

Bab II

Tinjauan Pustaka

2.1 Total Productive Maintenance (TPM)

2.1.1 Definisi Total Productive Maintenance (TPM)

Liker (2014, dalam Wiguna, 2015), menyebutkan bahwa sasaran dari TPM adalah untuk memaksimalkan nilai OEE dengan menurunkan *downtime* yang tidak terencana (*unplanned equipment downtime*) sehingga meningkatkan kapasitas peralatan itu dan menurunkan biaya. Selain itu juga, TPM dapat menciptakan suatu lingkungan kerja di mana upaya peningkatan terus dilakukan secara kontinu dalam hal: *productivity, quality, cost, delivery, safety*, dan *morale* (PQCSDM), melalui partisipasi aktif dari semua karyawan dan manajemen.

Menurut Gupta dan Garg (2012) TPM adalah sebuah sistem pemeliharaan yang dikemukakan oleh Seiichi Nakajima pada tahun 1988 di Jepang. Sistem TPM mencakup seluruh peralatan di setiap divisi, contoh divisi tersebut adalah perencanaan, manufaktur dan bagian pemeliharaan. TPM menggambarkan hubungan sinergis antara semua fungsi organisasi, khususnya antara bagian produksi dan pemeliharaan yang secara kontinu terus meningkatkan kualitas produk, efisiensi operasional, jaminan kapasitas dan keamanan.

Penerapan TPM berfokus untuk meningkatkan fungsi dan desain dari peralatan produksi dan juga untuk meningkatkan ketersediaan atau efektivitas peralatan yang ada di dalam sistem proses produksi tersebut serta mengurangi dan mengontrol variasi dalam suatu proses. TPM berusaha diterapkan melalui upaya meminimalkan masukan (meningkatkan dan memelihara peralatan pada tingkat optimal untuk mengurangi biaya siklus) dan investasi dalam sumber daya manusia yang di mana dapat menghasilkan pemanfaatan perangkat keras yang lebih baik.

2.1.2 Keuntungan Implementasi Total Productive Maintenance (TPM)

TPM digunakan untuk mengatasi masalah *six big losses* dalam proses produksi sebuah perusahaan manufaktur. Menurut Ron Moore (1997, dalam Sukwadi, 2007) beberapa hal penting yang berhubungan dalam upaya

mengoptimalkan daya tahan peralatan produksi adalah dengan mengembalikan kondisi peralatan pada keadaan optimal yang siap dipakai saat proses produksi, meningkatkan keterlibatan operator dalam pemeliharaan peralatan produksi, meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses pemeliharaan dan yang terakhir adalah melatih para karyawan dalam melakukan manajemen pemeliharaan alat dan tindakan pencegahan terhadap kerusakan peralatan produksi.

Secara singkat, TPM bertujuan untuk mendapatkan keuntungan besar dengan memanfaatkan korelasi antara kualitas produksi dengan perawatan mesin produktif secara prediktif. Mengimplementasi TPM juga memberikan keuntungan baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap perusahaan, beberapa keuntungan tersebut seperti mencapai Overall Plant Efficiency (OPE) minimum 80%, mencapai OEE minimum 90%, memperbaiki perlakuan, sehingga tidak ada lagi keluhan dari pelanggan, mengurangi biaya manufaktur kurang lebih sebesar 30%, memenuhi pesanan konsumen sebesar 100%, mengurangi angka kecelakaan serta meningkatkan ukuran pengontrolan terhadap tingkat polusi (Oktaria, 2011).

2.2 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE adalah sebuah metrik yang berfokus pada efektivitas dari suatu proses produksi yang dijalankan dengan memanfaatkan mesin, peralatan, waktu, serta material yang tersedia. OEE bukan hal baru dalam dunia industri dan manufaktur, teknik pengukurannya dipelajari dalam beberapa tahun untuk menyempurnakan perhitungan pencapaian efektivitas sebuah mesin.

OEE memberikan gambaran secara langsung tentang perbedaan antara performa aktual (status operasi dan produksi yang saat ini tengah berjalan) dan performa ideal (target yang harus dicapai). OEE juga akan mengualifikasi tingkat kualitas dari performa unit manufaktur, berhubungan dengan kapasitas mesin selama periode produksi yang telah dijadwalkan (Nursubiyantoro dkk., 2016).

Konsep dari OEE pertama kali ditulis pada tahun 1989 dalam sebuah buku berjudul 'TPM Development Program: Implementing Total Productive Maintenance' yang ditulis oleh Seiichi Nakajima dari Japan Institute of Plant Maintenance. OEE digunakan sebagai salah satu cara untuk mengukur sistem TPM dalam sebuah perusahaan (Kennedy, 2017). Pengukuran nilai OEE didasari pada

tiga nilai utama, yaitu ketersediaan (*availability*), tingkat kinerja (*performance rate*), dan kualitas (*quality*) yang dapat diuraikan pada rumus di bawah ini.

$$OEE (\%) = Availability (\%) \times Performance\ rate (\%) \times Quality (\%) \quad (2.1)$$

Selain rumus di atas, terdapat beberapa rumus penunjang yang diharapkan dapat membantu melakukan perhitungan nilai OEE, berikut adalah rumus-rumus penunjang tersebut menurut Hansen (2011):

$$1) \text{ Loading Time} = Total\ Time - All\ Planned\ Downtime\ (Excluded\ Time) \quad (2.2)$$

$$2) \text{ Downtime Losses} = Equipment\ Failure\ Losses + Setup\ Adjustment \quad (2.3)$$

Dengan memperhatikan *six big losses* yang mempengaruhi perhitungan OEE, berikut adalah *six big losses* yang dimaksud.

Tabel 2.1 *Six Big Losses* (Kennedy, 2017)

<i>Availability</i>	<i>Breakdown losses</i>
	<i>Setup and adjustment</i>
<i>Performance Rate</i>	<i>Idling and minor stoppage losses</i>
	<i>Reduced speed losses</i>
<i>Quality Rate</i>	<i>Quality defect and rework losses</i>
	<i>Start-up (yield) losses</i>

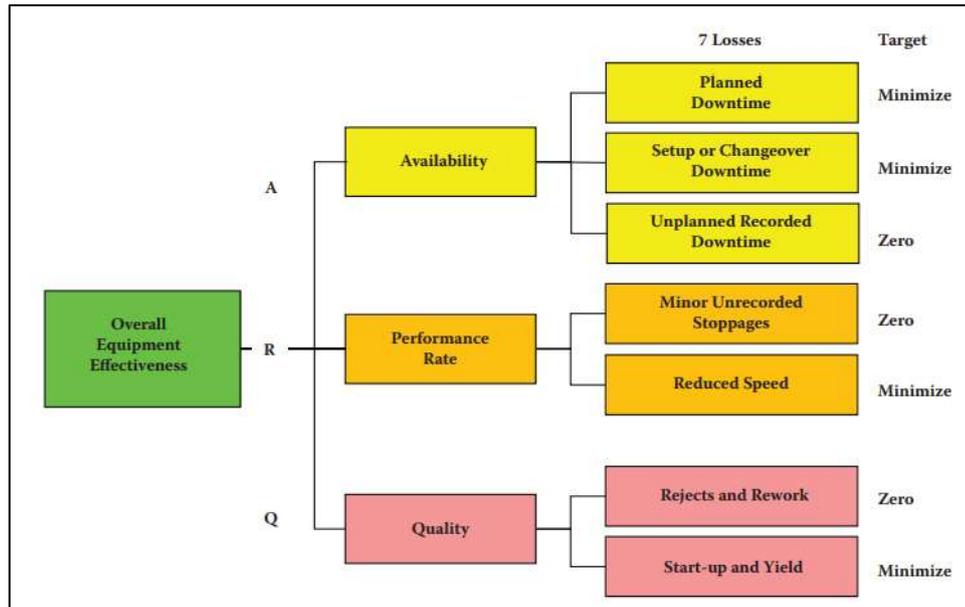
Pencapaian OEE sangat dipengaruhi oleh *six big losses* pada tabel di atas. Tabel di atas menjabarkan *six big losses* yang kemudian dapat dibagi menjadi tiga kategori yang merupakan penghalang terhadap efektivitas peralatan. Kategori pertama adalah *breakdown losses* yang terdiri dari kerusakan alat (*equipment failure/breakdown losses*) dan *setup* dan *adjustment*. Kerusakan alat merupakan waktu dilihat dari seberapa besar waktu yang terbuang akibat kerusakan peralatan/mesin produksi. Kerugian ini termasuk dalam kategori kerugian *downtime* yang menyerap sebagian waktu yang tersedia pada waktu yang telah dijadwalkan untuk proses produksi (*loading time*) Secara teknik, kerugian ini dibagi menjadi dua jenis yaitu kerusakan teknis (*technical failure*) dan gangguan operasi yang terjadi secara berulang (*Operational Disturbances*). *Technical failure* terjadi akibat kerusakan terhadap degradasi fungsi elemen-elemen mekanik baik akibat

fatigue atau karena gesekan. Sedangkan *operational disturbances* adalah kerusakan singkat yang terjadi secara berulang dan dapat diatasi oleh operator. Biasanya kerusakan ini disebabkan karena *limit switch* atau kesalahan operasi oleh operator. Data tentang *operational disturbances* sangat sulit dikumpulkan secara manual, karena relatif singkat (dalam hitungan detik) dan terjadi dengan frekuensi yang tinggi. *Setup* dan *adjustment* masuk ke dalam kategori waktu ketika terjadi pemasangan, menginstalasi, dan penyesuaian parameter mesin untuk mendapatkan spesifikasi yang diinginkan pada saat pertama kali proses produksi dimulai untuk menghasilkan komponen tertentu. Kerugian ini juga dimasukkan ke dalam kategori waktu *loading*.

Kategori kedua adalah *speed losses* yang terdiri dari *idling and minor stoppages* dan *reduced speed*. *Idling and minor stoppages* merupakan kerugian yang disebabkan karena mesin berhenti sehingga memunculkan waktu *idle* karena tidak adanya bahan material untuk diproses atau tidak adanya operator walaupun waktu prosesnya tersedia. *Reduced speed* merupakan kerugian yang diakibatkan karena peralatan yang dioperasikan memiliki standar yang sangat rendah (standar kecepatan di bawah rata-rata). Kenyataannya, kecepatan standar sulit untuk ditentukan secara tepat kecuali pada mesin yang memiliki standar pada desain awalnya.

Kategori terakhir adalah *quality losses* yang terdiri dari *quality defect and rework* dan *start-up (yield)*. *Quality defect and rework* merupakan waktu peralatan yang terbuang untuk menghasilkan produk tidak berkualitas serta pengerjaan ulang pada saat mesin berjalan terus menerus setelah proses instalasi dan penyesuaian. Sedangkan *start-up (yield)* adalah waktu yang digunakan untuk menghasilkan produk rusak saat instalasi dan penyesuaian untuk stabilisasi.

Pengembangan nilai *six big losses* dalam OEE telah diperluas untuk mencakup kerugian (*losses*) yang lebih lanjut. Penambahan variabel terdapat pada *downtime* yang direncanakan dalam ketersediaan (*availability*), sehingga dari *six big losses*, munculnya *seven big losses*. Tujuan dari dikembangkannya *seven losses* adalah untuk melihat semua kemungkinan buruk yang mungkin dapat terjadi. Contoh dari *downtime* yang direncanakan adalah waktu istirahat, periode perawatan rutin, pergantian *shift*, dan sebagainya.

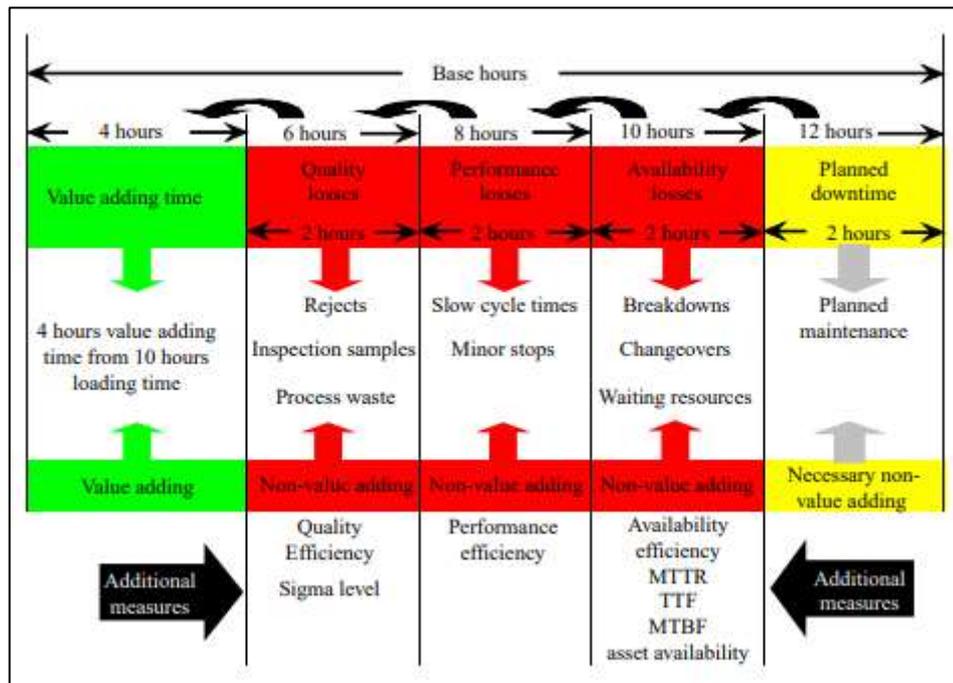


Gambar 2.1 Seven Losses (Kennedy, 2017)

Beberapa kegiatan yang mungkin perlu dilakukan untuk menghilangkan atau meminimalkan kerugian adalah mendeteksi kerusakan, menetapkan metode perbaikan, menjaga operasi standar dan kondisi perlengkapan dasar serta mencegah kesalahan terhadap perbaikan. Improvisasi terhadap OEE melibatkan semua departemen termasuk, bagian produksi, *maintenance*, *engineering*, *quality control*, SDM, pengadaan, serta perencanaan dan penjadwalan. Terdapat satu departemen krusial yang menjadi penanggung jawab penuh terhadap penghematan biaya kinerja pabrik dan peralatan serta bertanggung jawab atas OEE. Departemen tersebut adalah perencanaan dan penjadwalan produksi, hal tersebut dikarenakan keseluruhan biaya operasional, cara mengoperasikan dan menyimpan alat, frekuensi perizinan pemeliharaan untuk melakukan servis, dan semua yang berhubungan dengan bagian alat terhubung dengan departemen tersebut, sehingga bagian produksi harus bertanggung jawab penuh dan akuntabilitas untuk OEE. Nilai OEE terbaik dalam praktiknya di pabrik manufaktur adalah 85% dengan ketentuan 90% *availability*, 95% *rate*, 99% *quality*. Nilai 90% *availability* mengetahui bahwa akan ada kerugian oleh waktu *setup* atau pergantian *downtime*, sehingga konsekuensinya adalah kehilangan kecepatan (Kennedy, 2017)

2.3 Overall Equipment Effectiveness (OEE) Menurut *Framework* Gibbons dan Burgess

Kerangka kerja OEE menurut *framework* Gibbons dan Burgess menambahkan variabel Six Sigma dan indikator kinerja strategi manajemen aset di dalamnya. Gambar 2.4 menunjukkan secara rinci mengenai struktur OEE dengan penggabungan Six Sigma dan efektivitas manajemen aset.



Gambar 2.2 OEE (Gibbons dan Burgess, 2010)

Berdasarkan gambar di atas, perhitungan OEE juga memasukkan elemen *Value Added* (VA), *Non Value Added* (NVA), dan *Necessary but Non Value Added* (NNVA) sebagai bahan pertimbangan dengan pembagian VA sebagai ukuran akhir nilai OEE, NVA sebagai nilai *availability*, *performance*, *quality* dan NNVA sebagai *planned downtime*. Selain penambahan metode Six Sigma pada *quality*, *framework* Gibbons dan Burgess juga mengusulkan untuk menyertakan tiga ukuran tambahan ke dalam efektivitas manajemen aset. Variabel pertama yang ditambahkan adalah *Mean Time Between Failure* (MTBF) yang didapatkan dari waktu aktual produksi (total waktu operasi dikurangi *downtime*) dibagi dengan jumlah kegagalan aset selama waktu itu.

$$MTBF = \frac{\text{Actual Production Hours}}{\text{Number of Asset Failures}} \quad (2.4)$$

Penambahan variabel kedua untuk persamaan *availability* OEE berfokus pada pemeliharaan diklasifikasikan sebagai *Mean Time To Repair* (MTTR) dan nilai variabel tersebut didapatkan dari total *maintenance time* dibagi dengan jumlah kegagalan aset selama total waktu operasi tersebut.

$$MTTR = \frac{\text{Total Maintenance Time}}{\text{Number of Asset Failures}} \quad (2.5)$$

2.3.1 *Availability* Menurut Framework Gibbons dan Burgess

Efisiensi ketersediaan (*availability*) didasarkan pada penggabungan ukuran efektivitas manajemen aset, yaitu: MTTR dan MTBF. Semua nilai *availability* diklasifikasikan sebagai NVA dan dilihat sebagai *waste* yang harus dihilangkan untuk meningkatkan OEE. Berikut adalah rumus untuk nilai *availability* berdasarkan kerangka kerja Gibbons dan Burgess.

$$\text{Total Lost Time} = \text{Total Process Downtime} + \text{Total Aset Repair Time} \quad (2.6)$$

$$\text{Total Repair Time} = \text{Total Aset Repair Time} \quad (2.7)$$

$$\text{Actual Run Time} = \text{Loading Time} - \text{Total Lost Time} \quad (2.8)$$

$$\text{Availability (\%)} = \frac{\text{Actual Run Time}}{\text{Loading Time}} \times 100 \quad (2.9)$$

2.3.2 *Performance* Menurut Framework Gibbons dan Burgess

Efisiensi kinerja atau *performance rate* dalam kerangka kerja Gibbons dan Burgess memiliki rumus yang sama persis dengan yang ditetapkan oleh Nakajima (1988) yang didasarkan pada *output* aktual dibandingkan dengan potensi *output* (dari *run time* sebenarnya). Seperti halnya dengan *losses* pada *availability*, semua inefisiensi kinerja diklasifikasikan sebagai NVA dan dilihat sebagai *waste* yang harus dihilangkan untuk meningkatkan OEE.

$$\text{Performance (\%)} = \frac{\text{Output (pcs)}}{\text{Std Speed (pcs/min)} \times \text{OT (min)}} \times 100\% \quad (2.10)$$

2.3.3 *Quality* Menurut Framework Gibbons dan Burgess

Efisiensi kualitas didasarkan pada penggabungan metode Six Sigma melalui pengukuran DPMO dengan tujuan untuk lebih memahami kerusakan kualitas seperti kegagalan inspeksi atribut dan dimensi. Seperti halnya dengan *losses* pada *availability*, semua inefisiensi kinerja diklasifikasikan sebagai NVA dan dilihat sebagai *waste* yang harus dihilangkan untuk meningkatkan OEE.

$$Quality (\%) = \frac{Total\ Good\ Production - Total\ Bad\ Production}{Total\ Good\ Production} \times 100\% \quad (2.11)$$

2.4 Six Sigma

2.4.1 Definisi Six Sigma

Six Sigma adalah sebuah implementasi ketat yang berfokus pada peningkatan kualitas yang terbukti sangat efektif dari segi teknik. Six Sigma menggabungkan elemen-elemen dari banyak pionir berkualitas yang bertujuan untuk mengurangi kesalahan dari performa bisnis (Pyzdek, 2000). Metode Six Sigma secara sederhana merupakan sebuah metode yang berusaha untuk mencapai kinerja operasi hanya 3,4 cacat untuk setiap satu juta peluang.

Six Sigma secara didasari oleh pemahaman yang kuat oleh fakta, data, analisis statistik, dan perhatian yang cermat untuk memperbaiki dan meningkatkan kembali kualitas yang rendah. Six Sigma telah teruji dapat memberikan manfaat pada pengurangan biaya, peningkatan produktivitas, pertumbuhan pangsa pasar, pengurangan cacat, dan pengembangan produksi atau jasa (Pande, 2002 dalam Sirine dan Kurniawati, 2017)

2.4.2 *Measure* (Defects Per Million Opportunities (DPMO))

Kusmawati dan Fitriyeni (2017) menyebutkan bawah langkah berikutnya dalam pengaplikasian metode Six Sigma adalah *measure* (pengukuran). Pada tahap ini, pengukuran terhadap performansi sigma dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kerja sekarang (*baseline* kinerja). Tahapan perhitungan di mulai dengan dimulai dari DPO, DPMO dan Nilai Sigma. Defect Per Opportunities (DPO) merupakan ukuran kegagalan yang dihitung dalam program peningkatan kualitas Six Sigma yang menunjukkan banyaknya cacat atau kegagalan persatu kesempatan.

$$DPO = \frac{\text{Banyak Produk Cacat}}{\text{Jumlah Produk Yang Diperiksa} \times CTQ} \quad (2.12)$$

Critical to Quality (CTQ) atau *number of oppurtinities* atau biasanya disebut dengan karakter kualitas digunakan untuk menggambarkan kebutuhan pelanggan mengenai produk. DPO biasanya dikaitkan dengan konstanta 1.000.000 sehingga penyebutannya menjadi DPMO (Defect Per Million Oppurtinities) dengan rumus sebagai berikut.

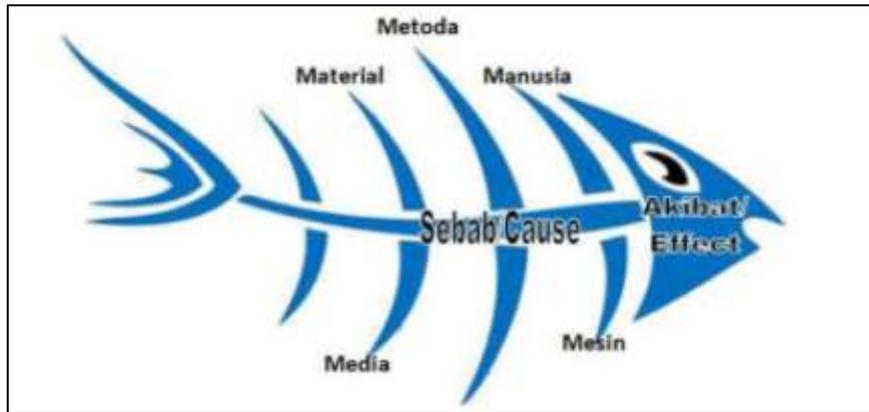
$$DPMO = DPO \times 1.000.000 \quad (2.13)$$

Nilai DPMO dikonversi menjadi nilai sigma dengan menggunakan konversi yang sudah tertera pada tabel di bagian lampiran, atau bisa menggunakan bantuan dari *microsoft excel* dengan perhitungan rumus sebagai berikut.

$$\text{Six Sigma Level} = \text{NORMSINV} ((1.000.000 - DPMO) / 1.000.000) + 1.5$$

2.5 Fishbone Diagram

Fishbone diagram atau biasanya disebut dengan Ishikawa diagram adalah salah satu dari *basic tools* yang berfungsi untuk menunjukkan penyebab dari suatu kejadian tertentu (Anisa, 2010). Penggunaan Fishbone biasanya digunakan pada suatu proses desain produk, yang berfungsi untuk mengidentifikasi faktor potensial yang menyebabkan beberapa efek.



Gambar 2.3 Diagram Fishbone (Tobing, 2018)

Dalam mengidentifikasi penyebab yang menyebabkan beberapa efek, terdapat sebuah acuan yang disebut dengan 5M. Menurut Tobing (2018), variabel M yang pertama berarti *man*, yaitu penyebab timbulnya suatu kejadian dari sisi pekerja atau operator yang berkaitan langsung dengan proses kerja tersebut. Potensi permasalahan dari variabel *man* adalah pengetahuan yang dimiliki, keterampilan, pengalaman, kekuatan fisik dan lain sebagainya. Variabel M kedua adalah *machine* yang berarti penyebab timbulnya suatu kejadian akibat peralatan atau mesin yang digunakan. Potensi permasalahan mesin adalah kelayakan dari mesin, kinerja mesin, spesifikasi dan peruntukan mesin dan lain sebagainya.

Variabel M ketiga adalah *method* yaitu variabel yang mengidentifikasi penyebab dari sisi metode yang digunakan oleh operator. Potensi dari variabel *method* adalah adanya ketidaksesuaian metode (bertentangan dengan metode lain, *copy paste* tanpa penyesuaian, kedaluwarsa, dan lain-lain). Variabel keempat adalah *material*, yaitu variabel yang mengidentifikasi penyebab dari sisi material yang digunakan. Variabel terakhir adalah *mother nature (environment)*, yaitu variabel yang mengidentifikasi penyebab dari sisi lingkungan di mana tempat para operator bekerja. Potensi yang dapat menyebabkan timbulnya variabel *environment (media)* adalah tempat yang kurang bersih, keselamatan dan kesehatan kerja, lingkungan yang kurang terang, ventilasi dan sirkulasi udara yang tidak memadai, kebisingan, hingga faktor lain seperti lantai yang licin, tidak rata, dan lain-lain. Teknik untuk mengidentifikasi penyebab-penyebab tersebut adalah menggunakan teknik '5 Whys'. Tulang atau sisi yang paling banyak membuat penyebab dapat disimpulkan sebagai faktor yang paling berpengaruh terhadap terjadinya suatu kejadian.

2.6 Penelitian Terdahulu

Produktivitas dan pemeliharaan mesin merupakan salah satu kunci dari keberhasilan sebuah perusahaan manufaktur. Oleh karena itu, banyak penelitian telah dilakukan untuk mengukur tingkat persentase keberhasilan perusahaan tersebut ditinjau dari nilai efektivitas mesin mereka. Salah satu penelitian yang pernah dilakukan oleh Oktaria (2011) dengan judul ‘Perhitungan dan Analisa Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada Proses Awal Pengolahan Kelapa Sawit’ Penelitian tersebut mengukur nilai OEE satu lini produksi dari pengolahan minyak kelapa sawit di PT. X dalam satu periode.

Penelitian tersebut dilakukan dengan menganalisis nilai dengan menggunakan analisa pareto dari hasil yang diperoleh dari akar penyebab OEE tersebut. Nilai yang diperoleh adalah 46,99%, yang jauh di bawah standar OEE yaitu > 85%, selanjutnya faktor yang sangat mempengaruhi nilai OEE adalah nilai *performance* yaitu 55,06%. Penelitian tersebut menemukan bahwa *speed losses* salah satu permasalahan utama, yaitu nilai *idle and minor stoppage* sebesar 16,60% dan kerugian ini terjadi karena beberapa alasan seperti menunggu untuk bahan diproses dan tidak adanya operator, sehingga tindakan yang disarankan adalah untuk memperkuat pengawasan karyawan, terutama operator mesin.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Sungkono (2013) dengan judul ‘Penggunaan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) untuk menganalisis Lean Six Sigma Capability pada Produk Shrink Label di PT.X’. Objek penelitian tersebut adalah empat buah mesin dalam pembuatan *shrink*, yaitu *drawing machine* (DM 3), mesin SL 4, mesin SM dan mesin *cutting*. Hasil penelitian tersebut mengungkapkan bahwa PT. X belum menerapkan TPM dengan baik dan terbukti dengan rendahnya nilai OEE terhadap keempat mesin tersebut yaitu 71% (SL 4), 75% (DM 3), 77% (SM), 72% (*cutting*). Dalam cakupan Six Sigma, PT. X tergolong perusahaan yang sedang berkembang dan di atas standar perusahaan Indonesia dengan nilai DPMO 43,125 unit dan sigma level sebesar 3,2. Untuk mencapai angka 6 pada sigma level, PT. X harus melakukan perbaikan dengan mengurangi *waste* dan *equipment losses* yang ada.

Masalah utama yang sering dijumpai di *machine stops* dan *machine breakdown*, yang disebabkan oleh operator yang tidak bekerja sesuai dengan

prosedur. Satu-satunya solusi adalah perusahaan tersebut harus memberikan pelatihan terhadap semua operator, khususnya yang berkaitan dengan mesin. Persamaan dari penelitian adalah memasukkan variabel Six Sigma dan Manajemen Aset ke dalam kerangka kerja OEE sebagai penunjang untuk mendapatkan data yang lebih valid dalam menghitung variabel *availability* dan *quality*.

Hubungan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh Oktaria (2011) adalah persamaan metode yang digunakan yaitu OEE untuk menghitung efektivitas sebuah mesin. Perbedaan penelitian terdapat pada proses perhitungan nilai *availability* dan *quality*. Pada penelitian yang dilakukan oleh Oktaria (2011) nilai *availability* dan *quality* didapatkan dengan menggunakan rumus dari kerangka kerja Nakajima (1998), sedangkan pada penelitian ini, perhitungan *availability* dan *quality* dilakukan berdasarkan kerangka kerja Gibbons dan Burgess yang memasukkan variabel Six Sigma dan Manajemen Pemeliharaan Aset ke dalamnya.

Selanjutnya adalah penelitian yang dilakukan oleh Sungkono (2013) memiliki persamaan yaitu menggunakan OEE dengan kerangka kerja Gibbons dan Burgess sebagai metode untuk menyelesaikan masalah. Perbedaannya adalah penelitian yang dilakukan oleh Sungkono (2013) menggunakan empat jenis mesin untuk membuat *Shrink Label*, sedangkan penelitian ini menjadikan mesin *batching plant* sebagai objek penelitian.