

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Pengolahan *Plywood* (Kayu Lapis)

Secara bahasa *Plywood* berarti kayu lapis. Sedangkan menurut istilah yang diambil dari Wikipedia Indonesia, *Plywood* atau sering disebut Tripleks atau Multipleks adalah sejenis papan pabrikan yang terdiri dari lapisan kayu (*Veneer*) yang direkatkan bersama-sama dengan menggunakan lem (*glue*) (Firman, 2017). Kayu lapis biasanya memiliki lapisan (*ply*) berjumlah ganjil yakni 3 lapisan hingga 9 lapisan.

Menurut Firman (2017) pemilihan log kayu menentukan kualitas dari plywood yang dihasilkan. Proses ini merupakan tahap awal dalam produksi plywood. Log yang baik dan berkualitas yaitu tidak bengkok dan tidak terdapat mata kayu busuk. Proses *rotary* merupakan proses kedua. Kayu yang telah dipotong akan dikupas dengan mesin rotary dan akan diambil lapisan yang terbaik. Hasil pengupasan berupa lembaran bahan yang disebut *core* dan *veneer*. Pada proses ini sangat menentukan ketebalan dari *plywood* kedepannya. Setelah dikupas maka lembaran kayu tersebut dikeringkan untuk dikurangi kadar airnya. Ini dilakukan untuk membuat lembaran bahan tersebut dapat di-lem untuk nantinya dirakit menjadi susunan *plywood*.

Veneer adalah lapisan tertipis yang berada paling atas atau disebut *face* (muka). *Veneer* diambil dari kayu yang memiliki serat bagus dan rata sehingga mencerminkan permukaan dengan corak yang indah saat menjadi sebuah *plywood*. *Veneer* biasanya diambil dan disortir saat proses pengupasan pada mesin *rotary* karena tidak semua bagian dari bulatan kayu memiliki motif corak yang sama dan seragam.

2.2 Produktivitas

Menurut Purnomo dalam Wildan (2017) produktivitas pada dasarnya mencakup sikap mental yang selalu mempunyai pandangan bahwa kehidupan hari ini harus lebih baik dari hari kemarin dan hari esok harus lebih baik dari hari ini. Produktivitas sering diartikan sebagai ukuran sampai sejauh mana sumber

daya yang ada sebagai masukan sistem produksi dikelola sedemikian rupa untuk mencapai hasil (*output*) dengan tingkat kuantitas dan kualitas tertentu. Produktivitas muncul karena adanya suatu proses transformasi yang berlangsung. Proses transformasi adalah serangkaian aktivitas yang dilakukan untuk mengolah atau mengubah sejumlah masukan (*input*) menjadi sejumlah keluaran (*output*) yang memiliki nilai tambah. Pengolahan yang terjadi bisa secara fisik maupun nonfisik. Sedangkan nilai tambah adalah nilai dari keluaran yang bertambah dalam pengertian nilai guna atau nilai ekonomisnya (Suprobo, 2013).

2.3 Kinerja

Menurut Prawirosentono (dalam Supriadi, 2013) kinerja adalah hasil kerja yang dapat dicapai oleh pegawai atau sekelompok pegawai dalam suatu organisasi, sesuai dengan wewenang dan tanggung jawab masing-masing, dalam upaya mencapai tujuan organisasi bersangkutan secara legal, tidak melanggar hukum dan sesuai dengan moral dan etika.

Kemudian Mangkunegara mendefinisikan “Kinerja (prestasi kerja) adalah hasil kerja secara kualitas dan kuantitas yang dicapai oleh seseorang pegawai dalam melaksanakan tugasnya sesuai dengan tanggung jawab yang diberikan kepadanya” (Supriadi, 2013).

Pengertian diatas lebih mengarah kepada hasil dari kinerja seorang pegawai terhadap pekerjaannya. Dalam hal ini pengertian kinerja lebih diarahkan kepada kemampuan dari suatu alat mempertahankan hasil serta kemampuan bekerja secara terus dan tetap menjaga kualitas hasil dari produksi mesin itu sendiri.

2.4 Pemeliharaan (*Maintenance*)

Perawatan (*maintenance*) adalah suatu metode untuk menjaga serta memelihara mesin agar tidak mengalami gangguan dan kerusakan dengan cara melakukan perawatan yang dilaksanakan secara rutin dan teratur. Perawatan merupakan suatu fungsi utama dalam suatu perusahaan yang dapat didefinisikan sebagai suatu kegiatan merawat fasilitas sehingga peralatan tersebut berada dalam kondisi yang siap pakai sesuai dengan kebutuhan. Ada beberapa faktor penyebab kerusakan mesin, yaitu: keausan (*wear out*), korosi (*corrosion*) dan

kelelahan (*fatigue*). Pada dasarnya perawatan yang dilakukan adalah agar mesin selalu dalam kondisi bagus dan baik, sehingga tetap siap pakai kapanpun serta membantu ketahanan yang lebih lama (usia mesin menjadi lebih panjang) (Jono, 2015, dalam Wildan Wiranata, 2017).

Menurut Dhillon (2006) , perawatan adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang, atau memperbaiki suatu kondisi yang bisa diterima. Perawatan memiliki kaitan yang erat dengan tindakan pencegahan dan pembaharuan yang terjadi di dunia industri. Dalam perawatan atau pemeliharaan tindakan yang dapat dilakukan antara lain:

1. Pemeriksaan, yaitu tindakan yang ditujukan terhadap sistem untuk mengetahui apakah sistem masih dalam keadaan yang memenuhi persyaratan yang diinginkan.
2. Penggantian komponen, yaitu tindakan penggantian komponen sistem yang sudah tidak berfungsi dimana tindakan tersebut dapat bersifat terencana dan tidak terencana.
3. Repair dan overhaul, yaitu melakukan pemeriksaan secara cermat serta melakukan perbaikan set-up ulang.
4. Penggantian sistem, yaitu tindakan yang diambil apabila tindakan-tindakan yang lain sudah tidak memungkinkan lagi.

Fungsi perawatan adalah memperbaiki mesin atau peralatan (*equipment*) yang rusak dan menjaga agar selalu dalam kondisi siap dioperasikan (Mukril, 2014:2). Tujuan utama pemeliharaan adalah:

1. Untuk memperpanjang usia kegunaan aset mesin produksi yang ada di pabrik.
2. Kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
3. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produksi itu sendiri dan kegiatan produksi tidak terganggu.
4. Untuk membantu pengurangan pemakaian dan penyimpanan di luar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditetapkan sesuai dengan kebijakan perusahaan mengenai investasi tersebut.
5. Untuk mencapai tingkat biaya perawatan serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan perawatan secara efektif dan efisien.

6. Menghindari kegiatan perawatan yang dapat membahayakan keselamatan kerja.
7. Mengadakan kerjasama yang erat dari perusahaan dengan fungsi-fungsi utama yang lain dari perusahaan dan dalam rangka mencapai tujuan utama perusahaan tersebut yaitu memperoleh keuntungan sebanyak mungkin dengan total biaya yang rendah.

Tujuan utama dari sistem perawatan itu dilakukan untuk menghindarkan suatu mesin agar tidak mengalami kerusakan yang berat, sehingga tidak diperlukan waktu yang cukup lama dan juga biaya yang terlalu mahal untuk melakukan perawatan. Sehingga mesin-mesin dapat beroperasi seoptimal mungkin dan kegiatan produksi pun berjalan dengan lancar dan mendapatkan keluaran (*output*) produk yang berkualitas. Prinsip utama dari sistem perawatan terdiri dari dua hal yaitu (Jono, 2015):

1. Menekan (memperpendek) periode kerusakan (*breakdown*) periode sampai batas minimum dengan pertimbangan aspek ekonomis.
2. Menghindari *breakdown* tidak terencana, kerusakan tiba-tiba.

Sistem perawatan memegang peranan penting dalam perusahaan. Bahkan perusahaan akan mengalami kerugian besar jika tidak memperhatikan perawatan dengan baik, seperti terjadinya kerusakan mesin, meningkatnya produk cacat, intensitas penggantian komponen yang terlalu sering (Pratiwi, 2019). Terkadang perspektif lain yang ditimbulkan dari makna perawatan adalah pemborosan. Perawatan bukanlah pemborosan melainkan suatu bentuk investasi, sehingga dengan investasi tersebut dapat meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan dan kehandalan dari peralatan yang digunakan. Oleh karena itu penerapan perawatan dalam proses produksi dalam suatu perusahaan harus mendapatkan perhatian yang lebih seksama (Kurniawati, 2017).

2.5 Definisi *Total Productive Maintenance* (TPM)

Total productive maintenance (TPM) merupakan ide orisinal dari Nakajima (1988) yang menekankan pada pendayagunaan dan keterlibatan sumber daya manusia dan sistem *preventive maintenance* untuk memaksimalkan efektifitas peralatan dengan melibatkan semua departemen dan fungsional organisasi.

Menurut Vakatesh (2007) dalam Eko Nursubiyantoro (2016) TPM sesuai dengan namanya terdiri dari atas tiga buah suku kata, yaitu:

1. Total

Hal ini mengidentifikasi bahwa TPM mempertimbangkan berbagai aspek dan melibatkan seluruh personil yang ada, mulai dari tingkatan atas hingga ke jajaran yang bawah.

2. Productive

Menitik beratkan pada segala usaha untuk mencoba melakukan pemeliharaan dengan kondisi produksi tetap berjalan dan meminimalkan masalah-masalah yang terjadi di produksi saat pemeliharaan dilakukan.

3. Maintenance

Berarti memelihara dan menjaga peralatan secara mandiri yang dilakukan oleh operator produksi agar kondisi peralatan tetap bagus dan terpelihara dengan jalan membersihkannya, melakukan pelumasan dan memperhatikan kondisi mesin secara optimal.

Tujuan TPM adalah meningkatkan efektivitas peralatan dan memaksimalkan output peralatan dengan berusaha mempertahankan dan memelihara kondisi optimal dengan maksud untuk menghindari kerusakan mesin, kerugian kecepatan, kerusakan barang dalam proses. Semua efisiensi termasuk ekonomis dicapai dengan meminimasi biaya pemeliharaan, memelihara kondisi peralatan yang optimal selama umur pakainya atau dengan kata lain, meminimasi biaya daur hidup peralatan. Maksimasi efektifitas peralatan dan minimasi biaya daur hidup peralatan dicapai dengan keterlibatan semua anggota organisasi dalam mengurangi apa yang disebut dengan enam kerugian besar (*six big losses*) yang menurunkan efektifitas peralatan (Oktaria, 2011).

Total Productive Maintenance atau biasa dikenal dengan TPM banyak sekali digunakan di berbagai industri terutama yang melibatkan peralatan mesin. Tujuan *Total Productive Maintenance* adalah memastikan semua peralatan atau mesin berada dalam kondisi kerja yang baik untuk menghindari kerusakan dan terjadinya *delay* dalam proses manufaktur. Jika mesin tidak dapat diprediksi dan kemampuan proses tidak berkelanjutan, organisasi tidak dapat memproduksi sesuai dengan standar kecepatan penjualan. Dengan penerapan *Total Productive*

Maintenance, maka akan meningkatkan produktivitas di lokasi manufaktur dan peralatan mesin dengan investasi minimal.

Konsep perawatan yang baik dan terstruktur melalui TPM juga bisa menggunakan sistem perawatan melalui konsep *lean*. *Lean* pada dasarnya bertujuan untuk mengidentifikasi dan menghilangkan *waste* atau aktivitas yang tidak mempunyai nilai tambah (*non value added*) disepanjang prosesnya sehingga dapat berjalan dengan baik dan lancar. Salah satu hal yang mendasari perlunya penerapan *lean* adalah sebagai program terstruktur perusahaan untuk tetap melakukan perbaikan secara terus menerus (*continuous improvement*). *Lean* pada umumnya diterapkan oleh mayoritas perusahaan dalam aktivitas produksinya saja, namun tanpa disadari pada kegiatan perawatan dan pemeliharaan perlu dikaji lagi apakah aktivitas yang dilakukan mengandung *waste* (aktivitas yang tidak mengandung nilai tambah) atau tidak.

Banyak sekali konsekuensi yang ditimbulkan dari aktivitas perawatan dan pemeliharaan jika tidak direncanakan dengan baik, antara lain biaya perbaikan mesin/peralatan, biaya kehilangan produksi, biaya tenaga kerja untuk melakukan proses perbaikan serta biaya lainnya yang secara tidak langsung memberi dampak terhadap efisiensi perawatan dan pemeliharaan. Bahkan dalam jangka panjang dapat mempengaruhi kehandalan dari mesin/peralatan yang berdampak pada penurunan mutu produk yang dihasilkan.

Definisi *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah sebuah metrik yang berfokus pada seberapa efektif suatu operasi produksi dijalankan. Hasil dinyatakan dalam bentuk yang bersifat umum sehingga memungkinkan perbandingan antara unit manufaktur di industri yang berbeda. Pengukuran OEE juga biasanya digunakan sebagai indikator kinerja utama *Key Performance Indicator* (KPI) dalam implementasi *lean manufacturing* untuk memberikan indikator keberhasilan.

2.5.1 Tujuan Implementasi *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Penggunaan OEE sebagai *performance indicator*, mengambil periode basis waktu tertentu, seperti : shiftly, harian, mingguan, bulanan, maupun tahunan. Pengukuran OEE lebih efektif digunakan pada suatu peralatan produksi. OEE

dapat digunakan dalam beberapa jenis tingkatan pada sebuah lingkungan perusahaan (Oktaria, 2011).

1. OEE dapat digunakan sebagai “*Benchmark*” untuk mengukur rencana perusahaan dalam performansi.
2. Nilai OEE, perkiraan dari suatu aliran produksi, dapat digunakan untuk membandingkan garis performansi melintang dari perusahaan, maka akan terlihat aliran yang tidak penting.
3. Jika proses permesinan dilakukan secara individual, OEE dapat mengidentifikasi mesin mana yang mempunyai performansi buruk, dan bahkan mengindikasikan fokus sumber daya TPM.

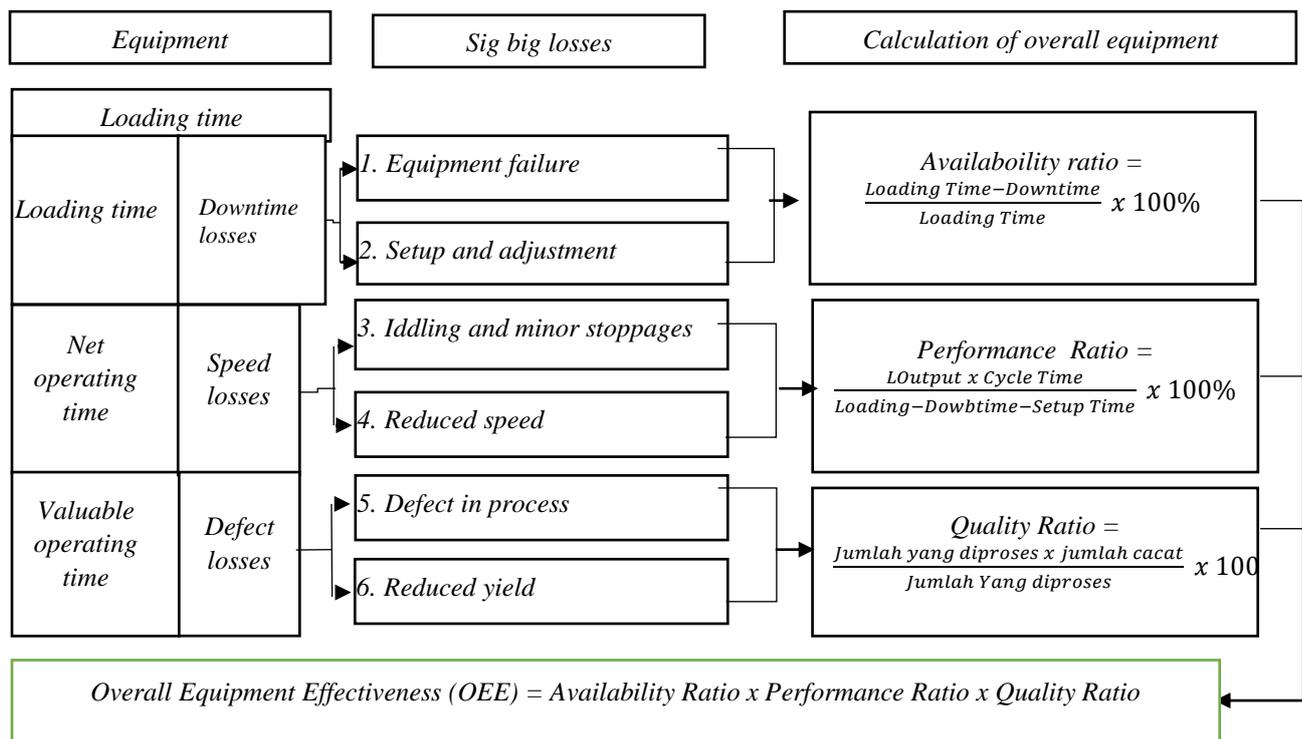
Selain untuk mengetahui performa peralatan, suatu ukuran OEE dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk keputusan pembelian peralatan baru. Dalam hal ini, pihak pengambil keputusan mengetahui dengan jelas kapasitas peralatan yang ada sehingga keputusan yang tepat dapat diambil dalam rangka memenuhi permintaan pelanggan. Dengan menggabungkan OEE dengan metode lain, seperti *basic quality tools* (seperti Pareto Analysis, Cause-Effect Diagram), maka melalui metode tersebut faktor penyebab menurunnya nilai OEE dapat diketahui. Lebih lanjut, tindakan-tindakan perbaikan dapat segera dilakukan sehingga dapat mengurangi usaha untuk pencarian area perbaikan.

2.5.2 Pengukuran Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Nakajima (1988) menyarankan *Overall Equipment Effectiveness* untuk mengevaluasi perkembangan dari TPM karena keakuratan data peralatan produksi sangat esensial terhadap kesuksesan perbaikan berkelanjutan dalam jangka panjang. Jika data tentang kerusakan peralatan produksi dan alasan kerugian-kerugian produksi tidak dimengerti, maka aktivitas apapun yang dilakukan tidak akan dapat menyelesaikan masalah penurunan kinerja sistem operasi. Kerugian produksi bersama-sama dengan biaya tidak langsung dan biaya tersembunyi merupakan mayoritas dari total biaya produksi. Itulah sebabnya Nakajima mengatakan OEE sebagai suatu pengukuran yang mencoba untuk menyatakan atau menampakkan biaya tersembunyi ini. Inilah yang menjadi salah satu

kontribusi penting OEE, dengan teridentifikasinya kerugian tersembunyi merupakan pemborosan besar yang tidak disadari (Oktaria, 2011).

Secara grafis prosedur perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* digambarkan pada gambar 2.1 dimana perhitungan OEE dan semua fungsinya serta kerugian yang terjadi, dilakukan dalam beberapa tahap yang disertai dengan penjelasan yang diuraikan sebagai berikut :



Sumber: Nakajima (1988)

Gambar 2.1 Tahapan Perhitungan OEE

Untuk mencapai efektivitas peralatan keseluruhan (*overall equipment effectiveness*), menghilangkan terjadinya kerugian utama (*six big losses*) yang dibagi dalam 3 kategori yang merupakan penghalang terhadap efektivitas peralatan, adapun *losses* tersebut adalah (Oktaria, 2011):

1. Downtime

Downtime adalah waktu dimana mesin atau peralatan tidak berfungsi sebagai mana mestinya. Dalam hal ini adanya hal-hal lain yang mengganggu pada mesin (*equipment failure*) menyebabkan waktu proses mesin berkurang.

$$\text{Downtime Losses} = \text{Equipment Failure Losses} + \text{Setup \& Adjustment Losses} \dots\dots\dots 2.1$$

- *Equipment failure* adalah kerugian yang disebabkan adanya kerusakan mesin dan peralatan yang memerlukan suatu perbaikan. Kerugian ini sebagai contoh, terdiri dari waktu rehat yang dialami pekerja dan waktu perbaikan dari mesin dan peralatan tersebut. Selain itu kerugian ini masuk dalam katagori kerugian *Downtime* yang menyerap sebagian waktu yang tersedia pada waktu yang telah dijadwalkan untuk proses produksi (*Loading Time*). Kerusakan ini walaupun menyita waktu yang sedikit dengan kisaran waktu detik hingga beberapa menit tetapi sangat mengganggu karena menginterupsi proses secara otomatis. Latar belakang pendidikan, keahlian, sikap dan perilaku serta pengetahuan sumber daya manusia sangat mempengaruhi kerugian ini. Data tentang *operational disturbances* sangat sulit untuk dikumpulkan secara manual disebabkan berulangnya kejadian serta frekuensi kejadian yang tinggi. Adapun perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Equipment Failure Losses} = \frac{\text{Lamanya waktu kerusakan hingga perbaikan mesin}}{\text{Loading time}} \times 100\% \dots\dots\dots 2.2$$

- Pengaturan dan penyesuaian (*setup and adjustment losses*)
Setup and Adjustment merupakan waktu yang terserap untuk pemasangan, penyetelan dan penyesuaian parameter mesin untuk mendapatkan spesifikasi yang diinginkan pada saat pertama kali mulai memproduksi komponen tertentu. Sama dengan *Equipment Failure*, *losses* ini dikategorikan dalam *Download time*. Seperti Contoh, kerugian ini dimulai diberhentikanya mesin, menurunkan *mold* atau *press tool* dengan menggunakan *hoist* atau *hand lift*, menyerahkan cetakan berikut laporannya, mengambil cetakan baru, pemasangan ke mesin, *input set-up* data, pemanasan *mold* dan *barrel* mesin hingga percobaan dan penyesuaian hingga mendapatkan spesifikasi yang ditetapkan serta diijinkan *start* produksi oleh seksi *Quality Control*. Adapun perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Setup \& Adjusement Losses} = \frac{\text{Lamanya Waktu Persiapan dan Penyesuaian}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots\dots 2.3$$

Kerusakan komponen sama dengan *Equipment Failure*, *losses* ini dikategorikan dalam *Download time*.

2. *Speed Losses* (Kerugian kecepatan)

Untuk mencari *speed losses* ini diperlukan data lain yaitu waktu siklus, waktu siklus ideal, persentase jam kerja dan jumlah target. Adapun cara menghitungnya sebagai berikut:

$$\text{Waktu Siklus} = \frac{\text{Loading Time}}{\text{Bahan Baku Produksi}} \dots\dots\dots 2.4$$

$$\text{Persentase Jam Kerja} = 1 - \frac{\text{Total Delay}}{\text{Available Time}} \times 100\% \dots\dots\dots 2.5$$

$$\text{Waktu Siklus Ideal} = \text{Waktu Siklus} \times \% \text{ Jam Kerja} \dots\dots\dots 2.6$$

$$\text{Jumlah Target} = \frac{\text{Operating Time}}{\text{Ideal Cycle Time}} \dots\dots\dots 2.7$$

$$\text{Speed Losses} = \text{Idle \& Minor Stoppage Losses} + \text{Reduced Speed Losses} \dots\dots\dots 2.8$$

a. *Idling and minor stoppages*

Idling and minor stoppages merupakan kerugian akibat berhentinya peralatan sebagai akibat terlambatnya pasokan material atau tidak adanya operator. Kedua kerugian ini merupakan bagian yang menyumbang terhadap *Speed Losses*.

$$\text{Idle \& Minor Stoppages Losses} = \frac{\text{Non-Productive Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots\dots\dots 2.9$$

b. *Reduce Speed*

Reduce Speed merupakan kerugian yang terjadi akibat peralatan dioperasikan dibawah standar kecepatan. Sebagai pendekatan yang praktis untuk menentukan kerugian ini pada mesin, setiap parameter penyetelan yang tidak mempengaruhi kualitas produk akan diobservasi seperti kecepatan pengeleman serta posisi perubahan kecepatan yang mempengaruhi *cycle time*.

$$\text{Reduced Speed Losses} = \frac{\text{Operation Time} - (\text{Ideal Cycle Time} \times \text{output})}{\text{Loading Time}} \times 100\% \dots\dots\dots 2.10$$

3. *Quality Losses* (Kerugian Kualitas)

a. *Reduce Yield / Scrap Losses*

Reduce Yield waktu yang digunakan untuk menghasilkan produk rusak saat penyetelan dan penyesuaian untuk stabilisasi. Kerugian nisbah (*yield losses*), disebabkan material yang tidak terpakai atau sampah bahan baku. Kerugian nisbah dibagi menjadi dua bagian. Pertama berupa sampah bahan baku yang disebabkan kesalahan desain, metode manufaktur, dan peralatan yang mengalami gangguan. Kedua adalah kerusakan produksi yang disebabkan oleh adanya pengaturan presisi (*adjusting*) dan juga pada saat mesin melakukan pemanasan (belum pada kondisi kerja yang stabil) sehingga banyak terjadi kegagalan (*reject*).

$$\text{Scrap Losses} = \frac{(\text{Ideal Cycle Time} \times \text{Scrap})}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots 2.11$$

b. *Defect in process and rework losses*

Defect in process yaitu waktu peralatan yang terbuang untuk menghasilkan produk jelek serta pengerjaan ulang pada saat mesin berjalan terus menerus setelah proses penyetelan dan penyesuaian. Produk seperti ini harus dibuang atau diproduksi ulang.

$$\text{Defect Losses} = \frac{\text{Defect in Process} + \text{Scrap Losses}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots 2.12$$

Dengan teridentifikasinya enam kerugian besar tersebut perencanaan program yang sistematis dan jangka panjang dengan tujuan meminimasi losses dapat dilaksanakan yang secara langsung akan mempengaruhi elemen-elemen penting dari perusahaan seperti produktivitas yang meningkat karena berkurangnya kerugian, kualitas juga meningkat sebagai dampak pengurangan kerusakan peralatan sehingga biaya juga menurun dengan turunnya kerugian – kerugian yang terjadi serta menurunnya angka kerusakan produk. Dengan demikian waktu penyerahan dapat dijamin lebih tepat waktu karena proses produksi dapat direncanakan tanpa gangguan permesinan (Oktaria, 2011). Keenam kerugian besar tersebut diukur untuk mengetahui seberapa besar Overall Equipment Effectiveness sebagai fungsi *Availability Ratio*, *Performance Ratio* dan *Quality Ratio*.

1. *Availability Ratio*

Availability Ratio mengukur keseluruhan waktu ketika sistem tidak beroperasi karena terjadinya kerusakan alat, persiapan produksi dan penyetelan. Dengan kata lain *Availability* diukur dari total waktu dimana peralatan dioperasikan setelah dikurangi waktu kerusakan alat dan waktu persiapan dan penyesuaian mesin yang juga mengindikasikan rasio aktual antara *Operating Time* terhadap waktu operasi yang tersedia (*Planned Time Available* atau *Loading Time*). Waktu pembebanan mesin dipisahkan dari waktu produksi secara teoritis serta waktu kerusakan dan waktu perbaikan yang direncanakan. Tujuan batasan ini adalah memotivasi untuk mengurangi *Planned Downtime* melalui peningkatan efisiensi penyesuaian alat serta waktu untuk aktifitas perawatan yang sudah direncanakan (Oktaria, 2011). OEE memungkinkan untuk penentuan produksi yang hilang karena *downtime*.

Adapun cara perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Availability Ratio} = \frac{\text{Loading Time} - \text{Down Time}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots 2.13$$

Jika nilai *Availability* 100%, artinya proses selalu berjalan dalam waktu yang sesuai dengan waktu produksi yang telah direncanakan (tidak pernah ada *downtime*) (shiftindonesia.com, 2014).

2. *Performance Ratio*

Performance Ratio diukur sebagai rasio kecepatan operasi aktual dari peralatan dengan kecepatan ideal berdasarkan kapasitas desain. OEE memungkinkan untuk penentuan berapa banyak produksi yang hilang dalam waktu siklus ideal. Nakajima mengatakan bahwa *performance* mengindikasikan deviasi dari *ideal cycle time*.

$$\text{Performance Ratio} = \frac{\text{Output} \times \text{Ideal Cycle Time}}{\text{Operating Time}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots 2.14$$

$$\text{Operating Time} = \text{Loading Time} - \text{Downtime} - \text{Setup Time} \quad \dots\dots\dots 2.15$$

Jika nilai *Performance* 100%, maka proses telah berjalan dengan kecepatan maksimal (secara teoretis, berdasarkan *Ideal Cycle Time dan Total Pieces*) (Shiftindonesia.com, 2014).

3. *Quality Ratio*

Quality Ratio difokuskan pada kerugian kualitas berupa berapa banyak produk rusak yang terjadi berhubungan dengan peralatan, yang selanjutnya dikonversi menjadi waktu dengan pengertian seberapa banyak waktu peralatan yang dikonsumsi untuk menghasilkan produk yang rusak tersebut.

$$Quality\ Ratio = \frac{Output - Reduced\ Yield - Reject}{Output} \times 100\% \dots\dots\dots 2.16$$

Jika nilai 100% untuk *Quality* artinya produksi tidak menghasilkan produk cacat sama sekali (Shiftindonesia.com, 2014).

4. *Overall Equipment Effectiveness*

Setelah ketiga perhitungan faktor diatas telah dapat diketahui, maka langkah selanjutnya adalah dengan mencari nilai dari *overall equipment effectiveness (OEE)* dengan rumus:

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality \dots\dots\dots 2.17$$

Keterangan:

Availability = Kesiapan ataupun kesediaan mesin dalam beroperasi

Performance = Jumlah unit produk yang dihasilkan oleh mesin dalam waktu yang tersedia

Quality = Perbandingan jumlah unit yang baik dengan jumlah unit yang diproduksi

Dalam perhitungan OEE terdapat acuan tingkatan pencapaian yang telah terstandarisasi secara mendunia. Standar OEE ini digunakan untuk menilai tingkat efektivitas mesin (peralatan).

Tabel 2.1 Overall Equipment Effectiveness (OEE) Standar Dunia

<i>OEE Factor</i>	<i>World Class</i>
<i>Availability</i>	90.00%
<i>Performance</i>	95.00%
<i>Quality</i>	99.90%
<i>OEE</i>	85.00%

Sumber : *Vorne Industries*, (2008)

Berikut adalah nilai rasio *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dengan tingkat pencapaian tertentu (McKellen, 2005 dikutip dalam Malik 2013) :

1. Nilai rasio *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mencapai 100% merupakan proses produksi yang sempurna : proses manufaktur yang menghasilkan hanya produk sesuai standar dan tidak ada cacat produk, kecepatan produksi yang tinggi dengan sesuai waktu siklus dan kapasitas terpasang, tidak ada *downtime*.
2. Nilai rasio *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mencapai 85% merupakan tingkat kelas dunia (*world class level*) untuk perusahaan dengan proses produksi secara otomatisasi dengan karakteristik pabrikan tertentu merupakan perusahaan tingkat global, untuk banyak perusahaan nilai rasio ini menjadi target jangka panjang.
3. Nilai rasio *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mencapai 60% merupakan pencapaian dengan tingkat yang wajar (*fairly typical level*), dan terindikasi banyak ruang perbaikan yang harus dilakukan untuk mencapai tingkat perusahaan kelas dunia.
4. Nilai rasio *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mencapai 40% merupakan tingkat pencapaian yang rendah yang biasanya di dapatkan oleh perusahaan yang baru mulai dan memiliki sistem yang baru, dan terus melakukan perbaikan dalam mengidentifikasi kinerja perusahaannya.

2.6 Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)

Sejarah FMEA berawal pada tahun 1950 ketika teknik tersebut digunakan dalam merancang dan mengembangkan sistem kendali penerbangan. Sejak saat itu

teknik FMEA diterima dengan baik oleh industri luas (Nurkertamanda, dkk, 2009).

Terdapat standar yang berhubungan dengan metode FMEA. Standar Inggris yang digunakan secara garis besar menjelaskan BS 5760 atau British Standar 5760, yaitu :

1. Bagian 2 *Guide To The Assesment Of Reliability*
2. Bagian 3 *Guide To Reliability practice*
3. Bagian 5 *Guide Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)* memberikan pedoman dalam pengaplikasian teknik tersebut.

Selain itu ada juga standar militer Amerika, US MIL STD 1629 (*procedure for performing a failure modes effect and criticality analysis*) yang banyak dipertimbangkan menjadi referensi standar (Nurkertamanda, dkk, 2009).

Arti FMEA dalam penggalan kata sebagai berikut (Wawolumaja, dkk, 2013):

- *Failure* : prediksi kemungkinan kegagalan atau defect
- *Mode* : penentuan mode kegagalan
- *Effect* : identifikasi pengaruh tiap komponen terhadap kegagalan
- *Analysis* : tindakan perbaikan berdasarkan hasil evaluasi terhadap penyebab

Failure modes and Effect Analysis (FMEA) merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang berpotensi untuk timbul, menentukan pengaruh resiko kecelakaan kerja, dan mengidentifikasi tindakan untuk me-mitigasi resiko tersebut (Crow, 2002 dikutip dalam Kustiyaningsih, 2011).

2.6.1 Definisi *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Para ahli memiliki beberapa definisi mengenai *failure modes and effect analysis*, definisi tersebut memiliki arti yang cukup luas dan apabila dievaluasi lebih dalam memiliki arti yang serupa. Menurut Roger D. Leitch (dalam Kustiyaningsih, 2011), definisi dari *failure modes and effect analysis* adalah analisa teknik yang apabila dilakukan dengan tepat dan waktu yang tepat akan memberikan nilai besar dalam membantu proses pembuatan keputusan dari *engineer* selama perancangan dan pengembangan. Analisa tersebut bisa disebut

analisa “*bottom up*”, seperti dilakukan pemeriksaan pada proses produksi dan mempertimbangkan kegagalan yang berbeda.

Menurut John Moubrey (dalam Kustiyaningsih, 2011), definisi dari *failure modes and effect analysis* adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi bentuk kegagalan yang mungkin menyebabkan setiap kegagalan fungsi dan untuk memastikan pengaruh kegagalan berhubungan dengan setiap bentuk kegagalan.

FMEA adalah teknik *engineering* yang digunakan untuk mengidentifikasi, memprioritaskan, dan mengurangi permasalahan dari sistem, desain, atau proses sebelum permasalahan tersebut terjadi (Kmentha, 1999 dikutip dalam Nurkertamanda, 2009). *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) adalah metodologi yang dirancang untuk mengidentifikasi moda kegagalan potensial pada suatu produk atau proses sebelum terjadi, mempertimbangkan resiko yang berkaitan dengan moda kegagalan tersebut, mengidentifikasi serta melaksanakan tindakan korektif untuk mengatasi masalah yang paling penting (Reliability, 2002 dikutip dalam Nurkertamanda, 2009).

FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) adalah alat yang digunakan secara luas pada industri otomotif, aerospace, dan elektronik untuk mengidentifikasi, memprioritaskan, dan mengeliminasi potensi kegagalan, masalah, dan kesalahan sistem pada desain sebelum produk diluncurkan (J. Rhee, 2002 dikutip dalam Nurkertamanda, 2009).

2.6.2 4 (Empat) Tipe Dasar *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Adapun tipe yang ada pada FMEA yaitu sebagai berikut (Wawolumaja,dkk,2013);

1. Sistem FMEA

Sistem FMEA dapat digunakan untuk menganalisis suatu sistem pada tingkatan / level manapun, dari piece – part level sampai sistem level. Pada tingkat / level terendah, FMEA dapat dilakukan dengan cara memperhatikan setiap komponen di dalam sistem untuk menentukan bagaimana kemungkinan yang dapat menimbulkan kegagalan dan efeknya terhadap sistem.

2. Desain FMEA

Desain FMEA dilakukan pada suatu produk atau jasa / service pada level design, selama tahapan desain. Tujuannya adalah untuk menganalisis suatu sistem desain dan menentukan bagaimana *failure modes* mempengaruhi pengoperasian sistem.

3. Proses FMEA

Proses FMEA dilakukan pada proses manufaktur/pabrikasi. FMEA dapat digunakan untuk mengidentifikasi *failure modes* yang mungkin terjadi di dalam proses manufaktur, peralatan, *tooling gauges*, pelatihan operator, atau sumber-sumber kesalahan potensial lainnya.

4. Fungsional FMEA

Fungsional FMEA dikenal juga dengan “*Black Box*” FMEA. FMEA tipe ini lebih berfokus pada kegunaan atau fungsi yang diharapkan (*intended function*) dari suatu komponen atau subsistem.

2.6.3 Peran dan Kegunaan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

FMEA dalam penerapannya memberikan peran sebagai evaluasi sistematis produk dan proses, pembuktian kegagalan, identifikasi kegagalan, dokumentasi potensial untuk produk atau proses yang tidak memenuhi syarat. Selain itu kegunaan dari FMEA ialah sebagai berikut (Wawolumaja, dkk, 2013) :

1. Meningkatkan kualitas, *reliability*, dan keamanan dari produk atau pelayanan, permesinan dan proses.
2. Meningkatkan *company image* dan *competitiveness*.
3. Meningkatkan kepuasan konsumen (*customer satisfaction*).
4. Mengurangi waktu dan biaya untuk pengembangan produk (*support integrated product development*).
5. Pendataan dan catatan tindakan yang diambil untuk mengurangi resiko (*documents and tracks action taken to reduce risk*).
6. Mengurangi potensi terhadap kekhawatiran jaminan atau garansi (*reduces potential for warranty concerns*).
7. Terintegrasi dengan desain untuk manufaktur dan teknik perakitan (*Integrates with Design for Manufacturing & Assembly Techniques*).

2.6.4 Waktu Penggunaan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Sebagai alat mengidentifikasi kegagalan dalam hal manufaktur tentunya harus tahu kapan sebaiknya digunakan FMEA tersebut. FMEA dapat digunakan dengan waktu sebagai berikut (Stamatis, 2014):

1. Ketika sebuah proses, produk atau jasa sedang dirancang atau didesain ulang, setelah fungsi penyebaran kualitas.
2. Ketika sebuah proses, produk atau layanan yang ada sedang diterapkan dengan cara yang baru.
3. Sebelum mengembangkan rencana kontrol untuk proses baru atau diubah.
4. Ketika tujuan perbaikan yang direncanakan untuk proses, produk atau jasa yang sudah ada.
5. Ketika menganalisis kegagalan dari proses, produk atau jasa yang sudah ada.
6. Berkala sepanjang masa proses, produk atau jasa.

2.6.5 Langkah-langkah Pembuatan FMEA

Langkah –langkah pembuatan FMEA adalah sebagai berikut:

1. Penjabaran produk atau proses beserta fungsinya
2. Membuat blok diagram yaitu diagram yang menunjukkan komponen atau langkah proses sebagai blok yang terhubung oleh garis yang menunjukkan bagaimana komponen atau langkah tersebut berhubungan.
3. Membuat formulir FMEA, yang berisi produk/sistem, sub-sistem, sub-proses, komponen, pemimpin desain, pembuat FMEA, revisi serta tanggal revisi. Formulir ini dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan.
4. Mendaftar item atau fungsi menggunakan diagram FMEA.
5. Mengidentifikasi potensi kegagalan, yaitu kondisi dimana komponen, sub-sistem, sistem, ataupun proses tidak sesuai dengan desain yang telah ditetapkan.
6. Mendaftar setiap kegagalan secara teknis, untuk fungsi dari setiap komponen atau langkah-langkah proses.

7. Mendeskripsikan efek penyebab dari setiap kegagalan, sesuai dengan persepsi konsumen.
8. Mengidentifikasi penyebab dari setiap kegagalan.
9. Menentukan faktor probabilitas, yaitu pembobotan numerik, pada setiap penyebab yang menunjukkan setiap keseringan penyebab tersebut terjadi. Skala yang biasanya digunakan adalah 1 untuk menunjukkan tidak sering dan 10 untuk menunjukkan sering terjadi.
10. Identifikasi kontrol yang ada, yaitu mekanisme yang mencegah penyebab kegagalan terjadi atau mekanisme yang mampu mendeteksi kegagalan sebelum sampai ke konsumen.
11. Menentukan kemungkinan dari deteksi
12. *Review Risk Priority Number (RPN)*, yaitu hasil perkalian antara variabel *Severity*; keseriusan akibat kesalahan terhadap proses, *Occurance*; keseringan terjadi kesalahan, *Detection*; alat kontrol akibat penyebab yang potensial.
13. Menentukan rekomendasi untuk kegagalan potensial yang memiliki RPN tinggi.

2.6.6 Menentukan Nilai *Severity (S)*, *Occurrence (O)*, *Detection (D)*, Dan *Risk Priority Number (RPN)*

Pendefinisian dari nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* harus ditentukan terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai *risk priority number*. Pendefinisian ini dapat disesuaikan kembali dengan keadaan dilapangan. Berikut merupakan langkah-langkah sebagai acuan dalam pendefinisian nilai-nilai tersebut :

1. *Severity (S)*

Severity adalah langkah pertama untuk menganalisa resiko yaitu menghitung seberapa besar dampak atau intensitas kejadian mempengaruhi *output* proses. Dampak tersebut dirancang mulai skala 1 sampai 10, dimana 10 merupakan dampak terburuk.

Tabel. 2.2 Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat untuk Severity of Effects dalam FMEA Process

Rating	Dampak (Effect)	Kriteria Verbal	Dampak Pada Produksi
1.	Tidak ada dampak	Tidak berdampak apa-apa bila komponen mesin rusak.	Proses berada dalam pengendalian dengan tanpa penyesuaian yang diperlukan
2.	Dampak sangat ringan	Mesin tetap beroperasi dan aman, hanya terjadi sedikit gangguan peralatan yang tidak berarti. Dampak hanya diketahui oleh operator berpengalaman.	Proses berada dalam pengendalian, hanya membutuhkan sedikit penyesuaian
3.	Dampak Ringan	Mesin tetap beroperasi dan aman, hanya terdapat sedikit gangguan. Dampak diketahui oleh rata-rata operator.	Proses berada diluar pengendalian, beberapa penyesuaian diperlukan
4.	Dampak Minor	Mesin tetap beroperasi dan aman, namun terdapat sedikit gangguan kecil. Dampak diketahui oleh semua operator.	Kurang dari 30 menit <i>downtime</i> atau tidak adakehilangan waktu produksi
5.	Dampak Moderat	Mesin tetap beroperasi dan aman, namun telah menimbulkan beberapa kegagalan produk. Operator merasa tidak puas, karena tingkat kinerja berkurang	30-60 menit <i>downtime</i>
6.	Dampak Signifikan	Mesin tetap dapat beroperasi dan aman, tetapi menimbulkan kegagalan produk. Operator merasa sangat tidak puas dengan kinerja mesin.	1-2 jam <i>downtime</i>
7.	Dampak Major	Mesin tetap beroperasi dan aman tetapi tidak dapat dijalankan secara penuh. Operator merasa sangat tidak puas.	2-4 jam <i>downtime</i>
8.	Dampak Ekstrim	Mesin tidak dapat beroperasi telah kehilangan fungsi utama mesin.	4-8 jam <i>downtime</i>
9.	Dampak Serious	Mesin gagal beroperasi serta tidak sesuai dengan peraturan keselamatan kerja.	Lebih besar dari 8 jam <i>downtime</i>
10.	Dampak Berbahaya	Mesin tidak layak dioperasikan karena dapat menimbulkan kecelakaan secara tiba-tiba. Bertentangan dengan peraturan keselamatan dan kesehatan kerja (K3).	Lebih besar dari 8 jam <i>downtime</i>

Sumber : Gaspersz, 2012

2. Occurrence (O)

Occurrence (interval kejadian) merupakan suatu penilaian mengenai interval atau jarak yang mungkin terjadi dari suatu kegagalan yang melekat pada suatu produk pada suatu periode tertentu. *Occurrence* adalah kemungkinan bahwa penyebab tersebut akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa

penggunaan (*possible failure rates*). Untuk mengetahui penilaian ini juga diperlukan adanya perankingan untuk masing-masing kategori yang ditetapkan.

Tabel. 2.3 Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat untuk Occurrence of Effects dalam FMEA Process

Rating	Kejadian	Kriteria Verbal	Tingkat Kejadian Kerusakan
1.	Hampir Tidak Pernah	Kerusakan hampir tidak pernah terjadi	Lebih besar dari 10.000 jam operasi mesin
2.	Remote	Kerusakan jarang terjadi	6.001 – 10.000 jam operasi mesin
3.	Sangat Sedikit	Kerusakan terjadi sangat sedikit	3.001-6.000 jam operasi mesin
4.	Sedikit	Kerusakan terjadi sedikit	2.001-3.000 jam operasi mesin
5.	Rendah	Kerusakan yang terjadi rendah	1.001-2.000 jam operasi mesin
6.	Medium	Kerusakan terjadi pada tingkat medium	401-1.000 jam operasi mesin
7.	Agak Tinggi	Kerusakan terjadi agak tinggi	101-400 jam operasi mesin
8.	Tinggi	Kerusakan terjadi tinggi	11-100 jam operasi mesin
9.	Sangat Tinggi	Kerusakan terjadi sangat tinggi	2-10 jam operasi mesin
10.	Hampir Selalu	Kerusakan selalu terjadi	Kurang dari 2 jam operasi mesin

Sumber : Gasperz, 2012

3. Detection (D)

Detection merupakan pengukuran terhadap kemampuan mendeteksi atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. *Detection* menggunakan penilaian dengan skala dari 1 sampai 10. Tingkat kemampuan untuk dideteksi dijelaskan pada tabel 2.4 sesuai standar.

Tabel. 2.4 Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat untuk Detection of Effects dalam FMEA Process

Rating	Kejadian	Kriteria Verbal
1.	Hampir Pasti	Perawatan <i>preventif</i> akan selalu mendeteksi penyebab potensial kegagalan dan mode kegagalan
2.	Sangat Tinggi	Perawatan <i>preventif</i> memiliki kemungkinan sangat tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial kegagalan dan mode kegagalan
3.	Tinggi	Perawatan <i>preventif</i> memiliki kemungkinan tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial kegagalan dan mode kegagalan
4.	Cukup Tinggi	Perawatan <i>preventif</i> memiliki kemungkinan cukup tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial kegagalan dan mode kegagalan

5.	Sedang	Perawatan <i>preventif</i> memiliki kemungkinan biasa untuk mendeteksi penyebab kegagalan dan mode kegagalan
6.	Rendah	Perawatan <i>preventif</i> memiliki kemungkinan rendah untuk mendeteksi penyebab kegagalan dan mode kegagalan
7.	Sangat Rendah	Perawatan <i>preventif</i> memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mendeteksi penyebab kegagalan dan mode kegagalan
8.	Sedikit	Perawatan <i>preventif</i> memiliki sedikitkemungkinan untuk mendeteksi penyebab kegagalan dan mode kegagalan
9.	Sangat Sedikit	Perawatan <i>preventif</i> memiliki sangat sedikitkemungkinan untuk mendeteksi penyebab kegagalan dan mode kegagalan
10.	Tidak Pasti	Perawatan <i>preventif</i> akan selalu tidak mampu untukmendeteksi penyebab kegagalan dan mode kegagalan

Sumber : Gaspersz, 2012

4. Risk Priority Number

Risk Priority Number merupakan produk matematis dari tingkat keparahan, tingkat keseringan atau kemungkinan terjadinya penyebab akan menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan pengaruh, dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi. Untuk mendapatkan nilai RPN, dapat ditunjukkan dengan persamaan berikut ini :

$$RPN = S \times O \times D \dots\dots\dots 2.18$$

Dimana:

S = *Severity*.

O = *Occurance*.

D = *Detection*.

Melalui nilai RPN ini akan memberikan informasi bentuk kegagalan atau kecelakaan kerja yang mendapatkan prioritas penanganan.

2.7 Penelitian Terdahulu

Peneliti meninjau beberapa penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan topik yang diangkat. Penelitian terdahulu dapat menjadi referensi bagi peneliti dalam melakukan aktivitas penelitiannya sehingga tidak keluar dari koridor topik penelitian tersebut. Beberapa penelitian sebelumnya dijadikan sebagai referensi penelitian sehingga peneliti memiliki bahan perbandingan yang cukup untuk melakukan penelitian serupa.

Pertama, Nina Hairiyah dkk (2019) melakukan penelitian dengan judul *Analisis Total Productive Maintenance (TPM) Pada Stasiun Kernel Crushing Plant (KCP) di PT X*. Tujuan penelitian ini untuk menghitung nilai OEE pada mesin *First Press*. Hasilnya, nilai OEE pada mesin *first press* di stasiun KCP PT. X belum memenuhi standar internasional yang telah ditetapkan. Pada nilai OEE *first press* diketahui memiliki nilai *availability* sebesar 97,28% sedangkan standar Internasionalnya sebesar 99%. Pada nilai *performance rate* sebesar 78,20% nilai tersebut dibawah nilai standar internasional yaitu sebesar 95%. Pada nilai *quality* mesin *first press* hanya sebesar 89,51% untuk nilai standarnya sebesar 95%. Sedangkan nilai OEE untuk mesin *first press* pada stasiun KCP memiliki nilai sebesar 68,26%, selisih yang cukup jauh dengan nilai standar Internasional yaitu sebesar 85%. Penyebab rendahnya nilai OEE mesin *first press* di stasiun KCP PT. X karena faktor umur mesin yang sudah tua, proses *maintenance* yang lama, serta kualitas kernel yang rendah.

Kedua, Humiras Hadi Purba (2018) melakukan penelitian dengan judul *Analysis of Overall Equipment Effectiveness (OEE) with Total Productive Maintenance Method on Jig Cutting: A Case Study in Manufacturing Industry*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat efektifitas penggunaan mesin / peralatan produksi dengan menggunakan metode OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) sebagai pertimbangan dalam penerapan TPM di perusahaan. Hasil perhitungan tertinggi pada July 2015 sebesar 86.05% dan terendah pada Agustus yaitu sebesar 79.58%. Persentase terbesar dari efektifitas mesin / peralatan hilang karena faktor lubang adalah pada Agustus sebesar 1,29%. Dari penelitian ini dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut: Pedoman perawatan dan pemeriksaan rutin harus dilakukan dengan baik untuk menghindari kerusakan sehingga waktu kerusakan mesin / peralatan dapat dihilangkan. Kebutuhan untuk penyediaan suku cadang dan persediaan peralatan dalam pemeliharaan dan pemeliharaan berjangka harus tersedia untuk melihat kondisi mesin / peralatan yang sangat penting agar kegiatan pemeliharaan tidak terganggu yang akan merugikan perusahaan itu sendiri.

Ketiga, Feby Harianto dkk. (2018) melakukan penelitian dengan judul *Efektivitas Dan Efisiensi Mesin - Mesin Pada Proses Produksi Kayu Lapis (Studi*

Kasus Di PT. Panply). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat efektifitas dan efisiensi mesin dalam proses produksi plywood di PT. Panply. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai efektivitas penggunaan mesin di perusahaan telah mencapai nilai efektifitas terbaik sebesar 87,5% pada beberapa tahap produksi kayu lapis termasuk Rotary, Continues, Dryer, Glue Spreader, Cold Press, Hot press, dan Sander. Tahap Pemotongan log dan Sizer masing-masing sebesar 62,5% dan 78,75%. Sedangkan nilai efisiensi di PT.Panply berkisar antara 55% - 91%. Tahap yang paling efisien dalam proses produksi adalah tahap Glue Spreader sebesar 91% dan efisiensi terendah yaitu tahap Rotary dan Sander masing-masing 56,08% dan 68,28%

Keempat, Rusli Ananta (2017) melakukan penelitian dengan judul Analisis Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Menggunakan Overall Equipment Effectiveness (OEE) : Studi Pada PT. Kalbe Farma Tbk. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui strategi penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) memungkinkan perusahaan untuk dapat menemukan pemborosan – pemborosan yang timbul selama proses produksi dan memiliki program pemeliharaan mesin yang memadai, sehingga proses produksi dapat berjalan lancar.

Kelima, Muhammad Kholil dkk. (2016) melakukan penelitian dengan judul Analisa *Total Productive Maintenance* Terhadap Produktivitas Kapal/Armada Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness* Pada PT. Global Trans Energy International. Tujuan penelitian adalah menghitung efisiensi dan efektivitas kapal/armada dengan penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Selain itu juga untuk mengidentifikasi faktor penyebab terjadi produktivitas kapal/armada masih dibawah standar nilai ideal, dan merumuskan serta merekomendasikan perbaikan-perbaikan dan *improvement* yang sesuai untuk meningkatkan produktivitas kapal/armada. Hasil penelitian menunjukkan selama periode Januari – Desember 2014 diperoleh nilai OEE berkisar antara 73,63% hingga 88,05% dengan nilai rata-rata adalah 80,58%. Hal ini membuktikan bahwa kapal/armada sepanjang tahun 2014 beroperasi masih belum mencapai keadaan ideal. Terlihat dari nilai yang diperoleh lebih rendah dari standar ideal yaitu \geq

85%. Penyebab rendahnya nilai OEE karena pengaruh *idling* and *minor stoppages* sebesar 2.69% dan *breakdown losses* sebesar 1,91% yang disebabkan oleh faktor manusia, metode, mesin, dan lingkungan.

Keenam, Eko Nursubiyantoro dkk. (2016) melakukan penelitian dengan judul Implementasi *Total Productive Maintenance* (TPM) Dalam Penerapan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Penelitian bertujuan mengukur tingkat efektifitas peralatan total proses produksi, menentukan faktor penyebab nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) rendah dan mengidentifikasi kerugian/*losses* yang terjadi, memberikan usulan perbaikan penerapan TPM. Hasil penelitian yaitu pencapaian nilai OEE pada mesin *press hydraulic atom* rata – rata sebesar 55,24%. Fokus perbaikan dari permasalahan yang menyebabkan faktor *loss* Mesin *Hidraulic Atom* adalah rendahnya *performance ratio* rata-rata sebesar 62,11% karena dipengaruhi oleh faktor *idle and minor stoppages* dan *speed losses* yang terjadi pada mesin. *Total Productive maintenance* (TPM) dapat di terapkan di PT. Adi Satria Abadi melalui program pemeliharaan dengan mengenali gejala kerusakan mesin *press*, melakukan *setup adjustment* di mesin *press hidrolis atom*, memahami permasalahan yang terjadi pada pengepresan dan pemotongan

Ketujuh, Irvan Maulana Tarigan. (2015) melakukan penelitian dengan judul Penerapan *Total Productive Maintenance* Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas GT 2.1 Dengan *Metode Overall Equipment Effectiveness*. Penelitian bertujuan mengukur nilai OEE satu lini produksi dari energi listrik di PT. PLN (Persero) Sicanang Belawan dalam satu periode, dilanjutkan dengan menganalisa nilai dengan menggunakan analisa pareto dari hasil yang diperoleh oleh akar penyebab OEE tersebut. Hasilnya nilai rata-rata melampaui nilai standar dari $OEE > 85\%$ karena mesin masih dalam keadaan sangat baik. Faktor yang mungkin akan mengalami *drop* secara cepat diprediksi adalah *minor stoppages loss* 319,91 jam (82,26 %) dan *reduce speed losses* 29,11 jam (8,13 %) akibat yang mungkin tidak begitu berdampak dalam waktu yang cepat, tetapi akan segera menyerang mesin jika perawatan tidak dilakukan secara berkesinambungan dan teratur.

2.8. Posisi Penelitian

Tabel 2.5 Posisi Penelitian

No.	Penulis	Judul Penelitian	Metode Penelitian			Tujuan Penelitian
			OEE	<i>Six Big Losses</i>	FMEA	
1.	Nina Hairiyah, Raden Rizki Amalia, dan Rino Adi Wijaya (2019)	Analisis <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM) pada Stasiun Kernel <i>Crushing Plant</i> (KCP) di PT. X	✓			Menganalisis keefektifan mesin <i>first press</i> pada Stasiun Kernel <i>Crushing Plant</i> (KCP).
2.	Humiras Hardi Purba, Erwin Wijayanto, Niko Aristiara (2018)	<i>Analysis of Overall Equipment Effectiveness (OEE) with Total Productive Maintenance Method on Jig Cutting: A Case Study in Manufacturing Industry</i>	✓	✓		Mengetahui tingkat efektifitas penggunaan mesin / peralatan produksi dengan menggunakan metode OEE.
3.	Feby Harianto, Beta Putranto, dan Makkarennu (2018)	Efektifitas Dan Efisiensi Mesin - mesin Pada Proses Produksi Kayu Lapis (Studi Kasus Di PT. Panply)	✓			Mengetahui tingkat efektifitas dan efisiensi mesin dalam proses produksi plywood di PT. Panply.
4.	Rusli Ananta (2017)	Analisis Penerapan <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM) Menggunakan <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (Oee) : Studi Pada Pt Kalbe Farma Tbk.	✓			Mengetahui strategi penerapan <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM) untuk dapat menemukan pemborosan – pemborosan yang timbul selama proses produksi dan memiliki program pemeliharaan mesin yang memadai,

5.	Muhammad Kholil Astrid Diandra Maulidina, dan Erry Rimawan (2016)	<i>Analisa Total Productive Maintenance</i> Terhadap Produktivitas Kapal/Armada Menggunakan Metode <i>Overall Equipment Effectiveness</i> Pada PT. Global Trans Energy Internasional	✓			Menghitung efisiensi dan efektivitas kapal/armada dengan penerapan <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM) menggunakan metode <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE).
6.	Eko Nursubiyantoro, Puryani, dan Mohamad Isnaini Rozaq (2016)	Implementasi <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM) Dalam Penerapan <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE)	✓	✓		Mengukur tingkat efektifitas peralatan total proses produksi, menentukan faktor penyebab nilai <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) rendah dan mengidentifikasi kerugian/losses yang terjadi, memberikan usulan perbaikan penerapan TPM
7.	Irwan Maulana Tarigan (2015)	Penerapan <i>Total Productive Maintenance</i> Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Gt 2.1 Dengan Metode <i>Overall Equipment Effectiveness</i>	✓			Mengukur nilai OEE satu lini produksi dari energi listrik di PT. PLN (Persero) Sicanang Belawan dalam satu periode, dilanjutkan dengan menganalisa nilai dengan menggunakan analisa pareto dari hasil yang diperoleh oleh akar penyebab OEE tersebut
8.	Sigit Dwi Cahyono (2020)	Penerapan <i>Total Productive Maintenance</i> Di PT. Tri Tunggal Laksana Unit Blitar	✓	✓	✓	Mengetahui tingkat efektifitas dan efisiensi mesin dalam proses produksi <i>plywood</i> di PT. Tri Tunggal Laksana Unit Blitar dengan menggunakan analisis <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE), <i>Six Big Losses</i> dan <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).

Persamaan beberapa penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu melakukan perhitungan OEE untuk mengetahui tingkat efektivitas pada mesin. Sedangkan, perbedaan jurnal dan penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu pada penelitian ini akan melakukan implementasi metode *Improvement*, *Total Productive Maintenance*, untuk meningkatkan nilai OEE pada mesin yang kurang produktif. Objek penelitian yang akan dilakukan juga belum pernah diteliti sebelumnya.

Penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) dapat mengurangi *breakdown* dan *defect* sehingga dapat meningkatkan kualitas produksi, mengurangi biaya dan meningkatkan kemampuan peralatan. Salah satu pengukur keberhasilan penerapan TPM dapat diukur oleh metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Metode ini digunakan untuk mengukur efektifitas mesin yang digunakan, selain melakukan pengukuran OEE dilakukan pengukuran *six big losses* untuk mengetahui kerugian yang paling berpengaruh. Setelah dilakukan perhitungan OEE dan *six big losses*, maka dibuat grafik pareto untuk *six big losses* yang bertujuan mengetahui faktor kerugian yang paling tinggi dan diagram sebab akibat (*Fishbone Diagram*) untuk OEE bertujuan untuk mengetahui penyebab dari besar/kecilnya nilai OEE. Setelah itu, dilakukan usulan perbaikan yang harus dilakukan oleh perusahaan.