

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Teori Dasar

2.1.1. *Overall Equipment Effectiveness*

Overall Equipment Effectiveness memiliki tiga parameter penting, yaitu ketersediaan (*availability*), tingkat performansi (*performance rate*) dan tingkat kualitas (*quality rate*). Ketika terjadi kenaikan produksi diharapkan alat mesin yang dapat mengkonversi bahan mentah menjadi barang jadi dapat diandalkan. Keandalan tersebut termasuk ketersediaan mesin ketika terjadi kerusakan. Jika waktu rata-rata bernilai lebih besar itu menunjukkan bahwa performa mesin yang tersedia untuk beroperasi seperti yang diinginkan. Upaya yang harus dilakukan adalah mengurangi waktu rata-rata untuk memperbaiki dan meningkatkan kinerja. Untuk melakukannya memerlukan teknik analisis kegagalan data dan analisis sebab akibat. Data tersebut membantu kita menghitung tingkat ketersediaan (*availability*) peralatan produksi. (Relkar & Nandurkar, 2012)

Data tersebut digunakan untuk mencari waktu siklus ideal dan waktu siklus aktual ketika set up dan penyesuaian mesin, hasilnya didapatkan nilai tingkat performa (*performance rate*). Tingkat kualitas dapat diperoleh dari pengurangan produk cacat dari nilai total produksi. Jika tiga indikator telah

terpenuhi kita masukan dalam rumus *overall equipment effectiveness*, sebagai berikut : (Relkar & Nandurkar, 2012)

$$OEE = A \times PR \times QR \dots\dots\dots \text{(Rumus 2.1)}$$

$$Availability (A) = \frac{(Loading\ time - Downtime)}{Loading\ time} \times 100\% \dots\dots\dots \text{(Rumus 2.2)}$$

$$Performance\ Rate\ (PR) = \left[\frac{ideal\ cycle\ time}{actual\ cycle\ time} \right] \times \left[\frac{actual\ cycle\ time \times output}{operating\ time} \right] \times 100\% \dots\dots\dots \text{(Rumus 2.3)}$$

$$Quality\ Rate\ (QR) = \frac{(Processed\ amount - Defect\ amount)}{Processed\ amount} \times 100\% \dots\dots\dots \text{(Rumus 2.4)}$$

Availability merupakan suatu rasio yang menggambarkan pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin atau peralatan. *Availability* merupakan rasio dari *operation time*, dengan mengeliminasi *downtime* peralatan, terhadap *loadingtime*. *Performance efficiency* merupakan suatu ratio yang menggambarkan kemampuan dari peralatan dalam menghasilkan barang. Rasio ini merupakan hasil dari *Ideal cycle time* dan *Processed amount*. *Operation time* peralatan mengacu kepada perbedaan antara kecepatan ideal (berdasarkan desain peralatan) dan kecepatan operasi aktual. *Net Operation time* mengukur pemeliharaan dari suatu kecepatan selama periode tertentu. Dengan kata lain, ia mengukur apakah suatu operasi tetap stabil dalam periode selama peralatan beroperasi pada kecepatan rendah. Sedangkan *Rate of quality product* merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standar atau rasio jumlah produk yang baik terhadap jumlah total produk yang diproses. (Wahyudi, 2012)

Penjelasan langkah-langkah mencari nilai Availability (A) adalah sebagai berikut : (Rahayu, 2014)

1. *Total Available Time* = total jam mesin dapat beroperasi setiap bulan.....(Rumus 2.5)

2. *Loading Time* = *Total Available Time* - *Planned Maintenance Time*.....(Rumus 2.6)

3. *Operating Time* = *Loading Time* - *Downtime*.....(Rumus 2.7)

4. *Availability (operating rate)* = $\frac{\text{operating time}}{\text{loading time}} \times 100\%$(Rumus 2.8)

OEE adalah alat pengukuran kapabilitas mesin. Dimana indikator tersebut bertujuan untuk perbaikan. Data statistik yang dikumpulkan dari rantai produksi berguna untuk memberikan informasi guna mencapai perbaikan ke seluruh area. (Relkar & Nandurkar, 2012)

Ukuran OEE dianggap paling sesuai untuk semi otomatis dan proses pembuatan otomatis dan itu berasal dari industri semikonduktor yang sangat otomatis. Ini didefinisikan sebagai rasio antara waktu yang dihabiskan untuk memproduksi barang dengan kualitas yang disetujui sesuai jadwal waktu produksi (waktu pemuatan). Salah satu alasan utamanya karena OEE merupakan metode yang digunakan secara luas. Menurut para praktisi dan peneliti OEE merupakan alat yang sederhana, komprehensif dan mengukur efisiensi internal. Khususnya dalam memperbaiki masalah yang berhubungan dengan inisiatif perbaikan. (Hedman, Subramaniyan, & Almström, 2016)

Tujuan OEE adalah untuk mengevaluasi kemajuan dari filosofi *Total Productive Maintenance* (TPM) melalui pengukuran peralatan individu. Namun karena peningkatan penggunaannya dalam industri dan efektivitasnya sebagai ukuran kinerja untuk peralatan per unit, penelitian lebih lanjut berupaya untuk memperluas cakupan aplikasi OEE untuk seluruh proses atau pabrik. (Subiyanto, 2014)

Dimana ketersediaan didefinisikan sebagai rasio yang direncanakan waktu produksi dikurangi downtime (kerusakan dan *changeovers*) selama waktu produksi yang direncanakan. Kinerja efisiensi waktu siklus ideal adalah berapa kali jumlah produk diproduksi selama *runtime* yang sebenarnya. Rasio kualitas adalah rasio antara produk yang diterima dengan jumlah produk diproduksi. Ketiga faktor ini bertujuan untuk menggambarkan apa yang Nakajima sebut sebagai enam kerugian besar dalam kegiatan produksi. (Hedman et al., 2016)

1. Kehilangan akibat *downtime*:
 - a. Kegagalan peralatan dikategorikan sebagai kerugian waktu. Ketika produktivitas berkurang, dan kerugian kuantitas yang disebabkan oleh produk yang cacat.
 - b. Waktu penyelesaian penataan dan penyesuaian dari *downtime* dan produk cacat yang terjadi saat produksi satu item berakhir dan peralatannya disesuaikan untuk memenuhi persyaratan barang lain.
2. Kerugian akibat penurunan kecepatan:

- a. Pemutusan dan pemberhentian kecil terjadi saat produksi terganggu oleh kerusakan sementara atau saat mesin sedang mengalami penurunan kinerja.
 - b. Mengurangi kecepatan kerugian mengacu pada perbedaan antara kecepatan desain peralatan dan kecepatan operasi aktual.
3. Kerugian akibat kualitas:
- a. Penurunan hasil terjadi pada tahap awal produksi mulai dari mesin hingga stabilisasi.
 - b. Kualitas cacat dan pengerjaan ulang adalah kerugian dalam kualitas yang ditimbulkan

Dengan tidak berfungsinya peralatan produksi, akibatnya, kerugian *downtime* digunakan untuk menghitung faktor ketersediaan (*Availability*), kecepatan kerugian menentukan efisiensi kinerja peralatan (*Performance Rate*), dan kualitas kerugian dimasukkan untuk menghitung tingkat kualitas (*Quality Rate*). (Hedman et al., 2016)

Overall Equipment Effectiveness sendiri memiliki standarisasi yang menunjukkan persentase waktu produksi yang direncanakan benar-benar produktif. Nilai OEE 100% menunjukkan produksi yang sempurna yaitu kegiatan manufaktur yang hanya pada bagian terbaik, cepat, tanpa *downtime*. Nilai OEE 85% dianggap sebagai *standart* manufaktur kelas dunia. Untuk beberapa perusahaan nilai tersebut sangat cocok untuk tujuan jangka panjang. Nilai OEE 60% merupakan nilai tipikal untuk perusahaan manufaktur, tapi menunjukkan juga bahwa masih banyak hal yang harus diperbaiki. Nilai 40% merupakan nilai yang

rendah namun banyak dimiliki perusahaan manufaktur yang baru mulai meningkatkan kinerja manufakturnya. (Herdiwan & Widyanesti, 2014)

Berikut adalah standart OEE :



Gambar 2.1 Perbandingan nilai OEE (Herdiwan & Widyanesti, 2014)

2.1.2. *Maintenance* (Pemeliharaan)

Pemeliharaan adalah suatu kombinasi dari setiap tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau untuk memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima. Pada dasarnya, hasil yang diharapkan dari kegiatan pemeliharaan mesin/ peralatan mencakup dua hal sebagai berikut:

1. *Condition maintenance* yaitu mempertahankan kondisi mesin/ peralatan agar berfungsi dengan baik sehingga komponen-komponen yang terdapat dalam mesin juga berfungsi sesuai dengan umur ekonomisnya.
2. *Replacement Maintenance* yaitu melakukan tindakan perbaikan dan penggantian komponen mesin tepat pada waktunya sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan sebelum kerusakan terjadi.

Maintenance dilakukan untuk menjaga sistem dan semua komponen di dalamnya untuk mampu bekerja dengan baik. Semakin sering pemeliharaan dilakukan maka akan semakin meningkatkan biaya pemeliharaan. Namun di sisi lain jika pemeliharaan tidak dilakukan akan mengurangi performa kerja mesin. Maka dari itu perlu dicari pola pemeliharaan kombinasi antara biaya perawatan dan biaya kerusakan pada tingkat biaya total yang paling minimum. Pada kondisi biaya kombinasi yang terendah inilah keputusan pemeliharaan dipilih sehingga dapat mengoptimalkan semua sumber daya yang ada. (Rahayu, 2014)

Adapun tujuan pemeliharaan yang utama menurut antara lain:

1. Untuk memperpanjang usia kegunaan asset yaitu setiap bagian dari suatu tempat kerja, bangunan dan isinya.
2. Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi dan mendapatkan laba investasi yang maksimum.
3. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.
4. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu, misalnya unit cadangan, unit pemadam kebakaran dan penyelamatan dan sebagainya.

Disamping itu, telah membagi jenis pemeliharaan secara umum, antara lain :
(Rahayu, 2014)

1. Pemeliharaan Terencana (*Planned Maintenance*)

Pemeliharaan Terencana adalah pemeliharaan yang diorganisasi dan dilakukan dengan pemikiran ke masa depan, pengendalian dan peralatan

sesuai dengan yang telah ditentukan sebelumnya. Pemeliharaan terencana terdiri dari tiga macam :

a. *Preventive Maintenance* (pemeliharaan pencegahan)

Preventive maintenance adalah pemeliharaan yang dilakukan pada selang waktu yang ditentukan sebelumnya, atau terhadap kriteria lain yang diuraikan dan dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan bagian-bagian lain tidak memenuhi kondisi yang bisa diterima. Ruang lingkup pekerjaan *preventive* termasuk inspeksi, perbaikan kecil, pelumasan dan penyetelan, sehingga peralatan atau mesin-mesin selama beroperasi terhindar dari kerusakan.

b. *Corrective Maintenance* (pemeliharaan perbaikan)

Corrective Maintenance (pemeliharaan perbaikan) adalah pemeliharaan yang dilakukan untuk memperbaiki suatu bagian termasuk penyetelan dan reparasi yang telah terhenti untuk memenuhi kondisi yang bisa diterima. Pemeliharaan ini bertujuan untuk mengubah mesin sehingga operator yang menggunakan mesin tersebut menjadi lebih mudah dan dapat memperkecil *breakdown* mesin.

c. *Predictive Maintenance* (pemeliharaan pencegahan)

Predictive maintenance adalah pemeliharaan pencegahan yang diarahkan untuk mencegah kegagalan (*failure*) suatu sarana, dan dilaksanakan dengan memeriksa mesin-mesin tersebut pada selang

waktu yang teratur dan ditentukan sebelumnya, pelaksanaan tingkat reparasi selanjutnya tergantung pada apa yang ditemukan selama pemeriksaan. Bentuk pemeliharaan ini berupa penggantian komponen pada waktu yang sudah ditentukan sebelum terjadi kerusakan, baik berupa kerusakan total ataupun titik dimana pengurangan mutu telah menyebabkan mesin bekerja di bawah standar yang ditetapkan oleh pemakainya.

2. Pemeliharaan Tak Terencana (*Unplanned Maintenance*)

Pada pemeliharaan tak terencana hanya ada satu jenis pemeliharaan yang dapat dilakukan yaitu *emergency maintenance*. *Emergency maintenance* adalah pemeliharaan yang dilakukan seketika ketika mesin mengalami kerusakan yang tidak terdeteksi sebelumnya.

Adanya berbagai jenis pemeliharaan di atas diharapkan dapat menjadi alternatif untuk melakukan pemeliharaan sesuai dengan kondisi yang dialami di perusahaan. Pemeliharaan yang baik adalah pemeliharaan yang tidak mengganggu jadwal produksi atau dijadwalkan sebelum kerusakan mesin terjadi. Hal ini dilakukan agar tidak mengganggu produktivitas mesin. (Rahayu, 2014)

Perawatan mandiri (*autonomous maintenance*) adalah kegiatan yang dirancang untuk melibatkan operator dengan sasaran utama untuk mengembangkan pola hubungan antara manusia, mesin dan tempat kerja yang

bermutu. Perawatan mandiri ini juga dirancang untuk melibatkan operator dalam merawat mesinnya sendiri. Kegiatan tersebut, seperti pembersihan, pelumasan, pengencangan mur/ baut, pengecekan harian, pendeteksian penyimpangan dan reparasi sederhana. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengembangkan operator yang mampu mendeteksi berbagai sinyak dari kerugian (*loss*). Selain itu juga bertujuan menciptakan tempat kerja yang rapi dan bersih, sehingga penyimpangan dari kondisi normal dapat dideteksi dalam waktu sekejap. (Rahayu, 2014)

2.1.3 Efektivitas

Efektivitas berasal dari kata efektif yang mengandung pengertian yaitu suatu tujuan yang telah direncanakan sebelumnya dapat tercapai atau dengan kata sasaran tercapai karena adanya proses kegiatan. Jadi efektivitas mengarah pada pencapaian target yang berkaitan dengan kualitas, kuantitas dan waktu. (Alvira, Helianty, & Prassetiyo, 2015)

Efektivitas adalah derajat pencapaian tujuan dari sistem yang diukur dengan perbandingan atau rasio dari keluaran (output aktual) yang dicapai dengan keluaran (output) standar yang diharapkan. (Rahmadhani, Taroepratjeka, & Fitria, 2014)

2.1.4. Diagram Sebab Akibat (*Fishbone*)

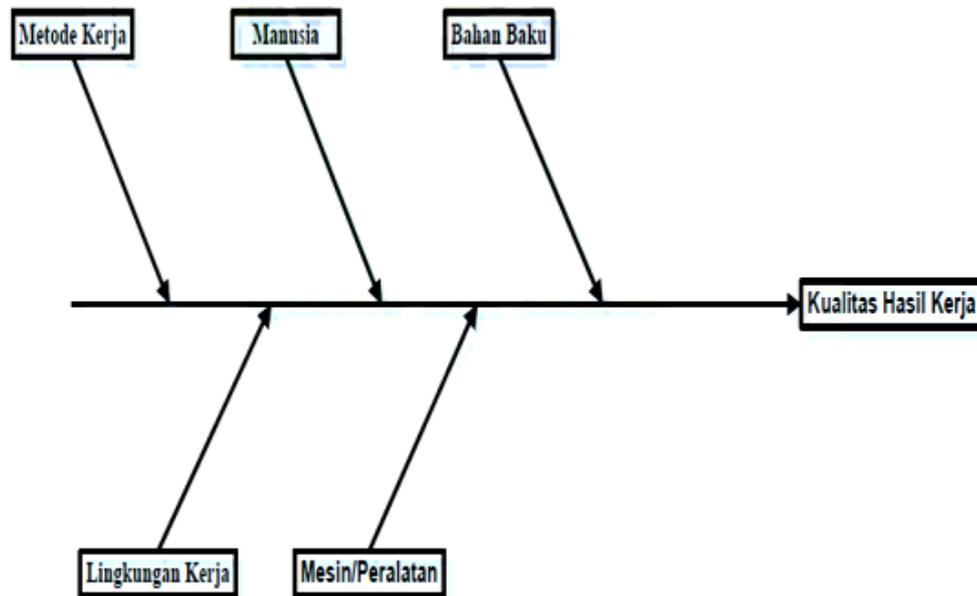
Diagram sebab akibat adalah gambar pengubahan dari garis dan simbol yang didesain untuk mewakili hubungan yang bermakna antara akibat dan penyebabnya. Dikembangkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa pada tahun 1943 dan terkadang dikenal dengan diagram Ishikawa. Diagram sebab akibat adalah suatu pendekatan terstruktur yang memungkinkan analisis yang lebih terperinci untuk menemukan penyebab-penyebab suatu masalah, ketidaksesuaian dan kesenjangan yang ada. Diagram sebab akibat dapat digunakan apabila pertemuan diskusi dengan menggunakan *brainstorming* untuk mengidentifikasi mengapa suatu masalah terjadi, diperlukan analisis lebih terperinci dari suatu masalah dan terdapat kesulitan untuk memisahkan penyebab dan akibat. Untuk mencari faktor-faktor penyebab terjadinya penyimpangan kualitas hasil kerja maka orang akan selalu mendapatkan bahwa lima faktor penyebab utama signifikan yang perlu diperhatikan, yaitu: (Rahayu, 2014)

1. Manusia (*Man*)
2. Metode Kerja (*Work Method*)
3. Mesin/Peralatan Kerja Lainnya (*Machine/Equipment*)
4. Bahan Baku (*Raw Material*)
5. Lingkungan Kerja (*Work Environment*)

Cause and effect diagram seperti pada Gambar 1 dapat digunakan untuk hal-hal berikut:

1. Untuk menyimpulkan sebab-sebab variasi dalam proses

2. Untuk mengidentifikasi kategori dan sub-kategori sebab-sebab yang mempengaruhi karakteristik kualitas tertentu.



Gambar 2.2 Diagram Sebab Akibat (Rahayu, 2014)

2.1.5. Plastik

Plastik adalah salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah Karbon dan Hidrogen. Untuk membuat plastik, salah satu bahan baku yang sering digunakan adalah Naphta, yaitu bahan yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi atau gas alam. Sebagai gambaran, untuk

membuat 1 kg plastik memerlukan 1,75 kg minyak bumi , untuk memenuhi kebutuhan bahan bakunya maupun kebutuhan energi prosesnya. (Surono, 2013)

Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu *thermoplastic* dan *thermosetting*. *Thermoplastic* adalah bahan plastik yang jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan *thermosetting* adalah plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan cara dipanaskan.

Berdasarkan sifat kedua kelompok plastik di atas, thermoplastik adalah jenis yang memungkinkan untuk didaur ulang. Jenis plastik yang dapat didaur ulang diberi kode berupa nomor untuk memudahkan dalam mengidentifikasi dan penggunaannya.

Tabel 2.1. Jenis Plastik serta penggunaannya. (Surono, 2013)

No	Jenis Plastik	Penggunaan
1	PET (polyethylene terephthalate)	botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, jus, botol sambal, botol obat, dan botol kosmetik
2	HDPE (High-density Polyethylene)	botol obat, botol susu cair, jerigen pelumas, dan botol kosmetik
3	PVC (Polyvinyl Chloride)	pipa selang air, pipa bangunan, mainan, taplak meja dari plastik, botol shampo, dan botol sambal.
4	LDPE (Low-density Polyethylene)	kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, dan berbagai macam plastik tipis lainnya
5	PP (Polypropylene atau Polypropene)	cup plastik, tutup botol dari plastik, mainan anak, dan margarine
6	PS (Polystyrene)	kotak CD, sendok dan garpu plastik, gelas plastik, atau tempat makanan dari styrofoam, dan tempat makan plastik transparan
7	Other (O), jenis plastik lainnya selain dari no.1 hingga 6	botol susu bayi, plastik kemasan, gallon air minum, suku cadang mobil, alat-alat rumah tangga, komputer, alat-alat elektronik, sikat gigi, dan mainan lego

Pengetahuan sifat thermal dari berbagai jenis plastik sangat penting dalam proses pembuatan dan daur ulang plastik. Sifat-sifat thermal yang penting adalah titik lebur (T_m), temperatur transisi (T_g) dan temperatur dekomposisi. Temperatur transisi adalah temperatur di mana plastik mengalami perengangan struktur sehingga terjadi perubahan dari kondisi kaku menjadi lebih fleksibel. Di atas titik lebur, plastik mengalami pembesaran volume sehingga molekul bergerak lebih bebas yang ditandai dengan peningkatan kelenturannya. Temperatur lebur adalah temperatur di mana plastik mulai melunak dan berubah menjadi cair. Temperatur dekomposisi merupakan batasan dari proses pencairan. Jika suhu dinaikkan di atas temperatur lebur, plastik akan mudah mengalir dan struktur akan mengalami dekomposisi. Dekomposisi terjadi karena energi thermal melampaui energi yang mengikat rantai molekul. Secara umum polimer akan mengalami dekomposisi pada suhu di atas 1,5 kali dari temperatur transisinya. (Surono, 2013)

2.2. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

Penelitian yang dilakukan oleh Anand S. Relkar *and* Dr. K. N. Nandurkar tahun 2012 yang berjudul "*Optimizing and Analysing Overall Equipment Effectiveness (OEE) Through Design of Experiments (DOE)*". Penelitian tersebut bertujuan untuk mengoptimasi dan menganalisis OEE menggunakan desain percobaan. Hasil yang didapatkan adalah OEE merupakan alat pengukuran yang sangat penting dan efektif untuk berbagai macam peralatan. OEE juga dapat

diprediksi menggunakan DOE. Untuk mencapai OEE sebesar 72,41% diperlukan nilai *Availability* sebesar 95%, *Performance Rate* 77% dan *Quality of Rate* 99%.

Richard Hedman, Mukund Subramaniyan, and Peter Almström tahun 2016 dengan judul "*Analysis of critical factors for automatic measurement of OEE*". Penelitian tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi faktor penting dan potensi kesalahan ketika mengoperasikan mesin otomatis menggunakan metode OEE. Hasil penelitian tersebut yaitu diperoleh nilai rata-rata OEE sebesar 65%, selain itu 90% *stop time* memiliki hubungan langsung terhadap aktivitas pendukung seperti operator.

Andita Rahayu tahun 2014 dengan judul "Evaluasi Efektivitas Mesin Kiln Dengan Penerapan *Total Productive Maintenance* Pada Pabrik II/III PT Semen Padang". Penelitian tersebut menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan *Six Big Losses* untuk membandingkan kinerja antara kedua mesin Kiln dengan penerapan *Total Productive Maintenance*. Hasilnya dapat *disimpulkan* bahwa nilai rata-rata *performance efficiency* kedua mesin ini hampir sama, yaitu berkisar antara 91% dan 92%. Bila dilakukan analisa OEE *Six Big Losses*, maka yang menjadi penyebab rendahnya OEE pada mesin kiln ini adalah waktu kerusakan mesin yang tergolong dalam frekuensi sering. Hal ini juga berimbas pada penurunan kecepatan kerja mesin kiln.

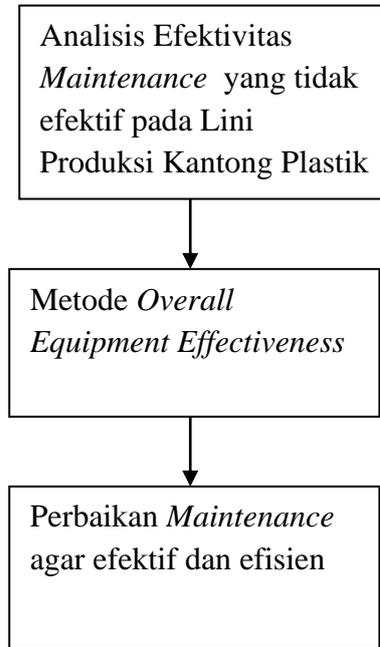
Penelitian yang dilakukan oleh Chandrajit P. Ahire and Anand S. Relkar tahun 2012 dengan judul "*Correlating Failure Mode Effect Analyse (FMEA) & Overall Equipment Effectiveness (OEE)*". Tujuan diadakannya penelitian tersebut adalah

usaha meningkatkan produktivitas dengan menggunakan tools *Failure Mode Effect Analyse* (FMEA) dengan metode OEE. Hasil dari penelitian tersebut yaitu dari ketiga faktor OEE (*Availability*, *Performance Rate* dan *Rate of Quality*) hanya *Availability* yang menghasilkan hubungan yang positif, dan sisanya negatif. Dapat disimpulkan bahwa rendahnya RPN memberikan hasil OEE yang tinggi.

Rahmad, Pratikto dan Slamet Wahyudi dengan judul "Penerapan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dalam Implementasi *Total Productive Maintenance* (TPM). Tujuan penelitian ini adalah mengukur kinerja mesin giling dan menjaga agar tidak terjadi kemerosotan bauk dari segi kualitas maupun kuantitas. Metode yang digunakan yaitu OEE sebagai dasar melakukan kegiatan implementasi TPM. Hasil dari penelitian tersebut adalah ditemukannya faktor yang memberikan kontribusi terbesar penyebab rendahnya efektivitas mesin yaitu *faktor breakdown loss* dan *reduced speed loss* dibandingkan dengan faktor-faktor yang lain.

Dari hasil pemaparan secara teoritis beberapa penelitian diatas dan hasil studi di lapangan, metode yang digunakan penulis dalam menganalisis efektivitas kegiatan *maintenance* adalah *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).

2.3. Kerangka Pemikiran



Gambar 2.3 Model Kerangka Pemikiran