

# USULAN PENERAPAN TPM DALAM RANGKA PENINGKATAN EFEKTIFITAS MESIN DENGAN OEE SEBAGAI ALAT UKUR DI PT XYZ

*Erni Krisnaningsih*

*Program Studi Manajemen Informatika Politeknik Piksi Input Serang*

[erni\\_krisnaningsih@yahoo.co.id](mailto:erni_krisnaningsih@yahoo.co.id)

**Abstrak** - Persaingan di industri kemasan kaleng saat ini sangat ketat sehingga setiap industri harus meningkatkan efektifitas mesin untuk dapat bertahan, bersaing dan menguasai pasar. Tujuan penelitian ini adalah menghitung tingkat efektifitas mesin, faktor-faktor penyebab rendahnya efektifitas, akar masalah yang dihadapi dan usulan penyelesaian yang berhubungan dengan perawatan mesin di PT XYZ. Pendekatan yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan adalah *Total Productive Maintenance*. *Total Productive Maintenance* adalah salah satu unsur manufaktur yang bertujuan meningkatkan efektifitas mesin. Indikator utama TPM adalah *Overall Equipment Effectiveness*. Hasil perhitungan OEE dalam penelitian ini adalah 65,43%. Analisa *Six big losses* yang dominan dengan menggunakan *pareto diagram* adalah *setup and adjustment losses* sebesar 62,84% dan *reduced speed losses* sebesar 29,18%. Untuk mencari akar permasalahan menggunakan teknik *5 way* dan selanjutnya digambarkan dengan *cause and effect diagram*. Permasalahan yang dihadapi oleh PT XYZ adalah faktor pemeliharaan mesin. Pelaksanaan *Autonomous Maintenance* dan *Focused Improvement* diharapkan dapat menyelesaikan masalah tersebut dan meningkatkan efektifitas mesin.

**Kata Kunci** : *Total Productive Maintenance, Overall Equipment Effectiveness, Six Big Losses, Cause and Effect Diagram, Autonomous Maintenance, Focused Improvement*

## I. PENDAHULUAN

Perusahaan kemasan kaleng adalah perusahaan yang membuat kaleng mulai dari bahan baku *tinplate* sampai menjadi kaleng. Bisnis kemasan kaleng merupakan tipe *business to business*, di mana produk yang dihasilkan akan digunakan oleh industri yang lain. Perusahaan kemasan kaleng di Indonesia hampir semuanya merupakan Perusahaan Modal Dalam Negeri (PMDN). Dengan banyaknya pemain industri kemasan kaleng menjadikan persaingan di bisnis ini semakin ketat. Hal ini dapat dilihat dari ketatnya persaingan kualitas produk, harga yang lebih *competitive* di antara sekian banyak perusahaan kemasan kaleng di Indonesia.

Dalam persaingan yang semakin ketat ini, hal utama yang harus diprioritaskan oleh PT XYZ agar dapat bertahan, bersaing dan menguasai pangsa pasar adalah dengan meningkatkan kinerja di lini produksi. Oleh karena itu pihak manajemen PT XYZ dalam hal ini pimpinan perusahaan harus mengetahui hal-hal apa saja yang dapat mendukung peningkatan kinerja di lini produksi. Kelancaran lini produksi perusahaan tidak terlepas dari kemampuan manajemen perusahaan dalam mengelola sumber daya perusahaan.

Peralatan merupakan sumber daya utama yang tidak terlepas dari sistem sumber daya secara keseluruhan yang dimiliki perusahaan. Kemampuan perusahaan dalam penerapan suatu teknologi harus ditunjang oleh kemampuan menjaga peralatan yang berkaitan dengan teknologi ini. Peralatan juga berkaitan dengan efektifitas mesin sehingga dalam jangka panjang akan berhubungan dengan pencapaian tujuan perusahaan.

Faktor lain yang melandasi peningkatan perawatan mesin dan kontrol kualitas adalah perubahan pasar yang sangat cepat dan banyaknya variasi produk yang ditawarkan. Hal tersebut secara otomatis akan meningkatkan peranan maintenance/perawatan mesin dan

dibutuhkan peralatan yang kompleks serta adaptasi teknologi serta mengakibatkan biaya produksi yang lebih, dan yang bisa memenangkan persaingan dalam kualitas akan menjamin kesuksesan dalam penerapan sistem manajemen yang baru.

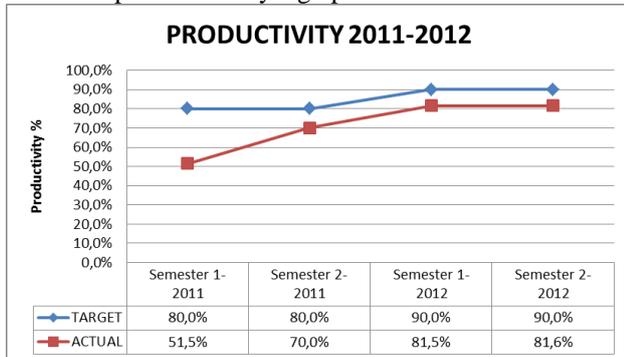
Untuk dapat menekan biaya produksi maka perusahaan harus beroperasi lebih efektif dan efisien. Perusahaan dituntut untuk dapat menyusun strategi operasinya dalam berbagai aspek dalam upaya untuk meningkatkan efisiensi dan efektifitas operasi. Berkaitan dengan upaya tersebut maka perusahaan harus senantiasa mencermati adanya pemborosan-pemborosan yang timbul seperti adanya produk cacat, biaya pemeliharaan yang besar dan sebagainya. Berkenaan dengan hal tersebut, perusahaan harus senantiasa mendahulukan aktifitas yang mengupayakan kualitas produknya agar dapat sesuai standar dengan mengevaluasi kinerja aktual, membandingkan kinerja dengan target dan menangani perbedaan yang terjadi.

Biaya yang timbul akibat pengendalian mutu/ kualitas akan selalu diupayakan minimal sehingga biaya total yang dikeluarkan untuk produksi seimbang dengan hasilnya. Hal yang dapat dilakukan oleh perusahaan adalah penerapan pemeliharaan mesin dengan baik yang memungkinkan perusahaan mengurangi pemborosan-pemborosan karena adanya produk cacat, kelambatan dan kemacetan mesin serta gangguan peralatan produksi. Dan ini berarti menekan biaya proses produksi selaras dengan pemeliharaan kualitas, pembentukan kerja sama tim yang kondusif dan pendidikan serta pelatihan untuk karyawan.

Seiring dengan perubahan lingkungan membuat maintenance dan pengawasan kualitas memerlukan penanganan yang baik. Pada kondisi ini dibutuhkan kebijakan yang efektif dalam strategi produksi khususnya yang menyangkut maintenance atau *quality control*. Perputaran kondisi peralatan membutuhkan kapasitas

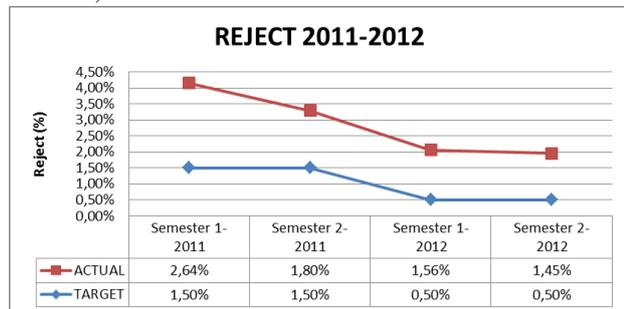
pengawasan yang lebih intensif, pengawasan kualitas dan kontrol biaya.

Jumlah produksi, kualitas produksi dan pemeliharaan mesin dalam suatu proses produksi adalah masalah yang saling berkaitan, secara traditional ketiga masalah tersebut sebenarnya terpisah. Masing-masing mempunyai kebutuhan sendiri-sendiri untuk tumbuh dan berkembang walaupun secara faktual diatas terdapat ketergantungan satu sama lainnya. Hal tersebut dalam proses produksi modern lebih memilih untuk menggabungkan sehingga akan memperoleh hasil yang optimal.



Gambar 1 Pencapaian aktual *productivity* 2011 sampai 2012 serta target KPI *Production* periode yang sama. (Sumber : Laporan produksi PT XYZ Tahun 2011 sampai 2012)

Persentasi produk cacat mesin *General Line* sejak tahun 2011 sampai tahun 2012 mengalami penurunan tetapi masih diluar target yang ditetapkan. Kesenjangan antara target dan aktual pada semester kedua tahun 2012 adalah 0,95%

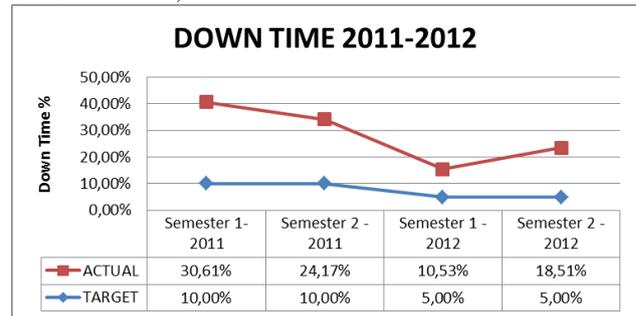


Gambar 2. Pencapaian aktual *reject* 2011 sampai 2012 serta target KPI *Production* periode yang sama. (Sumber : Laporan Produksi PT XYZ Periode 2011 sampai 2012)

Oleh karena itu tingkat produktifitas dan kualitas produk tidak hanya didasarkan pada proses produksi lagi, akan tetapi pada kinerja mesin produksi. Agar kinerja mesin produksi tetap dalam keadaan baik, maka perlu dilakukan suatu pemeliharaan yang optimal, seperti pemeliharaan pencegahan dan korektif yang terkontrol, memadukan pemeliharaan mesin dengan bagian terkait dalam lini produksi.

Permasalahan mesin yang dihadapi bagian *General Line* PT XYZ adalah masih tingginya persentasi *downtime* pada mesin GL1, GL2 dan GL3 yang tidak terencana yang diakibatkan oleh kerusakan mesin secara tiba-tiba, *set up*, *change over*, *preparation* dan *quality check*. Selama tahun 2011 sampai 2012 *downtime* yang disebabkan oleh tidak ada material adalah 0,35%. Dan *downtime* yang disebabkan tidak ada *operator* adalah

tidak tercatat di laporan. Tabel berikut adalah *down time* mesin periode 2011 sampai 2012. Kesenjangan antara target dan aktual *downtime* pada semester kedua tahun 2012 adalah 13,51%.



Gambar 3 Grafik Pencapaian aktual *down time* 2011 sampai 2012 serta target KPI *Engineering* periode yang sama.

(Sumber : Laporan Produksi Periode 2011 sampai 2012)

Hal ini mengakibatkan jumlah *output* produk yang dihasilkan kurang dari target yang telah ditetapkan yang akhirnya *shortage* material di pelanggan. Akibat lain adalah kualitas produk yang tidak sesuai dengan harapan pelanggan akan mengakibatkan masalah di pelanggan.

Penyebab masalah-masalah diatas antara lain kurangnya fokus dan perhatian perusahaan pada sistem pemeliharaan mesin secara keseluruhan. PT XYZ sedang berusaha fokus untuk meningkatkan pelayanan ke pelanggan dengan menfokuskan pada pengiriman produk yang tepat waktu, kualitas tinggi dan memberikan pelayanan/*service* yang sesuai keinginan pelanggan.

Untuk mengatasi permasalahan mesin tersebut diperlukan langkah-langkah untuk mendukung meningkatkan kinerja mesin dengan jalan penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM). Hal ini sejalan dengan beberapa penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa dengan metode TPM dapat meningkatkan *Overall Effectiveness Equipment* (OEE). Beberapa penelitian TPM terdahulu (Almenazel, 2010, hal. 522 ; Ottosson, 2009, hal. 48; Hegde et al, 2009, hal. 32; Imani et al, 2011, hal.5) menyatakan bahwa dengan TPM akan meningkatkan efektifitas mesin, meningkatkan komunikasi, dan team work.

## II. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Sistem Pemeliharaan Mesin

#### 2.1.1 Manajemen dan Pemeliharaan

Menurut Wiremen (2003, hal.60) menyebutkan bahwa dua puluh tahun yang lalu, *management executive* fokus pada peningkatan laba dalam jangka waktu yang singkat, dengan mengorbankan fisik aset. Perusahaan yang *best practice* melakukan pengembangan strategi perencanaan, membangun kekuatan, dan kelengkapan organisasi. Salah satu area yang menjadi perhatian perusahaan adalah fungsi pemeliharaan/manajemen aset. Perawatan adalah sangat penting agar perusahaan menjadi kompetitif dalam pasar dunia.

Jika fungsi pemeliharaan menjadi faktor yang berkontribusi dalam meningkatkan kompetitif perusahaan agar tetap bertahan, manajemen harus mengubah cara pandang terhadap pemeliharaan. Jika manajemen melakukan ini, perusahaan mempunyai tim pemeliharaan yang kuat, hal itu memberikan kontribusi terhadap

keuntungan. Sehingga manajemen akan fokus pada organisasi pemeliharaan.

**2.1.2 Equipment Service Level**

*Equipment service level* adalah indikator jumlah waktu dimana *equipment available* untuk pelayanan produksi dan operasi. Jumlah *equipment service level* berhubungan erat dengan biaya perawatan, dan menentukan tipe dari pemeliharaan yang dianut. Berdasarkan Wireman (2003, hal. 14) ada lima filosofi pemeliharaan yaitu :

1. Reactive Maintenance.
2. Corrective Maintenance.
3. Preventive Maintenance.
4. Predictive Maintenance.
5. Maintenance Prevention.

**2.2 Total Productive Maintenance (TPM)**

**2.2.1 Definisi TPM**

Menurut *Japanese Institute of Plant Engineers (JIPE)* dalam Sharma et al. (2006, hal.262) TPM didefinisikan sebuah strategi pemeliharaan yang berbasis tim untuk memaksimalkan efektifitas peralatan dengan menetapkan sistem pemeliharaan produktif secara menyeluruh meliputi seluruh peralatan mulai digunakan, memperpanjang usia peralatan dihubungkan dengan perencanaan, pemakaian dan perawatan serta keterlibatan semua orang, mulai dari top eksekutif manajemen sampai *operator* produksi. Hal ini menjelaskan sebuah hubungan yang sinergi semua fungsi organisasi dan TPM menjadikan *productive maintenance* melalui manajemen motivasi dan *small group activities* yang suka rela. TPM menuntut tipe struktur organisasi yang horisontal dengan sedikit jenjang otoritas sebagai pengganti tipe vertikal dengan banyak tahapan otorisasi.

Pendapat Nakajima (1988) dalam Sharma et al. (2006, hal 262) menyebutkan bahwa ada lima elemen dari konsep TPM yaitu ;

1. TPM bertujuan untuk memaksimalkan efektifitas peralatan
2. TPM menetapkan sebuah sistem yang sungguh-sungguh dari pemeliharaan peralatan selama dipakai
3. TPM diimplementasikan oleh banyak departemen dalam sebuah perusahaan
4. TPM melibatkan setiap karyawan, mulai dari top manajemen sampai karyawan di *shoop floor*
5. TPM adalah sebuah strategi yang agresif fokus pada perbaikan nyata pada fungsi dan desain peralatan produksi.

Mengutip Nakajima (1998) dalam Sharma et al. (2006, hal 262) kata "*Total*" dalam TPM mempunyai arti sebagai berikut :

1. *Total Effectiveness.*
2. *Total Maintenance.*
3. *Total Participation.*

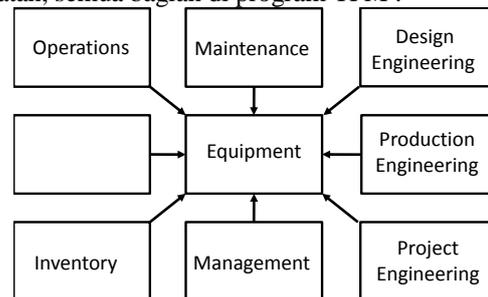
Menurut Wireman (2005, hal. 179) menyebutkan bahwa definisi TPM adalah tidak hanya aktifitas perawatan atau program *improvement* tetapi merupakan filosofi operasional dimana setiap orang dalam suatu perusahaan mengerti bahwa prestasi kerja individu berimbang kepada kapasitas peralatan .

Pendapat Borris ( 2006, hal. 4) definisi TPM adalah praktek dari *engineering* yang baik dan sederhana. TPM menuntut adanya solusi *root-cause analysis*. Baik di

lingkungan rumah sakit dan lingkungan *equipment service*, keduanya mengharuskan memastikan kegagalan tidak terulang lagi. Dan hasil yang diharapkan adalah berimbang kepada pelanggan dan keuntungan perusahaan. Versi TPM menerangkan bahwa cocok pada pengembangan industri yang modern dan dapat beradaptasi ke beberapa tipe *equipment* tidak hanya di industri alat berat.

**2.2.2 Tujuan TPM**

Tujuan TPM untuk menghilangkan semua *losses* dari pengoperation *equipment* hal ini untuk memastikan bahwa *overall equipment efficiency* (OEE) maksimal. Menghilangkan *losses* ini merupakan tanggung jawab masing-masing departemen. Oleh karena itu TPM merupakan filosofi operasional. Semua departemen berdampak kepada *utilization* dalam penanganan peralatan, semua bagian di program TPM .



Gambar 3. Ilustrasi dari filosofi TPM (Sumber : Wireman (2005, hal. 180))

Ditunjukkan dalam gambar 2.1. semua departemen harus fokus pada bagaimana berimbang pada peralatan. Gambar ini seperti dengan ilustrasi proses *Total Quality Management (TQM)*, TQM fokus pada produk, tetapi TPM fokus pada peralatan. Jika suatu perusahaan sukses dengan metode TQM, maka biasanya sukses dengan proses TPM.

Jika TPM adalah filosofi operasional, mempunyai tujuan dan sasaran yang tertentu. Tujuan TPM ( disebut juga pilar TPM) dan empat inisiatif pendukung. Tujuan itu adalah perbaikan yang berkelanjutan dari efektifitas peralatan. Suatu perusahaan menginginkan dan memastikan bahwa perusahaan di dunia mempunyai peralatan atau proses yang sama untuk poduk sejenis, yang menghasilkan produk yang maksimal. Dengan kata lain, kompetitor yang mempunyai *low cost producer*, akan menang dan meninggalkan perusahaan pesaing yang lain.

Sekarang *Low cost producer* dalam suatu kompetisi pasar ditentukan oleh bagaimana mengatur pekerjaan dan fokus pada mendapatkan *output* yang lebih banyak dengan aset yang sama dengan kompetitor. Hal ini adalah fokus dari filosofi TPM.

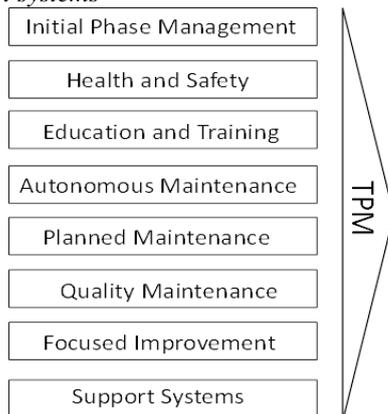
Filosofi TPM didukung oleh empat aktifitas *improvement*

1. Perbaikan perawatan yang efektif dan efisiensi
2. Fokus pada pengelolaan peralatan dari awal desain dan *maintenance prevention*
3. Pelatihan untuk meningkatkan kemampuan dari personil yang terlibat
4. Melibatkan *operator* dalam perawatan peralatan harian

**2.2.3 Delapan Pilar TPM**

Berdasarkan Borris (2006, hal. 7) menyatakan sekarang TPM merupakan rangkuman dari delapan bagian yang berbeda yang disebut dengan delapan pilar TPM. Masing-masing pilar mempunyai tanggung jawab area yang berbeda tetapi masing-masing area saling *overlap*. Kedelapan pilar itu adalah :

1. *Initial Phase Maintenance*
2. *Health dan Safety*
3. *Education and Training*
4. *Autonomous Maintenance*
5. *Planned Maintenance*
6. *Quality Maintenance*
7. *Focused Improvement*
8. *Support systems*

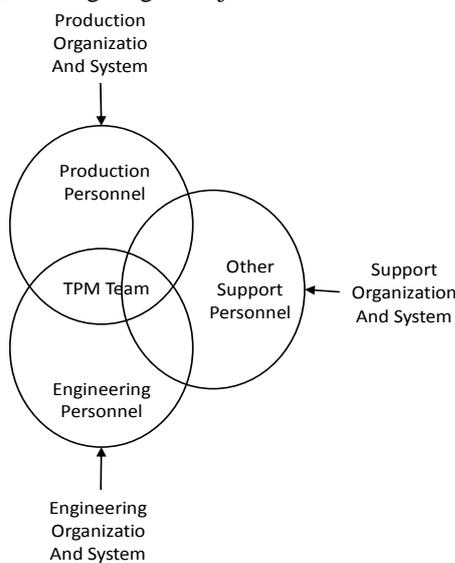


Gambar 4. Delapan pilar TPM (Sumber : Borris (2006, hal 8))

**2.2.4 Tim TPM**

Berdasarkan Wilson (2002,hal. 266) konsep TPM yang paling mendasar adalah Tim TPM. Ada beberapa tim yang ada di dalam pabrik terdiri dari *operator* produksi, pemeliharaan dan *engineering*. Seperti *operator* yang mengoperasikan mesin, *set up*, dan pemeliharaan aset manufaktur di departemen atau area (Gambar 2.3), setiap orang saling mendukung dalam suatu perusahaan.

Tim fokus pada kondisi dan *performance* pabrik, *tooling*, dan lingkungan kerja.



Gambar 5. Keanggotaan TPM Team (Sumber : Wilson (2002, hal. 266))

Esensial dari Tim TPM adalah melibatkan personal produksi dan *maintenance*. Kegagalan dan masalah di pabrik serta mesin akan diidentifikasi dan dipecahkan dengan melihat dari sisi produksi dan sisi *engineering*, jika solusi praktis disetujui lalu dilaksanakan.

**2.3 Overall Equipment Effectiveness (OEE)**

Pendapat Wireman (2005, hal.182 ) yang dimaksud OEE adalah *benchmark* untuk beberapa proses TPM. Jika tujuan yang nyata dari TPM adalah perbaikan terus menerus OEE, hal ini menjadikan OEE sebagai indikator utama dalam pelaksanaan TPM. OEE merupakan perkalian *equipment availability*, *performanace efficiency*, dan *quality rate*.

Indikator OEE fleksibel karena dapat dipakai berbasis harian, mingguan, dan bahkan bulanan. Kekuatan dari OEE adalah indikator ini sangat diperlukan bagi suatu perusahaan yang memulai inisiatif TPM. Kelemahan dari OEE tidak ada, kecuali salah penerapannya. OEE merupakan alat ukur untuk efektifitas mesin dan tidak untuk keefektifan semua pabrik, departemen, atau perusahaan. Perhitungan OEE aslinya dilakukan oleh *operator* dan orang *maintenance* untuk mendata perkembangan perbaikan dari mesin. Hal ini sulit dilakukan di level pabrik. Agar efektif, indikator ini harus fokus pada orientasi mesin.

Pendapat Borris (2006, hal.28) indikator TPM adalah mengukur *overall equipment effectiveness* (OEE). OEE adalah *breakdown* peralatan yang tidak hanya bersumber dari *losses* produksi, tetapi juga berjalan di bawah kapasitas, dan memproduksi dengan hasil yang cacat yang berimbas negatif. Untuk memastikan suatu mesin siap untuk dijalankan dan dapat memproduksi produk yang sesuai standar pada hasil yang maksimal dan mesin digunakan dalam kondisi baik. TPM mengukur ini dengan OEE.

OEE adalah hasil dari perkalian *availability*, *performance*, dan *quality*.

$$OEE = availability \times performance \times quality$$

(2.1)

**2.3.1 Equipment Availability**

Berdasarkan Borris (2006, hal.29) menyatakan *availabiliy* adalah perbandingan jumlah waktu dari peralatan dapat *running* menghasilkan produk yang baik dari total dapat *running*. Menurut Nakajima (1988, hal 22) *availability* adalah rasio *operating time* diluar *downtime* dibagi *loading time*. Dalam rumus matematika sebagai berikut :

$$Availability = \frac{Operating\ time}{Loading\ time} = \frac{Loading\ time - downtime}{Loading\ time}$$

Manajemen menyusun dan memutuskan definisi dari istilah *downtime* dan membuat prosedur menghitung *down time*. Hal ini harus sesuai standar industri. Akan sangat berguna jika dapat ditelusuri secara individu, hal ini membantu mencari akar masalah *breakdown*. Berapa banyak waktu yang diperlukan untuk tes, cek, *setup*, menunggu hasil, menunggu *engineer*, menunggu *operator*, menunggu produk, menjalankan produksi, *change over*, dan peralatan *downtime*.

Bahan pemecahan masalah dimana *losses* datang dari kelompok yang akan dibahas/dipecahkan. Seharusnya *performance* didasarkan pada *availability* untuk analisis mingguan atau *total availability issue*. TPM tertarik untuk memaksimalkan produksi dan setiap orang dalam perusahaan bertanggung jawab terhadap hal ini.

Sebuah argumen menerangkan bahwa untuk *test run quality* secara rutin adalah menunjukkan kurangnya keyakinan tentang *performance* mesin. Mesin tidak handal, tidak mempercayai kehandalan mesin, atau alasan yang lain. Tujuan TPM adalah menghindari tes yang tidak perlu, semua masalah harus diselesaikan.

TPM adalah teknik *cross-function*, bukan *maintenance* teknik. Merupakan kerjasama yang baik antara *maintenance* dan *operator* produksi yang paling dekat dengan produk. Tujuannya adalah untuk memperbaiki total *productivity* dari peralatan, tidak hanya perawatan saja. *Losses* dapat terjadi karena jadwal buruk atau akibat *set up* dan *losses* tes.

*Losses* yang lain disebabkan oleh *change over* produk. Misal *change over* produk A ke produk B, dipastikan bahwa produk B dapat dijalankan di lini ini. Setelah berhenti produk A maka mesin juga berhenti dan menyebabkan *downtime change over* dari produk A ke produk B. Untuk mengurangi *downtime change over* perlu adanya kerja sama antara *maintenance* dan *operator* produksi untuk memperpendek waktu *change over*.

**2.3.2 Performance Equipment**

Jika peralatan jalan dengan output lebih rendah dari kapasitas, itu berarti peralatan mempunyai masalah. Peralatan jalan dengan setengah kecepatan itu berarti sama dengan 50% *downtime*. Menurut Nakjima (1988, hal 23) *Performance efficiency* adalah perkalian dari *net operation rate* dan *operating speed rate*. Dalam rumus matematika adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Performance efficiency} &= \frac{\text{processed amount} \times \text{actual cycle time}}{\text{operating time}} \times \frac{\text{ideal cycle time}}{\text{actual cycle time}} \\
 &= \frac{\text{processed amount} \times \text{ideal cycle time}}{\text{operating time}}
 \end{aligned}$$

**2.3.3 Quality Product**

Pendapat Borris (2006, hal.31) menyatakan bahwa jika kualitas produk kurang dari 100%, berarti ada masalah. Jika kualitas rendah/produk gagal sampai ke pelanggan, berarti ini beresiko tidak hanya produksi turun tetapi kehilangan pelanggan. Jika mesin gagal untuk memproduksi barang yang sesuai standar, maka akan sering dilakukan tes untuk menangkap kegagalan tadi. Tujuan 100% selalu tidak bisa dicapai.

Definisi dari kualitas produk adalah rasio antara jumlah produk yang dapat diterima dengan total jumlah produk yang telah diproduksi (termasuk produk yang tidak bisa diterima). Menurut Nakajima (1988, hal 25) *quality rate of product* dalam rumus matematika sebagai berikut :

$$\text{Rate of quality product} = \frac{\text{processed amount} - \text{defect amount}}{\text{processed amount}}$$

Menurut McKone et al. (1996) dalam Wakjina dan Singh (2012, hal.29) menyebutkan TPM standar adalah sebagai berikut :

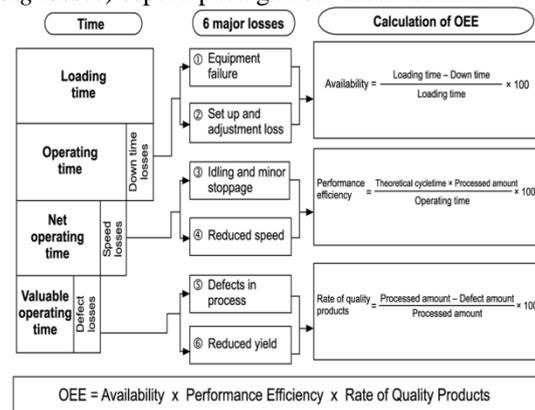
- *Availability* > 90 %
  - *Performance Efficiency* > 95 %
  - *Quality Product* > 99 %
- Sehingga OEE yang ideal adalah > 85 % sebagai *world class performance*.

**2.4 Six Big Losses**

Kunci obyektif TPM adalah menghilangkan atau meminimalisasi semua *losses* yang berhubungan dengan sistem manufaktur untuk meningkatkan OEE. Pada tahap awal inisiatif TPM fokus pada menghilangkan *six big losses*, dimana mengakibatkan OEE yang rendah hal ini menurut Gupta et al.,2001 dalam Ahuja dan Khamba (2008, hal. 724). *Six Big losses* meliputi :

1. *Equipment failure*
2. *Set up and adjustment loss*
3. *Idling and minor stoppage*
4. *Reduced speed*
5. *Defect in process*
6. *Reduced yield*

TPM bertujuan untuk meningkatkan OEE dengan menghilangkan akar masalah *losses*. Perhitungan OEE adalah dipengaruhi oleh *six major losses* ( sama dengan *six big losses*) seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 6. Six big losses

(Sumber : Ahuja dan Khamba (2008, hal.17))

Dalam Scdanibbio (2008, hal. 6) menurut Nakajima telah mengidentifikasi enam tipe kerugian yang berhubungan dengan peralatan, yang biasa disebut *Six Big Losses*. Secara detail akan diuraikan di bawah ini.

**2.4.1 Equipment Failure/Breakdwon**

Kerusakan mesin/peralatan merupakan perbaikan peralatan yang belum dijadwalkan sebelumnya dimana waktu yang diserap oleh kerugian ini terlihat dari seberapa besar waktu yang terbuang akibat kerusakan peralatan/mesin produksi. Masuk dalam kategori kerugian *downtime* yang menyerap sebagian waktu proses produksi (*loading time*). Kerugian ini *breakdown* akan mengakibatkan waktu yang terbuang sia-sia yang mengakibatkan kerugian bagi perusahaan akibat berkurangnya volume produksi.

**2.4.2 Set up and Adjustment Loss**

*Set up and adjustment losses* merupakan waktu yang terserap untuk pemasangan, penyetulan dan penyesuaian parameter mesin untuk mendapatkan spesifikasi yang diinginkan pada saat pertama kali mulai memproduksi komponen tertentu. 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 memproduksi

guna mengganti peralatan (*dies*) bagi jenis produk berikutnya sampai dihasilkan produk yang sesuai untuk proses selanjutnya.

#### **2.4.3 Idling and Minor Stoppages (Kerugian Karena Beroperasi Tanpa Beban Maupun Karena Berhenti Sesaat)**

*Idling* adalah peralatan beroperasi tanpa menghasilkan produk atau dengan kata lain memproses udara. Kerugian *idling* karena beroperasi tanpa beban dan peralatan/mesin beroperasi tanpa menghasilkan produk. *Minor stoppages losses* adalah peralatan berhenti sesaat muncul jika faktor eksternal mengakibatkan peralatan/mesin berhenti berulang-ulang.

*Idling and minor stoppages* merupakan kerugian akibat berhentinya peralatan karena terlambatnya pasokan material atau tidak adanya *operator* walaupun WIP tersedia. Masalah-masalah ini sering diabaikan sebagai penghapusan produk yang tidak dikehendaki sesuai masalah yang dihadapi, sehingga *zero idling and minor stoppages* menjadi tujuan utamanya. Kedua kerugian ini merupakan bagian yang menyumbang terhadap *speed losses*.

#### **2.4.4 Reduced Speed**

*Reduced speed* merupakan kerugian yang terjadi akibat peralatan yang dioperasikan di bawah standar kecepatan. Merupakan perbedaan antara desain *speed* dengan aktual *operating speed*. Alasan bagi perbedaan dalam hal kecepatan dapat menjadi masalah-masalah mekanikal, elektrikal, atau masalah-masalah kualitas. Menurunnya kecepatan produksi timbul jika kecepatan operasi aktual lebih kecil daripada kecepatan mesin yang telah dirancang beroperasi dalam kecepatan normal. Menurunnya kecepatan produksi antara lain disebabkan oleh:

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

#### **2.4.5 Defect in Process (Kerugian karena Produk Cacat maupun karena Kerja Produk Diproses Ulang)**

*Defect in process* adalah waktu yang terbuang untuk menghasilkan produk cacat, serta produk cacat yang dihasilkan akan mengakibatkan kerugian material, mengurangi jumlah produksi, limbah produksi meningkat, 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. Jumlahnya hanya sedikit akan tetapi kondisi seperti ini bisa menimbulkan masalah yang semakin besar.

#### **2.4.6 Reduced Yield (Kerugian pada Awal Waktu Produksi hingga Mencapai Kondisi Produksi yang Stabil)**

*Reduced yielded* adalah kerugian material yang timbul selama waktu yang dibutuhkan oleh peralatan/mesin untuk menghasilkan produk baru dengan kualitas produk

yang telah diharapkan. Kerugian yang timbul tergantung pada faktor-faktor seperti keadaan operasi yang tidak stabil, tidak tepatnya penanganan, dan pemasangan peralatan/mesin, cetakan (*dies*), ataupun *operator* tidak mengerti dengan kegiatan proses produksi yang dilakukan.

Menurut Davis dalam buku yang ditulis Wilson (2002, hal. 364) menerangkan bahwa pemaksimalan efektifitas peralatan berarti sarana terbaik untuk mengembalikan *capital aset* dari bisnisnya. Untuk meningkatkan efektifitas mesin dan peralatan yang digunakan harus diukur dan mengurangi *losses* selama mesin beroperasi. TPM dapat menghilangkan *six big losses*, hal ini yang menjadi fokus TPM.

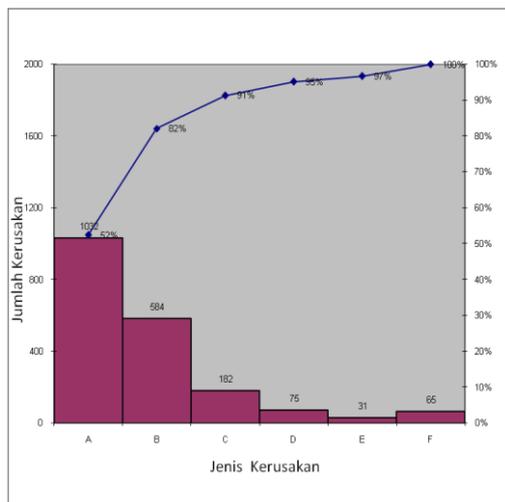
#### **2.5 Teknik-Teknik Perbaikan Kualitas**

Dalam buku karangan Goetsch dan Davis (2013, hal. 245) menyatakan bahwa karyawan dalam suatu organisasi di departemen manapun, karyawan dapat menggunakan beberapa teknik perbaikan kualitas yang menguntungkan dan perusahaan akan dapat bertahan dengan menggunakan teknik teknik tadi. Dalam implementasi teknik teknik kualitas tadi antara karyawan dan manajemen melakukan *cross-function*.

Teknik-teknik dasar kualitas yang dapat digunakan anatara lain *Pareto Diagram*, Diagram Sebab Akibat (*Cause and Effect Diagram*), lembar pengecekan (*Check Sheet*), Histogram, Diagram penyebaran (*Scatter Diagram*), Diagram alur (*Run Chart*, dan peta pengendali (*control chart*), dan analisis kemampuan proses. Akan tetapi yang akan diuraikan dalam tinjauan pustaka ini tidak semua, hanya yang berhubungan dengan bahasan yang akan dibahas, diantaranya teknik yang digunakan yaitu *pareto diagram* dan diagram sebab akibat (*cause and effect diagram*). Dimana teknik tersebut mempunyai kegunaan yang dapat berdiri sendiri maupun saling membantu antar satu teknik yang lain.

##### **2.5.1 Pareto Diagram**

*Pareto diagram* pertama diperkenalkan oleh seorang ahli ekonomi Italia yaitu Alfredo Pareto (1848-1923). *Pareto Diagram* adalah suatu gambar yang mengurutkan klasifikasi data dari kiri ke kanan dari yang terbesar hingga yang terkecil. Hal ini membantu pemecahan masalah yang paling penting untuk segera diselesaikan (rangking tertinggi) dan hingga masalah yang tidak perlu diselesaikan (rangking terendah). *Pareto Diagram* juga dapat mengidentifikasi masalah yang paling penting usaha dari perbaikan kualitas dan memberikan petunjuk dalam prioritas mengalokasikan sumber daya untuk menyelesaikan masalah.



**Gambar 7. Pareto Diagram**

(Sumber : Goetsch dan Davis (2013,hal. 246))

*Pareto diagram* juga dapat digunakan untuk membandingkan kondisi proses, misal ketidaksesuaian proses sebelum dan sesudah dilakukan tindakan perbaikan terhadap proses. *Prinsip pareto* adalah rumus 20:80, yaitu 20% dari masalah kualitas menyebabkan kerugian sebesar 80%.

Penggunaan *pareto diagram* merupakan proses yang tidak pernah berakhir misalnya dari gambar di atas, maka target perbaikan adalah masalah A. Jika program perbaikan berhasil maka di masa mendatang yang menjadi target perbaikan adalah masalah B. Demikian selanjutnya ke C, D dan seterusnya sehingga perbaikan dilakukan secara menyeluruh.

### 2.5.2 Cause and Effect Diagram

*Cause and effect diagram* disebut juga diagram sebab akibat dikembangkan oleh Dr Kaoru Ishikawa pada tahun 1943, sehingga sering disebut dengan diagram Ishikawa. Diagram Ishikawa menggambarkan garis dan simbol-simbol yang menunjukkan hubungan antara akibat dan penyebab suatu masalah. Diagram tersebut memang digunakan untuk mengetahui akibat dari suatu masalah untuk selanjutnya diambil tindakan perbaikan. Dari akibat tersebut kemudian dicari beberapa kemungkinan penyebabnya. Penyebab masalah ini berasal dari berbagai sumber misalnya, manusia, material, mesin, metode, lingkungan dan pengukuran.

Dari beberapa penyebab diatas dapat diturunkan menjadi beberapa sumber yang lebih kecil dan mendetail, misalnya dari manusia dapat diturunkan menjadi kepedulian, kecakapan, ketelitian dan pendidikan. Untuk mencari berbagai penyebab tersebut dapat ditempuh dengan *brainstorming* dengan melibatkan seluruh bagian yang terlibat di proses tersebut. Untuk mencari akar penyebab masalah menggunakan teknik menanyakan masalah sebanyak lima kali yang biasa disebut *five way*.

Selain digunakan untuk mencari penyebab utama masalah, diagram sebab akibat juga dapat digunakan untuk mencari penyebab minor yang merupakan bagian dari penyebab utama.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

Secara rinci tujuan penelitian dengan judul Usulan Penerapan TPM dalam rangka Peningkatan Efektifitas Mesin dengan OEE sebagai Alat Ukur di PT XYZ adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui dan menganalisis sampai sejauh mana perawatan mesin yang dilakukan sekarang dengan tingkat efektivitas mesin yang diharapkan PT XYZ.
2. Untuk mengetahui dan mengolah beberapa faktor yang mempengaruhi OEE dengan menggunakan perhitungan dan analisis *six big losses*
3. Untuk mengetahui akar masalah yang sebenarnya yang terjadi di *General Line*.
4. Sebagai pedoman manajemen untuk mengarahkan seluruh organisasi yang ada di PT XYZ ke arah peningkatan OEE dengan penerapan TPM agar mampu bersaing, bertahan dan berkembang.

### 3.1 Variabel Penelitian

Menurut Sugiyono (2007, hal. 33) hubungan antara satu variabel dengan variabel lain dalam penelitian dibagi menjadi :

1. *Variable Independent* (variabel bebas) adalah variabel yang mempengaruhi variabel lain (*Variable dependent*). *Variable independent* dalam penelitian ini adalah *Availability rate*, *Performance rate* dan *Quality rate*.
2. *Variable Dependent* (variabel tergantung) merupakan variabel yang dipengaruhi oleh variabel lain (*Variable independent*). *Variable Dependent* dalam penelitian ini adalah *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).

### 3.4 Perumusan Masalah dan Menentukan Tujuan Penelitian

Tahapan penelitian selanjutnya adalah identifikasi masalah. Masalah yang ditemui selanjutnya diidentifikasi untuk dikaji alternatif penyelesaiannya. Masalah yang akan dibahas adalah cara meningkatkan efektifitas mesin. Hal ini dilakukan dengan mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan kegagalan mesin tersebut serta memberikan usulan sebagai langkah awal penerapan TPM pada PT XYZ. Setelah Perumusan Masalah lalu tahapan penelitian adalah menentukan pernyataan tujuan penelitian.

### 3.6 Metode Pengumpulan Data

Menurut Tika (2006, hal. 57) menyatakan data penelitian dikumpulkan terdiri dari data primer dan data sekunder.

Metode yang digunakan dalam proses pengumpulan data penelitian adalah sebagai berikut :

1. Metode pengumpulan data melalui laporan Departemen Produksi, *Engineering (Maintenance)*, dan QA serta PPIC.
2. Observasi atau pengamatan, dilakukan untuk mendapatkan data-data yang berkaitan dengan waktu *down time* mesin rusak, *set up*, kekosongan yang terjadi, dan beberapa hal lainnya yang berkaitan dengan peralatan/mesin yang dipergunakan dalam proses produksi. Penelitian dilakukan dengan cara mengamati dan meneliti kondisi mesin yang ada di lokasi penelitian secara langsung melalui parameter yang tersedia.
3. Wawancara, pada penelitian ini wawancara dilakukan kepada *Operational Head*, *Engineering/Maintenance*, QA serta PPIC untuk memperoleh data primer mengenai praktek pelaksanaan program pemeliharaan dan data detail lainnya yang berkenaan

dengan pelaksanaan kebijakan-kebijakan perusahaan dalam bidang operational.

**3.7 Pengolahan dan Analisis Data**

Tahap pengolahan data dan analisa yang dilakukan penelitian ini adalah:

1. Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness*
2. Perhitungan *six big losses*
3. Menganalisis data dengan menggunakan *pareto diagram*.

Hasil pengolahan data digunakan untuk menganalisis seberapa besar tingkat efektifitas penggunaan mesin produksi dan juga untuk memperoleh penyelesaian dari masalah masalah antara lain :

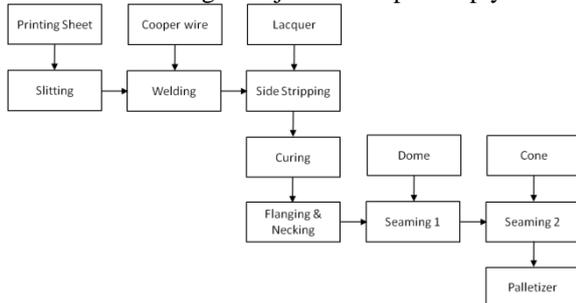
1. Analisis perhitungan OEE
2. Analisis *six big losses*
3. Analisis *pareto diagram*
4. Analisis *cause and effect diagram*
5. Usulan pemecahan masalah yang dilakukan berdasarkan hasil kajian pustaka dan pengolahan serta analisis data.

Berdasarkan hasil analisis dan uraian hasil pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dapat ditarik beberapa kesimpulan. Setelah didapat beberapa kesimpulan barulah diberi beberapa saran.

**IV. DATA DAN ANALISIS**

**4.1.4 Proses Produksi**

Dalam menjalankan proses produksi PT XYZ, bagian *General Line#3* dibagi menjadi beberapa tahap yaitu :



Gambar 9. Flow Chart Proses Produksi (Sumber : Data sekunder yang diolah)

1. *Slitting*. Dalam persiapan bahan baku ini di mulai dengan persiapan pada mesin *slitter*. Bahan baku *tinplate* dipotong lajur di mesin *1st operation slitter*. Dan kemudin dipotong baris di mesin *2nd operation slitter*. Kualitas yang diperhatikan adalah *squareness* dari hasil potongan. Tidak ada cacat *visual*.
2. *Welding*. Proses *Welding* adalah dimulai dari proses pembentukan *body* kaleng disebut proses *forming*. Pada tahap berikutnya adalah proses *welding* yaitu menyambung sisi kiri dan sisi kanan kaleng. Kualitas yang diperhatikan di proses *welding* adalah kematangan hasil *welding*. Tinggi kaleng harus rata tidak tinggi sebelah.Tidak ada cacat *visual*.
3. *Side Stripping*. Proses *side stripping* adalah proses pemberian *lacquer* pada sisi kaleng yang selesai di *welding*. Tujuan *side stripping* adalah melindungi kaleng dari karat. Kualitas yang diperhatikan adalah *side stripe bubble*
4. *Curing*. *Curing* adalah proses pengeringan setelah kaleng diberi *side stripping*. Tujuan agar kaleng sudah kering dari *side stripe* masuk ke proses berikutnya.

5. *Flanging & Necking*. *Flanging* adalah proses pembentukan bibir kaleng aerosol sisi bawah sebelum dipasang *dome* (tutup bawah). Proses *necking* adalah pembentukan leher sisi atas kaleng sebelum kaleng aerosol dipasang *cone* (tutup atas). Kualitas yang diperhatikan adalah cacat *visual*, tinggi dan lebar *flanging/necking*.
6. *Seaming#1*. *Seaming#1* adalah proses pemasangan *dome* pada kaleng aerosol. Kualitas yang diperhatikan adalah tinggi nominal, panjang *seamer*, tebal *seamer*, *body hook* dan *cover hook* serta diameter *dome*.
7. *Seaming#2*. *Seaming#2* adalah proses pemasangan *cone* pada kaleng aerosol. Kualitas yang diperhatikan adalah tinggi nominal, panjang *seamer*, tebal *seamer*, *body hook* dan *cover hook* serta diameter *cone*.
8. *Palletizer*. Proses *palletizer* adalah proses pengepakan kaleng aerosol menjadi kemasan dalam palet. Pada saat pengepakan yang diperhatikan adalah kualitas *visual*.

**4.2 Data Penelitian**

Data penelitian merupakan data yang dikumpulkan untuk digunakan sebagai bahan penelitian. Data-data tersebut terdiri dari data yang berkaitan dengan kapasitas dan waktu beroperasi mesin. Dan data hasil produksi yang meliputi hasil baik dan cacat.

**4.2.1 Data-data berkaitan dengan Mesin**

Mesin yang menjadi obyek penelitian adalah Mesin *General Line #3* dengan kapasitas produksi 4.031-8.633 kaleng/jam, biasa disebut *Unit per Hour* (UPH). Mesin beroperasi 2 shift selama 6 hari per minggu.

**4.2.2 Data-data waktu berkaitan dengan proses produksi**

Data waktu yang diperlukan untuk analisa efektifitas peralatan/mesin berkaitan dengan produksi yaitu waktu terjadinya kerusakan peralatan/mesin, waktu yang diperlukan untuk melakukan *setting* dan *change over* dari periode Januari sampai Desember 2013.

Beberapa Faktor yang menyebabkan *downtime* mesin pada mesin *General Line #3* pada tahun 2013 adalah :

1. *Mechanical Breakdown* (MBD), yaitu waktu yang dipakai untuk perbaikan karena adanya kegagalan komponen *mechanical* mesin. Biasanya ini terjadi karena mesin mengalami kegagalan ketika sedang beroperasi.
2. *Electrical Breakdown* (EBD), yaitu waktu yang dipakai untuk perbaikan karena adanya kegagalan komponen *electrical* mesin.
3. *Set up* adalah set parameter proses untuk mulai *running* mesin di awal shift atau setelah perbaikan mesin. Hal ini untuk memastikan bahwa spesifikasi produk dari pelanggan telah terpenuhi. Selesai *set up* mesin bisa *running* normal.
4. *Change Over*, yaitu waktu yang digunakan untuk ganti spesifikasi produk satu ke produk yang lain.
5. *Preparation & Quality Check*, yaitu persiapan box, material, palet dan lain-lain pada awal *shift* serta pengecekan kualitas kaleng pada produksi pertama kaleng yang dihasilkan.

Data aktual hasil produk dan jumlah cacat yang terjadi dari Januari sampai Desember 2013

Tabel 1. Data Produksi Periode Januari-Desember 2013.

Month	Production Output (pcs)	Yield losses (pcs)	Rework & Reject (pcs)	Good Product (pcs)
Jan	923,024	551	6,277	916,196
Feb	310,603	131	1,688	308,784
Mar	944,534	630	5,957	937,947
Apr	1,142,619	758	9,606	1,132,255
May	1,059,538	785	10,649	1,048,104
Jun	1,369,042	965	13,846	1,354,231
Jul	1,361,849	969	13,883	1,346,997
Aug	1,073,033	510	19,642	1,052,881
Sept	1,017,505	740	13,763	1,003,002
Oct	1,045,041	858	17,784	1,026,399
Nov	934,317	676	12,888	920,753
Dec	994,372	779	10,327	983,266
Total	12,175,477	8,352	136,310	12,030,815

(Sumber : Data sekunder yang diolah)

### 4.3 Perhitungan Efektifitas Peralatan/Mesin (OEE)

Untuk menganalisis efektifitas peralatan/mesin digunakan data berkaitan dengan proses produksi, pemeliharaan peralatan, data jumlah produksi dan data cacat. Selain analisis data diatas juga analisis *availability rate*, analisis *performance rate*, dan analisis *quality rate*.

#### 4.3.1 Perhitungan Availability Rate Peralatan Produksi

*Availability rate* menunjukkan tingkatan ketersediaan atau kesiapan mesin/peralatan produksi untuk digunakan dalam proses produksi. Suatu mesin atau peralatan produksi dengan tingkat *availability rate* tinggi menunjukkan bahwa peralatan/mesin tersebut selalu dalam kondisi siap pakai apabila sewaktu-waktu digunakan.

Berdasarkan data-data *downtime* maka dapat dihitung nilai *availability rate*. Dibawah ini adalah data-data untuk menghitung *availability rate* pada mesin produksi *General Line #3*.

Beberapa langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

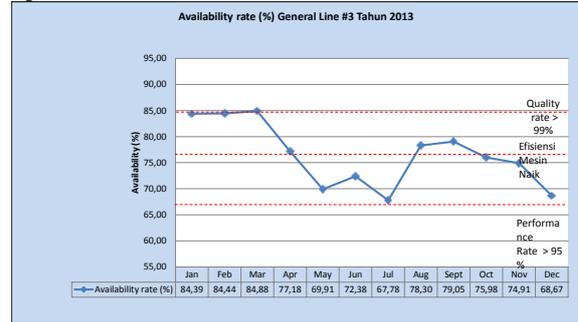
1. Menentukan jumlah waktu yang tersedia dalam satu bulan yaitu jam kerja tiap bulan dalam satuan jam. Untuk mesin *General Line #3* jam kerja tiap bulan adalah 525 jam.
2. Menghitung waktu *no schedule* mesin yaitu mesin tidak produksi karena *schedule* dari bagian PPIC.
3. Menghitung waktu *planned maintenance* yaitu waktu yang diperlukan oleh *Engineering* untuk melakukan perawatan mesin terjadwal . Untuk mesin *General Line #3* adalah 14 Jam per bulan.
4. Menghitung *downtime* yaitu terdiri dari *mechanical downtime*, *electrical downtime*, *set up and adjustment*, *change over*, persiapan dan cek kualitas.
5. Menentukan waktu operasi dengan menggunakan rumus waktu operasi sama dengan waktu beban-*downtime losses*.
6. Menghitung tingkat *availability rate* dengan penjelasan seperti di atas.

Tabel 2. Analisis Rata-Rata Bulanan Availability Rate Tahun 2013

Month	Total (hour)	No Schedule (hour)	Planned Maintenance (hour)	Loading Time (hour)	Downtime (hour)					Operating time (hour)	Availability rate (%)
					MBD	EBD	Set up	Change over	Preparation & Quality Check		
Jan	525	267.60	14	243.40	0.00	0.00	9.75	11.25	17.00	205.40	84.39
Feb	525	454.75	14	56.25	0.00	0.00	2.00	1.00	5.75	47.50	84.44
Mar	525	259.65	14	251.35	0.00	1.75	14.50	11.00	10.75	213.35	84.88
Apr	525	167.00	14	344.00	10.25	6.50	27.50	11.75	22.50	265.00	77.18
May	525	182.00	14	329.00	19.75	0.00	36.00	16.00	27.25	230.00	69.91
Jun	525	94.75	14	416.25	4.00	12.00	49.70	16.50	32.75	301.30	72.38
Jul	525	83.50	14	427.50	7.00	1.75	64.25	20.00	44.75	289.75	67.78
Aug	525	232.25	14	278.75	0.00	0.00	14.50	13.00	33.00	218.25	78.30
Sept	525	233.00	14	278.00	2.25	1.00	16.50	17.00	21.50	219.75	79.05
Oct	525	204.00	14	307.00	2.00	2.00	26.50	17.25	26.00	233.25	75.98
Nov	525	231.00	14	280.00	6.50	6.75	23.00	14.00	20.00	209.75	74.91
Dec	525	220.70	14	290.30	8.75	3.25	37.00	17.00	24.95	199.35	68.67
Average											76.49

(Sumber : Data sekunder yang diolah)

Dari perhitungan di atas didapatkan bahwa *availability rate* terendah pada bulan Juli 2013 sebesar 67,78%, *availability rate* tertinggi pada bulan Maret 2013 sebesar 84,88% dan rata-rata *availability rate* selama Januari sampai Desember 2013 adalah 76,49%



Gambar 10. Grafik Availability Rate

#### 4.3.2 Perhitungan Performance Rate Peralatan Produksi

*Performance rate* adalah rasio kuantitas produk yang dihasilkan dengan waktu siklus idealnya terhadap waktu yang tersedia untuk melaksanakan proses produksi. Atau ratio antara aktual *output* dengan jumlah produk yang bisa dihasilkan.

Analisis *performance rate* dimaksudkan untuk mengetahui sampai sejauh mana efisiensi peralatan/mesin yang digunakan untuk proses produksi. Analisis ini meliputi beberapa tahap sebagai berikut.

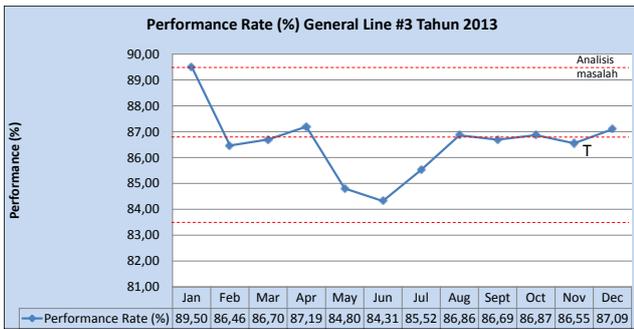
1. Menghitung waktu *cycle time (c/t)* teoritis untuk memproduksi satu kaleng yaitu C/T 0.417 detik untuk tinggi kaleng 104 mm dan C/T 0,893 detik untuk tinggi kaleng 276 mm. *Cycle time* di *General Line #3* berkisar antara 0,417 detik sampai 0,893 detik.
2. Menghitung jumlah produksi untuk tiap periode (bulan Januari sampai Desember 2013)
3. Menghitung waktu operasi rata-rata dari mesin *General Line #3* yang digunakan dalam proses produksi.
4. Menganalisis *performance rate* untuk masing masing periode dengan menggunakan data di bawah ini.

Tabel 3. Analisis Rata-Rata Bulanan Performance Rate Tahun 2013

Month	Cycle Time (second)	Production Output (pcs)	Operating Time (hour)	Performance Rate (%)
Jan	0.717	923,024	205.40	89.50
Feb	0.466	310,603	46.50	86.46
Mar	0.705	944,534	213.35	86.70
Apr	0.728	1,142,619	265.00	87.19
May	0.663	1,059,538	230.10	84.80
Jun	0.668	1,369,042	301.30	84.31
Jul	0.655	1,361,849	289.75	85.52
Aug	0.636	1,073,033	218.25	86.86
Sept	0.674	1,017,505	219.75	86.69
Oct	0.698	1,045,041	233.25	86.87
Nov	0.697	934,317	209.00	86.55
Dec	0.629	994,372	199.35	87.09
Average				86.55

(Sumber : Data sekunder yang diolah)

Dari data tersebut di atas *performance rate* terendah berada pada bulan Mei 2013 yaitu 84,31%. *Performance rate* tertinggi pada bulan Januari 2013 adalah 89,50%. Dan rata-rata *performance rate* pada periode Januari-sampai Desember 2013 adalah 86,55%.



Gambar 11 Grafik Performance Rate

4.3.3 Perhitungan Quality Rate Peralatan Produksi

Quality rate adalah rasio yang menunjukkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standar yang ditetapkan sebelumnya.

Berdasarkan data laporan produksi losses maka dapat dihitung nilai quality rate. Di bawah ini adalah formula untuk menghitung nilai quality rate pada mesin General Line#3

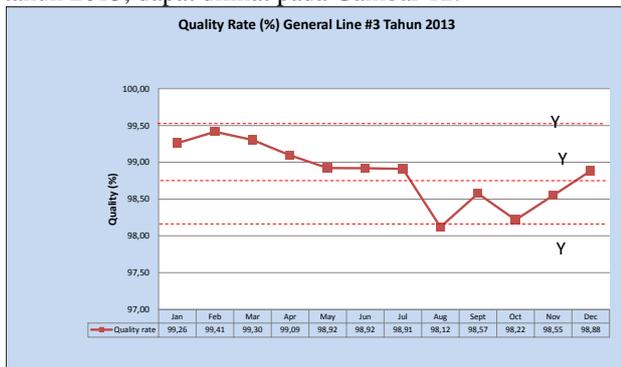
Dari hasil perhitungan di Tabel 4.5 terlihat bahwa tingkat mutu produk kaleng pada PT XYZ rata-rata pada angka 98,85% ( dengan menggunakan mesin General Line #3). Quality rate terendah terjadi pada bulan Agustus 2013 yaitu sebesar 98,12% dan quality rate terbaik adalah bulan Februari 2013 yaitu 99,41%.

Tabel 4. Analisa Rata-Rata Bulanan Quality Rate Tahun 2013

Month	Production Output (pcs)	Yield losses ( pcs)	Rework & Reject (pcs)	Good Product (pcs)	Quality rate (%)
Jan	923,024	551	6,277	916,196	99,26
Feb	310,603	131	1,688	308,784	99,41
Mar	944,534	630	5,957	937,947	99,30
Apr	1,142,619	758	9,606	1,132,255	99,09
May	1,059,538	785	10,649	1,048,104	98,92
Jun	1,369,042	965	13,846	1,354,231	98,92
Jul	1,361,849	969	13,883	1,346,997	98,91
Aug	1,073,033	510	19,642	1,052,881	98,12
Sept	1,017,505	740	13,763	1,003,002	98,57
Oct	1,045,041	858	17,784	1,026,399	98,22
Nov	934,317	676	12,888	920,753	98,55
Dec	994,372	779	10,327	983,266	98,88
Average					98,85

(Sumber : Data sekunder yang diolah)

Grafik quality rate menggambarkan kualitas selama tahun 2013, dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik Quality Rate

Tiga tahap analisis yaitu analisis availability rate, performance rate, dan quality rate telah dilalui, tahap berikutnya adalah menghitung besarnya efektifitas peralatan produksi tiap periode dari mesin General Line #3 dengan rumus sebagai berikut :

$$OEE = availability\ rate \times performance\ rate \times quality\ rate$$

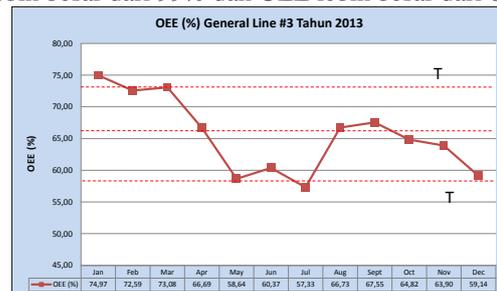
Tabel 5. Hasil Perhitungan Rata-Rata Bulanan OEE Tahun 2013

Month	Availability rate (%)	Performance Rate (%)	Quality rate (%)	OEE (%)
Jan	84.39	89.50	99.26	74.97
Feb	84.44	86.46	99.41	72.59
Mar	84.88	86.70	99.30	73.08
Apr	77.18	87.19	99.09	66.69
May	69.91	84.80	98.92	58.64
Jun	72.38	84.31	98.92	60.37
Jul	67.78	85.52	98.91	57.33
Aug	78.30	86.86	98.12	66.73
Sept	79.05	86.69	98.57	67.55
Oct	75.98	86.87	98.22	64.82
Nov	74.91	86.55	98.55	63.90
Dec	68.67	87.09	98.88	59.14
Average	76.49	86.55	98.85	65.43

(Sumber : Data sekunder yang diolah)

Dari perhitungan OEE pada Tabel 5. didapatkan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan nilai OEE tertinggi pada bulan Januari 2013 sebesar 74,97% ini dipengaruhi oleh nilai availability rate 84,39%, performance rate 89,50% dan quality rate 99,26%
2. Sebaliknya perhitungan nilai OEE terendah terjadi pada bulan Juli 2013 sebesar 57,33%, hal ini dipengaruhi oleh availability rate 67,78%, performance rate 85,52% dan quality rate 98,91%.
3. Rata-rata OEE selama periode Januari sampai Desember 2013 adalah sebagai berikut 65.43%, hal ini dipengaruhi oleh rata-rata availability rate 76.49%, performance rate 86,55% dan quality rate 98,85%.
4. Dari data analisis OEE dapat disimpulkan bahwa nilai OEE pada General Line#3 dapat dikategorikan dalam kondisi kurang memenuhi standar world class manufacturing. Nilai OEE perusahaan bisa dikatakan world class manufacturing dengan kriteria sebagai berikut : availability rate lebih besar dari 90%, performance rate lebih besar dari 95%, quality rate lebih besar dari 99% dan OEE lebih besar dari 85%.



Gambar 13. Grafik Overall Equipment Effectiveness

4.4 Perhitungan Six Big Losses

TPM bertujuan untuk meningkatkan OEE dengan menghilangkan akar masalah losses. Perhitungan besarnya persentase six big losses seperti pada uraian detail dibawah ini.

4.4.1 Equipment Failure / Breakdown

Besarnya persentase efektifitas mesin yang hilang akibat equipment failure dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Equipment\ failure = \frac{Total\ equipment\ failure}{Loading\ Time} \times 100\%$$

*Equipment failure* tertinggi terjadi pada bulan Mei 2013 sebesar 6,00%. *Equipment failure* terendah terjadi pada bulan Januari, Februari dan Agustus 2013 adalah sebesar 0%, dan rata-rata *equipment failure* selama periode tahun 2013 adalah sebesar 2,40%.

**4.4.2 Set up and Adjustment Loss**

Besarnya persentase *Downtime Set up and Adjustment loss* adalah sebagai berikut:

$$\text{Set up \& Adjustment} = \frac{\text{Total set up \& adjustment time}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

PT XYZ dalam laporan bulanan menyebutkan *change over* adalah waktu yang digunakan untuk mengganti atau penyesuaian peralatan (*dies*) bagi jenis produk berikutnya sampai dihasilkan produk yang sesuai untuk proses selanjutnya.

Persentase *Set up and adjustment losses* tertinggi terjadi pada bulan Juli 2013 adalah sebesar 30,18%. *Set up and adjustment* terendah terjadi pada bulan Maret adalah sebesar 14,42%. Dan rata-rata *set up and adjustment* selama tahun 2013 adalah sebesar 21,11%.

**4.4.3 Idling and Minor Stoppages**

*Idle and minor stoppages* pada mesin *Genral Line #3* selama tahun 2013 adalah 0%. Tidak ada catatan *downtime* terhadap *material shortage/delay* dan masalah *operator*.

**4.4.4 Reduced Speed**

Besarnya persentase *Reduced speed losses* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Reduced speed losses} = \frac{\text{Operating time} - (\text{ideal cycle time} \times \text{Total Product})}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

**4.4.5 Process Defect Losses**

Untuk mengetahui besarnya persentase *rework and defect losses* dapat digunakan sebagai berikut :

$$\text{Rework \& Reject Losses} = \frac{\text{ideal cycle time} \times (\text{rework \& reject})}{\text{loading time}} \times 100\%$$

**4.4.6 Reduced Yield**

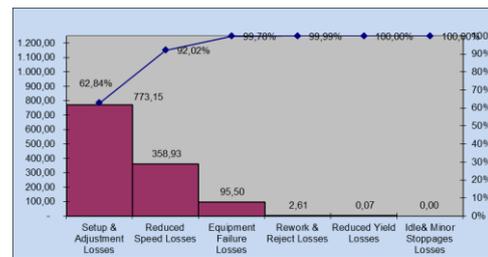
$$\text{Reduced Yield} = \frac{\text{ideal cycle time} \times (\text{reduced yield})}{\text{loading time}} \times 100\%$$

Agar efektifitas peralatan maksimal berarti sarana terbaik untuk mengembalikan *capital aset* dari bisnis. Untuk meningkatkan efektifitas mesin dan peralatan yang digunakan harus diukur dan mengurangi *losses* selama mesin beroperasi. TPM dapat menghilangkan *six big losses* hal ini yang menjadi fokus. Di bawah ini adalah resume *six big losses* di *General Line #3*

**4.5 Pareto Diagram**

Dari data *six big losses* dibuat *pareto diagram* untuk menentukan skala prioritas perbaikan di *Genral Line #3*.

Bahwa persentase terbesar *six big losses* pada kategori *set up & adjustment losses* sebesar 62,84%, kemudian kategori *reduced speed losses* sebesar 29,18%, *equipment failure losses* 7.76%, *rework & reject losses* sebesar 0,21% dan *reduced yield* sebesar 0,01% terakhir *idle & minor stoppage* sebesar 0%. Setelah dibuat tabel persentase kumulatif kemudian dibuat *pareto diagram* seperti di bawah ini.



Gambar 14. Pareto Diagram Six big Losses

Pada gambar 14 tersebut menggambarkan bahwa persentase kumulatif > 80% pada *six big losses* adalah kategori *set up & adjustment losses* sebesar 62,84% dan *reduced speed losses* sebesar 29,18%.

Berdasarkan *pareto diagram* dari *six big losses*, kedua *losses* di atas menjadi perhatian dan fokus pada *improvement* di PT XYZ dan akan dilakukan pemecahan masalah pada bagian pembahasan.

**V. PEMBAHASAN**

**5.1 Temuan Utama**

Temuan utama pada penelitian ini adalah meliputi temuan OEE dan *six big losses* yang akan dijelaskan di bawah ini.

Pertama, rata-rata OEE mesin *General Line#3* selama periode Januari sampai Desember 2013 adalah kurang lebih 65%. OEE terendah pada bulan Juli sekitar 57% dan tertinggi pada bulan Januari sebesar 75%. Besarnya *availability, performance* dan *quality product rate* sebanding dengan tinggi dan rendah OEE selama tahun 2013.

Kedua, urutan persentase dari kategori yang terbesar *six big losses* pada mesin *General Line #3* adalah sebagai berikut: *set up and adjustment losses, reduced speed losses, equipment failure losses, rework and reject losses, dan reduced yield, serta idle & minor stoppages*.

Analisa terhadap penyebab faktor-faktor *six big losses* yang mengakibatkan rendahnya efektifitas mesin dalam perhitungan OEE dilakukan dengan menggunakan *cause and effect diagram*. Analisa dilakukan akan lebih efisien jika hanya diterapkan pada faktor-faktor *six big losses* yang dominan seperti pada *pareto diagram* di atas 80% yang telah dibuat yaitu *set up & adjustment losses* dan *reduced speed losses*. Melalui diagram ini dapat diketahui penyebab tingginya *set up & adjustment losses* dan *reduced speed losses* tersebut secara lebih terperinci.

Analisa faktor-faktor yang berpengaruh untuk menemukan penyebab utama *six big losses* perlu dilakukan analisa kualitatif mengenai karakteristik *man, machine, material* dan *method*.

**1. Cause and Effect Diagram untuk Set up and Adjustment Losses**

Mencari akar masalah yang sebenarnya yang terjadi di *General Line#3* dengan analisa *cause and effect diagram* untuk *set up and adjustment losses*. Semua waktu *set up and adjustment* adalah waktu penyesuaian dan juga waktu yang digunakan untuk kegiatan-kegiatan mengganti satu jenis produk ke satu jenis produk berikutnya untuk proses produksi selanjutnya. Menggunakan teknik pertanyaan 5 Why adalah seperti di bawah ini.

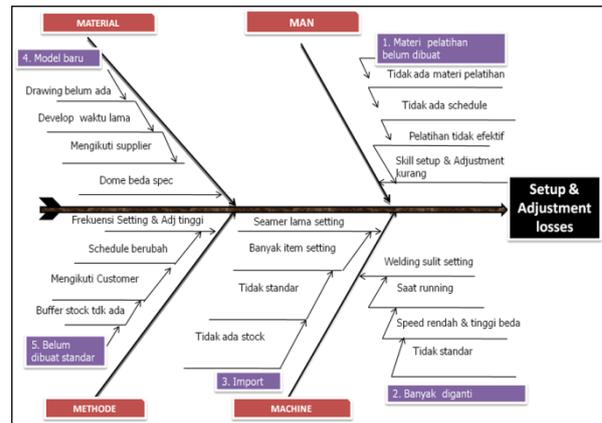
1. *Man* (Manusia ). Kurangnya *skill* dan kompetensi *operator* terhadap mesin dan peralatan ketika *set up and adjustment*.

- a. Mengapa *skill* dan kompetensi *operator* kurang? Karena pelatihan yang dilaksanakan tidak efektif
  - b. Mengapa pelatihan tidak efektif? Karena tidak ada *schedule*
  - c. Mengapa tidak ada *schedule*? Materi tidak ada
  - d. Mengapa materi tidak ada? Karena materi pelatihan yang baku belum dibuat.
2. *Machine* (mesin). Pengecekan parameter mesin *seamer* ketika *set up and adjustment* relatif lama.
    - a. Mengapa waktu relatif lama? Banyak item *tooling* yang di *setting*
    - b. Mengapa banyak item *tooling* yang *setting*? *Tooling* tidak standar
    - c. Mengapa *tooling* tidak standar? Karena persediaan suku cadang *tooling* tidak ada
    - d. Mengapa *tooling* tidak ada *stock*? Karena *import* memerlukan waktu yang relative lama.

Ketika *set up and adjustment* mesin *welding* sulit untuk mendapatkan parameter yang diharapkan

- a. Mengapa sulit mendapatkan parameter? Melakukan *setting* saat *running*
  - b. Mengapa saat *running*? Antara *speed* rendah dan tinggi kualitas berbeda
  - c. Mengapa kualitas berbeda? Mesin kurang standar
  - d. Mengapa kurang standar? Banyak diganti dengan material yang berbeda dengan yang awal.
3. *Material*. Material *dome* antara satu supplier dengan yang lain mempunyai spec kualitas yang berbeda sehingga memerlukan perlakuan khusus saat *setting seamer*
    - a. Mengapa spesifikasi berbeda? Mengikuti spesifikasi pemasok
    - b. Mengapa mengikuti spesifikasi pemasok? Memerlukan waktu relatif lama untuk *developing* produk baru
    - c. Mengapa memerlukan waktu relatif lama? Belum ada *drawing*
    - d. Mengapa belum ada *drawing*? Karena model baru memerlukan proses yang relatif lama.
  4. *Method* (metode kerja). Frekuensi *setting* dan *change over* tinggi. Hal ini mengakibatkan total waktu *setting* lama
    - a. Mengapa frekuensi *setting* tinggi? *Schedule* sering berubah
    - b. Mengapa *schedule* sering berubah? Mengikuti *customer*
    - c. Mengapa mengikuti *customer*? *Buffer stock* tidak ada
    - d. Mengapa *buffer stock* tidak ada? Belum dibuat standar

Setelah data masing-masing penyebab diketahui lalu dilanjutkan dengan menggambar *cause and effect diagram* seperti di bawah ini.



Gambar 15. Cause and Effect Diagram untuk *Set up & Adjustment losses*

## 2. Cause and Effect Diagram untuk *Reduced speed losses*

Beberapa faktor yang mempengaruhi *reduced speed losses* adalah :

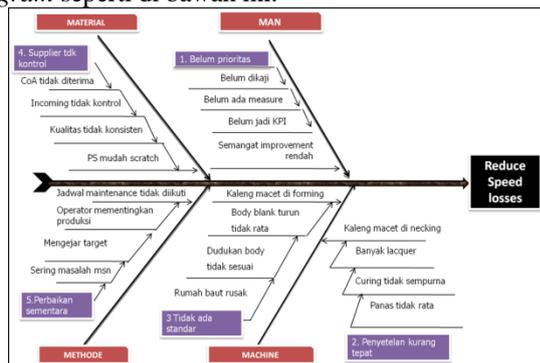
1. *Man* (manusia). Semangat *operator* untuk *improvement* mesin rendah.
  - a. Mengapa semangat *improvement* rendah? Target *improvement* belum dijadikan KPI bagi perusahaan
  - b. Mengapa tidak dijadikan KPI? Belum ada *measure* sebagai acuan
  - c. Mengapa tidak ada acuan? Belum dilakukan kajian
  - d. Mengapa tidak dilakukan kajian? Belum menjadi prioritas oleh *operator* maupun manajemen
2. *Machine* (mesin). Berikut ini adalah faktor dari mesin yang mempengaruhi *reduced speed losses*. Kaleng macet proses *necking* di sehingga mesin harus dimatikan dan jalan lagi
  - a. Mengapa macet? *Necking chuck* kotor
  - b. Mengapa *necking chuck* kotor? *Lacquer* masih basah dari proses *curing* tidak sempurna
  - c. Mengapa proses *curing* tidak sempurna? Panas tidak merata
  - d. Mengapa panas tidak merata? Penyetelan suhu dan kecepatan kurang tepat sehingga kecepatan mesin diturunkan agar mesin *running* normal.

Kaleng macet di *forming*

  - a. Mengapa macet di *forming*? *Body blank* turun tidak rata
  - b. Mengapa *body blank* turun tidak rata? Dudukan *body* tidak sesuai
  - c. Mengapa dudukan *body* tidak sesuai? Rumah baut rusak
  - d. Mengapa rumah baut rusak? Tidak ada baut yang standar mesin, sehingga kecepatan mesin diturunkan agar tidak terjadi macet.
3. *Material*. Material printing sheet mudah *scratch* mengakibatkan mesin *running* dengan *speed* pelan
  - a. Mengapa mudah *scratch*? Kualitas *printing sheet* tidak konsisten
  - b. Mengapa kualitas tidak konsisten? Sistem control *incoming* yang rendah
  - c. Mengapa sistem *incoming* kontrol rendah? CoA dari *supplier* tidak dikirim
  - d. Mengapa tidak dikirim? *Outgoing supplier* tidak kontrol

4. *Method* (metode kerja). Jadwal *Maintenance* tidak diikuti oleh *Engineering*
  - a. Mengapa tidak diikuti oleh *Engineering*? *Operator* mesin mementingkan *running*
  - b. Mengapa mementingkan *running* ? *Operator* mengejar target produksi
  - c. Mengapa mengejar target? Karena mesin sering masalah
  - d. Mengapa mesin sering masalah ? Karena perbaikan yang dilakukan sifatnya sementara, sehingga mesin produksi jalan dengan kecepatan yang tidak maksimal.

Setelah data masing-masing penyebab diketahui lalu dilanjutkan dengan menggambar *cause and effect diagram* seperti di bawah ini.



Gambar 16. *Cause and effect diagram* untuk *reduced speed losses*

### VI. KESIMPULAN

Hasil analisa dan perhitungan nilai OEE di mesin *General Line#3* PT XYZ, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengukuran tingkat efektifitas mesin dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* di PT XYZ pada mesin *General Line#3* yang perhitungannya dimulai dari bulan Januari sampai Desember 2013 menghasilkan nilai rata-rata sebesar 65,43%, hal ini dipengaruhi oleh rata-rata *availability rate* 76,49%, *performance rate* 86,55%, dan *quality rate* 98,85%.
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi OEE dengan analisa *six big losses* pada mesin *General Line#3* adalah *equipment failure losses* 2,40%, *set up and adjustment losses* 21,11%, *idle and minor stoppages* 0%, *reduced speed losses* 10,25%, *rework & reject losses* 0,07%, dan *reduced yield losses* 0%.
3. Berdasarkan analisa *pareto diagram* pada mesin *General Line#3* terdapat dua hal pokok yang menyumbang *losses* lebih dari 80% yaitu *set up and adjustment losses* dan *reduced speed losses*. Akar masalah utama yang terjadi untuk *set up and adjustment losses* dan *reduced speed losses* umumnya disebabkan oleh sistem pemeliharaan mesin yang tidak sesuai.
4. PT XYZ bagian produksi *General Line#3* dapat menerapkan pelaksanaan *Total Productive Maintenance (TPM)* sebagai *pilot project* hal ini dilihat dari syarat-syarat yang dimiliki perusahaan untuk menerapkan TPM. Pilar-pilar TPM yang

diusulkan adalah program *Autonomous Maintenance (AM)* dan program *Focused Improvement (FI)*.

### VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmed,T., Ali, S.M., Allama, M.M, & Parvez, M.S. (2010). A Total Productive Maintenance (TPM) Approach to Improve Production Efficiency and Development of Loss Structure in a Pharmaceutical Industry. *Global Journal of Management and Business Research*, Vol. 10, Issue 2 (Ver 1.0), 186-190.
- [2] Ahuja, I.P.S., & Khamba, J.S. (2008). Total Productive Maintenance, literature review and direction. *International journal of Quality and Reliability Management*, Vol 25, No. 7, 709-756.
- [3] Almeanazel, O.T. (2010). Total Productive Maintenance Review and Overall Equipment Effectiveness Measurement. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, Vol. 4, No. 4, 517-522.
- [4] Borris, S. (2006). *Total Productive Maintenance*. New York : McGraw-Hill
- [5] Dogra, M., Sharna, V.S., Sachdeva, A., & Dureja, J.S. (2011). *Journal of Engineering Science and Technology*, Vol. 6, No. 1, 1-16.
- [6] Goetsch, D., & Davis, S. (2013). *Quality Management for Organizational Excellence*, edisi 7. USA : Pearson Education, Inc.
- [7] Hegde, H.G., Mahesh, N.S., & Doss, K. (2009). Overall Equipment Effectiveness Improvement by TPM and 5S Techniques in a CNC Machine Shop. *Sastech*, Vol. 8, Issue 2, 25-32.
- [8] Imani T.W., Priyanta D.M., Gurning R.O.S, (2010). Implementasi *Total productive Maintenance* dengan Metode *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* untuk Menentukan *Maintenance Strategy* pada Mesin Tube Mill 303, Department of Marine Engineering, ITS-Undergraduate, Surabaya.
- [9] Heizer, J & Render, B. (2008). *Operation Management*, edisi 9. New Jersey : Pearson Education, Inc.
- [10] Kennedy, R. (2006). *Examining the Processes of RCM and TPM*. The Centre for TPM (Australia). Retrieved from <http://www.ctpm.org.au>.
- [11] Kumar, R.S. (2010). Application of *Total Productive Maintenance (TPM)* in the spinning mill. *Practical Hints*, PTJ July 2010, 40-41.
- [12] Nakajima, S, (1988). *Introduction to TPM*. Cambridge: Productivity Press, Inc.
- [13] Norddin, K.H., & Saman, M.Z.M. (2012). Implementation of Total Productive Maintenance Concept in a Fertilizer Process Plant. *Jurnal Mekanikal*, No. 32, 66-82.
- [14] Ottosan, D (2009), *The Initiation of Total Productive Maintenance to a pilot production line in the German automobile industry*. Master's Thesis, Department of Applied Physics and Mechanical Engineering, Lulea University of Technology. German.
- [15] Scodanibbio, C. (2009). *World-Class TPM – How to calculate Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. Retrieved from <http://www.scodanibbio.com>.

- [16] Shahanaghi, K., & Yazdian, S.A. (2009). Analyzing the effect of implementation of Total Productive Maintenance (TPM) in the manufacturing companies : a system dynamics approach. *World Journal of Modelling and Simulation*, Vol. 5, No. 2, 120-129.
- [17] Sharma, R.K., & Kumar, P. (2006). Manufacturing Excellence through TPM implementation : a practical analysis. *Industrial Management & Data System*. Vol. 106, No.2 , 256-280.
- [18] Sivakumar, D., Sapuan, S.M., Ismail, N., & Ismail, M.Y. (2012). Application of Total Productive Maintenance to Reduce Non-Stick on Pad Problem in IC Packaging, *International Journal of Engineering and Science*, Vol. 3, No.1, 1-19
- [19] Sugiyono. (2007). *Metode penelitian Bisnis*. Bandung : Alfabeta, CV.
- [20] Teeravaraprug, J., Kitiwanrong, K., & Tong, N.S. (2011). Relationship model and supporting activities of JIT, TQM and TPM. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 33 (1), 101-106.
- [21] Tika, M.P. (2006). *Metodologi Riset Bisnis*. Jakarta : Bumi Akasa, PT.
- [22] Wakjira, M.W., & Singh, A.P.(2012). Total Productive Maintenance : A case study in Manufacturing Industry. *Global Journal of Researches in Engineering, Industrial Engineering*, Vol. 12, Issue 1 Version 1.0, 25-32
- [23] Wilson, A. (2002). *Asset Maintenance management*. New York : Industrial Press, Inc.
- [24] Wireman, T. (2003). *Benchmarking best practice in maintenance management*. New York : Industrial Press, Inc.
- [25] Wireman, T. (2005). *Developing Performance Indicators for Managing maintenance*. New York : Industrial Press, Inc.