

## **Bab 2**

### **Landasan Teori**

#### **2.1. Definisi *Maintenance***

Menurut (Benjamin S. Blanchard, Dinesh Verma dan Elmer L. Peterson: 1994,1) perawatan atau *maintenance* merupakan serangkaian kebijakan yang diperlukan untuk mempertahankan atau mengembalikan suatu barang dalam keadaan operasional yang efektif. Pengertian ini dapat disimpulkan perawatan pada mesin ialah suatu tindakan semua aktivitas yang dilakukan untuk menjaga kondisi performa mesin sehingga komponen atau mesin dapat bekerja dengan optimal. Perawatan juga mencakup semua tindakan yang diperlukan untuk mampu mempertahankan dan menjaga kualitas produk agar tidak terjadinya kerusakan atau gangguan pada mesin sehingga memproduksi produk bisa mencapai target yang sesuai diinginkan oleh perusahaan.

#### **2.1.1. Tujuan Perawatan**

Perawatan memiliki tujuan utama supaya suatu mesin dapat bekerja dengan efektif, diantaranya yaitu: (John D. Campbell dan Andrew K.S. Jardine: 2001, 12)

1. Memaksimalkan waktu operasi atau kapasitas produksinya
2. Mengoptimalkan kemampuan produksi
3. Meminimalkan biaya per unitnya
4. Meminimalkan resiko hilangnya kapasitas produktif
5. Meminimalkan terjadinya kecelakaan terhadap karyawan
6. Meminimalkan kerusakan pada lingkungan

#### **2.1.2. Jenis-Jenis Perawatan**

Menurut (Benjamin S. Blanchard, Dinesh Verma dan Elmer L. Peterson: 1994, 15-16) pemeliharaan dapat dikategorikan sebagai enam jenis perawatan diantaranya adalah: *corrective maintenance*, *preventive maintenance*, *predictive maintenance*,

*maintenance prevention, adaptive maintenance dan perfective maintenance.*

Berikut ini penjelasan dari ke enam jenis perawatan:

1. Sistem Pemeliharaan Ulang (*Corrective Maintenance*)

Pemeliharaan korektif merupakan kegiatan perawatan yang tidak terjadwal, artinya tindakan perawatan yang tidak terjadwal dikarenakan penyebab dari suatu kegagalan sistem produk. Kegiatan Pemeliharaan korektif ini dilakukan setelah komponen mengalami kerusakan yang tujuannya untuk mengembalikan kondisi sistem yang rusak tersebut pada kondisi semula. Pada perawatan tersebut dapat mengidentifikasi dan verifikasi beberapa gejala kegagalan yaitu isolasi kegagalan, pengecekan pada bagian yang mengalami kerusakan, melakukan pemindahan dan pemeliharaan komponen atau penggantian di tempat. Sistem pemeliharaan ini dilakukan jika terjadinya kerusakan sudah di prediksi.

2. Sistem Pemeliharaan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Pemeliharaan *preventive* merupakan dimana aktivitas pemeliharaan yang dilakukan secara terjadwal, kegiatan ini bertujuan untuk mempertahankan akibat terjadinya kegagalan, memeriksa kegagalan, menurunnya performa tingkat keandalan komponen atau menemukan penyebab kerusakan yang tidak diprediksi dan meningkatkan ketersediaan komponen sistem tersebut.

Teknologi dikehidupan manusia tidak dapat dipisahkan, karena manusia dalam kehidupan selalu menggunakan sistem teknologi mulai dari teknologi informasi, transportasi, ekonomi dan budaya. (Tim Dosen Teknik Industri Unikom, 2014:2) Menurut (Agus Riyanto, 407:2018 Materials Science and Engineering) sebuah sistem informasi yang dibutuhkan agar pemeliharaan secara terjadwal adalah dengan menerapkan teknologi informasi dapat didefinisikan yaitu alat yang membantu dalam melakukan pekerjaan penjadwalan pemeliharaan.

*Preventive maintenance* dapat dikategorikan menjadi empat bagian diantaranya yaitu:

a. *Time Directed Maintenance*

Pemeliharaan terarah waktu ini merupakan kegiatan perawatan ini dilakukan berdasarkan waktu variabel. Kegiatan lainnya untuk menerapkan sistem *time directed maintenance* ada dua kebijakan tersebut yang pertama *periodic maintenance* ialah pencegahan pemeliharaan yang dilakukan secara terjadwal yang bertujuan untuk penggantian suatu komponen berdasarkan waktu yang sudah ditentukan. Sedangkan yang kedua *non-condition maintenance* adalah pencegahan pemeliharaan yang dilakukan kegiatan dari operator seperti *cleaning, inspection* dan *lubrication*. Ada dua jenis faktor yang mendasari untuk kegiatan berdasarkan waktu perawatan:

- Faktor keselamatan dan keamanan

Keselamatan dan keamanan merupakan faktor kebijakan yang sangat penting untuk keselamatan pekerja, apabila tidak diterapkan maka nyawa operator yang jadi resikonya jika terjadi kecelakaan pada kegiatan pemeliharaan.

- Faktor Ekonomi

Faktor keuangan ini dilakukan untuk kegiatan pemeliharaan itu sendiri membutuhkan biaya yang sangat besar apabila terjadinya kerusakan pada komponen tersebut. Oleh karena itu perawatan pencegahan dengan penganti komponen dilakukan secara terjadwal pada waktu interval tertentu.

b. *Condition Based Maintenance*

Pemeliharaan berdasarkan kondisi merupakan pencegahan yang sesuai dilakukan untuk kondisi yang berlangsung dimana variabel waktu dapat dipastikan secara tepat. Kebijakan keadaan terjadi seperti ini bisa dilakukan dengan memprediksi perawatan (*predictive maintenance*), kegiatan tersebut merupakan perawatan yang dilakukan secara benar-benar diperlukan dengan pemulihan ke tingkat awal.

c. *Failure Finding*

Penemuan kegagalan atau *failure finding* merupakan kegiatan pencegahan dengan memeriksa fungsi yang tidak dapat diketahui (*hidden function*) secara periodik agar memastikan suatu komponen kapan akan mengalami kerusakan.

d. *Run To Failure*

Kegiatan ini bisa disebut juga dengan perawatan tidak terjadwal dimana kegiatan pemeliharaan tersebut tidak melakukan usaha dan mengevaluasi untuk mengatasipasi kerusakan. Suatu komponen jika tidak dilakukan perawatan sehingga dibiarkan begitu saja bekerja maka kejadian ini sangat merugikan perusahaan itu sendiri karena mengalami keterhambatan suatu proses produksi.

3. *Predictive Maintenance*

Pemeliharaan prediksi merupakan kegiatan perawatan dengan tujuan untuk pendeteksian timbulnya penurunan suatu komponen. Untuk perawatan seperti ini dibutuhkan mencari penyebab faktor gangguannya. Faktor tersebut harus dihilangkan dengan dilakukan langkah-langkah pencegahan yang sesuai, sebelum suatu sistem dapat mengalami dampak penurunan secara signifikan.

4. *Maintenance Prevention*

Pada pencegahan pemeliharaan ini kegiatan yang mengurangi proses terjadinya *downtime* pada suatu mesin, perawatan ini digunakan dalam konsep *total productive maintenance* (TPM) bertujuan untuk meningkatkan produktivitas di lingkungan perusahaan serta mengurangi biaya komponen lainnya.

5. *Adaptive maintenance*

Pemeliharaan adaptif ini berkesinambungan dengan perangkat lunak komputer dan bagaimana cara merubah pemrosesan data.

## 6. *Perfective Maintenance*

Perawatan seperti ini dilakukan untuk mengacu perubahan dalam perangkat lunak komputer agar meningkatkan kinerja pengemasan atau pemeliharaan

### **2.2. *Total Productive Maintenance***

Menurut (Benjamin S. Blanchard, Dinesh Verma dan Elmer L. Peterson: 1994, 17) *Total productive maintenance* merupakan suatu konsep yang awalnya dikembangkan oleh orang Jepang, dimana pendetektan siklus hidup terpadu *top-down* berorientasi sistem pemeliharaan, dengan bertujuan untuk memaksimalkan produktivitas. *Total Productive Maintenance* merupakan suatu konsep pemeliharaan yang melibatkan semua pegawai. Dimana tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mencapai efektivitas pada sistem produksi melalui kerja sama dan kegiatan pemeliharaan yang produktif. TPM wajib melibatkan semua elemen yang berada pada suatu perusahaan dan berfokus pada kegiatan yang telah mereka rencanakan.

Pada masa perkembangannya TPM berfokus pada perawatan yang mendukung proses produksi dalam perusahaan, dan JIPM mendefinisikan dalam lima elemen berikut : (Seiichi Nakajima: 1988, 10)

1. TPM berfungsi untuk memaksimalkan efektivitas pada seluruh fasilitas yang ada (OEE).
2. TPM adalah sistem yang ada pada PM (*Preventive Maintenance*) pada jangka waktu keseluruhan suatu perusahaan.
3. TPM melibatkan seluruh bagian departemen suatu perusahaan (pengoperasian, penawaran dan perancangan)
4. TPM melibatkan seluruh anggota perusahaan mulai dari karyawan lantai produksi hingga puncak manajemen perusahaan,
5. TPM sebagai landasan dalam promosi PM dalam bentuk kegiatan kelompok kecil mandiri melalui manajemen motivasi.

Kata total dapat diartikan pada *Total Productive Maintenance* mengandung tiga arti yaitu : (Seiichi Nakajima: 1988, 11)

1. *Total Effectiveness*, mengartikan bahwa TPM memiliki tujuan untuk efisiensi ekonomi dan mencapai keuntungan pada perusahaan (point 1).
2. *Total Maintenance System*, meliputi *preventive maintenance*, *maintainability improvement* dan *maintenance prevention* (point 2).
3. *Total Participation of All Employees*, terdiri dari *autonomous maintenance* operator pada kegiatan suatu group kecil (*small group activities* berdasarkan point 3, 4 dan 5.)

### **2.3. Produktivitas Mesin**

Konsep produktivitas mesin merupakan suatu alat atau komponen yang mengubah energi untuk membantu proses pelaksanaan pekerjaan manusia agar lebih efektif dan efisien. Sedangkan produktivitas pada produksi adalah suatu perbandingan antara *input* dan *ouput* dalam persatuan waktu. Perusahaan industri yang sangat maju biasanya mengandalkan mesin dalam memproduksi guna pencapaian sesuai target perusahaan, oleh karena itu sangat penting bagi perusahaan untuk meningkatkan dan mempertahankan produktivitas mesin sehingga bisa optimal dalam memproduksi produk.

Keunggulan kompotitif sangat penting untuk kemajuan perusahaan karena menunjukan kinerja disetiap bagian. Hal ini adalah sebuah posisi perusahaan dimana untuk para pesaing, ada dua metode untuk membuat keunggulan kompetitif yang pertama metode penghemat biaya (*saving of cost*) dan yang kedua diferensiasi (*differentiation*). Maka dari itu untuk menjaga kinerja semua bagian perusahaan agar tetap terjaga dan berada dalam kondisi optimal, pentingnya perusahaan manufaktur memprioritaskan kinerja karyawan maupun sistem produksi agar suatu mesin dapat digunakan dalam kondisi performa yang baik. Sehingga pemeliharaan komponen dan mesin menjadi hal keutamaan oleh perusahaan guna mempertahankan produktivitas mesin. (Problems and Perspectives in Management, Volume 16, Issue 3, 2018 Agus Riyanto, 2018:465)

#### **2.4. Overall Equipment Effectiveness**

Metode *overall equipment effectiveness* (OEE) merupakan suatu kegiatan untuk dapat mengukur kinerja mesin produksi dengan penerapan *total product maintennce* (TPM). Kegiatan metode ini memiliki tiga kebijakan komponen utama dalam menerapkan metode oee pada produksi mesin itu seperti waktu ketersediaan (*availability*), *performance* dan *quality* mutu yang dihasilkan. Metode *overall equipment effectiveness* ini dapat diartikan juga dengan efektivitas peralatan keseluruhan komponen, sehingga pengukuran metode OEE sangat dibutuhkan dalam penerapan program TPM di perusahaan guna menjaga peralatan pada kondisi yang optimal dan mengukur keberhasilan serta memperbaiki *performance* mesin. (Susetyo.A.E Jurnal Science Tech Vol. 3, No. 2, Agustus: 2017)

Perhitungan data yang diolah dan yang dihasilkan dapat dengan menggunakan persentase (%) guna mengetahui seberapa persen performa mesinnya. Berdasarkan keefektifan performa mesin dan komponen nilai ke tiga tersebut seperti nilai *availability* > 90%, *performance ratio* >95% dan *rate quality product* >99%. Hal ini nilai dengan kondisi nilai OEE tersebut bisa disebut ideal atau baik nilai *variabel*. Metode OEE dapat diartikan pengukuran ini bahwa kerusakan peralatan bukan satu-satunya sumber kerugian produksi atau memproduksi dibawah kemampuan dan memproduksi barang yang salah juga dapat memiliki dampak negatif yang serius. (Borris: 2006, 29)

##### **2.4.1. Availability Ratio**

*Availability* merupakan suatu rasio jumlah waktu proses produksi dimana rasio ini mampu menjalankan produk berkualitas dengan total waktu yang bisa berjalan. Nilai *availability* didapatkan dengan perbandingan antara *operation time* dan *loading time*. Keputusan manajemen akan diperlukan untuk menentukan apa yang diterima sebagai waktu henti dan untuk mengatur protokol apa pun, bahkan ada kemungkinan standar industri. Oleh karena itu ada beberapa faktor penting untuk menghitung *Availability* seperti *loading time* dan *operation time*, untuk *loading time* didapatkan total waktu selama memproduksi seharian atau beberapa aktivitas waktu

yang dapat dipisahkan sedangkan *loading time* waktu yang tersedia untuk memproduksi atau per periode serta *down time* merupakan waktu operasi mesin mengalami berhenti karena kerusakan mendadak. (Borris: 2006, 29)

$$Availability = \frac{Operation\ Time}{Loading\ Time} \times 100\% \quad (2.1)$$

Keterangan:

*Operation time* adalah waktu peralatan selama beroperasi

*Loading time* adalah waktu yang tersedia untuk produksi

Nilai *availability* mempunyai ketentuan yang dipakai diperusahaan manapun, perusahaan di Indosnesia sangat jarang sekali nilai tersebut sesuai pencapaiannya, nilai yang rata-rata yang didapat bersekitaran tidak lebih dari 60% maka dari itu nilai yang harus dicapai dengan persentase lebih dari >90%.

#### **2.4.2. Performance Efficiency Ratio**

*Performance efficiency ratio* atau diartikan dengan rasio efisiensi kinerja merupakan kualitas produk yang menghasilkan waktu siklus idealnya terhadap *operatio time*, artinya dimana suatu ratio yang menggambarkan sejauh mana kualitas kemampuan dari komponen yang menghasilkan produk. Untuk itu perhitungan *performance efficiency ratio* yang pertama mencari *ideal cycle time* dari mesin produksi, yang kedua yaitu dengan menghitung persentase kerja terhadap *delay time* pada suatu mesin produksi. Berikut ini rumus yang digunakan untuk mencari pengukuran *performance* pada mesin: (Hamdy M. Ishan Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah Vol. 3. No. 1: 2017)

$$Performance = \frac{Jumlah\ Proses\ Produksi}{Target\ Produksi} \times 100\% \quad (2.2)$$

Keterangan:

Jumlah proses produksi adalah jumlah total produk yang diproduksi oleh mesin

Target Produksi adalah jumlah target yang diinginkan

### 2.4.3. *Rate of Quality*

*Rate of quality* merupakan suatu perbandingan rasio yang menunjukkan kemampuan peralatan dengan menghasilkan produk yang sesuai standar perusahaan melalui persentase. Nilai yang dihasilkan dari *rate of quality* dengan menghitung dari *processed amount*, *defect amount* dan *processed amount*. Perusahaan menargetkan *quality* dengan persentase yang cukup ideal, hal ini jadi catatan penting karena sebuah target dianggap dari kegagalan produk dalam permasalahan selama proses produksi untuk itu pengumpulan data secara keseluruhan dianggap efektif sebagai memperbaiki kualitas produk. Berikut ini rumus yang digunakan untuk menghitung *persentase rate of quality*:

$$Quality = \frac{\text{Jumlah Proses Produksi} - \text{Jumlah Cacat}}{\text{Jumlah Proses Produksi}} \times 100\% \quad (2.3)$$

Keterangan:

Jumlah proses produksi adalah jumlah total produk yang diproduksi oleh mesin

Jumlah cacat adalah jumlah produk cacat yang didapat dalam memproduksi

Jumlah proses produksi adalah jumlah total produk yang diproduksi oleh mesin

Setelah kegiatan nilai ideal ketiga variabel tersebut yang didapatkan kemudian mencari nilai *overall equipment effectiveness* (OEE) dimana nilai OEE adalah didapatkan dengan mengalikan nilai ratio dari *availability ratio*, *performance efficiency ratio* dan *rate of quality* hal ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana ke efektivitas pada mesin. Berikut adalah perumusan untuk menghitung nilai dari *overall equipment effectiveness* (OEE)

$$OEE = \text{Availability Ratio}(\%) \times \text{Performance R}(\%) \times \text{Rate of Quality}(\%) \quad (2.5)$$

Berdasarkan analisis nilai OEE yang didapatkan dari perhitungan ketersediaan efektivitas produksi. Menurut Japan Institute of Plant Maintenance sebagai promotor kunci TPM melalui *PM Price*, kondisi ideal OEE yaitu sebagai berikut:

1. Ketersediaan (*availability ratio*) >90%
2. Efektivitas produksi (*performance ratio*) >95%
3. Tingkat kualitas produk (*rate of quality*) >99%
4. Tingkat keseluruhan efektivitas komponen dan mesin berdasarkan nilai yang ideal yaitu OEE > 85%

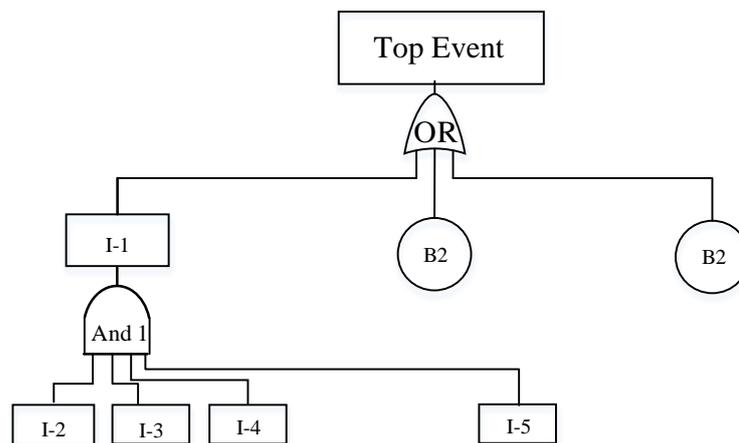
### **2.5. Fault Tree Analysis (FTA)**

*Fault Tree Analysis* (FTA) mulai dikembangkan pada tahun 1962, metode ini diterapkan karena banyaknya terjadi kecelakaan udara yang mengakibatkan terjadinya korban jiwa, untuk itu guna mengetahui terjadinya kecelakaan seorang peneliti menganalisis penyebab dari kecelakaan tersebut dengan menggunakan metode FTA. *Fault tree analysis* berfokus pada suatu fungsi yang dikenal sebagai “*top down*” *approach* karena analisa yang dilakukan bermula dari sistem yang paling atas dan turun sampai sistem yang paling bawah. (Haidar, 2018:14)

FTA merupakan pendekatan deduktif yang melibatkan pencacahan grafis dan analisis berbagai cara dimana kegagalan sistem tertentu dapat terjadi dan kemungkinan kemunculannya, *fault tree analysis* dikembangkan untuk setiap mode kegagalan kritis atau kejadian tingkat yang tidak diinginkan.

FTA adalah metode yang banyak dipakai untuk studi yang berkaitan dengan resiko dari ketahanan suatu sistem *engineering*. Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi kegagalan suatu sistem salah satu diantaranya adalah *event* potensial, dimana *event* ini akan dicari probabilitasnya dan kemudian akan ditentukan dengan FTA. Sistem harus terlebih dahulu ditentukan oleh *event* yang terjadi pada *top system (system failure)*, dan kemudian mulai melakukan rekonstruksi FTA, lalu sistem akan dianalisa untuk mendapatkan semua kemungkinan terjadinya kegagalan yang ada di *top event*. (Benjamin S. Blanchard,

Dinesh Verma dan Elmer L. Peterson, 1994:248). Berikut ini adalah contoh gambaran diagram dari metode *fault tree analysis* dapat dilihat pada gambar 2.1. dibawah ini:



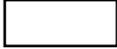
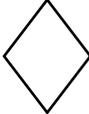
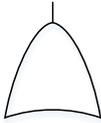
**Gambar 2.1. Fault Tree Diagram (Blanchard: 1994)**

Terdapat tiga langkah besar dalam membuat *fault tree analysis* yaitu: (Benjamin S. Blanchard, Dinesh Verma dan Elmer L. Peterson, 1994:250) Mendefinisikan sistem, batas-batasnya dan *event* teratas.

1. Membangun *fault tree analysis* yang secara simbolis mewakili sistem dan peristiwa/*event* yang relevan.
2. Melakukan evaluasi kualitatif dengan mengidentifikasi kombinasi peristiwa yang akan menyebabkan peristiwa puncak/teratas.
3. Melakukan evaluasi kuantitatif dengan menetapkan probabilitas kegagalan atau ketidakmampuan untuk peristiwa puncak/teratas.

Berikut merupakan tabel dari *symbol logic* yang digunakan beserta dengan definisi atau penjelasannya: (Benjamin S. Blanchard, Dinesh Verma dan Elmer L. Peterson, 1994:250)

Tabel 2.1. *Fault Tree Contruction Symbology*

<i>Symbol Gate</i>	<b>Keterangan</b>
<p><i>Top Event</i></p> 	<i>Elips</i> kejadian ini mewakili acara tingkat atas atau bagian <i>elips</i> selalu muncul tingkat paling atas dari FTA.
<p><i>Rectangle</i></p> 	Persegi panjang mewakili peristiwa kesalahan menengah, persegi panjang juga dapat muncul dimana saja kecuali di tingkat terendah dalam hirarki
<p><i>Circle</i></p> 	Lingkaran mewakili kejadian kegagalan terendah dan juga bisa disebut <i>basic</i> .
<p><i>Diamond</i></p> 	Berlian merupakan kejadian yang belum dikembangkan, peristiwa ini yang belum dikembangkan dapat dipecahkan lebih jauh,
<p><i>House</i></p> 	Simbol rumah ini merupakan input dari suatu peristiwa yang mengacu pada sinyal atau input yang dapat menyebabkan terjadinya kegagalan sistem.
<p><i>Logic Event</i></p> 	Hubungan/relasi secara logika antara input dinyatakan dalam AND, dalam hal ini hasilnya direalisasikan hanya semua input terkait telah diterima
<p><i>Transferred</i></p> 	Simbol segitiga ini mewakili gerbang logika OR, dalam hal ini satu atau lebih dari input harus diterima agar <i>output</i> dapat direalisasikan.