

BAB 2

Landasan Teori

2.1 Pengertian Efisiensi

Efisiensi adalah ukuran yang menunjukkan bagaimana baiknya sumber-sumber daya digunakan dalam proses produksi untuk menghasilkan output (Gaspers,1998,p14). Efisiensi merupakan karakteristik dari proses yang mengukur performansi actual dari sumber daya relative terhadap standart yang ditetapkan. Peningkatan dalam efisiensi pada proses produksi akan menurunkan biaya per unit output. Menurut Sar A levitan dan Siane Wemere (1984) : sebagai ukuran efisiensi, produktivitas merupakan indicator seberapa efisien pemakaian input. Efisiensi dapat dimengerti sebagai kegiatan penghematan penggunaan sumber-sumber daya dalam kegiatan produksi atau kegiatan organisasi seperti : penghematan pemakaian bahan, tenaga listrik, uang, waktu, air, pupuk, dan sebagainya.

Efektivitas merupakan karakteristik lain dari proses yang mengukur derajat pencapaian output dari system produksi (Gaspers,1998,p14). Efektivitas diukur berdasarkan rasio output aktual terhadap output yang direncanakan. Pengukuran efektivitas membutuhkan beberapa rencana atau yang telah ditetapkan sebelum proses dimulai untuk menghasilkan output. Sedangkan efisiensi produksi merupakan kemampuan untuk menghasilkan produk dengan biaya yang rendah.

2.2 Keseimbangan Alur Prosedur (Line Balancing)

Keseimbangan lini produksi bermula dari lini produksi massal, dimana dalam proses produksinya harus dibagikan kepada seluruh operator sehingga beban kerja operator merata. Jadi dalam line balancing mempelajari bagaimana kita merancang suatu lintasan produksi agar tercapai keseimbangan beban yang dua lokasikan pada setiap stasiun kerja dalam menghasilkan produk.

2.2.1 Definisi Line Balancing

Istilah line balancing atau penyeimbangan lini atau dengan nama lain assembly line balancing adalah suatu metode penugasan terhadap sejumlah pekerjaan kedalam stasiun kerja-stasiun kerja yang saling berkaitan dalam satu lini produksi sehingga setiap stasiun kerja memiliki waktu stasiun yang besarnya tidak melebihi waktu siklus dari stasiun kerja tersebut. Hubungan atau saling keterkaitan antara satu pekerjaan dengan pekerjaan lainnya digambarkan dalam suatu precedence diagram atau diagram pendahuluan, sedangkan hubungan itu disebut precedence job atau precedence network (Bedworth,et.al.1982,p.136).

2.2.2 Permasalahan Keseimbangan Lintasan Produksi

Dalam suatu perusahaan yang menpunyai tipe produksi massa, yang melibatkan sejumlah besar komponen yang harus dirakit, perencanaan produksi memegang peranan yang penting dalam membuat penjadwalan produksi, terutama dalam pengaturan operasi-operasi atau penugasan kerja yang harus dilakukan. Bila pengaturan perencanaannya tidak tepat, maka setiap stasiun kerja dilintas perakitan mempunyai kecepatan produksi yang berbeda. Hal ini akan mengakibatkan lintasan perakitan

tersebut tidak efisien karena terjadi penumpukan material/produk setengah jadi diantara stasiun kerja yang tidak berimbang kecepatan produksinya. Akibat sampingan lainnya kompensasi biaya-biaya yang hilang serta akibat psikologis yang negative bagi si pekerja.

Persoalan keseimbangan lintasan perakitan bermula dari adanya kombinasi penugasan kerja kepada operator atayu group operator yang menempati tempat kerja tertentu. Karena penugasan elemen kerja (work elemen) yang berbeda akan menyebabkan perbedaan dalam sejumlah waktu yang tidak produktif dan variasi jumlah pekerja yang dibutuhkan untuk menghasilkan output produksi tertentu didalam suatu lintasan perakitan.

Masalah kombinasi tersebut menjadi masalah penyeimbangan lintas perakitan, penyeimbangan lintas perakitan, penyeimbangan operasi atau stasiun kerja dengan tujuan mendapatkan waktu yang sama disetiap stasiun kerja sesuai dengan kecepatan produksi yang diinginkan. Masalah utama yang dihadapi dalam lintasan produksi : (Biegel,1992,p.183)

1. Kendala system, yang erat kaitannya dengan maintenance (perawatan)
2. Menyeimbangkan beban kerja pada beberapa system kerja (work stasiun)

Untuk : - mencapai suatu efisien yang tinggi

- memenuhi rencana produksi yang telah dibuat

Gejala ketidakseimbangan lintasan produksi :

- Adanya stasiun kerja yang sibuk dan idle yang menyolok
- Adanya work inprocess (produk setengah jadi) pada beberapa stasiun kerja

Sedangkan hal-hal yang dapat mengakibatkan ketidakseimbangan pada lintasan produksi antara lain :

- ✓ Rancangan lintasan yang salah
- ✓ Peralatan atau mesin sudah tua sehingga seringkali breakdown dan perlu di setup ulang
- ✓ Operator yang kurang terampil
- ✓ Metode kerja yang kurang baik

Rancangan lintasan produksi yang seimbang bertujuan :

- Untuk menyeimbangkan beban kerja yang dialokasi pada setiap stasiun kerja sehingga pekerjaan dapat selesai dalam waktu yang seimbang dan mencegah terjadinya bottle neck
- Menjaga lini perakitan agar tetap lancar dan kontinu berlangsung

Pada usaha pencapaian keseimbangan lini, terdapat beberapa cara yang dikenal antara lain :

- Penumpukan material

Caranya dengan membuat tumpukan material pada stasiun kerja yang lambat. Kemudian pada stasiun kerja ini harus melakukan kerja lembur atau menambah tenaga kerja. Cara ini merupakan cara yang paling mudah, tetapi tidak menjadikan lebih baik karena dengan adnya penumpukan material akan mengakibatkan pemborosan waktu pada stasiun kerja yang lain dan pemborosan ruangan yang dipakai.

- Pergerakan operator

Caranya adalah apabila seorang operator mempunyai waktu operasi yang lebih cepat dari pada operator lainnya. Ia dapat bergerak sepanjang lini produksi tersebut untuk membantu operator lainnya yang waktu operasinya lebih lama.

- o Pemecahan elemen pekerjaan

Cara ini dilakukan jika suatu operasi membutuhkan waktu yang lebih singkat daripada stasiun kerja lainnya. Operator tersebut dapat menangani lebih dari satu operasi, misalnya menyusun subrakitan jika operasi ini dilakukan diluar lini atau membantu operasi lainnya maupun bekerja pada lini yang lain.

- o Perbaikan operasi

Cara ini ditempuh melalui perbaikan metode kerja khususnya jika terdapat operasi yang lebih lama dibandingkan dengan yang lainnya dan memerlukan waktu setup yang lama. Studi gerakan akan selalu menghasilkan cara yang lebih baik untuk melakukan pekerjaan dan akan mengurangi waktu kerja yang dibutuhkan.

- o Perbaikan performance operator

Pada umumnya operasi yang mengalami kemacetan (bottle neck) dapat diseimbangkan melalui penambahan latihan pada operator yang bersangkutan atau pergantian operator yang bekerja lebih cepat atau lebih baik. Performansi keseimbangan lini produksi yang lebih baik dapat diketahui melalui efisiensi lini dan efisiensi stasiun kerja. Semakin tinggi efisiensinya berarti performansi keseimbangan lini produksi juga semakin baik.

- o Pengelompokan operasi

Cara ini berusaha untuk mengelompokan beberapa operasi atau elemen kerja hasil pembagian ke dalam group-group atau stasiun-stasiun kerja secara seimbang, sehingga setiap group memiliki waktu kerja yang sama panjang.

Dengan demikian kriteria yang umum digunakan dalam suatu keseimbangan lintas perakitan adalah :

- Meminimumkan waktu menganggur
- Minimum keseimbangan waktu senggang (balance delay)

Berdasarkan uraian diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa keseimbangan lintas perakitan tersebut didasarkan pada hubungan antar :

- Kecepatan produksi (Production rate)
- Operasi-operasi yang diperlukan dan urutan-urutan kebergantungan (sequence)
- Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap operasi (work elemen time)
- Jumlah operator/pekerja yang melakukan operasi tersebut

2.3 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) merupakan suatu ukuran total dari performance/kinerja yang berhubungan dengan availability/keberadaan dari sebuah proses untuk produktivitas dan kualitas. Dalam pengukuran OEE juga menunjukkan seberapa besar kemampuan sebuah perusahaan dalam mempergunakan sumber dayanya, dimana didalamnya termasuk peralatan, tenaga kerja, dan kemampuan untuk dapat memuaskan keinginan customer dalam kondisi/masa penyesuaian spesifikasi kualitas.

2.3.1 Sejarah OEE

Overall Equipment Effectiveness (OEE), pertama kali dipergunakan oleh Seiichi Nakajima atau yang lebih dikenal sebagai Bapa dari Total Productive Maintenance (TPM), yang mendeskripsikan satu ukuran fundamental untuk mengetahui/meninjau kinerja produksi. OEE pertama kali diaplikasikan pada diskreet manufaktur. Namun

kemudian banyak dipergunakan pada batch, process, dan perencanaan produksi diskrit. Peningkatan yang terjadi dalam keandalan suatu peralatan seringkali mempengaruhi OEE, dan kemudian adanya OEE mempengaruhi tingkat penjualan. Memaksimumkan penggunaan OEE dalam produksi merupakan sesuatu yang sangat vital dalam bagian lean manufaktur.

2.3.2 Definisi OEE

Overall Equipment Effectiveness (OEE) merupakan kombinasi dari 3 faktor utama yang sering kali dinyatakan dalam persentase.

- *Equipment Availability*

Jumlah dari ketersediaan waktu aktual yang dipergunakan untuk produksi

- *Performance Efficiency*

Tingkat dari rata-rata kinerja penggunaan peralatan yang dipadukan dengan kecepatan disainnya/idealnya

- *Quality Rate*

Proporsi dari suatu produk tanpa cacat yang telah dibuat/jumlah produksi secara keseluruhan..

2.3.3 Siapa yang menggunakan OEE

OEE diaplikasikan oleh industri manufaktur yang sedang berada dalam tekanan kompetisi yang besar untuk dapat memaksimumkan produksi dari ketidakadanya kesalahan dalam produksi. Banyak perusahaan telah menggunakan/menerapkan model untuk kesempurnaan seperti halnya WCW (World Class Manufacturing) dengan

program asosiasi seperti TPM (Total Productive Maintenance). Awalnya pada tahun-tahun ini banyak konsultan organisasi telah bergabung untuk mempromosikan standart ini, tetapi belum mendapatkan software/piranti lunaknya yang pas untuk mendukung pengaplikasian proses ini. Namun sekarang sudah banyak konsultan yang menemukan software/piranti lunaknya dalam pengaplikasianya, sehingga hasil yang didapat lebih baik.

2.3.4 Kenapa mempergunakan OEE

Kebanyakan perusahaan manufaktur mulai menerapkan standart ini untuk :

- Benchmarking/perbandingan

Pengukuran untuk kinerja yang aktual dan perbandingan dari setiap mesin, proses, dan produk.

- Hot Spotting/pengidentifikasi

Mengidentifikasi dari setiap dampak yang dapat mempengaruhi kinerja dan pengkategorian serta pemprioritasan.

- Problem Quantifying

Menganalisa setiap alasan penguluran waktu/down time dan perbandingan mesin, proses, dan produk.

- Improvement Justification

Analisa Return On Investment (ROI) untuk setiap peralatan manufaktur dan metode peningkatan.

2.3.5 Tujuan dan Keuntungan OEE

Tujuan dari pengukuran OEE adalah untuk meningkatkan efektivitas penggunaan peralatan. Sejak peralatan mempengaruhi *shopfloor employees* lebih dari grup yang lainnya, itu sangat mendorong mereka untuk terlibat didalam penerapan OEE dan pada perencanaan dan implementasi peningkatan peralatan untuk menekan kehilangan efektivitas. Maka dari itu mari lihat pada beberapa keuntungan dari pengukuran OEE untuk operator dan shift leaders atau para manager yang bersangkutan.

Banyak konsultan menganjurkan supaya setiap operator mengumpulkan data harian tentang penggunaan peralatan, sehingga saat perhitungan OEE, pengumpulan data ini akan :

- Mengajarkan operator tentang peralatan
- Memfokus perhatian operator pada kerugian
- Meningkatkan perasaan memiliki pada peralatan

Pemimpin bagian atau pemimpin yang bersangkutan adalah salah satu orang yang akan sering menerima data operasi harian dari operator dan kemudian memprosesnya untuk pengembangan operasi tentang OEE, sehingga bekerja dengan panduan data ini akan :

- Memberikan pimpinan/manager fakta dasar dan figur dari peralatan
- Membantu pimpinan/manager memberikan dorongan timbalbalik atau adanya feedback pada operator dan kepada mereka yang terlibat dalam peningkatan peralatan.
- Memberikan pimpinan untuk memelihara managemen tentang status peralatan dan hasil peningkatan.

2.3.6 The Six Big Losses

Salah satu dari tujuan utama TPM dan program OEE adalah untuk mengurangi dan menghilangkan apa yang disebut dengan "*The Six Big Losses*". Yang merupakan masalah umum dari hilangnya efisiensi pada proses manufakturnya. Tabel dibawah ini menunjukan "*The Six Big Losses*" dan menampilkan bagaimana hubungan mereka pada kategori OEE loss.

Tabel 2.1 The Six Big Losses

<i>The Six Big Losses</i>	
Loss Categories	The Six Big Losses
Downtime (lost availability)	Equipment failures Setup and adjustments
Speed losses (lost performance)	Idling and minor stoppages Reduced speed operation
Defect losses (lost quality)	Scrap and rework Startup losses

Sumber Data : OEE Toolkit Blom Consultancy 2003

Keterangan:

Down time

Down time menunjukan bahwa waktu dimana mesin seharusnya bekerja, tetapi ia tetap diam atau lamanya suatu unit tidak dapat menjalankan fungsinya sesuai dengan yang diharapkan. Downtime mesin dapat terjadi ketika unit mengalami masalah seperti : kerusakan yang dapat mengganggu performance secara keseluruhan termasuk kualitas produk yang dihasilkan atau kecepatan produksinya sehingga membutuhkan sejumlah waktu tertentu untuk mengembalikan fungsi tersebut pada kondisi semula. Down time

termasuk dari dua tipe utama kerugian yaitu *equipment failures* dan *setup and adjustment*.

Equipment Failures

Keadaan yang tiba-tiba dan tidak diharapkannya kerusakan peralatan atau breakdown yang mengakibatkan kerugian, sejak peralatan rusak atau macet berarti mesin tersebut tidak dapat memproduksi apapun juga.

Setup and Adjustments

Kebanyak setiap kali pergantian peralatan/mesin membutuhkan beberapa waktu lamanya untuk berhenti bekerja atau terhentinya mesin berjalan, jadi peralatan internal atau yang mendukung didalamnya dapat diganti. Waktu antara produksi terakhir dengan waktu selesai produksi disebut juga downtime. Downtime ini sering melibatkan waktu substansial untuk melakukan penyesuaian sampai mesin tersebut menerima kualitas dari suku cadang yang baru.

Speed Losses

Adanya kehilangan kecepatan berarti saat peralatan sedang berjalan, tetapi tidak berjalan sesuai dengan kecepatan maksimum yang diinginkan. Kehilangan kecepatan yang dialami ini termasuk dari 2 tipe utama kerugian yaitu : *idling and minor stoppages* dan *reduce speed operation*.

Idling and Minor Stoppages

Ketika mesin tidak berjalan atau bekerja dengan baik dan dengan kecepatan stabil, akan mengalami kehilangan kecepatan dan menghalangi kelancaran produksi. Pada kasus ini disebabkan bukan karena kesalahan teknis tetapi karena masalah kecil seperti : suku cadang menghalangi sensor atau terjebak ditempat lain/macet. Walaupun operator akan

dengan mudah membetulkan masalah itu, frekuensi penghentian akan secara dramatis mengurangi efektivitas dari peralatan.

Reduce Speed Operation

Pengurangan kecepatan operasi menunjukkan adanya perbedaan antara kecepatan operasi aktual dan kecepatan peralatan yang diinginkan/ideal. Pada saat ini sering terdapat halangan antara apa yang orang percaya yaitu kecepatan maksimum dan kecepatan maksimum aktual yang diharapkan. Tujuannya adalah untuk menghilangkan halangan antara kecepatan aktual dan kecepatan yang diharapkan.

Defect Losses

Kerugian akibat kerusakan terjadi karena peralatan memproduksi produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi kualitas karakteristik. Kerugian karena kerusakan ini melibatkan dua tipe utama kerugian : cacat dan pengulangan kerja serta dimana produksi tidak stabil pasa saat peralatan dinyalakan.

Scrap Rework

Scrap dan rework merupakan kerugian yang terjadi ketika produk tidak sesuai dengan spesifikasi kualitas yang ada, walaupun produk tersebut dapat dibuat ulang untuk dibetulkan atau diolah lebih baik lagi.

Startup Losses

Saat dimana produksi tidak stabil pada saat peralatan dinyalakan, jadi produk pertama tidak sesuai dengan spesifikasinya. Ini adalah suatu kerugian yang sangat besar, tapi sering kali dianggap yang tidak/tidak terelakan dan itu bisa saja berjumlah sangat besar.

Dengan demikian maka efektivitas penggunaan peralatan sangat tergantung dari 6 faktor diatas yang dapat dikategorikan sebagai 3 faktor utama yaitu *downtime*, *speed*

losses, dan *defect losses*. Adapun parameter efektivitas peralatan yang dipengaruhi oleh *downtime* adalah *availability*, parameter efektivitas peralatan yang dipengaruhi oleh *speed losses* adalah *performance* dan parameter efektivitas peralatan yang dipengaruhi oleh *defect* adalah *quality*.

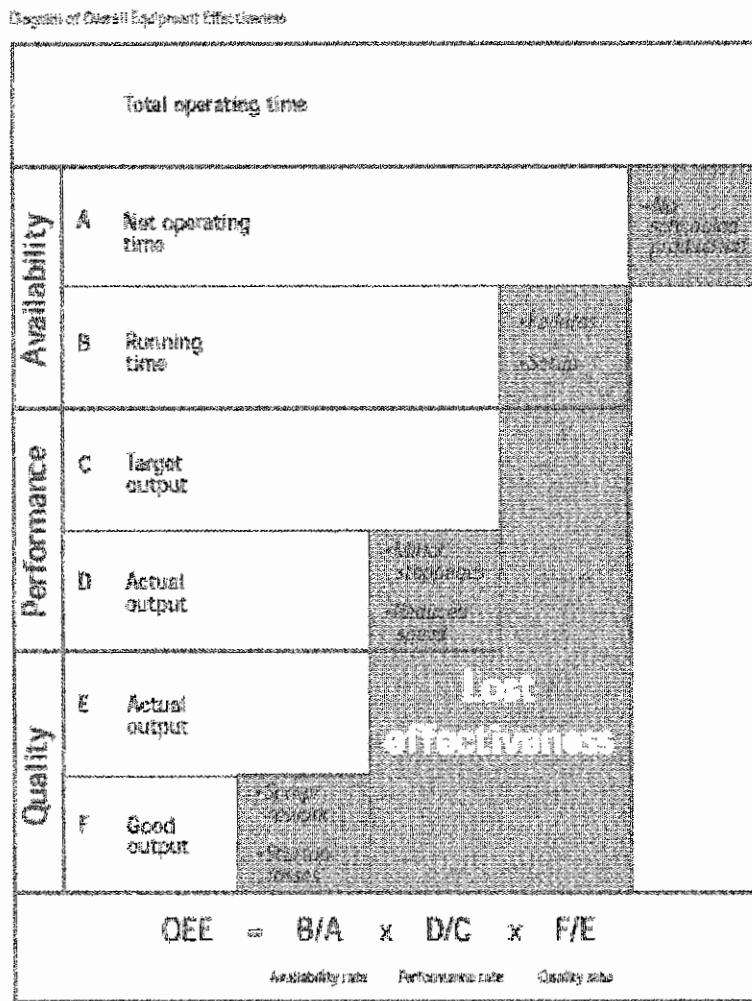
2.3.7 Elemen OEE

Tiga kategori utama dari kerugian yang saling berhubungan pada peralatan (*downtime*, *speed losses*, *defect*, dan *quality loss*), juga termasuk bagian utama untuk mendeterminasi overall equipment effectiveness. Overall equipment effectiveness dihitung dengan cara mengkombinasikan 3 faktor yang mencerminkan kerugian-kerugian tersebut ini : *Availability*, *Performance*, *Quality*.

- *The Availability*, adalah waktu kerja nyata peralatan berbanding dengan waktu yang mungkin dicapai saat berjalan. Availability yang rendah mencerminkan kerugian pada *downtime* : *Equipment failures, Setup and adjustments*
- *The Performance*, adalah jumlah/kuantitas produksi saat mesin berjalan berbanding dengan kuantitas potensial, memberikan kecepatan yang diharapkan pada peralatan. Performance yang rendah mencerminkan kerugian pada kecepatan : *Idling and minor stoppages, Reduce speed operation.*
- *The Quality*, adalah jumlah dari produk berbanding dengan total jumlah produk yang diproduksi. Tingkat kualitas yang rendah mencerminkan kecacatan : *Scrap and rework, Startup losses.*

2.3.7.1 Tabel OEE

Tabel 2.2 Diagram OEE



Sumber Data : OEE Toolkit Biom Consultancy 2003

Pada diagram tangga diatas menujukan secara grafik bagaimana kerugian pada availability, performance, dan quality bekerja sama untuk menekan efektivitas dari mesin secara keseluruhan. Balok bagian atas, total waktu operasi, menunjukan total waktu dari mesin saat ia siap untuk berproduksi. Ini biasanya dipertimbangkan untuk menjadi 480 menit per 8 jam shift.

Balok A dan B menunjukkan availability. Balok A menampilkan waktu operasi bersih/net operating time dimana itu adalah waktu yang tersedia untuk produksi setelah pengurangan down time yang direncanakan (tidak ada jadwal produksi). Seperti hari libur, tidak ada order, tidak ada personel.

Balok B menunjukkan waktu kerja aktual setelah pengurangan kerugian down time seperti equipment failures, setup and adjustments.

Balok C dan D menunjukkan performance. Bar C menunjukkan target output dari mesin saat waktu bekerja, terhitung pada kecepatan mesin yang diharapkan. Kemudian dibawahnya pada bagian balok pendek yang keempat, D, menunjukkan hasil aktual, menggambarkan kehilangan kecepatan seperti pada minor stoppages dan pengurangan kecepatan operasi.

Balok E dan F menujukan Quality. Seperti yang dapat kamu lihat, hasil aktual (E) berkurang karena defect losses seperti scrap dan startup losses, ditunjukan pada bagian yang abu-abu dari balok F.

Seperti yang sudah diagram tunjukan, balok bagian paling bawah yang menunjukan hasil produksi hanya berupa pecahan yang mungkin terjadi apabila kehilangan/ kerugian pada availability, performance, dan quality dikurangi. Pada diagram juga menyarankan untuk memaksimumkan efektivitas untuk meningkatkan hasil produksi. Pada balok terbawah anda harus mengurangi bukan hanya pada kualitas tetapi juga pada availability dan performance. Tiga faktor tersebut bekerja bersama, dan persentase terendah biasanya memerlukan konsentrasi yang lebih besar.

2.3.8 World Class OEE

Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada dasarnya merupakan suatu rasio dari waktu produksi penuh untuk waktu produksi terencana. Pada praktiknya OEE

dihitung sebagai produk dari 3 faktor kontribusi yaitu kombinasi antara availability, performance, dan quality.

Tipe perhitungan ini membuat beberapa test untuk OEE. Sebagai contoh, apabila semua 3 kontribusi adalah 90%, maka OEE keseluruhan akan menjadi 72.9%. Pada prakteknya, penerimaan umum dari OEE world class untuk setiap faktor berbeda satu sama lain. Seperti ditampilkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.3 World Class OEE

OEE Factor	World Class
Availability	90.0 %
Performance	95.0 %
Quality	99.9 %
Overall OEE	85.0 %

Sumber Data : OEE Toolkit Blom Consultancy 2002

Tentu saja, setiap pabrik berbeda. Sebagai contoh, apabila sebuah pabrik tertentu sudah mengaplikasikan sistem kerja six sigma quality, mungkin tidak akan puas dengan hasil performance dari tingkat kualitas yang sebesar 99.9 %.

Pendidikan diseluruh dunia telah mencoba untuk mengindikasikan tingkat rata-rata OEE pada sebuah pabrik adalah berkisar 60%. Seperti yang dapat dilihat pada tabel diatas world class OEE diharapkan untuk menjadi 85% atau lebih baik. Sebab itu disana terdapat ruang untuk peningkatan didalam manufaktur.

2.3.9 Perhitungan OEE

Seperti yang telah dijabarkan oleh world class OEE, perhitungan OEE didasarkan pada 3 faktor kontribusi yaitu *availability*, *performance*, dan *quality*. Adapun cara perhitungannya sebagai berikut :

$$\bullet \quad Availability = \frac{Running time}{Net operating time}$$

dimana ;

Running time = Waktu kerja actual setelah pengurangan kerugian downtime seperti : equipment failures dan setup and adjustments

Net Operating time = Waktu kerja yang tersedia untuk produksi setelah pengurangan downtime yang direncanakan.

$$\bullet \quad Performance = \frac{Target Output}{Actual Output}$$

dimana ;

Target Output = Target output dari mesin saat waktu bekerja, terhitung pada kecepatan mesin yang diharapkan.

Actual Output = Hasil actual dari mesin saat waktu bekerja, termasuk adanya kehilangan kecepatan seperti : minor stoppages dan pengurangan kecepatan operasi

$$\bullet \quad Quality = \frac{Good Output}{Actual Output}$$

dimana ;

Good Output = Jumlah output berkualitas

Actual Output = Jumlah actual hasil produksi

Kemudian untuk menghitung Overall Equipment Effectiveness (OEE), kita dapat langsung menggabungkan ketiga faktor tersebut :

$$OEE = Availability * Performance * Quality$$

2.4 Perbandingan 2 Metode diatas

Kedua metode diatas merupakan suatu alat untuk pemecahan masalah mengenai bagaimana untuk mencapai suatu efisiensi yang tinggi sehingga dapat memenuhi rencana produksi yang telah dibuat . Berikut dibawah ini ditampilkan perbandingan dua metode dengan melihat pada kelebihan dan kekurangannya :

Tabel 2.4 Perbandingan dua metode

	Line Balancing	Overall Equipment Effectiveness (OEE)
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> • Waktu operasi yang optimal/perbaikan waktu operasi mesin • Meminimisi waktu menganggur dan keseimbangan waktu senggang (balance delay) • Penyeimbangan beban kerja yang dialokasikan pada setiap stasiun kerja sehingga pekerjaan dapat selesai dalam waktu yang seimbang 	<ul style="list-style-type: none"> • Pengukuran untuk kinerja yang actual dari setiap mesin, proses, dan produk • Menganalisa setiap alas an penguluran waktu/down time dari setiap mesin • Pengukuran kinerja dengan tiga faktor utama yaitu availability, performance, dan quality
Kekurangan	<ul style="list-style-type: none"> • Lebih menitikberatkan pada waktu kerja/work element time pada tiap stasiun kerja 	<ul style="list-style-type: none"> • Hanya sebagai alat mengukur/pengukur kinerja dan efektivitas • Masih kurangnya informasi mengenai OEE sebagai alat pengukuran efektivitas penggunaan peralatan

Berdasarkan dari hasil uraian perbandingan diatas jelas kedua metode diatas memiliki kelebihan dan keuntungan masing-masing. Line balancing merupakan metode pencapaian efisiensi yang didasarkan pada waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap operasi/work elemen time, sehingga pekerjaan dapat selesai dalam waktu yang seimbang dan mencegah terjadinya bottle neck. Sedangkan OEE merupakan metode pencapaian efisiensi yang didasarkan pada equipment availability, performance efficiency, dan quality rate. Sehingga dapat diketahui bahwa pada line balancing hanya membahas atau lebih kepada availability work elemen time sedangkan OEE tidak hanya waktu tetapi juga tingkat produktivitas dan quality. Oleh karena itu pengukuran dengan OEE coba digunakan sebagai alat untuk pencapaian efisiensi yang tinggi juga upaya dalam pemenuhan rencana produksi yang dibuat.

2.5 Total Productive Maintenance (TPM)

Total Productive Maintenance (TPM) merupakan metode pemeliharaan peralatan yang dilaksanakan oleh semua karyawan melalui aktivitas kelompok kecil (*small group activities*) dan kegiatan mandiri. Pemeliharaan mandiri oleh karyawan adalah elemen penting dalam TPM. Seperti layaknya Total Quality maka TPM juga melibatkan seluruh bagian perusahaan mulai dari *top management* sampai tingkat tenaga kerja terbawah melalui kegiatan kelompok kecil. TPM juga bertujuan untuk memaksimalkan efisiensi peralatan melalui sistem terpadu untuk pemeliharaan preventif (penjagaan) guna memperpanjang usia hidup peralatan/mesin.

2.5.1 Sejarah TPM

Pada tahun 1950-an dunia industri mulai menerapkan metode preventive maintenance sebagai pengganti breakdown maintenance (corrective maintenance). Metode ini dikembangkan di amerika dan pada akhir 1950-an mulai diterapkan oleh industri jepang. Pada era 1960-an teknik pemeliharaan peralatan semakin berkembang dengan munculnya Productive Maintenance yang menggunakan dasar reliability dan maintainability engineering sehingga jadwal pemeliharaan dapat ditentukan dengan lebih akurat. Pada era ini dilahirkan pula metode pemeliharaan yang disebut predictive maintenance yaitu pemeliharaan yang menggunakan alat pengawas dan teknik analisa untuk mendiagnosa kondisi dari peralatan selama operasi untuk mencegah secara dini kerusakan mesin.

Pada awal era 1970-an dengan semakin berkembangnya industri di jepang maka mulai tumbuh suatu metode pemeliharaan baru yang disebut Total Productive Maintenance. TPM merupakan pengembangan dari Productive Maintenance dengan melibatkan partisipasi dari semua anggota perusahaan dari tingkat teratas hingga tingkat yang paling bawah.

2.5.2 Definisi TPM

Definisi dari Total Productive Maintenance secara lengkap mengandung 5 unsur yaitu :

1. TPM bertujuan untuk memaksimumkan efektivitas penggunaan peralatan secara keseluruhan.
2. TPM membangun sebuah sistem yang terperinci dari Productive Maintenance sepanjang rentang umur peralatan.

3. TPM diimplementasikan oleh berbagai departemen termasuk departemen produksi, maintenance dan R&D.
4. TPM melibatkan semua karyawan dari manajemen teratas sampai pekerja lapangan.
5. TPM merupakan pengembangan dari productive maintenance dengan menerapkan *autonomous small group activites*.

Kata ‘Total’ dalam TPM mengandung arti sebagai berikut

1. *Total Effectiveness* (mengacu pada point 1 di atas) menandakan bahwa TPM memiliki tujuan untuk mencapai keuntungan dan efisiensi secara ekonomis.
2. *Total Maintenance system* (point 2) termasuk didalamnya maintenance prevention, maintainability improvement dan preventive maintenance.
3. *Total Participation of all employees* (point 3, 4 dan 5) termasuk pemeliharaan yang dilaksanakan secara swatantra oleh operator melalui aktivitas kelompok kecil.

Prinsip pertama dari TPM yaitu efektivitas total juga terdapat dalam predictive dan productive maintenance. Prinsip yang kedua yaitu sistem pemeliharaan secara total adalah konsep yang telah terlebih dahulu diperkenalkan dalam era Productive Maintenance. Konsep ini membangun perencanaan pemeliharaan untuk seluruh waktu hidup peralatan dan termasuk didalamnya *maintenance prevention* (teknik design peralatan untuk meminimasi dan bahkan menghindari perlunya pemeliharaan pada suatu unit produksi) dan *maintainability improvement* (memperbaiki dan memodifikasi peralatan sehingga mengurangi kemungkinan timbulnya kerusakan serta memudahkan pelaksanaan pemeliharaan lebih lanjut). Sedangkan prinsip yang ketiga yaitu pemeliharaan swtantra oleh operator merupakan prinsip yang hanya dimiliki oleh TPM.