

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai penelitian terdahulu, penelitian sekarang dan landasan teori yang digunakan dalam penelitian yang akan dilakukan.

2.1. Tinjauan Pustaka

Total Productive Maintenance (TPM) merupakan suatu sistem perawatan produktif yang dilaksanakan oleh seluruh karyawan melalui aktivitas grup kecil. Serupa dengan *Total Quality Control* (TQC), yang merupakan kontrol kualitas total perusahaan yang cakupannya luas, TPM juga merupakan pemeliharaan peralatan yang dilakukan di seluruh perusahaan. Nakajima (1998) mengatakan bahwa TPM memiliki tujuan untuk mencapai kinerja ideal dengan tercapainya *zero loss*, yang artinya tanpa cacat, tanpa kerusakan, tanpa kesia-siaan pada proses produksi maupun saat pergantian.

Corder (1992) mengatakan bahwa *maintenance* merupakan suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan perusahaan untuk menjaga barang atau memperbaikinya kembali hingga mencapai kondisi yang dapat diterima. Tindakan *maintenance* yang dilakukan pada departemen *maintenance* biasanya terdiri dari tindakan yang bersifat tidak memberikan nilai tambah ketika melakukan perbaikan mesin atau peralatan. Beberapa kasus membuktikan bahwa penerapan manajemen *maintenance* itu penting bagi industri manufaktur maupun jasa. Palmer (2006) mengatakan bahwa seseorang tidak dapat mendiskusikan perencanaan perawatan tanpa terlebih dahulu mempertimbangkan perspektif keseluruhan pemeliharaan itu sendiri. Kapasitas pabrik merupakan sumber kehidupan bagi sebuah perusahaan. Kapasitas pabrik harus andal bagi perusahaan untuk menghasilkan produk agar tetap berlangsung dalam bisnis. Jika hal tersebut tidak disadari oleh perusahaan, maka perusahaan akan mendapatkan penurunan pendapatan produksi. Hal ini disebabkan *maintenance* yang buruk sama dengan aliran pendapatan yang buruk.

Rahmad (2012) mengatakan bahwa perbaikan dari sistem manufaktur merupakan salah satu bentuk usaha perbaikan yang intensif dilakukan agar mampu merespons perubahan pasar dengan cepat. Selain itu, kinerja dari mesin dan peralatan yang digunakan harus dirawat dan diperbaiki sehingga mampu

dioperasikan dengan baik. Jika hal ini tidak diperhatikan, maka sistem produksi akan sering terhambat akibat dari terjadinya kerusakan mesin atau peralatan. Pemeliharaan perlu diterapkan pada mesin atau peralatan agar mengantisipasi terjadi kemerosotan dalam hal kualitas maupun kuantitas dari produk. Jaaron (2012) melakukan penelitian yang dilakukan pada sebuah rumah sakit di Yordania dengan menyajikan metodologi baru dalam pelaksanaan TPM di industri kesehatan. Sebuah implementasi TPM yang telah dikembangkan untuk meningkatkan penggunaan peralatan medis dan mengurangi kegagalan serta mengembangkan sistem kerja karyawan yang dijelaskan melalui *Autonomous Maintenance*, *Preventive Maintenance*, dan model 5S.

Thiagarajan (2012) mengatakan bahwa penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan nilai efektivitas keseluruhan mesin atau peralatan dengan menggunakan perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Metode ini sangat membantu dalam melakukan pemantauan dari waktu ke waktu atau sebagai *benchmark* OEE. Almeanazel (2010) mengatakan bahwa dengan melakukan perhitungan OEE, perusahaan akan mengetahui di mana posisi mereka dan di mana titik kelemahan serta bagaimana cara melakukan perbaikan.

TPM berusaha keras untuk mencapai efektivitas peralatan secara keseluruhan dengan memaksimalkan *output* sambil meminimalkan *input*. Untuk mencapai efektivitas peralatan secara keseluruhan, TPM berfungsi untuk menghilangkan *six big losses* yang merupakan hambatan besar untuk efektivitas peralatan (Nakajima, 1989)

Rinawati (2014) dalam penelitiannya mengenai analisis penerapan TPM dengan menggunakan OEE dan *six big losses* mengatakan bahwa evaluasi penerapan TPM dilakukan dengan nilai OEE sebagai indikator serta mencari ketidakefektifan dari mesin dengan melakukan perhitungan *six big losses* untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh.

Hal senada dilakukan Rahmad (2012) dalam penelitiannya mengenai analisis penerapan TPM, bahwa OEE mampu digunakan sebagai objek pengukuran efektivitas peralatan secara keseluruhan untuk melaksanakan penerapan TPM dengan menghilangkan kerugian-kerugian yang ada. Menurut Hansen (2001) OEE dapat membantu perusahaan untuk lebih memahami seberapa baik kinerja area manufaktur dan mengidentifikasi apa yang membatasi efektivitas lebih tinggi.

Perusahaan juga harus mewaspadai sejauh mana risiko tersebut terjadi jika efektivitas yang diharapkan tidak tercapai dan dipertahankan.

Penelitian yang dilakukan oleh Rahmad (2012), mengambil studi kasus pada mesin penggiling tebu di PT "Y" untuk mengetahui nilai efektivitas mesin secara keseluruhan. Nilai efektivitas yang telah didapat lalu dibandingkan terhadap standar OEE dengan jumlah kerugian yang dibebankan pada perusahaan. Untuk mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya *six big losses*, dibutuhkan data-data yang terdapat dalam perhitungan OEE. Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut untuk hasil penyebab terjadinya kerugian dijelaskan dalam diagram *fish bone*. Hasil perhitungan OEE pada mesin penggiling tebu berkisar antara 31.82% hingga 61.19%. Nilai OEE ini tergolong rendah karena standar OEE yang telah ditetapkan Nakajima (1989) yaitu sebesar 85%.

Wahyudi, dkk (2009), di dalam jurnalnya meneliti tentang peningkatan OEE melalui implementasi TPM pada PT "X". Jurnal ini mengatakan bahwa PT "X" sering mengalami gangguan pada proses *blow molding*, sehingga kualitas produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan dan produktivitas kerja menurun. Hal ini dapat dibuktikan dengan hasil OEE awal sebelum dilakukan implementasi TPM yaitu sebesar 67.76%, di mana hasil tersebut masih rendah dibandingkan dengan standar OEE yaitu 85%. Langkah pertama yang dilakukan peneliti yaitu mengumpulkan data-data yang dibutuhkan untuk menghitung OEE awal dan *six big losses*. Selanjutnya peneliti melakukan kajian kondisi apa saja yang mampu diperbaiki dengan mengimplementasikan TPM. Langkah terakhir yaitu peneliti menghitung OEE yang mampu dicapai dengan menjalankan TPM dan membandingkannya dengan nilai OEE awal. Hasil OEE yang didapatkan setelah menerapkan TPM yaitu 81.88%. Keberhasilan implementasi TPM di PT "X" bergantung pada perubahan pola pikir pekerja dalam menjalankan rencana jadwal *preventive maintenance* sebagai bagian dari implementasi TPM.

Tabel 2.1. Tinjauan Pustaka

No.	Nama Penulis/Peneliti	Tahun Terbit	Industri>Nama Buku	Mesin	Tujuan
1	Seiichi Nakajima	1988	<i>Introduction to Total Productive Maintenance</i>	-	Menampilkan ilmu-ilmu dasar dan implementasi manajemen perawatan dengan metode <i>Total Productive</i>
2	Betrianis, Robby Suhendra	2005	Industri Otomotif	<i>Stamping Production Division</i>	a. Melakukan Analisis dalam penerapan TPM di industri otomotif b. Mengetahui nilai <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) c. Mengetahui faktor-faktor penyebab penurunan efektivitas melalui pengukuran regresi dan korelasi
3	Palmer	2006	<i>Maintenance Planning and Scheduling Handbook</i>	-	Menampilkan ilmu-ilmu dasar dan implementasi manajemen perawatan dengan metode <i>Total Productive</i>
4	Wahjudi, Soejono Tjitro, Rhismawati Soeyono	2009	Industri Kemasan Plastik	Mesin <i>blow molding</i>	Meningkatkan OEE dengan metode TPM
5	Rahmad, Praktiko, Slamet Wahyudi	2012	Industri Pabrik Gula	Mesin giling	a. Melakukan Analisis dalam penerapan TPM di PT "Y" b. Mengetahui nilai <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) c. Mengetahui faktor-faktor penyebab penurunan efektivitas melalui pengukuran <i>six big losses</i> d. Memberikan saran dan rekomendasi untuk mengatasi permasalahan dari keenam faktor <i>six big losses</i>
6	Tamer H. Haddad, Dr. Ayham Jaaron	2012	Industri Jasa Rumah Sakit	Implementasi metodologi	Implementasi TPM yang telah dikembangkan untuk meningkatkan penggunaan peralatan medis
7	Maran, Manikandan, Thiagarajan	2012	<i>Proceedings of the Internasional MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2012</i>	-	Pengukuran OEE dengan metode pendekatan tertimbang (<i>weighted approach</i>)
8	Rinawati, Nadia Cynthia Dewi	2014	Industri Pembuatan Filter	Mesin <i>Dual Combiner Cavitec VD-02</i>	Meningkatkan OEE dengan metode TPM

2.2. Dasar Teori

Dasar teori berisi tentang sejarah *preventive maintenance*, pengertian *Total Productive Maintenance* (TPM), tujuan TPM, fungsi TPM, dan penjelasan mengenai TPM lainnya

2.2.1. Sejarah *Preventive Maintenance*

Setelah Perang Dunia kedua, sektor industri Jepang membawa dan memodifikasi keterampilan ilmu manajemen dan manufaktur beserta ilmu tekniknya dari Amerika Serikat. Kemudian produk-produk yang dihasilkan Jepang menjadi dikenal oleh karena kualitasnya yang unggul dan mulai diekspor ke industri negara barat dalam kuantitas yang besar. Sejak itu, dunia mulai memberikan perhatian pada teknik manajemen ala Jepang.

Hal itu juga terjadi di lingkup perawatan mesin dan peralatan. Lebih dari 30 tahun Jepang mengadopsi ilmu *preventive maintenance* (PM) dari Amerika Serikat. Adopsi selanjutnya termasuk ilmu *productive maintenance* (perawatan produktif), *maintenance prevention* (perawatan pencegahan), dan *reliability engineering* (rekayasa keandalan). Apa yang kita kenal dengan *Total Productive Maintenance* (TPM), sebenarnya itu merupakan teknik *productive maintenance* dari Amerika yang sudah dimodifikasi dan disesuaikan dengan lingkungan industri Jepang. Kemudian TPM sudah diterima oleh industri Jepang dan industri negara barat, China, dan negara-negara Asia Tenggara termasuk Indonesia.

Preventive maintenance diperkenalkan pada 1950-an, lalu *productive maintenance* juga semakin dikenal selama tahun 1960-an. Pengembangan TPM dimulai pada 1970-an. Periode tahun 1950 dapat direferensikan sebagai periode *breakdown maintenance*. Berikut ini dijelaskan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Perkembangan PM di Jepang

	1950	1960	1970
Era	<i>Preventive Maintenance</i> - membangun ilmu mengenai fungsi-fungsi perawatan.	<i>Productive Maintenance</i> - mengenali pentingnya reliabilitas, perawatan, dan efisiensi ekonomika pada desain pabrik.	<i>Total Productive Maintenance</i> - pencapaian efisiensi PM melalui sistem komprehensif berdasarkan pada menghargai setiap individu dan partisipasi seluruh karyawan.
Teori	PM (<i>Preventive Maintenance</i>) dimulai 1951	<i>Maintenance prevention</i> dimulai 1960	<i>Behavioral sciences</i>
	PM (<i>Productive Maintenance</i>) dimulai 1954	<i>Reliability engineering</i> dimulai 1962	<i>Management for Innovation and Creation (MIC), Performance Analysis and Control (PAC), dan Foreman Plan (F Plan)</i>
	MI (<i>Maintainability Improvement</i>) dimulai 1957	<i>Maintainability engineering</i> dimulai 1962	Sistem engineering
		<i>Engineering economy</i>	Ekologi
			<i>Terotechnology</i>
			Logistik

Tabel 2.2. Lanjutan

	1950	1960	1970
Event Besar	<p>1951 : Toa Nenryo Logyo adalah perusahaan Jepang pertama yang menggunakan PM gaya Amerika</p>	<p>1960 : Konvensi <i>Maintenance</i> diadakan pertama kali</p>	<p>1970 : Konvensi Internasional <i>Equipment Maintenance</i> diadakan di Tokyo</p>
	<p>1953 : 20 perusahaan mengikuti grup riset PM (kemudian disebut <i>Japan Institute of Plant Maintenance</i> (JIPM))</p>	<p>1962 : <i>Japan Productivity Association</i> mengirimkan anggotanya ke Amerika untuk studi banding tentang <i>equipment maintenance</i></p>	<p>1971 : Jepang mengikuti konvensi internasional tentang <i>equipment maintenance</i> yang disponsori oleh <i>United Nations Industrial Development Organization</i> (UNIDO)</p>
	<p>1958 : George Smith (AS) datang ke Jepang untuk mempromosikan PM</p>	<p>1963 : Jepang mengikuti konvensi internasional tentang <i>equipment maintenance</i> di London</p>	<p>1973 : UNIDO mensponsori simposium <i>maintenance repair</i> di Jepang</p>
		<p>1964 : Hadiah PM diberikan pertama kali di Jepang</p>	
		<p>1965 : Jepang mengikuti konvensi internasional tentang <i>equipment maintenance</i> di New York</p>	<p>1973 : Jepang menghadiri konvensi internasional teroteknologi di Bristol, Inggris</p>

Tabel 2.2. Lanjutan

	1950	1960	1970
Event Besar		1969 : <i>Japan Institute of Plant Engineers</i> didirikan	1974-1980 : Jepang selalu menghadiri kongres <i>European Federation of National Maintenance Societies</i> (EFNMS)

Perkembangan PM di Jepang dibagi menjadi empat tahap pengembangan, yaitu:

- Tahap 1: *Breakdown Maintenance*
- Tahap 2: *Preventive Maintenance*
- Tahap 3: *Productive Maintenance*
- Tahap 4: *Total Productive Maintenance*

Tabel 2.3. Empat Tahap Pengembangan PM dan Situasi di Jepang

		1976	1979
Stage 1	<i>Breakdown Maintenance</i>	12.70%	6.70%
Stage 2	<i>Prevention Maintenance</i>	37.30%	28.80%
Stage 3	<i>Productive Maintenance</i>	39.40%	41.70%
Stage 4	<i>Total Productive Maintenance</i>	10.60%	22.80%

Baru-baru ini, baik *predictive maintenance* dan teknik diagnostik peralatan telah menarik perhatian. Teknik-teknik tersebut mengindikasikan pada arah masa depan pengembangan PM.

Sampai tahun 1970-an, PM buatan Jepang sebagian besar terdiri dari *preventive maintenance* atau *time-based maintenance* dengan servis berkala dan pemeriksaan. Selama tahun 1980-an, *preventive maintenance* secara perlahan-lahan digantikan dengan *predictive maintenance* atau *condition-based maintenance*. *Predictive maintenance* menggunakan teknik analisis dan pengawasan modern untuk mendiagnosis kondisi *equipment* selama operasi berjalan – untuk mengidentifikasi sinyal kemerosotan atau kegagalan yang akan terjadi.

2.2.2. Strategi *Maintenance*

Maintenance dalam bahasa Indonesia yaitu perawatan, menurut Mobley (2002) *maintenance* tidak selalu berupa *preventive maintenance*, walaupun strategi tersebut merupakan hal yang penting. Peranan *maintenance* akan terasa jika sistem mulai mengalami gangguan atau kerusakan. Corder (1992) mengatakan bahwa *maintenance* adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga barang atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima.

Terdapat beberapa kategori *maintenance* menurut Keith (2002) yaitu:

a. Inspeksi

Inspeksi dilakukan untuk mengetahui status dari komponen dan mampu melakukan pengukuran dengan alat khusus. Jika hasil inspeksi sesuai dengan ekspektasi, maka komponen itu dapat melakukan operasi sesuai dengan fungsinya sampai dengan jadwal inspeksi selanjutnya. Namun bila hasil inspeksi ternyata komponen tersebut rusak, maka komponen itu harus diperbaiki jika masih memungkinkan atau melakukan penggantian dengan komponen yang baru jika sudah tidak mampu untuk diperbaiki.

b. *Corrective Maintenance*

Corrective maintenance terdiri atas tindakan yang dilakukan untuk mengembalikan sistem/komponen yang rusak ke kondisi siap beroperasi. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan tergantung dari seberapa parahnya komponen tersebut dan jika memiliki suku cadang (*spare parts*) akan dapat menghindari terhentinya proses produksi. Tujuan dari *corrective maintenance* yaitu untuk mengembalikan sistem operasi menjadi normal dalam waktu terpendek.

c. *Preventive Maintenance*

Preventive maintenance dilakukan untuk meningkatkan keandalan sistem atau memperpanjang umur sistem. Tindakan *maintenance* ini bervariasi mulai dari perawatan ringan yang hanya membutuhkan durasi perbaikan pendek sampai dengan perbaikan yang memerlukan waktu perbaikan yang cukup lama. Untuk beberapa komponen yang kerusakannya dapat dibuat distribusi probabilitistik, maka akan tampak frekuensi *breakdown* yang paling sering. *Preventive maintenance* membutuhkan data mengenai pola kerusakan komponen beserta biaya perbaikan dan *equipment failure time*.

2.2.3. Definisi *Total Productive Maintenance*

Total Productive Maintenance (TPM) merupakan sebuah pengembangan metode pemeliharaan dari metode *productive maintenance* dan *preventive maintenance* yang dikembangkan oleh Nippon Denso, salah satu anak perusahaan dari Toyota yang menerapkan dan mengembangkan konsep TPM tahun 1960. TPM dikembangkan untuk meningkatkan produktivitas kerja dengan cara mengurangi *waste* (pemborosan) serta memodelkan proses kerja yang lebih dapat diandalkan.

Seiichi Nakajima dari *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) mendefinisikan TPM untuk pertama kalinya pada tahun 1989. Menurut Nakajima, TPM adalah suatu strategi untuk memperbesar perusahaan untuk melakukan peningkatan efektivitas di lingkungan produksi, diutamakan untuk meningkatkan efektivitas pada mesin dan peralatan produksi. Metode ini akan meningkatkan semua kondisi operasional dalam sistem produksi dengan cara mendorong kesadaran/kewaspadaan setiap hari oleh semua karyawan perusahaan.

Menurut J. Venkatesh (2005), TPM adalah program pemeliharaan yang memberikan konsep pengertian yang baru bagi area pemeliharaan dan peralatan. Menurut Corder (1996), TPM merupakan metode yang tidak hanya terfokus bagaimana cara mengoptimalkan produktivitas dari material atau peralatan, tetapi juga memerhatikan bagaimana cara meningkatkan produktivitas dari para pekerja yang akan memegang kendali pada material dan peralatan.

Definisi lengkap mengenai TPM dimasukkan ke dalam lima elemen, yaitu:

1. TPM bertujuan memaksimalkan efektivitas peralatan.
2. TPM membangun sistem PM menyeluruh untuk seluruh masa pakai peralatan.
3. TPM merupakan implementasi dari berbagai departemen (*engineering*, operasi, perawatan).
4. TPM melibatkan setiap karyawan, mulai dari *top management* hingga pekerja lapangan.
5. TPM berbasis pada promosi PM melalui manajemen motivasi.

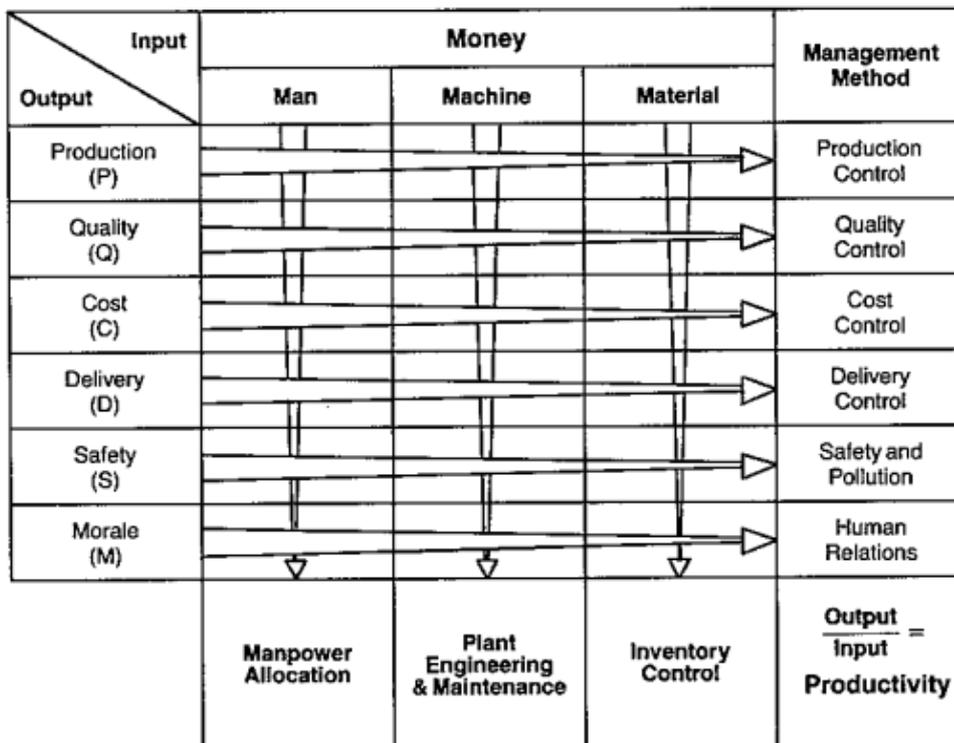
Kata “total” pada *Total Productive Maintenance* mempunyai tiga arti yang mendeskripsikan prinsip dari TPM, yaitu:

1. Efektivitas total (berdasarkan poin 1 di atas) mengindikasikan TPM berusaha mendapatkan efisiensi ekonomi atau profitabilitas.

2. Sistem perawatan total (berdasarkan poin 2) termasuk *maintenance prevention* (MP) dan *maintainability improvement* (MI) sebaik *preventive maintenance*.
3. Partisipasi seluruh karyawan (berdasarkan poin 3, 4, dan 5) termasuk *autonomous maintenance* oleh operator/karyawan melalui aktivitas kelompok kecil.

TPM memiliki tujuan lainnya yaitu tidak adanya interupsi kerusakan mesin (*zero breakdowns*) dan tidak adanya kerusakan produk (*zero defect*). Diharapkan dengan tujuan tersebut, tingkat penggunaan mesin dan alat akan meningkat, biaya dan persediaan berkurang, dan produktivitas karyawan meningkat.

Objek dari kegiatan perbaikan dalam TPM yaitu meningkatkan produktivitas dengan meminimalkan *input* dan memaksimalkan *output*. *Input* terdiri dari karyawan/manusia, mesin, dan material. Sedangkan *output* terdiri dari *production, quality, cost, delivery, safety, dan morale* (PQCDSM)



Gambar 2.1. Hubungan antara *Input* dan *Output* dalam Aktivitas Produksi

2.2.4. Komponen *Total Productive Maintenance*

Tiga komponen utama *Total Productive Maintenance* (TPM) yaitu sebagai berikut:

a. Pendekatan Total

Komponen ini melingkup semua aspek yang dipekerjakan pada seluruh area operasi.

b. Tindakan Produktif

Komponen ini digunakan untuk mengarahkan fasilitas operasi dan biasanya digunakan untuk memperbaiki produktivitas dan performa bisnis secara keseluruhan.

c. Pemeliharaan

Pemeliharaan digunakan untuk memantau, memelihara dan memperbaiki keefektifan fasilitas secara keseluruhan.

Dengan mengimplementasikan prinsip TPM, pekerja dapat meminimasi kerusakan pada mesin. Masalah yang umum terjadi pada mesin seperti mesin kotor, kurang adanya pelumasan, adanya kebocoran, penyaring kotor dan tersumbat, dan lain sebagainya dapat direduksi dengan TPM.

Prinsip TPM mengatakan bahwa operator harus dapat melakukan perawatan dan perbaikan kecil jika terjadi masalah pada mesin. Dengan demikian masalah pada mesin dapat segera diatasi sebelum masalah bertambah kompleks. Untuk implementasi TPM, pihak produksi dan *maintenance* bekerja secara bersamaan. Penerapannya akan melibatkan seluruh pekerja dalam melakukan perawatan mesin dan peralatan. Indikator keberhasilan implementasi TPM dapat diukur dengan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Parameter yang terdapat pada OEE yaitu *changeover*, *defect*, *downtime*, *idle*, *speed loss* (perlambatan mesin) *stoppages* (mesin berhenti), *startup* (mesin diaktifkan), dan *rework* (pengerjaan ulang).

2.2.5. Manfaat *Total Productive Maintenance*

Implementasi *Total Productive Maintenance* (TPM) yang benar dan akurat dipastikan akan meningkatkan produktivitas dalam organisasi. Manfaat dari implementasi TPM yaitu:

- a. Kebiasaan dan budaya bisnis yang dibuat secara berkesinambungan akan meningkatkan efisiensi dari TPM.
- b. Adanya pendekatan yang memiliki standar dan sistematis.
- c. *Mindset* organisasi akan terfokus menuju *zero losses*.
- d. Organisasi/perusahaan menuju *zero losses*.

2.2.6. Langkah-langkah Penerapan *Total Productive Maintenance*

Langkah-langkah pemeliharaan dengan *Total Productive Maintenance* (TPM) dijalankan sebagai proses yang berkelanjutan. Diharapkan TPM akan memberikan kemampuan yang praktis untuk menuju kesempurnaan operasional. Langkah-langkah dalam penerapan TPM menurut Nakajima (1982) yaitu:

- 1) Pengumuman keputusan manajemen tingkat atas sebagai pengenalan TPM.
- 2) Pengenalan dan melakukan pendidikan mengenai TPM
- 3) Pembentukan organisasi TPM
- 4) Menyusun rencana utama yang akan diterapkan.

2.2.7. Pilar-pilar *Total Productive Maintenance*

Untuk mendukung langkah-langkah penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM), dibutuhkan konsep-konsep TPM yang menjadi dasar dalam penerapan TPM. TPM memiliki pilar-pilar yang mendukung konsep tersebut, yaitu:

a. 5S

Lima S (5S) merupakan budaya yang dikembangkan oleh Jepang dan memiliki kedekatan yang saling berhubungan dengan konsep TPM. Budaya 5S dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4. Budaya 5S

Budaya Kerja 5S				
Seiri	➡	Pemilahan	➡	Ringkas
Seiton	➡	Penataan	➡	Rapi
Seiso	➡	Pembersihan	➡	Resik
Seiketsu	➡	Pemantapan	➡	Rawat
Shitsuke	➡	Pembiasaan	➡	Rajin

i. *Seiri/Sort* (Ringkas)

Seiri (Ringkas) adalah langkah pertama 5S yaitu memilah benda yang harus digunakan, benda yang harus disimpan, dan benda yang harus dibuang.

ii. *Seiton/Set in Order* (Rapi)

Seiton (Rapi) merupakan langkah kedua untuk menyusun alat-alat yang digunakan dalam suatu aktivitas agar mudah diakses, dipakai, dan disimpan kembali.

iii. *Seiso/Shine* (Resik)

Seiso (Resik) merupakan langkah ketiga untuk menjaga kebersihan dari lingkungan kerja atau mesin/alat kerja.

iv. *Seiketsu/Standardize* (Rawat)

Seiketsu (Rawat) merupakan langkah keempat untuk melakukan standarisasi dari ketiga proses sebelumnya, di mana pada tahap ini digunakan untuk melakukan standar pengerjaan dan standar perawatan (*Standard Operating Procedure*).

v. *Shitsuke/Sustain* (Rajin)

Shitsuke (Rajin) merupakan langkah terakhir untuk memastikan perusahaan tetap melakukan perkembangan dengan melakukan langkah-langkah sebelumnya dan melakukan pengawasan secara berkelanjutan.

b. *Kobetsu Kaizen*

Kaizen merupakan sebuah istilah Jepang yang memiliki makna yaitu perbaikan berkesinambungan. Dalam menjalankan *kaizen*, pekerja dituntut untuk selalu aktif dalam mendeteksi, melakukan identifikasi mesin atau peralatan yang mengalami masalah, dan memberikan usulan perbaikan untuk menghilangkan masalah yang terjadi.

c. *Autonomous Maintenance (Jishu Hozen)*

Autonomous Maintenance (AM) adalah suatu kewajiban bagi pekerja untuk melakukan inspeksi secara rutin, melakukan penggantian komponen, deteksi

dini dari ketidaknormalan dari suatu mesin dan mengecek peralatan/mesin untuk melindungi peralatan/mesin (Kimura, 2005).

d. *Planned Maintenance (Keikaku Hozen)*

Planned Maintenance merupakan suatu perencanaan pemeliharaan yang direncanakan saat ini atau sebelumnya untuk mencegah terjadinya kerugian yang disebabkan oleh masalah pada peralatan/mesin. Hal ini dilakukan untuk menjalankan mesin dan peralatan tanpa adanya masalah. *Planned maintenance* dibagi menjadi empat yaitu: *Breakdown maintenance*, *Preventive maintenance*, *Corrective maintenance*, dan *Maintenance prevention*

Dengan adanya *planned maintenance*, perusahaan dapat mengembangkan metode reaktif menjadi proaktif dan menggunakan *man power* terlatih untuk membantu melatih operator dalam menjaga dan merawat mesin dan peralatan.

e. *Quality Maintenance (Hinshitsu Hozen)*

Quality Maintenance merupakan program yang ditujukan kepada kepuasan pelanggan berdasarkan kualitas tinggi dengan kegiatan produksi bebas *defect*. Inti dari aktivitas *Quality Maintenance* yaitu menetapkan kondisi mesin dan peralatan untuk mencegah terjadinya cacat produk. Kondisi mesin dan peralatan tersebut diperiksa dan pengaturan dalam periode waktu tertentu.

f. Pelatihan (*Training*)

Pelatihan dimaksudkan untuk mempersiapkan karyawan dengan memiliki keahlian lebih dari satu macam dan mau bekerja dan melaksanakan semua tugas secara efektif dan mandiri. Pelatihan diberikan kepada operator/karyawan yang terkait untuk meningkatkan kemampuan masing-masing. Karyawan dilatih untuk mencapai empat fase kemampuan yaitu belum mengetahui, mengetahui teori namun belum mampu melaksanakan, mampu melaksanakan namun belum mampu mengajarkan, dan mampu mengerjakan dan mengajarkan.

g. Organisasi Kerja TPM

Organisasi kerja TPM dimanfaatkan untuk memperbaiki produktivitas, efisiensi dalam fungsi administrasi, dan mengetahui dan menghilangkan *losses*. Namun sebelum dibuat organisasi, empat pilar TPM yang lain harus sudah dilewati

terlebih dahulu (*Kaizen, Planned Maintenance, Autonomous Maintenance, dan Quality Maintenance*).

h. *Safety, Health, and Environment (SHE)*

Target dari pilar *Safety, Health, and Environment (SHE)* ini yaitu *zero health damage, zero accident, dan zero fire*. Pilar ini difokuskan agar suatu tempat kerja memiliki keamanan dan lingkungan yang baik bagi karyawan yang bekerja di lingkungan kerja.

2.2.7. Pengertian Overall Equipment Effectiveness

Overall Equipment Effectiveness menurut Nakajima (1988) yaitu nilai rasio antara *output*_aktual dibagi dengan *output* maksimum dari mesin atau peralatan pada kondisi kinerja yang terbaik. Tujuan dari OEE yaitu sebagai alat pengukur suatu performa dari sistem perawatan. OEE selalu dipengaruhi oleh tiga faktor, yaitu *availability, performance rate, dan quality rate* yang masing – masing dinyatakan dalam bentuk persentase

OEE juga didefinisikan sebagai ukuran performa standar mesin karena OEE digunakan oleh perusahaan – perusahaan dunia yang hasilnya akan digunakan sebagai pembandingan oleh perusahaan – perusahaan sejenis untuk memperbaiki efektivitasnya melalui metode OEE.

Dengan melihat beberapa definisi yang ada, maka dapat disimpulkan bahwa OEE merupakan alat TPM untuk menjaga peralatan dalam kondisi ideal dengan menghilangkan *six big losses* yang dikelompokkan menjadi tiga faktor OEE yaitu *availability, performance efficiency, dan rate of quality products* untuk dijadikan standar dalam proses *continuous improvement*.

Tujuan dari implementasi OEE dalam lingkungan manufaktur yaitu:

- 1) Digunakan sebagai patokan untuk melakukan pengukuran performa awal dari suatu pabrik secara keseluruhan. Nilai OEE awal dapat dibandingkan dengan nilai OEE berikutnya sehingga perusahaan dapat melakukan kuantifikasi tingkat perbaikan.
- 2) Nilai OEE dapat digunakan untuk membandingkan performa lini seluruh pabrik jika yang dihitung yaitu untuk satu lini produksi. Hal ini dilakukan dengan harapan perusahaan dapat lebih berfokus pada setiap lini produksi yang buruk.

- 3) Nilai OEE dapat digunakan untuk mengetahui performa mesin yang buruk, sehingga OEE dapat menunjukkan di mana perusahaan harus berfokus pada sumber daya TPM.

Dengan menggabungkan metode lain seperti *cause and effect diagram*, maka melalui metode tersebut faktor penyebab menurunnya nilai OEE dapat diketahui. Melalui faktor-faktor penyebab tersebut, tindakan perbaikan dapat segera dilakukan sehingga mampu mengurangi usaha untuk mencari perbaikan.

2.2.8. Perhitungan Nilai *Overall Equipment Effectiveness*

Dari enam kerugian yang telah dijabarkan di atas dapat dicari nilai *availability*, *performance efficiency*, *rate of quality products*, dan nilai *Overall Equipment Effectiveness*.

a. *Availability* (AV)

Availability (AV) merupakan rasio yang menjabarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi atau peralatan. *Availability rate* dipengaruhi oleh komponen *equipment failure* dan *setup and adjustment losses*. Rumus AV adalah sebagai berikut.

$$AV (\%) = \frac{\text{Operating time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \quad (1)$$

$$= \frac{\text{Loading time} - \text{downtime}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

b. *Performance Efficiency* (PE)

Performance Efficiency (PE) merupakan rasio yang menjabarkan kemampuan dari alat dalam menghasilkan suatu produk. PE memiliki dua komponen yaitu *idling and minor stoppage losses* dan *reduce speed*. Rasio ini merupakan hasil dari *operating speed rate* dan *net operating rate*. *Operating speed rate* merujuk pada perbedaan antara kecepatan ideal dan kecepatan operasi aktual. Rumus untuk menentukan *operating speed rate* yaitu:

$$\text{Operating Speed Rate} = \frac{\text{Ideal cycle time}}{\text{Actual cycle time}} \quad (2)$$

Net operating rate mengukur pemeliharaan dari kecepatan selama periode tertentu. Rumus untuk *net operating rate* yaitu

$$\begin{aligned}
 \text{Net Speed Rate} &= \frac{\text{Actual processing time}}{\text{Operating time}} & (3) \\
 &= \frac{\text{Processed amount} \times \text{actual cycle time}}{\text{Operating time}}
 \end{aligned}$$

Dengan demikian dihasilkan rumus *performance efficiency* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 PE (\%) &= \text{Operating Speed Rate} \times \text{Net Speed Rate} \times 100\% & (4) \\
 &= \frac{\text{Ideal cycle time}}{\text{Actual cycle time}} \times \frac{\text{Processed amount} \times \text{actual cycle time}}{\text{Operating time}} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{Processed amount} \times \text{Ideal cycle time}}{\text{Operating time}} \times 100\%
 \end{aligned}$$

c. *Rate of Quality Products (RQ)*

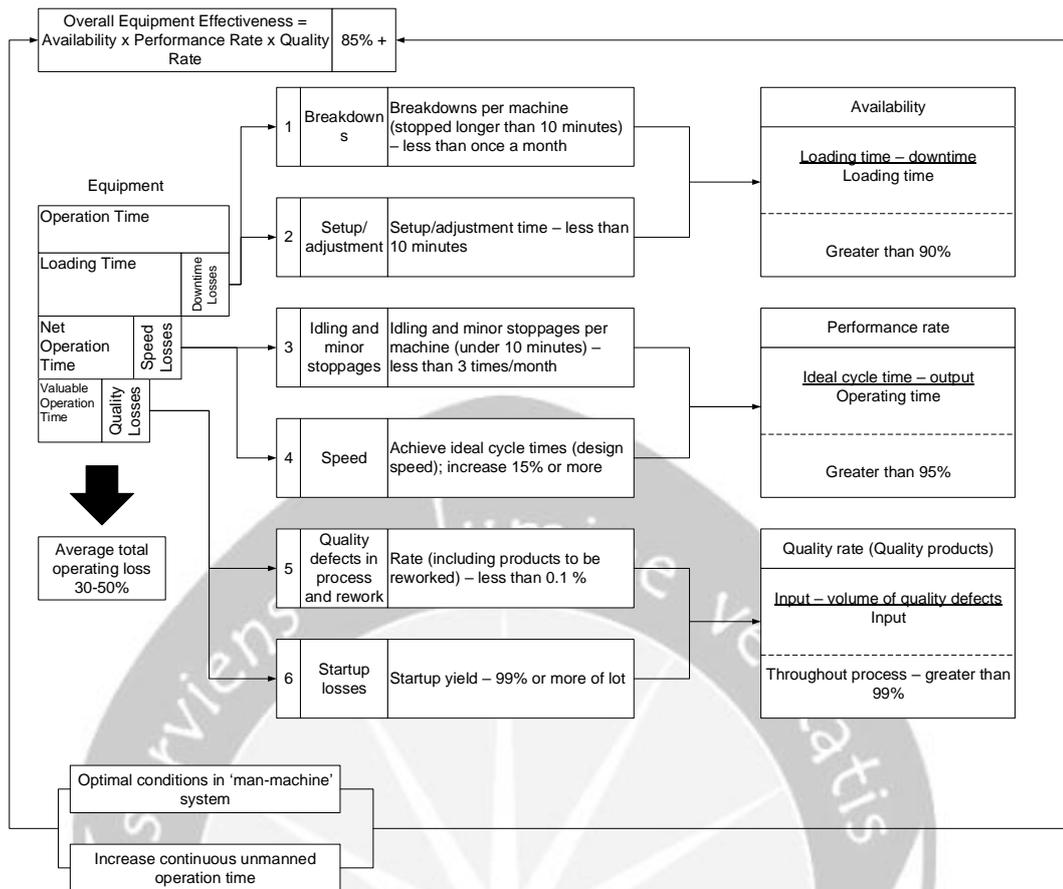
Rate of Quality Products (RQ) adalah efektivitas produksi berdasarkan kualitas produk yang dihasilkan atau rasio jumlah produk terhadap jumlah produk yang diproses. Rumus RQ adalah sebagai berikut.

$$RQ (\%) = \frac{(\text{Process Amount} - \text{Defect Amount})}{\text{Process Amount}} \times 100\% \quad (5)$$

d. *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*

Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah metode yang digunakan sebagai alat ukur dalam penerapan TPM untuk merawat peralatan dan mesin pada kondisi ideal dengan menghapus *six big losses*. Rumus OEE adalah sebagai berikut.

$$OEE (\%) = AV (\%) \times PE (\%) \times RQ (\%) \quad (6)$$



Gambar 2.2. Perhitungan Nilai OEE

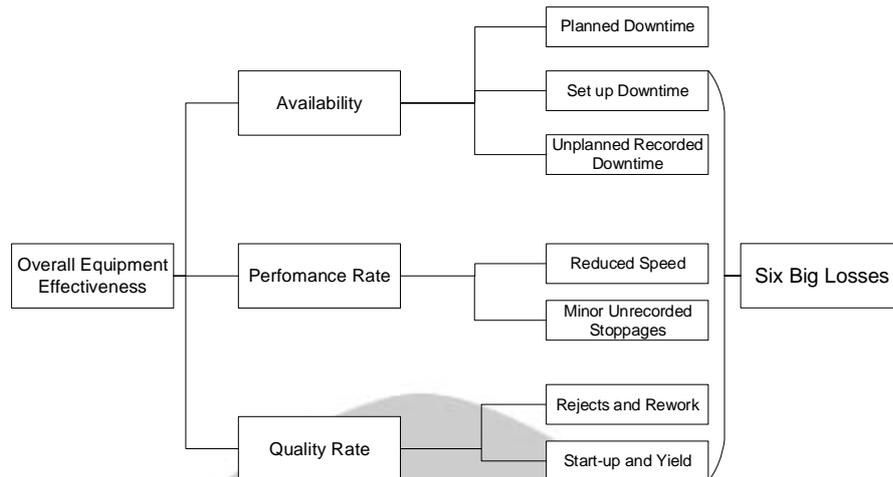
Standar dari *Japan Insititute of Plant Maintenance* (JIPM) untuk indeks TPM yang ideal adalah sebagai berikut:

Tabel 2.5. Nilai Ideal Perhitungan OEE

Deskripsi	Nilai
<i>Availability</i>	≥ 90%
<i>Performance</i>	≥ 95%
<i>Quality</i>	≥ 99%
<i>OEE</i>	≥ 85%

2.2.9. Six Big Losses

Tahapan sebelum menjalankan TPM yaitu mengidentifikasi *six big losses*. Identifikasi *six big losses* digunakan untuk melakukan analisis dan perhitungan terhadap besarnya masing-masing faktor yang terdapat dalam permasalahan. *Losses* diartikan sebagai kerugian yang dihasilkan karena adanya ketidaksesuaian antara *input* yang dipakai dengan *output* yang dihasilkan.



Gambar 2.3. Six Big Losses

a. *Set-up Downtime*

Set-up Downtime merupakan suatu pengelompokan yang di antaranya terdiri dari *setup/changeover, material shortages, operator shortages, warm-up time, dan major adjustment*. *Set-up Downtime* dapat diukur setelah terjadi *breakdown*. Kerugian pada *Set-up Downtime* dapat terjadi karena adanya lamanya waktu pemasangan dan penyetelan serta waktu yang dibutuhkan untuk aktivitas mengganti suatu jenis produk ke jenis produk berikutnya untuk tahap produksi selanjutnya.

b. *Breakdown Losses*

Breakdown Losses merupakan suatu pengelompokan yang di antaranya terdiri dari *unplanned maintenance, general breakdowns, tooling failures, equipment failures*. Terdapat dua jenis *Breakdown Losses* yaitu *chronic* dan *sporadic*. *Chronic* adalah jenis kerusakan minor/kecil yang terjadi pada peralatan, namun pada saat terjadi kerusakan, *inspector* sulit untuk mengidentifikasi penyebabnya dengan jelas. Sedangkan *sporadic* adalah kerusakan yang terjadi secara mendadak pada suatu mesin. Kerusakan jenis *sporadic* lebih mudah diidentifikasi penyebabnya dan dapat diperbaiki. Selain itu, dampak yang ditimbulkan tidak terlalu signifikan, sehingga kerusakan secara umum bisa diterima.

c. *Reduced Speed*

Reduced speed merujuk pada perbedaan antara kecepatan ideal dengan kecepatan aktual operasi. Ada kemungkinan mesin dan peralatan bekerja di

bawah kecepatan ideal karena tidak sesuai standar atau di bawah kapasitas desain (*under design capacity*), adanya masalah mekanik seperti susah bergerak (*hard moving*), atau kelebihan beban kerja.

- d. *Small Stops*, yang termasuk dalam pengelompokan ini yaitu *misfeed, sensor blocked, delivery blocked, cleaning, obstructed product flows, component jams*. Kerugian dapat terjadi karena adanya mesin beroperasi tanpa beban atau karena berhenti sesaat yang mengakibatkan mesin berhenti berulang-ulang atau beroperasi tanpa menghasilkan produk.
- e. *Production Rejects (Quality Loss)* yaitu *reject* atau penolakan hasil yang terjadi selama proses produksi yang karena adanya produk cacat. Hal ini mengakibatkan kerugian material, mengurangi jumlah produksi, dan peningkatan biaya untuk *rework*.
- f. *Start-up Reject*, yang termasuk dalam pengelompokan ini yaitu *rework, in-process damage, in-process expiration, incorrect assembly, dan rework*. Kerugian ini muncul selama waktu yang dibutuhkan oleh mesin untuk menghasilkan produk.