

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Sebelumnya

**Ginting (2007)** melakukan penelitian tentang usulan perbaikan manajemen perawatan dengan menerapkan TPM pada mesin *extrusion press* di PT. Alexindo. Hasil dari penelitian tersebut adalah nilai-nilai efektivitas rendah, seperti PE, RQ, dan OEE yang kurang dari standar JIPM. Sehingga program pemeliharaan yang dapat diterapkan pada PT. Alexindo adalah dengan melibatkan operator mesin produksi diberikan pelatihan-pelatihan tentang cara pengoperasian mesin yang benar dan tata cara pemeliharaan mesin.

**Hutagaol (2009)** melakukan penelitian tentang penerapan TPM dengan menggunakan metode OEE pada mesin *dryer twind* di PT. Perkebunan Nusantara III Gunung Para. Dari penelitian tersebut didapatkan persentase nilai OEE selama periode Februari 2008 – Januari 2009 berkisar antara 77,15% sampai 82,72%. Kondisi ini menunjukkan bahwa kemampuan mesin dalam mencapai target dan dalam pencapaian efektivitas penggunaan mesin belum mencapai kondisi ideal.

**Wakjira dan Singh (2012)** melakukan penelitian tentang evaluasi penerapan TPM dalam meningkatkan proses produksi pada *Ethopian Malt* dengan perbandingan perhitungan OEE sebelum penerapan TPM pada bulan Januari 2011 dan setelah penerapan TPM pada bulan Juni 2011. Hasilnya adalah persentase OEE mengalami peningkatan dari 70,35% menjadi 80,23%. Hal ini terjadi dikarenakan partisipasi dari seluruh karyawan sehingga biaya dan kualitas meningkat secara signifikan dengan cara mengurangi dan meminimalkan kerusakan pada peralatan.

**Rinawati dan Dewi (2014)** melakukan analisis tentang penerapan TPM dengan menggunakan metode OEE dan *six big losses* pada mesin mesin *Cavitec* di PT. Essentra Surabaya. Dari penelitian tersebut didapatkan persentase nilai OEE pada mesin *Cavitec VD-02* selama periode Agustus 2013 – Januari 2014 berkisar antara 12,7074541% sampai 44,327957%, sehingga nilai efektivitasnya tergolong rendah karena nilai OEE berada dibawah 85%.

## 2.2 Definisi Perawatan (*Maintenance*)

Menurut Assauri (2004) mendefinisikan *maintenace* merupakan kegiatan memelihara atau menjaga fasilitas pabrik dengan mengadakan perbaikan atau penggantian yang diperlukan supaya terdapat suatu keadaan operasional produksi yang memuaskan sesuai dengan yang direncanakan sehingga dapat mencegah kerusakan pada saat proses produksi berlangsung atau sebelum waktu tertentu. Sedangkan menurut Dhillon (2002) *maintenance* adalah semua tindakan yang tepat untuk mempertahankan item, komponen, peralatan dalam kondisi tertentu atau mengembalikannya ke kondisi semula atau kondisi yang diinginkan dengan menggunakan sumber daya yang tersedia. Dan menurut Sudrajat (2011) perawatan dapat didefinisikan sebagai suatu aktifitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas pemeliharaan suatu fasilitas agar fasilitas tersebut tetap dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi siap pakai.

Tujuan perawatan (*Maintenance*) adalah sebagai berikut:

1. Menjamin ketersediaan, keandalan fasilitas (mesin dan peralatan) secara ekonomis maupun teknis, sehingga dalam penggunaannya dapat dilaksanakan seoptimal mungkin.
2. Memperpanjang usia kegunaan fasilitas.
3. Menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas yang diperlukan dalam keadaan darurat.
4. Menjamin keselamatan kerja, keamanan dalam penggunaannya.

Sudrajat (2011)

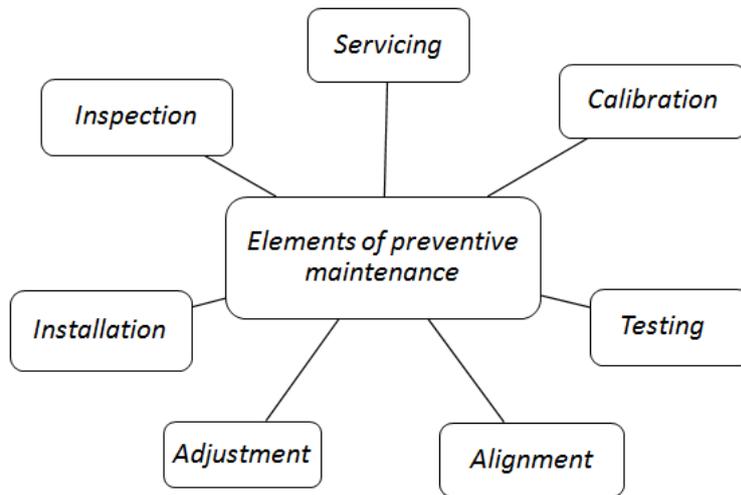
## 2.3 Jenis – Jenis Perawatan (*Maintenance*)

Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan dalam suatu perusahaan pabrik dapat dibedakan atas dua macam, yaitu: *Preventive Maintenance* dan *Corrective Maintenance* (Assauri, 2004).

### 2.3.1 *Preventive Maintenance* (Perawatan Pencegahan)

*Preventive Maintenance* (Perawatan Pencegahan) merupakan semua tindakan yang dilakukan secara terencana, periodik, dan dengan jadwal tertentu untuk menjaga peralatan dalam kondisi ideal dengan cara pengecekan dan rekondisi (Dhillon, 2002). Menurut Assauri (2004) *Preventive Maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan

menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan proses produksi.



Gambar 2.1 Elemen – Elemen pada *Preventive Maintenance*  
Sumber: Dhillon (2002.p.56)

Terdapat tujuh elemen *Preventive Maintenance* yaitu:

1. *Inspection* (Inspeksi): Inspeksi secara berkala pada komponen mesin dengan membandingkan sifat karakteristik komponen mesin tersebut secara fisik, elektrik, mekanik dengan standart yang digunakan.
2. *Servicing* (Servis): Seperti pembersihan, pelumasan, pengisian daya, pemeliharaan pada komponen secara berkala untuk mencegah dan meminimalisir terjadinya *failure*.
3. *Calibration* (Kalibrasi): pengkalibrasian secara berkala dengan menentukan nilai karakteristik komponen sesuai dengan standart yang ditetapkan.
4. *Testing* (Pengecekan): pengecekan dan pengujian secara berkala untuk memastikan *serviceability* dan mendeteksi penurunan performa terkait elektrik maupun mekanik dari komponen tersebut.
5. *Alignment*: Mengubah variabel dari komponen tertentu yang berfungsi untuk meningkatkan kinerja yang optimal.
6. *Adjustment*: Penyetelan komponen secara berkala dengan tujuan untuk meningkatkan kinerja yang optimal.
7. *Installation*: Penggantian komponen secara berkala sesuai dengan *life-time* komponen tersebut dengan cara mengetahui siklus keausan atau penurunan kinerja

dari komponen tersebut. Bertujuan untuk mempertahankan sitem bekerja dengan baik sesuai dengan toleransi kinerja sistem.

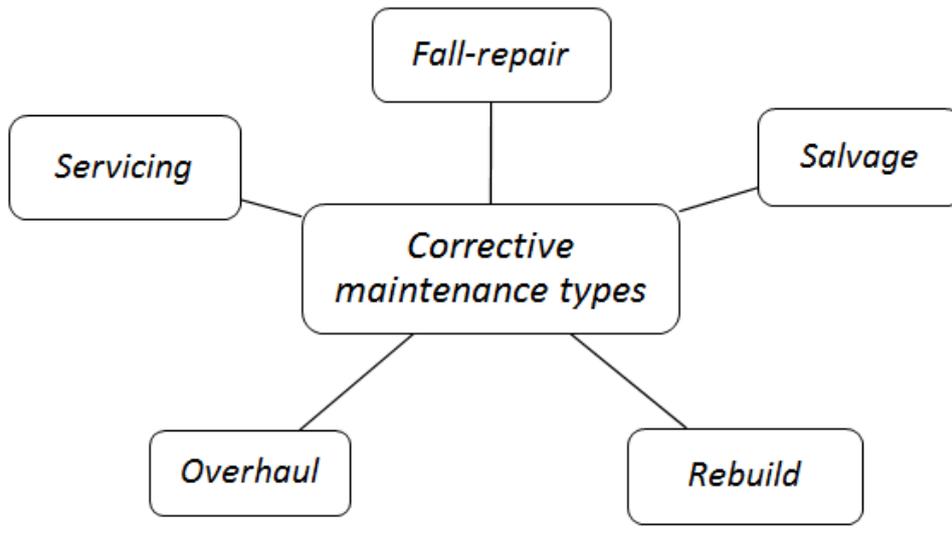
(Dhillon, 2002)

Menurut Sudrajat (2011) *Preventive maintenance* terbagi dalam 2 bagian yaitu sebagai berikut :

1. *Scheduled maintenance* adalah kegiatan perawatan yang terjadwal yaitu mencegah terjadi kerusakan dan perawatannya dilakukan secara periodik dalam rentang waktu tertentu. Kegiatan perawatan ini juga dikenal sebagai kegiatan perawatan berdasarkan waktu atau *time based maintenance*.
2. *Predictive maintenance* adalah kegiatan perawatan yang dilakukan dengan melihat kondisi dari mesin itu sendiri. Kegiatan ini dilakukan dengan cara tindakan pemeriksaan atau melakukan monitoring mesin secara rutin sehingga saat mesin menunjukkan gejala kerusakan, segera diambil tindakan perbaikan. Kegiatan perawatan ini juga dikenal dengan *condition based maintenance*. Dengan kegiatan perawatan ini diharapkan kondisi mesin dapat terjaga sehingga bisa mempertahankan keandalan mesin dan menjamin keselamatan kerja operator.

### 2.3.2 *Corrective Maintenance* (Perawatan Korektif)

*Corrective Maintenance* (Perawatan Korektif) adalah kegiatan perawatan atau tindakan perbaikan pada komponen yang terjadi setelah adanya kerusakan (Dhillon, 2002). Menurut Assauri (2004) *Corrective Maintenance* merupakan kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan atau kelainan pada fasilitas atau peralatan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik.



Gambar 2.2 Kategori *Corrective Maintenance*  
 Sumber: Dhillon (2002.p.73)

*Corrective Maintenance* diklasifikasikan menjadi 5 kategori, antara lain:

1. *Fail-repair*: Memperbaiki komponen yang rusak kekeadaan semula.
2. *Salvage*: Unsur dari perawatan korektif yang bersangkutan dengan pembuangan material yang tidak dapat diperbaiki lagi dan menggunakan material yang masih bisa digunakan untuk melakukan perbaikan, *overhaul*, atau mengatur ulang program.
3. *Rebuild*: Mengembalikan komponen ke bentuk standar dengan cara pembongkaran komponen, pemeriksaan komponen, perbaikan dan penggantian komponen yang tidak dapat diperbaiki sesuai dengan spesifikasi semula dengan toleransi produksi dan pemasangan berdasarkan produksi semula.
4. *Overhaul*: Memulihkan komponen ke kondisi perbaikan keseluruhan per standar perbaikan perawatan, dengan menggunakan pendekatan pemeriksaan dan perbaikan yang sesuai.
5. *Servicing*: Pada perawatan korektif contohnya seperti: perbaikan mesin yang dapat menyebabkan isi ulang *crankcase*, pengelasan.

Dhillon (2002)

### 2.4 Reliability (keandalan)

Menurut Ebeling (1997) keandalan atau *reliability* adalah suatu sistem probabilistik dimana ketika operasi berada pada suatu kondisi lingkungan, sistem akan menunjukkan fungsi yang dimaksud sesuai dengan selang waktu tertentu. Sedangkan menurut Mobley (2002) keandalan atau *reliability* didefinisikan sebagai probabilitas item, seperti produksi, utilitas dan proses produksi yang akan terus dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dengan mengurangi kegagalan dengan kondisi tertentu dan dalam periode tertentu.

Setiap fungsi *reliability* hanya mempunyai satu fungsi kerusakan yang dapat dibedakan menjadi beberapa distribusi yaitu distribusi eksponensial, distribusi normal, distribusi weibull (Jardine, 1973). Distribusi eksponensial digunakan untuk komponen atau sistem yang memiliki laju kerusakan konstan, sedangkan distribusi normal memiliki laju kerusakan meningkat dan distribusi weibull yang digunakan untuk komponen atau sistem yang laju kerusakannya tidak konstan.

#### 2.4.1 Distribusi Weibull

Distribusi ini awalnya diusulkan oleh Waloddi Weibull (1887-1979), beliau menggunakannya untuk memodelkan distribusi kekuatan patahan material. Pendekatan dari distribusi ini adalah terletak pada praktek, rekayasa yang berdasar pada penalaran teoritis yang terletak dalam penelitian tentang metode statistik dan teori probabilitas. Distribusi weibull merupakan distribusi yang digunakan untuk menggambar laju kerusakan yang meningkat maupun menurun.

Fungsi kepadatan probabilitas dari distribusi *Weibull* tiga parameter dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t-\delta}{\theta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\delta}{\theta}\right)^\beta} \dots\dots\dots (2-1)$$

Keterangan:

$$t \geq 0, \delta, \beta, \theta > 0$$

$\theta$  = parameter skala

$\beta$  = parameter bentuk

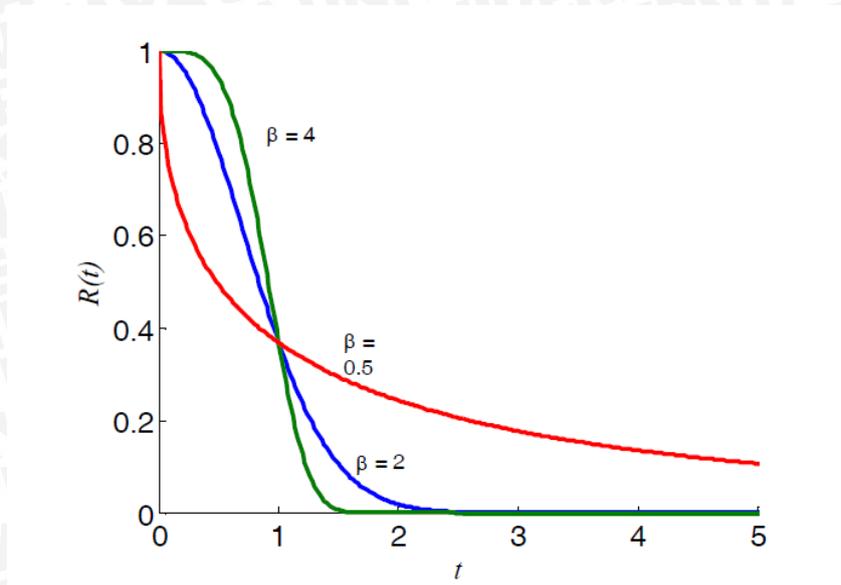
$\delta$  = parameter lokasi

Ben-Daya (2009)

Fungsi kepadatan probabilitas dari distribusi *Weibull* dua parameter dapat dirumuskan sebagai berikut:



$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \dots\dots\dots (2-2)$$



Gambar 2.3 Grafik fungsi kepadatan probabilitas distribusi Weibull dua parameter  
Sumber: Ben-Daya (2009)

Berdasarkan grafik fungsi kepadatan probabilitas distribusi Weibull dua parameter, fungsi distribusi kumulatifnya sebagai berikut:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \dots\dots\dots (2-3)$$

Fungsi keandalannya adalah sebagai berikut:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \dots\dots\dots (2-4)$$

Rata-rata waktu kegagalan:

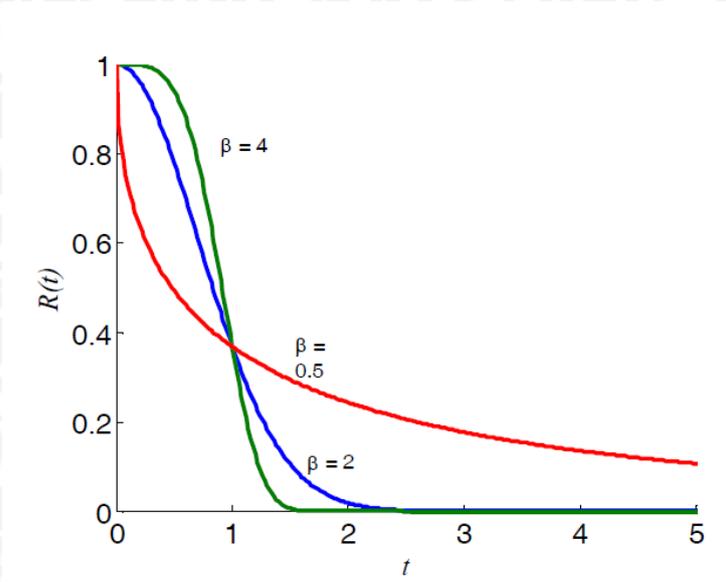
$$MTTF = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \dots\dots\dots (2-5)$$

Keterangan:

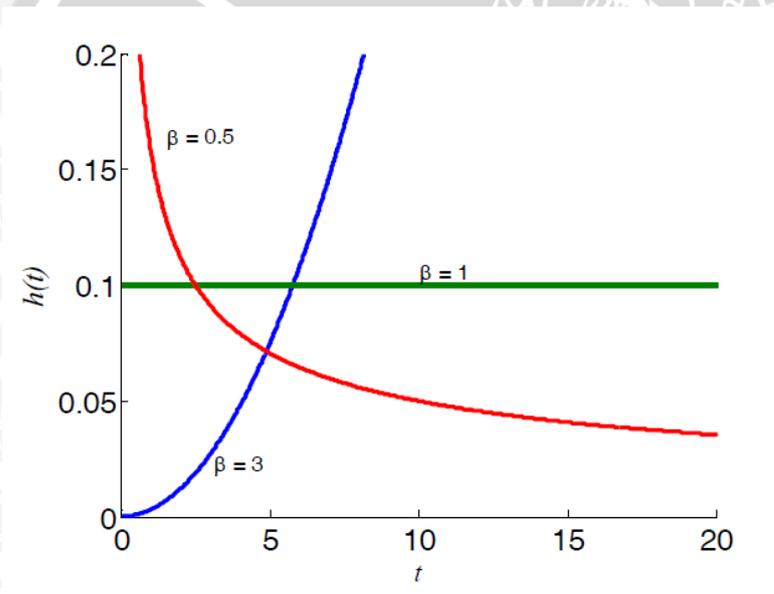
$$\Gamma = \text{fungsi gamma} = \Gamma(n) = \int_0^\infty e^{-x} x^{n-1} dx$$

Fungsi laju kerusakan adalah sebagai berikut:

$$h(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1} \dots\dots\dots (2-6)$$



Gambar 2.4 Grafik fungsi keandalan distribusi Weibull  
 Sumber : Ben-Daya (2009)



Gambar 2.5 Grafik laju kerusakan distribusi Weibull  
 Sumber: Ben-Daya (2009)

**2.5 Total Productive Maintenance (TPM)**

Sejarah singkat perkembangan TPM dibagi dalam 4 periode, yaitu sebelum tahun 1950-an bersifat perbaikan. Era tahun 1950 bersifat pemeliharaan pencegahan. Periode ini merupakan tahap penyusunan dari berbagai fungsi-fungsi pemeliharaan. Selain pemeliharaan pencegahan, pada era ini juga dikenal pemeliharaan pencegahan tahun 1954, pemeliharaan produktifitas atau mandiri tahun 1954, dan pemeliharaan perbaikan tahun 1957. Era tahun 1960 di Amerika Serikat, bersifat pemeliharaan produksi. Periode



ini merupakan reorganisasi pentingnya keandalan pemeliharaan dan efisiensi (Shirose, 2000). TPM merupakan pencapaian efisiensi pemeliharaan mandiri melalui satu sistem yang lengkap berdasarkan keikutsertaan seluruh karyawan. Selain itu, TPM gabungan dari beberapa ilmu tingkah laku (manusia dan mesin), rekayasa sistem, ekologi (perubahan mesin), dan logistik.

TPM dirancang untuk mencegah terjadinya suatu kerugian karena penghentian kerja, yang disebabkan oleh kegagalan dan penyesuaian, kerugian kecepatan yang diakibatkan dari penghentian minor dan pengurangan kecepatan, dan kerugian karena cacat yang disebabkan oleh cacat dalam proses dimulainya dan penurunan hasil dengan meningkatkan metode manufaktur dengan penggunaan dan pemeliharaan perlengkapan. Tujuannya adalah untuk memaksimalkan efisiensi sistem produksi secara keseluruhan (Shirose, 1992).

Definisi TPM dari beberapa sumber adalah sebagai berikut:

1. Menurut Pomorski (2004) TPM adalah peralatan yang terstruktur dan berpusat pada proses perbaikan berkelanjutan untuk mengoptimalkan efektivitas produksi dengan mengidentifikasi dan mengganti peralatan yang dapat menurunkan efisiensi pada sistem produksi melalui partisipasi seluruh karyawan.
2. Menurut Ahuja (2011) TPM merupakan kombinasi dari perawatan pencegahan Amerika yang digabungkan dengan konsep dari Jepang tentang manajemen kualitas total dan total keterlibatan karyawan.
3. Menurut Agustiadi dan Cudney (2015) TPM adalah pemeliharaan peralatan yang melibatkan personil pemeliharaan dan operator bekerja bersama dalam satu tim yang berfokus untuk menghilangkan kerusakan peralatan dan cacat yang berhubungan dengan peralatan tersebut.

TPM terdiri dari tiga kata yang memiliki arti:

*Total* : Mengusulkan untuk mempertimbangkan setiap aspek dan melibatkan semua karyawan dari posisi tertinggi sampai paling rendah.

*Productive* : Menekankan perawatan agar proses produksi terus berjalan dan meminimalisir kerusakan pada proses produksi.

*Maintenance* : Yang berarti perawatan mesin yang dilakukan oleh bagian operator produksi dengan baik seperti perbaikan, pembersihan, pelumasan dan menjadwalkan untuk kegiatan tersebut.

Ahuja (2011)

Tujuan TPM untuk meningkatkan kinerja adalah sebagai berikut:

1. Mengurangi kerugian
2. Permasalahan kualitas produksi berkurang
3. Kesehatan dan keselamatan kerja meningkat
4. Mengurangi biaya perawatan
5. Peningkatan *throughput*
6. Meningkatkan daya saing
7. Meminimalkan perawatan tidak terencana

Cudney et al (2013)

### 2.5.1 Target TPM

Berdasarkan Agustiadi dan Cudney (2015) target dari penerapan TPM adalah:

1. *Productivity (P)*
  - Keuntungan produktivitas meningkat hingga 1,5 sampai 2 kali lipat.
  - Minimal OEE menjadi 90%
  - Mesin dapat berjalan selama waktu istirahat
2. *Quality (Q)*
  - Komplain konsumen menurun hingga 75%
  - Mengurangi cacat produksi hingga 90%
3. *Cost (C)*
  - Penurunan biaya perawatan produksi hingga 30%
4. *Delivery (D)*
  - Pengiriman barang kepada konsumen mengalami kesuksesan hingga 100%
5. *Safety (S)*
  - *Zero accident*
  - *Zero pollution*
  - *Zero shutdown*
6. *Morale (M)*
  - Moral dan cara berpikir karyawan meningkat hingga 5 sampai 10 kali

### 2.5.2 Langkah-langkah TPM

Menurut Agustiadi dan Cudney (2015) langkah-langkah untuk penerapan TPM secara efektif pada suatu perusahaan adalah sebagai berikut:

#### A. Tahap persiapan

Langkah pertama: Pemberitahuan oleh manajemen kepada semua karyawan tentang pengenalan TPM dalam perusahaan. Pemahaman yang tepat, komitmen dan keterlibatan aktif dari manajemen sangat diperlukan untuk langkah ini. Program ini dibuat untuk seluruh karyawan oleh karena itu karyawan senior harus memiliki kesadaran untuk ikut berpartisipasi dalam program ini. Oleh karena itu pada tahap ini program TPM harus sudah diketahui oleh semua karyawan.

Langkah kedua: Pelatihan dini dan propaganda untuk TPM. Pelatihan dilakukan berdasarkan kebutuhan. Pada konsep utama membutuhkan pelatihan intensif dan pelatihan tambahan berupa moral. Keberhasilan dalam penerapan TPM terjadi jika konsep sudah matang dan dikembangkan pada seluruh area.

Langkah ketiga: Menyiapkan TPM dan membentuk organisasi untuk TPM. TPM meliputi perbaikan, perawatan mandiri, perawatan kualitas dll sebagai inti dasar struktur.

Langkah keempat: Menetapkan sistem kerja dan target TPM. Setiap area memiliki acuan dan target *Key Performance Indicators (KPI)* yang disediakan untuk memantau pencapaian yang telah dicapai.

Langkah kelima: Rencana utama untuk pelebagaan. Implementasi yang mengarah untuk melebagaikan dimana TPM menjadi kultur organisasi yang diinginkan.

#### B. Tahap pengenalan

Pada tahap ini *suppliers* diundang untuk memberikan pengetahuan tentang pentingnya mereka dalam mendukung kualitas produk. Relasi dari perusahaan dan perusahaan afiliasi bisa diundang agar terjadinya komunikasi yang baik antara perusahaan dan konsumen.

#### C. Tahap penerapan

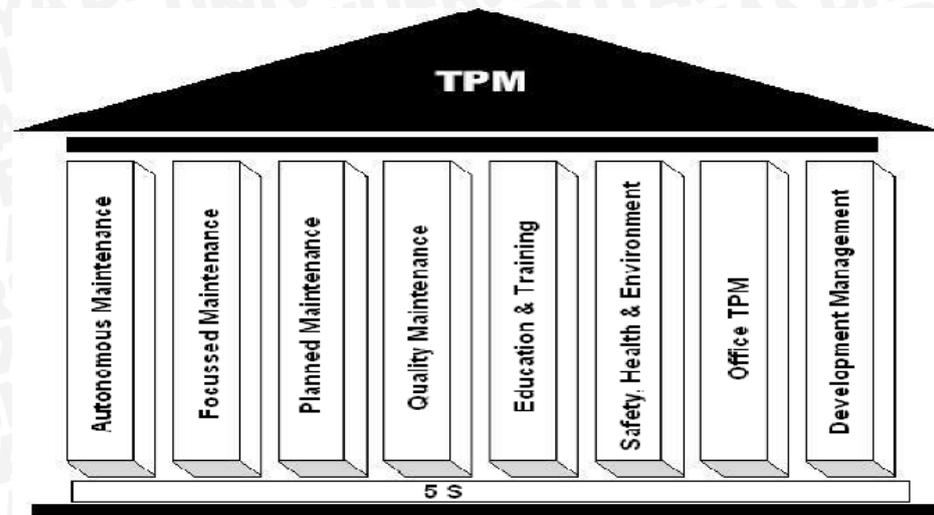
Pada tahap ini 8 pilar TPM akan di terapkan. Empat kegiatan yang dilakukan untuk menetapkan sistem:

- Efisiensi produksi
- Pengontrolan sistem pada produk dan peralatan terbaru
- Peningkatan efisiensi
- Pengontrolan keselamatan kerja

#### D. Tahap organisasi TPM

Pada tahap ini kematangan dari sistem harus diterapkan. Peningkatan pencapaian harus dicari setelah penerapan tersebut.

### 2.5.3 Pilar TPM



Gambar 2.6 Pilar TPM

Sumber: Ahuja (2011:426)

#### 1. Pilar pertama: 5S

*Total Productive Maintenance* dengan 5s, karena permasalahan tidak bisa dilihat dengan jelas ketika tempat kerja tidak tersusun. Lima S tersebut adalah konsep kehidupan sederhana dari masyarakat Jepang yang terdiri dari: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* dan *Shitsuke*. Dalam bahasa Indonesia 5S dikenal sebagai 5R yaitu Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin. Konsep 5s merupakan dasar dari tujuh pilar lainnya.

Tabel 2.1  
Konsep penerapan 5S

5S	Keterangan
<i>Seiri</i>	( <i>Sort/Clear</i> ) memilih item yang dibutuhkan dan tidak dibutuhkan
<i>Seiton</i>	( <i>Set in order/Configures</i> ) menata item sesuai dengan urutannya untuk memudahkan pengambilan
<i>Seisio</i>	( <i>Shine/Clean and Check</i> ) membersihkan tempat kerja dari kotoran dan debu
<i>Seiketsu</i>	( <i>standardize/Conformity</i> ) menetapkan standart yang tinggi untuk kebersihan dan perawatan tempat kerja
<i>Shitsuke</i>	( <i>Sustain/Custom and Practice</i> ) melakukan pelatihan dan memotivasi untuk meningkatkan kedisiplinan karyawan

Sumber: Melesse dan Ajit (2012)

## 2. Pilar kedua: *Autonomous Maintenance (Jishu Hozen)*

Yaitu penugasan pemeliharaan kepada operator untuk dapat melakukan pemeliharaan kecil. Pemeliharaan yang dapat dilakukan oleh bagian-bagian lain (operator) sebagai berikut:

- a. Membersihkan debu dan kotoran-kotoran lain yang mengganggu peralatan, perbaikan perbaikan ringan, memberikan pelumasan jika diperlukan, mengencangkan bagianbagian yang kendur.
- b. Mencegah datangnya debu dan kotoran-kotoran lain yang mengganggu, memikirkan cara-cara *maintenance* yang baik.
- c. Membakukan tata kerja *maintenance* pada kasus-kasus tertentu dan disepakati bersama.
- d. Melakukan pekerjaan-pekerjaan inspeksi dan perbaikan-perbaikan ringan.

## 3. Pilar ketiga: *Kaizen*

“*Kai*” diartikan sebagai perubahan (*change*), sedangkan “*Zen*” diartikan sebagai baik atau untuk lebih baik (*good*). Jadi *kaizen* adalah perubahan yang dilakukan untuk menjadi lebih baik. Pada dasarnya *kaizen* diartikan sebagai perbaikan terus menerus (*continous improvement*). Semangat *kaizen* berlandasan pada pandangan berikut:

- a. Hari ini harus lebih baik dari hari kemarin, dan hari esok harus lebih baik dari pada hari ini.
- b. Tidak boleh ada satu hari pun lewat tanpa perbaikan/peningkatkan.

- c. Masalah yang ditimbulkan merupakan suatu kesempatan untuk melaksanakan perbaikan/peningkatan.
  - d. Menghargai adanya perbaikan/peningkatan meskipun kecil.
  - e. Perbaikan/peningkatan tidak harus memerlukan investasi yang besar.
4. Pilar keempat: *Planned Maintenance*  
 Pemeliharaan adalah pekerjaan yang dilakukan untuk menjaga atau memperbaiki mesin agar tetap dalam keadaan yang dapat diterima.
  5. Pilar kelima: *Quality Maintenance*  
*Quality Maintenance* adalah cara mencapai mutu yang paling tinggi. Aktifitas *Quality Maintenance* akan menetapkan kondisi peralatan yang menghalangi pencapaian mutu.
  6. Pilar keenam: *Education and Training*  
 Pelatihan bertujuan agar karyawan mempunyai *skill* yang tinggi dan untuk meningkatkan mutu ketrampilan para karyawan. Tujuan akhir *education* dan *training* adalah meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam administrasi.
  7. Pilar ketujuh: *Office TPM*  
 Tujuan dari *Office TPM* adalah untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam administrasi.
  8. Pilar kedelapan: *Safety, Health and Environment*  
 Target pada pilar ini adalah aman dari kecelakaan, gangguan kesehatan pada semua area fungsional.

## 2.6 Six Big losses

Kegiatan dan tindakan yang dilakukan pada TPM tidak hanya berfokus pada penjejahan terjadinya kerusakan dan meminimalkan *downtime* mesin, tetapi banyak faktor yang dapat menyebabkan kerugian akibat rendahnya efisiensi dan produktifitas mesin. Rendahnya produktifitas mesin yang menimbulkan kerugian bagi perusahaan sering diakibatkan oleh penggunaan mesin yang tidak efektif dan efisien terdapat enam faktor yang disebut *six big losses*, yaitu:

### 2.6.1 Kerusakan peralatan (*Equipment Failure*)

Kerusakan peralatan (*breakdown losses* atau *equipment failures*) akan mengakibatkan waktu yang terbuang sia-sia yang mengakibatkan kerugian bagi perusahaan akibat

kurangnya volume produksi atau kerugian material akibat produk yang dihasilkan cacat.

Besarnya kerusakan peralatan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Breakdown Losses} = \frac{\text{Total breakdown time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2-7)$$

Keterangan:

*Breakdown losses* : kerugian mesin karena kerusakan (%)

*Total breakdown time* : total jam kerusakan mesin (jam)

*Loading time* : waktu operasi mesin (jam)

### 2.6.2 Kerugian waktu untuk menghidupkan dan menyetel pengaturan mesin (*Set Up and Adjustment Losses*)

Kerugian karena *set-up* dan *adjustment* adalah semua waktu *set-up* termasuk waktu *adjustment* dan juga waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan-kegiatan mengganti suatu jenis produk ke jenis produk berikutnya untuk produksi selanjutnya. Dengan kata lain total yang dibutuhkan mesin tidak berproduksi guna mengganti peralatan (*dies*) bagi jenis produk berikutnya sampai dihasilkan produk yang sesuai untuk proses selanjutnya. Besarnya kerugian karena *setting* mesin dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Setup and adjustment losses} = \frac{\text{Total setup and adjustment time}}{\text{Loading time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2-8)$$

Keterangan:

*Setup and adjustment losses* : kerugian karena waktu *setup* (%)

*Total setup and adjustment time* : waktu *setting* mesin (jam)

*Loading time* : waktu operasi mesin (jam)

### 2.6.3 Kerugian karena beroperasi tanpa beban maupun karena berhenti sesaat (*Idling and Minor Stoppage Losses*)

Kerugian karena beroperasi tanpa beban maupun karena berhenti sesaat muncul jika faktor eksternal mengakibatkan mesin berhenti berulang-ulang atau mesin beroperasi tanpa menghasilkan produk. Besarnya kerugian karena *idling and minor stoppage losses* dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Idling and minor stoppage losses} = \frac{\text{non productive time}}{\text{loading time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2-9)$$

Keterangan:

*Idling and minor stoppage losses* : kerugian karena mesin beroperasi tanpa beban

*Non productive time* : *operating time* – *actual productive time* (jam)

*Loading time* : waktu operasi mesin (jam)

#### 2.6.4 Kerugian karena penurunan kecepatan operasi (*Reduced Speed Losses*)

Menurunnya kecepatan produksi timbul jika kecepatan operasi aktual lebih kecil dari kecepatan mesin yang telah dirancang beroperasi dalam kecepatan normal. Menurunnya kecepatan produksi disebabkan oleh:

- Kecepatan mesin yang dirancang tidak dapat dicapai karena berubahnya jenis produk atau material yang tidak sesuai dengan mesin yang digunakan.
- Kecepatan produksi menurun akibat operator tidak mengetahui berapa kecepatan normal mesin sesungguhnya.
- Kecepatan produksi sengaja dikurangi untuk mencegah timbulnya masalah pada mesin dan kualitas produk yang dihasilkan jika diproduksi pada kecepatan produksi yang lebih tinggi.

Besarnya kerugian karena menurunnya kecepatan produksi dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Reduced losses} = \frac{\text{operating time} - \text{ideal production time}}{\text{loading time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2-10)$$

$$\text{Reduced losses} = \frac{\text{operating time} - (\text{ideal cycle time} \times \text{product})}{\text{loading time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2-11)$$

Keterangan :

*Reduced losses* : kerugian karena menurunnya proses produksi (%)

*Operating time* : waktu operasi mesin tanpa kerusakan (jam)

*Ideal cycle time* : waktu siklus ideal mesin (jam/buah)

*Product* : total produk yang dihasilkan (buah)

*Loading time* : waktu operasi mesin (jam)

#### 2.6.5 Kerugian karena produk cacat maupun karena kerja produk diproses ulang (*Process Defect Losses*)

Produk cacat yang dihasilkan akan mengakibatkan kerugian material, mengurangi jumlah produksi, limbah produksi meningkatkan dan biaya untuk pengerjaan ulang. Kerugian akibat pengerjaan ulang termasuk biaya tenaga kerja dan waktu yang dibutuhkan untuk mengolah dan mengerjakan kembali ataupun memperbaiki cacat produk. Besarnya kerugian karena produk cacat dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Process defect} = \frac{\text{ideal cycle time} \times \text{defect product}}{\text{loading time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2-12)$$

Keterangan:

*Process defect* : kerugian karena produk cacat (%)

*Ideal cycle time* : waktu siklus ideal (jam/buah)

*Defect product* : produk cacat (buah)

*Loading time* : waktu operasi mesin (jam)

### 2.6.6 Kerugian pada awal waktu produksi hingga mencapai kondisi produksi yang stabil (*Reduced Yield Losses*)

Kerugian waktu dan material yang timbul selama waktu yang dibutuhkan oleh mesin untuk menghasilkan produk baru dengan kualitas produk yang telah diharapkan. Besarnya kerugian karena *reduced yield* dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Yield Losses} = \frac{\text{ideal cycle time} \times \text{defect product}}{\text{loading time}} \times 100\% \dots\dots\dots (2-13)$$

Keterangan:

*Yield losses* : kerugian karena produksi belum mencapai keadaan stabil (%)

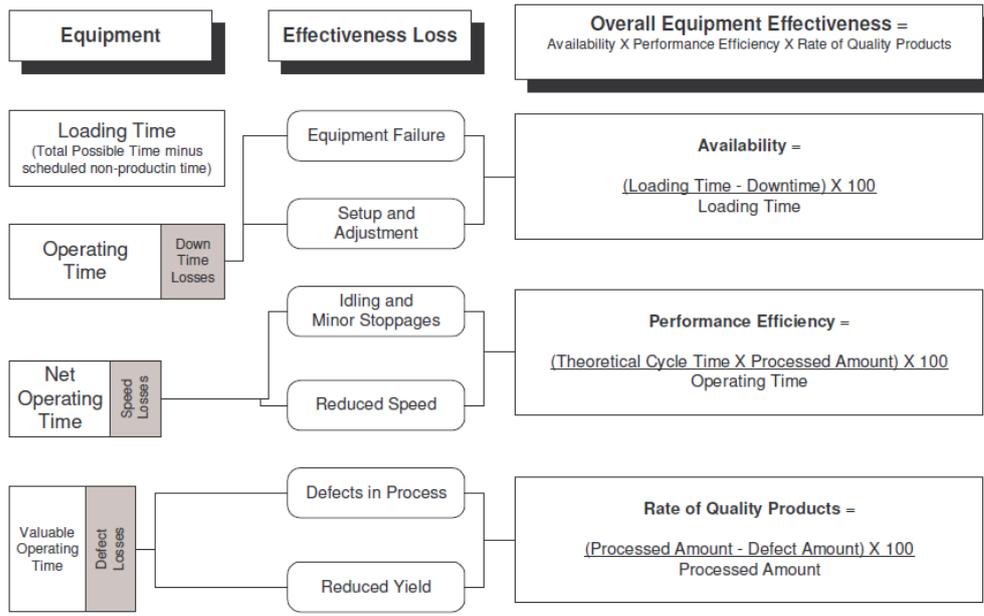
*Ideal cycle time* : waktu siklus ideal (jam/buah)

*Defect product* : produk cacat saat melakukan *setting* mesin (buah)

*Loading time* : waktu operasi mesin (jam)

### 2.7 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE merupakan produk dari *six big losses* pada mesin. Keenam faktor dalam *six big losses* dapat dikelompokkan menjadi tiga komponen utama dalam OEE untuk dapat digunakan dalam mengukur kinerja mesin, yaitu: *downtime losses*, *speed losses*, dan *defect losses*.



Gambar 2.7 Menghitung OEE berdasarkan six big losses  
 Sumber: Pomorski (2004: 78)

OEE merupakan ukuran menyeluruh yang mengidentifikasi tingkat produktifitas mesin dan kinerjanya secara teori. Pengukuran ini sangat penting untuk mengetahui area mana yang perlu untuk ditingkatkan produktifitas atau efisiensinya. OEE merupakan alat ukur untuk mengevaluasi dan memperbaiki cara yang tepat untuk menjamin peningkatan produktifitas penggunaan mesin. Standar nilai OEE yang ditetapkan oleh JIPM adalah minimal 85%.

$$OEE = \text{Availability} \times \text{Performance Efficiency} \times \text{Rate of Quality} \dots \dots \dots (2-14)$$

**2.7.1 Availability**

Availability merupakan rasio antara operation time (loading time – down time) dan loading time. Standar untuk indeks ketersediaan Availability yang ditetapkan oleh JIPM adalah minimal 90%.

$$\text{Availability} = \frac{\text{operation time}}{\text{loading time}} \times 100\% \dots \dots \dots (2-15)$$

Keterangan:

*Operation time* : waktu operasi yang tersedia tanpa *down time* (tanpa kerusakan)  
 (*Loading time – down time*) (%)

*Down time* : waktu berhenti mesin yang tidak terencana (jam)

*Loading time* : waktu operasi mesin (jam)

Ahuja (2011)



### 2.7.2 Performance Efficiency

*Performance Efficiency* adalah hasil perkalian dari jumlah produksi dengan waktu *setting* dibagi dengan waktu operasi (tanpa kerusakan). Standar nilai *Performance Efficiency* yang ditetapkan oleh JIPM adalah minimal 95%.

$$\text{Performance Efficiency} = \frac{\text{processed amount} \times \text{ideal cycle time}}{\text{operating time}} \times 100\% \dots\dots\dots(2-16)$$

Keterangan:

*Processed amount* : banyaknya jumlah produksi yang dihasilkan (buah)

*Ideal cycle time* : waktu siklus ideal (waktu melakukan *setting* ulang (jam/buah)

*Operating time* : waktu operasi yang tersedia tanpa *down time* (tanpa kerusakan) (jam)

Ahuja (2011)

### 2.7.3 Rate of Quality

*Rate of Quality* (tingkat kualitas) adalah efektifitas produksi berdasarkan kualitas produk yang dihasilkan. Standar untuk nilai *Rate of Quality* yang ditetapkan oleh JIPM adalah minimal 90%.

$$\text{Rate of Quality} = \frac{\text{Processed amount} - \text{defect amount}}{\text{Processed amount}} \times 100\% \dots\dots\dots(2-17)$$

Keterangan:

*Processed amount* : jumlah produk yang dihasilkan (buah)

*Defect amount* : jumlah produk cacat dalam proses produksi (buah)

Ahuja (2011)

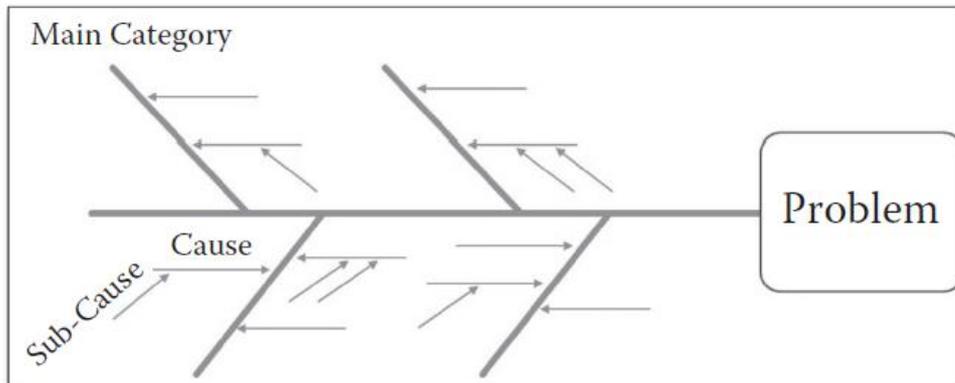
## 2.8 Diagram Sebab Akibat (*Cause and Effect Diagram*)

Diagram ini dikenal dengan istilah diagram tulang ikan (*fish bone diagram*) diperkenalkan pertama kalinya pada tahun 1943 oleh Prof. Kaoru Ishikawa (*Tokyo University*). Diagram ini berguna untuk menganalisis dan menemukan faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap penentuan karakteristik kualitas *output* kerja.

Untuk mencari faktor-faktor penyebab terjadinya penyimpangan kualitas hasil kerja, ada lima faktor penyebab utama yang signifikan yang perlu diperhatikan, yaitu:

- a. *Man* (manusia)
- b. *Method* (metode kerja)
- c. *Machine* (mesin)
- d. *Material* (bahan baku)

- e. *Mothernature* (lingkungan kerja)

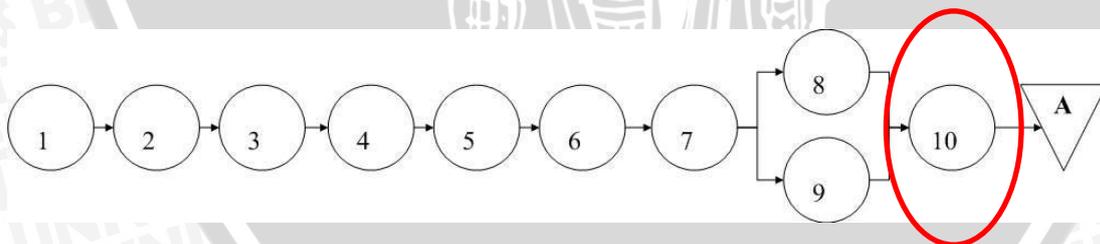


Gambar 2.8 Diagram sebab-akibat  
Sumber: Agustiadi dan Cudney (2015)

## 2.9 Lini Z

Lini Z adalah salah satu sistem proses produksi selongsong pada PT. Pindad. Mesin yang berada pada Lini Z adalah mesin yang sudah berumur cukup tua (mesin lama) oleh karena itu pada sistem produksi ini disebut dengan Lini Z. Meskipun mesin yang digunakan pada Lini ini cukup tua tetapi Lini ini tetap berjalan seperti Lini lainnya.

Dalam pembuatan selongsong terutama pada Lini Z terdapat beberapa proses yang dilakukan mulai dari proses produksi (*metal forming*), pengecekan dimensi, stempel munisi, hingga pengepakan. Berikut adalah proses produksi (*metal forming*) pada Lini Z:



Gambar 2.9 Proses produksi (*metal forming*) pada Lini Z

Keterangan proses:

1. *Drawing I*
2. *Drawing II*
3. *Cutting*
4. *Press I*

5. *Press II*
6. *Forming I*
7. *Forming II*
8. *Grooving*
9. *Grooving*
10. *Drilling*

#### A. Hasil produk langsung Lini Z

Proses pertama adalah *stretch*, dimana *brass cup* di proses pada mesin peregang untuk menambah panjang dari *brass cup* tersebut kemudian proses peregangan dilanjutkan pada proses *stretch* kedua. Selanjutnya adalah proses *cutting*, kuningan yang sudah berubah bentuk menjadi lebih panjang di potong ujungnya sesuai dengan desain langsung. Kemudian proses *press*, pada proses ini kuningan di *press* pada bagian bawah untuk lubang penggalak. Pada *press* yang pertama adalah pembuatan *anvil* dan kedalaman lubang penggalak, sedangkan pada proses *press* yang kedua adalah stempel diameter dari langsung. Setelah itu kuningan di bentuk lagi menjadi bentuk botol atau ujung langsung diperkecil sesuai dengan desain pada proses *forming I* dan *II*. Kemudian pada proses *grooving*, langsung di bubut pada bagian bawah untuk tempat pengait pada pistol saat memantik pelor. Pada proses *grooving* mesin yang beroperasi ada dua sehingga hasil produk dari mesin ini menjadi dua kali lipat. selain itu jika salah satu mati, maka proses produksi masih tetap berjalan. Proses yang terakhir adalah *drilling*, langsung di bor pada bagian bawah sebagai tempat lubang api atau tempat untuk memantik pelor saat di tembakkan.

#### 2.9.1 Mesin *Drilling*

Mesin produksi pada Lini Z yang dijadikan obyek penelitian adalah mesin *drilling*. Mesin *drilling* atau biasa yang disebut mesin bor digunakan untuk memberikan lubang pada dasar selongsong untuk tempat memantik api saat akan ditembakkan. Mesin ini menggunakan 2 bor tangan (*makita*), masing-masing bor memiliki fungsi yang sama untuk membuat lubang pada dasar selongsong tetapi hanya letaknya saja yang berbeda. Untuk penentuan letak lubang api digunakan sensor letak agar lubang api sesuai dengan desain.



Gambar 2.10 Mesin Drilling Lini Z  
Sumber: PT. Pindad Turen

## 2.10 Hipotesis

Dapat menghasilkan perencanaan sistem pemeliharaan TPM dengan analisis *six big losses* dan perhitungan OEE pada sistem produksi Lini Z di PT. Pindad Turen.

