2. DASAR TEORI

2.1 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah tingkat keefektifan fasilitas secara menyeluruh yang diperoleh dengan memperhitungkan *availability, performance efficiency* dan *rate of quality product* (Davis, 1995).

Nilai OEE dari setiap perusahaan bisa dikatakan memenuhi standar *World Class* apabila sudah sesuai dengan kriteria berikut: 90 % *Availability*, 95 % *Performance*, 99,9% *Quality*, 85% OEE (Vorne, 2003). Setiap perusahaan memiliki standar OEE yang berbeda-beda. Jadi diperlukan sebuah acuan untuk membantu menentukan standar OEE yang baik berikut merupakan acuan nilai OEE:

- 100% OEE adalah produksi yang sempurna: hanya membuat suku cadang yang bagus, secepat mungkin, tanpa waktu untuk berhenti.
- 85% OEE dianggap sebagai produsen kelas dunia. Bagi banyak perusahaan, ini merupakan tujuan jangka panjang.
- 60% OEE nilai yang biasa didapatkan manufaktur kecil tetapi menunjukkan ada ruang besar untuk perbaikan.
- 40% OEE bilai yang biasa bagi perusahaan manufaktur yang baru mulai melacak dan meningkatkan kinerja manufaktur mereka . Ini adalah skor rendah dan dalam banyak kasus dan dapat dengan mudah ditingkatkan melalui langkah-langkah langsung misalnya dengan melacak alasan waktu berhenti dan mengatasi sumber *downtime* terbesar – satu per satu.

Berikut 3 faktor utama dalam menghitung OEE :

1. *Availability*

   Nakajima (1988) menyatakan bahwa *availability* merupakan rasio dari *operation time*, dengan mengeliminasi *downtime* peralatan, terhadap *loading time*. *Availability* merupakan indikator OEE yang memperhitungkan semua kejadian yang menghentikan proses produksi untuk beberapa menit. Hasil dari perhitungan ini menunjukan presentase rasio waktu yang tersedia pada mesin. *Availability* dapat dihitung dengan membagi lama waktu produksi berjalan (*operating time*) dengan dengan lama waktu produksi yang direncanakan (*loading time*). Lama waktu produksi berjalan (*operating*

time) dapat dihitung dengan mengurangi waktu produksi yang direncanakan (*loading time*) dengan lama waktu produksi terhenti (*stop time*).

2. *Performance*

   Performance memperhitungkan semua faktor yang menyebabkan aset produksi beroperasi di bawah kecepatan maksimal produksi yang memungkinkan. Dapat dihitung dengan mengalikan waktu untuk memproduksi satu unit produk (*ideal cycle time*) dengan total produk yang diproduksi (*total count*) lalu dibagi dengan lama waktu produksi berjalan (*run time*). Jika *performance* melebihi 100% menunjukkan bahwa waktu untuk memproduksi satu unit (*ideal cycle time*) terlalu tinggi

3. *Quality*

   Quality merupakan indikator yang memperhitungkan produk yang tidak sesuai standar kualitas, termasuk bagian yang harus dikerjakan ulang. Dapat dihitung dengan membagi total produk sempurna (*good count*) dengan total semua produk yang diproduksi (*total count*).

2.2 Six Big Losses

Six big losses merupakan bagian dari OEE, yaitu rugi-rugi yang dihasilkan oleh ketiga indikator dalam OEE (*availability, performance, quality).* Dalam rangka mengukur nilai OEE dan ketiga rasionya, terlebih dahulu harus dipahami jenis-jenis kerugian peralatan yang ada (Hartmann, 1992). Contohnya jika nilai OEE pada sebuah mesin adalah 80% maka sisa dari nilai OEE yaitu 20% merupakan rugi-rugi yang dihasilkan oleh mesin. Menurut Nakajima (1988), terdapat 6 kerugian peralatan yang menyebabkan rendahnya kinerja dari peralatan seperti pada Gambar 2.2 berikut.

Overall Equipment Effectiveness	Recommended Six Big Losses	Traditional Six Big Losses
Availability Loss	Unplanned Stops	Equipment Failure
	Planned Stops	Setup and Adjustments
Performance Loss	Small Stops	Idling and Minor Stops
	Slow Cycles	Reduced Speed
Quality Loss	Production Rejects	Process Defects
	Startup Rejects	Reduced Yield

Gambar 2.1 Definisi *Six Big Losses*

Sumber: Vorne Industries Inc (n.d.). https://www.oee.com/oee-six-big-losses/

2.3 Equipment Failure

Equipment Failure merupakan kerugian yang diakibatkan karena adanya kerusakan mendadak pada fasilitas, mesin, atau peralatan yang tidak direncanakan. Kerusakan pada mesin menyebapkan mesin tidak beroperasi dan menghambat proses produksi.

$$Efl = \frac{Trfl}{loading\ time} \times 100\% \quad (2.1)$$

Keterangan:

Efl =Presentase *Equipment Failure*

Trfl =*Failure & repair time* (menit)

2.4 Setup and Adjustments

Setup and Adjustments merupakan kerugian yang disebapkan oleh proses penyesuaian sampai mencapai titik normalnya. *Setup and Adjustments* memperhitungkan periode waktu yang signifikan di mana peralatan dijadwalkan untuk produksi tetapi tidak berjalan karena pergantian atau penyesuaian peralatan lainnya.

$$SAL = \frac{Tsal}{loading\ time} \times 100\% \quad (2.2)$$

Keterangan:

SAl =Presentase *Setup and Adjustments*

Tsal =Waktu *Setup and Adjustments* (menit)

2.5 Idling and Minor Stops

Idling and Minor Stops merupakan kerugian memperhitungkan periode waktu yang signifikan di mana peralatan dijadwalkan untuk produksi tetapi tidak berjalan karena pergantian atau penyesuaian peralatan lainnya.

$$IMSL = 100\% - \frac{Actual\ output\ x\ Actual\ cycle\ time}{operating\ time} \times 100\% \quad (2.3)$$

$$IMSL = 100\% - net\ operating\ time\% \quad (2.4)$$

Keterangan:

IMSL =Presentase *Idling and Minor Stops*
Actual output =Total hasil produksi
Operating time =Waktu produksi yang tersedia
Actual cycle time =Waktu proses sebenarnya

2.6 Reduced Speed

Reduced speed losses merupakan kerugian performa. Kerugian ini disebapkan karena mesin berjalan lebih lambat dari kecepata idealnya. Keadaan ini biasanya disebapkan oleh operator yang kurang baik maupun mesin yang tidak optimal.

$$RSL = \frac{Actual\ cycle\ time}{Ideal\ cycle\ time}\% \quad (2.5)$$

Keterangan:

RSL =Presentase *reduced speed*
Actual cycle time =Waktu proses sebenarnya
Ideal cycle time =Waktu teori untuk memproses

2.7 Start-up Defects

Process defects merupakan kerugian yang berupa kecacatan dari produk hasil produksi yang dijumpai ketika mesin menyala ulang.

$$SDL = \frac{SDLx}{Actual\ Output} \times 100\% \quad (2.6)$$

Keterangan:

PD =Presentase *process defects*

PDx =Jumlah produk cacat saat penyesuaian

Actual output =Total produk berhasil diproduksi

2.8 Reduced Yield

Reduced yield merupakan kerugian akibat dari kecacatan produk yang tidak sesuai dari spesifikasi yang ditentukan. Kerugian ini diakibatkan oleh kesalahan manusia ataupun dari setingan mesin yang kurang tepat.

$$RY = \frac{RYx}{Actual\ Output} \times 100\% \quad (2.7)$$

Keterangan:

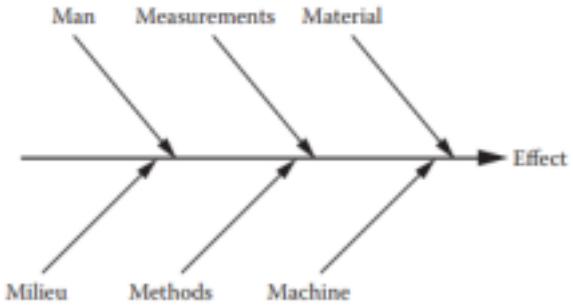
RY =Presentase *reduced yield*

RYx =Jumlah produk cacat

Actual output =Total produk berhasil diproduksi

2.9 Fishbone Diagram

Fishbone diagram awalnya dibuat oleh Kaoru Ishikawa yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab dari sebuah kegagalan (Barsalou, 2015).Pada umumnya peneliti yang menggunakan *fishbone diagram* membuat daftar 6 daftar faktor (*six Ms)*: *man, material, enviroment, methods, machine, and measurement.* Pekerja dapat menjadi salah satu faktor karena kesalahan dalam bekerja, kelelahan, dan kemampuan. Bahan baku menjadi faktor kedua karena dipengaruhi oleh banyak penyebab, seperti dimensi yang salah atau memiliki kecacatan yang lainnya. Faktor ketiga adalah lingkungan, bisa dikarenakan oleh cuaca, temperatur, kelembapan yang cukup ekstrim. Faktor dari metode contohnya adalah intruksi kerja yang tidak jelas seperti mesin mungkin sedang terjadi kerusakan atau tidak terawat dengan baik. Kegagalan pengukuran bisa disebabkan oleh alat ukur yang tidak mampu digunakan oleh operator atau karena kalibrasi alat ukur yang tidak sesuai (Barsalou, 2015). *Fishbone Diagram* mungkin tidak secara langsung menemukan akar permasalahan, akan tetapi dapat efektif untuk mengidentifikasi faktor yang berpotensi menyebabkan permasalahan.



Gambar 2.2 *Fishbone Diagram*

Sumber: Barsalou, M. A. (2015). *Root Cause Analysis.* Boca Raton: CRC Press.

2.10 Five Whys

Tujuan utama dari metode *five whys* adalah untuk terus menanyakan "*Why?"* saat penyebab telah teridentifikasi hingga akar penyebab ditemukan (Andersen & Fagerhaug, 2006). Setiap pertanyaan *why* terjawab dengan penyebab yang lebih tinggi hirarkinya, langsung tanyakan kembali "*Why?".* Akan tetapi akan tiba saatnya pertanyaan *why* tidak ditemukan penyebab lebih jauhnya. Penyebab yang ditemukan terakhir inilah yang menjadi akar penyebab dari permasalahan. Menurut Andersen dan Fagerhaug (2006), ada 6 langkah untuk menggunakan metode *five whys* yaitu:

1. Menentukan poin awal dari sebuah analisa atau problem yang telah ditemukan dan akan dicari akar penyebabnya.
2. Gunakan *brainstorming, brainwriting,* dan pendekatan lainnya untuk menemukan penyebab pada level permasalahan awal.
3. Tanyakan "Kenapa ini adalah penyebab dari masalah"? untuk setiap penyebab yang telah teridentifikasi
4. Gambarkan rantai penyebab sebagai suatu urutan
5. Untuk setiap jawaban pertanyaan *why* baru, tanyakan pertanyaan kembali, dan lanjutkan hingga tidak ada jawaban yang dapat ditemukan. Jawaban terakhir akan menjadi akar penyebab dari sebuah permasalahan.
6. Metode ini pada umumnya memerlukan 5 pengulangan pertanyaan *"Why?"*

2.11 Checksheet

Adapun menurut Yuwono (2013) *checksheet* meruapakan alat bantu pengumpul data yang berada dalam tabel dan berisi data jumlah barang dan kategori jenis yang tidak sesuai

dengan standar serta jumlah produknya. Adapun tujuan dari *checksheet* ini adalah agar mempermudah proses pengumpulan data saat proses produksi, serta mengetahui area permasalahan dari frekuensi munculnya karakteristik produk yang berkenan dengan kualitas. Setelah mendapat data frekuensi ataupun karakteristiknya, alat bantu *checksheet* memiliki manfaat yaitu

a. Mempermudah pengumpulan data untuk mengetahui akar permasalahan
b. Data yang dikumpulkan dapat dengan mudah disusun
c. Dapat membedakan data mengenai opini dan fakta

2.12 *Mean Time Between Failure* (MTBF), *Mean Time to Failure* (MTTF), dan *Mean Time to Repair* (MTTR)

Mean time between failure (MTBF) merupakan suatu parameter pengukuran yang menghitung nilai rata-rata interval antar kerusakan sebuah mesin. MTBF dapat digunakan sebagai pengukur keandalan suatu mesin. Berikut merupakan persamaan dari MTBF (Ebeling, 1997):

$$MTBF = \frac{Total\ operation\ time}{\text{Frekuensi}\ breakdown} \tag{2.8}$$

Keterangan:

MTBF = *Mean time between failure*
Total *operation* time = Waktu mesin beroperasi
Frekuensi *breakdown* = Jumlah frekuesi mesin berhenti

Mean time to failure (MTTF) merupakan suatu parameter yang menghitung rata-rata interval waktu selesai perbaikan mesin hingga mesin mengalami kerusakan selanjutnya (Ebeling, 1997). *Mean time to failure* dapat digunakan untuk mendapatkan estimasi durasi waktu dari sebuah mesin sampai mengalami kerusakan. Berikut merupakan persamaan dari MTTF:

$$MTTF = \frac{Total\ operation\ time}{\text{Frekuensi}\ breakdown} \tag{2.9}$$

Keterangan:

MTTF = *Mean time to failure*
Total *operation* time = Waktu mesin beroperasi

Frekuensi *breakdown* = Jumlah frekuesi mesin berhenti

Mean time to repair (MTTR) merupakan suatu perameter yang menghitung rata-rata dari waktu perbaikan pada mesin. MTTR dihitung berdasarkan dari waktu lama pengerjaan perbaikan maupun perawatan pada komponen-komponen yang mengalami kerusakan. Berikut merupakan persamaan dari MTTR:

$$MTTR = \frac{Total\ downtime}{\text{Frekuensi } breakdown} \tag{2.10}$$

Keterangan:

MTTR = *Mean time to repair*

Total *downtime* = Waktu perbaikan

Frekuensi *breakdown* = Jumlah frekuesi mesin berhenti