

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 *Total Productive Maintenance (TPM)*

*Total Productive Maintenance (TPM)* merupakan suatu aktivitas perawatan yang mengikut sertakan semua elemen dari perusahaan, yang bertujuan untuk menciptakan suasana kritis (*critical mass*) dalam lingkungan industri guna mencapai *zero defect* dan *zero accident* (Kurniawan, 2013).

TPM adalah suatu metode yang bertujuan untuk memaksimalkan efisiensi penggunaan peralatan, dan memantapkan sistem perawatan preventif yang dirancang untuk keseluruhan peralatan dengan mengimplementasikan suatu aturan dan memberikan motivasi kepada seluruh bagian yang berada dalam suatu perusahaan tersebut, melalui peningkatan kompetensi dari seluruh anggota yang terlibat mulai dari manajemen puncak sampai kepada level bawah.

TPM akan mengarahkan proses perawatan menjadi sesuatu yang sangat penting dari seluruh aktivitas manufaktur, dimana TPM merupakan pendekatan secara proaktif untuk meminimasi perawatan yang tidak terjadwal (Wang, 2011). Implementasi TPM diarahkan pada pencapaian efisiensi produksi di semua lini, karena saat ini banyak industri yang menerapkan sistem manusia mesin, sehingga untuk mendukung efisiensi, perlu dilakukan upaya yang tepat dalam penggunaan metode produksi dan perawatan terhadap fasilitas industri.

Untuk menerapkan metode TPM dalam sebuah perusahaan manufacturing, diperlukan pondasi yang kuat dan pilar yang kokoh. Pondasi TPM adalah 5S, sedangkan pilar utama TPM terdiri dari 8 pilar atau biasanya disebut dengan 8 pilar TPM (*Total Productive Maintenance*). 8 pilar TPM sebagian besar difokuskan pada teknik proaktif dan preventif untuk meningkatkan kehandalan mesin dan peralatan produksi. Berikut 8 pilar TPM : (Shirose, Kunio.1995)



(Sumber: Ahuja & Khamba, 2008)

Gambar 2.1 pilar-pilar dalam TPM dan pondasi dari TPM

1. *Autonomous Maintenance /Jishu Hozen* (Perawatan Otonomus)

*Autonomous Maintenance* atau *Jishu Hozen* memberikan tanggung jawab perawatan rutin kepada operator seperti pembersihan mesin, pemberian lubrikasi/minyak dan inspeksi mesin. Dengan demikian, operator atau pekerja yang bersangkutan memiliki rasa kepemilikan yang tinggi, meningkatkan pengetahuan pekerja terhadap peralatan yang digunakannya. Dengan Pilar *Autonomous Maintenance*, Mesin atau peralatan produksi dapat dipastikan bersih dan terlubrikasi dengan baik serta dapat mengidentifikasi potensi kerusakan sebelum terjadinya kerusakan yang lebih parah.

2. *Planned Maintenance* (Perawatan Terencana)

*Pilar Planned Maintenance* menjadwalkan tugas perawatan berdasarkan tingkat rasio kerusakan yang pernah terjadi dan atau tingkat kerusakan yang diprediksikan. Dengan *Planned Maintenance*, kita dapat mengurangi kerusakan yang terjadi secara mendadak serta dapat lebih baik mengendalikan tingkat kerusakan komponen.

3. *Quality Maintenance* (Perawatan Kualitas)

Pilar *Quality Maintenance* membahas tentang masalah kualitas dengan memastikan peralatan atau mesin produksi dapat mendeteksi dan mencegah kesalahan selama produksi berlangsung. Dengan kemampuan mendeteksi kesalahan ini, proses produksi menjadi cukup handal dalam menghasilkan produk sesuai dengan spesifikasi pada pertama kalinya. Dengan demikian, tingkat kegagalan produk akan terkendali dan biaya produksi pun menjadi semakin rendah.

4. *Focused Improvement / Kobetsu Kaizen* (Perbaikan yang terfokus)

Membentuk kelompok kerja untuk secara proaktif mengidentifikasi mesin/peralatan kerja yang bermasalah dan memberikan solusi atau usulan-usulan perbaikan. Kelompok kerja dalam melakukan *Focused Improvement* juga bisa mendapatkan karyawan-karyawan yang bertalenta dalam mendukung kinerja perusahaan untuk mencapai targetnya.

5. *Early Equipment Management* (Manajemen Awal pada Peralatan kerja)

*Early Equipment Management* merupakan pilar TPM yang menggunakan kumpulan pengalaman dari kegiatan perbaikan dan perawatan sebelumnya untuk memastikan mesin baru dapat mencapai kinerja yang optimal. Tujuan dari pilar ini adalah agar mesin atau peralatan produksi baru dapat mencapai kinerja yang optimal pada waktu yang sesingkat-singkatnya.

6. *Training dan Education* (Pelatihan dan Pendidikan)

Pilar *Training dan Education* ini diperlukan untuk mengisi kesenjangan pengetahuan saat menerapkan TPM (*Total Productive Maintenance*). Kurangnya pengetahuan terhadap alat atau mesin yang dipakainya dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan tersebut dan menyebabkan rendahnya produktivitas kerja yang akhirnya merugikan perusahaan. Dengan pelatihan yang cukup, kemampuan operator dapat ditingkatkan sehingga dapat melakukan kegiatan perawatan dasar sedangkan teknisi dapat dilatih dalam hal meningkatkan kemampuannya untuk melakukan perawatan pencegahan dan kemampuan dalam menganalisis kerusakan mesin atau peralatan kerja. Pelatihan pada level Manajerial juga dapat meningkatkan kemampuan Manajer dalam membimbing dan mendidik tenaga kerjanya (*Mentoring and Coaching Skills*) dalam penerapan TPM.

7. *Safety, Health and Environment* (Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan).

Para Pekerja harus dapat bekerja dan mampu menjalankan fungsinya dalam lingkungan yang aman dan sehat. Dalam Pilar ini, Perusahaan diwajibkan untuk menyediakan lingkungan yang aman dan sehat serta bebas dari kondisi berbahaya. Tujuan Pilar ini adalah mencapai target Tempat kerja yang “*Accident Free*” (Tempat Kerja yang bebas dari segala kecelakaan).

8. *TPM in Administration* (TPM dalam Administrasi)

Pilar selanjutnya dalam TPM adalah menyebarkan konsep TPM ke dalam fungsi Administrasi. Tujuan pilar TPM in Administrasi ini adalah agar semua pihak dalam organisasi (perusahaan) memiliki konsep dan persepsi yang sama termasuk staff administrasi (pembelian, perencanaan dan keuangan).

5S adalah suatu metode penataan dan pemeliharaan wilayah kerja secara intensif yang berasal dari Jepang yang digunakan oleh manajemen dalam usaha memelihara ketertiban, efisiensi, dan disiplin di lokasi kerja sekaligus meningkatkan kinerja perusahaan secara menyeluruh. Penerapan 5S umumnya diberlakukan bersamaan dengan penerapan kaizen agar dapat mendorong efektivitas pelaksanaan 5S (Shirose, Kunio.1995).

1. (*seiri*), *Ringkas*, merupakan kegiatan menyingkirkan barang-barang yang tidak diperlukan sehingga segala barang yang ada di lokasi kerja hanya barang yang benar-benar dibutuhkan dalam aktivitas kerja.
2. (*seiton*), *Rapi*, segala sesuatu harus diletakkan sesuai posisi yang ditetapkan sehingga siap digunakan pada saat diperlukan.
3. (*seiso*), *Resik*, merupakan kegiatan membersihkan peralatan dan daerah kerja sehingga segala peralatan kerja tetap terjaga dalam kondisi yang baik.
4. (*seiketsu*), *Rawat*, merupakan kegiatan menjaga kebersihan pribadi sekaligus mematuhi ketiga tahap sebelumnya.
5. (*shitsuke*), *Rajin*, yaitu pemeliharaan kedisiplinan pribadi masing-masing pekerja dalam menjalankan seluruh tahap 5S.

Penerapan 5S harus dilaksanakan secara bertahap sesuai urutannya. Jika tahap pertama (*seiri*) tidak dilakukan dengan baik, maka tahap berikutnya pun tidak akan dapat dijalankan secara maksimal, dan seterusnya.

## 2.2 Prinsip-prinsip (TPM)

Meningkatkan efektivitas semua peralatan TPM bertujuan untuk memaksimalkan efektivitas mesin/peralatan secara keseluruhan (*overall effectiveness*). TPM dirancang untuk mencegah terjadinya suatu kerugian karena terhentinya aktivitas produksi, yang disebabkan oleh kegagalan fungsi dari suatu peralatan (mesin), kerugian yang disebabkan oleh hilangnya kecepatan produksi mesin yang diakibatkan oleh kegagalan fungsi suatu komponen tertentu dari suatu

mesin produksi, dan kerugian karena cacat yang disebabkan oleh kegagalan fungsi komponen atau mesin produksi. Jadi dapat di simpulkan secara sederhana bahwa tujuannya diaplikasikannya TPM adalah untuk mengoptimalkan efisiensi sistem produksi secara keseluruhan melalui aktivitas pemeliharaan dan perbaikan secara terorganisir. (Corder 1996).

*Planned Maintenance* atau perawatan terencana mencakup *Breakdown Maintenance*, *Preventive Maintenance*, dan *Improvement Maintenance*. Perbaikan jenis ini didefinisikan sebagai konsep perbaikan berkelanjutan yang melibatkan seluruh karyawan untuk meningkatkan perawatan mesin, peralatan, dan meningkatkan produktivitas. Indikator kesuksesan TPM di ukur oleh OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) dimana ukuran kinerja ini mencakup ke berbagai macam kerugian (*losses*) seperti *downtime*, *changeover*, *speed loss*, *idle mesin*, *stoppages*, *startup*, *defect*, dan *rework*.

Pada dasarnya, masalah pemeliharaan dan perbaikan sudah timbul sejak pemilihan instalasi atau peralatan. Hal ini disebabkan karena suatu sistem pemeliharaan dan perbaikan hanya dapat dilakukan dengan baik dan benar jika sekurang-kurangnya telah dipahami prinsip kerja dan karakteristik instalasi, konstruksi dan filsafat perancangannya, bahan dan energi yang digunakan, serta jumlah dan kualifikasi operator dan teknisi yang menanganinya, dimana system pemeliharaan dan perbaikan meliputi semua usaha untuk menjamin agar instalasi senantiasa dapat berfungsi dengan baik, efisien dan ekonomis, sesuai dengan spesifikasi dan kemampuannya. Sementara disisi lain hal yang perlu diperhatikan bahwa biaya pemeliharaan dan perbaikan haruslah dapat ditekan seminimal mungkin.

Operator merupakan monitor keadaan yang terbaik Operator mesin ikut bertanggungjawab terhadap kondisi mesinnya dan sebisa mungkin harus dapat ikut ambil bagian dalam kegiatan maintenance awal seperti misalnya memberikan pelumasan, membersihkan mesin dan daerah sekitar serta berperan serta aktif dalam inspeksi karena yang pertama kali mengetahui kondisi mesin tersebut adalah operator. Menyediakan pelatihan untuk meningkatkan skill pengoperasian dan perawatan

Pendidikan dan latihan teknis dapat dilakukan melalui seminar atau pertemuan rutin. Sasaran pelatihan adalah sumber daya manusia (SDM) secara keseluruhan yang bertujuan meningkatkan produktivitas mesin. Program ini ditujukan untuk multi-terampil direvitalisasi karyawan yang tinggi dan semangat juang untuk bekerja dan melakukan semua fungsi yang diperlukan secara efektif dan mandiri.

Menurut Daft (2003:11) bahwa komitmen organisasi merupakan hal yang sangat penting saat ini, karena ketatnya pasar tenaga kerja telah mendorong perusahaan untuk berkompetensi lebih keras untuk menarik dan mempertahankan pekerja yang baik dibanyak bidang. Tantangan tambahan yang harus dihadapi adalah penciutan dan restrukturisasi yang telah membuat banyak karyawan tidak percaya kepada perusahaan. Komitmen karyawan dapat mengurangi dan mencegah terjadinya kesalahan dalam melaksanakan pekerjaan. Mereka cenderung menunjukkan keterlibatan yang tinggi yang diwujudkan dalam bentuk sikap dan perilaku yang selalu berorientasi pada pekerjaan. Selain itu karyawan akan selalu merapa tenang dan nyaman sehingga pekerjaan dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

Hal ini bertujuan untuk memiliki multi-terampil direvitalisasi karyawan yang semangat tinggi dan yang memiliki semangat untuk datang bekerja dan melakukan semua fungsi yang diperlukan secara efektif dan mandiri. Pendidikan diberikan kepada operator untuk meningkatkan keterampilan mereka. Tidak cukup hanya mengetahui "*Know-How*" oleh mereka juga harus belajar "*Tahu-mengapa*". Dengan pengalaman yang mereka peroleh, "*Know-How*" untuk mengatasi masalah apa yang harus dilakukan. Hal ini mereka lakukan tanpa mengetahui akar penyebab masalah dan mengapa mereka melakukannya. Oleh karena itu menjadi perlu untuk melatih mereka mengetahui "*Tahu-mengapa*". Para karyawan harus dilatih untuk mencapai empat fase keterampilan. Tujuannya adalah untuk menciptakan sebuah pabrik penuh ahli, tahap yang berbeda dari keterampilan.

Tahapan- tahapan training:

Tahap 1 : Tidak mengenal sama sekali.

Tahap 2 : Menegal teori tapi tidak dapat melakukan.

Tahap 3 : Dapat melakukan tetapi tidak bisa untuk mengajarkan.

Tahap 4 : Dapat melakukan dan bisa untuk mengajarkan.

Kebijakan:

1. Berfokus kepada perbaikan pengetahuan, ketrampilan-ketrampilan dan teknik-teknik.
2. Menciptakan suatu lingkungan pelatihan untuk pelajaran berdasar pada rasa memerlukan dari dalam diri sendiri tanpa ada paksaan.
3. Kurikulum pelatihan mendorong ke arah bahwa karyawan menjadi suatu bagian yang sangat vital.
4. Pelatihan untuk menghilangkan kelelahan dan kebosanan karyawan dan membuat suasana bekerja yang menyenangkan.

Sasaran :

1. Mencapai penurunan nilai downtime karena kekurangan orang yang memiliki pengetahuan, mengakibatkan kekosongan di mesin-mesin.
2. Mencapai Zero defect yang disebabkan oleh ketiadaan pengetahuan / ketrampilan-ketrampilan / teknik-teknik.
3. Mencoba mencapai 100% apa yang telah menjadi rencana dan target awal. yaitu meningkatkan mutu ketrampilan-ketrampilan mereka yang bekerja.

Langkah – langkah dalam kegiatan Training :

1. Menentukan kebijakan, prioritas-prioritas dan mengecek penyajian status pendidikan dan pelatihan.
2. Tetapkan sistim pelatihan untuk meningkatkan ketrampilan operasi dan pemeliharaan.
3. Pelatihan karyawan dengan tujuan untuk meningkatkan mutu ketrampilan-ketrampilan operasi dan pemeliharaan.
4. Persiapan agenda dan jadwal pelatihan.



5. Pelaksanaan pelatihan.
6. Evaluasi aktivitas dan analisa, ini dibutuhkan sebagai data apabila ada pelatihan berikutnya.

Melibatkan semua orang dan memanfaatkan kerja sama team lintas fungsi yang bersifat perawatan mandiri. *Teamwork and Coordination* merupakan elemen dasar dalam konsep menumbuhkan sikap memiliki. TPM berorientasi pada pegawai dalam kegiatan pemeliharaan dan tim kerja merupakan aspek yang dipentingkan. Dalam implementasi TPM ada beberapa tim kerja yaitu *Autonomous Maintenance Team (AMT)* dan *Focus Improvement Team (FIT)*.

AMT terdiri dari operator yang melakukan kegiatan pemeliharaan secara rutin. AMT memiliki kontribusi dalam perbaikan aktivitas yang mampu menghentikan atau mengurangi laju kerusakan mesin, mengendalikan kontaminasi mesin dan menjaga mesin dalam keadaan produktif. FIT terdiri dari tenaga ahli, teknisi pemeliharaan dan beberapa operator terpilih yang akan memberikan pelatihan pada tingkat terendah tentang mesin dan perlengkapannya, kegiatan *Preventive Maintenance* dan tugas-tugas harian lainnya. FIT berkontribusi terhadap pemenuhan target untuk meminimasi tingkat kerugian. FIT yang mapan akan mempermudah koordinasi dengan perusahaan.

### **2.3 Pemeliharaan (*Maintenance*)**

Pemeliharaan (*Maintenance*) merupakan suatu kegiatan yang diperlukan untuk mempertahankan (*retaining*) dan mengembalikan (*restoring*) mesin ataupun peralatan kerja ke kondisi yang terbaik sehingga dapat melakukan produksi dengan optimal. Pada umumnya sebuah produk yang dibuat oleh manusia, tidak mungkin tidak terjadinya kerusakan pada produk. Namun, usia penggunaan dapat diperpanjang dengan dilakukan perbaikan yang dikenal dengan pemeliharaan *maintenance* (Shirose, K.1995)

Kegiatan perawatan dilakukan untuk perbaikan yang bersifat kualitas, meningkatkan suatu kondisi ke kondisi lain yang lebih baik. Menurut Supandi (1990) banyaknya pekerjaan perawatan yang dilakukan tergantung pada:

1. Batas kualitas terendah yang diijinkan dari suatu komponen. Sedangkan batas kualitas yang lebih tinggi dapat dicapai dari hasil pekerjaan perawatan.
2. Waktu pemakaian atau lamanya operasi yang menyebabkan berkurangnya kualitas peralatan. Dalam hal ini komponen peralatan dapat menjadi sarana untuk terkena tekanan-tekanan, beban pakai, korosi dan pengaruh pengaruh lain yang bisa mengakibatkan menurunnya atau kehilangan kualitas lain yang mengakibatkan menurunnya atau kehilangan kualitas, sehingga kemampuan komponen berkurang ketahanannya.

Pengertian perawatan (*maintenance*) menurut supandi (1990) adalah suatu konsepsi dari semua aktivitas yang perlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas peralatan agar tetap berfungsi dengan baik seperti dalam kondisi sebelumnya.

Dari pengertian tersebut diatas dapat ditarik kesimpulan, bahwa :

1. Fungsi perawatan sangat berhubungan erat dengan proses produksi.
2. Peralatan yang dapat digunakan terus untuk berproduksi adalah hasil adanya perawatan.
3. Aktivitas perawatan banyak berhubungan erat dengan pemakaian peralatan, bahan pekerja, cara penanganan dan lain-lain.
4. Aktivitas perawatan harus dikontrol berdasarkan pada kondisi yang terjaga.

Kegiatan perawatan dilakukan untuk perbaikan yang bersifat kualitatif, meningkatkan suatu kondisi ke kondisi lain yang lebih baik. Banyaknya pekerjaan perawatan yang dilakukan tergantung pada :

1. Batas kualitas terendah yang diijinkan dari suatu komponen. Sedangkan batas kualitas yang lebih tinggi dapat dicapai dari hasil pekerjaan perawatan.

2. Waktu pemakaian atau lamanya operasi yang menyebabkan berkurangnya kualitas peralatan. Dalam hal ini komponen (peralatan) dapat menjadi sasaran untuk terkena tekanan-tekanan, beban pakai, korosi dan pengaruh-pengaruh lain yang bisa mengakibatkan menurunnya atau kehilangan kualitas lain yang mengakibatkan menurunnya atau kehilangan kualitas, sehingga kemampuan komponen berkurang ketahannya.

Tujuan dilakukan kegiatan perawatan (*maintenance*) adalah sebagai berikut :

1. Memungkinkan tercapainya mutu produk dan kepuasan pelanggan melalui penyesuaian, pelayanan (*service*) dan pengoperasian peralatan secara tepat.
2. Meminimalkan biaya total produksi yang secara langsung dapat dihubungkan dengan pelayanan dan perbaikan.
3. Memperpanjang waktu pakai suatu mesin atau peralatan.
4. Meminimumkan frekuensi dan kuatnya gangguan-gangguan terhadap proses operasi.
5. Menjaga agar sistem aman dan mencegah berkembangnya gangguan keamanan.
6. Meningkatkan kapasitas, produktivitas, dan efisiensi dari sistem yang ada.

Ada beberapa bentuk perawatan, antara lain :

1. *Planned Maintenance*, suatu tindakan atau kegiatan perawatan yang pelaksanaannya telah dirancang terlebih dahulu.
2. *Unplanned Maintenance*, suatu tindakan atau kegiatan perawatan yang pelaksanaannya tidak direncanakan.
3. *Preventif Maintenance*, suatu system perawatan yang terjadwal dari suatu peralatan/komponen yang didesain untuk meningkatkan keandalan suatu mesin serta untuk mengantisipasi kegiatan perawatan yang tidak direncanakan sebelumnya.

1. *Time Based Maintenance*

Kegiatan perawatan ini berdasarkan periode waktu, meliputi inspeksi harian, service, pembersihan harian dan lain sebagainya.

2. *Condition based Maintenance*

Kegiatan perawatan ini menggunakan peralatan untuk mendiagnosa perubahan kondisi dari peralatan/asset, dengan tujuan untuk memprediksi awal penetapan interval waktu perawatan.

3. *Corrective Maintenance*, suatu kegiatan perawatan yang tujuan akhirnya untuk memperbaiki fungsi mesin atau peralatan.

4. *Breakdown Maintenance*, yaitu kegiatan perawatan yang pelaksanaannya menunggu sampai dengan peralatan rusak lalu dilakukan perbaikan. Cara ini dilakukan apabila efek *failure* tidak bersifat signifikan terhadap operasi ataupun produksi. Pemilihan kegiatan perawatan tersebut didasarkan atas sifat dari kerusakan atau kegagalan pada peralatan, apakah bersifat terprediksi atau tidak terprediksi. Selain itu juga pemilihan tersebut didasarkan atas biaya yang ditanggungan apabila menerapkan salah satu jenis kegiatan perawatan.

### 2.3 *Overall Resource Effectiveness (ORE).*

*Overall Resource Effectiveness (ORE)* adalah metode yang digunakan untuk mengukur waktu efektif keseluruhan dari sistem manufaktur yang berkaitan dengan adanya *resources (man, machine, material, methode)* yang digunakan. (Eswaramurthi dan Mohanram, 2013). Pengukuran dilakukan dengan melibatkan faktor *readiness (R)*, *availability of facility (Af)*, *changeover efficiency (C)*, *availability of material (Am)*, *availability of manpower (Amp)*, *performance efficiency (P)*, *quality rate (Q)* (Aulia,R.S., et al. 2017)

*Overall Resource Effectiveness (ORE)* merupakan modifikasi dari *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* yang dikembangkan oleh Saiji Nakajima pada tahun 80an dan diadopsi oleh “SEMI” pada tahun 90an, setelah mengimplementasi filosofi

kerja dari OEE dibagian semikonduktor manufaktur dan Gas. ORE mempelajari tentang pengalaman dan menggunakan matriks dengan menggunakan pengukuran yang aktual. ORE menganalisis dan menerapkan perbaikan, melalui proses pengambilan sampel, analisis, dan perbaikan.(Tal, 2001).

ORE adalah satu-satunya pendekatan yang mengambil pandangan holistik tentang pembuatan dan produksi. Mencakup kerugian manufaktur, kerugian pemeliharaan, masalah produktivitas, masalah perencanaan dan masalah sistem. ORE memiliki tingkat keefektifan di mana kita menggunakan semua sumber daya, peralatan, operator, teknisi, manajemen dasar dan sistem pendukung.

Secara keseluruhan *Resource Effectiveness* dibagi menjadi tiga kategori utama:

1. EE - *Equipment Effectiveness* adalah persentase waktu suatu peralatan memproduksi barang-barang yang dapat dijual. Komponen dari formula ini adalah state and yield.
2. HRE - Efektivitas Sumber Daya Manusia adalah persentase waktu seseorang (operator, teknisi, insinyur pendukung) melakukan aktivitas bernilai tambah.
3. ISE - Infrastruktur dan sistem Efektivitas tidak dapat diukur dari dasar dan juga tidak dapat dihitung dalam persentase. Untuk menilai kekuatan infrastruktur, seseorang perlu memahami semua pekerja dan sistem yang terlibat dalam pembuatan. Tingkat implementasi Sistem Eksekusi Manufaktur, model kapasitas dan alokasi sumber daya rinci diperiksa.

*Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dimodifikasi sebagai *Overall Resource Effectiveness* (ORE) karena metodologi baru ini membahas kerugian yang terkait dengan sumber daya (manusia, mesin, material, metode) secara terpisah. Pencantuman faktor-faktor baru ini, memungkinkan kita untuk klasifikasi kerugian sumber daya yang lebih rinci dan bertingkat. Klasifikasi kerugian yang diusulkan (Tabel 2.1) dan Model *Overall Resource Effectiveness* (ORE) (Gambar 2.2).

gambar 2.2 Model *Overall Resource Effectiveness* (ORE)

Total time								
Planned production time						1		
Loading time					3	2		
Operation time								
Running time				4	5	6		
Actual Running time								
Earned time		7	8	9	10	11		
Effective time								
Overall Resource Effectiveness		Defect loss	Performance loss	Absence of man power	Material shortages	Set-up and adj. losses	Facilities break down/ Non-availability	Preparatory work/ planned down time

Tabel 2.1 Tabel klasifikasi kerugian

ORE factors	Proposed classification of losses
Readiness	Losses due to preparatory on machine or facilities/Planned down time
Availability of facility	Losses due to equipment and accessories break down, Break down/non- availability of Machine accessories, Tools, Jigs and Fixtures, Gauges and instruments, etc., related to facility
Changeover efficiency	Losses due to Set-up and adjustments
Material availability	Losses due to non-availability of raw material/components / sub-assembly/WIP
Man power availability	Losses due to non-availability/absence of Manpower
Performance efficiency	Losses due to operator performance, speed loss and ergonomic related issues
Quality losses	Losses due to quality issues/defects

Sumber : K.G. Eswaramurthi and P.V. Mohanram / American Journal of Applied Sciences, 10 (2): 131-138, 2013

### 2.3.1 Evaluasi *Overall Equipment Effectiveness* (ORE)

Faktor-faktor termasuk (*Readiness, Availability of Facility, Changeover Efficiency, Availability of Material, Availability of Man power*) dan masukan yang diperlukan untuk evaluasi ORE disajikan di bawah ini:

#### 1. *Readiness* (R)

Ukuran "*Readiness* (R)" berkaitan dengan total waktu yang tidak siap beroperasi karena *downtime* yang direncanakan karena persiapan / kegiatan yang direncanakan. Kesiapan menunjukkan rasio waktu produksi yang direncanakan terhadap total waktu yang tersedia.

$$Readiness(R) = \frac{Planned\ production\ time}{Total\ time}$$

*Total time* = *Shift time or period decided by the management*

*Planned production time* = *(Total time-Planned down time)*

Total waktu = Waktu shift atau periode yang diputuskan oleh manajemen

Waktu produksi yang direncanakan = (Waktu Total-Waktu yang direncanakan)

Perencanaan *Downtime* meliputi:

- a. Pekerjaan persiapan seperti pembersihan, inspeksi mesin, inspeksi bagian awal, pelumasan, pengetatan, pengumpulan data dan update
- b. Rapat, Audit, pelatihan operator
- c. Pengolahan sampel proto untuk persyaratan R dan D, Studi rekayasa proses

2. *Availability of Facility (Af)*

Ukuran "*Availability of Facility (Af)*" berkaitan dengan total waktu sistem tidak beroperasi karena down time fasilitas. Ini menunjukkan rasio waktu pemuatan terhadap waktu produksi yang direncanakan:

$$\text{Availability of Facility (Af)} = \frac{\text{Loading time}}{\text{Planned production time}}$$

*Loading time* = *Planned production time-Facilities down time.*

Fasilitas down time meliputi:

- a. Turunkan waktu mesin dan aksesorinya
- b. Tidak tersedianya alat, jig dan perlengkapan
- c. Tidak tersedianya alat pengukur dan instrumen, rig uji yang berkaitan dengan fasilitas

### 3. *Changeover Efficiency (C)*

*Changeover Efficiency (C)* berkaitan dengan total waktu sistem tidak beroperasi karena pengaturan dan penyesuaian. Ini menunjukkan rasio waktu operasi terhadap waktu Pemuatan:

$$\text{Changeover Efficiency (C)} = \frac{\text{Operation time}}{\text{Loading time}}$$

Waktu operasi = Waktu pengunduhan-Penyesuaian dan penyiapan.

Penyiapan dan penyesuaian meliputi:

- a. Waktu perpindahan alat, mati, jig dan perlengkapan
- b. Penyesuaian kecil setelah pergantian

### 4. *Availability of Material (Am)*

Dalam skenario manufaktur, terkadang, bahan baku, komponen, sub-rakitan tidak tersedia karena kekurangan dan berbagai alasan lainnya. Ukuran "*Availability of Material (Am)*" ( $A_m$ ) berkaitan dengan total waktu sistem tidak beroperasi karena kekurangan material. Ini adalah rasio waktu berjalan ke waktu operasi.

$$\text{Availability of Material (Am)} = \frac{\text{Running time}}{\text{Operation time}}$$

Waktu berjalan = Waktu operasi-kekurangan bahan. Kekurangan material meliputi:

- a. Tidak tersedianya bahan baku, bahan habis pakai, suku cadang dan sub-rakitan
- b. Tidak tersedianya WIP.



### 5. *Availability of Manpower (Amp)*

Dalam sistem manufaktur, terkadang, operator mungkin tidak tersedia di tempat kerja karena ketidakhadiran. Ukuran "*Availability of Manpower (Amp)*" berkaitan dengan total waktu sistem tidak beroperasi karena tidak adanya tenaga kerja. Ini adalah rasio waktu berjalan aktual dengan waktu berjalan:

$$\text{Availability of Manpower (Amp)} = \frac{\text{Actual running time}}{\text{Running time}}$$

*Actual Running time* = Waktu berjalan-Ketenagakerjaan tidak ada waktu.

Ketiadaan tenaga manusia meliputi:

- a. Izin, Tinggalkan dan ketidakhadiran
- b. Diskusi dengan atasan, pimpinan tim
- c. Keterkaitan medis

### 6. *Performance Efficiency (P)*

"*Performance Efficiency (P)*" mengukur waktu total yang digunakan operator secara efisien. Ini adalah waktu yang diperoleh dalam memproduksi produk sebagai melawan *Performance Efficiency* Aktual. Efisiensi kinerja adalah rasio waktu yang diterima terhadap waktu berjalan aktual.

$$\text{Performance Efficiency (P)} = \frac{\text{Earned time}}{\text{Actualrunning time}}$$

*Earned time* = Siklus waktu / satuan X Kuantitas yang dihasilkan.

### 7. *Quality Rate (Q)*

" *Quality Rate* " adalah tingkat kualitas produk yang dihasilkan oleh sistem. Ini adalah rasio Kuantitas bagian yang diterima terhadap Kuantitas suku cadang yang diproduksi:

$$\text{Quality Rate (Q)} = \frac{\text{Quantity of parts accepted}}{\text{Quantity of parts produced}}$$

Jumlah bagian diterima = Kuantitas yang dihasilkan-Kuantitas ditolak.

### 8. Keseluruhan *Overall Equipment Effectiveness (ORE)*

The "*Overall Resource Effectiveness (ORE)*" adalah ukuran keseluruhan waktu efektif sistem manufaktur (sumber daya). Ini adalah produk *readiness (R)*, *availability of facility (Af)*, *changeover efficiency (C)*, *availability of material (Am)*, *availability of manpower (Amp)*, *performance efficiency (P)*, *quality rate (Q)*. *Overall Equipment Effectiveness (ORE) = readiness (R) x availability of facility (Af) x changeover efficiency (C) x availability of material (Am) x availability of manpower (Amp) x performance efficiency (P) x quality rate (Q). x 100:*

### 9. Keseluruhan Efektivitas Sumber Daya (ORE)

"*Overall Resource Effectiveness (ORE)*" adalah ukuran keseluruhan waktu efektif sistem manufaktur (sumber daya). Ini adalah produk dari *Readiness (R)*, *Ketersediaan Fasilitas (Af)*, *Efisiensi Perubahan (C)*, *Ketersediaan Bahan (Am)*, *Ketersediaan Daya Pakai (Amp)*, *Efisiensi Kinerja (P)* dan *Mutu (Q)*. *Efektivitas Sumber Daya Secara keseluruhan (ORE) = Kesiapan (R) X Ketersediaan Sarana (Af) X Perubahan Efisiensi (C) X Ketersediaan Bahan (Am) X Ketersediaan Daya Pakai (Amp) X Efisiensi Kinerja (P) X Tingkat Mutu (Q) X 100:*

$$\text{ORE} = R \times Af \times C \times Am \times Amp \times P \times Q \times 100$$

ORE akan sangat membantu pengambil keputusan untuk analisis lebih lanjut dan terus meningkatkan kinerja sumber daya. Ini digunakan untuk mengidentifikasi status sistem manufaktur saat ini dan juga untuk pembandingan efektivitas manufaktur dengan standar kelas dunia (Eswaramurthi, *et al.* 2013).

#### **2.4.FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)**

*Failure Mode and Effect Analysis* adalah suatu teknik untuk menemukan kelemahan pada suatu design, proses, atau sistem suatu design, proses atau pada saat sistem tersebut direalisasikan dalam fase produksi. Teknik ini biasa digunakan untuk pemecahan masalah dan dapat digunakan lebih luas pada disiplin ilmu teknik (Corder, 1996).

*Failure Mode* bertujuan untuk menentukan akar permasalahan (*root cause*) dari kegagalan yang timbul. *Failure effect* menjelaskan dampak yang ditimbulkan apabila *failure mode* tersebut terjadi. Proses identifikasi terhadap *failure modes*, dan *failure effect* sangat penting untuk perbaikan performansi dan mengeliminasi *waste* (Jardine A.K.S, 1997).

Menurut Moubray (1987) metode FMEA cukup efektif untuk mengurangi *failures mode* yang terjadi pada suatu mesin dengan banyak sebab hingga menjadi lebih mudah untuk mengidentifikasi akar permasalahan dari mesin tersebut. Dengan kata lain manajer produksi tidak lagi membutuhkan waktu lama untuk memberikan keputusan dalam hal penanganan terhadap kendala yang terjadi. Keuntungan dengan menggunakan metode FMEA dalam mengurangi permasalahan yaitu sebagai berikut :

- Pekerjaan yang dilakukan dapat dilaksanakan lebih mendetail dalam pengawasannya
- Jadwal perawatan yang terencana setiap harinya untuk dapat menghasilkan keputusan yang lebih spesifik terhadap mesin yang bermasalah
- Dalam pelaporan permasalahan yang terjadi tiap harinya sudah tersistematik
  
- Dalam skala besar pelaporan untuk data historis perusahaan bisa lebih spesifik dan detail pada setiap mesinnya dengan penanganan komponen mesin pada periode sebelumnya

Adapun tahapan dari FMEA adalah sebagai berikut :

- 1.Melakukan pengamatan terhadap proses yang akan dianalisa
- 2.Hasil pengamatan digunakan untuk menemukan kesalahan pada proses
- 3.Mengidentifikasi *potential cause* penyebab dari kesalahan yang terjadi
- 4.Menetapkan nilai-nilai (dengan jalan *brainstorming*) dalam poin :
  - Keseriusan atau dampak akibat kesalahan terhadap proses, lanjutan (*severity*)
  - Frekuensi terjadinya kesalahan (*occurance*)
  - Alat kontrol akibat *potential cause* (*detection*)
- 5.Mendapatkan nilai RPN (*Risk Potential Number*) dengan jalan mengendalikan SOD (*Severy, Occurance, Detection*)
- 6.Memusatkan perhatian pada nilai RPN yang tertinggi, segera lakukan perbaikan terhadap *potential cause* dan efek yang diakibatkan.

#### **2.4.1.Menentukan *Severity, Occurance, Detection* dan RPN**

Untuk menentukan prioritas dari suatu bentuk kegagalan maka tim FMEA harus mendefinisikan terlebih dahulu tentang *saverity, detection*, serta hasil akhirnya yang berupa *risk priority number*.

- Severity*

*Severity* yakni mengidentifikasi dampak potensial yang terburuk yang diakibatkan oleh suatu kegagalan (Moubray, 1987). Dampak ini ditentukan berdasarkan tingkat cedera yang dialami personel, tingkat kerusakan peralatan, akibat pada produksi dan lama *downtime* yang terjadi. Tingkatan efek ini dapat dikelompokkan menjadi :

**Tabel 2.1 Tingkatan Severity**

Rangking	Akibat (Effect)	Kriteria verbal	Akibat pada produksi
1	Tidak ada akibat	Tidak mengakibatkan apa-apa (tidak ada akibat),penyesuaian yang	Proses berada dalam pengendalian
2	Akibat sangat ringan	Diperlukan Mesin tetap beroperasi dan aman, hanya terjadi sangat sedikit gangguan peralatan yang tidak berarti. Akibat hanya dapat diketahui oleh operator yang Berpengalaman	Proses berada dalam pengendalian, hanya membutuhkan sedikit penyesuaian
3	Akibat ringan	Mesin tetap beroperasi dan aman, hanya sedikit terjadi gangguan. Akibat diketahui oleh rata-rata operator	Proses telah berada diluar pengendalian, membutuhkan beberapa penyesuaian
	Akibat minor	Mesin tetap beroperasi dan aman, namun terdapat	Kurang dari 30 menit <i>downtime</i>

4		gangguan kecil, akibat diketahui oleh semua Operator	atau tidak ada kehilangan waktu produksi
5	Akibat moderat	Mesin tetap beroperasi dan aman, tetapi menimbulkan beberapa kegagalan produk. Operator merasa tidak puas karena kinerja kurang.	30 – 60 menit <i>downtime</i>
6	Akibat signifikan	Mesin tetap beroperasi dan aman tetapi menimbulkan kegagalan produk. Operator sangat tidak puas dengan kinerja mesin	1 – 2 jam <i>downtime</i>
	Akibat	Mesin tetap beroperasi dan	2 – 4 jam
7	Major	aman, tetapi tidak dapat dijalankan secara penuh. Operator merasa sangat tidak puas	<i>downtime</i>
8	Akibat ekstrim	Mesin tidak dapat beroperasi, telah kehilangan fungsi utama mesin	4 – 8 jam <i>downtime</i>
9	Akibat serius	Mesin gagal beroperasi serta tidak sesuai dengan peraturan keselamatan kerja	>8 jam <i>downtime</i>
10	Akibat berbahaya	Mesin tidak layak dioperasikan karena dapat menimbulkan kecelakaan secara tiba-tiba,	>8 jam <i>downtime</i>

		bertentangan dengan peraturan keselamatan kerja.	
--	--	--	--

### ·Occurance

Frekuensi terjadinya kegagalan (*occurance*) (Moubray, 1987). Frekuensi terjadinya kegagalan ini dapat dilihat dalam tabel 2.2 sebagai berikut :

**Tabel 2.2 Tingkatan Occurance**

<b>Rangking</b>	<b>Kejadian</b>	<b>Kriteria verbal</b>	<b>Tingkat kejadian kerusakan</b>
1	Hampir tidak pernah	Kerusakan hampir tidak pernah terjadi	> 10.000 jam operasi
2	Remote	Kerusakan mesin jarang Terjadi	6001 – 10.000 jam operasi
	Sangat	Kerusakan mesin terjadi	3001 – 6000 jam operasi
3	Sedikit	sangat sedikit	operasi
4	Sedikit	Kerusakan mesin terajdi Sedikit	2001 – 3000 jam operasi
5	Rendah	Kerusakn mesin terjadi pada tingkat rendah	1001 – 2000 jam operasi
6	Medium	Kerusakan terjadi pada tingkat medium	401 – 1000 jam operasi
7	Agak tinggi	Kerusakan terjadi agak Tinggi	101 – 400 jam operasi
8	Tinggi	Kerusakan terjadi tinggi	11 – 100 jam operasi

9	Sangat tinggi	Kerusakan terjadi sangat Tinggi	2 – 10 jam operasi
10	Hampir selalu	Kerusakan mesin selalu Terjadi	Kurang dari jam operasi

*Detection*

*Detection* adalah pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi (Moubray,1987). Nilai *detection* dapat dilihat dalam tabel 2.3 berikut :

**Tabel 2.3 Tingkatan *Detection***

<b>Rangking</b>	<b>Akibat (Effect)</b>	<b>Kriteria verbal</b>
1	Hampir pasti	Perawatan preventif akan selalu mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
2	Sangat tinggi	Perawatan preventif memiliki kemungkinan sangat tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan

3	Tinggi	Perawatan preventif memiliki kemungkinan tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode
---	--------	---



		kegagalan
4	Moderate highly	Perawatan preventive memiliki kemungkinan moderate highly untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
5	Moderate	Perawatan preventif memiliki kemungkinan moderat untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
6	Rendah	Perawatan preventif memiliki kemungkinan rendah untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
7	Sangat rendah	Perawatan preventif memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
8	Remote	Perawatan preventif memiliki kemungkinan remote untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
9	Very remote	Perawatan preventif memiliki kemungkinan very remote untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan
10	Tidak pasti	Perawatan preventif akan selalu tidak mampu untuk mendeteksi penyebab potensial atau

--	--	--

mekanisme kegagalan dan mode kegagalan

·*Risk Priority Number* (Angka Prioritas Resiko/ RPN)

RPN merupakan produk matematis dari keseriusan *effect (severity)*, kemungkinan terjadinya *cause* akan menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan *effect (occurance)*, dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi pada pelanggan (*detection*). RPN dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut : (Moubray,1987)

$$RPN = Severity \times Occurance \times Detection$$

Hasil dari RPN menunjukkan tingkatan prioritas peralatan yang dianggap beresiko tinggi, sebagai petunjuk kearah tindakan perbaikan.

