upaya meningkatkan nilai keandalan dari komponen mesin pada PT.Xyz.

1.3 Batasan Masalah

Dalam sebuah penelitian diperlukan batasan masalah agar penelitian tidak menyimpang dari tujuan awal. Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian hanya menggunakan data *record* di Maintenance Area II PT. Xyz. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari penelitian sebelumnya.
2. Penelitian dilakukan terhadap komponen kritis yang mengalami frekuensi kerusakan tertinggi dengan asumsi dapat dijadikan dasar perawatan menjadi lebih baik.
3. Dasar penentuan tindakan perawatan berdasarkan hasil interval waktu penggantian komponen kritis saja.
4. Penelitian ini tidak sampai membahas analisis biaya berdasarkan hasil penjadwalan yang dilakukan.

1.4 Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini ditentukan tujuannya adalah mengetahui periode *preventive maintenance* yang optimal dalam upaya meningkatkan nilai keandalan dari komponen mesin pada PT.Xyz.

1.5 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat penelitian yang dapat diperoleh sebagai berikut:

1. Mengetahui komponen kritis pada mesin dan tindakan selanjutnya sehingga perlu dilakukan evaluasi.
2. Sebagai bahan masukan bagi perusahaan agar dapat mengetahui kondisi komponen mesin.
3. Sebagai bahan referensi bagi pembaca serta dapat dilakukan penelitian lebih lanjut.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan ini disusun dengan sistematis melalui beberapa bab, berikut merupakan uraian untuk setiap bab:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini memuat latar belakang masalah yang terjadi pada perusahaan tentang bagaimana kebijakan jadwal perawatan yang berlaku serta kondisi suatu fasilitas atau mesin. Kemudian memuat tentang tujuan dari penelitian berdasarkan permasalahan yang dihadapi, batasan masalah dan manfaat yang didapati dari penelitian ini.

BAB II : KAJIAN LITERATUR

Pada bab ini memuat kajian induktif untuk mengetahui pembahasan mengenai metode yang dipilih dilihat dari penelitian sebelumnya yang diperoleh dari jurnal dan artikel. Selain itu terdapat kajian deduktif tentang bagaimana suatu konsep dasar dari metode yang dapat mendukung pembuatan laporan ini. Sumber informasi diperoleh berdasarkan buku, artikel serta jurnal yang diketahui asal usulnya.

BAB III : METODE PENELITIAN

Pada bab ini memuat tentang bagaimana alur dari suatu penelitian secara sistematis serta memberikan gambaran alur pengolahan data yang dilakukan. Selain itu juga berisi objek dan pengumpulan data yang akan diteliti.

BAB IV : PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini memuat data yang telah diperoleh kemudian dilakukan pengolahan data menggunakan beberapa metode. Langkah pertama mengidentifikasi komponen kritis yang akan dilakukan pengolahan menggunakan diagram pareto. Langkah berikutnya mencari bentuk distribusi yang tepat berdasarkan komponen kritis kemudian dilanjutkan dengan menentukan nilai keandalan suatu komponen dan melakukan simulasi perawatan sesuai bentuk distribusi.

BAB V : PEMBAHASAN

Pada bab ini memuat pembahasan berdasarkan hasil yang didapatkan dari pengolahan data. Hasilnya disesuaikan dengan tujuan awal penelitian untuk memperoleh interval perawatan sebuah mesin.

BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini memuat kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang dapat menjawab rumusan masalah awal dan kemudian memberikan saran berdasarkan hasil analisis yang diperoleh dari peneliti kepada perusahaan ataupun pembaca.

DAFTAR PUSTAKA

Memuat segala informasi rujukan yang digunakan sebagai teori pendukung dalam pembuatan laporan yang berasal dari buku, artikel dan jurnal ilmiah.

LAMPIRAN

Memuat keterangan pendukung berupa dokumen atau data dari perusahaan yang dirasa perlu dilampirkan.

BAB II

KAJIAN LITERATUR

Kajian literatur dilakukan dalam sebuah penelitian tugas akhir. Tujuan utama dari kajian literatur adalah peneliti dapat menemukan dasar pemikiran terkait dengan metode yang digunakan. Memberikan gambaran secara umum pokok permasalahan yang akan diselesaikan. Kajian literatur juga membahas bagaimana penyelesaian sebuah masalah dilihat dari penelitian sebelumnya. Menggunakan literatur yang berasal dari jurnal dan penelitian yang telah dilakukan.

2.1 Kajian Induktif

Penelitian dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) telah banyak digunakan oleh peneliti terdahulu untuk mengetahui atau mengidentifikasi komponen kritis dari suatu mesin atau alat. Menggunakan metode *Hybrid* RCM untuk optimalisasi dan pemilihan kebijakan perawatan pada generator turbin gas listrik (Alrifaey, Sai Hong, As'arry, Elianddy Supeni, & Ang, 2020). Sebuah perusahaan pembangkit listrik sedang mencari teknik untuk dapat menentukan kebijakan perawatan dan jadwal aset mereka. Perkembangan saat ini dalam metode RCM sedang berjuang untuk memecahkan kelemahan yang berkaitan dengan optimasi dan pemilihan strategi. Metode *Hybrid* RCM diusulkan untuk menemukan kebijakan perawatan yang optimal dan penjadwalan dengan kombinasi HL-FMEA, CMPSO, ANP dan DMDT. Untuk mendemonstrasikan efektivitas dan efisiensi model RCM yang diusulkan, studi kasus tentang pemeliharaan generator listrik dilakukan di pabrik pengolahan minyak dan gas Yaman. Hasilnya menegaskan bahwa, dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, model yang diusulkan memberikan

kebijakan pemeliharaan yang optimal dan penjadwalan untuk generator listrik dalam rencana yang terstruktur dengan baik, ekonomis dan efektif.

Penelitian sebelumnya juga menggunakan metode RCM untuk mengetahui komponen kritis dari sebuah mesin kesehatan (Shamayleh, Awad, & Abdulla, 2020). Pendekatan RCM digunakan untuk mengurangi tingkat kekritisitas mesin dengan memperhatikan tingkat keparahan kegagalan. Kasus ini menguji hubungan antara praktik *preventive maintenance* yang direncanakan saat ini dan tingkat kegagalan peralatan selama masa pakainya. Meskipun praktik *preventive maintenance* diterapkan di rumah sakit yang diteliti, beberapa peralatan penting menunjukkan tingkat kegagalan yang meningkat. Analisis ini menyoroti ketidakmampuan *preventive maintenance* yang berbasis waktu saja dalam mencegah kegagalan. Kemudian *Association for the Advancement of Medical Instrumentation* mendukung inisiatif penerapan RCM dalam skala besar di bidang kesehatan. Analisis mendukung perlunya lebih banyak penelitian untuk memeriksa dan mengusulkan pendekatan perawatan yang lebih efektif.

Penggunaan metode RCM juga bertujuan dalam mengoptimalkan interval penggantian komponen *dragline* (Palei, 2020). Rekomendasi produsen mesin tentang strategi perawatan *dragline* tidak selalu didasarkan pada data nyata sehingga menyebabkan kerugian dari waktu henti. Penelitian ini mengusulkan strategi perawatan preventif untuk komponen *dragline* yang dipasang di tambang batubara berdasarkan perawatan yang berpusat pada keandalan dan analisis FMEA. Perkiraan faktor bobot mengidentifikasi 26 komponen kegagalan kritis untuk strategi perawatan preventif, dan pengelompokan komponen membaginya menjadi sembilan kelompok. Dalam sebuah kelompok, kerugian yang diharapkan terjadi dengan mengganti beberapa komponen sebelum kegagalannya, dan keuntungan dengan mengurangi waktu henti perawatan secara keseluruhan, telah dijelaskan melalui analisis biaya-manfaat.

Penelitian sebelumnya juga menggunakan RCM pada industri makanan (Yavuz, Doğan, Carus, & Görgülü, 2019). Disiplin pemeliharaan dalam industri telah berubah dari manajemen disiplin lainnya. Perubahan ini disebabkan oleh bertambahnya jumlah dan beragam aset fisik, perkembangan teknologi, munculnya teknik perawatan yang baru dan perubahan cara pandang dalam perawatan. Praktik perawatan tidak selalu memberikan *overall equipment efficiency* (OEE) yang diharapkan dari peralatan. Dalam penelitian ini dijelaskan penerapan pendekatan RCM pada mesin pengemas dan pengaruhnya terhadap OEE.

RCM juga digunakan pada studi kasus di industri pertambangan pabrik semen untuk menentukan perawatan peralatan pertambangan (Alta, Tri Putri, & Henmaidi, 2019). Semen Padang Co. sebagai perusahaan semen nasional menetapkan optimalisasi kapasitas produksi sebagai salah satu fokus inisiatif. Pada unit pertambangan, terjadi kerusakan sangat tinggi di pabrik penghancur dan *conveyor belts* memiliki sejumlah peralatan dan kegiatan produksi yang perlu disiapkan untuk perencanaan perawatan yang efektif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyusun perencanaan perawatan preventif dengan penerapan metode RCM dan untuk membuat jadwal kegiatan perawatan yang direncanakan dengan batasan pemenuhan target jam produksi ke masing-masing pabrik.

Penggunaan metode RCM untuk menganalisis perawatan pada Mesin Bubut (Syahabuddin, 2019). Tujuan penelitian ini untuk menentukan tindakan perawatan yang optimal serta membuat jadwal interval waktu perawatan pada Mesin Bubut CY-L1640G. Terdapat banyak kegiatan *corrective maintenance* disebabkan oleh kerusakan mesin. Peneliti menggunakan FMEA untuk penentuan tabel kritis, analisa IDT untuk mencari penyebab kegagalan dan analisis LTA untuk menentukan perawatan yang optimal. Hasil yang diperoleh yaitu perusahaan harus melakukan jadwal interval perawatan pada komponen *Electric System* dalam rentang interval 255.07 jam atau 32 hari kerja.

Metode RCM juga digunakan untuk menentukan prioritas dari mode kerusakan mesin (Rizky, Siregar, Siregar, Matondang, & Waldo Henri, 2019). Metode *corrective maintenance* belum dapat menjamin kelancaran produksi. Peneliti merencanakan untuk kegiatan *preventive maintenance* guna meningkatkan keandalan fasilitas produksi serta juga memperhatikan kelancaran dari suatu proses produksi. Di mulai dengan mengidentifikasi tingkat kerusakan mesin sterilisasi dengan FMEA, menunjukkan bahwa terdapat 5 nilai prioritas risiko tertinggi yaitu komponen IGBT, MOSFET dan *Bearing Bushing* (24 hari, 23 hari, 25 hari, 26 hari dan 22 hari). Rekomendasi metode pemeliharaan menggunakan RCM diprediksi memberikan dampak yang baik seperti penurunan rata-rata dari waktu henti komponen kritis sebesar 37.103% dan juga peningkatan keandalan.

Penelitian sebelumnya menggunakan metode RCM pada Mesin *Boiler* (Rachman, Kesy Garside, & Mujayin Kholik, 2017). Perusahaan menggunakan sistem *corrective maintenance*. Perlu dilakukan pengembangan sistem perawatan mesin dengan metode RCM. Tujuan penelitian ini dapat menentukan tindakan perawatan sistem *boiler*

berdasarkan metode RCM dan interval penggantian komponen guna mengurangi *Total Minimum Downtime* (TMD). Pengolahan data menghasilkan komponen *El Bow* masuk dalam kategori *Condition Directed* (CD) sedangkan komponen *gland seal steam* dan *check valve* kedalam *Time Directed* (TD). Perhitungan interval penggantian komponen menghasilkan, komponen yang termasuk kategori TD didapatkan 37 hari untuk komponen *gland seal steam* dan 58 hari untuk komponen *check valve*. Kemudian diberikan usulan perawatan dapat menurunkan *downtime* sebesar 11.33% dari kondisi awal.

Metode RCM juga digunakan pada Mesin *Blowmould* untuk menganalisis perawatan di PT.CCAI (Ahmadi & Yulianti Hidayah, 2017). Perusahaan banyak menggunakan aktivitas produksi menggunakan mesin otomatis. Permasalahan muncul ketika terjadi kerusakan secara tiba-tiba pada mesin *blowmould* untuk itu perlu dilakukan *corrective maintenance*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui penyebab kerusakan dan mengusulkan tindakan untuk meminimalkan waktu henti. Dari analisis FMEA diketahui bahwa komponen kritis dari setiap mesin adalah *bearing roller feed*, *mandrel*, *seal gasket* dan *fitting*. Dari perhitungan TMD diketahui bahwa jadwal penggantian komponen kritis adalah 23 hari untuk *feed roller bearing*, 9 hari untuk *mandrel*, 8 hari untuk *seal gasket* dan 8 hari untuk *fitting* dan mengakibatkan penurunan *downtime* sebesar 1.56% dengan nilai *availability* 99.63%.

Berikut merupakan hasil *review* secara singkat dari 10 penelitian yang telah dilakukan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.1 *Review* Penelitian Sebelumnya

No	Penulis	Judul	Tahun	Metode	Hasil
1	Moath Alrifayy, Tang Sai Hong, Azizan As'arry, Eris Elianddy Supeni & Chun Kit Ang	<i>Optimization and Selection of Maintenance Policies in an Electrical Gas Turbine Generator Based on the Hybrid Reliability-Centered Maintenance (RCM) Model</i>	2020	HL-FMEA, CMPSO, ANP, DMDT	Untuk mendemonstrasikan efektivitas dan efisiensi model RCM yang diusulkan, studi kasus tentang pemeliharaan generator listrik dilakukan di pabrik pengolahan minyak

No	Penulis	Judul	Tahun	Metode	Hasil
2	Abdulrahim Sh amayleh, Mahmoud Awad & Aidah Omar Abdulla.	<i>Criticality-based reliability-centered maintenance for healthcare</i>	2020	FMEA	<p>dan gas Yaman. Hasilnya menegaskan bahwa, dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, model yang diusulkan memberikan kebijakan pemeliharaan yang optimal dan penjadwalan untuk generator listrik dalam rencana yang terstruktur dengan baik, ekonomis dan efektif.</p> <p>Praktik saat ini di fasilitas kesehatan mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi strategi pemeliharaan yang optimal. Menyajikan tinjauan statistik dari jumlah total perintah kerja pemeliharaan yang diterima selama satu tahun di rumah sakit yang diteliti. Analisis mendukung perlunya lebih banyak penelitian untuk memeriksa praktik saat ini dan mengusulkan pendekatan pemeliharaan yang lebih efektif.</p>

No	Penulis	Judul	Tahun	Metode	Hasil
3	Sanjay Kumar Palei, Smarak Das & Snehamoy Chatterjee.	<i>Reliability-Centered Maintenance of Rapiar Dragline for Optimizing Replacement Interval of Dragline Components</i>	2020	FMEA	<p>Kerugian yang diperkirakan akan terjadi dengan mengganti beberapa komponen sebelum mengalami kegagalan, dan keuntungan dengan mengurangi waktu henti perawatan secara keseluruhan. Total laba bersih yang dihasilkan dihitung sebagai US\$200.178.</p> <p>Aktivitas pengelompokan ini juga menyebabkan pengurangan waktu henti tahunan sebesar 231 jam, yang perkiraan harga pasarnya sebagai biaya produksi batubara setara \$295.365.</p> <p>Tim pemeliharaan di perusahaan umumnya menerapkan metode berbasis waktu untuk memelihara aset. <i>Reliability centered maintenance</i> (RCM) adalah pendekatan yang menentukan peralatan apa yang dapat sepenuhnya melakukan tugasnya dalam proses saat ini. Dalam penelitian ini dijelaskan</p>
4	Oğuzhan Yavuz, Ersin Doğan, Ergün Carus & Ahmet Görgülü.	<i>Reliability Centered Maintenance Practices in Food Industry</i>	2019	FMEA	<p><i>Reliability centered maintenance</i> (RCM) adalah pendekatan yang menentukan peralatan apa yang dapat sepenuhnya melakukan tugasnya dalam proses saat ini. Dalam penelitian ini dijelaskan</p>

No	Penulis	Judul	Tahun	Metode	Hasil
					penerapan pendekatan RCM pada mesin pengemasan dan pengaruhnya terhadap OEE.
5	Endi Alta, Nilda Tri Putri & Henmaidi	<i>Reliability Centered Maintenance of Mining Equipment: A Case Study in Mining of a Cement Plant Industry</i>	2019	FMEA	Berdasarkan hasil perhitungan dari pelaksanaan perencanaan pemeliharaan preventif dapat mengurangi waktu kerusakan sebesar 42% dan direkomendasikan untuk diterapkan. Kajian selanjutnya adalah menghitung biaya perawatan yang dibutuhkan sesuai dengan rencana perawatan yang dibuat dengan metodologi <i>Reliability Centered Maintenance</i> . Langkah ini diharapkan dapat membantu perusahaan dalam meminimalkan biaya perawatan.

No	Penulis	Judul	Tahun	Metode	Hasil
6	Agus Syahabuddin	ANALISIS PERAWATAN MESIN BUBUT CY-L1640G DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DI PT. POLYMINDO PERMATA	2019	FMEA, IDT, LTA	Pemecahan masalah dimana perusahaan harus melakukan interval perawatan pada komponen <i>Electric System</i> dalam rentang interval 255.07 jam atau 32 hari kerja. Untuk mengetahui tingkat kerusakan komponen dengan melakukan tindakan <i>Condition Monitoring</i> , untuk mengatasi kegagalan yang tidak dapat diprediksi dengan melakukan tindakan <i>Corrective Maintenance</i> dan untuk mengatasi kegagalan yang dipengaruhi usia komponen dengan melakukan tindakan penggantian yang terjadwal.
7	Indah Rizkya, Ikhsan Siregar, Khawarita Siregar, Rahim Matondang & Enrico Waldo Henri	<i>Reliability Centered Maintenance to Determine Priority of Machine Damage Mode</i>	2019	FMEA	Hasil yang diperoleh adalah kriteria <i>Total Minimum Downtime (TMD)</i> yang menunjukkan bahwa interval pergantian optimum komponen <i>Roll Former</i> , MOSFET, V-Block, IGBT, dan <i>Bearing Bushing</i> adalah 24 hari, 23 hari, 25

No	Penulis	Judul	Tahun	Metode	Hasil
8	Agustinus Dwi Susanto & Hery Hamdi Azwir	Perencanaan Perawatan Pada Unit Kompresor Tipe Screw Dengan Metode RCM di Industri Otomotif	2018	FMEA	<p>hari, 26 hari, dan 22 hari. Rekomendasi metode perawatan RCM berpotensi memberikan dampak positif yaitu penurunan rata-rata waktu henti komponen kritis sebesar 37,103% dan juga peningkatan keandalan.</p> <p>Hasil dari analisis, didapatkan beberapa komponen kritis yang mana diperlukan interval penggantian (<i>age replacement</i>) yang optimal dengan meminimalkan downtime. Selanjutnya dilakukan perencanaan kegiatan pada masing – masing komponen kritis tersebut berdasarkan FMEA dan RCM <i>Decision Worksheet</i>. Dengan penerapan metode RCM maka total downtime turun sebesar 44.59% dari tindakan <i>preventive</i> sebelumnya.</p>

No	Penulis	Judul	Tahun	Metode	Hasil
9	Hamim Rachman, Annisa Kesy Garside & Heri Mujayin Kholik	Usulan Perawatan Sistem Boiler dengan Metode Reliability	2017	TMD	Hasil perhitungan interval penggantian komponen didapatkan 37 hari untuk komponen <i>gland seal steam</i> dan 58 hari untuk komponen <i>check valve</i> . Usulan perawatan metode RCM dapat menurunkan <i>downtime</i> sebesar 11,33% dari metode perawatan yang dilakukan perusahaan.
10	Noor Ahmadi & Nur Yulianti Hidayah	Analisis Pemeliharaan Mesin Blowmould Dengan Metode RCM Di PT. CCAI	2017	FMEA, FFBD, LTA	Dari perhitungan Total Minimum Downtime, diketahui bahwa jadwal penggantian komponen kritis adalah 23 hari untuk feed roller bearing, 9 hari untuk mandrel, 8 hari untuk seal gasket, dan 8 hari untuk fitting, yang mengakibatkan penurunan <i>downtime</i> 1,56% dengan nilai ketersediaan 99,63%.

Kesimpulan yang dapat diperoleh berdasarkan penelitian sebelumnya menggunakan pendekatan RCM yaitu dapat menyelesaikan permasalahan dari berbagai bidang seperti industri pertambangan, industri makanan hingga industri kesehatan yang berkaitan dengan mesin. Hasil akhir dari penelitian sebelumnya juga terjadi peningkatan keandalan

serta dapat mengurangi pengeluaran biaya dalam manajemen perawatan mesin. Hal tersebut akan digunakan dalam permasalahan penelitian kali ini dengan mengukur dan menganalisa waktu terjadinya kerusakan kemudian menghitung nilai keandalan sebuah komponen. Dapat ditemukan sebuah tindakan selanjutnya untuk menentukan interval waktu perawatan komponen kritis dan membantu perusahaan dalam mengatur manajemen perawatan yang lebih baik lagi.

2.2 Kajian Deduktif

Pada kajian deduktif membahas tentang dasar pemikiran dari suatu metode yang berkaitan dengan penelitian ini serta mendukung pembahasan konseptual secara umum. Merupakan landasan teori yang digunakan dalam acuan untuk memecahkan permasalahan dalam suatu penelitian yang didapatkan dari buku dan jurnal.

2.2.1 Definisi Perawatan

Perawatan pada dasarnya merupakan suatu cara atau proses untuk menjaga suatu barang yang kita gunakan agar dapat memperpanjang usia pemakaian barang tersebut. Jika dikaitkan dengan perusahaan industri, perawatan merupakan menjaga suatu aset yang dimiliki oleh perusahaan berupa mesin sehingga aktivitas sistem produksi dapat berfungsi secara normal tanpa adanya gangguan.

Menurut Harsanto (2013) perawatan dapat dikatakan serangkaian aktivitas yang mana bertujuan menjaga fasilitas dan peralatan selalu dalam kondisi siap pakai. Setiap barang yang diciptakan manusia mempunyai usia pemakaian yang terbatas dan dipastikan akan terjadi yang namanya kerusakan. Kegiatan pemeliharaan diyakini dapat memperpanjang usia suatu barang (Yudhi, 2008). Kemudian menurut Manzini (2010) perawatan merupakan fungsi yang mengawasi dan menjaga fasilitas pabrik, peralatan dan fasilitas kerja dengan cara merancang, mengatur, menangani dan memeriksa pekerjaan untuk menjamin fungsi dari unit selama waktu operasi (*uptime*) dan mengurangi antar waktu henti (*downtime*) yang disebabkan oleh kerusakan dan perbaikan. Berdasarkan pendapat

beberapa ahli tersebut, dapat disimpulkan perawatan merupakan kegiatan menjaga dan menyesuaikan penggantian fasilitas yang digunakan dalam proses produksi.

2.2.2 Tujuan Perawatan

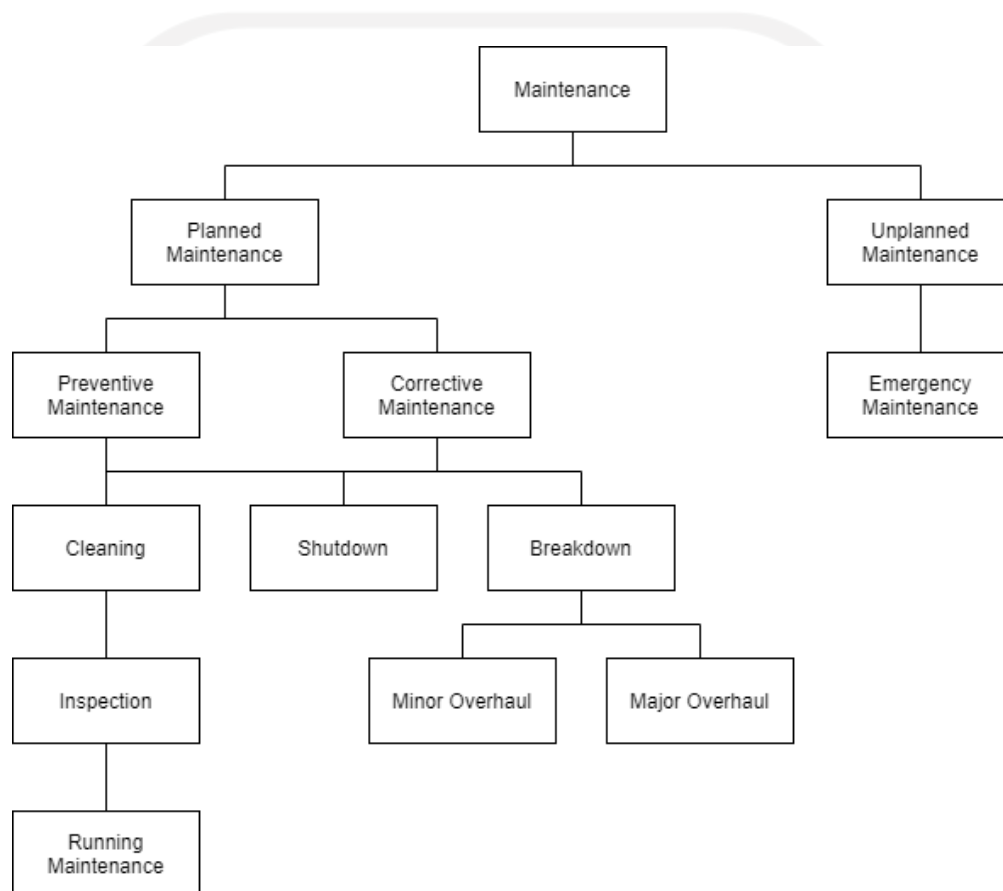
Menurut Ansori dan Mustajib (2013), perawatan memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Penggunaan dari suatu alat produksi menjadi lebih lama.
2. Tersedianya ketersediaan yang optimal dari suatu alat produksi.
3. Tersedianya fungsi operasional setiap alat produksi yang diperlukan pada waktu pemakaian darurat.
4. Memberikan rasa aman bagi operator dan penggunaan alat produksi.
5. Membantu kesanggupan suatu mesin dalam memenuhi kebutuhan berdasarkan fungsinya.
6. Mengurangi penggunaan dan penyimpanan di luar batas dan memelihara modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan berdasarkan kebijakan sebuah perusahaan.
7. Melakukan kegiatan perawatan secara efektif dan efisien agar dapat mengurangi biaya yang dikeluarkan untuk perawatan (*lowest maintenance cost*).
8. Meningkatkan kekuatan fungsi dari kerja sama dalam perusahaan demi tercapainya tujuan dalam memperoleh keuntungan yang besar.

Berdasarkan tujuan yang telah disebutkan maka dapat disimpulkan tujuan dari perawatan adalah untuk menambah usia pemakaian dari suatu alat atau fasilitas produksi serta dapat meningkatkan kondisi sehingga pada saat terjadinya aktivitas produksi fungsi operasional dari suatu mesin berjalan dengan semestinya. Selain itu perawatan dapat memenuhi tujuan dari sebuah perusahaan dan pada saat yang sama mengurangi biaya perawatan dari suatu fasilitas produksi.

2.2.3 Jenis-Jenis Perawatan

Terdapat beberapa jenis perawatan tergantung dari kebijakan dan kebutuhan sebuah perusahaan. Pada dasarnya perawatan terbagi menjadi dua bagian yaitu *planned maintenance* dan *unplanned maintenance*. Setiap jenis perawatan memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, di sini peran manajemen perawatan perusahaan dapat diketahui.



Gambar 2.1 Skema Jenis-jenis Perawatan

Menurut Prawirosentono (2009), perawatan dapat dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu:

1. *Planned Maintenance* (Perawatan Terencana)

Planned maintenance merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan sesuai perencanaan terlebih dahulu. Pemeliharaan perencanaan ini mengacu pada rangkaian proses produksi. *Planned maintenance* terdiri dari:

- a. ***Preventive Maintenance (Perawatan Pencegahan)***. Perawatan dilakukan dalam periode waktu yang sama atau dengan kriteria tertentu pada berbagai tahap proses produksi. Tujuannya agar produk yang dihasilkan sesuai dengan rencana, baik mutu, biaya, maupun ketepatan waktunya.
- b. ***Scheduled Maintenance (Perawatan Terjadwal)***. Perawatan yang bertujuan mencegah terjadinya kegagalan serta perawatannya dilakukan berdasarkan rentang waktu tertentu. Pemilihan rentang waktu perawatan disesuaikan dengan pengalaman, data masa lalu atau rekomendasi dari pabrik pembuat mesin yang bersangkutan.
- c. ***Predictive Maintenance (Perawatan Prediktif)***. Proses pengerjaannya dilihat dari kondisi mesin itu sendiri. Perawatan prediktif disebut juga perawatan berdasarkan kondisi (*condition based maintenance*) atau juga disebut *monitoring* kondisi mesin (*machinery condition monitoring*), artinya dilakukan pemeriksaan mesin secara teratur dalam penentuan kondisi mesin, agar dapat diketahui keandalan mesin serta menjamin keselamatan kerja operator.

2. *Unplanned maintenance* (Perawatan Tidak Terencana)

Unplanned maintenance merupakan perawatan yang dilakukan sebab adanya petunjuk bahwa tahap kegiatan proses produksi yang tiba-tiba menunjukkan hasil yang tidak sesuai harapan. Dalam hal ini perlu dilakukan kegiatan perawatan atas mesin secara tidak berencana. *Unplanned maintenance* terdiri dari:

- a. ***Emergency Maintenance (Perawatan Darurat)***. Kegiatan perawatan mesin yang memerlukan penanggulangan yang bersifat darurat agar tidak menimbulkan akibat yang lebih parah.
- b. ***Breakdown Maintenance (Perawatan Kerusakan)***. Perawatan yang bersifat perbaikan, dalam hal ini saat peralatan mengalami kegagalan dan memaksa terjadinya perbaikan darurat atau berdasarkan prioritas.
- c. ***Corrective Maintenance (Perawatan Penangkal)***. Perawatan yang dilakukan karena adanya hasil produk (setengah jadi maupun barang jadi) tidak sesuai dengan rencana, baik mutu, biaya, maupun ketepatan waktunya.

Misalnya: terjadi kekeliruan dalam mutu/bentuk barang, maka perlu diamati tahap kegiatan proses produksi yang perlu diperbaiki (koreksi).

2.2.4 Manajemen Perawatan

Manajemen perawatan (*maintenance management*) menurut Supandi (1995) adalah pendapat orang banyak tentang perawatan fasilitas produksi dalam suatu pengorganisasian perawatan. Suatu upaya menjaga agar setiap fasilitas produksi dapat digunakan secara berkelanjutan dalam berproduksi, maka perlu dilakukan tindakan perawatan sebagai berikut:

1. Secara berkelanjutan melakukan pengecekan (*inspection*).
2. Secara berkelanjutan melakukan pelumasan (*lubricating*).
3. Secara berkelanjutan melakukan perbaikan (*reparation*).
4. Melakukan pergantian *spare-part*.

2.2.5 Reliability Centered Maintenance (RCM)

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan metode yang digunakan dalam upaya mengembangkan dan melakukan pemilihan alternatif desain perawatan berdasarkan kriteria keselamatan operasional (Kurniawan Fajar, 2013). Sedangkan menurut Moubray (1997) *Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan proses yang digunakan dalam memilih apa yang perlu dilakukan untuk menjamin sebagian aset fisik secara berkelanjutan melakukan sesuai dengan apa yang pemakai perlukan dalam keadaan produksinya. *Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan kegiatan perawatan yang difungsikan dalam memastikan kondisi mesin sesuai keadaan normal dan dapat bekerja terus menerus (Dhillon, 2002).

Berdasarkan pendapat para ahli dapat disimpulkan bahwa *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah suatu metode dalam manajemen perawatan yang bertujuan untuk menjamin keadaan aset fisik perusahaan dapat bekerja dengan baik tanpa mengalami masalah dengan melakukan desain pemilihan alternatif.

Tujuan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) menurut Hadi Pranoto (2015) sebagai berikut:

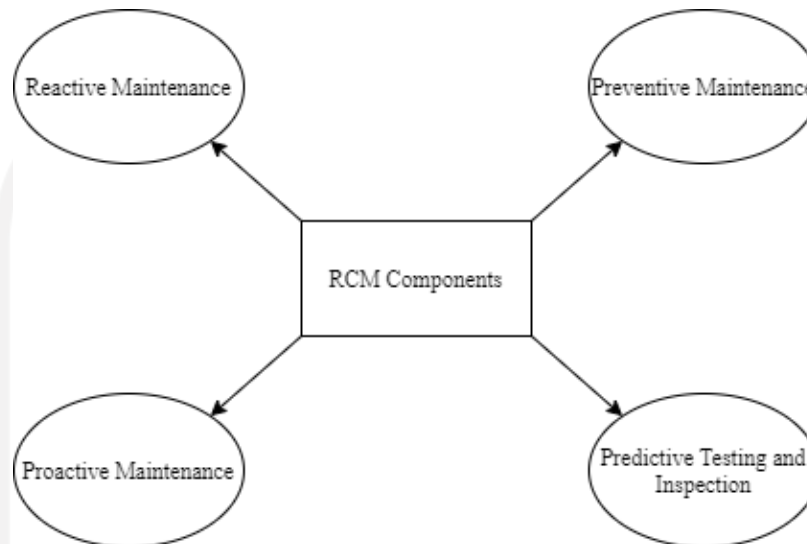
1. Untuk memastikan keandalan suatu mesin dan meningkatkan keselamatan dengan cara mengembangkan dan membuat sebuah jadwal perawatan.
2. Untuk menyalurkan hubungan antara pemakaian aset fisik dan tenaga manusia yang mengendalikan dan menjaga aset tersebut.
3. Mengendalikan aset perusahaan secara efektif dan sesuai tujuannya.
4. Untuk bersiap dalam proses kerusakan fasilitas produksi dalam pemenuhan harapan dari pemilik aset, pengguna aset dan masyarakat.

Prinsip-Prinsip *Reliability Centered Maintenance* (RCM) menurut Hadi Pranoto (2015) sebagai berikut:

1. Menjaga fungsional sistem bukan hanya menjaga sistem atau peralatan agar dapat beroperasi tetapi menjaga agar fungsi sistem atau peralatan tersebut sesuai dengan keinginan.
2. Lebih memperhatikan fungsi mesin daripada komponen itu sendiri, yaitu apakah mesin masih dapat menjalankan fungsi utama jika salah satu komponen mengalami kerusakan.
3. Berlandaskan pada keandalan yaitu kemampuan suatu mesin untuk terus bekerja sesuai dengan fungsi semestinya.
4. Bertujuan menjaga agar keandalan fungsi mesin tetap sesuai dengan kemampuan yang didesain untuk mesin tersebut.
5. Mengutamakan aspek keselamatan (*safety*) terlebih dahulu kemudian masalah mengenai biaya.
6. RCM mengartikan sebuah kegagalan (*failure*) sebagai keadaan yang tidak sesuai dengan harapan sebagai ukurannya adalah berjalannya fungsi sesuai standar.
7. RCM harus memberikan hasil yang pasti, tugas yang dikerjakan harus dapat mengurangi tingkat kegagalan (*failure*) atau paling tidak mengurangi tingkat kerusakan akibat kegagalan.

2.2.6 Ruang Lingkup RCM

Terdapat empat komponen penting dalam RCM yaitu *reactive maintenance*, *preventive maintenance*, *predictive maintenance* dan *proactive maintenance*. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.2 Komponen yang terdapat pada RCM

1. *Preventive Maintenance*

Merupakan bagian yang sangat penting dalam sebuah aktivitas perawatan. Sebuah tindakan perawatan dalam menjaga sistem/*sub-assembly* agar dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya dengan cara mempersiapkan inspeksi secara sistematis, deteksi dan koreksi terhadap kerusakan yang kecil supaya menghindari kerusakan yang lebih besar. Tujuan utamanya adalah memperpanjang umur produktif suatu komponen, mengurangi terjadinya *breakdown* pada komponen kritis dan mendapatkan perencanaan dan penjadwalan yang dibutuhkan.

2. *Reactive Maintenance*

Dapat disebut juga dengan *breakdown*, mengambil tindakan apabila terjadi kerusakan, *run-to-failure* atau *repair maintenance*. Pada saat menggunakan pendekatan perawatan *equipment repair, maintenance* atau *replacement* hanya pada saat item mengalami kegagalan fungsi. Cara seperti ini disebut dengan perawatan yang tak terjadwal, cukup jarang digunakan dikarenakan memiliki

resiko tinggi terhadap keselamatan pekerja serta memerlukan biaya yang sangat tinggi.

3. *Predictive Testing and Inspection*

Terdapat banyak metode yang digunakan dalam menentukan perawatan pencegahan, akan tetapi masih diperlukan karakteristik dari umur keandalan suatu komponen. Biasanya informasi tersebut tidak didapat dari produsen, sehingga dapat memprediksi jadwal perawatan atau perbaikan pada awalnya. Tes prediksi dan inspeksi ini digunakan untuk membuat jadwal dari *time base maintenance*, karena hasilnya dipastikan oleh kondisi komponen yang diawasi. Data dari hasil uji tersebut diambil secara periodik untuk mendapatkan tren dari kondisi komponen, perbandingan data tiap komponen dan proses analisis statistik. Uji prediksi dan inspeksi ini tidak dapat digunakan sebagai satu-satunya metode karena tidak memungkinkan mengatasi semua kegagalan.

4. *Proactive Maintenance*

Merupakan jenis perawatan yang dapat membantu dalam meningkatkan perawatan dengan cara tindakan desain yang lebih baik, pemasangan, penjadwalan dan prosedur perawatan. Karakteristik dari jenis perawatan ini adalah suatu penerapan yang berkelanjutan dan masih dalam proses pengembangan. Untuk dapat memastikan bahwa suatu desain atau prosedur yang telah dibuat oleh ahlinya adalah efektif, memastikan bahwa tidak mempengaruhi keseluruhan perawatan dari yang terjadi dalam lingkup keseluruhan, dengan tujuan akhir adalah untuk mengoptimalkan dan menggabungkan metode perawatan lainnya dengan teknologi pada masing-masing aplikasi.

2.2.7 Laju Kerusakan

Fungsi dari laju kerusakan memiliki arti sebagai *limit* suatu tingkat laju kerusakan dengan perbedaan jarak antar waktu hampir sama dengan nol, maka nilai dari laju kerusakan adalah laju kerusakan sesaat. Rumus yang digunakan sebagai berikut:

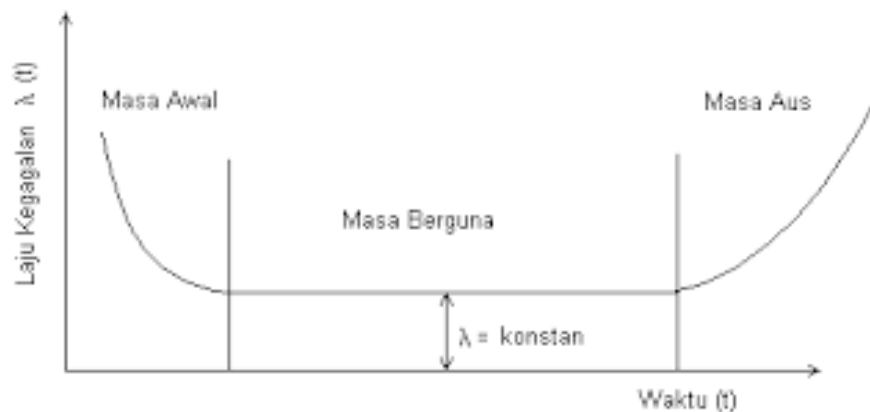
$$\lambda = \frac{r}{T(t)}$$

Keterangan:

$T(t)$ = total jam operasi

r = jumlah *failure*

λ = laju kerusakan



Gambar 2.3 Siklus Hidup Komponen

2.2.8 Konsep Keandalan (*Reliability*)

Menurut Ebeling (1997), *reliability* merupakan probabilitas sebuah komponen atau mesin dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan dalam periode waktu tertentu pada saat digunakan di bawah kondisi operasi yang telah ditentukan sebelumnya. Keandalan dapat dikatakan kemampuan sebuah mesin atau komponen melakukan aktivitas produksi secara terus menerus tanpa terjadinya kegagalan fungsi yang menyebabkan waktu henti. Pada proses ini disarankan untuk melakukan *preventive maintenance* untuk dapat menambah tingkat keandalan mesin atau komponen.

Berdasarkan definisi keandalan, terdapat empat bagian yang menjadi perhatian sebagai berikut:

1. *Probability* (Peluang)

Setiap komponen tentu mempunyai ketahanan yang berbeda-beda tergantung kualitas komponen tersebut. Dalam mengidentifikasi distribusi frekuensi suatu komponen dapat dilakukan perkiraan hidup dari komponen agar diketahui umur pemakaiannya sudah berapa lama.

2. *Satisfactory Performance* (Kemampuan yang diharapkan)

Bagian ini memberikan petunjuk yang spesifik bahwa kriteria dalam menentukan tingkat kepuasan harus digambarkan dengan jelas. Untuk setiap unit terdapat suatu standar untuk menentukan apa yang dimaksud dengan kemampuan yang diharapkan.

3. *Time* (Waktu)

Waktu merupakan bagian yang dihubungkan dengan tingkat penampilan sistem, sehingga dapat menentukan jadwal dalam fungsi realibility. Waktu yang digunakan adalah untuk menghitung nilai *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time to Failure* (MTTF) agar dapat menghasilkan waktu kritik pada suatu pengukuran keandalan.

4. *Condition* (Kondisi)

Terdapat faktor luar yang mempengaruhi kondisi tempat terjadinya aktivitas produksi seperti suhu, pencahayaan getaran dan kelembapan. Faktor luar tersebut tidak hanya berpengaruh pada saat kondisi mesin dalam keadaan beroperasi tetapi juga pada saat mesin atau produk yang berada di suatu tempat berpindah ke tempat lainnya.

Dalam menghitung nilai keandalan suatu komponen digunakan rumus sebagai berikut Dhillon (1997)

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt$$

Keterangan:

$R(t)$ = keandalan komponen pada saat t

$F(t)$ = fungsi distribusi kumulatif kegagalan komponen

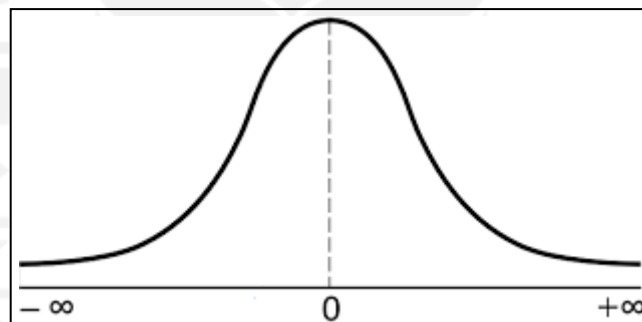
$f(t)$ = fungsi tingkat kegagalan komponen.

2.2.9 Pola Distribusi Keandalan

Distribusi data kerusakan menurut Ebeling (1997), merupakan informasi dasar tentang usia pakai suatu peralatan dalam suatu populasi, distribusi yang sering digunakan adalah normal, lognormal, eksponensial dan weibull. Distribusi data kerusakan diperlukan untuk menentukan interval perawatan. Distribusi yang digunakan sebagai berikut:

1. Distribusi Normal

Distribusi Normal (Distribusi Gauss) merupakan distribusi probabilitas yang sering digunakan untuk analisis statistik selain itu dapat digunakan untuk memodelkan kejadian kelelahan (*fatigue*) dan keausan (*wear out*). Pada distribusi ini parameter yang digunakan merupakan nilai rata-rata dan variansi. Kurva pada distribusi ini berbentuk lonceng yang memiliki simetris dikedua sisinya.



Gambar 2.4 Kurva Distribusi Normal

Menurut Ebeling (1997) terdapat empat fungsi distribusi normal yaitu:

- a) Fungsi Kepadatan Probabilitas (Probability Density Function)

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \text{ untuk } -\infty < t < \infty$$

- b) Fungsi Keandalan (Reliability Function)

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

- c) Fungsi Distribusi Kumulatif (Cumulative Distribution Function)

$$F(t) = 1 - \Phi \left(\frac{t - \mu}{\sigma} \right)$$

d) Fungsi Laju Kerusakan (Hazard Rate Function)

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - \Phi \left(\frac{t - \mu}{\sigma} \right)}$$

Dimana $\mu > 0$, $\sigma > 0$, dan $t > 0$

Keterangan:

μ = rata-rata

σ = variansi

ϕ = fungsi densitas probabilitas

2. Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal memiliki dua parameter yaitu s (parameter bentuk) dan t_{med} (parameter lokasi). Seperti distribusi Weibull, distribusi lognormal memiliki bentuk yang bervariasi. Biasanya data yang dapat didekati dengan distribusi Weibull juga bisa didekati dengan distribusi Lognormal (Ebeling, 1997) Fungsi dari distribusi lognormal dapat dilihat sebagai berikut:

a) Fungsi Kepadatan Probabilitas (*Probability Density Function*)

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}st} \exp \left\{ -\frac{1}{2s^2} \left[\frac{\ln t}{t_{med}} \right]^2 \right\} \text{ untuk } t \geq 0$$

b) Fungsi Keandalan (*Reliability Function*)

$$R(t) = 1 - F(t)$$

c) Fungsi Distribusi Kumulatif (*Cummulative Distribution Function*)

$$F(t) = \Phi \left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right)$$

d) Fungsi Laju Kerusakan (*Hazard Rate Function*)

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - \Phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right)}$$

Dimana $s > 0$, $t_{med} > 0$, dan $t > 0$

Keterangan:

- s = parameter bentuk
 t_{med} = parameter logasi
 ϕ = fungsi densitas probabilitas

3. Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial merupakan salah satu distribusi yang sering ditemui dalam keandalan. Ciri-ciri distribusi ini berupa data laju kerusakan yang konstan dan bersifat acak. Menurut Ebeling (1997) distribusi eksponensial menjadi salah satu distribusi keandalan yang mudah dianalisis dan parameter yang digunakan adalah λ yang didefinisikan sebagai rata-rata kerusakan yang terjadi. Dengan $\lambda(t) = \lambda \geq 0$, $\lambda > 0$, maka akan didapatkan fungsi eksponensial sebagai berikut:

a) Fungsi Kepadatan Probabilitas (*Probability Density Function*)

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

b) Fungsi Keandalan (*Reliability Function*)

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

c) Fungsi Distribusi Kumulatif (*Cummulative Distribution Function*)

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

d) Fungsi Laju Kerusakan (*Hazard Rate Function*)

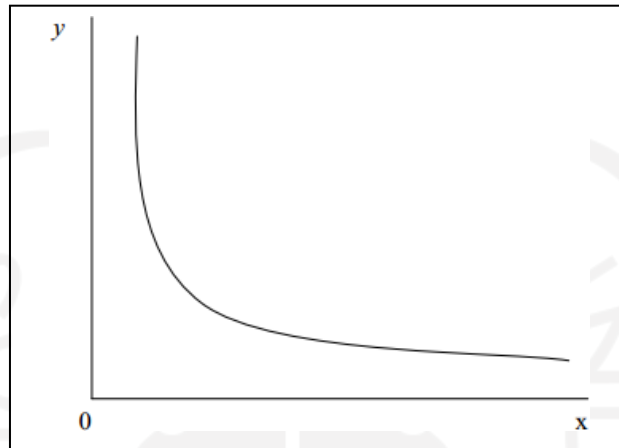
$$\lambda(t) = \lambda \frac{f(t)}{R(t)}$$

Dimana $t > 0$ dan $\lambda > 0$

Keterangan:

e = bilangan euler

λ = tingkat kegagalan perjam atau siklus



Gambar 2.5 Kurva Distribusi Eksponensial

4. Distribusi Weibull

Distribusi weibull merupakan distribusi yang memiliki peran baik untuk menghitung laju kerusakan meningkat maupun menurun, oleh sebab itu distribusi ini banyak digunakan dalam pengolahan data waktu kerusakan terutama mengenai umur komponen. Menurut Ebeling (1997), distribusi weibull menggunakan parameter β (beta) sebagai parameter bentuk dan parameter θ (teta) sebagai parameter skala. Formula untuk distribusi Weibull sebagai berikut:

a) Fungsi Kepadatan Probabilitas (*Probability Density Function*)

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

b) Fungsi Keandalan (*Reliability Function*)

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta\right]$$

c) Fungsi Distribusi Kumulatif (*Cummulative Distribution Function*)

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta\right]$$

d) Fungsi Laju Kerusakan (*Hazard Rate Function*)

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

Dimana $t \geq 0$, $\theta > 0$, dan $\beta > 0$

Keterangan:

β = shape parameter

θ = scale parameter

e = bilangan euler

Pada distribusi Weibull, parameter β mempengaruhi terhadap distribusi ini, seperti yang dijelaskan oleh Ebeling (1997) dari Tabel dibawah ini.

Tabel 2.2 Pengaruh nilai β terhadap distribusi weibull

Nilai	Sifat Distribusi
$1 < \beta$	Laju kerusakan menurun
$\beta = 1$	Laju kerusakan konstan, distribusi eksponensial
$1 < \beta < 2$	Laju kerusakan meningkat (kurva konkaf)
$\beta = 2$	Laju kerusakan linier
$\beta > 2$	Laju kerusakan meningkat (kurva konvek)
$3 \leq \beta \leq 4$	Laju kerusakan meningkat, distribusi normal

2.2.10 Nilai Rata-Rata Waktu Kerusakan

Nilai rata-rata waktu kerusakan atau yang dapat disebut dengan *Mean Time to Failure* (MTTF) adalah nilai yang didapat berdasarkan waktu kejadian kerusakan. Menurut Ebeling (1997) *Mean time to Failure* (MTTF) merupakan nilai rata-rata atau waktu rata-rata terjadinya kerusakan. Perhitungan nilai MTTF untuk masing-masing distribusi yaitu :

1. Distribusi Normal

$$MTTF = \mu$$

Keterangan:

μ = nilai tengah

2. Distribusi Lognormal

$$MTTF = t_{med} \cdot \exp\left(\frac{s^2}{2}\right)$$

Keterangan:

t_{med} = parameter lokasi (nilai tengah dari suatu distribusi kerusakan)

s = parameter bentuk (shape parameter)

3. Distribusi Eksponensial

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

Keterangan

λ = rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi.

4. Distribusi Weibull

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

Keterangan

θ = scale parameter yang mempengaruhi nilai tengah dari pola data.

β = shape parameter yang mempengaruhi laju kerusakan.

BAB III

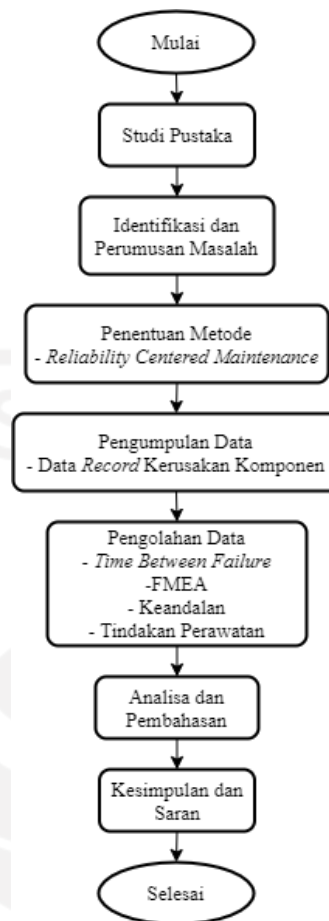
METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Objek penelitian merupakan suatu elemen yang dapat berupa orang, organisasi maupun alat dan barang yang akan diteliti. Pada penelitian kali ini objek yang digunakan yaitu Departemen *Rotating Engineering* komponen pada mesin *Generator Turbin* yang terdapat di *Maintenance Area II* di PT. Xyz.

3.2 Alur Penelitian

Langkah-langkah alur penelitian yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini:



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

Penjelasan dari diagram alur penelitian di atas adalah sebagai berikut:

1. Langkah awal dimulai dari studi pustaka yaitu mempelajari berbagai macam metode yang digunakan dalam penyelesaian masalah manajemen perawatan. Dilakukan pengumpulan informasi dari berbagai jurnal penelitian sebelumnya untuk mendapatkan referensi berupa konsep, teori, metode dan informasi demi mendukung penelitian.
2. Langkah kedua yaitu mengidentifikasi dan merumuskan masalah penelitian. Identifikasi awal seperti penentuan objek yang akan dilakukan penelitian, didukung dari data serta kondisi aktual saat ini. Kemudian membuat rumusan masalah yang berasal dari identifikasi awal tadi.
3. Langkah ketiga merupakan penentuan metode penelitian. Dalam hal ini metode yang digunakan adalah *Reliability Centered Maintenance* (RCM) karena sesuai dengan permasalahan yang terjadi. Metode ini bertujuan untuk mencari komponen kritis dan

melakukan pencegahan kerusakan lebih lanjut sehingga menghindari kerugian biaya yang akan terjadi. Pemilihan metode juga berdasarkan dari hasil studi literatur sebelumnya yang berkaitan dengan manajemen perawatan mesin.

4. Langkah keempat yaitu pengumpulan data *record* kerusakan komponen mesin yang berada di *Maintenance Area II*. Data yang dipilih berdasarkan tingkat frekuensi terjadinya kerusakan yang mana semakin sering komponen mengalami kerusakan maka data tersebut yang akan digunakan selanjutnya.
5. Langkah kelima melakukan pengolahan data, pertama mengidentifikasi komponen mesin, mencari komponen apa yang dianggap paling perlu dilakukan tindakan perawatan. Menghitung frekuensi kerusakan komponen menggunakan diagram pareto. Menggunakan analisis *Failure Mode Effect Analysis*. Menghitung distribusi menggunakan *index of fit* perhitungan statistik distribusi *normal*, *lognormal*, *weibull* dan eksponensial akan di tentukan satu bentuk distribusi berdasarkan data komponen mesin. Menghitung *Mean Time to Failure* (MTTF). Melakukan perhitungan keandalan, dilakukan untuk mendapatkan nilai keandalan dari komponen sebelum perawatan dan setelah dilakukan tindakan perawatan. Terakhir membuat perhitungan interval waktu perawatan berdasarkan dari nilai keandalan tadi.
6. Langkah keenam melakukan analisis dan pembahasan berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan sehingga mendapatkan hasil akhir untuk menjawab tujuan penelitian ini.
7. Langkah terakhir membuat kesimpulan penelitian untuk mengetahui pengoptimalan komponen serta mengetahui perbandingan interval waktu perawatan yang sudah dilakukan serta tidak lupa memberikan saran yang dapat digunakan kepada penelitian selanjutnya.

3.3 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini pengumpulan data diperoleh dari penelitian sebelumnya yang dilakukan di PT. Xyz sedangkan bentuk datanya berupa data *record* kerusakan mesin dan komponen yang terdapat di *Maintenance Area* pada periode 2014-2020. Selain itu pengumpulan data juga menggunakan data PT. Xyz.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Generator Turbin Uap PT. Xyz

Pada PT. Xyz terdapat beberapa mesin yang membantu aktivitas produksi salah satunya Generator Turbin Uap yang berfungsi dalam menghasilkan energi dalam perusahaan. Turbin merupakan sebuah mesin yang berputar terus menerus sehingga mengubah energi dari aliran fluida menjadi gerak yang selanjutnya dapat dimanfaatkan. Energi yang dihasilkan dari Turbin tersebut kemudian diteruskan oleh Generator yang berfungsi dalam mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Energi listrik berperan sangat penting dalam PT. Xyz dikarenakan salah satu penggerak utama aktivitas produksi di perusahaan tersebut. Akan tetapi selama periode 2014 – 2020 diketahui terjadi beberapa kerusakan komponen yang mengganggu kinerja dari sebuah mesin. Kerusakan komponen dari sebuah Generator turbin uap terjadi di *Maintenance Area II*.



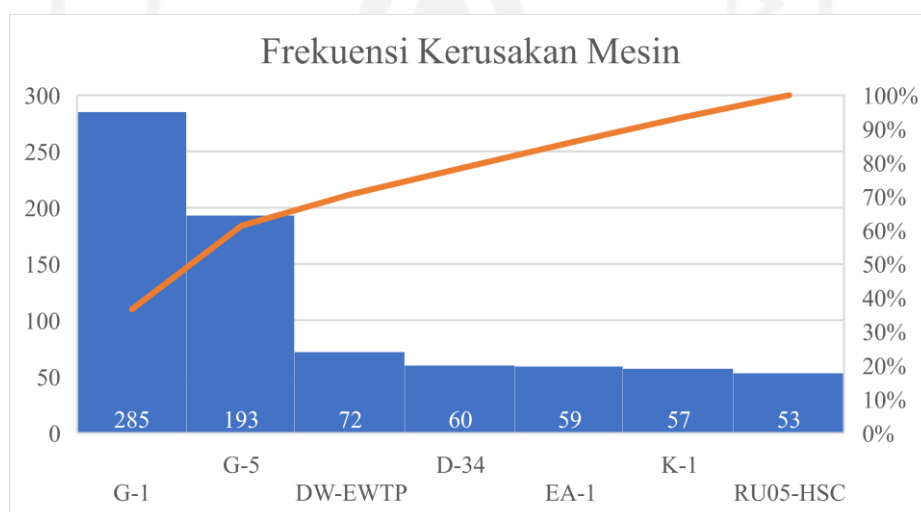
Gambar 4.1 Turbin Uap

4.2 Penentuan Komponen Kritis

Penentuan komponen kritis sebuah mesin didasarkan pada tingkat frekuensi kerusakan masing-masing komponen. Sebuah komponen dengan frekuensi kerusakan tertinggi akan dipilih dan dilanjutkan dengan pengolahan data berikutnya. Untuk mengetahui komponen kritis pada generator dilakukan analisa diagram pareto sebagai berikut:

Tabel 4.1 Persentase Kumulatif Kerusakan

No	Mesin	Frekuensi Kerusakan	Persentase	Kumulatif
1	G-1	285	37%	37%
2	G-5	193	25%	61%
3	DW-EWTP	72	9%	71%
4	D-34	60	8%	78%
5	EA-1	59	8%	86%
6	K-1	57	7%	93%
7	RU05-HSC	53	7%	100%
	Total	779	100%	

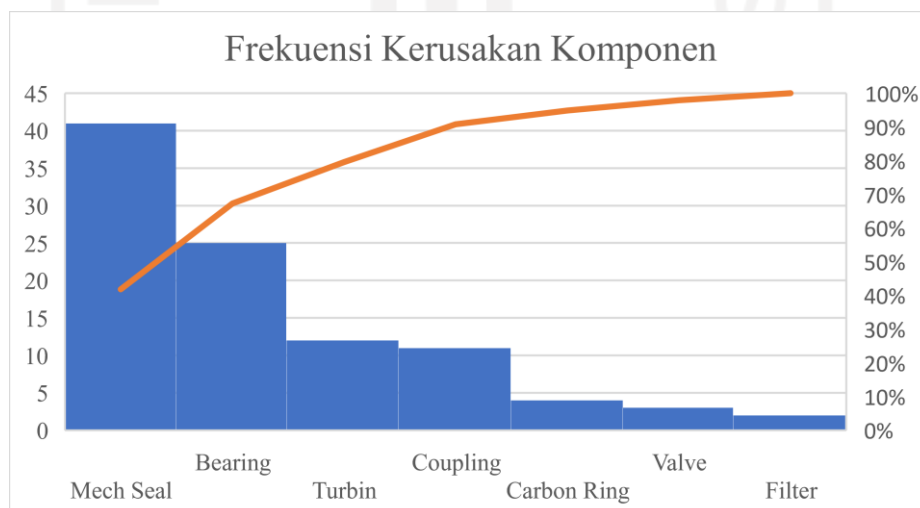


Gambar 4.2 Frekuensi Kerusakan Mesin di MA II

Berdasarkan data *record* perusahaan, ditemukan 7 mesin yang mengalami kerusakan tertinggi yang terdapat pada MA II. Setelah dilakukan analisis menggunakan diagram pareto, pada urutan pertama mesin yang mengalami kerusakan yaitu mesin G-1 dengan frekuensi kerusakan sebanyak 285 kali sepanjang kurun waktu 2014-2020, serta mencakup persentase kerusakan pada area tersebut sebesar 37%. Selanjutnya mesin G-1 akan dipilih untuk dilakukan penelitian lebih lanjut dikarenakan mesin tersebut paling sering mengalami masalah.

Tabel 4.2 Daftar Komponen

No	Komponen	Frekuensi Kerusakan	Persentase	Kumulatif
1	Mech Seal	41	41.84%	41.84%
2	Bearing	25	25.51%	67.35%
3	Turbin	12	12.24%	79.59%
4	Coupling	11	11.22%	90.82%
5	Carbon Ring	4	4.08%	94.90%
6	Valve	3	3.06%	97.96%
7	Filter	2	2.04%	100.00%



Gambar 4.3 Frekuensi Kerusakan Komponen Mesin G-1

Setelah mengetahui mesin mana yang akan diteliti, selanjutnya kita cari komponen utama apa saja yang terdapat pada mesin G-1 tersebut. Komponen – komponen tersebut kita

analisis menggunakan diagram pareto untuk dapat dilihat komponen dengan frekuensi kerusakan tertinggi. Berdasarkan pengolahan data yang dilakukan ditemukan komponen *Mech Seal* merupakan komponen yang paling sering mengalami kerusakan pada mesin G-1 sebanyak 41 kali, serta mencakup persentase kerusakan komponen pada mesin G-1 sebesar 41.84%. Selanjutnya komponen *Mech Seal* tersebut akan digunakan pada penelitian ini.

4.3 *Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*

Failure Mode Effect Analysis merupakan analisis yang perlu dilakukan dalam sebuah metode RCM. FMEA dapat menganalisa sebuah potensi kerusakan dan kesalahan yang terjadi pada sebuah perusahaan. Menggunakan *Risk Priority Number (RPN)* yang dihitung berdasarkan nilai masing-masing *Severity*, *Occurence* dan *Detection*. Berdasarkan hasil dari RPN tersebut dapat diketahui komponen apa yang tingkat risikonya tertinggi dan perlu segera dilakukan tindakan secepatnya. Terdapat beberapa kriteria dalam penyusunan FMEA yang ditentukan berdasarkan potensi terjadinya kesalahan, kriteria tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.3 Kriteria Potensi Dalam FMEA

Severity (S)	Occurrence (O)	Detection (D)	Rating
Berbahaya tanpa peringatan	Hampir selalu	Hampir tidak mungkin	10
Berbahaya dengan peringatan	Sangat tinggi	Sangat jarang	9
Sangat tinggi	Tinggi	Jarang	8
Tinggi	Agak tinggi	Sangat rendah	7
Sedang	Sedang	Rendah	6
Rendah	Rendah	Sedang	5
Sangat rendah	Sangat rendah	Agak tinggi	4
Minor	Jarang	Tinggi	3
Sangat minor	Sangat Jarang	Sangat tinggi	2
Tidak ada	Hampir tidak pernah	Hampir pasti	1

Berdasarkan kriteria-kriteria di atas, selanjutnya dilakukan analisa sesuai dengan kejadian komponen pada mesin G-1. Setelah ditentukan bentuk kegagalan dan akibatnya serta nilai *Severity*, *Occurrence* dan *Detection* di dapatkan hasil RPN sesuai dengan tabel dibawah. Pada komponen *Mech Seal* diketahui nilai RPN sebesar 210 dan merupakan nilai yang tertinggi di antara komponen lainnya sehingga perlu dilakukan tindakan perawatan lebih lanjut agar tidak menimbulkan kerusakan yang lebih parah lagi.

Tabel 4.4 Penyusunan FMEA Mesin G-1

No	Komponen	Failure Mode	Failure Effect	S	O	D	RPN	Rank
1	Mech Seal	Kerusakan Mech Seal	Terjadi kebocoran pada pipa	6	7	5	210	1
2	Bearing	Getaran pada Bearing	Muncul suara bising	4	3	3	36	2
3	Turbin	Kerusakan Turbin	Tidak dapat berputar dengan baik	4	2	3	24	3
4	Coupling	Membran Coupling Putus	Coupling tidak dapat digunakan	3	2	4	24	4
5	Carbon Ring	Kerusakan Carbon Ring	Carbon Ring tidak dapat digunakan	3	2	3	18	6
6	Valve	Kerusakan Valve	Valve tidak dapat digunakan	4	2	3	24	5
7	Filter	Kerusakan Filter	Filter tidak dapat digunakan	4	1	3	12	7

4.4 Penentuan Distribusi *Time to Failure*

Penentuan distribusi kegagalan bertujuan untuk mencari jenis karakteristik dari kerusakan komponen sebuah mesin sehingga dapat ditentukan perhitungan yang tepat berdasarkan jenis distribusi kegagalan yang terpilih. Menggunakan *Least Square* dengan nilai *r* atau *Index of Fit* tertinggi yang akan dipilih jenis distribusinya.

4.4.1 Distribusi Kegagalan *Mech Seal G-1-12*

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan distribusi Weibull, Eksponensial, Normal dan Lognormal pada komponen *Mech Seal G-1-12* dan jenis distribusi berdasarkan nilai *Index of Fit* terbesar akan dipilih untuk dilakukan perhitungan selanjutnya.

a) Distribusi Weibull

$$F(ti) = \frac{1 - 0.3}{8 - 0.4} = 0.083333$$

$$Xi = lnti = 2.6390573$$

$$yi = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - 0.083333} \right] \right] = -2.4417164$$

Tabel 4.5 Distribusi Weibull G-1-12

No	dti	Xi	Xi2	F(dti)	Yi	Yi2	XiYi
1	14	2.639057	6.964624	0.083333	-2.4417164	5.961979	-6.44383
2	28	3.332205	11.10359	0.202381	-1.486671	2.210191	-4.95389
3	70	4.248495	18.04971	0.321429	-0.9473544	0.89748	-4.02483
4	112	4.718499	22.26423	0.440476	-0.5435741	0.295473	-2.56485
5	154	5.036953	25.37089	0.559524	-0.1985743	0.039432	-1.00021
6	210	5.347108	28.59156	0.678571	0.12661497	0.016031	0.677024
7	266	5.583496	31.17543	0.797619	0.46850467	0.219497	2.615894
8	716	6.57368	43.21327	0.916667	0.91023509	0.828528	5.983594
Total		37.47949	186.7333	4	-4.1125354	10.46861	-9.7111

$$r = \frac{(8 \times -9.7111) - (37.47949 \times (-4.1125354))}{\sqrt{(8 \times 186.7333 - 37.47949^2) \times ((8 \times 10.46861) - (-4.1125354^2))}}$$

$$r = 0.99034$$

Sehingga didapatkan hasil nilai r distribusi Weibull pada komponen G-1-12 sebesar 0.99034.

b) Distribusi Eksponensial

$$F(ti) = \frac{1 - 0.3}{8 - 0.4} = 0.083333$$

$$Xi = ti = 14$$

$$yi = \ln \left[\frac{1}{1 - 0.083333} \right] = 0.087011$$

Tabel 4.6 Distribusi Ekspensial G-1-12

No	dti	Xi	Xi2	F(dti)	Yi	Yi2	XiYi
1	14	14	196	0.083333	0.087011	0.007571	1.218159
2	28	28	784	0.202381	0.226124	0.051132	6.331477
3	70	70	4900	0.321429	0.387766	0.150362	27.14359
4	112	112	12544	0.440476	0.580669	0.337177	65.03495
5	154	154	23716	0.559524	0.819899	0.672234	126.2644
6	210	210	44100	0.678571	1.13498	1.288179	238.3458
7	266	266	70756	0.797619	1.597603	2.552337	424.9625
8	716	716	512656	0.916667	2.484907	6.174761	1779.193
Total		1570	669652	4	7.318959	11.23375	2668.494

$$r = \frac{(8 \times 2668.494) - (1570 \times 7.318959)}{\sqrt{(8 \times 669652 - 1570^2) \times ((8 \times 11.23375) - (7.318959^2))}}$$

$$r = 0.96197$$

Sehingga didapatkan hasil nilai r distribusi Ekspensial pada komponen G-1-12 sebesar 0.96197.

c) Distribusi Normal

$$F(ti) = \frac{1 - 0.3}{8 - 0.4} = 0.083333$$

$$Xi = ti = 14$$

$$zi = \phi^{-1}[0.083333] = 0.2113$$

Tabel 4.7 Distribusi Normal G-1-12

No	dti	Xi	Xi2	F(dti)	Zi	XiZi	Zi2
1	14	14	196	0.083333	0.211296	2.958138	0.044646
2	28	28	784	0.202381	0.229549	6.427384	0.052693
3	70	70	4900	0.321429	0.289268	20.24878	0.083676
4	112	112	12544	0.440476	0.355425	39.80756	0.126327
5	154	154	23716	0.559524	0.426258	65.64381	0.181696
6	210	210	44100	0.678571	0.524122	110.0657	0.274704
7	266	266	70756	0.797619	0.620545	165.065	0.385076
8	716	716	512656	0.916667	0.988902	708.0538	0.977927
Total		1570	669652	4	3.645366	1118.27	2.126746

$$r = \frac{(8 \times 2.126746) - (1570 \times 3.645366)}{\sqrt{(8 \times 669652 - 1570^2) \times ((8 \times 1118.27) - (3.645366^2))}}$$

$$r = 0.944852$$

Sehingga didapatkan hasil nilai r distribusi Normal pada komponen G-1-12 sebesar 0.944852.

d) Distribusi Lognormal

$$F(ti) = \frac{1 - 0.3}{8 - 0.4} = 0.083333$$

$$Xi = lnti = 2.6390573$$

$$zi = \phi^{-1}[0.083333] = 0.2113$$

Tabel 4.8 Distribusi Lognormal G-1-12

No	dti	Xi	Xi2	F(dti)	Zi	XiZi	Zi2
1	14	2.639057	6.964624	0.083333	0.197128	0.520232	0.038859
2	28	3.332205	11.10359	0.202381	0.197976	0.659695	0.039194
3	70	4.248495	18.04971	0.321429	0.199099	0.845873	0.039641
4	112	4.718499	22.26423	0.440476	0.199677	0.942177	0.039871
5	154	5.036953	25.37089	0.559524	0.200069	1.00774	0.040028
6	210	5.347108	28.59156	0.678571	0.200452	1.071837	0.040181
7	266	5.583496	31.17543	0.797619	0.200744	1.120851	0.040298
8	716	6.57368	43.21327	0.916667	0.201968	1.327675	0.040791

Total	37.47949	186.7333	4	1.597113	7.496081	0.318863
--------------	-----------------	-----------------	----------	-----------------	-----------------	-----------------

$$r = \frac{(8 \times 0.318863) - (37.47949 \times 1.597113)}{\sqrt{(8 \times 186.7333 - 37.47949^2) \times ((8 \times 7.496081) - (1.597113^2))}}$$

$$r = 0.9473922$$

Sehingga didapatkan hasil nilai r distribusi Normal pada komponen G-1-12 sebesar 0.944852. Kemudian dibuat hasil *Index of Fit* komponen *Mech Seal* G-1-12 sebagai berikut:

Tabel 4.9 *Index of Fit* G-1-12

Distribusi	<i>Index of Fit</i> (r)
Weibull	0.9903401
Ekspensial	0.9619659
Normal	0.9448520
Lognormal	0.9473922

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui nilai *Index of Fit* terbesar yaitu distribusi Weibull dengan nilai 0.9903401, berarti kegagalan untuk komponen *Mech Seal* G-1-12 adalah Weibull.

4.5 Analisis Keandalan (Reliabilitas)

Dilakukan analisis keandalan untuk mencari nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) berdasarkan komponen yang telah diketahui jenis distribusinya serta nilai parameter pendukung untuk membantu dalam mengetahui tingkat keandalan dari komponen tersebut dalam hal ini digunakan bantuan software minitab.

4.5.1 Keandalan *Mech Seal* G-1-12

Pada analisis keandalan komponen *Mech Seal* G-1-12 dalam distribusi Weibull menghasilkan nilai MTTF sebesar 78.5242, parameter *shape* 1.03536 dan *scale* 79.3984.

Nilai tersebut kemudian digunakan dalam menghitung nilai keandalan komponen *Mech Seal* G-1-12. Menggunakan hasil MTTF sebesar 78.5242 hari. Untuk perhitungan keandalan pada saat $t = 78.5242$ sebagai berikut,

$$R(78.5242) = \exp - \left(\frac{78.5242}{79.3984} \right)^{1.03536} = 0.372096$$

Hasil nilai keandalan dari komponen *Mech Seal* G-1-12 pada hari ke-78.5242 dengan tidak dilakukannya *preventive maintenance* (PM) adalah 0.372096 atau 37.2%. Selanjutnya dilakukan simulasi PM menggunakan waktu 49 hari dikarenakan nilai keandalan yang diharapkan berada diatas 50%. Pada perhitungan nilai keandalan hingga hari ke-49 didapatkan hasil sebesar 54.5%. Kemudian dilakukan perhitungan nilai peluang keandalan pada waktu $t-nT$ dari tindakan *preventive maintenance*, nilai peluang keandalan pada saat $t = 56$ dihitung sebagai berikut,

$$R(56 - 49) = \exp - \left(\frac{56 - 49}{79.3984} \right)^{1.03536} = 0.922279$$

Hasil peluang keandalan untuk $t = 56$ sebesar 0.922 atau 92.2%. Setelah itu dapat ditentukan nilai peluang keandalan komponen yang dilakukan *preventive maintenance* $R_m(t)$ pada saat $t = 56$ menggunakan perhitungan sebagai berikut,

$$R_m(56) = R(56)^1 \times R(56 - 49) = 0.502778$$

Menunjukkan hasil peluang keandalan komponen yang dilakukan *preventive maintenance* $R_m(t)$ pada saat $t = 56$ sebesar 0.502778 atau 50%. Hasil perhitungan hingga $t = 91$ dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.10 Keandalan G-1-12

t	R(t)	n	t	t-nT	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
7	0.922279	0	0	7	1	0.9223	0.922279
14	0.847189	0	0	14	1	0.8472	0.847189
21	0.776982	0	0	21	1	0.7770	0.776982
28	0.711847	0	0	28	1	0.7118	0.711847
35	0.651661	0	0	35	1	0.6517	0.651661
42	0.596188	0	0	42	1	0.5962	0.596188
49	0.545148	1	49	0	0.5451	1	0.545148
56	0.498251	1	49	7	0.5451	0.9223	0.502778
63	0.455207	1	49	14	0.5451	0.8472	0.461844
70	0.415733	1	49	21	0.5451	0.7770	0.423570
77	0.379560	1	49	28	0.5451	0.7118	0.388062
84	0.346433	1	49	35	0.5451	0.6517	0.355252
91	0.316112	1	49	42	0.5451	0.5962	0.325011

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Bentuk Distribusi Komponen

5.1.1 *Mech Seal G-1-12*

Hasil perhitungan dari *index of fit* dalam mencari bentuk distribusi pada komponen *Mech Seal G-1-12* dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 5.1 Nilai Distribusi G-1-12

Distribusi	<i>Index of Fit</i> (r)
Weibull	0.9903401
Ekspensial	0.9619659
Normal	0.9448520
Lognormal	0.9473922

Berdasarkan hasil perhitungan *index of fit* yang telah dilakukan pada komponen *Mech Seal G-1-12* memperlihatkan bentuk dari distribusi kerusakan yaitu Weibull, menurut pendapat Ebeling (1997) dalam distribusi Weibull terdapat 2 parameter utama dalam mencari laju kerusakan serta mencari nilai keandalan suatu komponen, parameter pertama yaitu parameter beta (β) berfungsi sebagai parameter bentuk dan parameter kedua yaitu parameter teta (θ) yang berfungsi sebagai parameter skala. Pada parameter bentuk juga digunakan untuk melihat suatu pola laju kerusakan dari komponen.

Tabel 5.2 Hasil Distribution Fit G-1-12

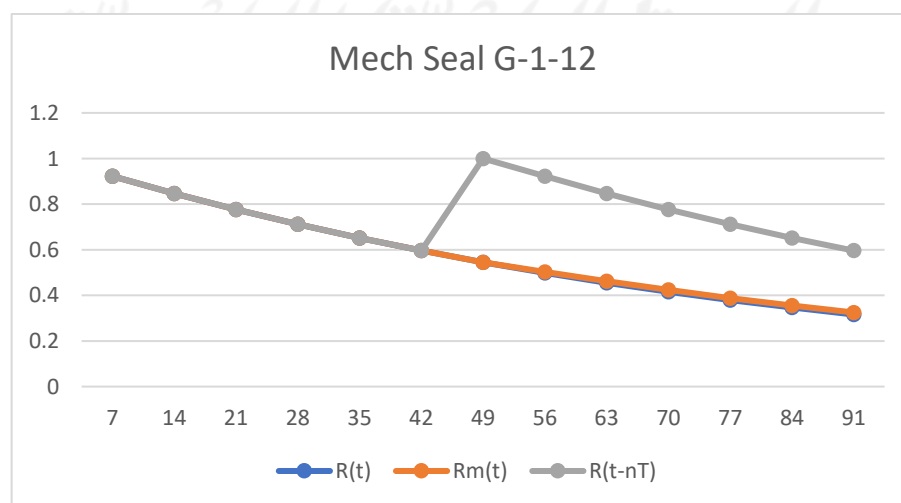
MTTF	78.5242
Parameter β	1.03536
Parameter θ	79.3984

Setelah menemukan bentuk distribusi komponen kemudian mencari nilai *distribution fit* menggunakan bantuan *software* Minitab. Menggunakan distribusi Weibull, hasilnya menunjukkan nilai MTTF sebesar 78.5242 serta parameter bentuk 1.03536 dan parameter skala 79.3984. Menurut Ebeling (1997), apabila nilai dari parameter bentuk menunjukkan hasil 1.03536 berarti komponen *Mech Seal* G-1-12 merupakan laju kerusakan meningkat.

5.2 Analisis Keandalan Komponen

5.2.1 *Mech Seal* G-1-12

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan menunjukkan hasil nilai MTTF pada komponen *Mech Seal* G-1-12 sebesar 78.5242 serta nilai keandalan 37.2%. Kemudian dijalankan simulasi perhitungan *preventive maintenance* untuk interval 49 hari dikarenakan pada waktu tersebut diketahui tingkat keandalan sebesar 54.5%. Selanjutnya hasil simulasi dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

Gambar 5.1 Simulasi *preventive maintenance* G-1-12

Setelah dilakukan simulasi memperlihatkan terjadi kenaikan tingkat keandalan saat dilakukan *preventive maintenance* pada interval 49 hari akan tetapi tidak terlalu tinggi disebabkan oleh nilai dari parameter beta mendekati angka 1, artinya distribusi tersebut menunjukkan umur dari suatu mesin tidak akan mempengaruhi tingkat laju kerusakan. Pemberian saran untuk perusahaan yaitu dapat melakukan *preventive maintenance* pada saat interval 28 hari untuk mendapatkan nilai keandalan di atas 70%.

5.3 Tindakan Perawatan

Demi meningkatkan serta menjaga tingkat keandalan suatu komponen perlu dilakukan sebuah tindakan perawatan. Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan yang dilakukan didapatkan tindakan yang perlu dilakukan oleh perusahaan sebagai berikut:

Tabel 5.3 Tindakan Perawatan

Komponen	MTTF	Keandalan saat <i>failure</i> (%)	Keandalan \geq 70% (hari)	Tindakan Perawatan
Mech Seal G-1-12	78.5242	37.20%	28	Pemeriksaan

Tindakan perawatan yang perlu dilakukan adalah untuk komponen *Mech Seal* G-1-12 memerlukan tindakan *preventive maintenance* ketika tingkat keandalan komponen di atas 70% untuk setiap 28 hari. Penentuan tindakan perawatan berdasarkan hasil dari simulasi *preventive maintenance* yang dilakukan, untuk komponen G-1-12 terjadi kenaikan tingkat keandalan maka perlu dilakukan pengecekan setelah dilakukannya simulasi selama 1 jam.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah pada bab pertama. Setelah dilakukan simulasi *preventive maintenance*, terjadi kenaikan nilai keandalan pada komponen *Mech Seal G-1-12* akan tetapi tidak terjadi kenaikan yang terlalu tinggi disebabkan oleh nilai parameter beta masing-masing komponen mendekati angka 1. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, perlu dilakukannya tindakan perawatan lebih lanjut terhadap komponen tersebut. Pada komponen *Mech Seal G-1-12* memerlukan tindakan berupa pemeriksaan komponen dengan interval waktu 28 hari atau nilai keandalan di atas 70% untuk meningkatkan nilai keandalan serta menjaga komponen dalam kondisi baik.

6.2 Saran

Berikut merupakan beberapa saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil laporan penelitian yang dilakukan:

1. Bagi perusahaan perlu lebih memperhatikan pencatatan data kerusakan dan perbaikan kedepannya untuk dapat mengetahui jenis pola dari suatu kerusakan komponen.
2. Pembuatan sebuah jadwal perawatan yang baik berguna bagi perusahaan dalam menjaga performa mesin sehingga tidak terjadi gangguan dalam aktivitas produksi.

3. Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menggunakan metode yang lain ataupun dilakukannya penelitian pada mesin yang berada di *maintenance area* lainnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, N., & Yulianti Hidayah, N. (2017). Analisis Pemeliharaan Mesin Blowmould Dengan Metode RCM Di PT. CCAI. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 16, 167-176.
- Alrifayy, M., Sai Hong, T., As'array, A., Elianddy Supeni, E., & Ang, C. (2020). Optimization and Selection of Maintenance Policies in an Electrical Gas Turbine Generator Based on the Hybrid Reliability-Centered Maintenance (RCM) Model. *Processes*, 8, 670. doi:<https://doi.org/10.3390/pr8060670>
- Alta, E., Tri Putri, N., & Henmaidi. (2019). Reliability Centered Maintenance of Mining Equipment: A Case Study in Mining of a Cement Plant Industry. *iMEC-APCOMS 2019*, 165-170. doi:https://doi.org/10.1007/978-981-15-0950-6_26
- Ansori, N., & Mustajib, M. (2013). *Sistem perawatan Terpadu*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Assauri, S. (2008). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Dhillon, B. S. (2002). *Engineering Maintenance "A Modern Approach"*. New York: CRC Process LLC.
- Dwi Susanto, A., & Hamdi Azwir, H. (2018). Perencanaan Perawatan Pada Unit Kompresor TipeScrew. *JURNAL ILMIAH TEKNIK INDUSTRI*, 17, 21-35. doi:doi: 10.23917/jiti.v17i1.5380
- Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: The McGraw-Hill Companies Inc.
- Gulati, R. (2013). *Maintenance and Reliability Best Practices*. Industrial Press.
- Hadi Pranoto, M. (2015). *Reliability Centered Maintenance*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Harsanto, B. (2013). *Dasar Ilmu Manajemen Operasi*. Bandung: UNPAD.
- Kurniawan, F. (2013). *Manajemen Perawatan Industri: Teknik dan Aplikasi Implementasi Total Productive Maintenance (TPM), Preventive Maintenance dan Reability Centered Maintenance (RCM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

- Manzini, R. (2010). *Maintenance for Industrial Systems*. London: Springer.
- Moubray, J. (1997). *Reliability Centered Maintenance*. New York: Industrial Press Inc.
- Novira, E. (2010). *Perencanaan Pemeliharaan Paper Machine dengan Basis RCM (Reliability Centered Maintenance) Di PT.PDM Indonesia*.
- Palei, S. D. (2020). Reliability-Centered Maintenance of Rapiier Dragline for Optimizing Replacement Interval of Dragline Components. *Mining, Metallurgy & Exploration*, 37, 1121-1136. doi:<https://doi.org/10.1007/s42461-020-00226-5>
- Prawirosentono, S. (2001). *Manajemen Operasi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Rachman, H., Kesy Garside, A., & Mujayin Kholik, H. (2017). Usulan Perawatan Sistem Boiler dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM). *Jurnal Teknik Industri*, 18, 86-93. doi:<https://doi.org/10.22219/JTIUMM.Vol18.No1.86-93>
- Rizkya, I., Siregar, I., Siregar, K., Matondang, R., & Waldo Henri, E. (2019). Reliability Centered Maintenance to Determine Priority of Machine Damage Mode. *E3S Web of Conferences*, 125. doi:<https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912522005>
- Shamayleh, A., Awad, M., & Abdulla, A. (2020). Criticality-based reliability-centered maintenance for healthcare. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 26, 311-334. doi:<https://doi.org/10.1108/JQME-10-2018-0084>
- Supandi. (1991). *Manajemen Perawatan Industri*. Bandung: Ganeca Exact.
- Syhabuddin, A. (2019). ANALISIS PERAWATAN MESIN BUBUT CY-L1640G DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DI PT. POLYMINDO PERMATA. *JITMI*, 2.
- Yavuz, O., Doğan, E., Carus, E., & Görgülü, A. (2019). Reliability Centered Maintenance Practices in Food Industry. *Procedia Computer Science*, 158, 227-234. doi:<https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.046>
- Zulkani, Y. (2008). *Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance pada Sistem Penukar Panas Sekunder Reaktor Triga Mark 2000*. ITB.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Komponen G-1-12

Mech Seal				
No	Notif.date	Required End	Changed on	Description
1	29-08-19	10-10-19	29-08-19	Perbaikan Mech Seal G-1-12
2	19-08-19	14-10-19	20-08-19	Perbaikan Mech Seal G-1-12
3	01-04-19	27-05-19	23-04-19	Perbaikan Mech Seal G-1-12
4	10-04-17	22-05-17	10-09-19	Perbaikan Mech Seal G-1-12
5	10-04-17	24-04-17	19-03-19	Perbaikan Mech Seal G-1-12
6	10-04-17	24-04-17	19-03-19	Perbaikan Mech Seal G-1-12
7	10-04-17	22-05-17	10-09-19	Perbaikan Mech Seal G-1-12
8	24-11-14	17-02-16	13-01-17	Perbaikan Mech Seal G-1-12

Pompa				
No	Notif.date	Required End	Changed on	Description
1	12-06-19	07-08-19	01-08-19	Perbaikan Pompa G-1-12
2	09-05-19	04-07-19	23-05-19	Perbaikan Pompa G-1-12
3	20-12-17	31-01-18	21-12-17	Perbaikan Pompa G-1-12
4	20-09-17	01-11-17	06-10-17	Perbaikan Pompa G-1-12
5	25-07-17	05-09-17	10-09-19	Perbaikan Pompa G-1-12
6	19-07-17	30-08-17	10-09-19	Perbaikan Pompa G-1-12

Governor				
No	Notif.date	Required End	Changed on	Description
1	01-01-19	26-02-19	01-08-19	Perbaikan Governor G-1-12
2	19-04-17	31-05-17	19-03-19	Perbaikan Governor G-1-12
3	13-05-14	20-01-16	07-04-16	Perbaikan Governor G-1-12

Bearing				
No	Notif.date	Required End	Changed on	Description
1	17-07-19	11-09-19	17-07-19	Perbaikan Bearing G-1-12
2	05-06-18	17-07-18	26-06-18	Perbaikan Bearing G-1-12

Oil Deflektor				
No	Notif.date	Required End	Changed on	Description
1	30-04-13	21-01-16	04-04-16	Perbaikan Oil Deflektor G-1-12