

2. DASAR TEORI

2.1 Pengertian Pemeliharaan

“Pemeliharaan” atau *maintenance* merupakan serangkaian tindakan yang diperlukan untuk mengembalikan atau mempertahankan suatu barang dalam keadaan operasional yang efektif (Blanchard, B. S., Verma, D., & Peterson, E. L., 1995). Kegiatan *maintenance* akan membuat barang tertentu akan mencapai kondisi optimalnya sehingga dapat berfungsi dengan maksimal. Hal ini juga berlaku sebaliknya, yang berarti untuk mendapatkan fungsi semaksimal mungkin dari suatu barang, maka barang tersebut perlu untuk dirawat dengan baik. Kegiatan pemeliharaan yang baik juga dapat membuat umur dari barang menjadi lama.

Menurut (Moubray, 2000), “*Maintenance*” adalah memastikan bahwa aset fisik yang ada tetap berkelanjutan untuk terus melakukan apa yang diinginkan oleh operator yang menggunakan aset tersebut. Hal ini dapat dilakukan dengan menjaga atau memulihkan kondisi peralatan sehingga dapat berfungsi secara optimal dan mencegah terjadinya kerusakan yang tidak terencana.

Pada intinya, suatu perusahaan pasti akan melindungi asetnya dari berbagai gangguan, sehingga aktivitas perusahaan senantiasa berjalan dengan optimal. Untuk melaksanakan misi tersebut maka dilakukan dengan *maintenance*. *Maintenance* adalah kegiatan untuk memonitor dan memelihara fasilitas dengan merancang, mengatur, menangani, dan memeriksa pekerjaan. Dengan demikian, kegiatan pemeliharaan akan berguna untuk menjamin fungsi dari unit selama waktu operasi (*uptime*) dan meminimalisasi selang waktu berhenti (*downtime*) yang diakibatkan oleh adanya kerusakan atau kegagalan.

2.2 Jenis-jenis Pemeliharaan

Kegiatan di dalam *maintenance* terdapat beberapa jenis yang disesuaikan dengan frekuensi kegiatan pemeliharaan dilakukan. Menurut (Blanchard et al., 1995) tipe-tipe *maintenance* dibagi seperti berikut :

- *Breakdown maintenance*

Breakdown maintenance berarti menunggu sampai mesin mengalami kerusakan untuk memperbaikinya. Metode pemeliharaan ini diaplikasikan pada mesin-mesin yang tidak memiliki dampak signifikan ketika mengalami kerusakan. Besar kecilnya dampak dapat dilihat dari sisi alur proses produksi atau biaya yang dikeluarkan secara finansial selain dari biaya reparasi mesin.

- *Time-Based Maintenance*

Time-Based Maintenance atau TBM merupakan kegiatan pemeliharaan yang melakukan inspeksi/pengecekan, pembersihan, dan penggantian komponen mesin secara periodik untuk mencegah terjadinya kegagalan yang mendadak serta permasalahan pada proses. TBM juga berisikan kegiatan *maintenance* secara rutin yang biasa dilakukan oleh operator sehari-hari. Nama lain dari TBM adalah *periodic maintenance*, yaitu melakukan perawatan mesin secara periodik seperti 1 minggu sekali atau 2 minggu sekali.

- *Condition-Based Maintenance*

Condition-Based Maintenance atau CBM merupakan kegiatan pemeliharaan yang menggunakan peralatan diagnosa untuk memonitor dan menganalisa kondisi mesin yang berubah-ubah dari waktu ke waktu. Sesuai dengan namanya, CBM akan dilakukan pada saat kondisi aktual mesin membutuhkan perawatan, dan bukan sesuai interval waktu yang sudah ditentukan sebelumnya seperti *periodic maintenance*. Penerapan CBM secara aktual dapat menggunakan bantuan sensor fisik yang dapat mengetahui kondisi mesin di lapangan.

- *Preventive maintenance*

Preventive maintenance merupakan kegiatan pemeliharaan yang mengkombinasikan dua metode pemeliharaan yaitu TBM (*Time-Based Maintenance*) dan CBM (*Condition-Based Maintenance*) yang bertujuan untuk menjaga peralatan agar terus berfungsi. Pemeliharaan ini juga akan mempertahankan kinerja dari peralatan serta mencegah terjadinya korosi, kelelahan, serta bentuk-bentuk kerusakan lainnya yang akan membuat mesin menjadi lemah.

- *Corrective maintenance*

Corrective maintenance merupakan kegiatan pemeliharaan yang meningkatkan kualitas dari peralatan dan komponen di dalamnya, sehingga kegiatan *preventive maintenance* dapat berjalan dengan lebih baik. Peralatan yang memiliki kelemahan dari segi desain perlu dirancang ulang sehingga tidak menyebabkan kerusakan kembali.

- *Predictive maintenance*

Predictive Maintenance (PDM) merupakan metode pemeliharaan yang dilakukan dengan cara mengukur suatu parameter fisik terhadap suatu batasan mesin untuk mendeteksi, menganalisa, dan mengoreksi permasalahan pada peralatan sebelum kerusakan terjadi. Perbedaannya dengan *corrective maintenance* adalah tindakan pemeliharaan dilakukan ketika kerusakan terjadi sehingga biasanya membutuhkan waktu yang lebih lama untuk proses pembersihan dan restorasinya. Sedangkan untuk *preventive / periodic maintenance*, terkadang tindakan pemeliharaan bisa dilakukan terlalu cepat dikarenakan mengikuti standar pada panduan manual dari vendor padahal kondisi mesin secara aktual masih belum membutuhkan tindakan pemeliharaan. Maka dari itu, PDM di sini yang akan menyelesaikan kedua masalah tersebut. Tindakan pemeliharaan pada PDM dilakukan tepat saat peralatan sedang membutuhkan aksi perawatan. Terdapat beberapa parameter yang dianalisa dalam kegiatan PDM, seperti getaran, tegangan/gelombang, suhu, analisa oli, dan ketahanan. Penerapan PDM secara aktual dapat menggunakan sensor atau IoT (*Internet of Things*) untuk memprediksi kapan aset memerlukan perawatan (Wireman, 2004).

2.3 Total Productive Maintenance (TPM)

Total Productive Maintenance atau TPM merupakan suatu pendekatan yang bertujuan untuk mengurangi dan menghilangkan *breakdown* yang terjadi pada mesin secara inovatif dalam proses *maintenance* dengan melakukan optimasi terhadap keefektifan dari setiap peralatan dan juga melakukan perawatan secara mandiri oleh operator (Anthara, 2013). Pengertian TPM ini didasari oleh salah satu pilar yang ada di TPM yaitu AM (*Autonomous Maintenance*), dimana operator membangun budaya untuk melakukan perawatan mandiri pada mesin yang dioperasikannya.

Menurut Susetyo, Joko (2008), pengertian dari *Total Productive Maintenance* adalah :

“Total productive maintenance adalah suatu filosofi yang bertujuan untuk memaksimalkan efektifitas dari segala fasilitas yang digunakan di dalam suatu industri. Filosofi ini tidak hanya ditujukan pada perawatan saja, akan tetapi pada semua aspek dari operasi hingga instalasi fasilitas produksi juga termasuk di dalamnya, serta yang terakhir adalah peningkatan kinerja dari orang-orang yang bekerja di dalam perusahaan tersebut”

Gagasan *Total Productive Maintenance* pertama kali dikembangkan oleh *engineer* dari Jepang bernama *Seiichi Nakajima* pada tahun 1950. *Nakajima* terinspirasi dari konsep *Preventive*

Maintenance yang diusulkan oleh *George Smith* asal Amerika Serikat. Dari pemikiran ini, *Nakajima* menerapkan *Preventive Maintenance* di Jepang untuk pertama kalinya pada tahun 1951 dan menggabungkan konsep *Preventive Maintenance* dengan model praktis pemeliharaan lainnya seperti *reliability engineering*, manajemen kualitas, dan *operator-assisted maintenance* ke dalam proses baru bernama *Total Productive Maintenance* atau biasa disingkat TPM.

TPM memiliki karakteristik yang terdiri dari 5 elemen meliputi poin-poin di bawah ini :
(Singh & Bhatia, 2015)

- TPM bertujuan untuk meningkatkan keefektifan mesin melalui pengukuran *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*.
- Membuat sistem *Preventive Maintenance* yang meng-cover kehidupan peralatan.
- Melibatkan semua departemen yang merencanakan, menggunakan, dan memelihara peralatan.
- Melibatkan seluruh pekerja dari manajemen puncak hingga ke level operator.
- Mempromosikan *Preventive Maintenance* melalui manajemen motivasi seperti aktivitas di dalam kelompok *Autonomous Maintenance*.

Namun pada kenyataannya, TPM telah diimplementasi oleh banyak organisasi pada bagian sebelum memasuki tahapan produksi dan pada departemen pengembangan produk, dan juga pada bagian administratif serta penjualan. Maka dari itu, JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) telah menciptakan definisi baru yang terdiri atas beberapa strategi di bawah (Suzuki, 1994) :

- Membangun institusi yang akan memaksimalkan efektifitas sistem produksi.
- Menggunakan pendekatan *shop-floor*, membangun organisasi yang mencegah terjadinya *losses* (dengan memastikan tercapainya *zero accidents*, *zero defects*, dan *zero failures*) untuk kehidupan sistem produksi.
- Melibatkan semua departemen dalam mengimplementasikan TPM, termasuk departemen pengembangan, penjualan, dan administrasi.
- Melibatkan semua orang, mulai dari manajemen puncak hingga pekerja di lantai produksi.
- Melaksanakan aktivitas bersifat *zero losses* dengan mengintegrasikan SGA (*Small Group Activities*).

2.4 Tujuan *Total Productive Maintenance* (TPM)

Total Productive Maintenance (TPM) memiliki tujuan untuk mencapai *zero breakdown* (nol kerusakan), *zero defect* (nol produk cacat), *zero waste* (nol pemborosan), dan *zero accident* (nol kecelakaan kerja). Selain itu TPM juga akan meningkatkan nilai OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) pada mesin-mesin, dimana OEE digunakan sebagai indikator pengukuran mengenai efisiensi mesin. Penjelasan lebih lanjut mengenai OEE akan dibahas pada sub-bab berikutnya.

2.5 Perhitungan OEE (*Overall Equipment Effectiveness*)

OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) dihitung dengan memperhatikan 3 faktor, yaitu *availability*, *performance*, dan *quality* (Suzuki, 1994). Pada sub-bab di bawah ini akan dijelaskan mengenai definisi dan cara perhitungan dilakukan.

2.5.1 *Availability* (AV)

Availability adalah rasio ketersediaan waktu untuk produksi dibandingkan dengan waktu yang sebenarnya mesin tersebut beroperasi. Ini mencakup waktu mesin tidak beroperasi dikarenakan *downtime* yang direncanakan dan yang tidak direncanakan seperti waktu istirahat, isoma, perbaikan mesin, waktu *setup*, dan waktu-waktu lainnya. Untuk perhitungan AV (*Availability*) ditunjukkan pada rumus di bawah ini.

$$AV = \frac{\text{Planned Production Time} - \text{Downtime}}{\text{Planned Production Time}} \times 100\%$$

Equation 1. Rumus *Availability*

2.5.2 *Performance rate* (PE)

Performance adalah rasio yang mengukur kemampuan suatu mesin beroperasi dalam proses produksi yang dilakukan dengan membandingkan jumlah *output* aktual dari mesin dengan *output* yang standar atau yang diinginkan. Untuk perhitungan PE (*Performance*) ditunjukkan pada rumus di bawah ini.

$$PE = \frac{\text{Total Output}}{\text{Operating Time} \times \text{Ideal Run Rate}} \times 100\%$$

Equation 2. Rumus *Performance*

2.5.3 *Quality rate (QR)*

Quality Rate adalah efektifitas dalam proses produksi yang diukur berdasarkan kualitas produk yang dihasilkan. Hal ini dilakukan dengan membandingkan produk yang berkualitas dengan total keseluruhan produk yang dihasilkan. Untuk perhitungan QR (*Quality Rate*) ditunjukkan pada rumus di bawah ini.

$$QR = \frac{\text{Total Output} - \text{Total Defect}}{\text{Total Output}} \times 100\%$$

Equation 3. Rumus *Quality Rate*

2.5.4 *OEE (Overall Equipment Effectiveness)*

Menurut (Stamatis, 2010), *Overall Equipment Effectiveness* atau OEE merupakan hierarki matriks yang berfokus pada seberapa efektif sebuah operasi manufaktur telah digunakan. OEE digunakan sebagai tolak ukur untuk menilai apakah suatu peralatan bisa dibilang efektif atau tidak. Nilai OEE yang meningkat menandakan bahwa sebuah peralatan/mesin telah mencapai fungsi maksimal yang dimiliki oleh mesin tersebut. Hasil pengukuran OEE didapatkan dari hasil identifikasi kendala, dan bagaimana kendala tersebut berdampak pada nilai OEE. OEE dijabarkan menjadi tiga aspek pengukuran yang menjadikannya faktor OEE, yaitu *Availability*, *Performance*, dan *Quality*. Menurut (Nakajima, 1988), terdapat sebuah standar kelas dunia untuk nilai OEE, berikut adalah *World Class Standard* tersebut :

Tabel 2. 1

World Class Standard OEE

Faktor OEE	<i>World Class Standard</i>
<i>Availability (AV)</i>	90%
<i>Performance (PE)</i>	95%
<i>Quality Rate (QR)</i>	99%
OEE	85%

Untuk perhitungan OEE dapat mengikuti rumus di bawah ini.

$$%OEE = %AV \times %PR \times %QR$$

Equation 4. Rumus OEE

Dimana,

%OEE : Persentase nilai *Overall Equipment Effectiveness*

%AV : Persentase nilai *Availability*

%PR : Persentase nilai *Performance Rate*

%QR : Persentase nilai *Quality Rate*

2.6 Tahapan Implementasi *Total Productive Maintenance* (TPM)

Implementasi *Total Productive Maintenance* (TPM) memerlukan beberapa langkah tahapan persiapan yang harus dilakukan sebelum memulai implementasi secara menyeluruh. Menurut (Nakajima, 1988), terdapat 12 langkah untuk mengimplementasikan TPM dari fase persiapan awal hingga berhasil menjalankan semua pilar di dalam TPM dan berhak mendapatkan *award* berupa sertifikasi dari JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*). Langkah implementasi TPM secara keseluruhan ini terbagi menjadi beberapa tahapan utama yang bisa dilihat pada Tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2. 2

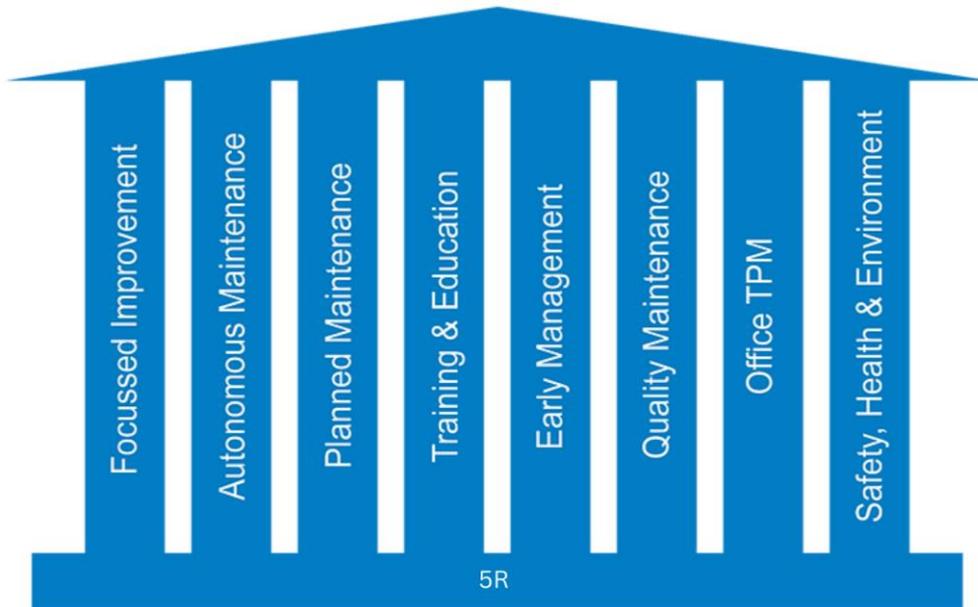
Langkah Implementasi TPM (*Total Productive Maintenance*)

12 Langkah Implementasi TPM (<i>Total Productive Maintenance</i>)	
Persiapan	
1	Pemberitahuan putusan implementasi TPM oleh manajemen puncak ke seluruh pihak perusahaan mengenai program TPM
2	Mengadakan pelatihan mengenai TPM
3	Membuat struktur organisasi TPM
4	Menetapkan kebijakan TPM dengan tujuan yang jelas dan terukur
5	Membuat <i>master plan</i> untuk pengembangan TPM

12 Langkah Implementasi TPM (<i>Total Productive Maintenance</i>)	
Perkenalan	
6	Pelaksanaan TPM dimulai (<i>kick-off</i>)
Implementasi	
7	Membangun kondisi perusahaan yang dirancang untuk memaksimalkan efektifitas produksi <ul style="list-style-type: none"> ● Mengadakan aktivitas <i>Focused Improvement</i> ● Mendirikan dan mengerahkan program <i>Autonomous Maintenance</i> ● Mengimplementasi program <i>Planned Maintenance</i> ● Mengadakan pelatihan keterampilan untuk operasional dan pemeliharaan
8	Membangun sistem manajemen awal untuk peralatan dan produk baru
9	Membangun sistem pemeliharaan kualitas
10	Membangun sistem administrasi dan <i>support</i> yang efektif
11	Mengembangkan sistem untuk mengatur kesehatan, keamanan, dan lingkungan
Konsolidasi	
12	Mempertahankan implementasi TPM secara penuh dan meningkatkan <i>level</i> saat ini

Tahapan persiapan awal dimulai dari langkah 1 hingga 5, implementasi dilakukan untuk pertama kalinya pada langkah ke-6, proses implementasi dan pengembangan program berada pada langkah 7 hingga 11, dan tahapan yang terakhir, yaitu langkah 12, merupakan kondisi dimana perusahaan telah mengimplementasikan 8 pilar secara keseluruhan. Langkah-langkah pada tahapan implementasi ini membutuhkan waktu yang tidak pendek. Untuk bisa menerapkan seluruh pilar dengan baik biasanya membutuhkan waktu sekitar 5-6 tahun, tergantung dari kondisi perubahan yang ada pada perusahaan. Penting untuk memahami bahwa TPM bukanlah proyek sekali jalan yang bisa selesai dalam waktu singkat, namun merupakan proses berkelanjutan yang membutuhkan waktu dan komitmen yang besar. Proses ini mencakup perubahan budaya, pembentukan kebiasaan baru, dan penanaman pola pikir untuk terus mengupayakan peningkatan dalam pemeliharaan peralatan dan sistem produksi.

2.7 Pilar-pilar TPM



Gambar 2. 1 Pilar-pilar TPM

Pada TPM, terdapat 8 pilar yang terkandung di dalamnya. Ke-8 pilar ini berdiri dengan landasan yang sama, yaitu 5R sebagai langkah awal / pilar 0 sebelum melaksanakan TPM. Pilar-pilar tersebut disebutkan pada poin-poin di bawah ini :

- FI (*Focused Improvement*)
- AM (*Autonomous Maintenance*)
- PM (*Planned Maintenance*)
- TnE (*Training and Education*)
- EEM (*Early Equipment Management*)
- QM (*Quality Maintenance*)
- TPM *Office*
- SHE (*Safety, Health & Environment*)

Pilar - pilar yang terkandung di dalam TPM memeluk hampir seluruh aspek di dalam dunia manufaktur sehingga tentunya melibatkan hampir keseluruhan departemen yang ada di suatu organisasi/perusahaan. Untuk penjelasan mengenai ke-8 pilar TPM dapat dilihat pada sub bab di bawah ini.

2.5.1 PILAR 0 - 5R

Masalah dari suatu mesin akan sulit diidentifikasi apabila area kerja yang ada masih kotor dan tidak teratur. Oleh karena itu, tindakan pembersihan dan juga mengatur letak barang sesuai tempatnya akan membantu tim dalam menemukan masalah. Membuat masalah menjadi terlihat adalah langkah perbaikan pertama dari TPM. Tahapan dalam melakukan 5R adalah Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, dan Rajin atau dalam bahasa Jepang (5S) yaitu *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu*, dan *Shitsuke*.

- SEIRI - Ringkas

“Ringkas” adalah menyortir dan menata barang-barang yang ada dengan cara mengelompokkan barang mana yang kritis, penting, sering digunakan, atau tidak berguna, dan tidak diperlukan kembali. Terjadi pemisahan antara barang yang sudah tidak diinginkan dengan barang yang penting dan wajib ada. Pengelompokan barang ditentukan bukan dari harga barang, namun dari nilai kegunaannya. Barang-barang yang penting dan kritikal perlu disimpan dekat dengan jangkauan operator. Sedangkan barang-barang yang sudah tidak digunakan dapat disimpan di tempat lain atau bahkan dibuang apabila sudah benar-benar tidak berguna. Diharapkan dengan berjalannya kegiatan ini, waktu pencarian barang akan menjadi lebih cepat.

- SEITON - Rapi

“Rapi” memiliki konsep bahwa setiap barang pasti memiliki tempat dan hanya 1 tempat. Barang-barang yang disimpan harus ditempatkan kembali pada tempatnya sesuai dengan penempatan yang sudah diatur. Mengidentifikasi barang mana harus diletakkan dimana, akan menjadi lebih mudah apabila setiap tempat memiliki label atau nama. Umumnya, rak vertikal bisa digunakan untuk mencapai tujuan ini, dimana barang yang berat akan ditempatkan di bagian paling bawah rak untuk menghindari bahaya dan memudahkan proses pengambilan barang.

- SEISO - Resik

“Resik” adalah kegiatan pembersihan area kerja agar terbebas dari kotoran seperti debu, minyak, sisa gram, dan sebagainya. Lalu tidak ada kabel atau selang yang menggantung dan mesin mengalami kebocoran oli, dan sebagainya. Selain itu, memastikan juga bahwa alat untuk melakukan pembersihan sudah tersedia sehingga dapat dilakukan pembersihan secara berkala. Kegiatan ini bertujuan untuk memastikan bahwa area kerja maupun tempat kerja berada di kondisi bersih, sehingga secara visual juga lebih enak dilihat.

- SEIKETSU - Rawat
 “Rawat” adalah kegiatan menjalankan 3 tahapan sebelumnya dengan konsisten dari waktu ke waktu. Setiap pekerja harus bekerja sama dan menetapkan standar untuk menjaga area kerja ataupun mesin dalam keadaan bersih dan rapi. Pada proses audit, biasanya akan ada auditor yang memeriksa kondisi area kerja secara acak.
- SHITSUKE - Rajin
 “Rajin” adalah budaya mendisiplinkan diri untuk menerapkan 4 tahapan sebelumnya. Perlu diingat bahwa budaya 5R adalah gaya hidup yang baik dan benar serta bisa diterapkan dimana saja dan kapan saja. Kegiatan ini juga termasuk seperti disiplin mengikuti prosedur kerja, tepat waktu dalam bekerja, serta memiliki dedikasi yang tinggi terhadap suatu organisasi.

2.2.2 PILAR 1 - *Focused Improvement (FI)*

Focused Improvement adalah pilar yang mencakup semua aktivitas yang memaksimalkan efektivitas seluruh peralatan, proses, dan perusahaan dengan mengeliminasi kerugian (*6 Big Losses*) dan meningkatkan kinerja pekerja (Suzuki, 1994). Aktivitas ini dilakukan secara terus-menerus sehingga termasuk dalam *continuous improvement* atau Kaizen. Pada pilar FI, perlu untuk menugaskan tim kecil khusus yang bekerja sama secara proaktif untuk mengidentifikasi masalah dan berupaya untuk menyelesaikannya, kegiatan ini biasa diberi nama dengan SGA (*Small Group Activities*). Secara keseluruhan, FI berusaha untuk tidak mengulangi kesalahan yang sama terjadi kembali.

Kaizen sendiri dalam konteks Jepang berarti perubahan (*kai*) menjadi lebih baik (*zen*). Kaizen diterapkan oleh manajemen tingkat bawah dan operator tetapi sangat bergantung pada dukungan dari manajemen tingkat atas. Pilar ini berfokus pada bahwa “Perbaikan kecil dalam jumlah yang sangat besar akan lebih efektif dalam lingkungan organisasi dibandingkan beberapa perbaikan yang bernilai besar.”

Kriteria kesuksesan dalam pilar FI adalah berjalannya *Continuous Improvement* (Kaizen) dan proses PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) dengan baik, berbagai jenis kerugian/*losses* telah teridentifikasi untuk dihilangkan secara sistematis, serta efisiensi dan efektifitas sistem terus ditingkatkan. Kerugian/*losses* yang dimaksud adalah segala sesuatu yang hilang dikarenakan suatu aktivitas yang tidak penting. Menurut (Nakajima, 1988) terdapat 6 jenis kerugian atau *6 Big Losses* yang berhubungan dengan peralatan ketika masuk ke dalam konteks manufaktur.

Penjelasan mengenai 6 *big losses* berada pada poin-poin di bawah ini :

- *Breakdown time* : Waktu yang terbuang dikarenakan mesin rusak dan produksi tidak bisa berjalan sesuai rencana. Waktu ini termasuk dalam *unplanned downtime*, dimana terjadi henti produksi disebabkan sesuatu yang tidak direncanakan sebelumnya. Berbeda dengan *planned downtime*, dimana produksi dihentikan dengan sengaja untuk kepentingan lain seperti istirahat makan atau berdoa. Jenis *losses* ini akan berpengaruh langsung pada *availability* di dalam perhitungan OEE.
- *Setup & Adjustment* : Waktu yang terbuang dikarenakan operator perlu melakukan suatu pengaturan/penyetelan pada mesin sehingga mesin dapat berjalan dengan optimal. Kegiatan *setup & adjustment* ini dilakukan saat awal memulai pekerjaan dan ketika hendak berganti *job*. Meskipun memang penyetelan perlu dilakukan, namun hal ini masih termasuk dalam kegiatan *non value added* karena tidak menambah nilai lebih pada produk akhir. Jenis *losses* ini akan berpengaruh langsung pada *availability* di dalam perhitungan OEE.
- *Minor stops* : Waktu yang terbuang dikarenakan terjadi kerusakan kecil pada mesin yang bisa diperbaiki oleh operator sendiri. Kegiatan penyelesaian masalah umumnya bisa dilakukan dengan menerapkan CILT (*Cleaning, Inspection, Lubrication, dan Tightening*) pada mesin. Umumnya *minor stops* terjadi dalam selang waktu 5 - 10 menit tergantung pada preferensi mesin di suatu perusahaan dan tidak membutuhkan keahlian tim maintenance untuk melakukan perbaikan. Jenis *losses* ini akan berpengaruh langsung pada *performance* di dalam perhitungan OEE.
- *Reduce speeds* : Waktu yang terbuang dikarenakan kecepatan produksi mesin yang menurun dan tidak sesuai dengan kecepatan standar mesin. Dengan begitu, output yang dihasilkan akan menurun dan tidak sesuai standar, sehingga menyebabkan tingkat *performance* juga menurun. Kerugian ini terjadi karena kesalahan dari mesin dan bukan manusia. Jenis *losses* ini akan berpengaruh langsung pada *performance* di dalam perhitungan OEE.
- *Start up errors* : Output baik / *good pieces* yang terbuang dikarenakan kesalahan *setup* awal mesin. Kerugian ini terjadi pada waktu awal produksi dimulai dan mesin baru saja dioperasikan setelah penyetelan awal terjadi. Frekuensi kejadiannya juga tidak sesering *quality errors* yang bisa terjadi sewaktu-waktu selama proses produksi berjalan. Jenis *losses* ini akan berpengaruh langsung pada *quality rate* di dalam perhitungan OEE.

- *Quality errors* : Output baik / *good pieces* yang terbuang dikarenakan hasil output dari mesin tidak sesuai dengan standar kualitas yang sudah ditetapkan dan perlu dilakukan rework apabila memungkinkan. Jenis *losses* ini akan berpengaruh langsung pada *quality rate* di dalam perhitungan OEE.

2.2.3 PILAR 2 - *Autonomous Maintenance (AM)*

Autonomous Maintenance atau Pemeliharaan Otonom adalah kondisi dimana operator telah melakukan aktivitas perawatan mesin sederhana meliputi pembersihan, pelumasan, penyetelan dan pengencangan, serta inspeksi secara mandiri. Kegiatan ini memiliki istilah yang bernama CILT, yaitu *Cleaning, Inspection, Lubricating, Tightening*. Tujuan utama dari pilar AM ini adalah menanamkan budaya kepada operator sehingga mempunyai rasa kepemilikan terhadap mesin/peralatan yang dioperasikannya sehingga mesin dapat mencapai kondisi yang optimal dalam jangka waktu yang panjang. Untuk penjelasan CILT secara detail dapat dilihat pada poin-poin di bawah ini.

- *Cleaning*, merupakan proses mengeliminasi semua substansi asing yang tersangkut pada peralatan dan sekitarnya. Substansi yang dimaksud bisa seperti debu, kotoran, minyak, dan lainnya. Efek dari substansi yang tidak dihilangkan adalah bentuk abnormalitas pada mesin seperti getaran yang berlebih, *overheat*, akurasi mesin rendah, dan bahkan menyebabkan mesin mengalami *small stops* dan *breakdown* pada bagian hidrolis, elektrik, *pneumatic*, dan bagian lainnya yang juga mengakibatkan korosi, kebocoran, dan penyumbatan (Tajiri & Gotō, 1992).
- *Inspection*, merupakan kegiatan pengecekan yang dilakukan pada bagian dalam peralatan, permukaan luar peralatan, dan daerah sekitar peralatan. Pengecekan dapat dilakukan dengan *5 Senses*, yaitu mata (visual), hidung (bau), telinga (bunyi), tangan (vibrasi), dan mulut (rasa). Meskipun pada kenyataannya, penggunaan mulut untuk mengetahui rasa tidak pernah digunakan. Contoh dari pengecekan secara visual adalah melihat apakah terdapat debu atau kotoran yang menumpuk pada permukaan mesin, contoh dari pengecekan bau adalah mencium bau yang abnormal pada mesin seperti bau sangat yang disebabkan oleh motor yang *overheat*, contoh dari pengecekan secara bunyi adalah mendengarkan suara yang ada ketika mesin menyala, apakah bunyi terlalu keras, dan contoh pengecekan menggunakan tangan adalah merasakan getaran pada mesin dengan meraba permukaan mesin.

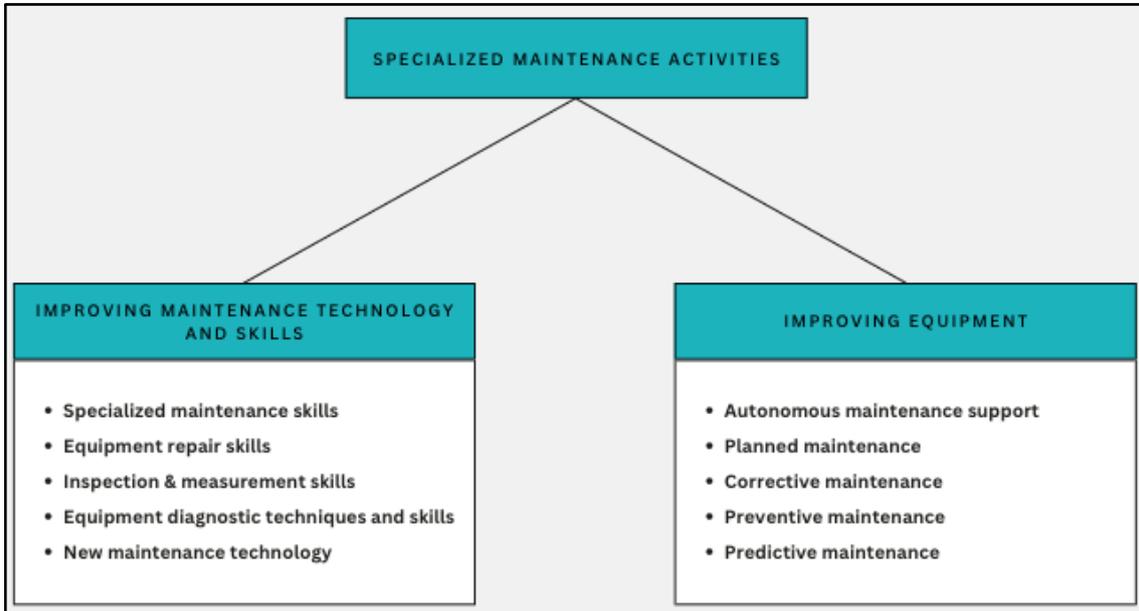
- *Lubrication*, merupakan kegiatan pemberian pelumas pada suatu bagian mesin yang bertujuan untuk mengurangi gaya gesek antara 1 bagian dengan bagian lainnya. Terdapat banyak bagian yang dapat diberikan pelumasan, termasuk komponen mesin yang suka berputar dan yang bergerak maju mundur. Apabila bagian-bagian ini tidak diberikan bahan pelumasan / *lubricant* dengan cukup, maka dapat menyebabkan kurangnya pelumasan (mengering), terciptanya kondisi abnormal seperti getaran berlebih, suara aneh, *overheating*, dan abrasi yang akhirnya dapat mengakibatkan terjadinya *breakdown*.
- *Tightening*, merupakan kegiatan pengencangan baut dan mur yang terlekat pada mesin. Hampir semua mesin/peralatan digabungkan menjadi satu menggunakan pengencang seperti mur dan baut. Kondisi baut dan mur yang rusak, longgar, dan/atau hilang akan menyebabkan getaran yang berlebih, ketidakselarasan antar bagian mesin, kerusakan fisik pada mesin, dan bahkan membuat mesin mengalami *breakdown* atau *minor stops*.

2.2.4 PILAR 3 - *Planned Maintenance (PM)*

Planned Maintenance merupakan kegiatan pemeliharaan yang menerapkan 3 metode utama *maintenance* yaitu *breakdown maintenance*, *preventive maintenance*, dan *predictive maintenance*. Tujuan dari dijalankannya ke-3 metode pemeliharaan ini adalah untuk mengeliminasi *breakdown* meskipun ketika praktis sistem *maintenance* sudah berjalan dengan baik, namun *unexpected failures* atau kegagalan yang tidak diharapkan tetap terjadi. PM di dalam TPM menekankan untuk melakukan pengawasan terhadap MTBF (*Mean Times Between Failures*) dan menggunakannya sebagai bahan analisa untuk mengatur interval dilakukannya kegiatan pemeliharaan seperti tahunan, bulanan, atau mingguan. Sama halnya dengan MTTR (*Mean Times to Repair*) yang digunakan untuk mengukur kinerja personil *maintenance* dalam melakukan perbaikan, dimana semakin kecil nilai MTTR, berarti waktu yang dihabiskan untuk melakukan perbaikan tidak banyak. Sebaliknya, untuk MTBF, semakin tinggi nilainya berarti waktu antara 1 kerusakan dengan kerusakan berikutnya sangat panjang.

Dalam PM (*Planned Maintenance*) sendiri, aktivitas yang dilakukan didasari oleh 2 pondasi utama, yaitu *autonomous maintenance* oleh departemen produksi dan *specialized maintenance* oleh departemen *maintenance*. *Autonomous maintenance* merupakan kegiatan perawatan peralatan yang dilakukan sehari-hari secara rutin. Sementara *specialized maintenance* berfokus pada 2 “Aktivitas Kembar”, yaitu aktivitas yang memberikan perbaikan pada peralatan (*Improving Equipment*) dan aktivitas yang meningkatkan keahlian dan teknologi

dari *maintenance (Improving Maintenance Technology and Skills)* (Suzuki, 1994). Kedua aktivitas tersebut digambarkan dengan bagan pada Gambar 2.2



Gambar 2. 2 “Aktivitas Kembar” pada *Specialized Maintenance*

Dari bagan di atas, diketahui bahwa dalam melakukan aktivitas *Improving Equipment* dapat dicapai dengan menerapkan pemeliharaan rutin atau *autonomous maintenance* dan pemeliharaan terencana atau *planned maintenance* yang terdiri dari kegiatan seperti *corrective maintenance*, *preventive maintenance*, dan *predictive maintenance*. Sedangkan dalam melakukan aktivitas *Improving Maintenance Technology and Skills* dapat dicapai dengan meningkatkan keterampilan personil *maintenance* dari segi reparasi mesin, inspeksi dan pengukuran, teknik diagnosa peralatan, dan menerapkan teknologi pemeliharaan yang baru.

2.2.5 PILAR 4 - *Training & Education (TnE)*

Training & Education adalah pilar yang berusaha untuk mengisi *gap knowledge* dari para pekerja untuk mendukung berjalannya implementasi TPM. Kegiatan pelatihan bisa dilakukan oleh berbagai pihak, misal dari pihak vendor mesin melakukan training pada tim maintenance, lalu tim maintenance mentransfer *knowledge* tersebut ke para operator produksi, dan dari operator ke operator lainnya. Jenis edukasi yang diberikan harus sesuai dengan kebutuhan perusahaan serta sama dengan tujuan / visi yang dimiliki oleh perusahaan. Sumber daya manusia yang ada juga perlu dievaluasi dan diperbaharui keterampilannya secara berkala.

2.2.6 PILAR 5 - *Early Equipment Management (EEM)*

Pilar *Early Equipment Management* atau EEM merupakan pilar yang bertujuan untuk mengoptimalkan desain, instalasi, dan operasi peralatan yang baru dan/atau peralatan yang termodifikasi. EEM berupaya untuk mencegah kegagalan di masa depan, menghemat biaya, dan meningkatkan kualitas dan keamanan dari mesin dengan mengidentifikasi potensi terjadinya masalah sedini mungkin. Ketika suatu peralatan dimodelisasi ulang atau baru dipasang, permasalahan yang muncul di masa awal akan mengundur proses *completion* dan mengakibatkan turunnya tingkat efektifitas peralatan tersebut. Hal ini terjadi dikarenakan gagalnya tim proyek dalam membangun kehandalan, pemeliharaan, operasional, ekonomi, keamanan, dan mudahnya proses *quality assurance* selama masa awal peralatan (Wireman, 2004).

2.2.7 PILAR 6 - *Quality Maintenance (QM)*

Pilar *Quality Maintenance* atau QM merupakan pilar yang berfokus pada penjagaan kualitas dari mesin dengan cara melakukan perawatan kondisi pada mesin untuk menurunkan peluang dihasilkannya produk cacat akibat kegagalan pada mesin.

Quality Maintenance terdiri atas aktivitas yang menciptakan kondisi dari peralatan yang tidak menghasilkan cacat kualitas, dan dengan tujuan bahwa memelihara peralatan dalam kondisi sempurna dapat menghasilkan produk yang sempurna juga. Cacat kualitas pada pilar ini dicegah dengan cara melakukan pengecekan dan mengukur kondisi peralatan secara berkala. Selain itu, juga memastikan bahwa ukuran nilai pada suatu peralatan sudah sesuai dengan standar kelayakan yang ada (Suzuki, 1994).

2.2.8 PILAR 7 - *Office TPM*

Pilar *Office TPM* merupakan pilar yang menjadi pendukung pilar lainnya untuk memastikan jalannya implementasi TPM di area perkantoran. Yang dimaksud adalah departemen yang tidak terjun langsung pada rantai produksi namun bekerja di bagian *administrative* dan *supporting* seperti, *Purchasing, Procurement, Finance, IT, Logistics*, dsb. Tujuannya adalah untuk mengeliminasi pemborosan / *waste* yang terjadi di area perkantoran menggunakan penerapan filosofi TPM. Salah satu kegiatan di dalam TPM Office adalah menerapkan program 5R di lingkungan kantor, lalu menghubungkan antar departemen sehingga dapat membangun sinergi bersama untuk implementasi TPM.

Office TPM dapat diimplementasikan dengan beberapa pendekatan yang dapat dilihat pada poin-poin di bawah ini (Wireman, 2004).

- *TPM in Administrative and Support Departments :*

Pada bagian *Office TPM* ini, tidak seperti departemen produksi yang merencanakan, mengembangkan, dan memproduksi output. Namun untuk bertanggung jawab pada bagian memproses sebuah informasi, membantu dan mendukung aktivitas departemen produksi dan departemen lainnya, serta membantu mengurangi *cost*. Tugas lain yang dilakukan adalah untuk membuat organisasi dalam perusahaan mampu merespon perubahan secara cepat dalam lingkungan bisnis dan sosial untuk memenangkan persaingan. Hal ini berarti meningkatkan produktivitas, memotong biaya, dan membantu perusahaan untuk berhasil mencapai pengembangan strategis yang diimpikan oleh manajemen puncak. Yang terakhir adalah untuk memenangkan kepercayaan pelanggan kepada perusahaan dan menciptakan *image* atau reputasi yang baik.

- *Administrative Autonomous Maintenance :*

Kegiatan di dalam *Office TPM : Administrative Autonomous Maintenance* berisikan 2 jenis administratif yaitu secara fungsional dan lingkungan. Adapun beberapa tujuan yang ingin dicapai, yaitu :

- a. Mengeliminasi semua *losses* dan permasalahan dalam prosedur administratif.
- b. Menciptakan lingkungan kerja yang memungkinkan untuk berjalannya administrasi yang efisien.
- c. Membangun sistem untuk mempertahankan tingkat efisiensi dan meningkatkannya lebih tinggi seiring berjalannya waktu.

Jenis administratif yang pertama yaitu “fungsional”, yang menggunakan pendekatan secara “non-fisik” yang berfokus pada memperbaiki alokasi pekerjaan, prosedur administratif, dan tugas sederhana seperti mengurus kedatangan pelanggan oleh *receptionist*. Terdapat banyak metode dan prosedur yang digunakan dalam pendekatan ini, seperti :

- a. Mengkaji ulang alur proses kerja, alokasi tanggung jawab, sistem *filing*, dan tempat penyimpanan.
- b. Menganalisa *forms*, dokumen, referensi material, dan sistem *filing*.
- c. Menginvestigasi *losses* secara keseluruhan, identifikasi masalah yang berhubungan dengan fungsi dan tugas administrasi.

- d. Menstandarisasi prosedur dan aturan administrasi, serta siapkan buku manual di area kantor.

Jenis administratif yang kedua yaitu “lingkungan”, yang menggunakan pendekatan secara “fisik” seperti memperbaiki tata letak perkantoran dan peralatan, sehingga pekerja dalam kantor dapat bekerja dengan lebih mudah dan efisien secara psikologi dan fisik. Pada perspektif ini, pilar *Autonomous Maintenance* dan penerapan 5R dapat diaplikasikan pada pendekatan *Office TPM* ini. Terdapat banyak metode yang digunakan dalam pendekatan ini, seperti :

- a. Mengeliminasi barang yang sudah tidak diperlukan di area kantor dan fasilitas, serta eliminasi semua debu dan kotoran. Bisa dengan mengecek temperatur, kelembapan, ventilasi, pencahayaan, suara, dsb.
- b. Mengidentifikasi dan mengeliminasi *losses*, kecacatan, dan cacat yang tersembunyi seperti, area yang terlalu dingin, AC yang berisik, dinding dan lantai yang rusak, dsb.
- c. Buat panduan manual untuk pengecekan ruangan kantor sehingga dapat dilatih juga perihal keahlian pengecekan. Lakukan identifikasi dan eliminasi dari hasil pengecekan yang sudah dilakukan.

2.2.9 PILAR 8 - Safety, Health & Environment (SHE)

Pilar *Safety, Health & Environment* atau SHE merupakan pilar terakhir yang ada di TPM dan memiliki tujuan untuk mencapai *Zero Accident*, *Zero Health Damage*, dan *Zero Fires* pada area lingkungan kerja. SHE atau K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) dalam TPM berfokus dalam memastikan kehandalan peralatan, mencegah *human error*, dan mengeliminasi kecelakaan dan polusi di lingkungan kerja. Oleh karena itu, manajemen keamanan dan lingkungan merupakan salah satu kunci yang penting di dalam semua program TPM. Hal ini berlaku juga sebaliknya, dimana dengan mengimplementasikan TPM secara penuh akan meningkatkan keamanan dalam beberapa aspek (Wireman, 2004) seperti :

- Dengan mengaplikasikan prinsip 5R pada area perusahaan, sebagai bagian dari *Autonomous Maintenance*, pekerja akan mengeliminasi kebocoran dan sumber kotoran yang membuat lingkungan kerja menjadi bersih, rapi dan terorganisir dengan baik.
- Kegiatan *Autonomous Maintenance* dan *Focused Improvements* akan mengeliminasi area-area yang tidak aman.

- Dari pilar *Training and Education*, operator akan terlatih untuk menjaga kondisi peralatannya sendiri dan dapat mengetahui abnormalitas lebih awal serta mengatasinya, sehingga peralatan yang ada pun aman dan sehat bagi lingkungan.