

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab kedua mengenai dasar teori ini akan dipaparkan mengenai teori-teori yang dipergunakan dalam penelitian ini. Dasar teori tersebut meliputi teori mengenai *Mixing Machine Type B*, Sistem Manajemen Pemeliharaan, *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*, *Six Big Losses*, Diagram *Pareto* dan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*.

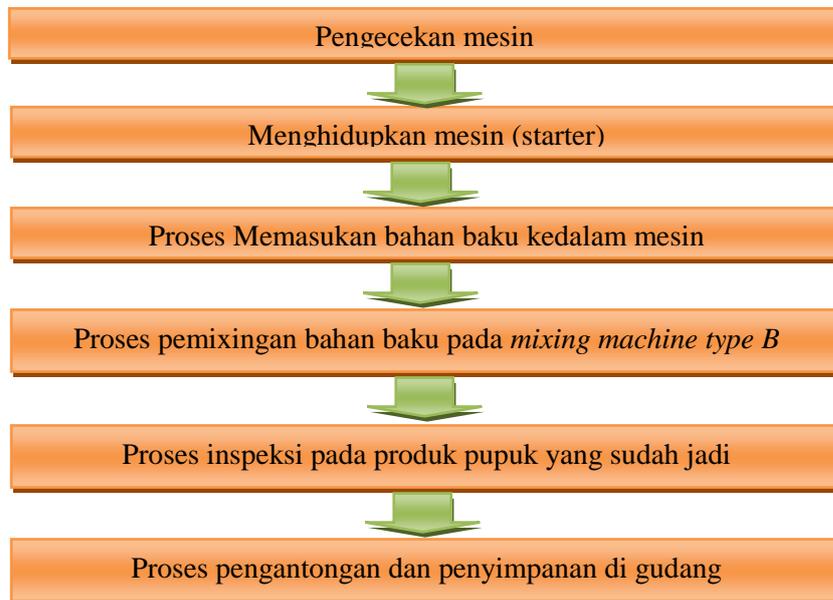
2.1 *Mixing Machine Type B*

PT. Hanampi Sejahtera Kahuripan merupakan perusahaan dibidang manufaktur produksi pupuk urea terkendali dan pupuk kompon. Perusahaan yang didirikan di Gresik ini merupakan satu-satunya perusahaan di Indonesia yang membuat produk pupuk urea terkendali yang bertempat di Beta Maspion Block 1 Kawasan Industri Maspion manyar gresik. Secara singkat sistem produksi perusahaan tersebut adalah *input (memasukan bahan baku)*, *transformasi (percampuran bahan baku)*, *output (pupuk urea terkendali dan pupuk kompon)*. Setelah itu di *packing* kemudian diangkut menggunakan *forklift* dan disimpan di gudang atau didistribusikan menggunakan truk sesuai *order* yang konsumen pesan melalui manajer pemasaran.

Dalam melakukan setiap proses produksi dibutuhkan beberapa mesin untuk menghasilkan produk pupuk urea terkendali dan pupuk kompon. Mesin – mesin yang digunakan dalam proses produksi (*transformasi*) pada perusahaan tersebut adalah 2 mesin produksi pupuk kompon (*mixing type A*), 3 mesin produksi pupuk urea terkendali (*mixing machine type B*). Sesuai objek penelitian dalam skripsi ini, penulis akan menjabarkan proses dan *spare part* pada mesin produksi pupuk urea terkendali (*mixing machine type B*).

Ada 3 mesin produksi di pupuk urea terkendali yang dimiliki oleh PT. Hanampi Sejahtera Kahuripan, diantaranya mesin yang memproduksi pupuk urea terkendali yaitu UTK-02, UTK-03 dan UTK-06. Proses produksi mesin – mesin tersebut memiliki tahapan yang sama pada produksi pupuk urea terkendali tetapi

memiliki ketahanan komponen yang berbeda. Berikut *flow proses* produksi pupuk urea terkedali (*mixing machine type B*) yang dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 *Flow proses* Produksi *Mixing Machine Type B*.

(Sumber : PT. Hanampi Sejahtera Kahuripan)

2.1.1 Pengecekan Mesin

Proses pengecekan mesin ini dilakukan sebelum mesin dinyalakan agar ketika mesin dihidupkan dan beraktifitas tidak mengalami problem atau kerusakan.

2.1.2 Menghidupkan Mesin (Starter)

Menghidupkan mesin dilakukan setelah proses pengecekan mesin yang sudah dipastikan sesuai setingnya dan kesiapan mesin untuk melakukan aktifitas produksi.

2.1.3 Memasukan Bahan Baku Kedalam Mesin

Setelah mesin dihidupkan dilakukan pengecekan terhadap bahan baku lalu memasukanya kedalam mesin untuk melakukan proses selanjutnya.

2.1.4 Proses Pemixingan Bahan Baku kedalam Mixing machine type B

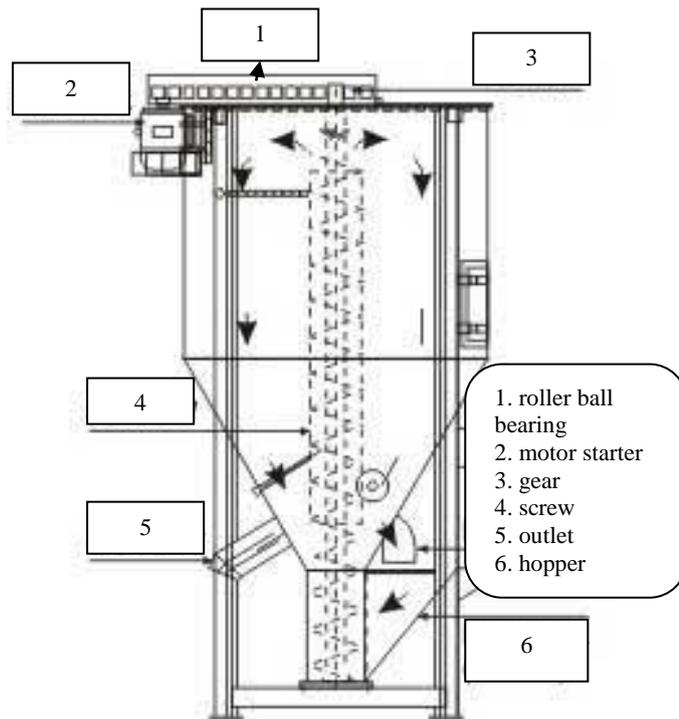
Bahan baku yang sudah dimasukkan kedalam mesin kemudian dilakukan pemixingan antara bahan baku pupuk urea dan belerang. Proses ini dilakukan karena salah satu proses terpenting dari pembuatan pupuk urea terkendali.

2.1.5 Proses Inspeksi Pada Produk Pupuk Yang Sudah Jadi

Setelah melakukan proses terpenting yakni proses pemixingan. Maka proses selanjutnya adalah proses pengecekan produk jadi yang menjadi produk utama perusahaan PT. Hanampi Sejahtera Kahuripan yaitu pupuk urea terkendali.

2.1.6 Proses Pengantongan Dan Penyimpanan Digudang

Proses yang terakhir adalah pengantongan, setelah di inspeksi produk pupuk yang baik akan di kantong ke dalam kantong sak yang berkapasitas 25 kg dan di setapel diatas palet setelah itu didistribusikan sesuai pesanan ataupun disimpan ke dalam gudang. Adapun jenis kerusakan pada *Mixing Machine Type B* berada pada komponen – komponennya Berikut gambar mesin beserta nama kerusakan komponennya dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Mesin dan Jenis Kerusakan pada *Mixing Machine Type B*
(Sumber : PT. Hanampi Sejahtera Kahuripan)

2.2 Sistem Manajemen Pemeliharaan

perkembangan manajemen peralatan memiliki persepsi dasar dari fungsi – fungsi pemeliharaan mengalami perkembangan dalam tiga dekade terakhir. Persepsi pemeliharaan secara tradisional adalah untuk memperbaiki komponen peralatan yang rusak. Sehingga dengan demikian kegiatan pemeliharaan terbatas menjadi pada tugas – tugas reaktif untuk tindakan perbaikan atau penggantian komponen peralatan. Pendekatan ini dengan demikian lebih dikenal dengan pemeliharaan reaktif (*reactive maintenance*) tindakan perbaikan atau penggantian komponen peralatan.

Pandangan yang lebih baru mengenai pemeliharaan didefinisikan sebagai: "Semua kegiatan yang ditujukan untuk menjaga suatu item dalam, atau mengembalikannya ke keadaan fisik yang dianggap perlu untuk memenuhi fungsi produksi". Lingkup tampilan yang lebih besar ini juga termasuk tugas proaktif seperti perawatan rutin dan inspeksi berkala (*routine servicing and periodic inspection*), penggantian pencegahan (*preventive replacement*), dan pemantauan kondisi (*condition monitoring*). Untuk menghasilkan produk pada tingkat

kuantitas dan kualitas yang dibutuhkan. Dukungan ini harus dilakukan secara aman dan efektif (Pintelon & gelders (1992) dalam Oktaria, (2011)). Maintenance Engineering society of Australia (MESA) menjabarkan perpektif yang lebih luas dari prliharan dan mendefisinikan fungsi pemeliharaan sebagai: “rekayasa keputusan dan tindakan terkait yang diperluas dan cukup untuk mengoptimalkan kemampuan khusus. Kemampuan dpat didefinisikan untuk melakukan tindakan tertentu dalam berbagai tingkat kinerja karakteristik kemampuan meliputi fungsi, kapasitas, kecepatan, kualitas dan respon.

Ruang lingkup manajemen pemeliharaan mencakup setiap tahap dalam siklus hidup system teknis (pabrik, mesin, dan fasilitas), spesifikasi, perencanaan oprasi, evaluasi kinerja, perbaikan dan pembuangan. Dalam konteks yang lebih luas, fungsi pemeliharaan juga dikenal sebagai manajemen asset fisik.

Menurut Heizer & Render (2011) dalam Oktaria (2011)) kegiatan pemeliharaan yang dilakukan pada suatu pabrik dapat dibedakan atas dua jenis, yaitu *Preventive Maintenance* dan *Breakdown Maintenance*.

2.2.1 Preventive Maintenance

Menurut Heizer (2001:704) dalam Oktaria (2011) adalah “*A plan that involves routine inspections, servicing, and keeping facilities in good repair to prevent failure*”.

Artinya: *Preventive Maintenance* adalah sebuah perencanaan yang memerlukan inspeksi rutin, pemeliharaan dan menjaga agar fasilitas dalam keadaan bagus sehingga tidak terjadi kerusakan dimasa yang akan datang.

Menurut Ansori & Mustajib (2013) *Preventive Maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang menyebabkan fasilitas produksi menjadi kerusakan pada saat digunakan dalam produksi.

Menurut Tampubolon (2004:250) dalam Oktaria (2011) pereventive maintenance adalah “kegiatan pemeliharaan atau perawatan untuk mencegah terjadinya kerusakan yang tidak terduga, yang menyebabkan

fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi.

2.2.2 Breakdown Maintenance

Menurut Heizer (2001:704) dalam Oktaria (2011) *Breakdown Maintenance* adalah “*Remedial maintenance that occurs when equipment fails and must be repaired and emergency or priority basis*”.

Artinya: *Breakdown Maintenance* adalah pemeliharaan ulang yang terjadi akibat peralatan yang rusak dan harus segera diperbaiki karena keadaan darurat atau karena merupakan sebuah prioritas utama.

Menurut Tampubolon (2004:251) dalam Oktaria (2011) Pemeliharaan korektif (*Breakdown Maintenance*) adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan atau terjadinya karena kelainan yang terjadi pada fasilitas atau peralatan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik.

Menurut Ansori & Mustajib (2013) *Breakdown Maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan pada peralatan tidak dapat berfungsi dengan baik.

Dari beberapa pendapat diatas dapat disimpulkan bahwa pemeliharaan korektif (*Breakdown Maintenance*) merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan apabila peralatan atau fasilitas produksi mengalami kerusakan atau hasil produk tidak sesuai rencana. Sekilas dapat dilihat bahwa kegiatan *Breakdown Maintenance* jauh lebih murah biayanya dibandingkan *Preventive Maintenance*. Karena pemeliharaan korektif dilakukan apabila terjadi kerusakan sewaktu – waktu pada peralatan atau fasilitas produksi. Tetapi apabila kerusakan terjadi pada peralatan atau fasilitas produksi selama proses produksi berlangsung, maka harus dilakukan kebijakan pemeliharaan pencegahan untuk mencegah terjadinya kerusakan ketika proses produksi berlangsung. Sehingga dalam hal ini perusahaan perlu mempertimbangkan tentang kebijakan yang dilakukan dalam perawatan fasilitas atau peralatannya sehingga efisiensi dalam perawatan dapat terpenuhi.

2.3 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Performansi sebuah mesin dapat dihitung dengan menghitung nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang merupakan pengukuran *total* terhadap *performance* yang berhubungan dengan *availability* dari proses produktivitas dan kualitas. Pengukuran OEE menunjukkan seberapa baik perusahaan menggunakan sumber daya yang dimiliki termasuk peralatan, pekerja dan kemampuan untuk memuaskan konsumen dalam hal pengiriman yang sesuai dengan spesifikasi kualitas menurut konsumen. Menurut Nakajima (1989) dalam Ljungberg (1998) dalam Al-Ghofari, dkk (2012) *Total Productive Maintenance* (TPM) tergantung kepada tiga konsep:

1. Memaksimalkan penggunaan peralatan secara efektif.
2. Perawatan secara otomatis oleh operator.
3. Kelompok aktivitas kecil.

Dengan konteks ini OEE dapat dianggap sebagai proses mengkombinasikan manajemen operasi dan pemeliharaan serta sumber daya. TPM memiliki dua tujuan yaitu tanpa interupsi kerusakan mesin (*zero breakdown*) dan tanpa kerusakan produk (*zero defect*). Dengan pengurangan kedua hal tersebut diatas, tingkat penggunaan peralatan operasi akan meningkatkan biaya dan pesediaan akan berkurang. Tentu saja dibutuhkan proses untuk mencapai hal tersebut bahkan membutuhkan waktu yang menurut Nakajima berkisar tiga tahun tergantung besarnya perusahaan. Sebagai langkah awal, perusahaan perlu untuk menetapkan anggaran untuk perbaikan kondisi mesin, melatih karyawan mengenai peralatan dan permesinan. Biaya yang dikeluarkan tergantung pada kualitas awal peralatan dan keahlian dari staf pemeliharaan.

2.3.1 Definisi Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Menurut Nakajima (1988) dalam Triwardani, dkk (2013) pengertian *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah suatu metode pengukuran tingkat efektifitas pemakaian suatu peralatan atau sistem dengan mengikutsertakan beberapa sudut pandang dalam proses perhitungan tersebut.

Sedangkan menurut Rizkia (2015) *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) merupakan suatu pengukuran efektivitas pemakaian suatu mesin/peralatan dengan menghitung ketersediaan mesin, performansi dan kualitas produk yang dihasilkan.

OEE bukan hal baru dalam dunia industri dan manufaktur, teknik pengukurannya sudah dipelajari dalam beberapa tahun dengan tujuan penyempurnaan penghitungan. Tingkat keakuratan OEE dalam pengukuran efektivitas memberikan kesempatan kepada semua usaha perbaikan terhadap proses itu sendiri.

2.3.2 Tujuan Implementasi *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

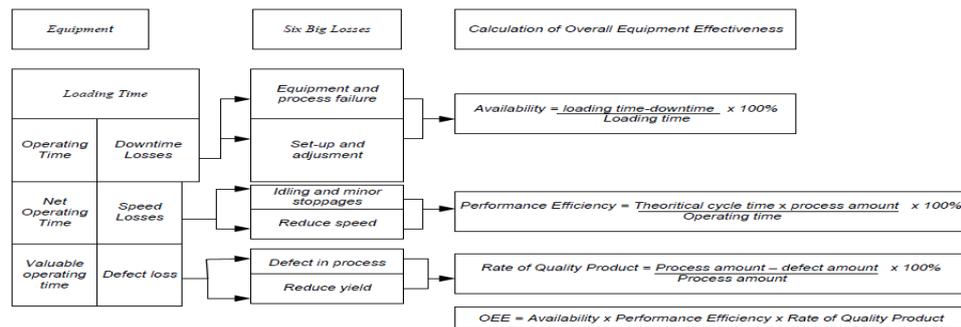
Menurut Nakajima (1988) dalam Oktaria (2011) penggunaan OEE sebagai *performance indicator*, mengambil periode basis waktu tertentu, seperti : *shifly*, harian, mingguan, bulanan, maupun tahunan. Pengukuran OEE lebih efektif digunakan pada suatu peralatan produksi. OEE dapat digunakan dalam beberapa jenis tingkatan pada sebuah lingkungan perusahaan.

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 mengidentifikasi fokus dari sumber daya TPM.

2.3.3 Perhitungan Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Menurut Nakajima (1998) dalam Oktaria (2011) *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah perhitungan yang digunakan untuk menentukan tingkat efektivitas peralatan. Dengan metode ini TPM berusaha untuk memaksimalkan *output* dengan mempertahankan kondisi operasi yang ideal dan peralatan/mesin berjalan dengan efektif. Sebuah peralatan yang

mengalami *breakdown*, penurunan kecepatan dan menghasilkan produk cacat maka peralatan/mesin tidak beroperasi secara efektif. Untuk mencapai *Overall Equipment effectiveness*, maka langkah yang pertama adalah menghilangkan *six big losses* (enam kerugian besar) yang merupakan penghalang dalam efektivitas peralatan. Berikut prosedur perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* yang ditunjukkan pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Tahap Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)
(Sumber: Nakajima, (1988) dalam Oktaria, (2011))

2.3.3.1 Availability

Menurut Nakajima (1988) dalam Irsan (2015) *availability* merupakan rasio *operation time* terhadap waktu *loading time*-nya sehingga untuk menghitung *availability* mesin dibutuhkan nilai dari:

- Waktu kerja
- Loading time*
- Downtime*

Nilai *availability* dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Availability = \frac{Loading\ time - Downtime}{Loading\ time} \times 100\%$$

$$Availability = \frac{Operation\ time}{Loading\ time} \times 100\% \dots\dots\dots (2.1)$$

Loading time adalah waktu yang tersedia (*availability*) per hari atau per bulan dikurangi dengan waktu *downtime* mesin yang direncanakan (*planned downtime*).

$$Loading\ time = Total\ availability - Planned\ downtime$$

Planned downtime adalah jumlah waktu *downtime* mesin untuk pemeliharaan (*scheduled maintenance*) atau kegiatan manajemen lainnya.

Operation time merupakan hasil pengurangan *loading time* dengan waktu *downtime* mesin (*non-operation time*), dengan kata lain *operation time* adalah waktu operasi tersedia (*availability time*) setelah waktu *downtime* mesin dikeluarkan dari total *availability time* yang direncanakan. *Downtime* mesin adalah waktu proses yang seharusnya digunakan mesin akan tetapi karena adanya gangguan pada mesin/peralatan (*equipment failure*) mengakibatkan tidak ada *output* yang dihasilkan. *Downtime* meliputi mesin berhenti beroperasi akibat kerusakan mesin, pelaksanaan prosedur *set up* dan *adjustment* dan lain – lainnya.

$$Downtime = Breakdown\ time + Set\ up\ and\ Adjustment$$

$$Operation\ time = Loading\ time - Downtime$$

2.3.3.2 Performance Efficiency

Menurut Ansori & Mustajib (2013) *performance efficiency* merupakan hasil perkalian dari *operation speed rate* dan *net operation rate*, atau rasio kuantitas produk yang dihasilkan dikalikan dengan waktu siklus idealnya terhadap waktu yang tersedia untuk melakukan proses produksi (*operation time*).

Operation speed rate merupakan perbandingan antara kecepatan ideal mesin berdasarkan kapasitas mesin sebenarnya dengan kecepatan aktual mesin (*actual cycle time*).

$$Operation\ speed\ rate = \frac{Ideal\ cycle\ time}{Actual\ cycle\ time}$$

$$Net\ Operation\ rate = \frac{Processed\ amount\ x\ Actual\ cycle\ time}{Operation\ time}$$

Net operation rate merupakan perbandingan antara jumlah produk yang diproses (*process amount*) dikali *actual cycle time* dengan *operation time*. *Net operation time* berguna untuk menghitung rugi yang diakibatkan oleh *minor stoppage* dan menurunnya kecepatan produksi (*reduced speed*). Tiga faktor penting yang dibutuhkan untuk menghitung *performance efficiency*:

1. *Ideal cycle* (waktu siklus ideal)
2. *Processed amount* (Jumlah produk yang diproses)
3. *Operation time* (waktu operasi mesin)

Performance efficiency dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Performance\ efficiency = \frac{Processed\ amount \times Actual\ cycle\ time}{Operation\ time} \times \frac{Ideal\ cycle\ time}{Actual\ cycle\ time}$$

$$Performance\ efficiency = \frac{Processed\ amount \times Ideal\ cycle\ time}{Operation\ time} \times 100\% \dots\dots (2.2)$$

2.3.3.3 *Rate of Quality Product*

Menurut Ansori & Mustajib (2013) *Rate of quality product* merupakan rasio jumlah produk yang baik terhadap total produk yang diproses. *Rate of quality product* memperhatikan dua faktor berikut:

1. *Processed amount* (jumlah yang diproduksi)
2. *Defect amount* (jumlah produk yang cacat termasuk produk *scrap*)

Rate of Quality Product dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Rate\ of\ Quality\ Product = \frac{Processed\ amount - Defect\ amount}{Processed\ amount} \times 100\% \dots\dots (2.3)$$

Overall Equipment Effectiveness dapat dihitung dengan rumus:

$$OEE\ (\%) = Availability\ (\%) \times Performance\ efficiency\ (\%) \times Rate\ of\ Quality\ Product\ (\%) \dots\dots\dots (2.4)$$

2.4 *Six Big Losses (Enam Kerugian Besar)*

Kegiatan dan tindakan-tindakan yang dilakukan hanya berfokus pada pencegahan terjadinya kerusakan pada mesin/peralatan dan meminimalkan *downtime* mesin/peralatan. Akan tetapi banyak faktor yang dapat menyebabkan kerugian akibat rendahnya efisien mesin/peralatan. Rendahnya produktivitas mesin/peralatan yang menimbulkan kerugian bagi perusahaan sering diakibatkan oleh penggunaan mesin/peralatan yang tidak efektif dan efisien yang mengakibatkan enam faktor kerugian besar (*six big losses*). *Efisiensi* adalah ukuran yang menunjukkan bagaimana sebaiknya sumber-sumber daya digunakan dalam proses produksi untuk menghasilkan output. (Nakajima, (1988) dalam Khoirudin (2017).

2.4.1 *Equipment Failure (Breakdown Loss)*

Menurut Nakajima (1998) dalam Irsan (2015) *Equipment failure (breakdown loss)* yaitu kerusakan mesin/peralatan yang tiba-tiba yang akan menyebabkan kerugian, karena kerusakan mesin akan menyebabkan mesin tidak beroperasi menghasilkan output. Untuk menghitung *equipment failure (breakdown loss)* digunakan rumus:

$$\text{Equipment Failure (Breakdown Loss)} = \frac{\text{Total breakdown time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \dots (2.5)$$

2.4.2 *Setup and Adjustment Loss*

Menurut Nakajima (1998) dalam Irsan (2015) *Setup and adjustment loss* yaitu kerugian karena pemasangan dan penyetelan yaitu semua waktu *setup* termasuk waktu penyesuaian (*adjustment*) dan juga waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan – kegiatan pengganti satu jenis produk ke jenis produk berikutnya untuk proses produksi selanjutnya. Untuk menghitung *setup and adjustment loss* digunakan rumus:

$$\text{Setup and Adjustment Loss} = \frac{\text{Total setup and Adjustment}}{\text{Loading time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$

2.4.3 *Idle and Minor Stoppages*

Menurut Nakajima (1998) dalam Irsan (2015) *Idle and minor stoppages* disebabkan oleh kejadian – kejadian seperti pemberhentian mesin sejenak, kemacetan mesin, dan *idle time* dari mesin. Kenyataannya, kerugian ini tidak dapat dideteksi secara langsung tanpa adanya alat pelacak dari perhitungan nilai OEE. Ketika operator tidak dapat memperbaiki pemberhentian yang bersifat *minor stoppage* dalam waktu yang telah ditentukan, dapat dianggap sebagai suatu *breakdown*. *Non productive time* merupakan waktu yang mengakibatkan mesin beroperasi tanpa menghasilkan produk di karenakan gangguan di luar mesin (gangguan listrik padam, keterlambatan bahan baku, pembersihan mesin dll) sehingga mesin tidak bekerja secara produktif. Untuk menghitung *idle and minor stoppages* digunakan rumus:

$$\text{Idle and Minor Stoppages} = \frac{\text{Non productive time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

2.4.4 Reduce Speed Loss

Reduce speed loss yaitu kerugian karena mesin tidak bekerja optimal (penurunan kecepatan operasi). *Ideal cycle time* adalah waktu proses yang diharapkan dapat dicapai dalam keadaan optimal atau tidak mengalami hambatan selama proses produksi. Untuk menghitung *reduce speed loss* digunakan rumus:

$$\text{Reduce Speed Loss} = \frac{\text{Operation time} - (\text{Ideal cycle time} \times \text{Processed amount})}{\text{Loading time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.8)$$

2.4.5 Process Defects Loss

Process defects loss yaitu kerugian yang disebabkan karena adanya produk cacat maupun karena kerja produk diproses ulang. Untuk menghitung *process defects loss* digunakan rumus:

$$\text{Process Defects Loss} = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{Total defect amount}}{\text{Loading time}} \times 100\% \dots\dots (2.9)$$

2.4.6 Reduce Yield Loss

Reduce yield loss kerugian yang disebabkan karena adanya sampah bahan baku (*scrap*) ataupun jumlah sisa produk yang tidak terpakai. Untuk menghitung *reduce yield loss* digunakan rumus:

$$\text{Reduce yield loss} = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{Scrap}}{\text{Loading time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.10)$$

2.4.7 Standar Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) Kelas Dunia

Menurut Hansen (2001) dalam Triwardani (2013) menyatakan bahwa *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dapat dikategorikan menjadi:

- < 65% tidak dapat diterima.
- 65 – 75% cukup baik, hanya ada kecenderungan adanya peningkatan tiap kuartalnya.

- 75 – 85% sangat bagus, lanjutkan hingga *world class level* (> 85% untuk *bath type process* dan > 90% untuk *continuous discrete process*).

Sedangkan menurut *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), standar nilai OEE kelas dunia adalah sebuah ukuran kinerja yang telah disepakati dan dianjurkan di dalam dunia industri bagi sebuah perusahaan yang menetapkan implementasi TPM dalam aktifitas produksinya.

Standar ini bersifat relatif karena beberapa buku dan perusahaan menunjukkan standar skor yang berbeda. Standar nilai ini selalu didorong lebih tinggi, sejalan dengan meningkatnya persaingan. Berikut ini adalah nilai ideal / acuan kinerja OEE kelas dunia:

Tabel 2.1 Nilai Ideal Kinerja OEE

OEE Factor	OEE Percentage (World Class)
<i>Availability</i>	90,00%
<i>Performance</i>	95,00%
<i>Quality</i>	99,00%
OEE	85,00%

(Sumber : Sukmoro (2016))

Berikut penjelasan standar nilai OEE pada Tabel 2.1 :

1. Jika OEE = 100%, maka produksi dianggap sempurna.
2. Jika OEE = 85%, produksi dianggap kelas dunia.
3. Jika OEE = 60%, produksi dianggap wajar, tetapi menunjukkan adanya ruang yang besar untuk *improvement*.
4. Jika OEE = 40%, produksi dianggap memiliki skor yang rendah, tetapi dalam kebanyakan kasus dapat dengan mudah di-*improve* melalui pengukuran langsung (misalnya dengan menelusuri akar penyebab *downtime* dan menangani sumber – sumber penyebab *downtime* secara satu – persatu).

Jadi, apabila suatu perusahaan ingin diakui mempunyai tingkat kinerja skala dunia, maka nilai OEE perusahaan tersebut harus mencapai standar nilai OEE kelas dunia yang telah ditetapkan.

2.5 Diagram *Pareto*

Diagram *pareto* diperkenalkan oleh seorang ahli yaitu Alfredo Pareto (1848-1923). Diagram ini merupakan suatu gambar yang mengurutkan klasifikasi data dari kiri ke kanan menurut urutan rangking tertinggi hingga rendah. Hal ini dapat membantu menemukan permasalahan yang paling penting untuk segera diselesaikan (rangking tertinggi) sampai dengan masalah yang tidak harus diselesaikan (rangking terendah). Diagram *pareto* juga dapat mengidentifikasi masalah yang paling penting mempengaruhi usaha perbaikan kualitas dan memberi petunjuk dalam alokasi sumber daya yang terbatas untuk menyelesaikan masalah.

Selain itu diagram *pareto* juga dapat digunakan untuk membandingkan kondisi proses, misalnya ketidaksesuaian proses sebelum dan sesudah diambil tindakan perbaikan terhadap proses.

Proses penyusunan diagram *pareto* meliputi enam langkah, yaitu :

1. Menentukan metode atau arti dari pengklarifikasi data, misalnya berdasarkan masalah, penyebab, jenis ketidaksesuaian dan sebagainya.
2. Menentukan satuan yang digunakan untuk membuat urutan karakteristik – karakteristik tersebut, misalnya rupiah, frekuensi, unit dan sebagainya.
3. Mengumpulkan data sesuai dengan interval waktu yang telah ditentukan.
4. Merangkum data dan membuat rangking kategori data tersebut dari yang terbesar hingga yang terkecil.
5. Menghitung frekuensi kumulatif atau persentase kumulatif yang digunakan.
6. Menggambar diagram batang menunjukkan tingkat kepentingan relatif masing – masing masalah. Mengidentifikasi beberapa hal yang penting untuk mendapat perhatian. Adapun contoh diagram *pareto* dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2.3 Diagram *Pareto*

(Sumber :Muwajih (2015) dalam Khoirudin (2016)

Penggunaan diagram *pareto* merupakan proses yang tidak pernah berakhir, misalnya pada gambar diatas masalah dengan frekuensi tertinggi merupakan target dalam program perbaikan. Apabila program tersebut berhasil maka diwaktu mendatang analisa *pareto* dilakukan lagi dan masalah dengan frekuensi tertinggi selanjutnya yang akan menjadi target dalam program perbaikan. Selajutnya proses tersebut dilakukan hingga perbaikan dapat dilakukan secara menyeluruh.

2.6 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan suatu metode yang bertujuan untuk mengevaluasi desain sistem dengan mempertimbangkan bermacam-macam mode kegagalan dari sstem yang terdiri dari komponen komponen dan menganalisis pengaruh – pengaruhnya terhadap keandalan system tersebut. salah satu teknik analisis risiko yang direkomendasikan oleh standar internasional. FMEA adalah suatu proses yang sistematis untuk mengidentifikasi potensi kegagalan untuk memenuhi fungsi yang dimaksudkan, mengidentifikasi kemungkinan penyebab kegagalan sehingga dengan begitu penyebab dapat dihilangkan, dan untuk mencari penyebab kegagalan, sehingga penyebabnya dapat dikurangi. Proses FMEA menurut Dyadem (2003) dalam Irsana (2015) memiliki tiga fokus utama:

1. Mengenali dan mengevaluasi kegagalan potensial dan efeknya.

2. Mengidentifikasi dan memprioritaskan kegiatan yang dapat mengeliminasi kegagalan potensial, mengurangi kesempatan terjadinya atau mengurangi risikonya.
3. Dokumentasi dari identifikasi yang dilakukan, evaluasi dan aktifitas perbaikan agar dapat meningkatkan kualitas produk.

FMEA digunakan untuk mengetahui kegagalan material dan peralatan, tetapi dalam arti yang lebih luas, FMEA juga digunakan untuk mengetahui kesalahan manusia, kinerja dan kesalahan *software*. Dengan menerapkan metodologi FMEA dalam siklus hidup suatu produk, dapat menjadi strategi yang sistematis dan disiplin untuk memeriksa cara dimana suatu produk bisa gagal. Hasil FMEA mempengaruhi produk desain, pengembangan proses, sumber dan pemasok kualitas.

Berikut adalah beberapa manfaat penerapan FMEA:

1. Memastikan bahwa kegagalan potensial dan efeknya pada sistem telah diidentifikasi dan dievaluasi, sehingga membantu untuk mengidentifikasi kesalahan dan menentukan tindakan korektif.
2. Menyediakan sarana untuk meninjau produk dan proses desain.
3. Menolong untuk mengidentifikasi karakteristik kritis terhadap produk dan proses.
4. Meningkatkan produktivitas, kualitas, keamanan, dan biaya efisiensi.
5. Membantu untuk menentukan kebutuhan untuk memilih bahan baku, suku cadang, peralatan, komponen dan tugas.
6. Membantu dalam mendokumentasikan alasan untuk perubahan.
7. Menyediakan sarana komunikasi antara departemen yang berbeda.
8. Membantu meningkatkan kepuasan pelanggan.
9. Meningkatkan citra perusahaan dan daya saing.

2.6.1 Terminologi FMEA

Terminologi yang digunakan dalam Dyadem (2003) dalam Irsan (2015) adalah:

1. *Item Function* (Fungsi item)

Fungsi item menentukan fungsi bagian atau item yang sedang dikaji.

2. *Potential failure mode* (Potensi modus kegagalan)

Modus kegagalan potensial adalah cara dimana kegagalan dapat terjadi yaitu cara dimana item terakhir dapat gagal untuk melakukan fungsi desain yang dimaksudkan, atau melakukan fungsi tetapi gagal untuk memenuhi tujuan. Modus kegagalan potensial juga dapat menjadi penyebab dari modus kegagalan potensial lain dalam tingkat yang lebih tinggi subsistem atau sistem, atau menjadi efek dari satu komponen sampai tingkat yang lebih rendah.

3. *Potential failure causes* (Potensi penyebab kegagalan)

Potensi penyebab kegagalan mengidentifikasi akar penyebab modus kegagalan potensial, bukan gejala, dan memberikan indikasi kelemahan desain yang mengarah ke modus kegagalan. Identifikasi dari akar penyebab penting bagi pelaksanaan tindakan pencegahan atau perbaikan.

4. *Potential failure effects* (Potensi efek kegagalan)

Efek kegagalan potensial mengacu pada hasil potensial dari potensi kegagalan pada sistem, desain, proses atau layanan. Efek kegagalan potensial perlu dianalisis berdasarkan dampak lokal dan global. Efek lokal merupakan hasil dengan hanya dampak terisolasi yang tidak mempengaruhi fungsi / komponen lain dan memiliki efek pada sistem.

5. *Current Control* (Kontrol saat ini)

Kontrol saat ini adalah tindakan pengamanan yang ada pada saat peninjauan yang dimaksudkan untuk melakukan hal berikut:

- Menghilangkan penyebab kegagalan.
- Mengidentifikasi atau mendeteksi kegagalan.
- Mengurangi dampak / konsekuensi kegagalan.

6. *Severity* (Keparahan)

Keparahan adalah keseriusan efek dari kegagalan. Keparahan adalah penilaian efek yang paling serius untuk mode kegagalan

tertentu. Penilaian keparahan hanya berlaku untuk efek. Keparahannya dapat dikurangi hanya melalui perubahan dalam desain. Jika perubahan desain dapat dicapai, kegagalan mungkin dapat dihilangkan.

7. *Occurrence* (Kejadian)

Kejadian adalah frekuensi kegagalan adalah seberapa sering kegagalan dapat diharapkan terjadi. Kejadian adalah kemungkinan bahwa mode kegagalan tertentu, yang merupakan hasil dari penyebab spesifik di bawah kontrol desain saat ini, akan terjadi.

8. *Detection* (Deteksi)

Deteksi adalah kemampuan untuk mengidentifikasi kegagalan sebelum mencapai pengguna akhir / pelanggan. Deteksi adalah penilaian kemampuan kontrol desain saat ini untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial jika terjadi.

9. *Risk Priority Number* (RPN)

Sebuah RPN adalah pengukuran risiko relatif, dihitung dengan mengalikan bersama keparahan, kejadian, dan penilaian deteksi. RPN ditentukan sebelum menerapkan tindakan perbaikan yang direkomendasikan, dan digunakan untuk memprioritaskan perlakuan.

$$\mathbf{RPN = Severity \times Occurrence \times Detection}$$

10. *Recommended Corrective Action* (Tindakan perbaikan yang disarankan)

Tindakan perbaikan yang disarankan dimaksudkan untuk mengurangi RPN dengan mengurangi tingkat keparahan, kejadian atau peringkat deteksi, atau ketiga hal tersebut bersama-sama.

2.6.2 Langkah – Langkah FMEA

Selama studi FMEA, produk / proses / layanan / sistem yang ditinjau dipecah menjadi beberapa item / subsistem yang lebih kecil. Untuk setiap item, langkah-langkah berikut dilakukan (Dyadem, (2003(Dalam Irsan, (2015))):

1. Tentukan item yang sedang dianalisis.

2. Tentukan fungsi item yang sedang dianalisis.
3. Identifikasi semua mode kegagalan potensial untuk item tersebut.
4. Tentukan penyebab masing-masing mode kegagalan potensial.
5. Identifikasi efek dari setiap mode kegagalan potensial tanpa mempertimbangkan kontrol saat ini.
6. Identifikasi dan membuat daftar kontrol untuk setiap mode kegagalan potensial
7. Tentukan tindakan korektif / preventif yang paling tepat dan rekomendasi berdasarkan analisis risiko.

Setelah melewati semua item untuk setiap kegagalan, tetapkan peringkat (dari 1 sampai 10, rendah ke tinggi) untuk tingkat keparahan, kejadian dan deteksi. Tentukan RPN dan gunakan untuk memprioritaskan rekomendasi. Tingkat keparahan harus didasarkan pada efek terburuk dari mode kegagalan potensial. Bila tingkat keparahannya sangat tinggi (8 sampai 10), perhatian khusus harus diberikan untuk memastikan bahwa risikonya ditangani melalui kontrol desain yang ada atau tindakan perbaikan / pencegahan, terlepas dari RPN.

Jika tidak ada tindakan yang direkomendasikan untuk mode kegagalan potensial tertentu, penyebab kegagalan atau kontrol yang ada, masukkan "Tidak Ada". Jika ini merupakan tindak lanjut dari FMEA yang ada, catat setiap tindakan yang diambil untuk menghilangkan atau mengurangi risiko mode kegagalan. Tentukan RPN yang dihasilkan sebagai risiko mode kegagalan potensial dikurangi atau dihilangkan.

Setelah tindakan korektif telah dilakukan, RPN yang dihasilkan ditentukan dengan mengevaluasi kembali peringkat keparahan, kejadian dan deteksi. Perbaikan dan tindakan perbaikan harus dilanjutkan sampai RPN yang dihasilkan berada pada tingkat yang dapat diterima untuk semua mode kegagalan potensial.

2.6.3 Saran Pedoman Risiko untuk Proses FMEA

Saran pedoman risiko untuk *severity* (keparahan), *occurrence* (kejadian), dan *detection* (deteksi) untuk proses FMEA diberikan pada Tabel 2.2, Tabel 2.3, dan Tabel 2.4.

Tabel 2.2 Tingkat *Severity* (keparahan) yang Disarankan untuk FMEA

Efek	Peringkat	Kriteria
Tidak ada	1	Mungkin terlihat oleh operator (Proses). Tidak mungkin / tidak terlihat oleh pengguna (Produk).
Sangat sedikit	2	Tidak ada efek pada proses hilir (Proses). Efek tidak signifikan / tidak berarti (Produk).
Sedikit	3	Pengguna mungkin akan melihat efeknya namun efeknya kecil (Proses dan Produk).
Minor	4	Proses lokal dan/atau hilir mungkin terpengaruh (Proses). Pengguna akan mengalami dampak negatif kecil pada produk (Produk).
Sedang	5	Dampak akan terlihat sepanjang operasi (Proses). Mengurangi kinerja dengan penurunan kinerja secara bertahap. Pengguna tidak puas (Produk).
Parah	6	Gangguan terhadap proses hilir (Proses). Produk bisa dioperasikan dan aman namun kinerjanya menurun. Pengguna tidak puas (Produk).
Tingkat keparahan tinggi	7	Downtime yang signifikan (Proses). Kinerja produk sangat terpengaruh. Pengguna sangat tidak puas (Produk).
Tingkat keparahan yang sangat tinggi	8	Downtime signifikan dan berdampak pada keuangan (Process). Produk tidak bisa dioperasikan tapi aman. Pengguna sangat tidak puas (Produk)
Tingkat keparahan yang ekstrim	9	Kegagalan yang mengakibatkan efek berbahaya sangat mungkin terjadi. Masalah keamanan dan regulasi (Proses dan Produk).
Tingkat keparahan maksimum	10	Kegagalan yang mengakibatkan efek berbahaya hampir pasti. Tidak mengakibatkan cedera atau membahayakan personil operasi (Process). Kepatuhan terhadap peraturan pemerintah (Produk).

(Sumber : Dyadem, (2003) dalam Irsan, (2015))

Tabel 2.3 Tingkat *Occurrence* (Kejadian) yang Disarankan untuk FMEA

Kejadian	Peringkat	Kriteria
Sangat tidak mungkin	1	Kegagalan sangat tidak mungkin.
Jauh kemungkinan	2	Kemungkinan jumlah kegagalan jarang.
Kemungkinan yang sangat rendah	3	Sangat sedikit kemungkinan kegagalan.
Kemungkinan rendah	4	Beberapa kemungkinan kegagalan.
Sedang kemungkinan rendah	5	Kegagalan sesekali mungkin.
Kemungkinan menengah	6	Kegagalan kemungkinan jumlah menengah.
Kemungkinan yang cukup tinggi	7	Jumlah yang cukup tinggi dari kemungkinan kegagalan.
Kemungkinan tinggi	8	Tingginya angka kemungkinan kegagalan.
Kemungkinan yang sangat tinggi	9	Angka yang sangat tinggi dari kemungkinan kegagalan.
Sangat mungkin	10	Kegagalan hampir pasti.

(Sumber : Dyadem,(2003) dalam Irsan, (2015))

Tabel 2.4 Tingkat *Detection* (Deteksi) yang Disarankan untuk FMEA

Deteksi	Peringkat	Kriteria
Sangat mungkin	1	Hampir pasti akan mendeteksi adanya cacat.
Kemungkinan yang sangat tinggi	2	Memiliki kemungkinan yang sangat tinggi untuk mendeteksi keberadaan kegagalan.
Kemungkinan tinggi	3	Memiliki efektivitas yang tinggi untuk deteksi.
Kemungkinan yang cukup tinggi	4	Memiliki efektivitas cukup tinggi untuk deteksi.
Kemungkinan menengah	5	Memiliki efektivitas sedang untuk deteksi.
Sedang kemungkinan rendah	6	Memiliki efektivitas cukup rendah untuk deteksi.
Kemungkinan rendah	7	Memiliki efektivitas yang rendah untuk deteksi.
Kemungkinan yang sangat rendah	8	Memiliki efektivitas terendah dalam setiap kategori yang berlaku.
Jauh kemungkinan	9	Memiliki probabilitas yang sangat rendah untuk mendeteksi adanya cacat.
Sangat tidak mungkin	10	Hampir pasti tidak akan mendeteksi adanya cacat.

(Sumber : Dyadem, (2003) dalam Irsan, (2015))

2.7 Penelitian Terdahulu

Banyak jurnal – jurnal maupun skripsi yang mengukur nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebagai usaha untuk melakukan perbaikan dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Diantaranya adalah :

1. **Ahmad Kholid Al-Ghofari, Muchlison Anis, Ayub As' Ari, Universitas Muhammadiyah Surakarta (2012)**, dalam jurnal Spektrum Industri, 2012, Vol. 10, No.2 penelitiannya yang berjudul : **Upaya Peningkatan Performansi Mesin pada Industri Manufaktur.**

Performansi mesin menjadi sebuah jaminan bagi kelangsungan perusahaan dalam rangka menghasilkan produk seperti yang direncanakan. Pengukuran produktivitas mesin diperlukan sebagai upaya mengetahui dan mendesain agar mesin dapat berjalan lebih optimal. PT Kubota Indonesia adalah sebuah perusahaan manufaktur yang bergerak dalam pembuatan produk mesin diesel yang dalam proses pengerjaannya melibatkan beberapa mesin. Mesin HN50C(P5) adalah mesin utama yang banyak mengalami kerusakan di *machining shop*. Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung nilai performansi mesin dengan OEE dan melakukan analisa untuk perbaikan. Penelitian diawali dengan menghitung nilai OEE yang kemudian dilanjutkan menganalisa variabel OEE yang berada di bawah standar JIPM untuk dicari usulan perbaikannya. Hasil dari penelitian ini adalah nilai OEE sebesar 80,98% yang masih di bawah standar JIPM. Analisis FMEA mengindikasikan beberapa komponen perlu perhatian yang lebih untuk meminimasi *downtime* sekaligus menaikkan nilai performansi mesin.

2. **Dinda Hesti Triwardani, Arif Rahman, Ceria Farela Mada Tantrika, Universitas Brawijaya (2013)**, dalam jurnal penelitiannya yang berjudul : **Analisis *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dalam Meminimalisi *Six Big Losses* pada Mesin Produksi Dual Filters DD07 (Studi Kasus : PT. Filtrona Indonesia, Surabaya, Jawa Timur).**

Losses dapat mengurangi efektifitas penggunaan peralatan dalam kegiatan proses produksi. Untuk mengetahui dan meminimumkan *losses* yang terjadi, diperlukan adanya evaluasi kinerja dari peralatan produksi. Mesin produksi Dual Filters DD07 merupakan salah satu peralatan produksi di perusahaan manufaktur filter rokok yang akan dievaluasi efektifitasnya. Pengukuran efektifitas mesin Dual Filters DDO7 dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness*. Dalam perhitungan, OEE mengukur efektifitas dengan menggunakan tiga sudut pandang untuk mengidentifikasi *six big losses* (enam kerugian), yaitu *availability*, *performance* dan *quality*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata tingkat efektifitas mesin Dual Filters DD07 selama masa penelitian adalah sebesar 26.22%, dengan rata-rata nilai *availability* 69.88%, *performance* 45.37% dan *quality* 89.06%. Sedangkan, *losses* yang signifikan mempengaruhi nilai efektifitas adalah *idling and minor stoppages losses* dan *reduced speed losses*. Berdasarkan analisis menggunakan FMEA, dapat diketahui bahwa penyebab kegagalan yang akan diperbaiki sesuai urutan prioritas adalah pengaturan *belt* tiap operator berbeda, pengaturan *timex* tidak sesuai dan pisau hopper tumpul.

3. **Nalendro Kertiyoso Irsan, Universitas Sumatera Utara (2015),** dalam skripsi penelitiannya yang berjudul : ***Integrasi Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk Meningkatkan Efektifitas Mesin Hammer Mill di PT. Salix Bintama Prima.***

PT. Salix Bintama Prima merupakan produsen *wood pellet*. Mesin produksi yang digunakan akan mengalami kerusakan dan penurunan kinerja seiring dengan semakin bertambahnya usia mesin. Penerapan metode perbaikan yang tepat dapat memperpanjang usia mesin sehingga tingkat efektivitas mesin meningkat. Pengukuran efektivitas mesin dapat diketahui dengan menggunakan metode OEE. OEE merupakan formula matematis berupa perkalian *availability*, *performance efficiency* dan *rate of quality*. Objek dalam penelitian ini yaitu mesin *hammer mill* yang merupakan mesin penumbuk serbuk gergaji. Hasil pengukuran efektivitas menunjukkan bahwa rata-rata nilai *availability* yaitu 81.94%, *performance efficiency* 85.08% dan *rate of quality* 100% sehingga nilai OEE yaitu 69.71%. Nilai OEE tersebut belum memenuhi syarat standar OEE ideal yakni sebesar 85%. Kemudian dilakukan perbaikan dengan mengukur *six big losses* untuk mengetahui kontribusi masing-masing *losses*. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa *breakdown losses* memiliki pengaruh terbesar pada efektivitas kemudian disusul dengan *reduced speed losses*. Berdasarkan analisis dengan menggunakan FMEA didapat nilai RPN terbesar untuk kategori *breakdown losses* yaitu 384 pada jenis kegagalan vibrasi terlalu tinggi dan untuk kategori *reduced speed losses* yaitu 150 pada jenis kegagalan kecepatan mesin berkurang. Penanggulangan kegagalan pada vibrasi terlalu tinggi yaitu melakukan perawatan berupa *preventive maintenance* secara berkala setiap seminggu sekali, sedangkan untuk kecepatan mesin berkurang harus diatasi dengan memastikan kualitas bahan baku sesuai standar memperbaiki proses penjemuran bahan baku

Tabel 2.5. Perbandingan Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun Penelitian	Faktor Yang diteliti				Metode Yang digunakan	
			<i>Sig Big Losses</i>	Nilai OEE	Downtime	Usulan Perbaikan	OEE	FMEA
Ahmad Kholid Al-Ghofari, Muchlison Anis, Ayub As' Asri.	Upayah Penigkatan Mesin Pada Industri Manufaktur	2012		✓	✓		✓	
Dinda Hesti Triwardani, Arif Rahman, Ceria Farela Mada Tantrika.	Analisa OEE Dalam Meminimalisi <i>Sig Big Losses</i> Pada Mesin Produksi Dual Filters DD07	2013	✓	✓	✓		✓	✓
Nalendro Kertiyoso Irsan	Intergrasi OEE dan FMEA Untuk Meningkatkan Efektifitas Mesin <i>Hammer Mill</i> Di PT. Salix Bintama Prima	2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓
M. Nur Hasyim	Analisa Nilai OEE Pada <i>Mixing Machine Type B</i>	2017	✓	✓	✓	✓	✓	✓