

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Produksi

Proses produksi dalam pembuatan produk pipa baja AWWA C 200 di PT. Indal Steel Pipe terdiri dari lima proses yaitu proses Mesin SPM (*Spiral Pipe Machine*), NDT *Ultrasonic Test* (UT), Mesin *Bevel*, *Hydro Tester* (*Hydrostatic Testing Machine*), dan *Final Inpection*, Produk manufaktrur pada PT ISP selalu di standarisasi dengan standar internasional yaitu standart ASTM, AWWA, British, API, JIS dan DIN sampai dengan pengawasan bahan kimia, sifat mekanis, ketajaman, ketahanan, kekuatan, dan ukuran sesuai dengan kebutuhan. Dalam penelitian ini yang akan menjadi objek penelitian adalah pada Mesin SPM (*Spiral Pipe Machine*) karena mesin SPM adalah mesin utama dan sekaligus mesin awal dalam proses pembuatan pipa baja hingga menghasilkan pipa utuh, jika mesin SPM mengalami kerusakan maka akan berdampak terhadap target produksi karena mesin produksi disusun secara seri sehingga apabila mesin utama berhenti dan tidak menghasilkan pipa maka menyebabkan mesin selanjutnya akan berhenti dan tidak ada pipa yang di proses di mesin berikutnya.

2.1.1 SPM (*Spiral Pipe Machine*)

Mesin SPM adalah mesin yang digunakan dalam pembuatan pipa baja istilah “Spiral” tidak merujuk pada bentuk pipa baja, namun ke cara pembuatannya yang dilas (*Weld*) membentuk spiral. Pipa spiral terbuat dari gulungan pelat – pelat baja berbentuk lembaran panjang (*Hot Roll Coil*) yang digulung menggunakan semacam mesin, proses ini dilakukan sambil terus mengelas bagian dalam dan luar pelat pipa sehingga tercipta pipa utuh. Mesin SPM sebagai satu fasilitas produksi yang sangat menentukan hasil produksi, karena jika terjadi kerusakan atau kesalahan pada mesin SPM maka kegiatan produksi akan berjalan tidak lancar dan tidak dapat menghasilkan produk pipa baja.



Sumber: PT ISP

Gambar 2.1 Mesin SPM (*Spiral Pipe Machine*)

2.1.2 UT Online (*Ultrasonic Testing*)

Ultrasonic Testing adalah salah satu pengujian NDT (*non destructive test*) dengan cara memberikan suatu gelombang frekuensi tinggi kedalam material benda uji untuk mengukur sifat geometris dan fisik dari bahan. Pada umumnya frekuensi yang digunakan kisaran 1 MHz sampai dengan 10 MHz. Jalannya gelombang *ultrasonic* akan selalu merayap melalui material dengan kecepatan tertentu dan tidak kembali kecuali hits reflektor, reflector mendeteksi adanya retakan atau cacat antara dua material yang berbeda. Gelombang suara yang berfrekuensi tinggi akan diterima oleh material setelah itu dipantulkan lagi dari permukaan yang terdapat cacat, kemudian energy suara yang dipantulkan ditampilkan terhadap waktu dan divisualisasikan terhadap specimen, yang diperoleh dari gelombang suara tersebut ditampilkan pada layar monitor dan terdeteksi terdapat cacat atau bebas cacat pada bahan atau material dari pipa tersebut.



Sumber: PT ISP

Gambar 2.2 UT NDT (*non destructive test*)

2.1.3 Mesin *Bevel*

Mesin *Bevel* adalah mesin yang memiliki fungsi untuk proses pemotongan ujung pipa pada pelat baja dan pipa stainless steel dengan kemiringan sudut ujung pipa 0 derajat hingga 90 derajat dan bisa disesuaikan. Cara kerja mesin *Bevel* adalah dengan memasukan ujung pipa pada mesin *Bevel* yang sudah di setting dari ukuran pipa yang akan di bevel, mesin *Bevel* memiliki pisau yang digunakan untuk memotong pipa dengan pergerakan memutar dari ukuran ujung pipa, setiap mata potong memotong permukaan benda kerja dimulai dari permukaan terendah sampai ke permukaan yang tertinggi, gaya pemotongan kecil terjadi pada saat awal melakukan pemotongan dan bertambah besar sampai akhir pemotongan.



Sumber: PT ISP

Gambar 2.3 Mesin *Bevel*

2.1.4 *Hydro Tester (Hydrostatic Pressure Test)*

Mesin *Hydro Tester* adalah salah satu pengiriman hilir yang digunakan dalam pipa produksi pipa baja spiral atau pipa ERW (*Electric Resistance Welding*), fungsi mesin hydro tester adalah untuk menguji pipa atau tabung yang dihasilkan secara hidrostatik untuk tekanan dan waktu penahanan yang ditentukan. Pada pekerjaan pipa untuk bisa mengetahui kebocoran dari sistem perpipaan tersebut salah satunya dengan melakukan *hydro test* atau *hydro static* metode pengujian menggunakan media air bahkan terkadang di beri pewarna untuk memudahkan proses pemeriksaan agar supaya lebih jelas terlihat jika ada indikasi kebocoran dari pipa.

Cara kerja mesin *hydro tester* adalah masukan pipa kedalam mesin dan isi air kedalam pipa uji sampai penuh dan langkah selanjutnya sambungkan peralatan *Test Pump* dan *Pressure Gauge* selanjutnya dilakukan pemompaan air kedalam pipa uji agar air didalam pipa uji memiliki tekanan yang cukup dengan cara menggerakkan tuas yang ada pada alat *Test Pump* agar air didalam bak alat *Test Pump* terpompakan kedalam pipa uji dan terakhir periksa dengan seksama seluruh sambungan pengelasan pada pipa dan juga sambungan – sambungan yang memakai *Flange* atau Ulir bila terjadi kebocoran pada sambungan maka air akan terlihat tersembur keluar dari bagian pipa yang bocor tersebut.



Sumber: PT ISP

Gambar 2.4 Mesin (*Hydro Tester*)

2.1.5 Final Inpection

Final Inpection adalah aktifitas cek visual hasil pengelasan luar dan pengelasan dalam (*in weld & out weld*) dan juga pengecekan Dimensi pipa serta material pipa yang berasal dari coil yang sudah di proses melalui tahap proses mesin SPM (*Spiral PipeMachine*), UT Online (*Ultrasonic Testing*), Mesin Bevel, Hydro Tester (*Hydrostatic Pressure Test*), dan terakhir masuk dalam tahap final, adapun kegiatan dalam final ini jika ditemukan kecacatan (*defect*) maka akan dilakukan tahap proses perbaikan (*Repair*) sesuai dengan *defect* yang terjadi dan jika pipa sudah di perbaiki atau tidak ada kecacatan maka pipa akan di Acc dan bisa masuk ke tahap proses penyimpanan.



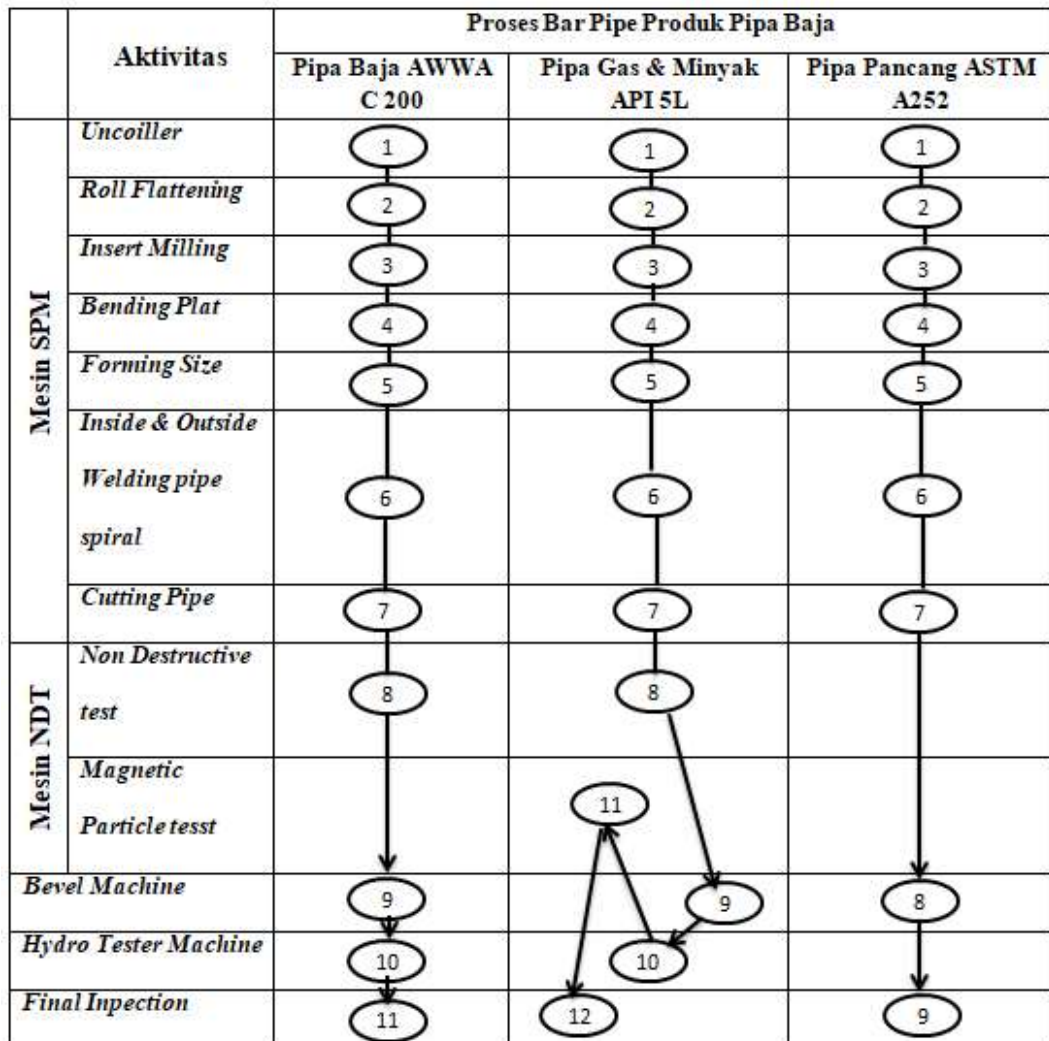
Sumber: PT ISP

Gambar 2.5 Final Inpection

2.1.6 Peta Proses Produk Banyak

Dalam proses pembuatan pipa-pipa baja, proses utama adalah di mesin SPM dan bahan baku yang dimasukkan adalah plat baja coil/HRC (*Hot Roll Coil*) bahan baku tersebut diangkat dengan menggunakan crane selanjutnya dimasukkan di AS *Uncoiler* dan masuk di tahap *flattening/* pemerataan plat baja, selanjutnya masuk tahap *Milling* pada tahap ini berfungsi sebagai penghilang korosi di pinggiran pelat, agar pada saat proses pengelasan bisa lancar dan dapat meminimalkan terjadinya kecacatan pada las spiral. Proses selanjutnya yaitu *Edges Prebending* tahap ini berfungsi untuk membengkokkan plat baja hingga

masuk tahap *Forming Size* yaitu pembentukan dengan diameter pipa yang sudah di setting mesin dan proses selanjutnya yaitu pengelasan *inside and outside welding* dan proses terakhir yaitu pemotongan pipa untuk menentukan panjang pipa yang pesan. Untuk lebih detailnya bisa di lihat Peta Proses Produk Banyak pada gambar 2.6 dibawah ini :



Sumber: PT ISP

Gambar 2.6 Peta Proses Produk Banyak

2.2 Bahan Produksi

PT. ISP adalah perusahaan manufaktur pipa baja yang ada dikawasan industri maspion gresik, bahan baku atau bahan setengah jadi yang digunakan dalam proses pembuatan pipa baja di dapat dari perusahaan PT. Krakatau Steel atau dari perusahaan yang lain, bahan baku tersebut yaitu *Hot Roll Coil (HRC)*

bahan baku HRC akan digunakan sebagai proses pembuatan pipa baja dengan speck dan ukuran yang dibuat berdasarkan permintaan konsumen.



Sumber: PT ISP

Gambar 2.7 HRC (*Hot Roll Coil*)

2.3 Perawatan

Perawatan atau pemeliharaan (*maintenance*) adalah konsepsi dari semua aktifitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas fasilitas atau mesin agar dapat berfungsi dengan baik seperti kondisi awalnya. Ebeling (1997) dalam Ansori dan Mustajib (2013) mendefinisikan perawatan sebagai bentuk kegiatan yang dilakukan untuk mencapai hasil yang mampu mengembalikan item atau mempertahankannya pada kondisi yang selalu dapat berfungsi. Perawatan juga merupakan kegiatan pendukung yang menjamin kelangsungan mesin dan peralatan sehingga pada saat dibutuhkan akan dapat dipakai sesuai dengan yang diharapkan. Sehingga kegiatan perawatan merupakan seluruh rangkaian aktivitas yang dilakukan untuk mempertahankan unit – unit pada kondisi operasional yang aman, dan apabila terjadi kerusakan maka dapat dikendalikan pada kondisi operasional yang handal dan aman.

2.4 Tujuan Perawatan

Proses pemeliharaan secara umum bertujuan untuk memfokuskan dalam langkah mencegah untuk mengurangi atau bahkan menghindari kerusakan dari peralatan dengan memastikan tingkat keandalan dan kesiapan serta meminimalkan biaya perawatan. Sehingga perawatan dapat membantu tercapainya tujuan tersebut

dengan adanya peningkatan profit dan kepuasan pelanggan, hal tersebut dilakukan dengan pendekatan nilai fungsi (*Function*) dari fasilitas/peralatan produksi yang ada (Duffuaa et al, 1999) dalam Ansori dan Mustajib (2013) dengan cara :

- Meminimasi *downtime*
- Memperbaiki Kualitas
- Meningkatkan Produktifitas
- Menyerahkan pesanan tepat waktu

Tujuan utama dilakukan sistem manajemen perawatan menurut *Japan Institute of Plan Maintenance* dan Consultant TPM India dalam buku Ansori dan Mustajib, (2013) Sistem perawatan terpadu secara detail sebagai berikut :

- Memperpanjang umur pakai fasilitas produksi.
- Menjamin tingkat ketersediaan optimum dari fasilitas produksi.
- Menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas yang diperlukan untuk pemakaian darurat.
- Menjamin keselamatan operator dan pemakaian fasilitas.
- Mendukung kemampuan mesin dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan fungsinya.
- Membantu mengurangi pemakaian dan penyimpanan diluar batas dan menjaga modal yang di investasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijakan perusahaan mengenai investasi tersebut.
- Mencapai tingkat biaya perawatan serendah mungkin (*lowest maintenance cost*) dengan melaksanakan maintenance secara efektif dan efisien.
- Mengadakan kerja sama yang erat dengan fungsi – fungsi utama lainnya dalam perusahaan untuk mencapai tujuan utama perusahaan, yaitu keuntungan yang sebesar – besarnya dan total biaya yang rendah.

2.5 Pemeliharaan Terencana (*Planned Maintenance*)

Menurut (Ansori dan Mustajib, 2013) *Planned Maintenance* bertujuan untuk menjalankan mesin dan peralatan bebas dari masalah sehingga dapat

memproduksi barang bebas cacat demi menjaga kepuasan pelanggann secara baik. Pada pilar ini dibagi lagi menjadi empat bagian yaitu :

a) *Preventive Maintenance*

Preventive Maintenance dilakukan untuk kegiatan perawatan / pemeliharaan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan yang tidak diduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas – fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu proses produksi berlangsung.

b) *Breakdown Maintenance*

Breakdown Maintenance adalah kegiatan perawatan yang dilakukan setelah fasilitas atau peralatan produksi rusak dan tidak dapat beroperasi atau tidak dapat dipakai.

c) *Maintenance Preventive*

Maintenance Preventive adalah kegiatan perawatan yang dilakukan setelah fasilitas atau peralatan produksi rusak dan tidak dapat beroperasi atau tidak dapat dipakai.

d) *Corrective Maintenance*

Corrective Maintenance adalah kegiatan perawatan yang dilakukan setelah menjadi kerusakan pada fasilitas atau tidak dapat beroperasi atau tidak berfungsi dengan baik.

2.6 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Menurut Ansori dan Mustajib (2013) didalam Sistem Perawatan Terpadu *Overall Equipment Effectiveness* adalah suatu perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui sejauh mana tingkat keefektifan suatu mesin atau peralatan yang ada. *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) merupakan salah satu metode yang terdapat dalam *Total Produktive Maintenance* (TPM). Pada umumnya OEE digunakan sebagai indikator performasi dari suatu mesin atau peralatan. Pengukuran OEE sendiri dapat digunakan untuk mengetahui area *bottleneck* yang terdapat pada lintasan produksi.

Menurut Ansori (2013) OEE merupakan metode yang digunakan sebagai alat ukur metrik dalam penerapan program TPM guna menjaga peralatan pada kondisi ideal dengan menghapuskan *Six Big Losses* peralatan.

Dengan melakukan pengukuran kinerja mesin produksi berarti terdapat proses monitor, pengendalian, dan perbaikan. Salah satu metode pengukuran kinerja yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan-permasalahan peralatan dan proses adalah OEE (Rahmadani et al. 2014). Metode ini merupakan bagian utama dari sistem pemeliharaan yang banyak diterapkan oleh perusahaan-perusahaan besar di Jepang. Beberapa perbaikan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan persentase OEE baik dari waktu yang tersedia (*availability*), dayaguna peralatan (*performance*), dan kualitas (*quality*) dengan mengurangi waktu pemasangan (*setup*), mengurangi waktu tunggu (*idle*), menaikkan kecepatan mesin ataupun mengurangi *scrap* akan menjadi alternatif untuk dilaksanakan, tentu saja perbaikan yang akan dilaksanakan harus sesuai dengan indikasi yang ada di FTA (*Fault Tree Analysis*) sehingga berdampak langsung terhadap nilai OEE.

2.6.1 Tujuan Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Penggunaan OEE menurut Borris (2006) dalam Asgara dan Hartono (2014) adalah sebagai *Performance Indicator*, mengambil periode waktu tertentu seperti : pershift, harian, mingguan, bulanan maupun tahunan. Pengukuran OEE lebih efektif digunakan pada suatu peralatan produksi. OEE juga dapat digunakan dalam beberapa jenis tingkatan pada sebuah lingkungan perusahaan yaitu :

1. Digunakan sebagai “*benchmark*” untuk mengukur rencana perusahaan dalam performasi.
2. OEE dapat mengidentifikasi mesin mana yang mempunyai performasi buruk.
3. Nilai OEE digunakan untuk membandingkan garis performasi melintang dari perusahaan, maka akan terlihat aliran yang tidak penting.
4. Digunakan untuk mengidentifikasi kerugian produktifitas.
5. Digunakan untuk menentukan *starting point* dari perusahaan.

2.6.2 Manfaat Implementasi OEE

Menurut Ansori dan Mustajib (2013) dalam pelaksanaan OEE ada beberapa manfaat yang dapat diambil dari OEE, antara lain :

1. Dapat digunakan untuk menentukan *starting point* dari perusahaan ataupun peralatan/mesin.
2. Dapat digunakan untuk mengidentifikasi kejadian *bottleneck* di dalam peralatan/mesin.
3. Dapat digunakan untuk mengidentifikasikan kerugian produktifitas (*true productivity losses*).
4. Dapat digunakan untuk menentukan prioritas dalam usaha untuk meningkatkan OEE dan peningkatan produktivitas.

2.6.3 Perhitungan Nilai OEE

Faktor – faktor OEE meliputi Availability Performance, dan Quality yang secara matematik dapat diformulasikan sebagai berikut :

(Ansori & Mustajib, 2013)

$$OEE = Availability (\%) \times Performance (\%) \times Quality rate (\%) \dots \dots \dots (2.1)$$

2.6.3.1 Availability

Menurut Nakajima (1988) *availability* merupakan suatu rasio yang menggambarkan pemanfaatann waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin atau peralatan. *Availability rate* dipengaruhi 2 komponen, yaitu *equipment failure* dan *setup and adjustment loss*. Nilai *availability* dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Availability = \frac{Loading Time - Downtime}{Loading Time} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

- *Loading Time* : waktu antara *start* dan *stop* operasi mesin/waktu jam kerja
- *Downtime* : jumlah waktu dimana suatu *equipment* tidak dapat beroperasi disebabkan adanya kerusakan (*failure*)

2.6.3.2 Performance Efficiency

Ansori & Mustajib (2013) menyatakan “*performance efficiency* merupakan suatu ratio yang menggambarkan kemampuan dari peralatan dalam

menghasilkan barang”. *Performance Efficiency* memiliki 2 komponen, yaitu *idling and minor stoppage losess* dan *reduce seed*. Rasio ini merupakan hasil dari *operating speed rate* dan *net operating rate*. *Operating speed rate* peralatan mengacu kepada perbedaan antara kecepatan ideal (berdasarkan desain peralatan) dan kecepatan operasi aktual. *Net operating rate* mengukur pemeliharaan dari suatu kecepatan selama periode tertentu. Dengan kata lain, ketika mengukur apakah suatu operasi tetap stabil dalam periode selama peralatan beroperasi pada kecepatan rendah. *Performance efficiency* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Performance\ Efficiency = \frac{Processed\ Amount \times Ideal\ Cycletime}{Operating\ Time} \times 100\ \% \dots\dots\dots(2.3)$$

- *Processed Amount* : Hasil produksi per bulan
- *Ideal Cycletime* : waktu minimum dalam memproduksi 1 unit barang jadi
- *Operating Time* : waktu operasional/hasil perhitungan atas pengurangan 4 element losses utama yaitu *set-up, set-Down, Adjustment* dan *Down-Time*

2.6.3.3 Rate of Quality

Menurut Ansori & Mustajib (2013) *quality rate* merupakan suatu rasio yang menggambarkan kemampuan peralatan dan menghasilkan produk yang sesuai dengan standar. *Quality rate* didukung 2 komponen, yaitu *defect in process* dan *reduced yield*. Berikut rumus perhitungan Quality :

$$Quality\ Rate = \frac{Processed\ Amount - Defect\ Amount}{Processed\ Amount} \times 100\ \% \dots\dots\dots(2.4)$$

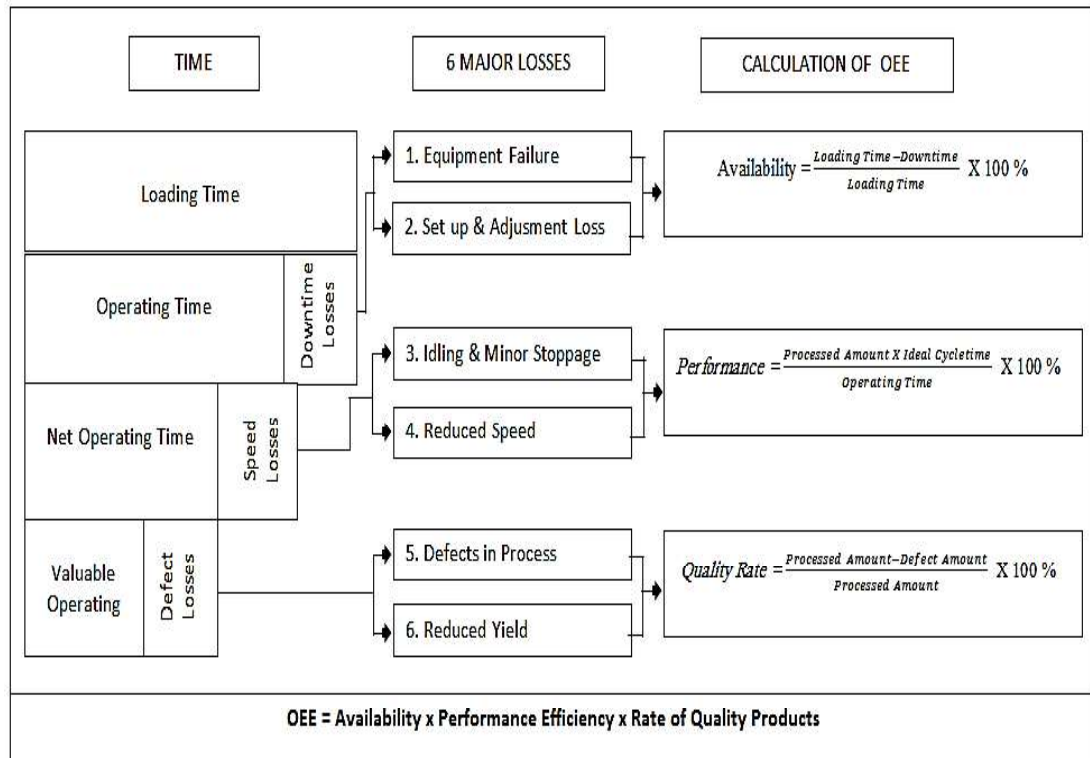
- *Defect Amount* : jumlah cacat yang dihasilkan perbulan

2.6.3.4 Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Nilai OEE diperoleh dengan mengalikan ketiga rasio utama tersebut. Berikut rumus perhitungan OEE :

$$OEE = Availability\ (\%) \times Performance\ (\%) \times Quality\ rate\ (\%) \dots\dots\dots(2.5)$$

Ketiga unsur tersebut merupakan rasio OEE yang didefinisikan sebagaimana terlihat pada gambar 2.3



Sumber: (Nakajima, 1988)

Gambar 2.8 Perhitungan Nilai OEE

Berdasarkan pengalaman Seichi Nakajima, 1988 kondisi ideal untuk OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) setelah dilaksanakannya TPM (*Total Productive Maintenance*) pada suatu perusahaan adalah :

Tabel 2.1 *Ideal Conditions OEE*

OEE Factor	OEE Procented
<i>Availability</i>	>90%
<i>Performance Efficiency</i>	>95%
<i>Quality Rate</i>	>99%
OEE	>85%

Sumber : (Nakajima, 1988)

Berikut penjelasan dari *ideal conditions* 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 ada 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)

2.6.4 *Six Big Losess (Enam Kerugian Besar)*

Menurut Nakajima (1988) terdapat 6 kerugian peralatan yang menyebabkan rendahnya kinerja dari peralatan. Keenam kerugian tersebut, disebut dengan kata *Six big losess* yang terdiri dari : 1 kerugian akibat kerusakan peralatan (*Equipment Failure*), 2 kerugian penyetelan dan penyesuaian (*Setup and Adjustment Losess*), 3 kerugian karena menganggur dan perhentian mesin (*Idle and Minor Stoppage*), 4 kerugian karena kecepatan operasi rendah (*Reduced Speed*), 5 kerugian cacat produk dalam proses (*Defect in proses*), 6 kerugian akibat hasil rendah (*Reduced Yield*). Lalu dikategorikan menjadi 3 kategori utama berdasarkan aspek kerugiannya, yaitu penurunan waktu (*downtime losess*), penurunan kecepatan (*Speed loss*), Penurunan Kualitas (*Quality loss*).

2.6.4.1 *Equipment Failure (Breakdown Losses)*

Equipment Failure (breakdown losses) yaitu kerugian yang berhubungan dengan kegagalan. Untuk menghitung *equipment failure (breakdown losses)* digunakan rumus :

$$\text{Equipment Failure (breakdown losses)} = \frac{\text{Total breakdown time}}{\text{Loading Time}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.6)$$

2.6.4.2 *Setup and Adjustment Losses*

Setup and adjustment losses yaitu kemacetan yang terjadi akibat perubahan sistem kerja. Kerugian ini disebabkan adanya perubahan pada saat beroperasi. Untuk menghitung *setup and adjustment loss* digunakan rumus :

$$\text{Setup and Adjustmen Losses} = \frac{\text{Total setup and Adjusment}}{\text{Loading Time}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.7)$$

2.6.4.3 *Idling and Minor Stoppages*

Idling and minor stoppages yaitu kerugian yang terjadi ketika menunggu atau mendiamkan sehubungan dengan adanya pembersihan dan penataan ulang. Untuk menghitung *idle and minor stoppages* digunakan rumus:

$$\text{Idling and Minor Stoppages} = \frac{\text{Non productive time}}{\text{Loading Time}} \times 100 \% \dots \dots \dots (2.8)$$

2.6.4.4 *Reduced Speed Losses*

Reduced speed losses merupakan kerugian yang berhubungan dengan kecepatan operasi aktual yang rendah, di bawah kecepatan operasi ideal. Untuk menghitung *reduced speed loss* digunakan rumus :

$$\text{Reduced speed loss} = \frac{\text{Operation time} - (\text{ideal cycle time} \times \text{Processed amount})}{\text{Loading Time}} \times 100 \% \dots (2.9)$$

2.6.4.5 *Process Defects Losses*

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

$$\text{Process Defect Losses} = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{defect amount}}{\text{Loading Time}} \times 100 \% \dots \dots \dots (2.10)$$

2.6.4.6 *Reduce Yield Losses*

Reduce yield losses merupakan kerugian material sehubungan dengan perbedaan pada input berat bahan dan berat dari produk berkualitas. Untuk menghitung *reduce yield losses* digunakan rumus :

$$\text{Reduce Yield Loss} = \frac{\text{Ideal cycle time} \times \text{yield}}{\text{Loading Time}} \times 100 \% \dots \dots \dots (2.11)$$

Tabel 2.2 *Six Big Losses*

<i>Six Big Losses</i>	Pengertian
<i>Breakdown Losses</i>	Kerugian berhubungan dengan kegagalan. Jenis kegagalan meliputi fungsi <i>stopping sporadis</i> kegagalan dan fungsi mengurangi kegagalan dimana fungsi peralatan turun dibawah tingkat normal
<i>Setup and Adjustment Losses</i>	Kerugian kemacetan terjadi ketika perubahan sistem kerja. Kerugian ini disebabkan adanya perubahan pada saat beroperasi. Penggantian peralatan memerlukan waktu shutdown sehingga alat dapat dipertukarkan
<i>Reduced Speed Losses</i>	Kerugian berhubungan dengan kecepatan operasi aktual yang rendah, dibawah kecepatan operasi ideal
<i>Idling and Minor Stoppage losses</i>	Kerugian yang terjadi ketika menunggu atau mendiamkan sehubungan dengan adanya pembersihan dan penataan ulang
<i>Defect in Process/rework</i>	Kerugian waktu sehubungan dengan cacat dan pengerjaan ulang, kehilangan keuangan sehubungan dengan menurunnya kualitas produk, dan kehilangan waktu yang diperlukan untuk memperbaiki produk cacat menjadi sempurna
<i>Reduced Yield Losses</i>	Kerugian material sehubungan dengan perbedaan pada input berat bahan dan berat dari produk berkualitas

Sumber : (Nakajima, 1988)

2.7 Diagram Pareto

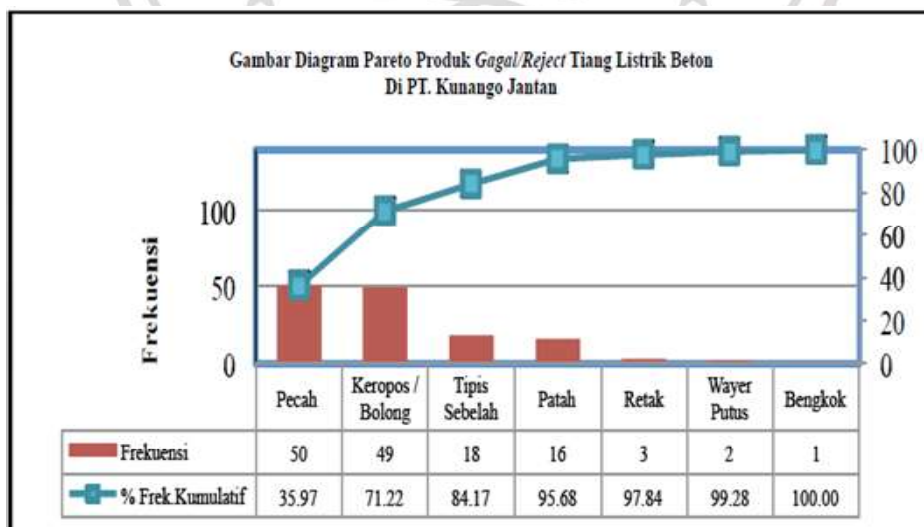
Menurut (setiawan, 2014:2), menyatakan bahwa Diagram pareto ini merupakan suatu gambar yang mengurutkan klasifikasi data dari kiri ke kanan menurut urutan ranking tertinggi hingga rendah. Hal ini dapat membantu menemukan permasalahan yang terpenting untuk segera diselesaikan (ranking tertinggi) sampai dengan yang tidak harus segera diselesaikan (ranking terendah). Selain itu Diagram pareto juga dapat digunakan untuk membandingkan kondisi

proses, sebelum dan sesudah diambil tindakan perbaikan terhadap proses, penyusunan diagram pareto meliputi enam langkah, yaitu:

1. Menentukan metode atau arti dari pengklasifikasian data, misalnya berdasarkan masalah, penyebab jenis ketidak sesuaian, 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 ranking kategori data tersebut dari yang terbesar hingga yang terkecil.
5. Menghitung frekuensi kumulatif atau persentase kumulatif yang digunakan.

Setelah didapat diagram paretonya maka dapat kita simpulkan kategori yang paling dominan dari tiap kategori. “Pareto diagram dapat diaplikasikan untuk proses perbaikan dalam berbagai macam aspek permasalahan, pareto ini seperti diagram sebab akibat tidak saja efektif digunakan untuk usaha pengendalian kualitas suatu produk akan tetapi juga bisa diaplikasikan untuk mengatasi problem pencapaian efesiensi, problem keselamatan kerja, penghematan atau pengendalian materials, perbaikan sistem dan prosedur kerja, dll” (Wignjosoebroto, 2003:275).

Dibawah ini adalah contoh gambar diagram pareto:



Sumber : Heizer Jay And Barry Render (2009)

Gambar 2.9 Contoh Diagram Pareto.

2.8 *Fault Tree Analysis (FTA)*

Menurut Pandey (2005) *Fault Tree Analysis* adalah sebuah teknik dimana banyak kejadian berinteraksi untuk menghasilkan aktivitas lainnya dapat terkait dengan hubungan analogis yang sederhana. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat yang bersifat *top down*, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (*top event*) kemudian merinci sebab-sebab suatu *top event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*).

Fault Tree Analysis merupakan metode yang efektif dalam menemukan inti permasalahan karena memastikan bahwa suatu kejadian yang tidak diinginkan atau kerugian yang ditimbulkan tidak berasal pada suatu titik kegagalan. *Fault tree analysis* mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab dan ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan yang melibatkan gerbang logika sederhana.

2.8.1 *Aturan Membangun Fault Tree Analysis*

Menurut Blanchard (2004), aturan dalam membangun FTA adalah sebagai berikut :

1. Aturan I : Tulis semua pernyataan yang dimasukkan ke dalam simbol kejadian sebagai kesalahan, tentukan apa kegagalannya dan kapan kegagalan tersebut muncul.
2. Aturan II : Jika jawaban dari pertanyaan “apakah kegagalan disebabkan kegagalan komponen?” adalah “ya”, masukkan kejadian tersebut sebagai kondisi kegagalan sistem.
3. Aturan III : Kondisi kegagalan sistem menggunakan gerbang AND, OR, atau INHIBIT, atau tidak menggunakan gerbang sama sekali.
4. Aturan IV : Kondisi kegagalan komponen selalu menggunakan gerbang OR.
5. Aturan V : *No gate-to-gate* : gerbang input harus mendefinisikan kejadian kesalahan secara tepat dan gerbang tidak boleh secara langsung dihubungkan dengan gerbang yang lain.
6. Aturan VI : *No Miracle* : jika fungsi normal dari komponen membuat barisan kesalahan, maka diasumsikan komponen tersebut berfungsi secara normal.
7. Aturan VII : Dalam gerbang OR, input tidak menyebabkan output.
8. Aturan VIII : Di gerbang AND definisikan hubungan sebab.

9. Aturan IX : Gerbang INHIBIT menyatakan hubungan antara satu kesalahan dengan kesalahan lain, tetapi harus disertakan kondisi.

2.8.2 Langkah-langkah Pembuatan *Fault Tree Analysis* (FTA)

Adapun langkah-langkah pembuatan *Fault Tree Analysis* menurut *Coast Guard Risk-based Decision-making Guidelines*, Vol. 3 dalam Pandey (2005) sebagai berikut :

1. Menentukan sistem yang diminati
Menentukan dengan jelas dan spesifik batasan dan kondisi awal sistem untuk mengetahui informasi kegagalan yang diperlukan.
2. Mendefinisikan puncak acara (*Top event*) untuk dianalisa
Menjelaskan permasalahan secara detail untuk di analisa. Contoh : spesifikasi masalah kualitas, dll
3. Menentukan struktur pada puncak pohon
Menentukan kejadian dan kondisi yang memiliki hubungan dan mengarah ke puncak pohon (*tree top*).
4. Jelajahi setiap kejadian dengan detail
Menentukan acara dan kondisi yang paling sering mengarah ke acara. Ulangi proses tersebut hingga *fault tree* lengkap
5. Selesaikan kombinasi *fault tree* dari hubungan antara acara ke *top event*
Periksa *fault tree* untuk mengidentifikasi kemungkinan terjadinya kombinasi event maupun kondisi yang terhubung dengan *top event*
6. Mengidentifikasi potensi kegagalan
Mempelajari *fault tree analysis* untuk mengidentifikasi potensial penting yang terjadi pada event.
7. Melakukan analisis kuantitatif (jika diperlukan)
Menggunakan perhitungan mengenai kegagalan dan perbaikan pada kejadian untuk memprediksi kinerja pada sistem di masa yang akan datang.
8. Menggunakan hasil untuk pembuatan keputusan
Menggunakan hasil analisa untuk mengidentifikasi kerentanan pada sistem dan untuk membuat rekomendasi yang efektif untuk mengurangi resiko yang terjadi akibat kerentanan tersebut.

2.8.3 Tahapan dalam melakukan FTA



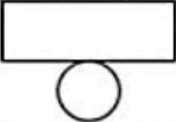
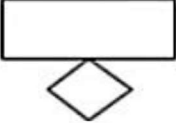


Menurut Tifani (2011) Dalam melakukan FTA ada beberapa tahapan yang harus diperhatikan sebagai berikut :

1. Tentukan kejadian paling atas/utama
2. Tetapkan batasan FTA
3. Periksa system untuk mengerti bagian berbagai elemen yang berhubungan pada satu dengan lainnya dan kejadian paling atas.
4. Buat pohon kesalahan, mulai dari kejadian paling atas dan bekerja kearah bawah.
5. Analisis pohon kesalahan untuk mengidentifikasi cara dalam menghilangkan kejadian yang mengarah pada kegagalan.
6. Persiapkan rencana tindakan perbaikan untuk mencegah kegagalan.

2.8.4 Pembuatan FTA

Hal pertama yang harus dilakukan dalam melakukan FTA adalah mendefinisikan potensi kejadian utama seperti yang telah disebutkan sebelumnya. Definisi dari potensi kejadian utama tersebut harus jelas dan tidak boleh ambigu. Definisi tersebut harus menjawab *what*, *where*, *when*. Kemudian harus ditentukan peristiwa dan kondisi apa saja yang menyebabkan potensi kejadian utama. Setelah itu *sub-event* dihubungkan dengan *AND-gate* atau *OR-gate*. Kemudian lanjutkan untuk mendapatkan event dasar yang menyebabkan potensi kejadian utama. Berikut merupakan simbol-simbol yang digunakan dalam melakukan FTA digambarkan pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 simbol – simbol gerbang FTA

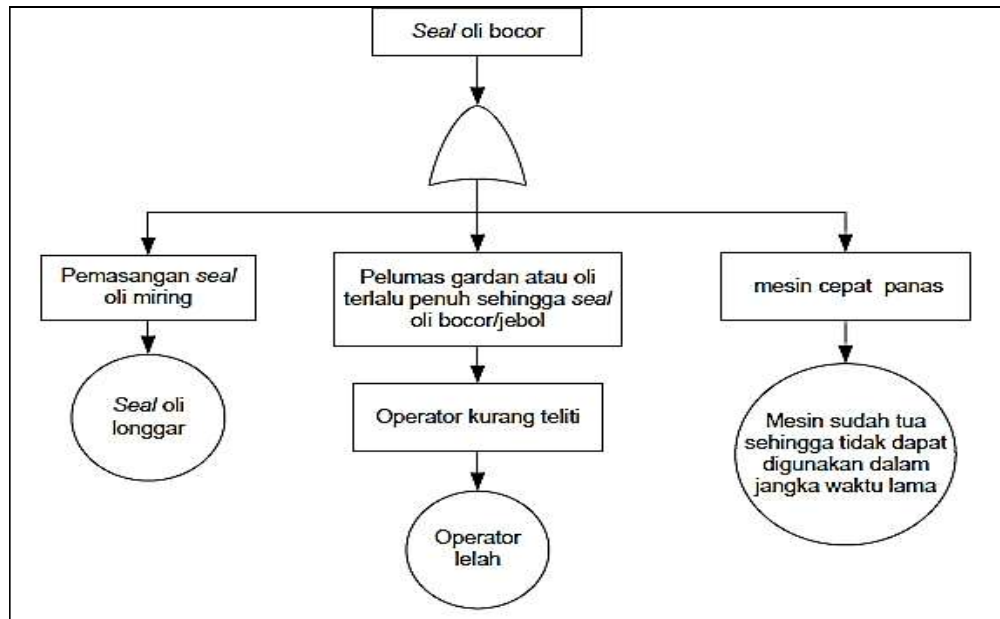
<i>Logic Gates</i>	OR-gate 	OR-gate menunjukkan bahwa peristiwa keluaran terjadi jika salah satu peristiwa keluaran terjadi.
	AND-gate 	AND-gate menunjukkan bahwa peristiwa keluaran terjadi jika salah satu peristiwa <i>input</i> terjadi.
<i>Input Events (states)</i>		Peristiwa dasar merupakan kegagalan peralatan dasar yang tidak memerlukan pengembangan lebih lanjut dari penyebab kegagalan.
		Peristiwa berkembang merupakan suatu peristiwa yang tidak diperiksa lebih lanjut karena informasi tidak tersedia atau karena konsekuensinya tidak signifikan.
<i>Description of state</i>		Komentar persegi panjang adalah untuk informasi tambahan.
<i>Transfer symbols</i>		Simbol <i>transfer-out</i> menunjukkan bahwa pohon kesalahan dikembangkan lebih lanjut pada simbol <i>transfer-in</i> yang sesuai.

Sumber : (Blanchard, 2004)

2.8.5 Manfaat Metode FTA

Menurut Priyanta (2000) *Fault Tree Analysis* mempunyai Manfaat yaitu :

- Dapat menentukan faktor penyebab yang kemungkinan besar menimbulkan kegagalan.
- Menemukan tahapan kejadian yang kemungkinan besar sebagai penyebab kegagalan.
- Menganalisa kemungkinan sumber-sumber resiko sebelum kegagalan timbul.
- Menginvestigasi suatu kegagalan.



Gambar 2.10 *Fault Tree Analysis* Seal Oli Bocor

Sumber : Mayangsari & Adianto (2015:89)

2.9 Penelitian Terdahulu

Adapun jurnal-jurnal yang mengukur nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) diantaranya adalah :

1. Hery Suliantoro, Novie Susanto, Heru Prastawa, Iyain Sihombing, Anita M dalam jurnal Teknik Industri, Vol. 12, No. 2, (2017) Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro dalam jurnal yang berjudul : **“PENERAPAN METODE *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE) DAN *FAULT TREE ANALYSIS* (FTA) UNTUK MENGUKUR EFEKTIFITAS MESIN RENG”**.

Mesin reng digunakan untuk memproduksi atap baja ringan jenis reng V belum sepenuhnya bekerja secara efektif. Hal ini ditunjukkan dengan adanya *downtime*, penurunan kecepatan produksi mesin, dan produk-produk yang tidak sesuai standart yang telah ditetapkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan mengetahui tingkat efektivitas mesin reng dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), mengidentifikasi faktor penyebab *six big losses* dengan menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA), dan memberikan usulan perbaikan untuk meningkatkan tingkat efektivitas mesin. Dari hasil penelitian, OEE mesin reng mencapai rata-rata 57,55%, dan masih berada

dibawah nilai OEE ideal (85%). Usulan perbaikan yang direkomendasikan meliputi eliminasi *six big losses*, mengembangkan program pemeliharaan, dan memberikan pelatihan untuk meningkatkan kemampuan maintenance dan operasional.

2. **M. Iqbal Rifky, Agus Riyanto** dalam jurnal Teknik Industri, Vol. 7, No. 2, (2019) Program Studi Teknik Industri, Universitas Komputer Indonesia dalam jurnal yang berjudul : **“ANALISIS EFEKTIVITAS MESIN-MESIN PEMBUATAN PRODUK ASSP DENGAN MENGGUNAKAN METODE *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* DAN *FAULT TREE ANALYSIS* DI PT. XYZ”**.

Semakin meningkatnya permintaan jumlah produk yang diproduksi maka jumlah kebutuhan pasar juga akan ikut meningkat hal ini dikarenakan banyaknya permintaan pelanggan maka proses produksi sangat penting ditingkatkan produktivitas mesin tersebut. Salah satu faktor penting dalam menjalankan suatu usaha produksi yaitu bagaimana perusahaan dapat mengukur dan mempertahankan kinerja mesin dalam kondisi optimal karena mesin adalah alat utama paling penting dalam cara memproses produk. *Overall Equipment Effectiveness* merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengukur suatu efektivitas dari kinerja mesin-mesin secara keseluruhan dengan melakukan perhitungan nilai dari *availability*, *performance* dan *quality* yang ada di perusahaan. Sedangkan *fault tree analysis* (FTA) yaitu suatu gambaran diagram yang dapat dianalisis dengan mengidentifikasi akar penyebab permasalahan yang mengakibatkan rendahnya nilai OEE tersebut. Berdasarkan hasil dari perhitungan nilai keseluruhan dengan metode *overall equipment effectiveness* selama tiga bulan pada mesin-mesin pembuatan produk alat suntik yaitu sebesar 84,18% yang di hitung dari ke tiga kebijakan tersebut. Oleh karena itu dilakukan identifikasi permasalahannya dengan menggunakan *fault tree analysis* sehingga dapat diketahui faktor-faktor akar penyebab dari rendahnya nilai OEE tersebut. Penyebab rendahnya nilai OEE tersebut ialah dari nilai *Performance* dan *quality* produk. Untuk performansi yang tidak begitu baik dalam pembuatan produk. Hal ini dikarenakan tingginya target produksi tidak memperdulikan kondisi mesin yang semakin hari terjadi

penurunan kinerja mesin tersebut dan banyak terjadi kesalahan-kesalahan pada operator yang kurang berkonsentrasi pada pekerjaannya. Sedangkan akar penyebab dari *quality* produk dikarenakan komponen mesin tidak begitu baik dalam memprosesnya sering terjadi kerusakan-kerusakan pada mesin tersebut sehingga produk banyak yang cacat.

3. Erry Rimawan, Agus Raif dalam jural Sinergi, Vol. 20, No. 2, (2016) Program studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana dalam Jurnal yang berjudul : “ANALISIS PENGUKURAN NILAI *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)* PADA PROSES PACKAGING DI LINE 2 (STUDI KASUS PT. MULTI BINTANG INDONESIA. TBK)”.

PT. Multi Bintang Indonesia Tbk bergerak dalam industri pembuatan minuman, dimana perusahaan tersebut memproduksi berdasarkan besarnya permintaan dari customer yang merupakan kantor-kantor pemasaran yang telah tersebar berbagai daerah di Indonesia. Dalam tahap proses packaging di PT. MBI melalui dengan 3 line diantaranya racking line, canning line, bottling line. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai *overall equipment effectiveness (OEE)* dan *Losses* yang paling berpengaruh dari *six big losses* OEE yang terfokus pada peralatan atau mesin secara keseluruhan menjadi satu kesatuan yaitu pada lini Line 2, yang kemudian akan diketahui akar penyebab *losses* yang terjadi dari penelitian selama dilapangan. Dari hasil perhitungan *overall equipment effectiveness (OEE)* terdapat dua rasio yang masih kurang baik dan berada dibawah standar kelas dunia, adapun rasio tersebut yaitu *availability* sebesar 88,85% dari standar kelas dunia sebesar 90% dan *performance ratio* sebesar 78,51% dari standar kelas dunia sebesar 95%, sedangkan untuk *quality ratio* telah masuk standar kelas dunia sebesar 99,90%. Sehingga dengan demikian nilai OEE pada lini Line 2 masih berada dibawah standar kelas dunia. Pada penelitian ini hanya terdapat lima losses yang dapat diidentifikasi, dan adapun losses yang sangat berpengaruh yaitu pada *Reduced Speed Losses*, losses ini menyumbang nilai tingkat presentase losses terbesar yakni 19,12%, dari hasil penelitian losses ini terjadi karena adanya sistem

pengawasan yang jelek (kurang baik) yang menyebabkan karyawan atau operator tidak melakukan pekerjaan sesuai ketentuan yang telah ditetapkan.

4. **Yusron Rivai, Anas Mitfah Fauzi dan Meika Syahbana Rusli** dalam jurnal Aplikasi Bisnis dan Manajemen, Vol. 3, No. 2, (2016) dengan jurnal yang berjudul : **“OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS DALAM PENINGKATAN KINERJA PRODUKSI BAN PT GOODYEAR INDONESIA”**.

PT Goodyear Indonesia dalam mengidentifikasi dan menentukan prioritas masalah yang memengaruhi kinerja proses produksi ban, memberikan beberapa solusi serta memetakan aliran nilai masa depan (*future state mapping*). Salah satu alat yang dipakai untuk memetakan kondisi proses produksi saat ini secara tepat dalam konsep lean manufacturing dikenal dengan istilah *value stream mapping/VSM* (peta aliran nilai). Alat ukur lain yang digunakan untuk meningkatkan produktifitas adalah *overall equipment effectiveness (OEE)* yang meliputi: waktu yang tersedia (*avalibility*), dayaguna mesin (*performance*) dan kualitas (*quality*). Dari ketiga *variable* ini akan terlihat kontribusi *downtime* terbesar yang mengakibatkan rendahnya nilai OEE. Data OEE, waktu pergantian produk berkontribusi sebesar 18,8% dan waktu menunggu berkontribusi sebesar 4,9% dari total *downtime*. Untuk mengurangi waktu pergantian produk, diterapkan metode SMED (*Single Minutes Exchange Dies*) saat pergantian bladder di mesin curing, juga diterapkan aplikasi visual control dan aplikasi poka-yoke untuk mengurangi waktu menunggu. Seluruh aktifitas perbaikan yang telah dilakukan tergambar dalam peta masa depan termasuk kenaikan hasil produksi mesin curing dari 7.814 menjadi 8.205 ban per hari.

2.10 Perbedaan Penelitian ini Dengan Penelitian Terdahulu

Untuk mengetahui perkembangan penelitian dalam efektivitas kinerja mesin dengan pendekan OEE dan *Six big losses*, adapun beberapa penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini dapat dilihat dalam tabel 2.4 berikut :

Tabel 2.4 Tabel Penelitian Terdahulu

No	Nama	Judul	Tahun				Metode						Produk	
			2016	2017	2019	2020	OEE	Six Big Losses	Histograma	Fisbone	FTA	SMED		
1.	Hery Suliantoro, Novie Susanto, Heru Prastawa, lyain Sihombing, Anita M	PENERAPAN METODE <i>OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS</i> (OEE) DAN <i>FAULT TREE ANALYSIS</i> (FTA) UNTUK MENGUKUR EFEKTIFITAS MESIN RENG		√			√	√				√		Atap Baja
2.	M. Iqbal Rifky, Agus Riyanto	ANALISIS EFEKTIVITAS MESIN-MESIN PEMBUATAN PRODUK ASSP DENGAN MENGGUNAKAN METODE <i>OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS</i> DAN <i>FAULT TREE ANALYSIS</i> DI PT. XYZ			√		√	√				√		Alat Suntik Sekali Pakai (ASSP)
3.	Erry Rimawan, Agus Raif	ANALISIS PENGUKURAN NILAI <i>OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS</i> (OEE) PADA PROSES PACKAGING DI	√				√				√			Minuman

		LINE 2 (STUDI KASUS PT. MULTI BINTANG INDONESIA. TBK)												
4	Yusron Rivai, Anas Mitfah Fauzi dan Meika Syahbana Rusli	OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS DALAM PENINGKATAN KINERJA PRODUKSI BAN PT GOODYEAR INDONESIA	√			√						√		Ban
5	Muhammad Muchlasin	Analisis Kinerja Mesin Spiral Pipe Machine (SPM) Produksi Pipa Baja AWWA C 200 Dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Fault Tree Analysis (FTA) di PT. Indal Steel Pipe.				√	√	√				√		Pipa Baja

Dari table *research* Gap diatas terdapat persamaan dan perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian sebelumnya, uraian persamaan dan perbedaan tersebut adalah sebagai berikut :

- Persamaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu menggunakan metode OEE Dan juga menganalisa penyebab *six big losses* dengan menggunakan *Fault Tree Analysis*, serta memberikan rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan efektivitas kinerja mesin.

- Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu menggunakan konsep lean manufacturing yang dikenal dengan istilah *value stream mapping/VSM* (peta aliran nilai). Alat ukur lain yang digunakan untuk meningkatkan produktifitas adalah *overall equipment effectiveness* (OEE) yang meliputi: waktu yang tersedia (*avalibility*), dayaguna mesin (*performance*) dan kualitas (*quality*). Dari ketiga *variable* ini akan terlihat kontribusi *downtime* terbesar yang mengakibatkan rendahnya nilai OEE. Untuk mengurangi waktu pergantian produk, diterapkan metode SMED (*Single Minutes Exchange Dies*) dalam memberikan rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan efektivitas kinerja mesin.

