

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Manajemen Perawatan

Dalam berbagai aspek, manajemen pemeliharaan adalah suatu proses yang melibatkan perencanaan, pengorganisasian, pengendalian, dan pengawasan kegiatan pemeliharaan. Tujuan manajemen pemeliharaan adalah untuk memastikan atau meyakinkan bahwa peralatan tetap dalam kondisi yang baik atau optimal dan dapat beroperasi dan aktif secara efektif. Selain itu, manajemen pemeliharaan ini dilakukan untuk memperpanjang umur peralatan. Ada beberapa aktivitas penting yang dilakukan untuk melakukan suatu manajemen pemeliharaan :

1. Identifikasi apa yang ingin di rawat
2. Menyusun jadwal perawatan secara rutin.
3. Memantau kondisi peralatan secara berkala
4. Melakukan perbaikan apabila ada kerusakan dan juga perawatan preventif
5. Melakukan manajemen terhadap suku cadang atau *spare part*
6. Membentuk tim untuk melakukan manajemen perawatan dan juga evaluasi kinerja dari peralatan itu untuk mengecek optimasi afektifitas dari saat itu tersebut secara berkala

2.1.1 Ruang Lingkup Manajemen

Ruang lingkup manajemen mencakup berbagai aspek tugas, tanggung jawab, dan kegiatan manajer suatu organisasi. Ini juga mencakup perencanaan, pengorganisasian, dan pengawasan. Berikut adalah beberapa contoh komponen yang sangat penting dalam ruang lingkup manajemen:

1. Manajemen sumber daya manusia (SDM)
2. Manajemen keuangan
3. Manajemen operasional
4. Manajemen pemasaran
5. Manajemen strategis
6. Manajemen proyek

2.1.2 Definisi Manajemen

Untuk mencapai tujuan organisasi dengan menggunakan sumber daya manusia, materil, dan finansial dengan cara yang efisien, manajemen adalah pekerjaan.

Perencanaan startegis yang digunakan untuk menetapkan tujuan dan jalan organisasi juga disebut sebagai manajemen. Manajemen dapat diterapkan di berbagai tingkatan organisasi. Oleh karena itu, tujuan dari hal ini adalah untuk mencapai keberhasilan organisasi dalam jangka panjang. Berikut adalah beberapa definisi manajemen oleh para ahli;

1. Ricky W. Griffin

Menurut griffin, manajemen adalah suatu aliran proses, pengordinasian, perencanaan juga pengontrolan suatu sumber daya untuk dapat tmencapai sasaran atau tujuan sesuai dengan yang sudah direncanakan dengan cara yang benar.

2. Henry Fayol (1916)

Menurut beliau management adalah suatu bentuk pengolahan yang melibatkan atau perencanaan (*planning*), *organize*, *co – ordinate* dan pengendalian.

1. James A.F. Stoner (1982)

Menerut James A.F Stoner management adalah alur proses yang direncanakan yang menggunakan sumber daya, pengorganisasian untuk mecapai suatu tujuan yang telah ditetapkan.

2. Fredmund Malik (1944)

Menurut beliau management adalah suatu perubahan sumber daya yang menjadi utilitas (sesuatu yang memiliki nilai/manfaat dan juga fungsi). Sehingga manajemen tersebut menjadi salah satu faktor yang memproduksi suatu hal dari mesin, bahan baku dan juga modal yang sama.

3. G.R Terry (1997)

George R. Terry adalah seorang ahli dibidang manajemen yang mengatakan bahwa manajemen adalah suatu pencapaian dari tujuan

yang berasal dari penetapan atau yang sudah ditetapkan yang melalui dari usaha orang lain secara Bersama – sama.

2.1.3 Tujuan Manajemen

Secara garis besar, tujuan manajemen adalah untuk mencapai tujuan organisasi dengan mengelola sumber daya yang ada dengan cara yang efektif dan efisien. Ini mencakup penggunaan berbagai strategi, pengorganisasian struktur, pengendalian operasional, pengawasan kinerja, pengembangan karyawan, dan membuat keputusan yang tepat. Berikut adalah beberapa tujuan manajemen utama:

1. Mencapai Tujuan Organisasi

Manajemen bertujuan untuk membantu organisasi mencapai tujuan yang ditetapkan dengan mengoordinasikan sumber daya, tenaga kerja, dan proses kerja secara efisien dan efektif.

1. Meningkatkan Efisiensi

Manajemen berusaha untuk meningkatkan efisiensi dalam semua aspek operasional organisasi, termasuk penggunaan sumber daya, proses produksi, dan distribusi produk atau layanan.

2. Meningkatkan Produktivitas

Manajemen bertujuan untuk meningkatkan produktivitas karyawan dan proses kerja dengan menerapkan metode dan praktik terbaik serta memastikan bahwa semua aspek operasional berjalan sesuai dengan rencana.

3. **Meningkatkan Kualitas**

Salah satu tujuan manajemen adalah meningkatkan kualitas produk atau layanan yang ditawarkan kepada pelanggan. Ini melibatkan pengembangan standar kualitas yang tinggi dan implementasi proses kontrol mutu yang efektif.

4. **Meningkatkan Inovasi**

Manajemen juga bertujuan untuk mendorong inovasi dalam organisasi dengan merangsang kreativitas dan pemikiran inovatif di antara karyawan serta dengan mengadopsi teknologi dan praktik terbaru.

5. **Meningkatkan Kepuasan Pelanggan**

Manajemen bertujuan untuk memastikan kepuasan pelanggan dengan menyediakan produk atau layanan yang memenuhi atau melebihi harapan pelanggan, serta dengan menangani keluhan dan masukan pelanggan dengan cepat dan efektif.

6. **Meningkatkan Kesejahteraan Karyawan**

Manajemen juga bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan karyawan dengan memberikan lingkungan kerja yang aman, mendukung, dan memenuhi kebutuhan profesional dan pribadi mereka.

7. **Meningkatkan Keuntungan**

Salah satu tujuan utama manajemen adalah meningkatkan keuntungan organisasi dengan mengelola sumber daya secara efisien, meningkatkan penjualan, mengendalikan biaya, dan mengoptimalkan strategi pemasaran dan penjualan.

2.1.4 Tahapan Manajemen

Berikut adalah 4 tahapan yang digunakan dalam sebuah manajemen

1. *Planning* atau Perencanaan

Adalah suatu rencana yang terpikirkan untuk mencari suatu strategis yang baik untuk mewujudkan tujuan suatu organisasi.

2. *Organizing* atau Pengorganisasian

Pengorganisasian adalah suatu pembagian SDM untuk memberikan tugas yang ada dengan sesuai agar dapat mengatur dan memudahkan dalam mengkoordinir keadaan.

3. *Actuating* atau pengarahan

Actuating atau biasa dikenal dengan kepemimpinan adalah suatu bentuk untuk memberikan motivasi untuk pekerja itu sendiri sehingga pekerjaan yang telah diberikan dapat dikerjakan dengan baik. Tidak hanya memotivasi namun kepemimpinan ini juga bisa sebagai bentuk untuk meningkatkan kesadaran dan mengarahkan pekerja sehingga kinerja pekerja tersebut berjalan dengan efektif.

4. *Controlling* atau pengawasan

Pengawasan ini bisa dalam bentuk melakukan evaluasi antara aksi dengan rencana yang sudah dibuat. Dengan melakukan hal ini

maka pengendalian ini memudahkan kinerja menjadi lebih terkendali.

2.1.5 Perawatan

Perawatan, menurut Elbeling (1997), adalah salah satu jenis tindakan yang diperlukan untuk mencapai suatu hasil yang mempertahankan dan mengembalikan bagian atau komponen yang selalu dapat berfungsi dengan seharusnya. Yang artinya, perawatan atau pemeliharaan adalah suatu kegiatan untuk memastikan bahwa fasilitas dan peralatan yang ada dalam kondisi baik. Peralatan ini membantu melakukan pekerjaan secara efisien dan efektif saat digunakan.

2.1.6 Definisi Perawatan

Dari bahasa Yunani, "perawatan bersala" berarti merawat, menjaga, dan juga memelihara. Pemeliharaan atau perawatan itu sendiri mencakup pemeliharaan fasilitas atau mesin, penggantian komponen atau spare part, biaya pemeliharaan, dan eksekutor atau individu yang melakukan pekerjaan pemeliharaan. Perawatan adalah istilah yang mengacu pada serangkaian tindakan yang dilakukan untuk menjaga dan memelihara peralatan industri, mesin, dan aset fisik lainnya agar tetap berfungsi secara optimal. Perawatan mencakup tindakan perawatan pencegahan dan perbaikan yang dimaksudkan untuk memastikan bahwa peralatan industri tetap dalam kondisi yang ideal dan beroperasi dengan lancar untuk mencapai tingkat produktivitas terbaik. Beberapa perspektif tentang perawatan;

1. **Perawatan Pencegahan:** Tindakan pencegahan yang dilakukan secara teratur untuk mencegah kegagalan atau kerusakan pada peralatan. Ini termasuk pembersihan rutin, pelumasan, penyetelan, dan inspeksi berkala.
2. **Perawatan Perbaikan:** Tindakan perbaikan yang dilakukan jika terjadi kerusakan atau kegagalan pada peralatan. Ini melibatkan diagnosis masalah, perbaikan komponen yang rusak, dan pemulihan fungsi peralatan agar kembali beroperasi dengan baik.
3. **Pengelolaan Suku Cadang:** Manajemen suku cadang yang efisien dan efektif termasuk dalam perawatan. Ini melibatkan pengadaan, penyimpanan, dan penggunaan suku cadang yang diperlukan untuk memastikan bahwa peralatan dapat diperbaiki dengan cepat jika terjadi kegagalan.
4. **Perencanaan Perawatan:** Merencanakan jadwal perawatan yang tepat dan efisien berdasarkan kondisi dan umur pakai peralatan. Ini termasuk perencanaan untuk perawatan terjadwal, pemeliharaan prediktif, dan perawatan berbasis kondisi.
5. **Pemantauan Kinerja:** Melakukan pemantauan secara terus menerus terhadap kinerja peralatan untuk mendeteksi perubahan yang tidak biasa atau tanda-tanda awal kerusakan. Hal ini dapat dilakukan melalui penggunaan teknologi pemantauan canggih atau sistem manajemen pemeliharaan yang terintegrasi.

Dengan menjalankan praktik perawatan yang efektif, perusahaan dapat menghindari kerugian waktu produksi akibat kegagalan peralatan, memperpanjang umur pakai peralatan, dan memastikan operasi berjalan secara efisien dan efektif.

2.1.6 Tujuan Perawatan

Perawatan bertujuan untuk mengurangi kerusakan pada peralatan yang ada dan memastikan keandalan dan kesiapan serta mengurangi biaya perawatan. Ini adalah beberapa tujuan perawatan;

- 1. Perencanaan yang Teliti:** Merencanakan perawatan dengan cermat, termasuk jadwal pemeriksaan rutin dan perawatan terjadwal untuk mencegah kegagalan yang tidak terduga dan memperpanjang umur peralatan.
- 2. Pemeliharaan Pencegahan:** Melakukan perawatan pencegahan secara teratur, seperti pembersihan, pelumasan, dan penyetelan, untuk mencegah kegagalan peralatan dan memastikan kinerja optimal.
- 3. Pemeliharaan Prediktif:** Menggunakan teknik pemantauan dan analisis data untuk meramalkan kerusakan atau kegagalan peralatan, sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan sebelum terjadi gangguan serius.
- 4. Pemeliharaan Perbaikan:** Melakukan tindakan perbaikan yang tepat dan tepat waktu jika terjadi kerusakan pada peralatan,

termasuk diagnosis yang akurat dan penggantian komponen yang rusak.

- 5. Pengelolaan Suku Cadang:** Memastikan ketersediaan suku cadang yang diperlukan dengan menjaga stok yang memadai, mengelola pengadaan dengan efisien, dan menyimpan suku cadang dengan benar.

Dengan memperhatikan poin-poin di atas, perusahaan dapat mengoptimalkan operasi perawatan mereka, memperpanjang umur peralatan, dan mengurangi biaya perbaikan dan penggantian yang tidak terduga.

2.1.7 Jenis – Jenis Perawatan

Menurut *prawirosentono* (2009) terdapat 2 jenis perawatan, yaitu:

- ***Planned maintenance* (perawatan atau pemeliharaan yang terencana)**

Seperti namanya bahwa pemeliharaan ini adalah kegiatan yang dilaksanakan berdasarkan perencanaan yang sudah di susun. Perencanaan ini bisa mengacu kepada rangkaian proses produksi, *planned maintenance* terdiri dari:

- *preventive maintenance* (perawatan pencegahan)
- *schedule maintenance* (perawatan terjadwal)
- *predictive maintenance*

- **Unplanned maintenance (perawatan tidak terencana)**

hal ini terjadi apabila terdapat indikasi pekerjaan yang tiba-tiba memberikan hasil yang kurang layak atau tidak layak. Maka dari itu perlunya dilakukan kegiatan perawatan atas suatu mesin secara tidak berencana atau diluar perencanaan awal. Perawatan tidak berencana terdiri dari:

- **emergency maintenance**

Emergency maintenance adalah jenis perawatan yang dilakukan sebagai respons terhadap keadaan darurat atau kegagalan yang tidak terduga pada peralatan atau sistem. Ini terjadi ketika peralatan mengalami kerusakan mendadak atau mengalami kegagalan yang mengganggu proses produksi atau layanan secara signifikan.

Emergency maintenance merupakan tindakan mendesak yang dilakukan untuk memperbaiki peralatan atau sistem agar dapat kembali beroperasi sesegera mungkin. Beberapa ciri dari *emergency maintenance* meliputi:

1. **Waktu Respons Cepat:** Tindakan perbaikan harus dilakukan sesegera mungkin setelah terjadi kegagalan untuk meminimalkan dampak buruk terhadap operasi.
2. **Sifat Tidak Terduga:** *Emergency maintenance* tidak dapat diprediksi dan sering kali terjadi tanpa pemberitahuan sebelumnya.

3. Tindakan Prioritas Tinggi: Darurat perlu ditangani dengan prioritas tertinggi untuk memastikan kelangsungan operasi bisnis.

4. Ketergantungan pada Perbaikan Sementara: Terkadang, dalam situasi darurat, perbaikan sementara dilakukan untuk mengembalikan operasionalitas sementara sambil menunggu perbaikan permanen.

Emergency maintenance biasanya memerlukan tanggapan cepat dan seringkali melibatkan biaya tambahan karena perluasan waktu produksi yang tidak direncanakan dan kemungkinan penggunaan suku cadang dengan harga lebih tinggi. Untuk mengurangi kejadian *emergency maintenance*, perusahaan sering kali menerapkan strategi perawatan teratur yang mencakup pemeliharaan pencegahan dan pemeliharaan prediktif.

- ***breakdown maintenance***

Breakdown maintenance adalah jenis perawatan yang dilakukan setelah terjadi kegagalan atau kerusakan pada peralatan atau sistem. Perawatan ini dilakukan setelah peralatan tidak berfungsi dengan benar atau mengalami kerusakan yang mengganggu proses operasional. Tujuan dari *breakdown maintenance* adalah untuk memperbaiki peralatan secepat mungkin agar dapat

kembali beroperasi dengan normal. Beberapa ciri dari *breakdown maintenance* meliputi:

- 1. Tindakan Setelah Kegagalan:** Perawatan ini dilakukan setelah terjadi kegagalan atau *breakdown* pada peralatan, yang dapat menyebabkan penurunan produktivitas atau penghentian proses produksi.
- 2. Tidak Direncanakan:** Kegagalan yang memicu *breakdown maintenance* seringkali tidak direncanakan sebelumnya dan dapat terjadi secara tiba-tiba.
- 3. Respons Mendesak:** Meskipun tidak secepat *emergency maintenance*, *breakdown maintenance* masih membutuhkan respons yang cepat untuk mengurangi waktu henti produksi atau layanan.
- 4. Pemulihan Fungsi Normal:** Fokus utama dari *breakdown maintenance* adalah memastikan peralatan atau sistem dapat kembali beroperasi sesuai fungsi normalnya secepat mungkin.

Breakdown maintenance sering kali dianggap sebagai pendekatan reaktif terhadap perawatan karena fokusnya pada memperbaiki kerusakan yang telah terjadi. Namun demikian, dalam situasi di mana peralatan tidak memiliki risiko signifikan terhadap keselamatan atau produksi tidak kritis, strategi ini mungkin merupakan pendekatan yang praktis. Untuk

meminimalkan kebutuhan akan *breakdown maintenance*, organisasi sering kali menggabungkannya dengan strategi perawatan preventif yang terjadwal secara teratur.

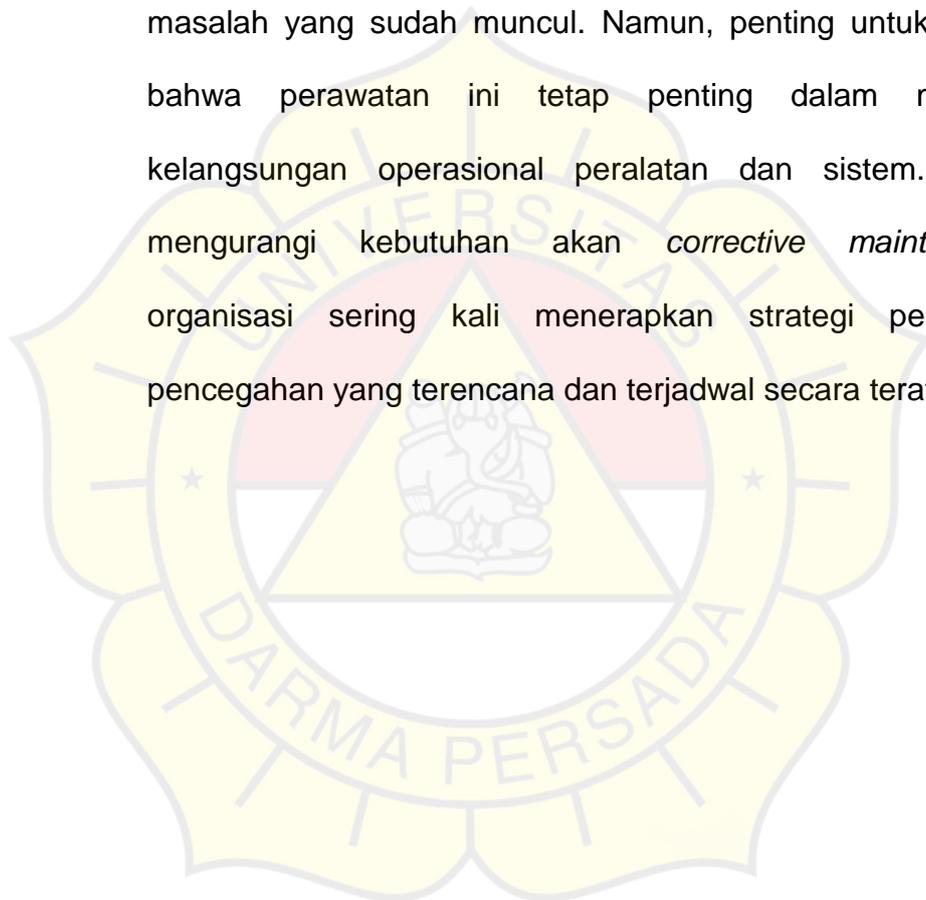
- **Corrective Maintenance**

Corrective maintenance adalah jenis perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki atau mengoreksi masalah pada peralatan atau sistem setelah terjadi kegagalan atau ketidaknormalan.

Tujuan dari *corrective maintenance* adalah untuk mengembalikan fungsi peralatan atau sistem ke kondisi operasional yang diharapkan. Beberapa ciri dari *corrective maintenance* meliputi:

- 1. Tindakan Perbaikan:** Perawatan ini melibatkan tindakan perbaikan langsung untuk mengatasi masalah yang terjadi pada peralatan atau sistem.
- 2. Reaksi terhadap Ketidaknormalan:** *Corrective maintenance* dilakukan sebagai tanggapan terhadap adanya indikasi atau laporan bahwa peralatan atau sistem tidak beroperasi sesuai dengan standar atau spesifikasi yang diharapkan.
- 3. Identifikasi Akar Penyebab:** Selain mengatasi masalah yang muncul, *corrective maintenance* juga sering mencakup usaha untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah agar masalah tersebut tidak muncul kembali di masa depan.

4. Prioritas Terjadwal: Meskipun *corrective maintenance* terutama dilakukan setelah terjadi kegagalan, dalam beberapa kasus, perawatan ini dapat direncanakan sebagai bagian dari jadwal perawatan rutin berdasarkan pemantauan kinerja peralatan. *Corrective maintenance* sering kali dianggap sebagai perawatan reaktif karena fokusnya pada memperbaiki masalah yang sudah muncul. Namun, penting untuk diingat bahwa perawatan ini tetap penting dalam menjaga kelangsungan operasional peralatan dan sistem. Untuk mengurangi kebutuhan akan *corrective maintenance*, organisasi sering kali menerapkan strategi perawatan pencegahan yang terencana dan terjadwal secara teratur.



2.2 Perawatan Preventive

2.2.1 Definisi Perawatan Preventive

2.2.2 Perawatan pencegahan adalah suatu kegiatan pemeliharaan dan perawatan untuk menghindari kehilangan waktu yang disebabkan oleh kerusakan mesin. Kehilangan waktu ini adalah waktu yang hilang karena proses produksi terhambat, yang mengurangi jumlah waktu produktif dalam bekerja, yang menghasilkan output yang lebih rendah dan membuat lebih sulit untuk mencapai tujuan. Akibatnya, perawatan pencegahan adalah perawatan rutin yang mencakup inspeksi, perbaikan, penggantian, pembersihan, pelumasan, dan penyesuaian peralatan.

2.2.3 Tujuan Perawatan Preventive

Perawatan *preventive* ini berfungsi untuk mencegah terjadinya kerusakan terhadap suatu peralatan produksi dengan cara memperbaiki kerusakan sekecil mungkin yang ditemukan saat pemeriksaan.

2.2.4 Jenis – Jenis Perawatan Preventive

Kegiatan pemeliharaan *preventif* ini terdiri dari berbagai rangkaian seperti pengecekan berkala dan penggantian atau *replacement* terhadap beberapa peralatan untuk mempertahankan kondisi operasional secara optimal. Terdapat 2 jenis perawatan preventif, yaitu:

1. Routine Maintenance

Routine Maintenance adalah suatu kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara rutin. Kegiatan ini biasanya pembersihan terhadap mesin atau pelumasan terhadap peralatan bisa juga dengan pengecekan oli maupun isi bahan bakar.

2. Periodic Maintenance

Periodic Maintenance adalah suatu perawatan yang dilakukan berdasarkan jadwal atau rencana yang sudah dibuat yang artinya *periodic maintenance* ini adalah suatu perawatan yang dilakukan secara berkala namun dalam jangka waktu tertentu.

2.3 Perawatan Perbaikan

Secara umum, perawatan adalah kegiatan yang bertujuan untuk menjaga dan merawat peralatan atau mesin agar bekerja dengan baik, optimal, dan secara efektif dan efisien. Sebaliknya, perbaikan adalah pemulihan atau kondisi peralatan apabila terjadi kerusakan atau penurunan performa yang dapat menghambat operasi.

2.4 Definsi Perawatan Perbaikan

Perawatan perbaikan adalah kegiatan yang dilakukan untuk menjaga dan merawat suatu peralatan, mesin, sistem, atau fasilitas agar tetap bekerja dengan baik dan optimal. Ini termasuk menemukan dan memecahkan masalah, melakukan pemeliharaan rutin, mengganti komponen yang rusak, dan berusaha meningkatkan kinerja dan kualitas secara keseluruhan. Tujuan Perawatan Perbaikan

Berikut adalah tujuan dari perawatan perbaikan:

1. Mempertahankan kinerja optimal pada suatu peralatan atau mesin.
2. Memperpanjang umur pakai dari suatu peralatan
3. Mengurangi biaya perbaikan, dikarenakan melakukan perawatan perbaikan secara rutin maka akan mengurangi resiko kerusakan dalam suatu peralatan.
4. Meningkatkan keandalan dan keamanan hal ini dapat mengurangi resiko kegagalan atau kecelakaan yang dapat membahayakan pengguna.
5. Meningkatkan efisiensi

2.3.1 Jenis – Jenis perawatan perbaikan

1. Perawatan pencegahan (*Preventive maintenance*)

Melibatkan perawatan secara rutin yang dilakukan secara terjadwal untuk mencegah terjadinya suatu kerusakan atau pun penurunan kinerja dari suatu peralatan.

2. Perawatan prediktif (*predictive maintenance*)

Perawatan ini menggunakan Teknik pemantauan dan analisis data untuk mendeteksi awal untuk kerusakan atau kegagalan yang akan datang. Sehingga perbaikan dapat dilakukan sebelum menjadi suatu hal yang serius untuk ditangani.

3. Perawatan korektif (*corrective maintenance*)

Perawatan ini dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan terhadap peralatan tersebut, perawatan ini memang bertujuan untuk memperbaiki peralatan tersebut untuk kembali digunakan secara optimal. Perawatan

ini pun dapat melibatkan perbaikan, penggantian komponen atau pemulihan fungsi yang rusak.

4. Perawatan pemulihan (*restorative maintenance*)

Perawatan ini dilakukan untuk memulihkan alat yang sudah tidak berfungsi untuk berfungsi kembali untuk beroperasi kembali lagi dengan secara baik.

5. Perawatan proaktif (*proactive maintenance*)

Perawatan ini adalah suatu kegiatan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya masalah di masa depan nanti dengan melakukan berbagai tindakan perbaikan atau peningkatan yang diperlukan.

6. Perawatan rehabilitas (*Rehabilitative maintenance*)

Kegiatan ini adalah suatu kegiatan yang dilakukan apabila terdapat peralatan yang memiliki penurunan fungsi atau kualitas signifikan. Perawatan rehabilitas ini cenderung membutuhkan tindakan perbaikan yang lebih besar.

2.4 Reliability

Kemampuan untuk bertahan dalam kondisi tertentu dalam jangka waktu tertentu dikenal sebagai reliabilitas. Dalam konteks perawatan, peningkatan keandalan mengacu pada tingkat keandalan suatu sistem atau entitas yang berdampak pada pembiayaan perawatan atau perawatan itu sendiri. Dengan memiliki angka atau perhitungan keandalan, suatu perusahaan dapat mengetahui tingkat keandalan perusahaan dan dapat mempertimbangkan biaya perawatan dengan cukup baik.

2.4.1 Model – Model Reliability

Berikut adalah beberapa model umum yang digunakan dalam menganalisis keandalan:

1. Model *Bathtub Curve*

model ini menggambarkan tingkat keandalan suatu system seiring berjalanya waktu

grafik ini menggambarkan 3 fase:

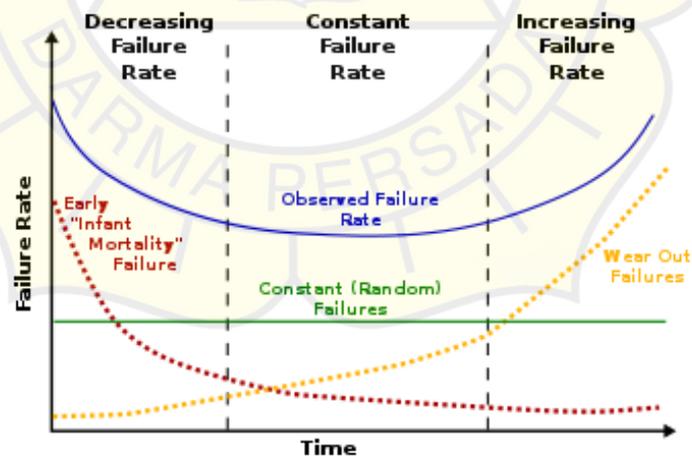
1) fase awal (*infant model*)

keandalan system cenderung menurun karena kegagalan awal

2) Fase Tengan (*random failure*)

Dimana tingkat keandalan stabil dan tetap konstan

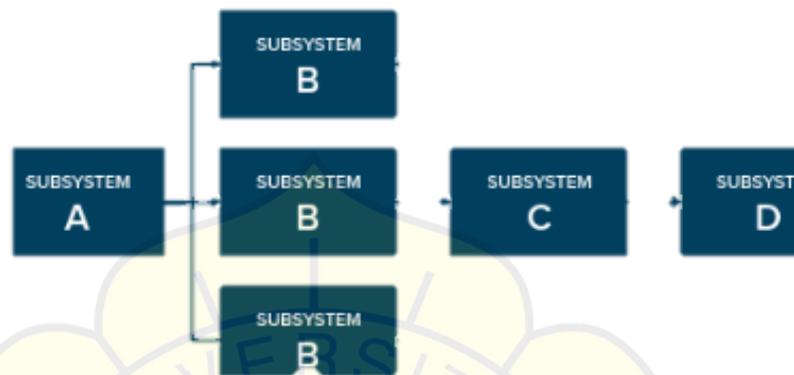
3) Fase akhir (*wear – out*), dimana keandalan system cenderung menurun karena faktor penuruan dan keausan.



Gambar 2. 1 Bathub Curve (Sumber: D. Maisonnier, 2018)

1. Model *Reliability Block Diagram (RBD)*

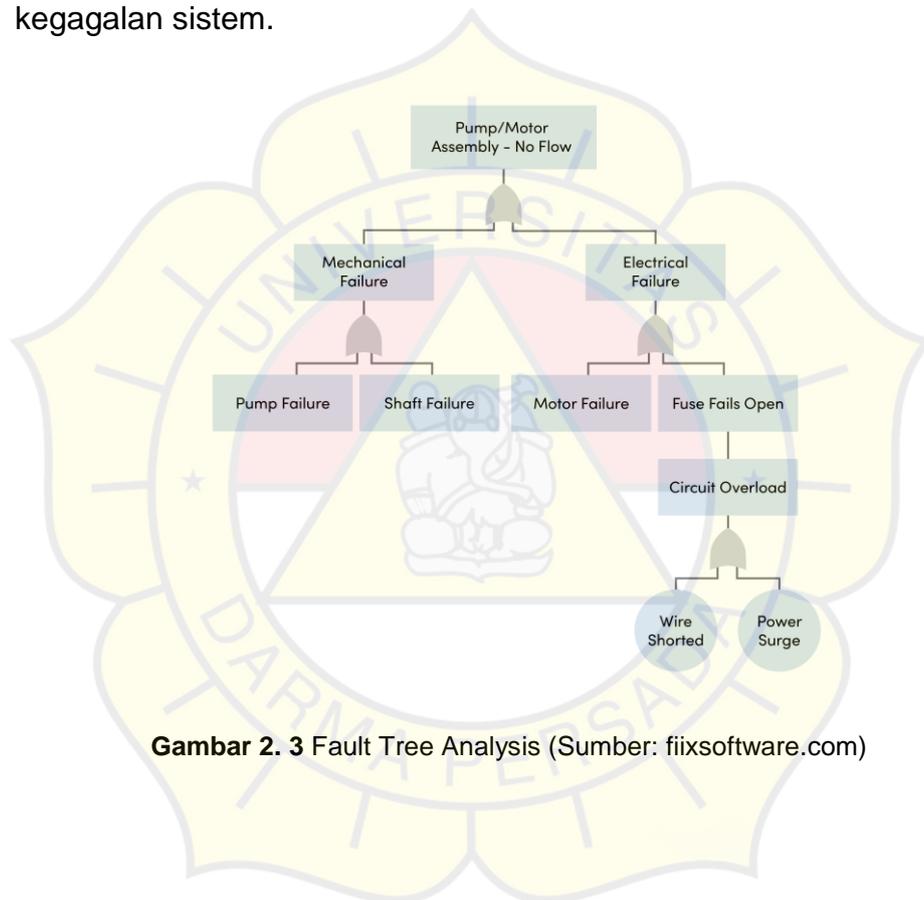
Model yang menggunakan blok – blok untuk mewakili suatu komponen system dapat mewakili secara individu atau subsistem. Model ini dapat digunakan untuk menganalisis tingkat keandalan suatu system secara menyeluruh.



Gambar 2. 2 Reliability Block Diagram (Sumber: Kent Knight, 2020)

2. Model *Fault Tree Analysis* (FTA)

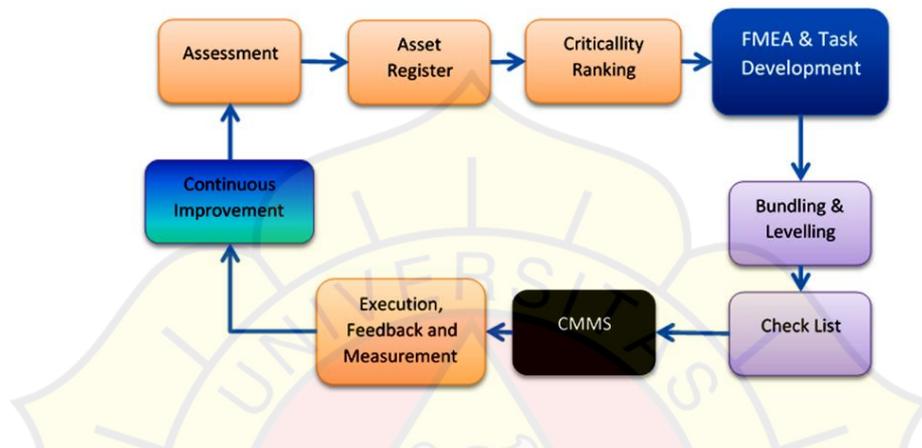
Model ini menggunakan model pohon kesalahan untuk menganalisis dan menggambarkan kombinasi kegagalan yang dapat menyebabkan kegagalan system. Model ini dapat memvisualisasikan hubungan antara kegagalan komponen sistem dan juga dapat membantu dalam mengidentifikasi penyebab dan konsekuensi suatu kegagalan sistem.



Gambar 2. 3 Fault Tree Analysis (Sumber: fiixsoftware.com)

3. Model Reliability centered maintenance (RCM)

Model ini adalah suatu model yang menggunakan suatu pendekatan system untuk merancang program perawatan berdasarkan analisis keandalan resiko.



Gambar 2. 4 Reliability Centered Maintenance (Sumber: Khoiruddin Tansa, 2021)

2.4.2 Mean Time to Failure (MTTF)

MTTF atau *Mean Time to Failure* adalah suatu ukuran untuk rata – rata dari waktu peralatan saat mengalami kerusakan. MTTF ini menggunakan indicator yang dapat mengestimasi umur dari peralatan tersebut. Dengan rumus:

$$MTTF = \frac{\text{Kurun waktu kerusakan}}{\text{total kerusakan}} \dots\dots\dots (2.1)$$

2.4.3 Mean Time to Repair (MTTR)

MTTR atau *Meant Time to Repair* adalah waktu rata – rata untuk proses perbaikan. Perhitungan MTTR itu sendiri dimulai saat alat rusak hingga alat atau peralatan tersebut beroperasi kembali seperti semula. Dengan rumus:

$$MTTR = \frac{\text{Jumlah Waktu Reparasi}}{\text{jumlah reparasi}} \dots\dots\dots (2.2)$$

2.4.4 Distribusi Frekuensi

Distribusi frekuensi adalah cara untuk mengatur data statistik ke dalam kelompok-kelompok tertentu yang disebut kelas, dengan tujuan mempermudah analisis dan penggambaran data. Distribusi frekuensi mengidentifikasi berapa kali suatu nilai atau rentang nilai muncul dalam dataset. Dalam pembuatan distribusi frekuensi, langkah-langkah umum yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. **Menentukan Rentang Nilai:** Tentukan rentang nilai yang mencakup seluruh data.
2. **Menentukan Jumlah Kelas:** Pilih jumlah kelas yang tepat berdasarkan rentang nilai dan jumlah data untuk mendapatkan representasi yang baik dari data.
3. **Menentukan Lebar Kelas:** Hitung lebar setiap kelas dengan membagi rentang nilai dengan jumlah kelas yang telah ditentukan.
4. **Mengatur Data ke dalam Kelas:** Kelompokkan setiap nilai data ke dalam kelas yang sesuai berdasarkan rentang nilai.
5. **Menghitung Frekuensi:** Hitung berapa kali setiap nilai muncul dalam setiap kelas.
6. **Menghitung Frekuensi Kumulatif:** Jumlahkan frekuensi secara berurutan dari kelas pertama hingga kelas terakhir untuk mendapatkan frekuensi kumulatif.

Distribusi frekuensi membantu dalam memahami pola data, termasuk penyebaran nilai, kecenderungan sentral, dan penyebaran data

secara umum. Selain itu, distribusi frekuensi juga dapat membantu dalam pembuatan histogram, diagram batang, dan ringkasan statistik lainnya yang dapat memudahkan interpretasi data. Ini juga sering digunakan untuk memberikan gambaran yang lebih jelas tentang data dan mempermudah analisis statistik lebih lanjut. Berikut adalah beberapa tipe dari distribusi frekuensi:

a. Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial adalah salah satu bentuk distribusi kontinu dan juga salah satu bentuk fungsi dari distribusi gamma yang berperan cukup penting di statistika. Distribusi eksponensial ini berguna dalam mencari suatu selisih waktu yang terjadi dalam suatu peluang. Distribusi Eksponensial dilakukan dengan metode kuadrat terkecil (least square method) yaitu (Ebeling, 1997)

b. Distribusi Weibul

Distribusi ini merupakan peran penting dalam keandalan. Weibull memiliki sifat yang fleksibel. Distribusi ini secara umum digunakan untuk suatu system, sub system dan komponen yang sudah tidak terawat. Distribusi Weibull biasanya digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang menyangkut lama waktu (umur) suatu objek yang mampu bertahan hingga akhirnya objek tersebut tidak berfungsi sebagaimana mestinya (rusak atau mati).

c. Distribusi Normal

Distribusi normal adalah salah satu bentuk distribusi variable acak atau kontinu. Distribusi ini juga berfungsi sebagai distribusi gauss. Persamaan distribusi normal diantaranya sebagai fungsi densitas. Distribusi normal ini akan memberikan penglihatan variable atau penyebaran distribusi. Fungsi ini nantinya juga akan dibuktikan oleh suatu grafik simetris atau *bell curve*.

2.5 Penentuan Schedule Perawatan

Penjadwalan itu sendiri adalah membuat keputusan tentang kapan dan di mana setiap kegiatan harus dilakukan. Pengalokasian sumber daya pada suatu waktu tertentu dengan mempertimbangkan kapasitas sumber daya saat ini disebut penjadwalan.

Menurut heizer dan render (2005), gant chart adalah suatu diagram perencanaan yang digunakan untuk mengatur alokasi waktu dan sumber daya. Ini adalah salah satu cara untuk membuat penjadwalan.

2.6 Biaya Pemeliharaan

Biaya pemeliharaan preventif terdiri dari biaya yang timbul dari pemeriksaan dan penyesuaian peralatan, penggantian atau perbaikan komponen, dan kehilangan waktu produksi karena tindakan tersebut. Biaya pemeliharaan koreksi terdiri dari biaya yang timbul jika peralatan rusak atau tidak berfungsi dengan baik, yang meliputi biaya pelaksanaan pemeliharaan atau penggantian peralatan (Handoko,1987).

Pemeliharaan atau perawatan yang baik akan dilaksanakan dalam kurun waktu tertentu atau yang sudah terjadwal. Semakin sering dilakukan perawatan dapat meningkatkan biaya perawatan yang cukup signifikan. Namun apabila perawatan tidak dilakukan akan mengurangi kinerja mesin itu sendiri. Biaya perawatan di bagi menjadi 2:

1. Biaya akibat diadakan pemeliharaan atau perawatan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada suatu mesin atau komponennya.
2. Biaya akibat perbaikan yang dilakukan yang berakibatkan oleh kerusakan komponen yang cukup kritis.

Oleh karena itu, pola perawatan yang ideal harus dicari agar biaya perawatan dan kerusakan seimbang dengan biaya paling rendah. Biaya pencegahan adalah biaya yang timbul karena perawatan mesin yang sudah dijadwalkan yang menyebabkan mesin terhenti selama beroperasi.

Rumusnya menjadi:

$$C_p = [(A + B)XC] + D + E \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

C_p = Biaya satu siklus preventif

A = Biaya operator mengganggu/jam

B = Biaya kehilangan produksi/jam

C = Waktu perbaikan komponenen dalam jam

D = Harga komponen/unit (Rp)

E = Biaya preventive maintenance

Maka dapat ditentukan total biaya *preventive maintenance* yang dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$Tc = \frac{C_p \times R(T)}{T} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

Tc/jam = Total cost

Cp = Biaya preventive replacement

R(T) = Nilai keandalan

T = Waktu preventive replacement

sebelum menentukan nilai *Total Cost* dan nilai Cp (biaya siklus *preventive*), dalam penentuan biaya preventive maintenance berdasarkan reliabilitas maka perlu menghitung nilai sebagai berikut:

1. Probabilitas Kerusakan dengan rumus:

$$P_n = \left(\frac{\text{Jumlah Kerusakan Dalam } n \text{ Bulan}}{\text{Total Kerusakan}} \right) \dots\dots\dots (2.5)$$

2. Biaya perbaikan

$$Cr = \frac{\text{Total Biaya Komponen}}{\text{Jumlah komponen yang diganti}} \dots\dots\dots (2.6)$$

3. Total kumulatif *breakdown*/bln

$$B_n = \frac{N(\text{Jumlah Mesin})}{P} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

B_n = Total Kumulatif Breakdown

N = Jumlah Mesin

P = bulan ke - n

4. Rata – Rata Jumlah *Breakdown*/bln

$$B = \frac{B_n}{n} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

B_n = Nilai Kumulatif *Breakdown*

n = Bulan ke- n

5. Perkiraan biaya *Repair*/bln

$$TCr = B \times Cr \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

TCr = Perkiraan Biaya *Repair*/bln

B = Rata – Rata Jumlah *Breakdown*

Cr = Biaya Perbaikan

6. Perkiraan biaya preventive maintenance/ bulan

$$TCm = \frac{N(\text{Jumlah Mesin}) \times Cm}{n} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana:

N = Jumlah Mesin

C_m = Biaya yang dikeluarkan setiap dilakukannya perawatan rutin

n = Bulan ke - n

7. Total Biaya *Preventive Maintenance*

$$TMC = TCr + TCm + TCd \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana:

TCr = Perkiraan biaya *Repair*/bln

TCm = Perkiraan biaya *preventive maintenance*/ bulan

TCd = Blaya yang dikeluarkan saat *breakdown*

2.6 Modular Design dan Tahapannya

Modular Design adalah ide yang sering digunakan dalam proses desain produk dan akan diterapkan dalam proses perawatan produk. *Modularity* adalah pengelompokan produk dalam bentuk unit yang berbeda berdasarkan fungsinya sehingga lebih mudah untuk mengangkut dan menggantinya.

Modularity memudahkan perbaikan dan pemeliharaan dengan membagi komponen berdasarkan kemiripan dan ketergantungan, yang mengurangi biaya perawatan, terdapat dua karakteristik dari *modularity*:

1. *Simillary* anantara bentuk secara fisik dan fungsi arsitektur dari desain.

2. Minimasi atau Mengurangi dnri interaksi fisik yang kurang penting.

Dalam kasus ini, modular desain yang dipakai adalah modular desai berbasis waktu, sehingga step atau tahapanya adalah:

1. Menentukan komponen atau pengelompokan komponen kelas kritis: dengan menggunakan metode penentuan nilai kontribusi untuk setiap komponen, dari nilai tersebut akan terlihat presentase kontribusi untuk setiap komponen dan terlihat komponen mana saja yang termaksud komponen kritis, mayor maupun minor. Untuk penentuan komponen kritis mayor dan minor adalah berdasarkan nilai persen dari investasi tiap komponennya. Apabila $\leq 80\%$ maka komponen tersebut termaksud kedalam kategori kritis kalau $\leq 90\%$ maka komponen tersebut termasuk kedalam kategori mayor
2. Setelah pengelompokan komponen maka dilakukanya analisis nilai MTTF (*Mean Time too Failure*) dan juga MTTR (*Mean Time to Repair*) setiap komponen
3. Hal selanjutnya yang dilakukan setelan perhitungan MTTR dan MTTTF maka dilakukanya analisis distribusi setiap komponen, dari analisis tersebut akan terlihat nilai alpa dan beta nya yang nantinya digunakan untuk menghitung $D(tp)$ yang dimana nilai tersebut untuk menentukan waktu penggantian komponen yang akan digunakan.
4. Setelah menentukan distribusi maka selanjutnya adalah penghitungan untuk menentukan waktu penggantian setiap komponen.

5. Setelah ditemukan waktu penggantian tiap komponen, maka akan dilakukanya perhitungan biaya *preventive maintenance* berdasarkan reliability atau kehandalan.
6. Tahapan terakhir adalah menghitung dan meng Analisa biaya preventive maintainance menggunakan metode modularity design berbasis waktu (Age Replacement), maka dari itu hasil dari ke 2 metode tersebut akan terlihat dan dilakukanya perbandingan manakah yang memiliki nilai atau biaya terkecil.

Metode modular ini digunakan dengan harapan untuk bisa meminimalisirkan biaya untuk dilakukanya perawatan terhadap tiap komponen mesin lift di PT X.

2.7 Age Replacement

Age Replacement adalah kriteria minimum downtime yang digunakan untuk menentukan interval waktu penggantian pencegahan (Jardine, 1993).

Pada model *Age replacement* terdapat 2 siklus penggantian:

1. Siklus pertama: ditentukan melalu komponen yang sudah mencapai umur penggantian (t_p) sesuai yang sudah direncanakan
2. Siklus kedua: melalui komponen yang kerusakanya telah mencapai sebelum waktunya.

Berikut adalah Variabel – variable penting yang berhubungan dengan metode age replacement:

- **Interval waktu penggantian pencegahan (t_p)**

- **Downtime yang terjadi karena penggantian kerusakan (Tf)**
rata-rata dari waktu perbaikan yang diakhiri dengan kegiatan penggantian komponen.
- **Downtime yang terjadi karena penggantian pencegahan (Tp)**
berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk membongkar dan memasang kembali model komponen kritis hingga mesin dapat berfungsi kembali dengan asumsi bahwa komponen pengganti tersedia.
- **Fungsi kepadatan probabilitas dari waktu kerusakan pada peralatan F(t)**
probabilitas kerusakan yang terjadi dalam suatu rentang waktu tertentu.
Dengan rumus:
$$F(t) = 1 - R(t) \dots\dots\dots (2.12)$$

dimana:
$$R(t) = \text{Probabilitas Terjadinya Siklus Pencegahan}$$
- **Probabilitas terjadinya siklus pencegahan yang diakhiri dengan kegiatan pencegahan [R(tp)]**
nilainya dapat dicari setelah distribusi data diketahui.
- **Nilai total downtime per satuan waktu [D(tp)]**
Variabel ini bertindak sebagai indikator apakah nilai variabel interval penggantian pencegahan telah menghasilkan downtime minimal

$$D(tp) = \left(\frac{(Tp \times R(tp)) + (Tf \times [1 - R(tp)])}{((tp + Tp) \times R(tp)) + ((M(tp) + Tf) \times [1 - R(tp)])} \right) \dots\dots\dots (2.13)$$

- **Nilai Maintainability [M(tp)]**

Merupakan waktu rata-rata terjadinya kerusakan jika penggantian pencegahan dilakukan saat tp. Sedangkan untuk mencari M(tp);

$$M(tp) = \frac{MTTF}{F(tp)} \dots\dots\dots (2.14)$$

2.8 Metode Klasifikasi ABC

Analisis klasifikasi ABC mengelompokkan produk berdasarkan nilai atau kontribusinya terhadap penjualan atau keuntungan bisnis. Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk menemukan produk mana yang paling penting atau bernilai tinggi sehingga pengelolaan inventaris dapat dilakukan dengan lebih baik. Metode ini menggunakan pendekatan 80/20, atau Prinsip Pareto, yang mengatakan bahwa sekitar 20 persen dari produk atau jasa biasanya memberikan 80 persen dari nilai penjualan atau keuntungan.

Produk kategori A biasanya memberikan kontribusi terbesar, misalnya 80% dari nilai kontribusi, produk kategori B memberikan kontribusi menengah, misalnya 15%, dan produk kategori C memberikan kontribusi terendah, misalnya 5%.

Klasifikasi ABC ini adalah suatu metode yang digunakan untuk pembuatan group atau pengelompokan nilai tertinggi hingga nilai terendah, setelah itu akan dibagi menjadi 3 kelompok besar yang disebut kelompok A, B, dan C.

Kelompok A biasanya adalah kelompok yang paling sering digunakan. sebesar 10–20 % dari total elemen dan mewakili 60-70% dari total nilai; Kelompok B sebesar 20 % dari total elemen dan mewakili 20% dari total nilai; dan Kelompok C biasanya sebesar 60-70% dari total elemen dan mewakili 10-20 % dari total nilai. Biasanya pengelompokan ini digunakan untuk pengolahan pembelian, penyimpanan penjualan dan lainnya. Metode ini juga biasa disebut dengan analisis ABC.

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode ABC ini untuk menentukan nilai klasifikasi atau kelas untuk nilai investasi atau berdasarkan nilai jual dari setiap part. Maka kelompok yang digunakan oleh penulis adalah A sebagai komponen Kritis B sebagai Mayor dan C sebagai kelas Minor.

Komponen yang termasuk dalam group A ialah komponen yang memiliki nilai kumulatif $\leq 80\%$ kelompok B adalah komponen yang memiliki nilai kumulatifnya $\leq 95\%$ dan kelompok C adalah $\leq 100\%$.

2.9 Fault Tree Analysis

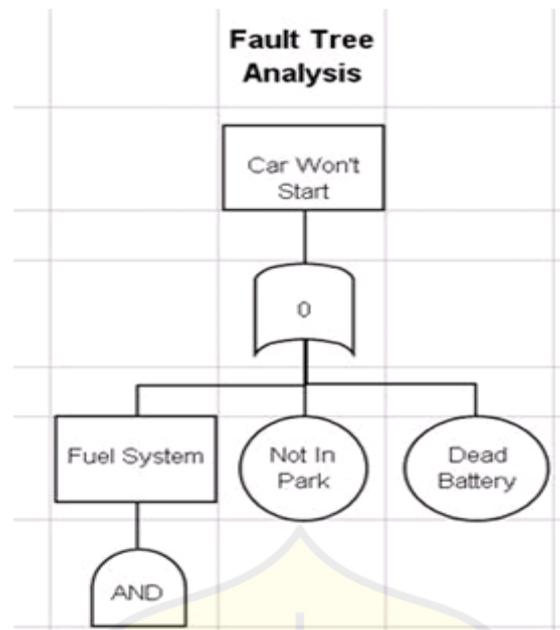
H.S. Watson pertama kali membuat *Fault Tree Analysis* di *Bell Telephone Laboratories* pada tahun 1962 untuk menyelidiki evaluasi keselamatan sistem peluncuran *minuteman missile* antar benua. FTA adalah metode untuk menemukan risiko yang berkontribusi langsung pada kegagalan. Metode ini menggunakan *top-down approach*. Ini dimulai dengan menganggap kejadian puncak (*top event*) adalah kegagalan atau

kerugian, kemudian menjelaskan alasan kejadian puncak sampai pada sumber kegagalan.

Analisa pohon kegagalan adalah diagram satu arah yang menghubungkan informasi yang dikumpulkan dalam analisis cara kegagalan dan akibatnya. Struktur FTA menyerupai pohon dan disajikan dalam bentuk grafis sebagai logika. Logika ini terhubung ke kegagalan sistem yang paling umum, kejadian TOP, dan dapat berkembang menjadi kegagalan dasar, kejadian mula. FTA banyak digunakan dalam penelitian tentang keandalan dan risiko sistem *engineering*. *Event* yang dapat terjadi yang dapat menyebabkan kegagalan sistem *engineering* dan kemungkinan terjadinya *event* tersebut. Berikut adalah pengertian FTA menurut beberapa peneliti

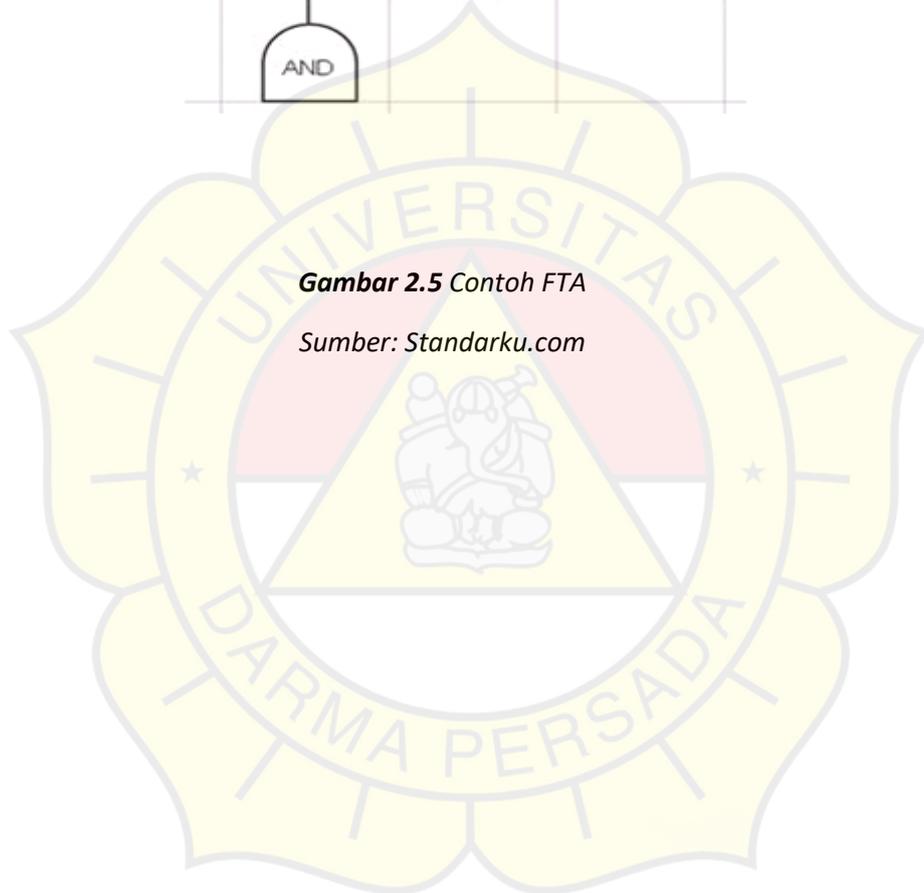
Menurut Kristiansen (2005), analisis pohon kesalahan adalah metode analisis di mana suatu kejadian yang tidak diinginkan, disebut kejadian yang tidak diinginkan, terjadi pada sistem dan kemudian dievaluasi dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan dan operasional saat ini untuk mengidentifikasi semua potensi kejadian yang dapat menyebabkan kejadian tersebut.

Fault tree analysis adalah metode yang dapat diandalkan, menurut Ansori dan Mustajib (2013), yang mengatur kegagalan yang tidak diinginkan dengan menarik kesimpulan dan menampilkan gambar.



Gambar 2.5 Contoh FTA

Sumber: Standarku.com



2.1 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah beberapa penelitian terdahulu yang sudah menggunakan metode modularity design untuk menentukan biaya perawatan.

Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu

No.	Nama Peneliti	Tahun penelitian	Judul Penelitian	Keterangan
1	Vivi Tri Yanti	2015	Penerapan Preventive Maintenance Dengan Menggunakan Metode Modularity Design Pada Mesin Goss Di PT. ABC	metode pemeliharaan yang memiliki biaya maintenance paling rendah yakni, metode preventive maintenance modularity design.
2	Willyanto Anggono, Julianingsih, Linawati	2017	Preventive Maintenance System Dengan Modularity Design Sebagai Solusi Penurunan Biaya Maintenance (Studi Kasus Di Perusahaan Tepung Ikan	Penggantian komponen yang terlalu cepat ataupun terlalu lama akan berakibat timbulnya ekspektasi biaya yang tidak optimal. Penentuan selang waktu penggantian yang optimal adalah untuk menerapkan sistem preventive maintenance dengan modularity design yang mana pengeluaran biaya dapat ditekan seminimum mungkin
3	Hariyanto, sri rahayuningsih, heribertus budi santoso	2017	Analisa Preventive Maintenance System Dengan Modularity Design Pada PT. Surya Pamenang	biaya penggantian komponen dengan preventive modularity maintenance memberikan biaya penggantian terkecil