

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian dan Tujuan *Maintenance*

2.1.1. Pengertian *Maintenance*

Pada industri manufaktur mesin-mesin dan peralatan yang telah tersedia dan siap pakai dibutuhkan setiap saat proses produksi akan dimulai. Fungsi mesin/peralatan yang digunakan dalam proses produksi tersebut akan mengalami kerusakan sejalan dengan semakin menurunnya kemampuan mesin/peralatan tersebut, tetapi usia kegunaannya dapat diperpanjang dengan melakukan perbaikan secara berkala melalui suatu aktivitas pemeliharaan yang tepat. Menurunnya kemampuan mesin/peralatan ada dua jenis, yakni :

1. *Natural Deterioration* yaitu menurunnya kinerja mesin/peralatan secara alami akibat terjadi pemburukan/keausan pada fisik mesin/peralatan selama waktu pemakaian walaupun penggunaannya secara benar.
2. *Accelerated Deterioration* yaitu menurunnya kinerja mesin/peralatan akibat kesalahan manusia (*human error*) sehingga dapat mempercepat pemburukan/keausan mesin/peralatan karena mengakibatkan tindakan dan perlakuan yang tidak seharusnya dilakukan terhadap mesin/peralatan.

Kerusakan yang terjadi pada mesin/peralatan dapat terjadi karena banyak sebab dan terjadi pada waktu yang berbeda sepanjang umur mesin/peralatan tersebut digunakan. Oleh karena itulah dalam usaha mencegah dan berusaha untuk menghilangkan kerusakan yang mungkin timbul ketika proses produksi berjalan,

dibutuhkan cara dan metode untuk mengantisipasinya dengan melakukan kegiatan pemeliharaan mesin/peralatan.

Pemeliharaan adalah semua tindakan teknis dan administratif yang dilakukan untuk menjaga agar kondisi mesin/peralatan tetap baik dan dapat melakukan segala fungsinya dengan baik, efisien, dan ekonomis sesuai dengan tingkat keamanan yang tinggi. Sedangkan menurut Assauri menyatakan pemeliharaan sebagai kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas/peralatan dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian/penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.

Pada dasarnya hasil yang diharapkan dari kegiatan pemeliharaan mesin/peralatan (*equipment maintenance*) mencakup dua hal sebagai berikut :

1. *Condition maintenance* yaitu mempertahankan kondisi mesin/peralatan agar berfungsi dengan baik sehingga komponen-komponen yang terdapat dalam mesin juga berfungsi sesuai dengan umur ekonomisnya.
2. *Replacement maintenance* yaitu melakukan tindakan perbaikan dan penggantian komponen mesin tepat pada waktunya sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan sebelum kerusakan terjadi.

2.1.2. Tujuan *Maintenance*

Maintenance dilakukan pada mesin/peralatan dengan maksud agar tujuan komersil perusahaan dapat tercapai dan juga kegiatan *maintenance* yang dilakukan adalah untuk mencegah hal-hal yang tidak diinginkan seperti terjadinya kerusakan yang terlalu cepat dimana kerusakan tersebut bisa saja dikarenakan

keausan akibat pengoperasian yang salah. Karena *maintenance* adalah kegiatan pendukung bagi kegiatan komersil, maka seperti kegiatan lainnya, *maintenance* harus efektif, efisien dan berbiaya rendah. Dengan adanya kegiatan *maintenance* ini, maka mesin/peralatan produksi dapat digunakan sesuai dengan rencana dan tidak mengalami kerusakan selama jangka waktu tertentu yang telah direncanakan tercapai.

Beberapa tujuan *maintenance* yang utama antara lain :

1. Untuk memperpanjang umur/masa pakai dari mesin/peralatan
2. Menjaga agar setiap mesin/peralatan dalam kondisi baik dan dalam keadaan dapat berfungsi dengan baik
3. Dapat menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi
4. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktunya
5. Memaksimalkan ketersediaan semua mesin/peralatan sistem produksi (mengurangi *downtime*)
6. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.
7. Dapat mendukung upaya memuaskan pelanggan.

2.2. Jenis-jenis *Maintenance*

2.2.1. *Planned Maintenance* (Pemeliharaan Terencana)

Planned maintenance (pemeliharaan terencana) adalah pemeliharaan yang diorganisasi dan dilakukan dengan pemikiran ke masa depan, pengendalian dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan sebelumnya. Oleh karena itu program *maintenance* yang akan dilakukan harus dinamis dan memerlukan pengawasan dan pengendalian secara aktif dari bagian *maintenance* melalui informasi dari catatan riwayat mesin/peralatan.

Konsep *planned maintenance* ditujukan untuk dapat mengatasi masalah yang dihadapi manajer dengan pelaksanaan kegiatan *maintenance*. Komunikasi dapat diperbaiki dengan informasi yang dapat memberi data yang lengkap untuk mengambil keputusan. Adapun data yang penting dalam kegiatan *maintenance* antara lain laporan permintaan pemeliharaan, laporan pemeriksaan, laporan perbaikan, dan lain-lain.

Keuntungan dilakukannya *planned maintenance* antara lain adalah :

1. Memperpanjang interval waktu *overhaul* dan umur mesin/peralatan
2. Mengurangi *downtime*, *corrective maintenance*, dan menaikkan *up-time*
3. Meningkatkan efisiensi mesin/peralatan serta penjadwalan tenaga kerja yang lebih efektif
4. Menyeimbangkan distribusi pekerjaan antar tenaga kerja secara lebih seimbang
5. Mengurangi jumlah mesin *stand by* dan jumlah persediaan suku cadang
6. Meningkatkan produksi dan penghematan biaya *maintenance*
7. Mengurangi jam kerja lembur

8. Dapat menstandarkan prosedur kerja, biaya dan waktu menyelesaikan pekerjaan

Sedangkan kerugian dari pelaksanaan *planned maintenance* antara lain adalah :

1. Pemakaian suku cadang menjadi lebih banyak, karena komponen yang kondisinya menurun langsung diganti, tidak menunggu sampai betul-betul rusak
2. Dengan *planned maintenance* mesin/peralatan akan lebih sering diperiksa atau ditangani, dan jika salah dalam pemeriksaan, justru dapat menimbulkan kerusakan.
3. Biaya awal untuk pembentukan *preventive maintenance* yang tinggi.

Pemeliharaan terencana (*planned maintenance*) terdiri dari tiga bentuk pelaksanaan, yaitu :

1. *Preventive Maintenance (Pemeliharaan Pencegahan)*

Preventive maintenance (pemeliharaan pencegahan) adalah tindakan-tindakan *maintenance* yang dilakukan ketika dan selama mesin/peralatan sedang beroperasi dengan baik, sebelum mesin/peralatan tersebut rusak yang bertujuan untuk menjaga agar mesin/peralatan tidak rusak dan mendeteksi gejala akan terjadinya kerusakan secara dini, sehingga dapat bertindak untuk mengadakan perbaikan sebelum mesin/peralatan mengalami *breakdowns*.

Gambaran yang diperoleh dari pengertian di atas adalah bahwa kegiatan pemeliharaan pencegahan yang paling penting adalah pemeriksaan (*inspection*), yang meliputi pemeriksaan terhadap semua mesin/peralatan produksi yang sesuai dengan rencana dan pembuatan laporan-laporan dari hasil pemeriksaan.

Dengan demikian semua fasilitas produksi yang dikenai *preventive maintenance* akan terjamin kelancaran kerjanya dan selalu diusahakan dalam kondisi atau keadaan yang siap dipergunakan untuk setiap operasi atau proses produksi pada setiap saat. Sehingga dapatlah dimungkinkan pembuatan suatu rencana dan jadwal pemeliharaan dan perawatan yang sangat cermat dan rencana produksi yang lebih tepat.

Secara umum tujuan dari *preventive maintenance* adalah :

- a. Meminimumkan *downtime* serta meningkatkan kehandalan (*reliability*) mesin/peralatan dan menjaga agar mesin dapat berfungsi tanpa ada gangguan.
- b. Meningkatkan efisiensi dan umur ekonomis mesin/peralatan.

Kegiatan utama yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan dan tetap menjaga agar mesin berfungsi dengan baik meliputi tiga hal :

- a. Pemeliharaan harian untuk mencegah terjadinya pemburukan (*deterioration*) mesin meliputi kegiatan membersihkan (*cleaning*), memeriksa (*checking*), pelumasan (*lubricating*) dan pengencangan baut/mur mesin (*tightening*).
- b. Pemeriksaan berkala (*periodic inspection*) untuk mencari gejala memburuknya kondisi mesin yang mungkin terjadi.
- c. Melaksanakan perbaikan (*restoration*) jika terdapat kerusakan pada mesin ataupun melakukan perbaikan untuk mencegah kerusakan yang mungkin timbul sebelum terjadi.

Kegiatan *preventive maintenance* sangat penting bagi mesin/peralatan produksi yang bersifat kritis (*critical unit*). Sebuah mesin/peralatan produksi termasuk dalam *critical unit* apabila :

- a. Kerusakan mesin/peralatan akan mempengaruhi kualitas dari produk yang akan dihasilkan dan menyebabkan kemacetan proses produksi.
- b. Kerusakan mesin/peralatan akan membahayakan keselamatan atau kesehatan para pekerja.
- c. Modal yang ditanamkan pada mesin/peralatan tersebut atau harga dari mesin/peralatan ini cukup mahal.

Ciri-ciri *preventive maintenance* antara lain adalah :

- a. *Maintenance* yang dilakukan ini terencana dan terjadwal
- b. Mesin/peralatan yang akan dirawat telah diidentifikasi dan telah diuraikan menjadi komponen-komponennya (tersusun dalam daftar)
- c. Sebagian besar kegiatan *maintenance* dilakukan pada komponen mesin pada keadaan mesin masih bekerja, dan sebagian lain pada keadaan masih berhenti.
- d. Untuk setiap komponen dilakukan tindakan-tindakan *maintenance* yang telah ditetapkan secara rutin pada interval-interval waktu tertentu.

Dalam prakteknya, *preventive maintenance* yang dilakukan yang dilakukan dibedakan atas dua bagian, yaitu :

- a. *Routine Maintenance* (Pemeliharaan Rutin)

Routine maintenance (pemeliharaan rutin) adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara rutin, misalnya setiap hari. *Routine maintenance* ini dapat berupa penyetelan, pelumasan bagian yang bergerak, pembersihan mesin/peralatan atau pemanasan selama beberapa menit sebelum digunakan setiap hari.

b. *Periodic Maintenance* (Pemeliharaan Periodik)

Periodic maintenance (pemeliharaan periodik) adalah kegiatan pemeliharaan atau perawatan yang dilakukan secara periodik atau dalam jangka waktu tertentu, misalnya sebulan sekali, setahun sekali, dengan memakai lamanya jam kerja mesin atau fasilitas produksi tersebut sebagai jadwal pelaksanaannya, misalnya setiap seratus jam kerja mesin, dan seterusnya. *Periodic maintenance* ini dapat berupa penyetelan dan pemeriksaan katup-katup pemasukan /pengeluaran minyak pelumas.

2. *Corrective Maintenance* (Pemeliharaan Perbaikan)

Corrective maintenance (pemeliharaan perbaikan) adalah suatu kegiatan *maintenance* yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan atau kelainan pada mesin/peralatan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. *Corrective maintenance* menuntut para operator yang mengoperasikan mesin/peralatan untuk melaksanakan dua hal yang mencakup:

1. Mencatat hasil yang diperoleh dari inspeksi harian mencakup semua kerusakan-kerusakan yang timbul secara detil dan terperinci.
2. Secara aktif ikut berperan untuk memberikan ide-ide yang membangun bertujuan pencegahan terjadinya kerusakan mesin/peralatan dan mengantisipasi kondisi yang memungkinkan akan mengakibatkan kerusakan mesin/peralatan.

Kegiatan *corrective maintenance* (pemeliharaan perbaikan) dapat dibagi atas dua bagian, yaitu :

1. Perbaikan kerusakan diluar pemeriksaan

Perbaikan dilakukan terhadap satu atau beberapa komponen yang rusak, sehingga dapat berfungsi secara normal

2. Perbaikan menyeluruh (*overhaul*) merupakan kegiatan *maintenance* dengan secara menyeluruh terhadap suatu mesin/peralatan yang telah lama dioperasikan, dimana mesin/peralatan akan semakin menurun. Perbaikan yang dilakukan bertujuan untuk mengembalikan kemampuan mesin pada kondisi yang seoptimal mungkin, dapat menghasilkan daya kerja yang tinggi, dan dapat memperpanjang usia kegunaan mesin/peralatan.

3. *Predictive Maintenance* (Pemeliharaan Perbaikan)

Predictive maintenance adalah tingkatan-tingkatan *mainetenance* yang dilakukan pada tanggal yang telah ditetapkan berdasarkan prediksi hasil analisa dan evaluasi data operasi yang diambil pada interval-interval waktu tertentu. Data rekaman yang untuk melakukan *predictive maintenace* itu dapat berupa data getaran, temperatur, vibrasi, *flow rate* dan lain-lainnya. Perencanaan *predictive maintenance* dapat dilakukan berdasarkan laporan oleh operator lapangan yang diajukan melalui *work order* ke departemen *maintenance* untuk dilakukan tindakan yang tepat sehingga tidak akan merugikan perusahaan.

2.2.2. *Unplanned Maintenance* (Pemeliharaan Tak Terencana)

Unplanned maintenance biasanya berupa *breakdown/emergency maintenance*. *Breakdown/emergency maintenance* (pemeliharaan darurat) adalah tindakan *maintenance* yang tidak akan dilakukan pada mesin/peralatan yang masih dapat beroperasi, sampai mesin/peralatan tersebut rusak dan tidak dapat berfungsi lagi. Melalui bentuk pelaksanaan pemeliharaan tak terencana ini, diharapkan penerapan pemeliharaan tersebut akan dapat memperpanjang umur pakai dari mesin/peralatan, dan dapat memperkecil frekuensi kerusakan.

2.3. Tugas dan Pelaksanaan Kegiatan *Maintenance*

Kegiatan *maintenance* adalah untuk dapat memelihara reliabilitas sistem pengoperasian pada tingkat yang dapat diterima dan tetap memaksimalkan laba dan meminimumkan biaya. *Maintenance* yang cenderung untuk memperbaiki reliabilitas sistem, termasuk pada kategori kebijaksanaan pokok yang dapat diperinci sebagai berikut :

1. Kebijakan yang cenderung untuk mengurangi frekuensi kerusakan peralatan produksi
2. Kebijakan-kebijaksanaan untuk kegiatan pemeliharaan dilaksanakan dengan mempertimbangkan dua hal yaitu penggantian mesin/peralatan dan pelaksanaan reperasi serta didukung oleh keahlian dan keterampilan teknikal.

Penggantian peralatan tersebut harus berdasarkan pada :

- a. Perhitungan terhadap semua faktor biaya.
- b. Analisa nilai ekonomis mesin/peralatan lama dan mesin/peralatan baru.
- c. Cadangan mesin/peralatan yang harus segera dimanfaatkan.

Seluruh kegiatan *maintenance* dapat digolongkan ke dalam salah satu dari lima tugas pokok berikut, yaitu :

1. Inspeksi (*Inspection*)

Kegiatan inspeksi meliputi kegiatan pengecekan atau pemeriksaan secara berkala (*routine schedule check*) terhadap mesin/peralatan sesuai dengan rencana yang bertujuan untuk mengetahui apakah perusahaan selalu mempunyai fasilitas mesin/peralatan yang baik untuk menjamin kelancaran proses produksi.

2. Kegiatan Teknik (*Engineering*)

Kegiatan teknik meliputi kegiatan percobaan atas peralatan yang baru dibeli, dan kegiatan pengembangan komponen atau peralatan yang perlu diganti, serta melakukan penelitian-penelitian terhadap kemungkinan pengembangan komponen atau peralatan, juga berusaha untuk mencegah timbulnya seminimal mungkin terjadinya kerusakan

3. Kegiatan Produksi

Kegiatan produksi merupakan kegiatan pemeliharaan yang sebenarnya, yaitu memperbaiki mesin/peralatan produksi.

4. Kegiatan Administrasi

Kegiatan administrasi merupakan kegiatan yang berhubungan dengan pencatatan-pencatatan mengenai biaya-biaya yang terjadi dalam melakukan kegiatan pemeliharaan, penyusunan *planning* dan *scheduling*, yaitu rencana kapan suatu mesin/peralatan tersebut harus diperiksa, diservis dan diperbaiki.

5. Pemeliharaan Bangunan

Kegiatan pemeliharaan bangunan merupakan kegiatan yang tidak termasuk dalam kegiatan teknik dan produksi dari bagian *maintenance*.

Pelaksanaan kegiatan *maintenance* dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

1. Sentralisasi

- a. Mudah berkomunikasi antar bagian bidang keahlian yang beragam.
- b. Kemungkinan untuk memiliki peralatan canggih cukup besar.
- c. Tingkat keahlian yang dimiliki unit akan lebih tinggi.
- d. Fasilitas *training* dapat diadakan.

2. Desentralisasi

- a. Mengurangi waktu perjalanan dari dan ke lokasi perawatan.
- b. Mengetahui dan menguasai peralatan dengan lebih mendalam. Perhatian terhadap alat lebih besar sehingga perawatan lebih teliti.

2.4. *Total Productive Maintenance (TPM)*

2.4.1. Pendahuluan

Manajemen pemeliharaan mesin/peralatan modern dimulai dengan apa yang disebut *preventive maintenance* yang kemudian berkembang menjadi *productive maintenance*. Kedua metode pemeliharaan ini umumnya disingkat dengan PM dan pertama kali diterapkan oleh industri-industri manufaktur di Amerika Serikat dan pusat segala kegiatannya ditempatkan pada satu departemen yang disebut dengan *maintenance department*.

Preventive maintenance mulai dikenal pada tahun 1950-an, yang kemudian berkembang seiring dengan berkembangnya teknologi yang ada dan

kemudian pada tahun 1960-an muncul apa yang disebut dengan *productive maintenance*. *Total productive maintenance* (TPM) mulai dikembangkan pada tahun 1970-an pada perusahaan Nippondenso Co. di negara Jepang yang merupakan pengembangan konsep *maintenance* yang diterapkan pada perusahaan industri manufaktur Amerika Serikat yang disebut *preventive maintenance*. Seperti dapat dilihat pada Tabel 3.1. masa periode perkembangan PM di Jepang dimana periode tahun 1950-an juga bisa dikategorikan sebagai periode “*breakdown maintenance*”.

Mempertahankan kondisi mesin/peralatan yang mendukung pelaksanaan proses produksi merupakan komponen yang penting dalam pelaksanaan pemeliharaan unit produksi. Tujuan dari pemeliharaan produktif (*productive maintenance*) adalah untuk mencapai apa yang disebut dengan *profitable PM*

Tabel 2.1. Perkembangan PM di Jepang

	1950-an	1960-an	1970-an
ERA	<i>Preventive Maintenance</i>	<i>Productive Maintenance</i>	<i>Total Productive Maintenance</i>
	Menerapkan fungsi-fungsi <i>maintenance</i>	Mengetahui pentingnya reliabilitas, <i>maintenance</i> , dan efisiensi ekonomis dalam perancangan pabrik	Mencapai PM yang efisien melalui <i>comprehensive system based</i> dengan partisipasi dari seluruh tenaga kerja (<i>total employee participation</i>)
TEORI-TEORI	<ul style="list-style-type: none"> ▪ PM (<i>Preventive Maintenance</i>) 1951 ▪ PM (<i>Productive Maintenance</i>) 1954 ▪ MI (<i>Preventive Maintenance</i>) 1957 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Maintenance Prevention</i> 1951 ▪ <i>Reliability Engineering</i> 1962 ▪ <i>Maintability Engineering</i> 1962 ▪ <i>Engineering Economy</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Behavioral Sciences</i> ▪ MIC¹, PAC², dan F Plans³ ▪ <i>System Engineering</i> ▪ Ekologi ▪ <i>Terotechnology</i> ▪ Logistik

Dimana kita tidak hanya mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan dan cacat yang mungkin terjadi pada mesin/peralatan produksi, tetapi juga melaksanakan semua tindakan-tindakan *maintenance* tersebut secara efisien dan ekonomis.

TPM merupakan pengembangan ide dari *productive maintenance* atau *profitable PM*. TPM berkembang dari kegiatan sistem *maintenance* tradisional yang melibatkan semua departemen dan semua orang untuk ikut berpartisipasi dan mengemban tanggung jawab dalam manajemen mesin/peralatan. Aspek yang membedakan TPM dengan PM adalah pemeliharaan mandiri (*autonomous maintenance*). Kegiatan pemeliharaan mandiri (*autonomous maintenance*) ini dilaksanakan oleh operator pada bagian produksi untuk membantu mereka dapat menangani dan merawat mesin/peralatan mereka sendiri. Gambar 2.1. berikut menggambarkan hubungan TPM, *productive maintenance* dan *preventive maintenance*.

Pada sistem *maintenance* Amerika, departemen *maintenance* adalah bagian yang bertanggungjawab dalam pelaksanaan PM hal ini mencerminkan ciri dari konsep pembagian divisi tenaga kerja yang diatur oleh serikat buruh Amerika. Sedangkan pada *Japanese-style PM*, atau yang dikenal dengan sebagai TPM malah sebaliknya tidak bergantung pada departemen *maintenance* saja tetapi mengandalkan partisipasi dari semua level yang lebih umum disebut pemeliharaan mandiri atau *autonomous maintenance by operators*.

Tabel 2.2. Hubungan antara TPM, *Pro Maintenance* dan *Pre Maintenance*

	TPM	<i>Productive Maintenance</i>	<i>Preventive Maintenance</i>
<i>Economic Efficiency (profitable PM)</i>	◆	◆	◆
<i>Total System (MP-PM-MI)*</i>	◆	◆	
<i>Autonomous maintenance by operators (small group activities)</i>	◆		

TPM = *Productive Maintenance* + *small group activities*

*MP = *maintenance prevention*

PM = *preventive maintenance*

MI = *maintability improvement*

2.4.2. Pengertian *Total Productive Maintenance* (TPM)

TPM adalah hubungan kerjasama yang erat antara perawatan dan organisasi produksi secara menyeluruh yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas produk, mengurangi *waste*, mengurangi biaya produksi, meningkatkan kemampuan peralatan dan pengembangan dari keseluruhan sistem perawatan pada perusahaan manufaktur. Secara menyeluruh definisi dari *total productive maintenance* menurut Nakajima mencakup lima elemen berikut:

1. TPM bertujuan untuk menciptakan suatu sistem *preventive maintenance* (PM) untuk memperpanjang umur penggunaan mesin/peralatan.
2. TPM bertujuan untuk memaksimalkan efektivitas mesin/peralatan secara keseluruhan (*overall effectiveness*)
3. TPM dapat diterapkan pada berbagai departemen (seperti *engineering*, bagian produksi, bagian *maintenance*)

4. TPM melibatkan semua orang mulai dari tingkatan manajemen tertinggi hingga para karyawan/operator lantai pabrik.
5. TPM merupakan pengembangan dari sistem *maintenance* berdasarkan PM melalui manajemen motivasi : *autonomous small group activities*.

Kunio Shirose, dalam buku *TPM Team Guide* mendefinisikan TPM sebagai aktifitas yang bertujuan untuk :

- a. Mengeliminasi kerusakan mesin/peralatan, cacat produk dan kerugian lainnya yang diakibatkan oleh mesin.
- b. Meningkatkan efektivitas mesin/peralatan
- c. Meningkatkan laba bagi perusahaan dan
- d. Menciptakan lingkungan kerja yang sehat.

Subjek utama yang menjadi ide dasar dari kegiatan TPM adalah manusia dan mesin. Dalam hal ini diusahakan untuk dapat merubah pola pikir manusia terhadap konsep pemeliharaan yang selama ini biasa dipakai. Pola pikir “saya menggunakan peralatan dan orang lain yang memperbaiki” harus diubah menjadi “saya merawat peralatan saya sendiri.” Untuk itu para karyawan dituntut untuk dapat belajar menggunakan dan merawat mesin/peralatan dengan baik dan dengan demikian perlu dipersiapkan suatu sistem pelatihan (*training*) yang baik.

2.5. Analisis Produktivitas : Six Big Losses (Enam Kerugian Besar)

Kegiatan dan tindakan-tindakan yang dilakukan dalam TPM tidak hanya berfokus pada pencegahan terjadinya kerusakan pada mesin/peralatan dan meminimalkan downtime mesin/peralatan. Akan tetapi banyak faktor yang dapat menyebabkan kerugian akibat rendahnya efisiensi mesin/peralatan saja.

Rendahnya produktivitas mesin/peralatan yang menimbulkan kerugian bagi perusahaan sering diakibatkan oleh penggunaan mesin/peralatan yang tidak efektif dan efisien terdapat dalam enam faktor yang disebut enam kerugian besar (*six big losses*). Menurut Gaspertz, efisiensi adalah ukuran yang menunjukkan bagaimana sebaiknya sumber-sumber daya digunakan dalam proses produksi untuk menghasilkan *output*. Efisiensi merupakan karakteristik proses yang mengukur performansi aktual dari sumber daya relatif terhadap standar yang ditetapkan. Sedangkan efektivitas merupakan karakteristik lain dari proses yang mengukur derajat pencapaian *output* dari sistem produksi. Efektivitas diukur dari rasio *output actual* terhadap *output* yang direncanakan. Dalam era persaingan bebas saat ini pengukuran sistem produksi yang hanya mengacu pada kuantitas *output* semata akan dapat menyesatkan (*misleading*), karena pengukuran ini tidak memperhatikan karakteristik utama dari proses yaitu : kapasitas, efisiensi dan efektivitas.

Menggunakan mesin/peralatan seefisien mungkin artinya adalah memaksimalkan fungsi dari kinerja mesin/peralatan produksi dengan tepat guna dan berdaya guna. Untuk dapat meningkatkan produktivitas dan mesin/peralatan yang digunakan maka perlu dilakukan analisis produktivitas dan efisiensi mesin/peralatan pada *six big losses*. Adapun enam kerugian besar (*six big losses*) tersebut adalah sebagai berikut :

1. *Downtime*
 - a. *Equipment Failure (breakdowns)*
 - b. *Set-up and adjustment*

2. *Speed losses* :
 - a. *Idling and minor stoppages*
 - b. *Reduced speed*
3. *Defect*
 - a. *Process defect*
 - b. *Reduced yield losses*

2.5.1. Equipment Failure (Kerugian karena Kerusakan Peralatan)

Kerusakan mesin/peralatan (*equipment failure/breakdowns*) akan mengakibatkan waktu yang terbuang sia-sia yang berakibat pada berkurangnya volume produksi atau kerugian material akibat produk cacat yang dihasilkan. Kerusakan yang terjadi berulang-ulang (*sporadic*) seperti ban berjalan yang macet atau roda gigi yang aus relatif lebih mudah untuk diketahui dan tindakan perbaikan dan pencegahan biasanya lebih mudah dan jelas. Di sisi lain kerusakan-kerusakan kronis yang kecil dan tidak kasat mata biasanya sering terabaikan dan sepertinya dapat dicegah, misalnya tombol *setting* yang tidak berfungsi, dan masalah-masalah yang berhubungan dengan kualitas atau mesin yang berhenti sesaat (*minor stoppages*)

2.5.2 Setup and Adjustment (Kerugian karena Pemasangan dan Penyetelan)

Kerugian karena *set-up* dan *adjustment* adalah semua waktu *set-up* termasuk waktu penyesuaian (*adjustment*) dan juga waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan-kegiatan pengganti satu jenis produk ke jenis produk berikutnya untuk proses produksi selanjutnya. Dengan kata lain total waktu yang dibutuhkan mesin

tidak berproduksi guna mengganti cetakan (*dies*) bagi jenis produk berikutnya sampai dihasilkan produk yang sesuai untuk proses selanjutnya. Sekarang ini metode untuk mengurangi lamanya waktu *set-up* telah banyak diterapkan pada industri manufaktur modern. Hampir semua metode *set-up* bertujuan untuk mereduksi lamanya waktu *set-up* dan *adjustment* mesin/peralatan.

2.5.3. *Idling and Minor Stoppages Losses* (Kerugian karena Beroperasi Tanpa Beban maupun karena Berhenti Sesaat)

Kerugian karena beroperasi tanpa beban maupun karena berhenti sesaat muncul jika faktor eksternal mengakibatkan suatu mesin/peralatan berhenti berulang-ulang atau mesin/peralatan beroperasi tanpa menghasilkan produk. Sebagai contoh mesin beroperasi tetapi bahan yang akan diproses tersangkut pada *conveyor belt* dan tidak mencapai mesin/peralatan. Jika kondisi ini terjadi biasanya mesin akan berfungsi kembali jika material yang akan diproses dipindahkan ataupun dengan *me-reset* kembali mesin/peralatan. Umumnya operator tidak terlalu memperhatikan atau malah mengabaikan kondisi ini karena biasanya mudah ditanggulangi, tetapi *minor stoppages* tetap akan menurunkan efektivitas dan efisiensi dari mesin/peralatan dan harus dihilangkan secara mutlak.

2.5.4. *Reduced Speed Losses* (Kerugian karena Penurunan Kecepatan Operasi)

Menurunnya kecepatan produksi timbul jika kecepatan operasi aktual lebih kecil dari kecepatan mesin yang telah dirancang beroperasi dalam kecepatan normal.

Menurunnya kecepatan produksi antara lain disebabkan oleh :

- a. Kecepatan mesin yang dirancang tidak dapat dicapai karena perubahan jenis produk atau material yang tidak sesuai dengan mesin/peralatan yang digunakan.
- b. Kecepatan produksi mesin/peralatan menurun akibat operator tidak mengetahui berapa kecepatan normal mesin/peralatan sesungguhnya
- c. Kecepatan produksi sengaja dikurangi untuk mencegah timbulnya masalah pada mesin/peralatan dan kualitas produk yang lebih tinggi.

Masalah-masalah yang timbul seperti di atas muncul karena sering terabaikan padahal sebenarnya hal-hal tersebut yang akan berkembang dan akan memberikan kontribusi yang besar pada *six big losses* yang akan menurunkan efektivitas dan efisiensi mesin/peralatan.

2.5.5. *Process Defect Losses* (Kerugian karena Produk Cacat maupun karena Kerja Produk Diproses Ulang)

Produk cacat yang dihasilkan akan mengakibatkan kerugian material, mengurangi jumlah produksi, biaya tambahan untuk pengerjaan ulang, dan limbah produksi meningkat. Kerugian akibat pengerjaan ulang termasuk biaya tenaga kerja dan waktu yang dibutuhkan untuk mengolah dan mengerjakan kembali ataupun untuk memperbaiki produk yang cacat. Walaupun waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki cacat produk hanya sedikit tetapi kondisi seperti ini dapat menimbulkan masalah yang semakin besar.

2.5.6. *Reduced Yield Losses* (Kerugian pada Awal Waktu Produksi hingga Mencapai Kondisi Produksi yang Stabil)

Reduced yield losses adalah kerugian waktu dan material yang timbul selama waktu yang dibutuhkan oleh mesin/peralatan untuk menghasilkan produk baru dengan kualitas produk yang telah ditetapkan. Kerugian yang ditimbulkan tergantung pada faktor-faktor seperti operasi yang tidak stabil, tidak tepatnya penanganan dan pemasangan mesin/peralatan atau cetakan (*dies*) ataupun operator tidak mengerti dengan kegiatan proses produksi yang dilakukan. Beberapa hal yang berhubungan dengan kerugian yang mungkin timbul pada tahap awal produksi dapat diterima karena tidak dapat dihindarkan, akan tetapi tetap dibutuhkan tindakan untuk meminimalkannya agar mesin/peralatan yang digunakan tetap dapat beroperasi pada kondisi ideal yang diharapkan.

Sebelum kita mengetahui seberapa besar pengaruh dari keenam *six big losses* tersebut pada mesin/peralatan yang digunakan, kerugian-kerugian yang akan mengakibatkan rendahnya produktivitas mesin/peralatan tidak akan dapat kita kurangi ataupun dihilangkan. Akan tetapi jika kita dapat mengukur seberapa besar masing-masing *six big losses* yang terjadi pada mesin/peralatan maka tindakan dan langkah-langkah untuk menguranginya akan dapat ditentukan dengan menggunakan prinsip-prinsip yang terdapat pada TPM.

2.6. Delapan Pilar TPM (*Total Productive Maintenance*)

Penerapan *total productive maintenance* (TPM) pada prakteknya berupa pelaksanaan delapan pilar utama TPM. Delapan pilar TPM bukan merupakan tahapan kegiatan yang harus dilakukan secara berurutan, namun lebih merupakan kegiatan-kegiatan yang berdiri sendiri. Kedelapan pilar TPM tersebut adalah:

1. Pemeliharaan mandiri (*autonomous maintenance*)
2. Peningkatan parsial (*partial improvement*)
3. Pemeliharaan terencana (*planned maintenance*)
4. Pelatihan (*training*)
5. Manajemen mesin dan produk baru
6. Pemeliharaan mutu
7. TPM di lingkungan kantor (*TPM in office*)
8. Keselamatan, kesehatan kerja dan lingkungan (*safety, health and environment*)

Inti atau elemen dasar dari sistem *total productive maintenance* (TPM) sebenarnya adalah kegiatan pemeliharaan mandiri (*autonomous maintenance*) dan kegiatan peningkatan parsial (*partial improvement*). Pemeliharaan mandiri (*autonomous maintenance*) dimaksudkan untuk dapat mencegah kerusakan dan mempertahankan kondisi konsisten agar tetap dapat berjalan dengan baik seperti semula, sedangkan peningkatan parsial dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan kemampuan sistem secara keseluruhan.

2.7. *Autonomous Maintenance* (Pemeliharaan Mandiri)

Autonomous berarti independen atau juga mandiri. Jadi *autonomous maintenance* atau pemeliharaan mandiri merupakan suatu kegiatan untuk dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi mesin melalui kegiatan-kegiatan yang dilaksanakan oleh operator untuk memelihara mesin/peralatan yang mereka tangani sendiri. Prinsip-prinsip yang terdapat pada 5 S, merupakan prinsip yang mendasari kegiatan *autonomous maintenance*, yaitu :

1. Seiri (*clearing up*) ; Menyingkirkan benda-benda yang tidak diperlukan
2. Seiton (*organizing*) ; Menempatkan benda-benda yang diperlukan dengan rapi
3. Seiso (*cleaning*) ; Membersihkan peralatan dan tempat kerja
4. Seikatsu (*standarizing*) ; Membuat standar kebersihan, pelumasan dan inspeksi
5. Shitsuke (*training and discipline*) ; Meningkatkan skill dan moral

Autonomous maintenance diimplementasikan melalui 7 langkah yang akan membangun keahlian yang dibutuhkan operator agar mereka mengetahui tindakan apa yang seharusnya dilakukan.

Tujuh langkah kegiatan yang terdapat dalam *autonomous maintenance* adalah :

1. Membersihkan dan memeriksa (*clean and inspect*)
2. Membuat standar pembersihan dan pelumasan (*draw up cleaning and lubricating standards*)
3. Menghilangkan sumber masalah dan area yang tidak terjangkau (*eliminate problem and inaccessible area*)
4. Melaksanakan pemeliharaan mandiri (*conduct autonomous maintenance*)
5. Melaksanakan pemeliharaan menyeluruh (*conduct general inspections*)
6. Pemeliharaan mandiri secara penuh (*fully autonomous maintenance*)
7. Pengorganisasian dan kerapian (*organization and tidines*)

Contoh penjelasan lebih lanjut dari kegiatan 7 langkah penerapan *autonomous maintenance* yang harus dilakukan oleh operator, dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Tujuh Langkah Pengembangan *Autonomous Maintenance*

Tindakan	Kegiatan
1. Membersihkan dan memeriksa	Membersihkan mesin/peralatan untuk menghilangkan debu dan kotoran pada permukaan mesin/peralatan; pelumasan dan mengencangkan bagian yang longgar; memeriksa dan memperbaiki kerusakan yang ditemukan.
2. Menghilangkan sumber masalah dan area yang tidak terjangkau	Mencegah kerusakan yang mungkin ditimbulkan oleh debu dan kotoran yang terdapat pada permukaan mesin/peralatan; menemukan cara yang tepat untuk membersihkan bagian yang sukar dijangkau ; berusaha mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk membersihkan dan melumasi mesin/peralatan
3. Membuat standar pembersihan dan pelumasan	Menetapkan standar yang tepat yang akan mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk membersihkan, melumasi dan memeriksa mesin/peralatan (secara harian dengan tahapan yang teratur)

Tabel 2.3. Tujuh Langkah Pengembangan *Autonomous Maintenance*
(Lanjutan)

Tindakan	Kegiatan
4. Melaksanakan pemeriksaan menyeluruh	Mengikuti instruksi yang terdapat pada petunjuk pemeriksaan mesin/peralatan; memperbaiki kerusakan minor jika ditemukan
5. Melaksanakan pemeriksaan mandiri	Menggunakan <i>checksheet</i> pemeriksaan dan tetap berusaha mengembangkan kegiatan yang dilakukan pada pemeriksaan mandiri
6. Pengorganisasian dan kerapian	<p>Menetapkan standar kategori pengawasan yang dilakukan individu di lingkungan kerjanya masing-masing, melaksanakan sistem pengendalian <i>maintenance</i> yang terperinci</p> <ul style="list-style-type: none"> • Standar inspeksi untuk pembersihan dan pelumasan • Penetapan standar pembersihan dan pelumasan di area kerja • Penetapan standar untuk pencatatan data • Penetapan standar <i>maintenance</i> untuk part dan peralatan

Tabel 2.3. Tujuh Langkah Pengembangan *Autonomous Maintenance*

(Lanjutan)

Tindakan	Kegiatan
7. Pemeliharaan mandiri secara penuh	Pengembangan kebijakan dan tujuan perusahaan untuk tetap lebih lanjut; meningkatkan kegiatan pengembangan secara teratur

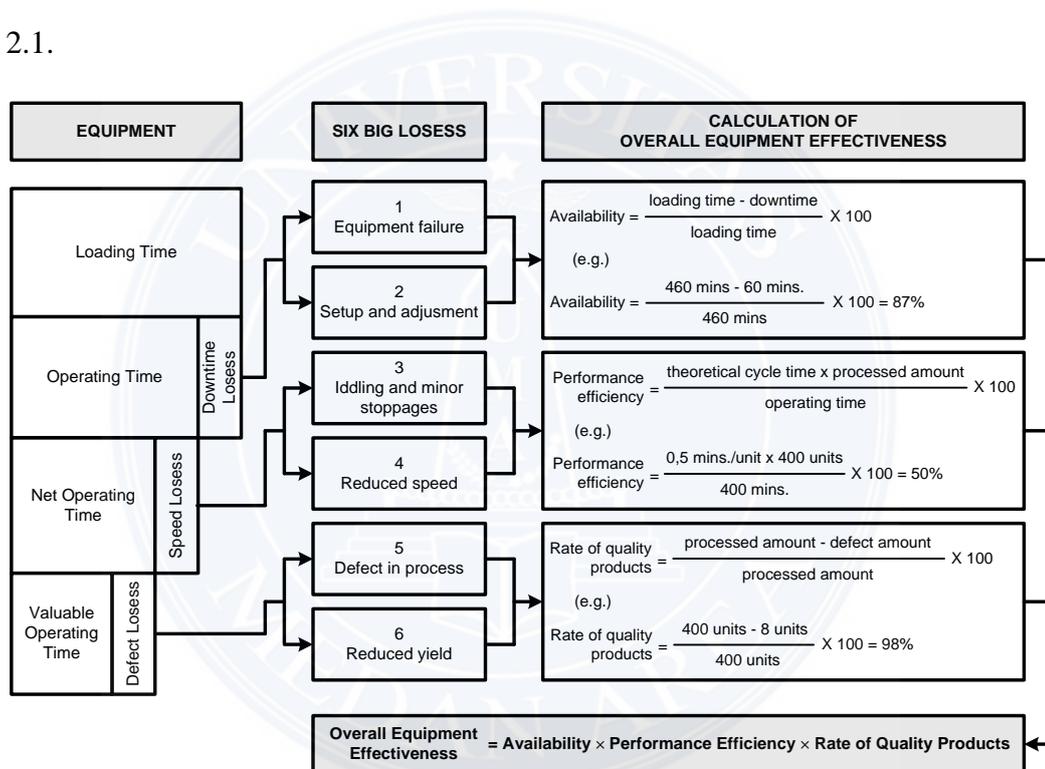
2.8. Manfaat dari *Total Productive Maintenance* (TPM)

Manfaat dari penerapan TPM secara sistematis dalam rencana kerja jangka panjang pada perusahaan pada khususnya menyangkut faktor-faktor berikut :

1. Peningkatan produktivitas dengan menggunakan prinsip-prinsip TPM akan meminimalkan kerugian-kerugian pada perusahaan.
2. Meningkatkan kualitas dengan TPM, meminimalkan kerusakan pada mesin/peralatan dan *downtime* mesin dengan metode yang terfokus.
3. Waktu *delivery* ke konsumen dapat ditepati, karena produksi yang tanpa gangguan akan lebih mudah untuk dilaksanakan.
4. Biaya produksi rendah karena rugi-rugi dan pekerjaan yang tidak memberi nilai tambah dapat dikurangi.
5. Kesehatan dan keselamatan lingkungan kerja lebih baik.
6. Meningkatkan motivasi tenaga kerja, karena hak dan tanggung jawab didelegasikan pada tiap orang.

2.9. OEE (Overall Equipment Effectiveness)

Overall equipment effectiveness (OEE) merupakan produk dari *six big losses* pada mesin/peralatan. Keenam faktor dalam *six big losses* seperti telah dijelaskan di atas, dapat dikelompokkan menjadi tiga komponen utama dalam OEE untuk dapat digunakan dalam mengukur kinerja mesin/peralatan yakni, *downtime losses*, *speed losses* dan *defect losses* seperti dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Overall Equipment Effectiveness and Goals

Overall equipment effectiveness (OEE) merupakan ukuran menyeluruh yang mengindikasikan tingkat produktivitas mesin/peralatan dan kinerjanya secara teori. Pengukuran ini sangat penting untuk mengetahui area mana yang perlu untuk ditingkatkan produktivitas ataupun efisiensi mesin/peralatan dan juga dapat menunjukkan area *bottleneck* yang terdapat pada lintasan produksi. OEE juga

merupakan alat ukur untuk mengevaluasi dan memberikan cara yang tepat untuk menjamin peningkatan produktivitas penggunaan mesin/peralatan.

Formula matematis dari *overall equipment effectiveness* (OEE) dirumuskan sebagai berikut :

$$OEE (\%) = Availability (\%) \times Performance Rate (\%) \times Quality Rate (\%)$$

Kondisi operasi mesin/peralatan produksi tidak akan akurat ditunjukkan jika hanya didasarkan pada perhitungan satu faktor saja, misalnya *performance efficiency* saja. Dari enam faktor pada *six big losses* baru *minor stoppages* saja yang dihitung pada *performance efficiency* mesin/peralatan. Rugi-rugi lainnya belum dihitung. Keenam faktor dalam *six big losses* harus diikutkan dalam perhitungan OEE, kemudian kondisi aktual dari mesin/peralatan dapat dilihat secara akurat.

2.9.1. Availability

Availability merupakan rasio *operation time* terhadap waktu *loading timenya*. Sehingga untuk dapat menghitung *availability* mesin dibutuhkan nilai-nilai dari :

1. *Operation time*
2. *Loading time*
3. *Downtime*

Nilai *availability* dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Availability} &= \frac{\text{Operation Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Loading Time} - \text{Downtime}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \end{aligned}$$

Loading time adalah waktu yang tersedia (*availability time*) perhari atau perbulan dikurangi dengan waktu *downtime* mesin yang direncanakan (*planned downtime*).

$$\text{Loading Time} = \text{Total Available Time} - \text{Planned Downtime}$$

Planned downtime adalah jumlah waktu *downtime* yang telah direncanakan dalam rencana produksi termasuk didalamnya waktu *downtime* mesin untuk pemeliharaan (*scheduled maintenance*) atau kegiatan manajemen lainnya.

Operation time merupakan hasil pengurangan *loading time* dengan waktu *downtime* mesin (*non-operation time*), dengan kata lain *operation time* adalah waktu operasi yang tersedia (*available time*) setelah waktu-waktu *downtime* mesin dikeluarkan dari *total available time* yang direncanakan. *Downtime* mesin adalah waktu proses yang seharusnya digunakan mesin akan tetapi karena adanya gangguan pada mesin/peralatan (*equipment failures*) mengakibatkan tidak ada *output* yang dihasilkan. *Downtime* mesin berhenti beroperasi akibat kerusakan mesin/peralatan, penggantian cetakan (*dies*), pelaksanaan prosedur *set-up* dan *adjustment* dan lain sebagainya.

2.9.2. Performance Efficiency

Performance Efficiency merupakan hasil perkalian dari *operating speed rate* dan *net operating speed*, atau rasio kuantitas produk yang dihasilkan dikalikan dengan waktu siklus idealnya terhadap waktu yang tersedia untuk melakukan proses produksi (*operation time*)

Operating speed rate merupakan perbandingan antara kecepatan ideal mesin sebenarnya (*theoretical/ideal cycle time*) dengan kecepatan aktual mesin (*actual cycle time*). Persamaan matematikanya dapat ditunjukkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Operating Speed Rate} &= \frac{\text{Theoretical Cycle Time}}{\text{Actual Cycle Time}} \\ \text{Net Operating Time} &= \frac{\text{Processed Amount} \times \text{Actual Cycle Time}}{\text{Operation Time}} \end{aligned}$$

Net operating time merupakan perbandingan antara jumlah produk yang diproses (*processed amount*) dikalikan dengan *actual cycle time* dengan *operation time*. *Net operating time* berguna untuk menghitung rugi-rugi yang diakibatkan oleh *minor stoppages* dan menurunnya kecepatan produksi (*reduced speed*).

Tiga faktor penting yang dibutuhkan untuk menghitung *Performance efficiency* :

1. *Ideal cycle time* (waktu siklus ideal/waktu standar)
2. *Processed amount* (jumlah produk yang diproses)
3. *Operation time* (waktu operasi mesin)

Performancy effieciency dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Performancy Efficiency} &= \text{Net Operating Time} \times \text{Operating Speed Rate} \\
 &= \frac{\text{Processed Amount} \times \text{Theoretical Cycle Time}}{\text{Operation Time}}
 \end{aligned}$$

2.9.3. Rate of Quality Products

Rate of quality products adalah rasio jumlah produk yang baik terhadap jumlah total produk yang diproses. Jadi *Rate of quality products* adalah hasil perhitungan dengan menggunakan dua faktor berikut :

1. *Processed amount* (jumlah produk yang diproses)
2. *Defect amount* (jumlah produk yang cacat)

Rate of quality products dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Rate of Quality Product} = \frac{\text{Processed Amount} - \text{Defect Amount}}{\text{Processed Amount}} \times 100\%$$

TPM mereduksi rugi-rugi mesin/peralatan dengan cara meningkatkan *availability*, *performance efficiency* dan *rate of quality products*. Sejalan dengan meningkatnya ketiga faktor yang terdapat dalam OEE maka kapabilitas perusahaan juga meningkat.

Dengan memasukkan keenam faktor yang terdapat dalam *six big losses* dalam perhitungan OEE pada pertama kali umumnya perusahaan hanya mempunyai tingkat OEE sekitar 50% sampai 60%, dengan kata lain pabrik hanya menggunakan setengah dari potensi kapasitas efektivitas mesin/peralatan yang mereka miliki.

Berdasarkan pengalaman perusahaan yang sukses menerapkan TPM dalam perusahaan mereka nilai OEE yang ideal yang diharapkan adalah :

- *Availability* $\geq 90\%$
- *Performancy efficiency* $\geq 95\%$
- *Rate of quality* $\geq 99\%$

Sehingga nilai OEE ideal yang diharapkan adalah :

$$0,90 \times 0,95 \times 0,99 \times 100\% = 85\%$$

2.10. Perencanaan dan Penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM)

Petunjuk dan prosedur penerapan TPM secara rinci untuk memaksimalkan produktivitas dan efisiensi mesin/peralatan harus disesuaikan dengan kondisi perusahaan itu sendiri. Tiap perusahaan harus merancang dan mengembangkan rencana kegiatan *maintenance* sendiri, karena kebutuhan dan permasalahan yang dihadapi berbeda antara satu perusahaan dengan perusahaan lainnya, tergantung pada jenis perusahaan, metode produksi yang ditetapkan, serta kondisi dan jenis mesin/peralatan yang digunakan.

Menurut Nakajima, terdapat beberapa kondisi dasar yang harus dipenuhi dalam pengembangan prinsip-prinsip TPM. Secara umum, untuk dapat berhasil dalam penerapan TPM ada 5 tahap kegiatan pengembangan TPM yaitu :

- a. Mengeliminasi *six big losses* untuk meningkatkan efektivitas mesin/peralatan dengan cara menganalisisnya menggunakan Diagram Sebab Akibat
- b. Program kegiatan pemeliharaan mandiri (*autonomous maintenance*)
- c. Membuat jadwal program *maintenance* bagi departemen *maintenance*.

- d. Meningkatkan skill operator mesin/peralatan dan personal *maintenance*
- e. Merancang kegiatan manajemen mesin/peralatan

Lima kegiatan tersebut di atas merupakan kegiatan dasar dalam penerapan TPM dalam perusahaan industri. Kegiatan pengembangan tersebut merupakan tuntutan kegiatan minimal yang harus dilaksanakan dalam pengembangan TPM.

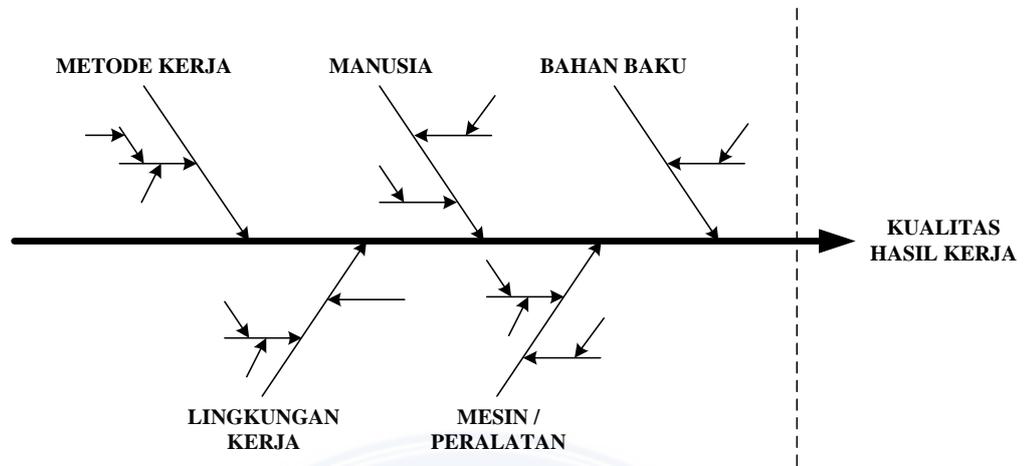
2.11. Diagram Sebab Akibat (*Cause and Effect Diagram*)

Diagram ini dikenal dengan istilah diagram tulang ikan (*fish bone diagram*) diperkenalkan pertama kalinya pada tahun 1943 oleh Prof. Kaoru Ishikawa (Tokyo University). Diagram ini berguna untuk menganalisa dan menemukan faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap penentuan karakteristik kualitas *output* kerja. Dalam hal ini metode sumbang saran akan cukup efektif digunakan untuk mencari faktor-faktor penyebab terjadinya penyimpangan kerja secara detail.

Untuk mencari faktor-faktor penyebab terjadinya penyimpangan kualitas hasil kerja maka, orang akan selalu mendapatkan bahwa ada 5 faktor penyebab utama yang signifikan yang perlu diperhatikan, yaitu :

- a. Manusia (*man*)
- b. Metode kerja (*work method*)
- c. Mesin atau peralatan kerja lainnya (*machine/equipment*)
- d. Bahan baku (*raw material*)
- e. Lingkungan kerja (*work environment*)

Berikut adalah contoh penggambaran diagram sebab akibat yang dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Diagram Sebab Akibat

